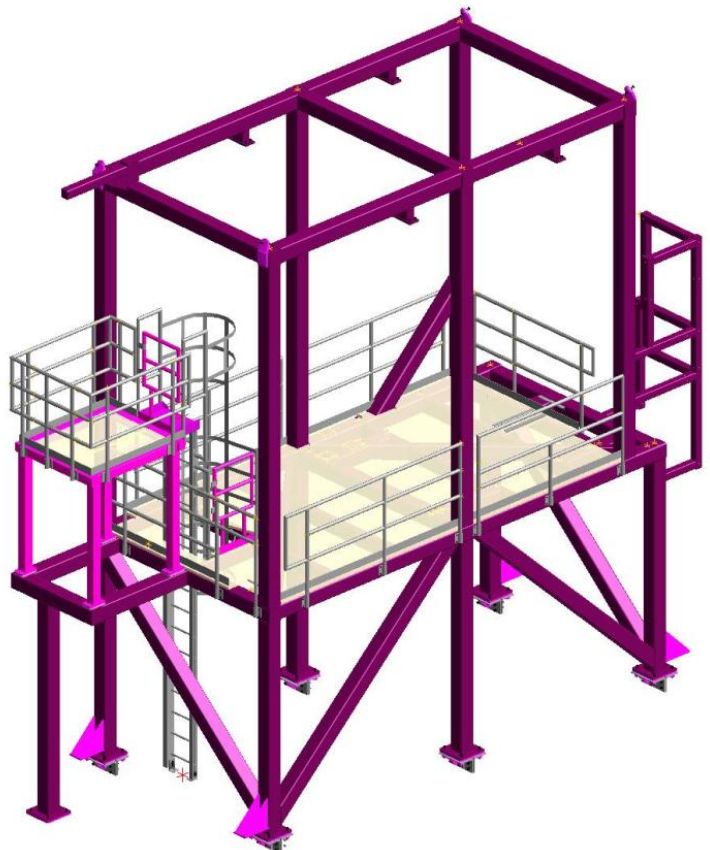




HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Konstruksjonsanalyse av ventilplattform



Hovedprosjekt utført ved

Høgskolen Stord / Haugesund – Avd. Haugesund – ingeniørfag

Studieretning: Maskin

Av: Kjell Jostein Gismarvik

Kandidatnr. 78

Bjørge Naley

Kandidatnr. 14

HOVEDPROSJEKT

Studentenes navn: Bjørge Naley
Kjell Jostein Gismarvik

Linje & studieretning Bachelor i ingeniørfag - Maskin, Marin
konstruksjonsteknikk

Oppgavens tittel: *Konstruksjonsanalyse av ventilplattform*

Oppgavetekst:

- Sette seg inn i relevant regelverk
 - Norsk Standard 3472
 - EUROCODE
 - NORSOK (N-001, N-003, N-004)
 - DnV 2.7-3 og DnV 2.7.1 (løft)
 - DnV 30.5 (miljølast)
 - Sette seg inn i bruk av StaadPro
 - Modellere struktur i StaadPro i henhold til tegninger
 - Modellere laster og grensebetingelser i StaadPro
 - Utføre globale analyser av konstruksjonen med oppgitte laster. Konstruksjonen skal sjekkes for operasjonskondisjon
 - Kontrollere om eksisterende struktur i området tåler vekten av en ny konstruksjon
 - Utføre lokale beregninger av innfestninger og knutepunkt. Sveiste og boltede forbindelser.
 - Design løftearrangement for offshore løft. Inkludert design og sjekk av løfteører, sjakler, slings, etc
- Andre aktuelle ting som kan sees på dersom tilstrekkelig tid:
- Sjekke modulen for offshore transport på supplybåt
 - Design sjøsikring av modulen for offshore transport på supplybåt

Endelig oppgave gitt: *Fredag 4. mars 2011*

Innleveringsfrist: Fredag 6.mai 2011 kl. 12.00

Intern veileder: Gunn Ermland – HSH, tlf: 52 70 27 28

Ekstern veileder: Kristian Olafsrud – Aibel, tlf: 47 33 75 57

**Godkjent av
studieansvarlig:
Dato:**



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Høgskolen Stord/Haugesund
Studie for ingeniørfag
Bjørnsonsgt. 45
5528 HAUGESUND
Tlf. nr. 52 70 26 00
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel		Rapportnummer
Konstruksjonsanalyse av ventilplattform		
Utført av		
Kjell Jostein Gismarvik og Bjørge Naley		
Linje		Studieretning
Maskin		Marin konstruksjonsteknikk
Gradering	Innlevert dato	Veiledere
Åpen	06.05.2011	Gunn Ersland og Kristian Olafsrud

Ekstrakt

Denne oppgaven omhandler analyse og styrkeberegninger av en ettermontert ventilplattform på Visund plattformen. Ventilplattformen ble installert i forbindelse med en modifikasjon av prosessanlegget i 2005, dette for at Visund skulle kunne eksportere gass.

Rapporten tar for seg globale analyser for modulen samt lokale beregninger av skrueforbindelser og sveiste knutepunkt. I tillegg utføres design og beregninger for løftearrangement for offshore løft av modulen.

Norsk Standard Eurokode og Norsok Standarder er brukt som dimensjoneringsgrunnlag i oppgaven. I tillegg er rammeanalyseprogrammet Staad Pro benyttet til å utføre analyser og beregninger for modulen, og regelverket til Det Norske Veritas ligger til grunn for design og beregninger av løftearrangementet for offshore løft av konstruksjonen.

Forord

Ved fullføring av ingeniørutdanningen ved Høgskolen Stord / Haugesund skal det gjennomføres en hovedoppgave som skal gjenspeile kunnskap tilegnet gjennom studiet. Gjennom hovedoppgaven skal en fordype seg i en problemstilling og benytte tilegnet fagkunnskap for å løse problemstillingen samt å tilegne seg ny kunnskap underveis i arbeidet.

Denne oppgaven er gitt av Aibel AS, Haugesund, seksjon ”Structural, marine and architect” og omhandler analyse og håndberegninger av en ventilplattformens dimensjonerende kapasiteter, samt design av løftearrangement for offshore-løft. Ventilplattformen er en del av en modifikasjon gjort på Visund plattformen i 2005, i forbindelse med oppgradering av gasseksportkapasiteten for plattformen.

Arbeidet med oppgaven har vært utfordrende, men ikke minst lærerik. Spesielt nyttig har det vært at oppgaven har gitt oss muligheten til å få sette oss inn i bruken av rammeanalyseverktøyet Staad Pro, og i tillegg har det gitt oss nyttige erfaringer i bruken av relevant regelverk.

Vi vil med dette også rette en takk til våre veiledere under arbeidet med oppgaven. Intern veileder ved HSH har vært Gunn Ersland, og eksternt veileder hos Aibel har vært Kristian Olafsrud.

Haugesund 4. mai 2011

Kjell Jostein Gismarvik

Bjørge Naley

Innholdsfortegnelse

Forord.....	I
Sammendrag	VI
1– Innledning	1
1.1 Bakgrunn for oppgaven	1
1.2 Løsningstilnærming og oppbygging av rapporten	1
1.3 Avgrensinger.....	1
2 – Anvendte metoder	2
2.1 Regelverk og standarder	2
2.2 Designkriterier gitt for ventilplattformen	2
2.3 Staad Pro.....	2
2.4 Microsoft Office Exel.....	3
2.5 COLBEAM NS 3472	3
2.6 SECTION 4.8.....	3
3 – Relevant regelverk	4
3.1 Norsk Standard 3472.....	4
3.2 Eurokode.....	4
3.3 Norsok Standard.....	4
3.4 Det Norske Veritas (DNV)	4
4 - Grensetilstander	5
4.1 Bruddgrensetilstand/ULS	5
4.2 Bruksgrensetilstand/SLS	5
5 - Partialfaktormetoden.....	7
6 - Laster	8
6.1 Egenvekt	8
6.2 Operasjonell vekt	8
6.3 Nyttelast.....	9
6.4 Vindlast.....	9
6.5 Bølgeakselerasjon	10
6.6 Lastkombinasjoner i Staad Pro	11
7 - Gjennomgang av kodesjekk	13
7.1 Tverrsnittsegenskaper.....	13
7.2 Verdier fra kodesjekk	14
7.3 Skjær.....	14
7.4 Bøyning og trykk	16

7.5 Bøyning og aksialkraft	17
7.6 Kombinasjon av skjær, bøyning og torsjon	18
8 - Beregning av skrueforbindelser	20
8.1 Vertikal skrueforbindelse for node 1 og node 3.....	21
8.1.1 Forspenning.....	23
8.1.2 Friksjonskapasitet	24
8.1.3 Hullkantrykk	25
8.1.4 Strekkapasitet for netto tverrsnitt	26
8.1.5 Hevarmeffekt.....	26
8.1.6 Strekkapasitet for T-stykket	27
8.1.7 Gjennomlokking	29
8.1.8 Kombinert avskjæring og strekk	29
8.2 Horisontal skrueforbindelse for node 1	31
8.2.1 Hullkantrykk	32
9 - Kontroll av knutepunkt	34
9.1 Kontroll av knutepunktet i x-z-planet	34
9.1.1 Dimensjonerende aksialkapasitet for T-knutepunktet	35
9.1.2 Dimensjonerende momentkapasitet i knutepunktplanet	36
9.1.3 Dimensjonerende momentkapasitet ut av knutepunktplanet	37
9.2 Kontroll av knutepunktet i x-y-planet	38
9.2.1 Dimensjonerende aksialkapasitet for T-knutepunktet	39
9.2.2 Dimensjonerende momentkapasitet i knutepunktplanet	40
9.2.3 Dimensjonerende momentkapasitet ut av knutepunktplanet	40
9.3 Dimensjonerende kapasiteter for knutepunktet	41
9.4 De største aksialkreftene og bøyningmomentene i tilknytning til knutepunktet.....	42
10 - Påvisning av bruksgrensetilstand/SLS	43
10.1 Vertikal utbøyning.....	43
10.2 Horisontal utbøyning	46
11 – Kontroll av eksisterende struktur	47
11.1 Trykk	48
11.2 Bøyningmoment	49
11.3 Knekking av uavstivet plate.....	51
12 - Design av løftearrangement.....	52
12.1 Komponenter i løftesettet	53
12.1.1 Sjakler	53

12.1.2 Slings	53
12.1.3 Løftehodet	53
12.1.4 Forløper	54
12.1.5 Toppløkke	54
12.2 Data for stålstruktur/modul	55
12.2.1 Ytre mål	55
12.2.2 Tyngdepunkt (CoG) basert på krefter i Y-retning (Vedlegg G)	55
12.2.3 Design vekt for løftesett	55
12.2.4 WLL	55
12.2.5 Koordinater for løftepunkt, tyngdepunkt og samle-ring	56
12.3 Beregning av slings lengde og vinkler i løftesettet	57
12.3.1 Løfteøre vinkel i X-retning relatert til vertikalen	57
12.3.2 Slings, vinkel i Z-retning relatert til vertikal	58
12.3.3 Beregning av lengde i horisontal retning mellom løftepunkt og normalt på vertikalen til tyngdepunktet	59
12.3.4 Beregning av vinkel til slings relatert til vertikalen	60
12.3.5 Beregning av avstand mellom Samle-ring og løftepunkt.	61
12.3.6 Beregning av slings lengde	62
12.4 Beregning av løftesett	63
12.4.1 Sjakler	63
12.4.2 Slings	63
12.4.3 Toppløkke	64
12.4.4 Forløper	64
12.4.5 Løftehode	64
12.4.6 Balanseringer	64
12.5 Valgt utstyr for løfteoperasjon av ventilplattform	65
12.5.1 Sjakler	65
12.5.2 Slings	66
12.5.3 Løfte hode	66
12.5.5 Forløper	67
12.5.6 Toppløkke	67
12.6 Design av løfteører	68
12.6.1 Plassering	68
12.6.2 Innfestning av løfteører	68
12.6.3 Design	68
12.6.4 Beregninger til løfteører	69

12.6.5 Beregning av sveis mellom løfteøre og struktur.	72
12.7 Kontroll av struktur i Staad. Pro	79
12.7.1 Partsafaktormetoden	79
12.7.2 Løftelast faktor	79
12.7.2 Analyse	81
13 – Konklusjon.....	83
14 - Referanser og litteratur.....	85
15 – Vedleggsliste.....	85
16 – Vedlegg.....	i
Vedlegg A.....	i
Vedlegg B.....	v
Vedlegg C.....	xv
Vedlegg D.....	xxii
Vedlegg E.....	xxv
Vedlegg F.....	xxvii
Vedlegg G.....	xxxi
Vedlegg H.....	xxxviii

Sammendrag

Denne rapporten omhandler kapasitetsberegninger for ventilplattform tilhørende Visund plattformen. Ventilplattformen ble konstruert for montering på Visund i forbindelse med en oppgradering av prosessanlegget på plattformen i 2005.

I tillegg til styrkeberegningene for ventilplattformen omhandler rapporten også design og styrkeberegning av løftearrangement for offshore løft av modulen.

Hovedoppgaven er gitt av Aibel Haugesund, avdeling for struktur, marine og arkitekt.

Diverse relevante standarder som Eurocode, Norsok og Det Norske Veritas danner dimensjoneringsgrunnlaget for oppgaven. I tillegg danner analyser utført ved hjelp av rammeanalyseprogrammet Staad Pro grunnlaget for mye av beregningene gjort i oppgaven. Konstruksjonen er kontrollert mot bruksgrensetilstand (SLS) og bruddgrensetilstand (ULS), med lastvirkninger fra bølgeakselerasjon og vindlast i tillegg til egenvekt og laster fra ventiler og utstyr.

Det er i denne rapporten lagt vekt på kontroll av hovedstrukturen, dermed er deler av strukturen som monorails, utkragerbjelke med tilhørende løfteøre, rekkverk og lignende ikke inkludert i de utførte kontrollene (se designtegninger i vedlegg H).

Etter kontroll av konstruksjonen, inkludert kontroll av utnyttelsesgrad for hulprofiler, kontroll av skrueforbindelser og sveiste knutepunkter samt kontroll av eksisterende struktur, konkluderes det med at ventilplattformen er tilstrekkelig dimensjonert for de aktuelle lasttilfellene.

Når det gjelder løftearrangement for offshoreløft foreligger det forslag til design av dette, i hovedsak dimensjonert etter gjeldende regelverk for offshore løft gitt av Det Norske Veritas.

1– Innledning

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Som en del av ingeniørutdanningen inngår en avsluttende hovedoppgave der en skal nytte fagkunnskap en har tilegnet seg i løpet av studietiden. Denne oppgaven utføres da ved at en etablerer et samarbeid med en bedrift og får tildelt, eller i fellesskap utformer en problemstilling som skal løses. I den forbindelse tok vi kontakt med Aibel og ytret ønske om en konstruksjonsoppgave. Dermed ble vi tildelt en oppgave som omhandler analyser og styrkeberegninger for en ferdig designet ventilplattform som i 2005 ble installert på Visund plattformen. Som utgangspunkt fikk vi tilgang til designtegningene for ventilplattformen og vi fikk oppgitt designkriterier som egenvekt, nyttelast, dimensjonerende bølgeakselerasjoner og dimensjonerende vindlaster for konstruksjonen. Rammeanalyseprogrammet Staad Pro har blitt brukt til å gjennomføre analyser for konstruksjonen, og har dermed lagt grunnlaget for videre håndberegninger utført for å finne dimensjonerende kapasiteter for ventilplattformen.

1.2 Løsningstilnærming og oppbygging av rapporten

Hensikten med oppgaven har vært å vise at en er i stand til å utføre analyser og kontrollberegninger av belastningskapasitetene for en slik konstruksjon, og videre kunne formidle resultatene i form av en rapport. Rapporten er oppbygd slik at det er flettet inn teoretisk bakgrunnsmateriale etter hvert som kontrollberegninger foretas. Hadde rapporten vært utført i en reell jobbsituasjon hadde dette teoretiske materialet ikke vært inkludert i rapporten. Videre hadde en nok også utført en del flere kontroller av konstruksjonen, spesielt gjelder dette kontroll av knutepunkt og kontroll av eksisterende struktur.

Løsningen av oppgaven støtter seg i stor grad på rammeanalyseprogrammet Staad Pros analyseresultater. Ved oppstart av oppgaveløsingen ble det brukt mye tid på å sette seg inn i bruken av Staad Pro. Videre ble en modell av ventilplattformen modellert inn i rammeanalyseprogrammet og en kodesjekk av modellen ble så utført ved hjelp av dette programmet. Denne kodesjekken kontrollerer konstruksjonen ihht Eurokode 3 [2], og materialfaktorer, og lastfaktorer fra Norsok Standard [4] [5] [6] har blitt anvendt i kontrollene. Tverrsnittsegenskapene og dimensjonerende lastvirkninger funnet i Staad Pros kodesjekk ligger videre til grunn i håndberegninger utført for skrueforbindelser, sveiste knutepunkt og ellers for konstruksjonen. Videre er alle benyttede dimensjonerende lastvirkninger for disse håndberegningene, inkludert lastfaktorer for bruddgrensetilstand/ULS.

1.3 Avgrensinger

Analysene utført i denne oppgaven konsentrerer seg om hovedstrukturen og utelater kontroll av detaljer tilknyttet ventilplattformen. Med dette menes eksempelvis monorails med tilhørende løfteører og innfestninger, aluminiumsplattform og utkragerbjelke med løfteøre. (Se vedlegg H).

2 – Anvendte metoder

I dette kapittelet omtales designkriterier, regelverk og standarder samt anvendte dataverktøy for oppgaven.

2.1 Regelverk og standarder

Følgende regelverk og standarder har blitt benyttet i oppgaven:

- Norsk Standard NS-EN 1990: 2002+NA; 2008 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner
- Norsk Standard NS-EN 1993-1-1: 2005+NA 2008 Eurokode 3: Prosjektering av stålkonstruksjoner Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger
- Norsk Standard NS-EN 1993-1-8; 2005+NA 2009 Eurokode 3: Prosjektering av stålkonstruksjoner Del 1-8: Knutepunkter og forbindelser
- Norsok Standard N-001. Structural design. Rev. 4, februar 2004
- Norsok Standard N-003. Actions and action effect. Edition 2, september 2007
- Norsok Standard N-004. Design of steel structures. Rev. 2, oktober 2004
- Det Norske Veritas. Standard for certification No 2.7-1 Offshore containers, april 2006
- Det Norske Veritas. Standard for certification No. 2.7-3 Portable offshore units, june 2006
- Det Norske Veritas. Recommended practice DNV-RP-C205 Environmental conditions and environmental loads, april 2007

2.2 Designkriterier gitt for ventilplattformen

Designkriterier gitt i oppgaveteksten:

- Plattformen har en dimensjon
- Tørrvekt / løftevekt :
- Operasjonell vekt:
- Plattformen er utsatt for vind- og bølgelaster, samt laster fra rør / ventiler og nyttelast på dekk:
 - o 100- års bølgeakselerasjoner:
 - o 100- års vind (1 minutt snitt):
 - o Nyttelast på dekk:

Flytegrensen for anvendt stålkvalitet er .

2.3 Staad Pro

Staad Pro (Structural Analysis And Design for professionals) er et rammeanalyseprogram. En modellerer inn en trådmodell i programmet for så å legge på lastene som konstruksjonen utsettes for. Laster og lastfaktorer samt angrepsretningen for disse legges til i programmet manuelt. Programmet kan da utføre kodesjekk av

konstruksjonen, der konstruksjonen i hovedsak kontrolleres mot flytespenninger og ustabilitet.

2.4 Microsoft Office Exel

Exel regneark har blitt benyttet til å beregne vindlaster og laster forårsaket av bølgeakselerasjon. Mer detaljert beskrivelse av disse beregningene vises i vedlegg A.

2.5 COLBEAM NS 3472

Colbeam er programvare brukt for å finne tverrsnittsegenskaper for T-profiler i forbindelse med kontroll av eksisterende struktur.

2.6 SECTION 4.8

Programvare brukt for å finne sveisearealets motstandsmoment ved sveis av midlertidige løfteører til hovedstruktur.

3 – Relevant regelverk

Relevant regelverk for oppgaven er gitt i oppgaveteksten:

3.1 Norsk Standard 3472

Dette er en standardisering av prosjektering av stålkonstruksjoner til bygg og anlegg. Denne standarden ble i 2010 erstattet av et nytt felleseuropeisk regelverk, Eurokode 3: NS-EN 1993 [14].

3.2 Eurokode

Eurokodene danner en serie felles europeiske standarder for prosjektering av bygg, og dokumentasjon av konstruksjoners styrke/bæreevne for bygg og anlegg [17]. Det er i alt 10 Eurokoder, der Eurokode 0 omhandler pålitelighet og Eurokodene 1-9 omhandler laster og ulike konstruksjonsmaterialer. Aktuelle eurokoder for denne oppgaven er Eurokode 0, Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner [1], og Eurokode 3, Prosjektering av stålkonstruksjoner [2] [3]. Eurokode 3 er gjeldende for prosjektering av bygg og anlegg i stål, og gir krav til stålkonstruksjoners kapasitet, brukbarhet, bestandighet og brannmotstand [17].

3.3 Norsok Standard

Norsok er en forkortelse for Norsk sokkels konkurranseposisjon. Utarbeidelsen av Norsok Standardene er et samarbeid mellom ulike aktører i petroleumsindustrien, blant annet mellom Oljeindustriens Landsforbund, Teknologibedriftenes Landsforening og myndighetene. Utarbeidelsen av disse bransjestandardene fra Norsok baseres dermed på deltakelse fra både arbeidsgiver-, arbeidstaker-, og myndighetssiden. Norsok Standardene administreres og distribueres av Standard Norge. Standard Norge har et eget ”sektorstyre for Petroleum” som er ansvarlig for den overordnede ledelsen av Norsok Standardiseringen. Norsok Standardene har til hensikt å sikre at arbeidet i petroleumsindustrien utføres med tilstrekkelig sikkerhet, verdiskaping og kostnadseffektivitet. [4] [17]

3.4 Det Norske Veritas (DNV)

Det norske veritas (DNV) er en uavhengig stiftelse som har som formål å arbeide for sikring av liv, verdier og miljø på land og til havs. DNV er en internasjonal leverandør av tjenester innen klassifisering, sertifisering og risikostyring relatert til skip, offshore installasjoner, og annen landbasert industri [7].

4 - Grensetilstander

I Norsok Standard er grensetilstandene gruppert slik:

- Serviceability limit states (SLS)
 - Ultimate limit states (ULS)
 - Fatigue limit states (FLS)
 - Accidental limit states (ALS)
- (norsok refererer til ISO 19900)

Ventilplattformen blir i denne oppgaven kontrollert for grensetilstandene SLS og ULS, som henholdsvis tilsvarer bruksgrensetilstand og bruddgrensetilstand som er betegnelsene brukt i Eurokode [1] [2] [3].

4.1 Bruddgrensetilstand/ULS

Med bruddgrensetilstand menes grensetilstand som er av betydning for menneskers sikkerhet og/eller konstruksjonens sikkerhet. [1]

Generelt må følgende kriterium oppfylles (ihht Norsok N-004) [6]:

Der

—

4.2 Bruksgrensetilstand/SLS

Med bruksgrensetilstand for offshore stålkonstruksjoner forbindes tilstander som berører den tiltenkte bruken av strukturen, for eksempel ved ubehagelige vibrasjoner eller generell ustabilitet og nedbøyning. Det kan også være tilstand som påvirker strukturens estetiske utseende [1].

Ettersom spesifikke krav ikke er gitt for ventilplattformen, brukes bestemmelsene gitt i Norsok N-001 7.2.4 Serviceability limit states (SLS) [4]:

<i>Element</i>	<i>Grense for</i>	<i>Grense for</i>
Dekksbjelker		
•		
•		
•		

Tabell 4.1: Grenseverdier for vertikal utbøyning i bruksgrensetilstand. Kilde: Norsok N-001, 7.2.4 [4]

Ved beregninger i bruksgrensetilstand settes materialfaktoren lik 1,0

5 - Partialfaktormetoden

Norsk Standard NS-EN [1] [2] [3] og Norsok standard N-001 /N-004[4] [6] danner grunnlaget for dimensjoneringen av ventilplattformen. Disse standardene benytter begge partialfaktormetoden ved dimensjonering. Partialfaktorer innbefatter både materialfaktorer og lastfaktorer. I partialfaktormetoden gis de grunnleggende laste-, og kapasitetsvariablene dimensjonerende verdier ved hjelp av partialfaktorer. De karakteristiske lastene multipliseres med en lastfaktor som øker den karakteristiske lasten til dimensjonerende last. Partialfaktoren til lasten tar hensyn til mulige ugunstige avvik mellom lastens verdi og de representative verdiene. Videre har en for materialkapasiteten en materialfaktor som den karakteristiske materialeegenskapen divideres med, og som fører til en lavere verdi for dimensjonerende materialeegenskap. Materialfaktoren skal ta hensyn til korreksjoner som følge av virkning av volum og størrelse, virkning av fukt og temperatur og muligheten for at materialeegenskapen avviker ugunstig fra den karakteristiske, og ellers generell usikkerhet. [1]

Partialfaktorene benyttet i Norsok standardene er noe mer konservative enn de benyttet i Eurokoden. Det er partialfaktorene gitt i Norsok standard som er gjeldende for dimensjoneringen i denne rapporten.

Staad Pros kodesjekk utføres i henhold til Eurocode 3-Prosjektering av stålkonstruksjoner [2], men med partialfaktorene gitt i Norsok standard N-004; Design of steel structures [6]. Følgende materialfaktorer er gitt i Norsok standard for bruk i beregninger i henhold til NS-EN 1993 1-1 [2].

Kalkulasjon	Materialfaktor	Verdi
<ul style="list-style-type: none"> Tverrsnittskapasitet for tverrsnittsklasse 1, 2 og 3 		1,15
<ul style="list-style-type: none"> Tverrsnittskapasitet for tverrsnittsklasse 4 		1,15
<ul style="list-style-type: none"> Tverrsnittskapasitet mot instabilitet 		
<ul style="list-style-type: none"> Netto tverrsnittskapasitet ved boltehull 		1,30

Tabell 5.1: Materialfaktorer gitt i Norsok standard N-004 Table 6.1[6]

Når bruddgrensetilstand (Ultimate limit states – ULS) skal kontrolleres, skal to lastkombinasjoner kontrolleres, ULS-a og ULS-b. Det opereres med forskjellige lastfaktorer for disse to lastkombinasjonene. Lastfaktorer gitt i Norsok Standard N-001 [4] vises i tabell 5.2:

ULS-tilfelle	Permanent last	Variabel last	Miljølast
a	1,3	1,3	0,7
b	1,0	1,0	1,3

Tabell 5.2: Lastfaktorer for ULS, hentet fra Norsok N-001, 6.2 [4]

Kombinasjonen som gir høyest verdi for dimensjonerende lastkombinasjon blir gjeldende.

6 - Laster

Ventilplattformen utsettes for en rekke laster. En har permanente laster som egenvekten av konstruksjonen og vekten fra rør og ventiler som konstruksjonen skal inneholde. Utover disse permanente lastene opptrer også en rekke variable laster. Dette kan være laster forårsaket av vind eller bølgeakselerasjon. Det er i beregningene tatt utgangspunkt i en oppgitt nyttelast som konstruksjonen skal dimensjoneres for. Når det gjelder miljølast er det tatt utgangspunkt i 100-års bølgeakselerasjoner og 100-års vind. Det er på forhånd beregnet en vekt av utstyret som konstruksjonen skal bære. Denne vekten er lagt til modellen som punktlaster fordelt ut på de punktene i konstruksjonen der understøttene til rørene skal plasseres. Materialfaktorer og lastefaktorer brukt i beregningene tilfredsstiller faktorene anbefalt i Norsok Standard N-004 [6].

Designkriterier gitt i oppgaven:

• Tørrvekt / løftevekt	
• Operasjonell vekt	
• 100-års bølgeakselerasjoner	
• 100-års vind (1 min snitt)	
• Nyttelast på dekk	

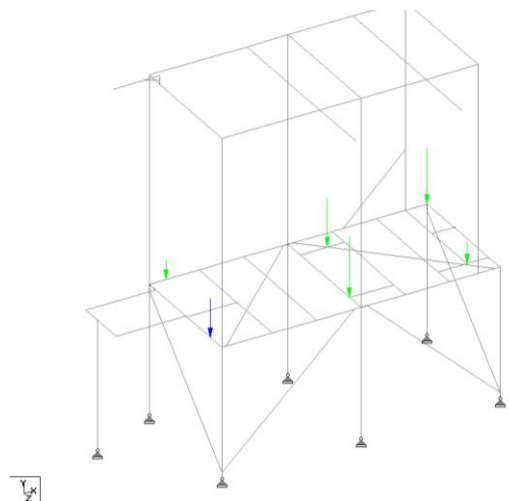
Tabell 6.1: Designkriterier gitt for analysen.

6.1 Egenvekt

Egenvekten er kraften som konstruksjonens masse genererer. Stålets tetthet er lik ρ . Slik konstruksjonen er modellert genererer dette en egenvekt for konstruksjonen på W_{self} . Dimensjonerende tørrvekt for konstruksjonen skal være lik 13 000 kg, eller W_{dry} . For å kompensere for dette avviket multipliseres egenvekten med en faktor lik γ og en oppnår ønsket egenvekt lik W_{design} for beregningene på konstruksjonen. Det negative fortegnet er lagt til for å få kraften til å virke i rett retning, ettersom positiv vertikal-akse (Y) er definert oppover. Avviket i egenvekt skyldes blant annet at det skal være montert en dekkplater på plattformen. Disse er ikke modellert inn i programmet. I tillegg skal det monteres rekkverk rundt plattformdekket.

6.2 Operasjonell vekt

Den operasjonelle vekten for plattformen er beregnet til å være W_{op} . For å imitere ønsket operasjonell vekt legges det til "Load from piping" som et lasttilfelle i programmet. En masse på 35 tonn legges da til egenvekten. Kraften



Figur 6.1: Plassering av imitert last fra rør og ventiler.
Kilde: Staad Pro

som denne massen genererer på konstruksjonen er da

. Kraften fra rør og ventiler fordeles ut på modellen som punktlaster fordelt på de punktene i konstruksjonen der rørstøttene skal plasseres. Figur 6.1 viser hvor lastene fra rør og ventiler er plassert på dekkplanet. Mer detaljert plassering og størrelse på kreftene vises i vedlegg A.

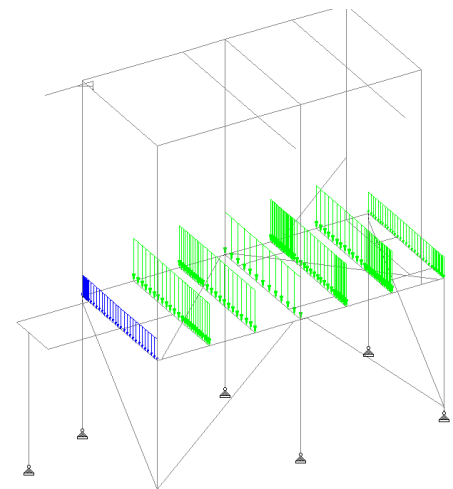
6.3 Nyttelast

Nyttelasten inkluderer last fra personell, verktøy eller annen midlertidig last.

Ønsket nyttelastkapasitet for plattformdekket er satt til

Total nyttelast (Live load) blir dermed:

Denne lasten er igjen fordelt ut på de tversgående bjelkene på dekkplanet, som jevnt fordelt linjelast. Figur 6.2 viser fordelingen av nyttelast.



Figur 6.2: Fordeling av nyttelast. Kilde: Staad Pro

6.4 Vindlast

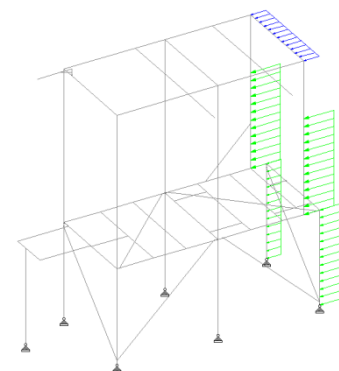
Konstruksjonen betraktes som ikke sensitiv for vindkast og det kan derfor kalkuleres ved at en ser på vindlasten som en statisk kraft [5]. I tilfeller der vindlasten skal kombineres med bølgeakselerasjoner som genererer ekstreme krefter, skal vindhastigheten målt over et tidsintervall på minimum ett minutt benyttes.

Det er i dette aktuelle tilfellet oppgitt en vindhastighet, , målt over et tidsrom på 1 minutt.

Vindkraften F som virker normalt på en struktur eller overflate kalkuleres etter følgende formel: (Refererer til Norsok Standard N-003 6.3.3 [5])

—

Der



Figur 6.3: Vindlast normalt på ventilplattformens sider. Kilde: Staad Pro

Det arealet som er valgt som eksponert flate er så stort at det er valgt å sette formfaktoren lik 1. Arealet til eksponert flate inkluderer også projisert areal fra ventiler og utstyr på plattformen. Skisse av valgte areal vises i vedlegg A, mens figur 6.3 viser hvordan vindlastene er plassert i modellen.

Vindhastighetene er oppgitt i horisontalretningene x og z . Utreknet vindlast er også gjort for de samme retningene. Når lastene skal kombineres, endres angrepsretning for vindlastene ved at fortegnet for lasten endres og ved at vindlastene eventuelt dekomponeres for å få vindlasten som opptrer i 45° på eksponert flate. Dette kan sees i input-filen til Staad Pro (Vedlegg B)

6.5 Bølgeakselerasjon

Ser på vertikal bølgeakselerasjon:

Massen som blir akselerert ved påvirkning av bølgeakselerasjon er massen fra konstruksjonen i seg selv og massen fra rør og ventiler. Dersom en eksempelvis ser på hvilken kraft den vertikale bølgeakselerasjonen representerer på massen fra konstruksjonen:

Dermed ser en at den vertikale akselerasjonen gir en kraft på . I tillegg opptrer kontinuerlig tyngdeakselerasjonen . Den kraften som bølgeakselerasjonen genererer, kommer dermed i tillegg til den kraften som tyngdeakselerasjonen til en hver tid forårsaker. Det er da retningen på bølgeakselerasjonen relativ til den eksisterende tyngdeakselerasjonen som avgjør om kraften forårsaket av bølgeakselerasjonen må legges til eller trekkes fra kraften som tyngdeakselerasjonen representerer når disse opptrer samtidig.

For de horisontale bølgeakselerasjonene blir det på samme måte.

I stedet for å regne ut kraften som hver enkelt av bølgeakselerasjonene representerer på hver enkelt av de eksisterende kreftene, beregnes heller et forholdstall mellom tyngdeakselerasjonen og bølgeakselerasjonen en ser på. Disse beregningene har en funnet hensiktsmessig å beregne ved hjelp av Exel regneark (Se vedlegg A). En har da lagt inn de eksisterende kreftene som egenvekten og vekt fra rør og ventiler, og multiplisert disse med det aktuelle forholdstallet for den bølgeakselerasjonen en ser på. Videre kan en da endre angrepsretningen for bølgeakselerasjonen og dermed retning på kreftene, ved hjelp av fortegnsskifte og dekomponering.

6.6 Lastkombinasjoner i Staad Pro

Lasttilfellene konstruksjonen utsettes for:

- Egenvekt
- Vekt fra rør og ventiler

Disse to utgjør til sammen operasjonell vekt.

- Last forårsaket av bølgeakselerasjon
 - Bølgeakselerasjon i vertikal retning
 - Bølgeakselerasjon i horisontal x-retning
 - Bølgeakselerasjon i horisontal z-retning
(refererer til globalt kartesisk koordinatsystem i Staad Pro)
- Vindlaster
 - Vindlast for horisontal x-retning
 - Vindlast for horisontal z-retning
(refererer til globalt kartesisk koordinatsystem i Staad Pro)
- Nyttelast

Lastene er lagt inn som lasttilfeller i Staad Pro som følger:

- **Last 1:** Operasjonell vekt
- **Last 2:** Vertikal bølgeakselerasjon – lagt inn med negativt fortegn, genererer kraft nedover.
- **Last 3:** horisontal bølgeakselerasjon (X-retning) – lagt inn med negativt fortegn, genererer kraft i negativ x-retning.
- **Last 4:** Horisontal bølgeakselerasjon (Z-retning) – lagt inn med negativt fortegn, genererer kraft i negativ z-retning.
- **Last 5:** vindlast (X-retning) – lagt inn med negativt fortegn, kraften virker i negativ x-retning.
- **Last 6:** Vindlast (Z-retning) – lagt inn med negativt fortegn, kraften virker i negativ z-retning.
- **Last 8:** Nyttelast – lagt inn med negativt fortegn, kraften virker i negativ y-retning.

I figur 6.4 er lastkombinasjonene som virker på konstruksjon skissert. Det er kun ULS-a som er vist i eksemplet. Samtlige laster kombineres i alle retningene normalt på konstruksjonens sider og i 45° på sidene, og gjeldende lastfaktorer multipliseres med lastene. I første ”runde” på skissen velges vertikal bølgeakselerasjon nedover, i ”runde 2” velges vertikal bølgeakselerasjon oppover. Etterpå gjentas kombinasjonene med gjeldende lastfaktorer for ULS-b.

Lastkombinasjonene blir som følger:

```

LOAD COMB 100 COMBINATION LOAD CASE 100 ULSa Y-X
1 1.3 2 0.7 3 0.7 5 0.7 8 1.3
LOAD COMB 101 COMBINATION LOAD CASE 101 ULSa
1 1.3 2 0.7 3 0.495 4 0.495 5 0.495 6 0.495 8 1.3
LOAD COMB 102 COMBINATION LOAD CASE 102 ULSa -Y-Z
1 1.3 2 0.7 4 0.7 6 0.7 8 1.3
LOAD COMB 103 COMBINATION LOAD CASE 103 ULSa
1 1.3 2 0.7 3 -0.495 4 0.495 5 -0.495 6 0.495 8 1.3
LOAD COMB 104 COMBINATION LOAD CASE 104 ULSa -Y+X
1 1.3 2 0.7 3 -0.7 5 -0.7 8 1.3
LOAD COMB 105 COMBINATION LOAD CASE 105 ULSa
1 1.3 2 0.7 3 -0.495 4 -0.495 5 -0.495 6 -0.495 8 1.3
LOAD COMB 106 COMBINATION LOAD CASE 106 ULSa -Y+Z
1 1.3 2 0.7 4 -0.7 6 -0.7 8 1.3
    
```

Lastkombinasjonene har blitt nummerert fra 100 og oppover. Retningen på lastkombinasjonen er her tatt med i teksten for lettere å gi oversikt over input-filen.

I linjen under lastkombinasjonsnummeret ser en hvilken last som inngår og hvilken lastfaktor hver enkelt last er multiplisert med.

LOAD COMB 107 COMBINATION LOAD CASE 107 ULSa
 1 1.3 2 0.7 3 0.495 4 -0.495 5 0.495 6 -0.495 8 1.3

*

LOAD COMB 108 COMBINATION LOAD CASE 108 ULSa -Y-X
 1 1.3 2 -0.7 3 0.7 5 0.7 8 1.3

LOAD COMB 109 COMBINATION LOAD CASE 109 ULSa

1 1.3 2 -0.7 3 0.495 4 0.495 5 0.495 6 0.495 8 1.3

LOAD COMB 110 COMBINATION LOAD CASE 110 ULSa -Y-Z

1 1.3 2 -0.7 4 0.7 6 0.7 8 1.3

LOAD COMB 111 COMBINATION LOAD CASE 111 ULSa

1 1.3 2 -0.7 3 -0.495 4 0.495 5 -0.495 6 0.495 8 1.3

LOAD COMB 112 COMBINATION LOAD CASE 112 ULSa -Y+X

1 1.3 2 -0.7 3 -0.7 5 -0.7 8 1.3

LOAD COMB 113 COMBINATION LOAD CASE 113 ULSa

1 1.3 2 -0.7 3 -0.495 4 -0.495 5 -0.495 6 -0.495 8 1.3

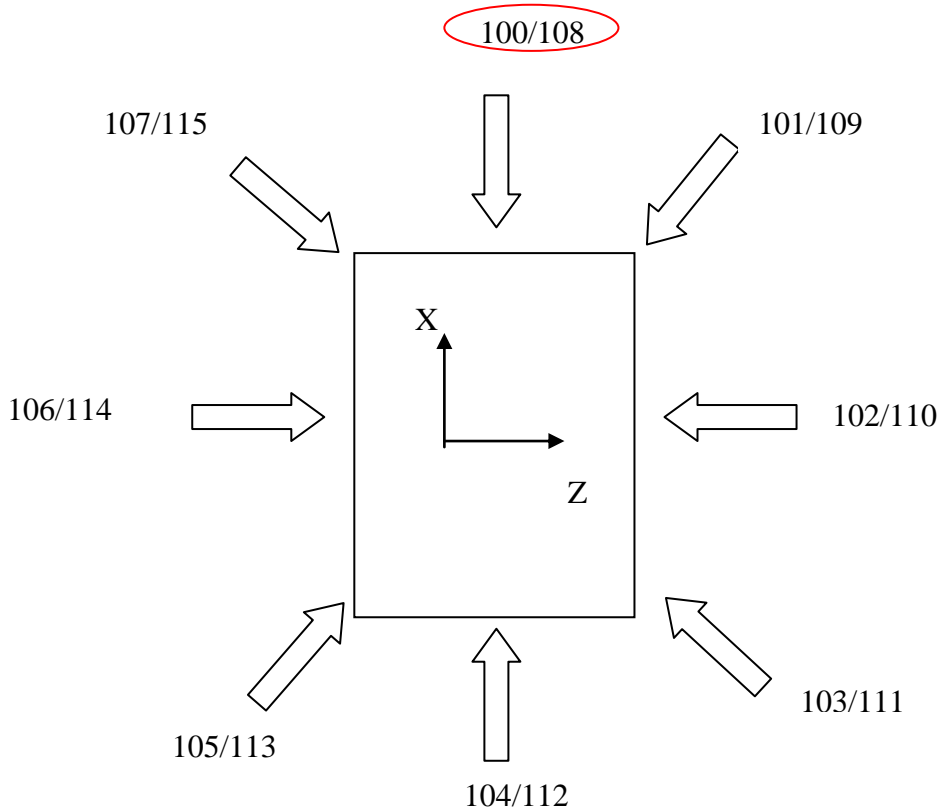
LOAD COMB 114 COMBINATION LOAD CASE 114 ULSa -Y+Z

1 1.3 2 -0.7 4 -0.7 6 -0.7 8 1.3

LOAD COMB 115 COMBINATION LOAD CASE 115 ULSa

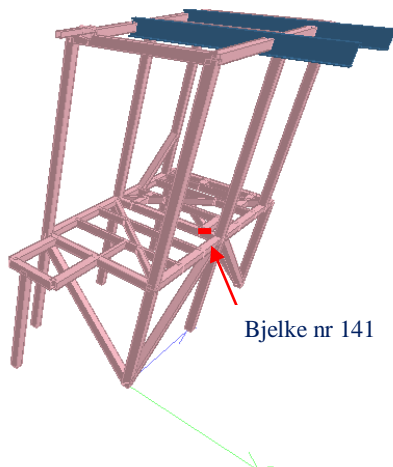
1 1.3 2 -0.7 3 0.495 4 -0.495 5 0.495 6 -0.495 8 1.3

Lastkombinasjonsnummer for
 "runde 1" / ULSa og "runde 2" /
 ULSb.



Figur 6.4: Skisse av lastkombinasjoner som virker på konstruksjonen.

7 - Gjennomgang av kodesjekk



Figur 7.1: Plassering av den bjelken i konstruksjonen som har høyest utnyttning av tverrsnittet. Kilde: Staad Pro

Kodesjekken utført i Staad Pro er utført etter kravene i Eurocode 3: Prosjektering av stålkonstruksjoner Del 1-1 [2]. Gjeldende partialfaktorer er hentet fra Norsok Standard [4] [6] ettersom disse er noe mer konservative og er direkte tiltenkt petroleumsindustrien. I kodesjekken er det beregnet at bjelke nummer 141 har størst utnyttelse av tverrsnittet. (En total oversikt over utnyttningen av bjelketverrsnittene ligger i vedlegg B). Det er dette som ligger til grunn for at en i dette kapitlet ønsker å se nærmere på resultatene beregnet for denne bjelken. Under følger en gjennomgang av hva som har blitt kontrollert i kodesjekken, og noen kontrollberegninger av utnyttelsene som programmet har beregnet for bjelke nummer 141. Kontrollberegningene er gjort ihht de formler/kapitler som det vises til i resultatfilen fra Staad Pros kodesjekk. Resultatene for

bjelke 141 kan sees i sin helhet i vedlegg B.

I input-filen har effektiv lengde for vipping til bjelke nr 141 blitt satt lik null. ("Input fil" ligger vedlagt i vedlegg B). Dette for å spesifisere at bjelken ikke trenger å kontrolleres mot vipping ihht NS-EN 1993-1-1, 6.3.2 [2]. Det eksisterer ingen risiko for vipping for den aktuelle profiltypen. Refererer til kapittel 6.3.2.1 Knekkapasitet [2]:

(2) Bjelker med tilstrekkelig fastholdelse av trykkflensen er ikke følsomme for vipping. I tillegg er bjelker med visse typer tverrsnitt, f. eks. firkantede eller sirkulære hulprofiler, fabrikkerte sirkulære rør eller rektangulære kasseprofiler, ikke følsomme for vipping.

Følgende verdier er hentet fra utskrift av analyse/kodesjekk i Staad Pro:

7.1 Tverrsnittsegenskaper

(units cm)

	z-axis	y-axis
Member length	44,90	44,90
Gross area	93,00	93,00
Plastic modulus	660,16	660,16
Elastic modulus	542,00	542,00
Shear Area	46,50	46,50
Radius of gyration	7,634	7,634

(units - kN,m)

Section Class	Class 1	
	z-axis	y-axis
Moment capacity	203,8	203,8
Reduced moment capacity	203,8	203,8
Chear Capacity	866,4	866,4
Compression capacity	3001,4	3001,4
Tension capacity	2870,9	2870,9

Tabell 7.1: Tverrsnittsegenskaper for bjelke nr. 141. Kilde: Staad Pro

7.2 Verdier fra kodesjekk

(units – kN,m)

I tabell 7.2 vises utnyttelsesgraden av tverrsnittet, lastkombinasjon som gir høyest utnyttning, dimensjonerende krefter, samt henvisning til kapittel i NS-EN 1993-1-1 [2] som utnyttingsgraden er beregnet for.

CLAUSE	RATIO	LOAD	FX	VY	VZ	MZ	MY
EC-6.3.1.1	0,006	118	16,9	-150,7	-2,4	-27,4	-1,0
EC-6.2.9.1	0,071	122	-9,9	122,9	-2,3	-41,4	-1,9
EC-6.3.3	0,071	104	3,6	129,0	11,3	-34,7	3,8
EC-6.3.3 LTB	0,051	116	4,0	115,6	-20,9	-31,1	-6,8
EC-6.2.6-(Z)	0,024	120	2,9	115,1	21,0	-30,8	7,0
EC-6.2.6-(Y)	0,154	106	-3,3	133,2	-1,2	-40,3	-1,0

Tabell 7.2: Resultater fra kodesjekk av bjelke nr. 141. Kilde: Staad Pro

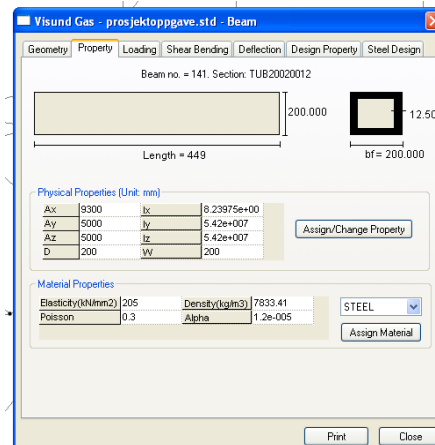
Verdiene over er kun et utdrag av utskriften. For mer detaljert informasjon vises det til vedlegg B.

7.3 Skjær

6.2.6 Skjær-(Y,Z) [2]

For dimensjonerende skjærkraft i y-retning er lastkombinasjon 106 gjeldende, mens for dimensjonerende skjærkraft i z-retning er lastkombinasjon 120 gjeldende.

1)P Dimensjonerende skjærkraft, skal i hvert tverrsnitt oppfylle følgende krav:



Figur 7.2: Egenskaper for bjelke 141. Kilde: Skjerm bilde fra Staad Pro

Uten torsjon i tverrsnittet er dimensjonerende plastisk skjærkraftkapasitet gitt ved:

Kontrollerer skjærarealet for tverrsnittet:

6.2.9(3)

Skjærarealet for valsede rektangulære hulprofiler med jevn tykkelse, belastet parallelt med høyden:

Det lille avviket i skjærareal kan eksempelvis skyldes avrunding av kanter.

Det blir her et avvik på 5 % i forhold til skjærkapasiteten som kodesjekken beregnet. I kodesjekken er parameteren satt til (Se input fil i vedlegg B). 1,15 er partialfaktoren for tverrsnittskapasiteten bestemt i Norsok standard N-004, Design of steel structures [6]. Verdien som Staad Pro bruker dersom ikke annet er spesifisert for denne parameteren er . Det kan dermed tyde på at default verdien på har blitt brukt i kodesjekken. Plastisk skjærkraftkapasitet for tverrsnittet vil i så fall bli:

Dette er samme skjærkraftkapasiteten som Staad Pro oppgir i utskriften. Skjærkraftkapasiteten er lik i Y og Z retning ettersom profilen har kvadratisk tverrsnitt. Dimensjonerende skjærkraft:

Utnyttelsesgraden blir da som i analysen:
y-retning:

Denne utnyttelsesgraden er da noe upresis. Dersom partialfaktor i henhold til Norsok standard N-004 benyttes fører det til en utnyttelsesgrad lik 0,161. Denne unøyaktigheten er imidlertid uten praktisk betydning ettersom tverrsnittets skjærkapasitet uansett er mye høyere enn dimensjonerende skjærkraft for bjelken.

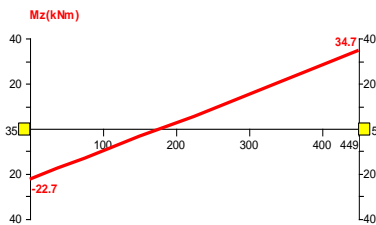
z-retning:

7.4 Bøyning og trykk

6.3.3 Staver med konstant tverrsnitt påkjent av bøyning og trykk [2]

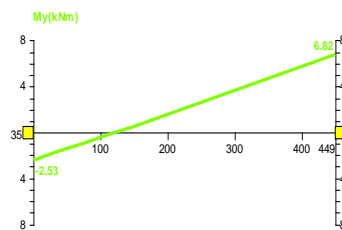
Dette er en kontroll av stavens stabilitet, der det er tatt hensyn til aksialkraft som gir trykk i staven samtidig som staven utsettes for bøyning. Ser på utskriften fra kodesjekken i Staad Pro at for bøyning om bjelkens y-akse er lastkombinasjon 116 dimensjonerende, og for bøyning om bjelkens z-akse er lastkombinasjon 104 dimensjonerende. Staad Pro definerer y-aksen og z-aksen motsatt av Eurokoden (skisse av aksedefinisjonene vises i vedlegg B). Lastkombinasjonene gir følgende kraft- og momentfordeling på bjelke nummer 141 (Figur 7.3 – 7.8 er hentet fra skjermbilde i Staad Pro):

Lastkombinasjon 104:

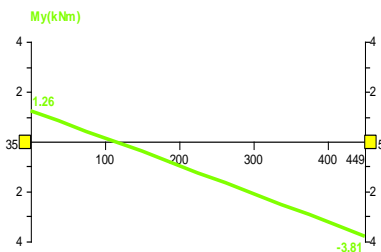


Figur 7.3: Momentfordeling om z-akse

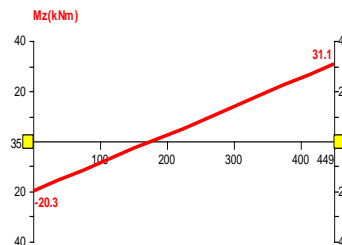
Lastkombinasjon 116:



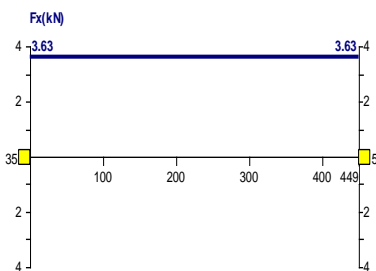
Figur 7.4: Momentfordeling om y-akse



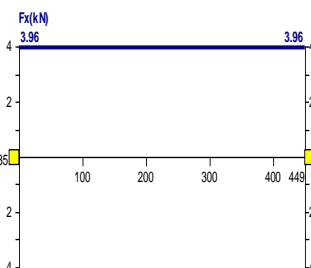
Figur 7.5: Momentfordeling om y-aksen



Figur 7.6: Momentfordeling om z-aksen



Figur 7.7: Aksialkrefter



Figur 7.8: Aksialkrefter

For bøyning om z-aksen og lastkombinasjon 104 er utnyttelsen beregnet til 0,071. For bøyning om y-aksen og lastkombinasjon 116 er utnyttelsen beregnet til 0,051.

7.5 Bøyning og aksialkraft

6.2.9 Bøyning og aksialkraft [2]

6.2.9.1 Tverrsnittsklasse 1 og 2

For tverrsnittsklasse 1 og 2 skal følgende kriterium oppfylles:

Hvis aksialkraften virker samtidig med momentet, bør det tas hensyn til aksialkraftens virkning på den dimensjonerende plastiske momentkapasiteten.

For to-akset bøyning med aksialkraft kan følgende kriterium brukes:

Der _____ er konstanter. De kan som sikre verdier antas lik 1.0, eller bestemmes som følger:

For rektangulære hulprofiler:

Innsatt i formel 6.41 gir dette:

Dermed er det vist at utnyttelsen for bjelke 141 med hensyn på bøyning og aksialkraft er som beregnet i kodesjekken.

7.6 Kombinasjon av skjær, bøyning og torsjon

Kodesjekken utført i Staad Pro tar ikke hensyn til torsjonsmoment, og derfor kontrolleres her kombinasjonen av skjær, bøyning og torsjon for bjelke nummer 141. Norsok Standard N-004 [6] ligger til grunn for beregningen:

Norsok standard N-004 6.3.8.4 Interaction shear, bending moment and torsional moment [6]

Tubular members subjected to beam shear force, bending moment and torsion should be designed to satisfy the following condition provided that the direction of the shear force and the moment vectors are orthogonal within

- Maks torsjonsmoment gir lastkombinasjon 121:
- Maks skjærkraft gir lastkombinasjon 106:
- Maks bøyningsmoment gir lastkombinasjon 122:

I praksis vil ikke disse verdiene opptre samtidig, men dersom en bruker disse verdiene som dimensjonerende verdier for en svært konservativ beregning vil resultatet bli:



Dette er redusert bøyningsmomentkapasitet grunnet torsjonsmoment. Innsatt i gjeldende formel gir dette:

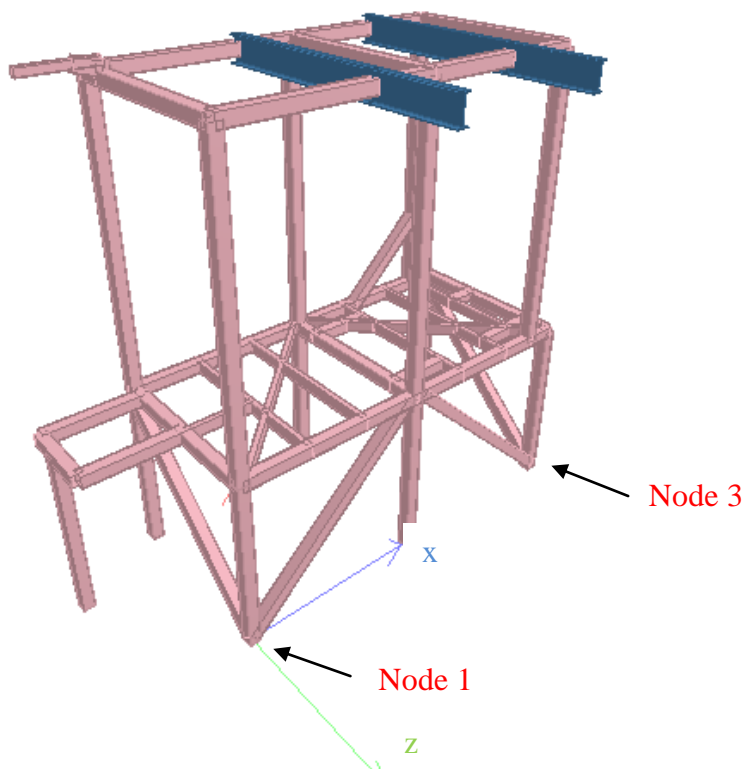
Med en utnyttning på 0,2 er dette godt innenfor det akseptable. Kriteriet er da oppfylt selv med usannsynlig konservativ lastkombinasjon.

8 - Beregning av skrueforbindelser

Dette kapittelet tar for seg kontrollberegninger av skrueforbindelsene mellom ventilplattformen og eksisterende struktur. Ved skrueforbindelsene blir sveisen mellom flens og ventilplattformens "ben" ikke kontrollert da denne har full gjennombrenning og dermed samme styrke som grunnmaterialet. (Se arbeidstegninger i vedlegg H).

Beregning av skrueforbindelser er utført ihht NS-EN 1993-1-8 [3]

Skrueforbindelsene påvirkes av krefter som angriper normalt på skruen, og forårsaker dermed skjærkrefter, og/eller krefter med angrepsretning parallelt med skruens lengdeakse og skaper dermed strekk i skruen. I innfestningen mellom ventilplattformen og underlaget er skruene forspent (fremkommer av arbeidstegninger i vedlegg H). Skjærkreftene overføres da som en glidningsforhindret avskjæringsforbindelse, altså en friksjonsforbindelse. Skruens spennkraft gir da en normalkraft, og dermed en friksjonskraft over kontaktflatene i forbindelsen. Denne friksjonsforbindelsens kapasitet bestemmes av den statiske friksjonen mellom flatene. En slik forbindelse får veldig små deformasjoner så lenge den påførte ytre lasten ikke overskrider friksjonskapasiteten. Dersom forbindelsen påføres en strekkraft i tillegg til skjærkraften vil friksjonskapasiteten reduseres. Dette vises mer detaljert i beregningene som følger. [11] [13]



Figur 8.1: Plassering av de skrueforbindelsene som kontrolleres. Kilde: Skjerm bilde fra Staad Pro.

Reaksjonskreftene for modulen har størst verdier i node 1 og node 3. Disse representerer dermed dimensjonerende laster for skrueforbindelsen mellom ventilplattformen og eksisterende struktur. Total oversikt over reaksjonskreftene i disse to punktene gis i figur 8.2.

	Node	L/C	Horizontal	Vertical	Horizontal	Moment		
			Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
Max Fx	1	116 COMBINA	105.325	223.748	-34.427	0.000	0.000	
Min Fx	3	120 COMBINA	-108.129	204.279	-34.680	0.000	0.000	
Max Fy	1	123 COMBINA	86.813	264.994	-86.830	0.000	0.000	
Min Fy	3	125 COMBINT	34.897	-101.713	92.513	0.000	0.000	
Max Fz	3	126 COMBINA	-15.231	-59.130	97.747	0.000	0.000	
Min Fz	3	122 COMBINA	-39.589	209.687	-99.740	0.000	0.000	
Max Mx	1	1 OPERATION	23.275	82.293	-0.886	0.000	0.000	
Min Mx	1	1 OPERATION	23.275	82.293	-0.886	0.000	0.000	
Max My	1	1 OPERATION	23.275	82.293	-0.886	0.000	0.000	
Min My	1	1 OPERATION	23.275	82.293	-0.886	0.000	0.000	
Max Mz	1	1 OPERATION	23.275	82.293	-0.886	0.000	0.000	
Min Mz	1	1 OPERATION	23.275	82.293	-0.886	0.000	0.000	

Figur 8.2; Dimensjonerende laster for opplagringspunktene. Kilde: Staad Pro

8.1 Vertikal skrueforbindelse for node 1 og node 3

I henhold til NS-EN 1993 1-8, 3.2 "Kategorier av skrueforbindelser" [3] bør skrueforbindelser påkjent av skjær dimensjoneres som kategori A, B eller C. Kategori C omhandler forbindelser med glidningforhindring i bruddgrensetilstanden, og er valgt for disse innfestningene. Tabell 8.1 gir en oversikt over kategorier av skrueforbindelser med tilhørende kriterier.

Kategori	Kriterier	Merknader
Skjærforbindelser		
A Avskjæring/hullkanttrykk	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Det kreves ingen forspenning. Fasthetsklasser fra 4.6 til 10.9 kan brukes.
B Glidningsforhindret i bruksgrensetilstanden	$F_{v,Ed,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$ $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Forspente skruer fra 8.8 eller 10.9 bør brukes. For friksjonskapasitet i bruksgrensetilstanden, se 3.9.
C Glidningsforhindret i bruddgrensetilstanden	$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $\Sigma F_{v,Ed} \leq N_{net,Rd}$	Forspente skruer fra 8.8 eller 10.9 bør brukes. For friksjonskapasitet i bruddgrensetilstanden, se 3.9. $N_{net,Rd}$, se 3.4.1(1) c).
Strekforbindelser		
D Ikke forspent	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Det kreves ingen forspenning. Fasthetsklasser fra 4.6 til 10.9 kan brukes. $B_{p,Rd}$, se tabell 3.4.
E Forspent	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Forspente skruer i klasse 8.8 eller 10.9 bør brukes. $B_{p,Rd}$, se tabell 3.4.
Dimensjonerende strekkraft $F_{t,Ed}$ bør inkludere krefter fra hevarmvirkning, se 3.11. For skruer som er påkjent av både skjærkraft og strekkraft, gjelder også kriteriene i tabell 3.4.		

Tabell 8.1: Tabell 3.2 fra NS-EN 1993 1-8 [3]

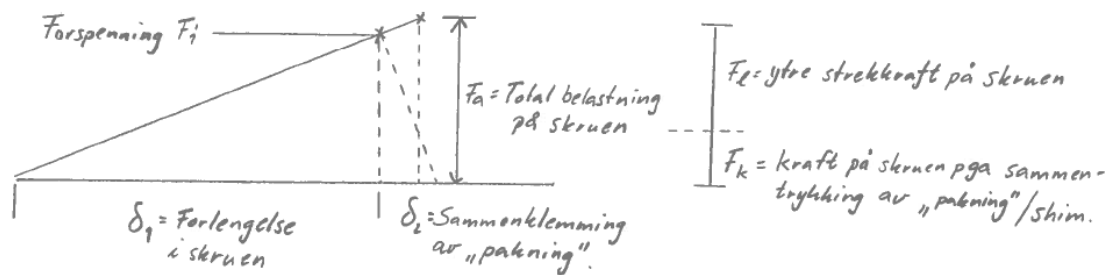
Spesifikasjoner for skruene (viser til vedlegg C for valgte verdier):

M24 x 180:

- Fasthetsklasse 8.8
 - Flytegrense:
 - Strekkfasthet:
- Diameter:
 - Skruens brutto tverrsnitt: –
- Nøkkelvidde
- Skruens spenningsareal
 Skruens spenningsareal er skruens nominelle tverrsnittsareal i den gjengede delen av skaftet.

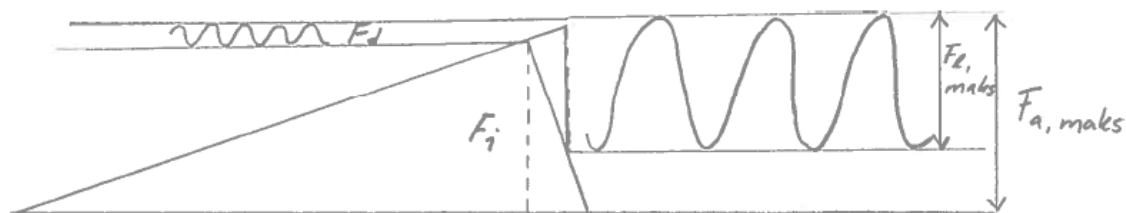
8.1.1 Forspenning

På grunn av vekslende bølgeakselerasjon kan det forventes store variasjoner i den ytre strekkraften som virker på knutepunktet. Ved å forspenne skruene vil skruens klemlengde tøyes, og med riktig forspenning vil skruen bli utsatt for bare en brøkdel av de dynamiske arbeidskreftene som opptrer parallelt med skruens akse. Ved å benytte lange slanke skruer og stiv flenseforbindelse oppnår en at minimalt av utmattingsbelastningen vil gå gjennom skruen. [11] [13]



Figur 8.3: Skisse av opptredende belastninger for en skrue. Kilde: Håndskisse fra forelesningsnoteter Maskinkonstruksjon.

Av skissen i figur 8.3 ser en at den totale belastningen på skruen er et produkt av ytre strekkraft på knutepunktet og kraft pga sammentrykking av pakning / shims. er igjen forårsaket av forspenningen av skruen. Forspenningskraften vil gi en forlengelse i skruen, og en sammentrykking i pakningen/shimsen. Når den ytre strekkraften virker på skruen vil den gi en reduksjon i pakningens sammentrykking. Dersom vil sammentrykkings-kraften på pakningen bli lik null.



Figur 8.4: Opptredende krefter ved dynamisk belastning. Kilde: Konstruksjonselementer [11]

Dersom den påførte ytre lasten ikke er konstant vil total belastning på skruen variere fra en maks verdi ved , til en minimumsverdi ved . Av figur 8.4 ser en at dersom skruen har en forspenning vil total belastning aldri bli lavere enn forspenningen. Dermed vil forspenningen gi en betydelig reduksjon i de dynamiske belastningene på skruen, og samlet belastning på skruen vil variere etter kurven til venstre på skissen. [11]

8.1.2 Friksjonskapasitet

I ventilplattformens innfestning er boltene trukket til med en forspenning på . Det vil si at aksialkraften i boltene er . Denne forspenningen vil skape økt friksjon mellom ventilplattformen og underlaget. Dersom kategori C for skjær skal tilfredsstilles må denne friksjonskraften være tilstrekkelig stor til å ta opp skjærkreftene som knutepunktet utsettes for. Dimensjonerende skjærkraft i bruddgrensetilstanden bør dermed ikke overskride dimensjonerende friksjonskapasitet. Dette kriteriet ser en som det første av kriteriene for kategori C i tabell 8.1. Friksjonskapasiteten beregnes etter kapittel 3.9 i NS-EN 1993-1-8 [3]:

Hvis en forbindelse som skal dimensjoneres som glidningsforhindret, er påkjent av en strekkraft i tillegg til skjærkraften, bør dimensjonerende friksjonskapasitet per skrue bestemmes som følger:

- for en forbindelse av kategori C:

Av formelen under ser en at kontaktkraften reduseres med 80 % mens 20 % av strekkraften gir strekk i skruen:

Der

-
-
-
-
-
-

Friksjonskapasiteten per skrue er lik . Med en dimensjonerende skjærkraft lik for knutepunktet gir dette en dimensjonerende skjærkraft per skrue på . Dermed ser en at dimensjonerende skjærkraft er mindre enn friksjonskapasiteten, og at kravet med god margin oppfylles.

8.1.3 Hullkantrykk

Det andre av kriteriene for kategori C i tabell 8.1, omhandler hullkantrykk, og krever at dimensjonerende skjærkraft skal være mindre enn dimensjonerende kapasitet for hullkantrykk. Kapasiteten for hullkantrykk beregnes etter tabell 3.4 NS-EN 1993-1-8 [3]:

Der

-
-
-
-
-
-

Utrekningene av V_{Ed} og V_{Rd} vises i vedlegg C. Grunnmaterialets strekkfasthet er funnet i NS-EN 1993-1-1 tabell 3.1[2] og satt lik f_{yk} .

Grunnmaterialets kapasitet for hullkantrykk blir dermed:

Figur 8.2 viser at størst horisontal kraft på opplagerpunktene er på A_3 i negativ x-retning ved node 3. Dimensjonerende skjærkraft per skrue blir dermed lik V_{Ed} og beregningen viser at dimensjonerende skjærkraft per skrue er langt mindre enn dimensjonerende kapasitet for hullkantrykk.

8.1.4 Strekkapasitet for netto tverrsnitt

For skjærpåkjente skrueforbindelser av kategori C gjenstår nå, ihht tabell 8.1, kontroll av dimensjonerende plastisk strekkapasitet for netto tverrsnitt ved skruehullene. Strekkapasiteten beregnes etter NS-EN 1993-1-1 [2]:

Der

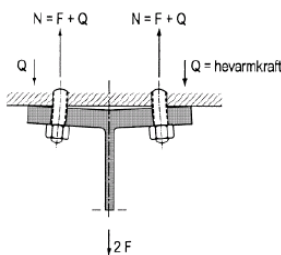
-
-
-

Plastisk strekkapasitet for tverrsnittet er som vist lik \dots og samlet skjærkraft for skruergruppen er lik \dots . Dermed er \dots , og det siste av tre kriterier for skjærbelastede skrueforbindelser er oppfylt.

8.1.5 Hevarmeffekt

For forspente strekkforbindelser gir tabell 8.1 følgende kriterier (kategori E):

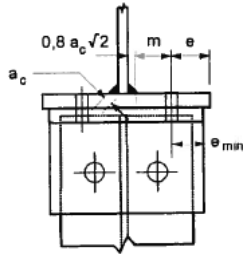
-
-



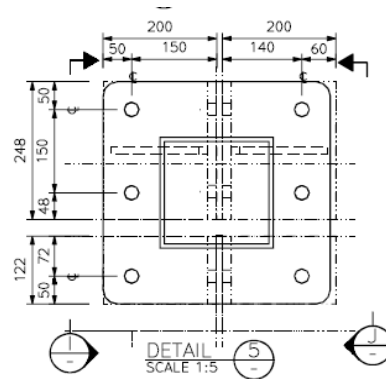
Figur 8.5; Skisse av hevarmeffekt.
Kilde: Norconsult

På grunn av hevarmeffekten kan større strekkrefter opptre i skruene enn hva som følger av den ytre strekkraften. Bøyedeforonasjonene i flensen forårsaker et fordelt kontakttrykk q mellom underlaget og flensen [11]. I beregninger ihht NS-EN 1993-1-8 [3] erstattes dette fordelte kontakttrykket med en konsentrert kraft Q ved enden av flensene (vist i figur 8.5). Bruddformer for en T-forbindelse, med tilhørende momentfordelinger er vist i figur C7 i vedlegg C.

I innfestningene mellom ventilplattformen og eksisterende struktur ser en av figur 8.2 at størst strekkraft blir forårsaket av lastkombinasjon 123 og opptrer ved node 1. Dimensjonerende strekkraft for knutepunktet blir da \dots .



Figur 8.6: Definisjon av avstander. Kilde:Figur 6.8 NS-EN 1993-1-8 [3]



Figur 8.7: Detaljtegning av skrueforbindelse ved node 1. Kilde: designtegninger for plattformen

Dimensjonerende strekkraft bør inkludere krefter fra hevarmvirkning. For å inkludere tilleggskreftene forårsaket av hevarmvirkningen benyttes reglene gitt i NS-EN 1993-1-8 6.2.4 [3]. Disse reglene tar hensyn til hevarmvirkningen ved at det beregnes en strekkapasitet for skrueforbindelsen som inkluderer hevarmvirkningen. I tilfeller der hevarmkrefter kan opptre bør strekkapasiteten i et T-stykke settes lik den minste verdien av de tre mulige bruddformene beskrevet under (Refererer til 6.2.4 (6) [3]):

Mulige bruddformer i bruddgrensetilstand:

(Bruddformene med tilhørende momentfordeling vises i vedlegg C)

1. **Fullstendig flyting i flensen.** Oppstår ved svake flenser og sterke skruer, fører til fullstendig plastifisering i flensen.
2. **Skruebrudd sammenfallende med flyting i flensen.** Kapasiteten til flens og skruer er tilpasset, flyting i flensen og brudd i skruene skjer samtidig.
3. **Skruebrudd.** Opptrer ved bøyningsstive flenser og svake skruer der forbindelsens kapasitet er gitt ved skruenes strekkapasitet. [13]

8.1.6 Strekkapasitet for T-stykket

Strekkapasiteten for T-stykket beregnes etter tabell 6.2 NS-EN 1993-1-8 [3]:

Bruddform 1, beregning uten forsterkende bakplate:

$$\frac{F_{T1}}{A_{T1}} = \frac{F_{T2}}{A_{T2}}$$

Bruddform 2:

$$F_{T2} = F_{T1} \cdot \frac{A_{T2}}{A_{T1}}$$

- = strekkapasitet per skrue (gitt i tabell 3.4 NS-EN 1993-1-8 [3]):

$$f_{T2} = \frac{F_{T2}}{A_{T2}}$$

$$F_{T1} = f_{T2} \cdot A_{T1}$$

$$F_{T1} = f_{T2} \cdot A_{T1}$$

$$F_{T1} = f_{T2} \cdot A_{T1}$$

Bruddform 3:

Resultatene av beregningene for de tre bruddformene viser at bruddform 1 gir lavest strekkapasitet. Dimensjonerende strekkapasiteten for T-stykket er dermed funnet som bruddform 1, dvs at plastifisering i flensen inntreffer først og er dermed dimensjonerende. Den samlede strekkapasiteten for T-stykket er dermed satt til

, og dimensjonerende strekkraft for knutepunktet ble satt til (Figur 8.2).

8.1.7 Gjennomlokking

Det siste av kriteriene omhandler gjennomlokking:

Der

-

-

(Se arbeidstegninger / designtegninger vedlegg H).

-

-

Skruehodets dimensjonerende kapasitet mot gjennomlokking blir dermed:

Dermed er _____

Kravet vedrørende gjennomlokking er innfridd.

8.1.8 Kombinert avskjæring og strekk

Ved kombinasjonen avskjæring og strekk skal i følge tabell 3.4 NS-EN 1993-1-8 [3] følgende krav oppfylles:

8.1.8.1 Avskjæringskapasitet per snitt

- Dersom avskjæringsnittet går gjennom den gjengede delen av skruen (A settes lik spenningsarealet for skruen, A): for fasthetsklasse 8.8,
- Dersom avskjæringsnittet går gjennom den ugjengede delen av skruen (A er skruens brutto tverrsnitt):

Det har ikke blitt kontrollert om avskjæringen skjer i gjenget del av skruen. Som en konservativ beregning brukes spenningsarealet.

Fra analyse i Staad Pro ser en at maksimal skjærkraft i opplagringene er forårsaket av lastkombinasjon 120 og opptrer i node 3 i negativ x-retning (globalt koordinatsystem). Verdien av maksimal skjærkraft er F_{max} . Dette gir dimensjonerende skjærkraft per skrue på F_{max}/n .

8.1.8.2 Strekkapasitet per skrue

Der

-
-

Strekkapasiteten per skrue er lik F_{max}/n .

Analysen i Staad Pro viser at maksimal strekkraft i opplagringene oppstår i node 1, og forårsakes av lastkombinasjon 123. Strekkraften i node 1 er da på F_{max} , og gir en strekkraft på F_{max}/n på hver skrue.

Maksimal avskjæringskraft og maksimal strekkraft for skrueforbindelsene er forårsaket av forskjellige lastkombinasjoner og opptrer i forskjellige knutepunkt/noder. Som en svært konservativ tilnærming kontrolleres først en kombinasjon der maksimal avskjæring og maksimal strekkraft opptrer samtidig på samme node. Dette vil i praksis ikke forekomme, men dersom denne konservative tilnærmingen tilfredsstiller kravene for beregningen blir det ikke nødvendig å foreta noen mer detaljerte analyser for denne kombinasjonen.

- Maksimal avskjæringskraft:
- Maksimal strekkraft:

Skrueforbindelsens dimensjonerende kapasitet hva angår kombinasjonen strekk og avskjæring overstiger med god margin dimensjonerende verdier for kreftene som oppstår i bolteforbindelsen.

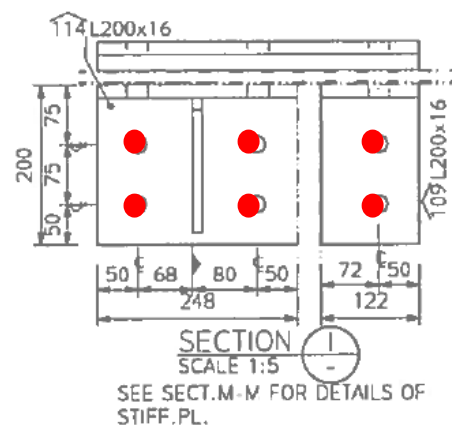
Ettersom konstruksjonen skal være glidningsforhindret i bruddgrensetilstand og dermed at friksjonskapasiteten må være høyere enn dimensjonerende skjærkraft, velges det i tillegg å kontrollere en kombinasjon der friksjonskapasiteten er tatt med i stedet for dimensjonerende skjærkapasitet for skruen. Videre velges dimensjonerende strekkkapasitet for T-stykket i stedet for dimensjonerende strekkkapasitet for skruene slik at hevarmeffekten blir tatt med i beregningen. Dermed blir uttrykket over sende ut som følger:

Setter inn dimensjonerende skjærkraft og strekkraft for hele forbindelsen/skruegruppen:

Utnyttingen for skruedeforbindelsen er i følge denne kontrollen noe høyere, men ligger fortsatt innenfor det akseptable.

8.2 Horisontal skruedeforbindelse for node 1

Node 1 er den innfestningen som har høyest lastvirkning i vertikal retning, og er dermed den skruedeforbindelsen som utsettes for størst strekkrefter (vertikal skruedeforbindelse), som igjen gjør at en bør kontrollere den horisontale skruedeforbindelsen for avskjæring og hullkantrykk. Dimensjonerende strekkraft for vertikal skruedeforbindelse er forårsaket av lastkombinasjon 123, og har verdien , denne kraften blir dermed dimensjonerende skjærkraft for den horisontale skruedeforbindelsen. Den horisontale skruedeforbindelsen for node 1 kontrolleres for hullkantrykk og avskjæringskapasitet etter tabell 3.4 i NS-EN 1993-1-8 [3].



Figur 8.8: Horisontal skruedeforbindelse ved node 1.
Kilde: Arbeidstegninger / Designtegninger

Spesifikasjoner for skruene (Viser til vedlegg C for valgte verdier):

M20 x 70:

- Fasthetsklasse 8.8
 - Flytegrense:
 - Strekkfasthet:
(ref. tabell 3.1 NS-EN 1993-1-1 [2])
- Diameter:
 - Skruens brutto tverrsnitt: -
- Skruens spenningsareal
Skruens spenningsareal er skruens nominelle tverrsnittsareal i den gjengede delen av skaftet
- Nøkkelvidde

8.2.1 Hullkantrykk

Der

-
-
-
-
-
-

Utrekningene av og vises i vedlegg C. Grunnmaterialets strekkfasthet er funnet i NS-EN 1993-1-1 tabell 3.1 [2] og satt lik .

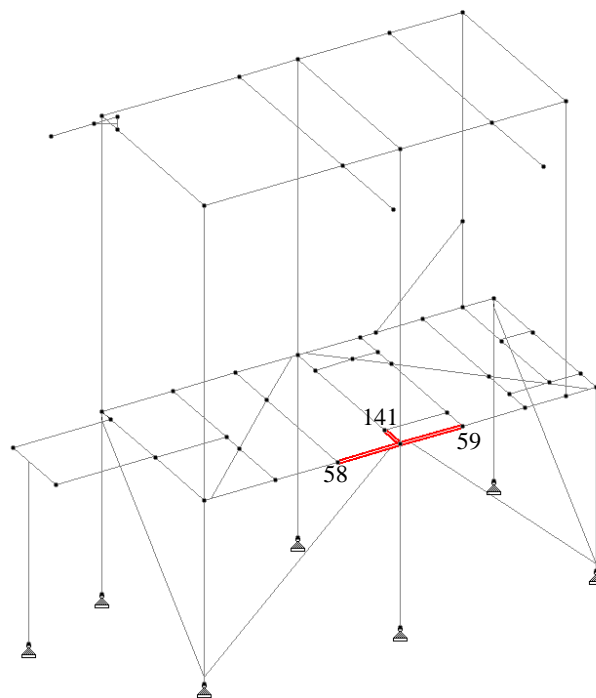
8.2.1.1 Avskjæringskapasitet per snitt

-
- Dersom avskjæringsnittet går gjennom den gjengede delen av skruen (A settes lik spenningsarealet for skruen, A): for fasthetsklasse 8.8,
 - Dersom avskjæringsnittet går gjennom den ugjengede delen av skruen (A er skruens brutto tverrsnitt):

Det har ikke blitt kontrollert om avskjæringen skjer i gjenget del av skruen. Som en konservativ beregning brukes spenningsarealet.

9 - Kontroll av knutepunkt

Knutepunktet markert i figur 9.1 kontrolleres i dette kapitlet i x-z,- og x-y planet. Det er valgt å kontrollere dette knutepunktet fordi det inngår i de knutepunktene der stavnene har størst ”end forces” (inn mot knutepunktet) i følge Staad Pro (vises i figur D1 i vedlegg D), og bjelken med høyest utnyttning i tverrsnittet også inngår i dette knutepunktet. I beregningene som følger er alle kapasitetene for knutepunktet beregnet først, deretter oppsummeres knutepunktkapasitetene i slutten av kapitlet og sammenlignes med dimensjonerende laster.

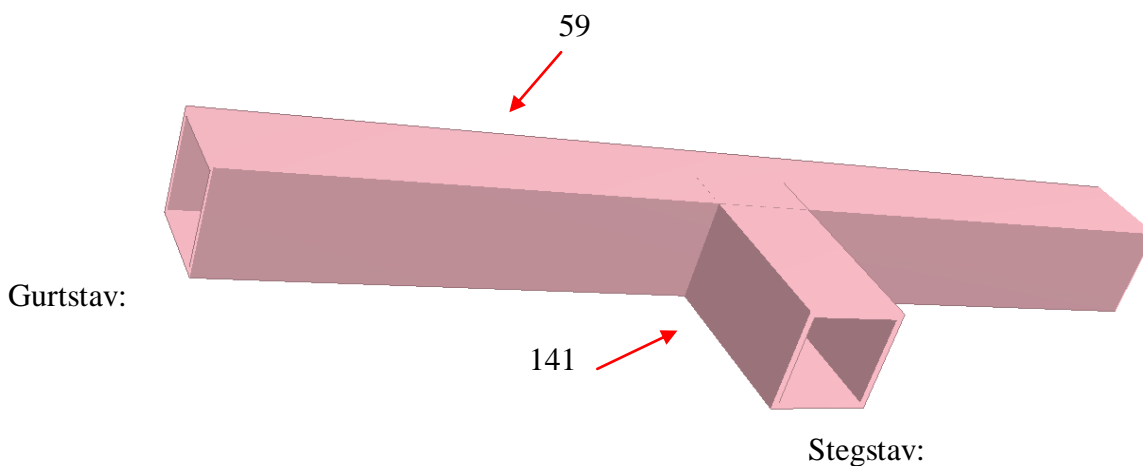


9.1 Kontroll av knutepunktet i x-z-planet



Figur 9.1: Viser knutepunktet som kontrolleres. Kilde: Staad Pro

Kontrollerer knutepunkt markert i figur 9.1. Knutepunktet kontrolleres som et T-knutepunktet i x-z planet med bjelke 59 som gurtstav og bjelke 141 som stegstav. Knutepunktet har full gjennombrenning i sveisen. Dermed kontrolleres ikke sveisekapasiteten for knutepunktet, men kun aksialkraftkapasiteten og momentkapasiteten til stegstaven.



Figur 9.2: Viser knutepunktets staver i x-z planet. Kilde: Skjerm bilde fra Staad Pro.

Maks aksialkraft i gurtstaven

- i enden inn mot knutepunktet

Maks moment i gurtstaven

-

Tabell 9.1: Dimensjonerende verdier for beregning av maks trykkspenning i gurtstaven. Kilde: Staad Pro

Maksimumsverdier for aksial- og momentkraft er verdier som opptrer i bjelke 59, som er markert i figur 9.2. Verdiene er maksimumsverdier som forårsakes henholdsvis av lastkombinasjon 117 og 105, og er dermed påkjenninger som ikke opptrer samtidig i knutepunktet. Disse verdiene ligger allikevel til grunn som dimensjonerende verdier for beregning av største trykkspenning i gurten ved knutepunktet. Denne spenningen danner videre grunnlaget for valg av beregningsformler.

Faktorer til beregning av knutepunktskapasitetene ihht NS-EN 1993-1-8 [3]:

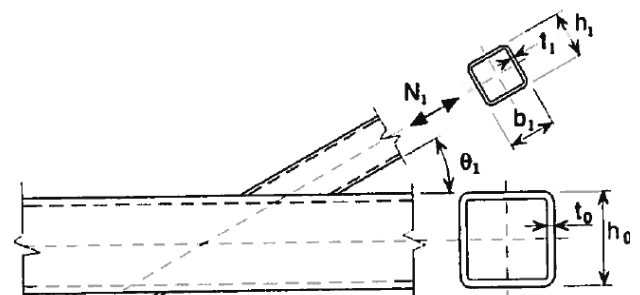
-
-
-
-

9.1.1 Dimensjonerende aksialkapasitet for T-knutepunktet

Beregnet etter tabell 7.11 NS-EN 1993-1-8 [3]

9.1.1.1 Brudd i gurtstavens sidevegg

For _____ :



Figur 9.3: Type knutepunkt. Kilde: NS-EN 1993-1-8

-

- η , der er reduksjonsfaktor for bøyingsknekking beregnet etter NS-EN 1993-1-1 [2] med den relevante knekkkurven og en normalisert slankhet λ_{rel} bestemt som følger:

$$\eta = \frac{1}{\gamma_{M1} \left(1 + \lambda_{rel} \right)}$$

Velger kaldformet knekkurve C, NS-EN 1993-1-1 [2])

(Ref. figur 6.4 – Knekkurver

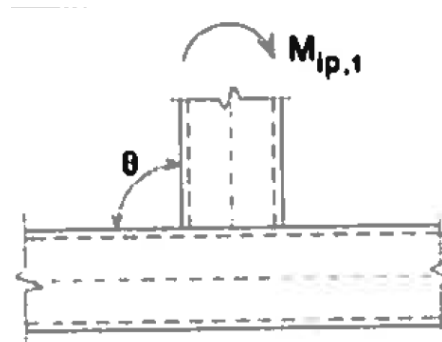
-
-

9.1.2 Dimensjonerende momentkapasitet i knutepunktplanet

Beregnet etter tabell 7.14 NS-EN 1993-1-8 [3]

9.1.2.1 Plastisk stukning i gurtstavens sidevegg

- For T-knutepunkt



Figur 9.4: Moment i fagverksplanet. Kilde: NS-EN 1993-1-8

9.1.2.2 Brudd i stegstav

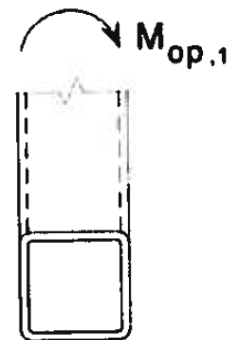


blir dermed lik:

9.1.3 Dimensjonerende momentkapasitet ut av knutepunktplanet

9.1.3.1 Plastisk stukning i gurtstavens sidevegg

- For T-knutepunkt
-

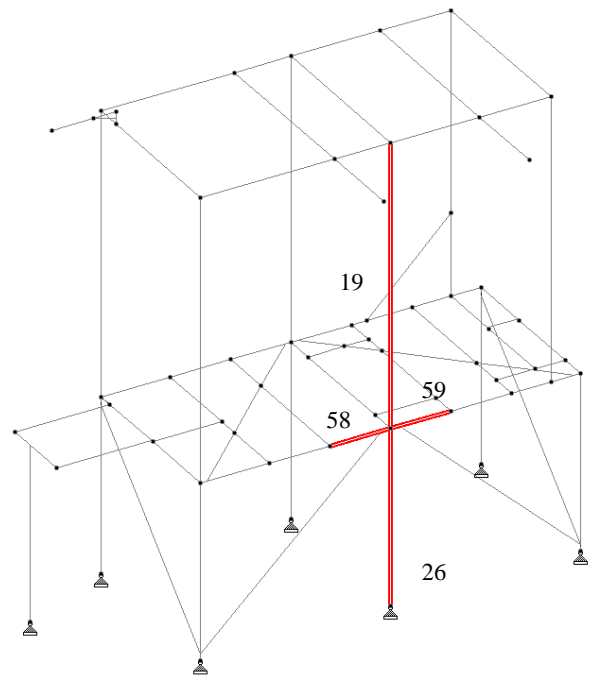


Figur 9.5: Moment normalt på fagverksplanet. Kilde: NS-EN 1993-1-8

9.1.3.2 Brudd i gurtstav

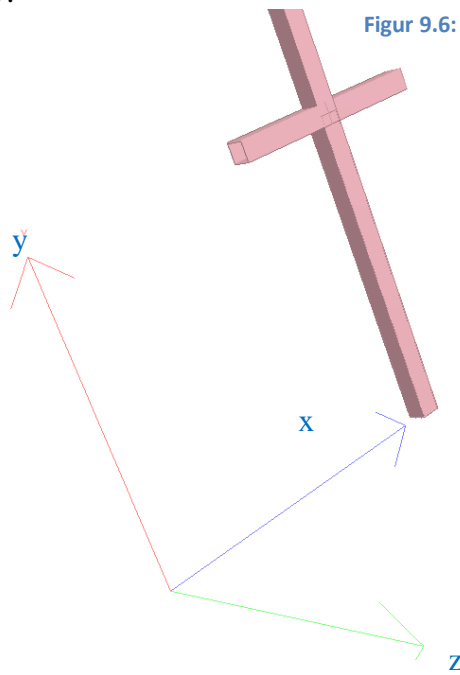
9.2 Kontroll av knutepunktet i x-y-planet

Ser på knutepunktet som et X-knutepunkt med horisontal stav som gurtstav og vertikale staver som stegstaver. Den øverste stegstaven har identiske materialdata som for beregningen i x-z planet, mens den nedre stegstaven (beam 26) har lik ytterdimensjon men godstykkelse lik . Mer detaljerte egenskaper for bjelkt 26 finnes i vedlegg D.



Figur 9.6: Viser knutepunktet i x-y planet. Kilde: Staad Pro

Gurtstav:



Figur 9.10: X-knutepunktet i x-y planet. Kilde: Skjerm bilde fra Staad Pro.

Stegstav
(beam 26):

Faktorer
knutepunktskapasitetene:

til beregning av

Faktorene blir like som for beregningene i x-y planet:

-
-
-

9.2.1 Dimensjonerende aksialkapasitet for T-knutepunktet

Beregnet etter tabell 7.11 NS-EN 1993-1-8 [3]

9.2.1.1 Brudd i gurtstavens sidevegg

-
- , der er reduksjonsfaktor for bøyingsknekking beregnet etter NS-EN 1993-1-1 [2] med den relevante knekkkurven og en normalisert slankhet bestemt som følger:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} \leq \frac{1}{\gamma_{M2}}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} \leq \frac{1}{\gamma_{M2}}$$

Velger kaldformet knekkurve C, NS-EN 1993-1-1 [2])

(Ref. figur 6.4 – Knekkurver

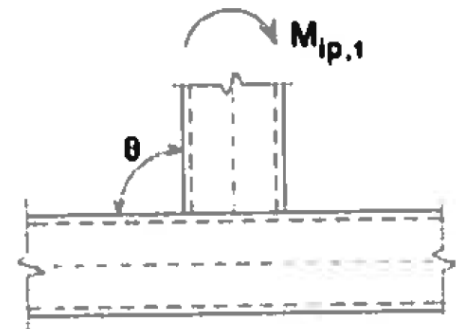
-
-

9.2.2 Dimensjonerende momentkapasitet i knutepunktplanet

Beregnet etter tabell 7.14 NS-EN 1993-1-8 [3]

9.2.2.1 Plastisk stukning i gurtstavens sidevegg

- For T-knutepunkt



Figur 9.11: Moment i fagverksplanet. Kilde: NS-EN 1993-1-8

9.2.2.2 Brudd i stegstav

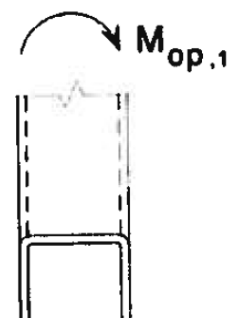
- _____

blir dermed lik:

9.2.3 Dimensjonerende momentkapasitet ut av knutepunktplanet

9.2.3.1 Plastisk stukning i gurtstavens sidevegg

- For T-knutepunkt
-



Figur 9.12: Moment normalt på fagverksplanet. Kilde: NS-EN 1993-1-8

9.2.3.2 Brudd i gurtstav

9.3 Dimensjonerende kapasiteter for knutepunktet

Brudd i gurtstavens sidevegg:
Plastisk stukning i gurtstavens sidevegg:
Momentkapasitet i planet
Momentkapasitet ut av planet
Brudd i stegstav:
Momentkapasitet i planet
Momentkapasitet ut av planet

Tabell 9.2: Tabell over dimensjonerende kapasiteter for knutepunktet.

9.4 De største aksialkreftene og bøyningmomentene som opptrer i stavnene tilknyttet knutepunktet

Tabell 9.3: Tabell over dimensjonerende laster for knutepunktet. Kilde: Staad Pro

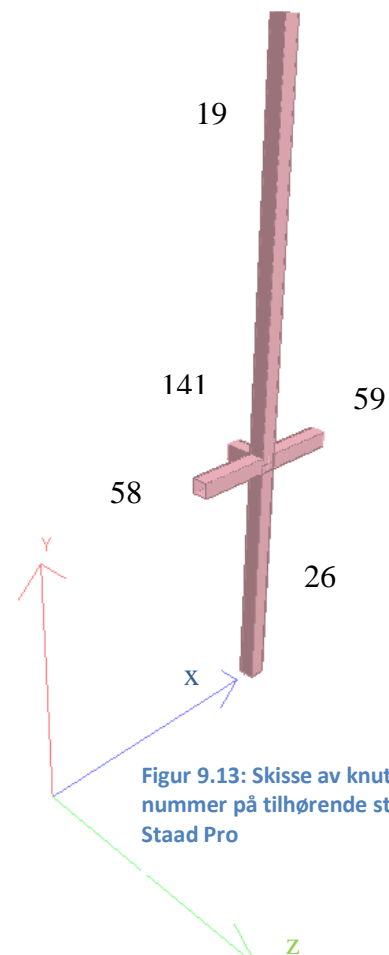
Dersom en sammenligner knutepunktets dimensjonerende kapasitet for enkeltvis belastning i form av aksialkrefter eller bøyning, mot dimensjonerende lastvirkninger for knutepunktet ser en at knutepunktet er tilstrekkelig dimensjonert til å overføre langt større krefter og moment enn de som opptrer i dette tilfellet.

Etter NS-EN 1993-1-8 [3] skal forbindelser mellom stegstaver med kombinert bøyning og aksialkraft oppfylle følgende krav:

Dersom en som en konservativ kontroll kombinerer de høyeste verdiene for dimensjonerende lastvirkninger med de laveste verdiene for dimensjonerende kapasiteter for knutepunktet får en følgende tilfelle:

For x-y planet:

For x-z planet:



Figur 9.13: Skisse av knutepunktet og nummer på tilhørende staver. Kilde: Staad Pro

10 - Påvisning av bruksgrensetilstand/SLS

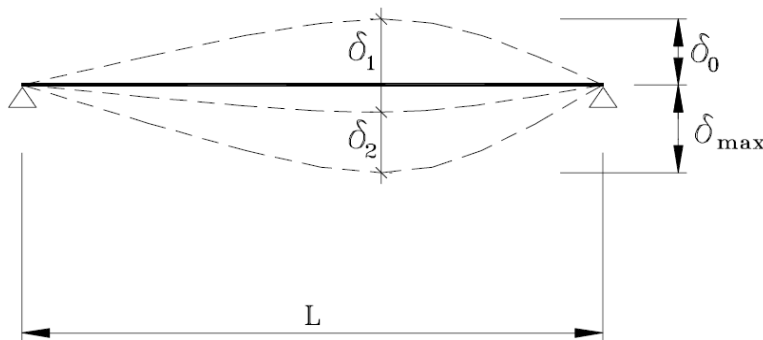
Med bruksgrensetilstand for offshore stålkonstruksjoner forbindes tilstander som berører den tiltenkte bruken av strukturen, for eksempel ved ubehagelige vibrasjoner eller generell ustabilitet og utbøyning. Det kan også være tilstand som påvirker strukturens estetiske utseende.

Ettersom spesifikke krav ikke er gitt for ventilplattformen, brukes bestemmelsene gitt i Norsok N-001 7.2.4 Serviceability limit states (SLS) [4].

<i>Element</i>	<i>Grense for</i>	<i>Grense for</i>
Dekksbjelker		

Tabell 10.1: Grenseverdier for vertikal utbøyning i bruksgrensetilstand. Kilde: Norsok Standard N-001, 7.2.4 [4]

-
-
-



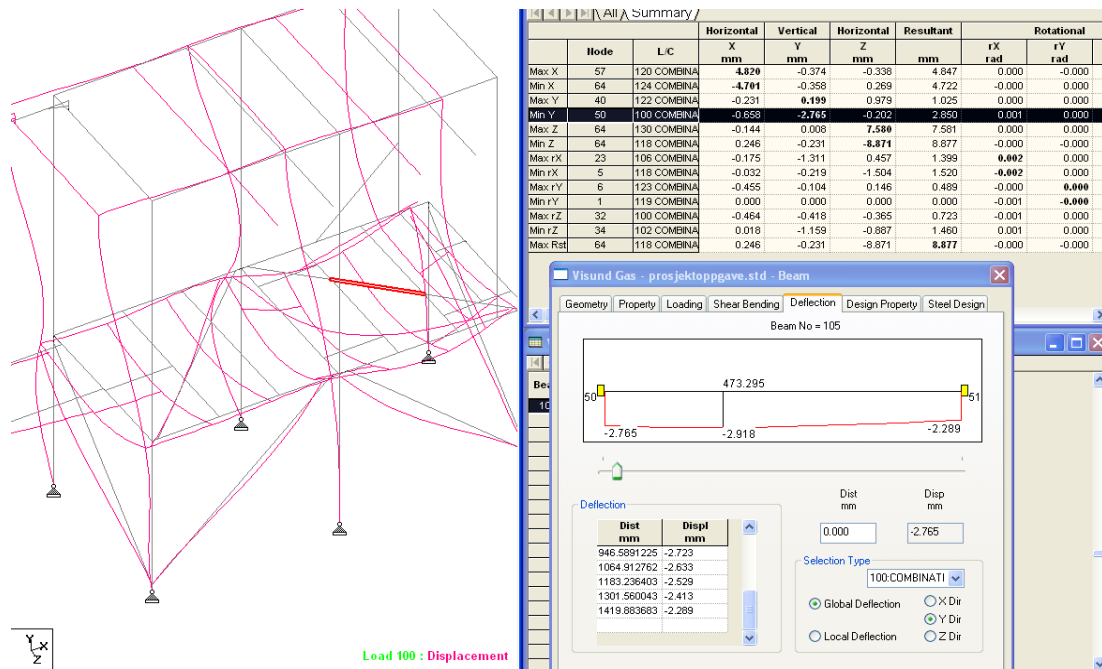
Figur 10.1: Definisjoner av vertikal utdbøyning. Kilde: Norsok standard N-001

Kontroll av utbøyning for bjelkene:

Ved kontroll av utbøyning har materialfaktorene blitt endret til i input-filen til Staad Pro.

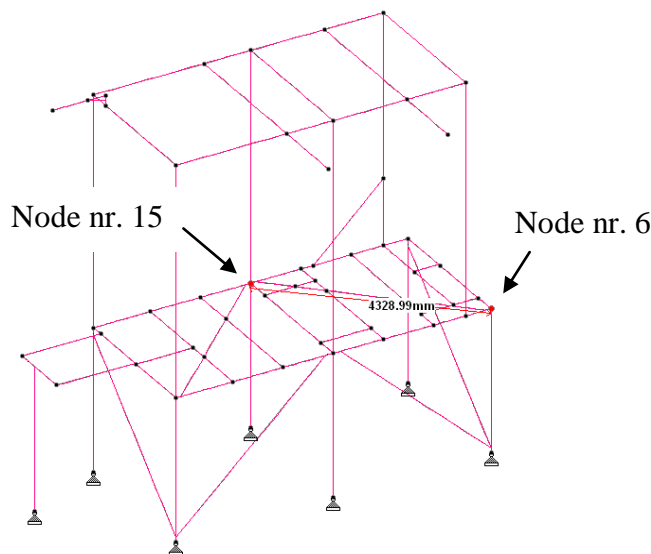
10.1 Vertikal utbøyning

Den bjelken med størst forskyvning i negativ y-retning (globalt) er bjelke nr. 105. Denne bjelken har som vist i figur 10.2, en maksimal global forskyvning i vertikal retning på - forårsaket av lastkombinasjon 100.

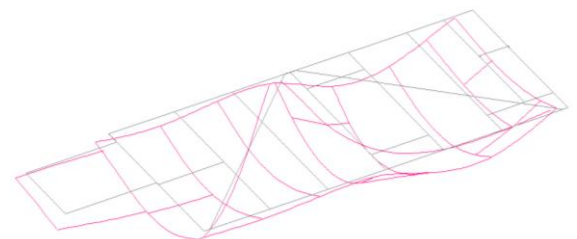


Figur 10.2: Bjelke nr 105, med størst global vertikal utbøyning. Kilde: Staad Pro

Velger å se på avstanden mellom node nummer 6 og node nummer 15 som en bjelke og kontrollerer relativ nedbøyning for dette strekket (se figur 10.3). I Staad Pros oversikt over ”node displacement” ser en at for lastkombinasjon 100 har node 6 og node 15 henholdsvis -2.765 og -2.289 i nedbøyning globalt. (Vist i vedlegg E) Dermed kan en si at gjennomsnittlig nedbøyning for disse to nodene er på -2.527 . Sammenligner en dette med maksimal nedbøyning globalt for dette strekket, gir det en relativ nedbøyning på 0.000 .



Figur 10.3: Strekk med størst nedbøyning (globalt). Kilde: Staad Pro



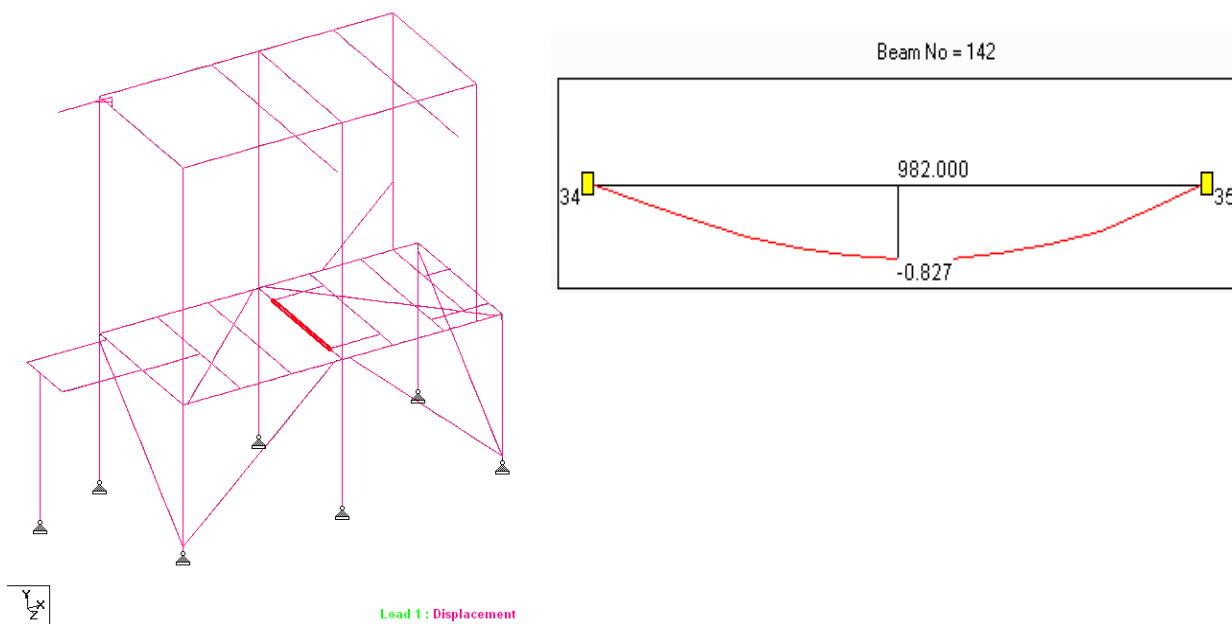
Figur 10.4: Overdrevet utbøyning av dekskarealet, fra lastkombinasjon 100. Kilde: Staad Pro

Maks tillatt utbøyning for denne bjelken er i følge Norsok Standard N-001 [4] lik:

Maksimal variabel utbøyning :

Det forekommer ingen nedbøyning som er opp imot det tillatte for strukturen.

Den bjelken som har størst relativ forskyvning i negativ y-retning er bjelke nr 142. Nedbøyningen er grunnet lastkombinasjon 102, og har verdien . Bjelke nummer 142 har lengde



Figur 10.5: Bjelke med størst relativ nedbøyning. Kilde: Skjerm bilde fra Staad Pro

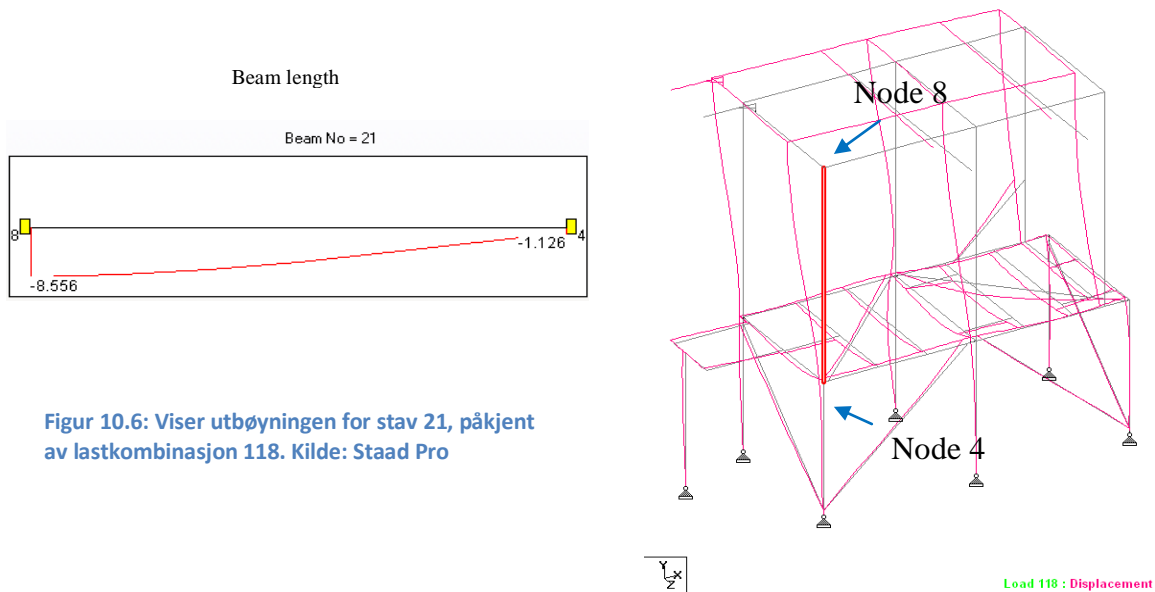
Maks tillatt utbøyning for denne bjelken er i følge Norsok Standard N-001 [4] lik:

Maksimal variabel utbøyning :

Den faktiske nedbøyningen er langt mindre enn det som er maksimalt tillatt. Selv med en varierende nedbøyning () lik maksimal nedbøyning, er denne bjelken langt innenfor det akseptable.

10.2 Horisontal utbøyning

For stav nummer 21 er den horisontale globale utbøyningen på ved node 8. Utbøyningen skjer i negativ z-retning og er forårsaket av lastkombinasjon 118.



Figur 10.6: Viser utbøyningen for stav 21, påkjent av lastkombinasjon 118. Kilde: Staad Pro

Ved node 4 er utbøyningen i den samme retningen lik (se vedlegg E). Dette gir en relativ utbøyning for staven på .

Maks tillatt utbøyning for staven er i følge Norsok Standard N-001[4] lik:

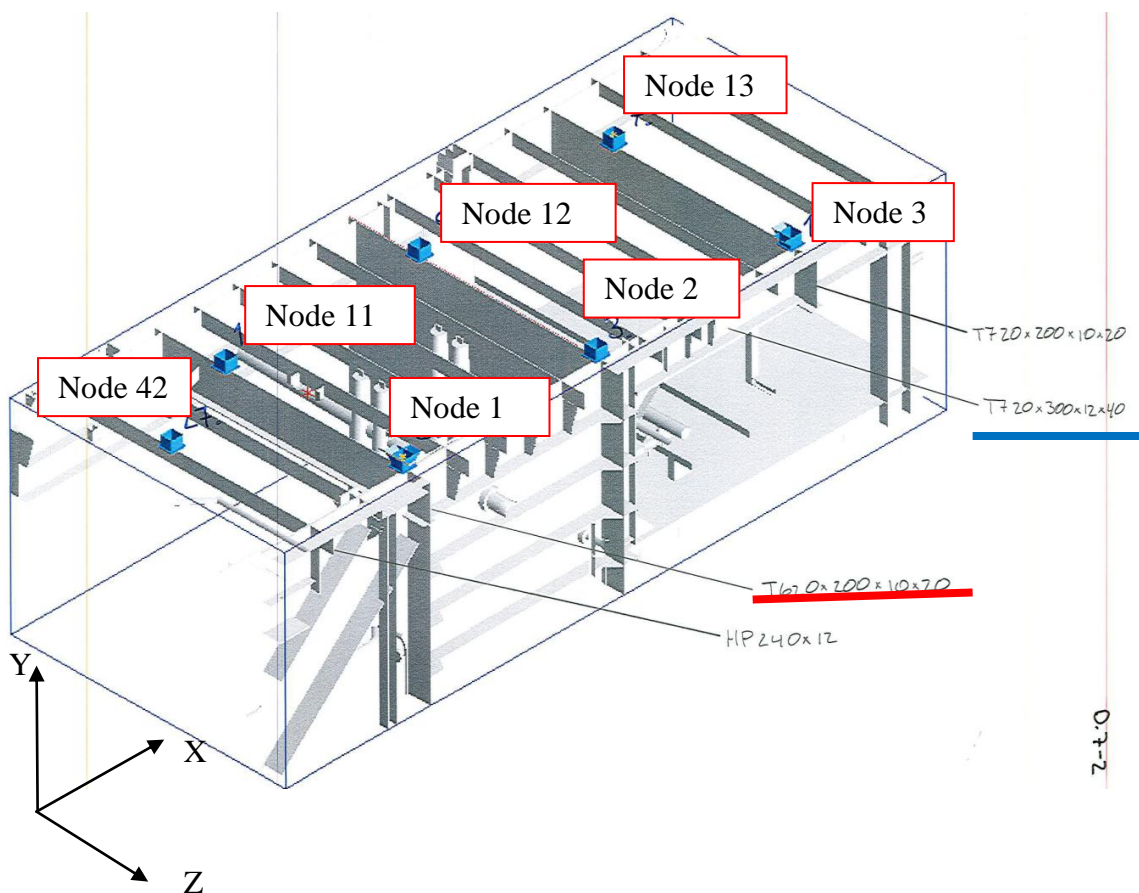
$$\text{---} \quad \text{---}$$

Det forekommer ingen utbøyning i konstruksjonen som er opp i mot det som vurderes som grenseverdier ihht Norsok Standard N-001 [4]

Brukgrensetilstand er her kontrollert ved påkjenning av de størst belastende lastkombinasjonene, der miljølastene er inkludert. I praksis vil dette være en i overkant konservativ beregning, og vanlig praksis ved påvisning av bruksgrensetilstand er kun å innbefatte egenvekt pluss laster som opptrer ved normal bruk.

11 – Kontroll av eksisterende struktur

Når det gjelder kontroll av eksisterende struktur velges det å kontrollere bjelken som understøtter node 3 og node 13, mot bøyningsmoment. I figur 11.1 ser det ut som det er en åpning i strukturen under bjelken merket med blått på figuren. Dermed blir også denne bjelken utsatt for nedbøyning grunnet lasten i node 3 og node 13, og det er ønskelig med en kontroll av nedbøyningsmomentet også for dette strekket. Den vertikale støtten under node 2 er avstivet i begge horisontale retninger, og kontrolleres derfor ikke mot knekking, men det kunne vært aktuelt å kontrollere tverrsnittet mot trykk dersom tverrsnittsegenskapene for staven hadde vært kjent. T-profilen merket med rødt er fastholdt mot knekking om svak akse (global Z-akse), men det er uvisst om den er fastholdt mot knekking om global X-akse. Dimensjonene for denne støtten er kjent, og den kontrolleres mot trykk.



Figur 11.1: Eksisterende struktur. Kilde: Aibel

11.1 Trykk

Maksimal vertikal kraft ved innfestningen av ventilplattformen opptrer ved node 1 og har følgende verdi: (Viser til vedlegg F).

Kontrollerer trykkraftkapasitet for vertikal T-profil ved node 1 ihht NS-EN 1993-1-1 [2]:

Dimensjonerende trykkraft, *skal i hvert tverrsnitt oppfylle følgende krav:*

Dimensjonerende tverrsnittskapasitet for sentrisk trykk, *, fastsettes som følger:*

Kontrollerer tverrsnittsklasse etter tabell 5.2 [2]:

Steg:

— ————
 ———

Flens:

— ————
 ———

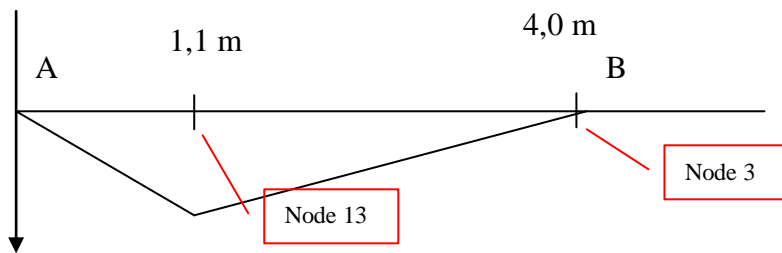
Kontrollerer trykkraftkapasiteten for flensen:

Dette viser at flensen alene har trykkraftkapasitet større enn dimensjonerende lastvirkning for T-profilet. For steget, som har tverrsnittsklasse 4, vil lokal knekking kunne inntreffe før aksialkraften forårsaker flyting i tverrsnittet. For steget vil dermed kapasiteten mot lokal knekking være dimensjonerende.

11.2 Bøyningsmoment

Bøyningsskapasiteter beregnet i dette avsnittet er utført ihht NS-EN 1993-1-1 [2].

Ser på T-profil som understøtter node 3 og node 13. Lengden på denne bjelken kommer ikke frem av tilgjengelig tegning av eksisterende struktur, men med utgangspunkt i at ventilplattformens bredde er lik antas en lengde for denne bjelken på 4,0 m. Som en konservativ tilnærming ser en bort fra bjelkens innspenning og behandler den som fritt opplagret. Bjelken får dermed et momentdiagram som vist i figur 11.2.



Figur 11.2: Momentfordeling for T-profil.

Maksimal vertikal kraft ved node 13 er lik $\frac{1}{2}F$ og ved node 3 er maksimal vertikal kraft lik $\frac{1}{2}F$ (se vedlegg F). Reaksjonskraften ved B (se figur 11.2) blir videre dimensjonerende lastvirkning for nedbøyning av bjelke merket med blått i figur 11.1.

Reaksjonskraften ved B:

Maks bøyemoment:

Maks bøyemoment opptrer i avstand 1,1 meter fra A.

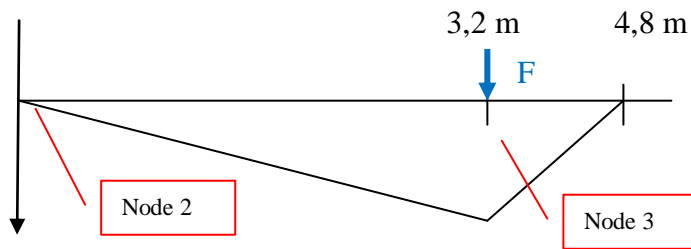
For tverrsnittsegenskapene til T-profilen er det tatt med 150 millimeter av dekkspalten på hver side av steget. Tykkelsen for dekkspalten er ukjent, en konservativ verdi er satt til 10 mm. Trykk i toppflensen (egentlig dekkspalten) gir tverrsnittsklasse 4.

Tverrsnittsegenskapene for bjelken er vist i vedlegg F.

Dimensjonerende kapasitet mot bøyning:

Bøyningmomentkapasiteten for denne bjelken er dermed vist å være tilstrekkelig høy.

Ser på bøyningmomentet for bjelke merket med blått i figur 11.1: Lengden på bjelkespennet er ikke kjent, men avstanden mellom node 2 og node 3 er 3,2 meter (designtegninger vedlegg H) og det antas på grunnlav av dette, en total lengde for dette strekket på 4,8 meter. Ser på bjelken som fritt opplagret med følgende momentfordeling:



Figur 11.3: Momentfordeling for T-profil.

Tverrsnittsegenskapene for T-profilen er vist i vedlegg F. Dimensjonerende kraft ved node 3:

Maks bøyemoment:

Maks møyemoment opptrer ved node 3.

For tverrsnittsegenskapene til T-profilen er det tatt med _____ av dekkspalten på hver side av T-profilens steg. Tykkelsen for dekkspalten er ukjent, en konservativ verdi er satt til _____. Trykk i toppflensen (egentlig dekkspalten) gir tverrsnittsklasse 4. Tverrsnittsegenskapene for bjelken er vist i vedlegg F.

Dimensjonerende kapasitet mot bøyning:

Bøyningmomentkapasiteten for denne bjelken er dermed vist å være tilstrekkelig høy.

11.3 Knekking av uavstivet plate

Maksimal vertikal last ved node 13 er lik F_{13} . På bakgrunn av denne lastvirkningen kontrolleres den understøttende T-profilens steg mot knekking. Steget sees på som en uavstivet plate og kontrolleres mot knekking med skjærkrefter etter DNV-RP-C201 [9].

Dimensjonerende kapasitet mot skjærspenning:

$$\begin{aligned}
 & \frac{V_{Ed}}{A_{wT}} \leq f_{vw} \\
 & \frac{V_{Ed}}{A_{wT}} \leq f_{vw} \\
 & \frac{V_{Ed}}{A_{wT}} \leq f_{vw}
 \end{aligned}$$

Dimensjonerende skjærspenning:

$$\tau_{vw} = \frac{V_{Ed}}{A_{wT}}$$

I formelen over er det forutsatt at all skjærkraft blir tatt opp i steget. Det ville vært mer korrekt å bruke et skjærareal der også en liten del av flensen ville vært inkludert, men denne beregningen er i konservativ retning, og dimensjonerende skjærspenning er uansett langt lavere enn kapasiteten for platefeltet.

I en reell situasjon kunne det vært naturlig å kontrollere platen som understøtter nodene 2 og 12. På figur 11.1 ser en at denne platen står vertikalt i Y-Z-planet (globalt), og det er naturlig å anta at den er stivet av ved hjelp av horisontale avstivere på den ene siden (den siden som ikke synes på figuren). Grunnet manglende informasjon om platetykkelse, avstivere og lignende blir det ikke utført kontroll av denne her, men det kan være naturlig å kontrollere mot lokal knekking (mellom avstivere) og knekking av hele platefeltet. I tillegg kunne det vært naturlig å kontrollere staven som understøtter node 1, for knekking om global X-akse. T-profilen under node 11 og node 1 har et lavere steg enn T-profilen som har blitt kontrollert mot knekking, i tillegg er lastvirkningen på denne T-profilen lavere enn ved node 13, dermed er en tilsvarende kontroll av denne profilen antatt ikke nødvendig.

12 - Design av løftearrangement.

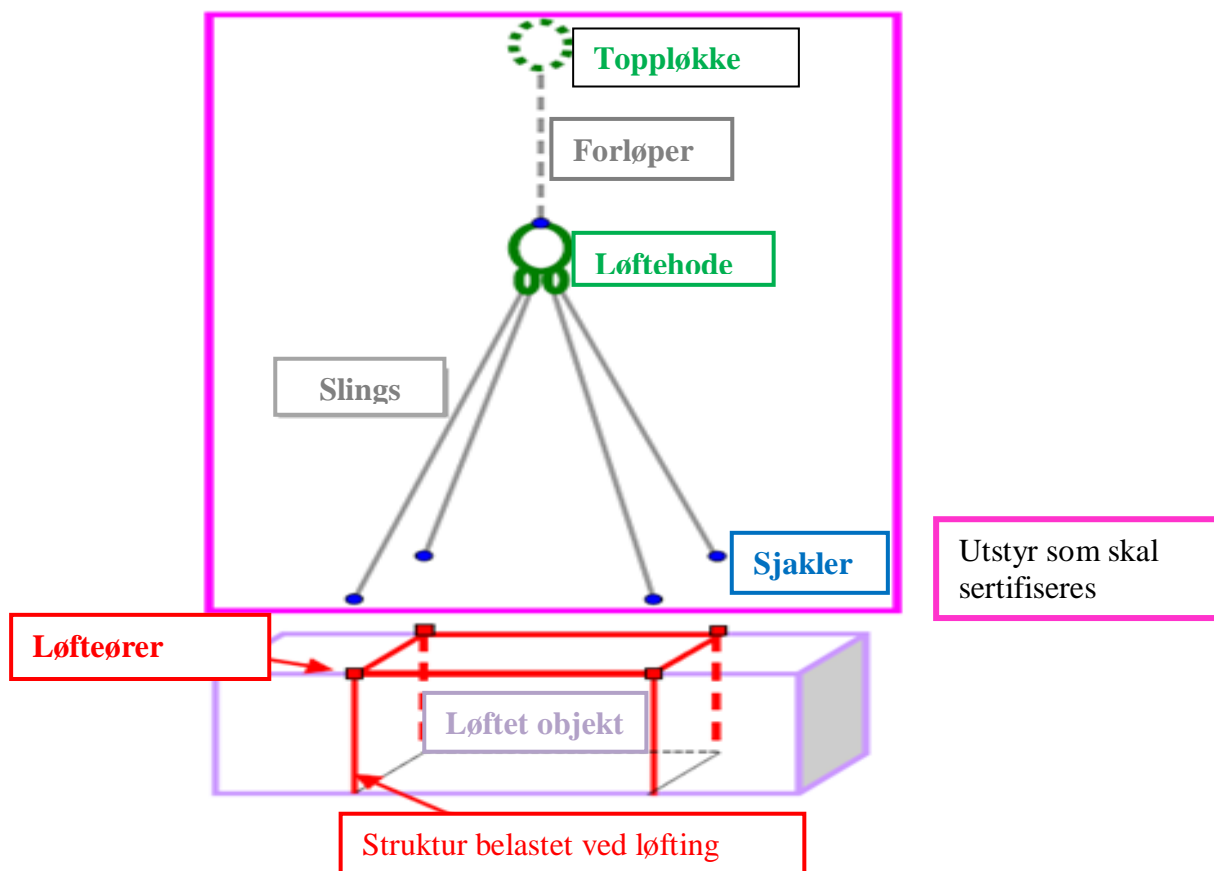
Design og beregninger av løftearrangementet skal gjennomføres etter Det Norske Veritas (DNVs) gjeldende regelverk. Løftesettet som består av 4 løfteører, 4 sjakler, 4 slings, 2 stk. balanseringer, hovedløkke, forløper og toppløkke skal i hovedsak designes etter DNV Standard for Certification No2.7-1 Offshore Containers[7]. Løfteører og struktur skal designes og kontrolleres etter DNV Standard for Certification No2.7-3[8], Portable Offshore Units[8], og Eurokode[2].

Løftesettet skal brukes til å utføre et 4 punktts offshoreløft. Løfteører skal sveises på strukturen til modulen. Løftearrangementet skal brukes til å koble modulen til løfteinnretningen som skal utføre løft fra kai til frakteskip og videre fra frakteskip til plattform.

Løftearrangementet skal designes med en tilstrekkelig lengde slik at operatøren enkelt kan koble løftet til løfteinnretning[7]. Toppløkke skal kunne nå ned til en høyde lavere en 1.3 meter når slings henger ned på langsiden av løfteenheten. [7].

Ved design av et løftesett bestående av slings må en ta i betraktning til antall parter, vinkel på slings og andre faktorer som endrer slingsens kapasitet.

Løftearrangementet skal monteres til løfteobjektet med sjakler og skal normalt ikke fjernes før enheten er installert[8].



Figur 12.1 Skisse av løftearrangement: Kilde: Work instuction[15]

12.1 Komponenter i løftesettet

12.1.1 Sjakler

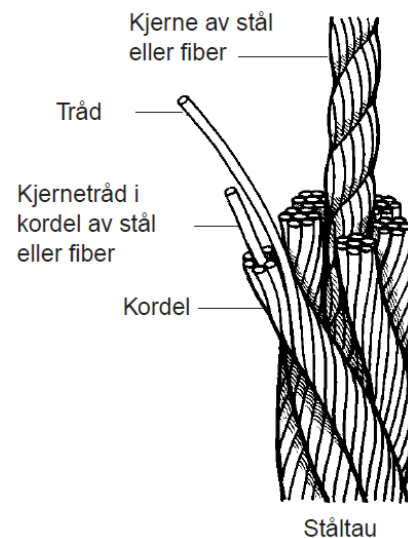
Sjakler brukt til offshore løft skal være i henhold til EN 13889, EN 1677-1 eller andre godkjente standarder. Krav som deriblant skal oppfylles er at sjaklene skal ha en sikkerhetsfaktor mot brudd på minimum 5 ganger arbeids last grensen (WLL).

Sjakkelboltens diameter skal ha en toleranse på $-1\% +3\%$. For løfting av last skal det benyttes sjakler med dobbel låsing av bolt, eksempelvis mutter med splittpinne. Sjakkel uten roterende bolt bør ikke brukes da det kan være fare for overført roterende krefter til sjakkelbolt som kan føre til at bolten løsner [7].

12.1.2 Slings

Slings av ståltau skal være i henhold til EN 13414-1 eller andre anerkjente standarder[7]. Ståltau skal være med 6 kordeler (seksslott) av typen 6x19 eller 6x36 med stål eller fiber kjerne. Strekfastheten til ståltau skal være i klasse 1770 N/ eller 1960 N/ . WLL for slings skal være større eller lik . Maks vinkel i forholdt til vertikalen skal ikke overstige 45 [7].

Konstruksjonen i et ståltau som vist i fig.12.2 omtales ofte med antall kordeler, antall tråder i kordelene og en kjerne. Et ståltau er oppbygd av tråder som er sammenslått til en kordel. Et antall kordeler er igjen sammenslått rundt en kjerne i senter. Kjerner som består av fiber betegnes som +CF, om kjernen som består av en kordel er betegnelsen +CWS, og om kjernen er bygd opp som et ståltau er betegnelsen +CWR. Trådene ståltauet er bygd opp av kan være ubehandlet, galvanisert, eller laget av en "rustfri" legering. Ståltauet kan også være plastbelagt for å få en korrosiv beskyttelse. Ved ekstreme korrosive miljø brukes "rustfritt" ståltau.



Figur 12.2: Viser oppbyggingen av en ståltau6x36+CWR. Kilde Certex.no[16]

12.1.3 Løftehodet

Løftehodet består av balanseringer og hovedløkke. Løftehodet må dimensjoneres etter minimum tålt arbeids belastning (som beregnes ut fra DNV 2.7-1[7], tabell 8.1. Balanseringer og hovedløkke kan også beregnes separat etter formelen:

12.1.4 Forløper

Forløper skal ha minimum tålt arbeidslast større eller lik .
Forløper ståltau velges fra DNV 2.7-1, Appendix E tabell E-2[7]. som er basert på EN 13414

[7]

12.1.5 Toppløkke

Toppløkke skal ha minimum tålt arbeidslast større eller lik
Det anbefales at toppløkken som skal festes til kroken på kranen skal ha minimum innvendig mål på 270mm x 140mm[7].

12.2 Data for stålstruktur/modul

12.2.1 Ytre mål

- Bredder 3110 mm.(Z-akse)
- Lengde 8205 mm.(X-akse)
- Høyde 7913 mm.(Y-akse)

12.2.2 Tyngdepunkt (CoG) basert på krefter i Y-retning(Vedlegg G)

-
-
-

12.2.3 Design vekt for løftesett

-
- WIF = 1.2 (vekt justerings faktor) [dnv,Norsok]
- $\frac{\text{Løftevekt}}{\text{Tørrvekt}}$ (tørrvekt/løftevekt)

12.2.4 WLL

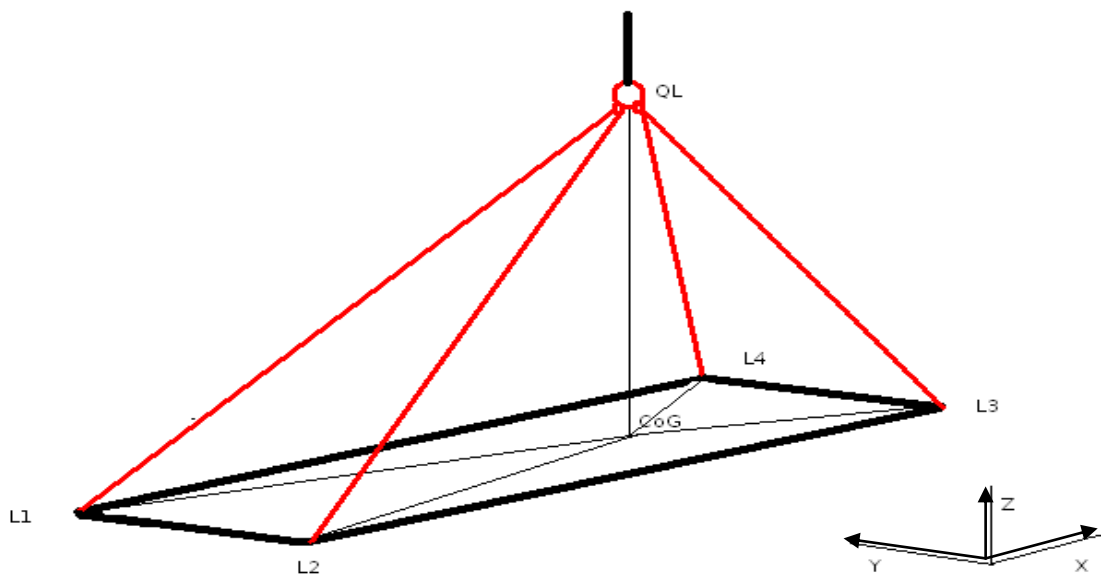
- $\frac{\text{WLL}}{\text{Løftevekt}}$ [7]
- _____

Enhancement faktoren tar høyde for dynamiske belastninger som oppstår under et offshore løft forårsaket vind og bølger. Denne faktoren bestemmes fra tabell 8-1 DNV 2.7-1[7], og multiplisert med modulens tørrvekt. Dette gir oss den endrede vekt verdien _____ som brukes til å bestemme minimums krav til tålt arbeidsbelastning for sjakler, forløper, samling og hver enkel slings. Gjelder for 4-punkts løft med hvilken som helst vinkel på slings.[7] (maks 45° til vertikalen).

12.2.5 Koordinater for løftepunkt, tyngdepunkt og samle-ring

Tabell 12.1: Viser koordinater hentet fra Stad Pro.

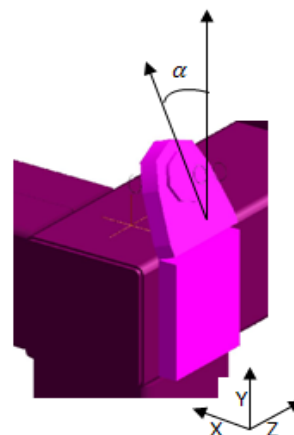
Løftepunkt 1
Løftepunkt 2
Løftepunkt 3
Løftepunkt 4
Tyngdepunkt
Samle-ring



12.3 Beregning av slings lengde og vinkler i løftesettet

Når løftearrangementet skal designes må en ta utgangspunktet i den tilgjengelige løftehøyden hvor løftet skal utføres. Avstand mellom løftepunkt og samle-ring, og plassering av løfteører bestemmer vinkler og lengde på komponentene i arrangementet. Vinklingen på skrevet har stor innvirkning på kreftene som oppstår i slings og løfteører. Når vinkelen på skrevet øker stiger belastningen på slings og dimensjoneringen må deretter forhøyes. Maks tillat vinkel mellom vertikalen og løfteslings er 45 [7]. Når vi gjør beregninger for et usymmetrisk løftesett skal vinkler og krefter som gir størst utslag benyttes.

12.3.1 Løfteøre vinkel i X-retning relatert til vertikalen.



Figur 12.5: Figuren viser løfteørevinkel i forhold til vertikalen.

- Løfteøre 1

- Løfteøre 2

- Løfteøre 3

- Løfteøre 4

12.3.2 Slings, vinkel i Z-retning relatert til vertikal

- Slings 1

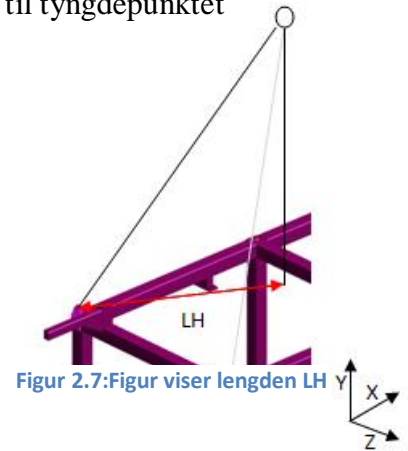
- Slings 2

- Slings 3

- Slings 4

12.3.3 Beregning av lengde i horisontal retning

Lengden gjelder mellom løftepunkt og normalt på vertikalen til tyngdepunktet



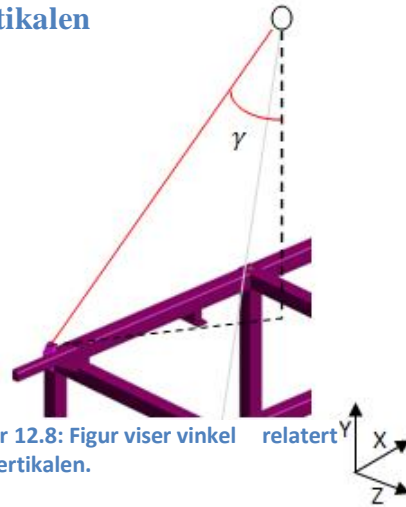
- Løftepunkt 1 til

- Løftepunkt 2 til

- Løftepunkt 3 til

- Løftepunkt 4 til

12.3.4 Beregning av vinkel til slings relatert til vertikalen



Figur 12.8: Figur viser vinkel relatert til vertikalen.

- Slings 1

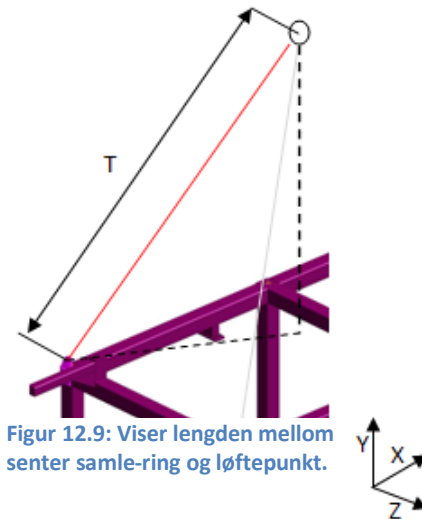
- Slings 2

- Slings 3

- Slings 4

(Maks slingsvinkel relatert til vertikalen blir brukt til dimensjonerende)

12.3.5 Beregning av avstand mellom Samle-ring og løftepunkt.



Figur 12.9: Viser lengden mellom senter samle-ring og løftepunkt.

- Lengde mellom hovedløkke og løftepunkt 1

- Lengde mellom hovedløkke og løftepunkt 2

- Lengde mellom hovedløkke og løftepunkt 3

- Lengde mellom hovedløkke og løftepunkt 4

12.3.6 Beregning av slings lengde

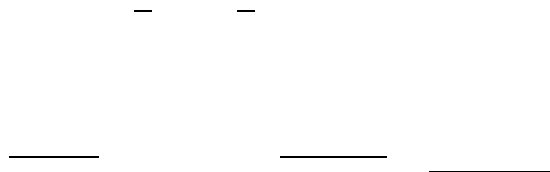
f: Lengde innside sjakkel.

b: Diameter sjakkelbolt.

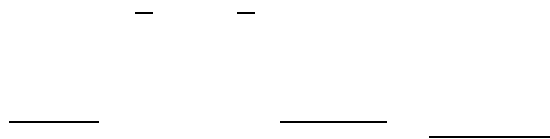
l: innvendig mål balansering.

L: innvendig mål hovedløkke.

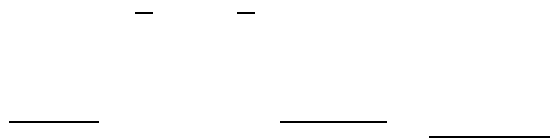
- Slings 1



- Slings 2



- Slings 3



- Slings 4



12.4 Beregning av løftesett.

Hver komponent av løftearrangementet skal beregnes individuelt når vinkelen mellom slings og vertikalen er ulik 45° , skrevet er usymmetrisk, eller dersom det ikke er brukt standard komponenter i løfteanordningen. [7]

Nødvendig tålt arbeidsbelastning (WLL) for komponenter i løftesett for 2- og 4-punkts løft kan bestemmes med formlene uttrykt i tabell nedenfor:

Table 8-3 Minimum working load limit (WLLs) for sling leg components and shackles

<i>Required Minimum WLLs for sling leg components and shackles</i>		
4 legged sling	2 legged sling	Single leg sling
$WLL_{min} / (3 \times \cos \alpha)$	$WLL_{min} / (2 \times \cos \alpha)$	WLL _{min}

Tabell 12.2: Viser tabell 8-3 fra DNV 2.7-1 [7]

(største vinkel blir brukt i beregninger)

Hvis løftesettet er designet med ståltau kan beregninger utføres i henhold til DNV 2.7-1, Appendix E eksempel 3.[7]

12.4.1 Sjakler

= vinkel på slings relatert til vertikalen

12.4.2 Slings

= vinkel på slings relatert til vertikalen

Velger slings _____ fra tabell E-2 DNV 2.7-1 [7]

12.4.3 Toppløkke

Velger Master link med WLL
godkjent[7].

fra EN 1677-4 eller en DNV type

12.4.4 Forløper

[7]

Velger forløper

fra tabell E-2 DNV 2.7-1 [7]

12.4.5 Løftehode

[7]

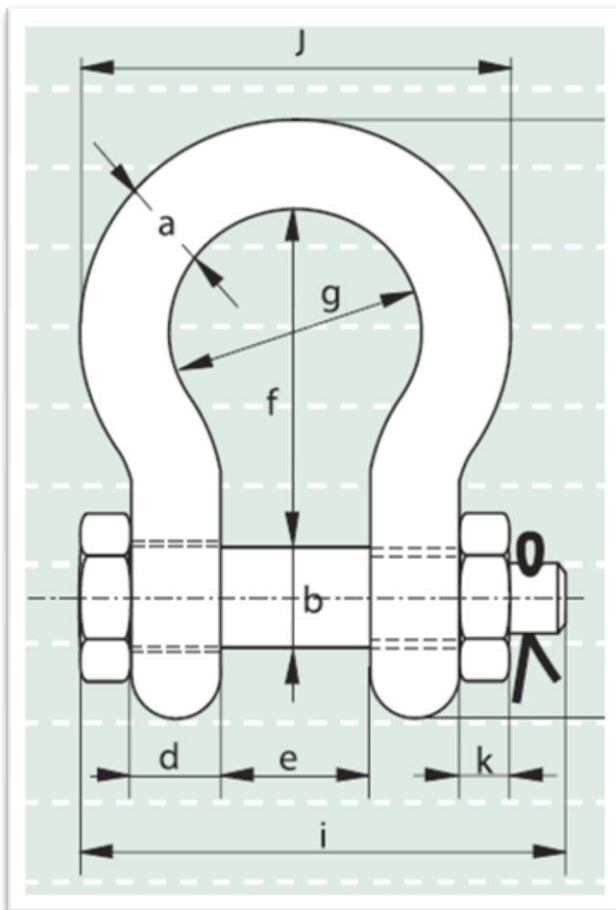
12.4.6 Balanseringer

[7]

12.5 Valgt utstyr for løfteoperasjon av ventilplattform

12.5.1 Sjakler

- Antall: 4 stk.
- Type: Green Pin sjakkel med mutterbolt. [18]
- WWL12,5 tonn.
- Sikkerhetsfaktor: 5xWWL
- Standard: EN 13889
- Material: Høylegert stål, Klasse 8
- Overflate behandling: Galvanisert med malt bolt.



Figur 12.10: Viser måltegnning av sjakkel. Kilde transportutstyr.no [18]

Diameter bue	a	25mm
Diameter bolt	b	28mm
Diameter øye	c	60mm
Bredde øye	d	25mm
Bredde innside	e	43mm
Lengde innside	f	95mm
Bredde bue	g	68mm
Lengde sjakkel	h	176mm
Lengde bolt	i	151mm
Bredde sjakkel	j	124mm
Nøkkelv. mutter	k	25mm
Vekt		2.58Kg

Tabell 12.3: Viser mål til sjakkel.

12.5.2 Slings

- Type: Fibre cored rope, grade 1770 [7](Vedlegg G)
- WLL: 11 tonn
- Diameter: 32mm
- Wire konstruksjon: 6-stranded and of type 6x19
- Slings lengde i mm: SL1:7874, SL2:7853, SL3:7661, SL4:7685
- Lengde toleranse: 0,25 %

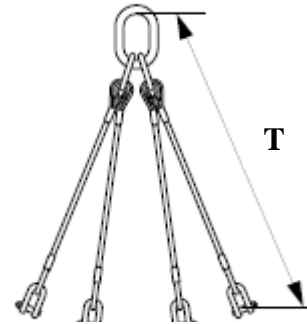
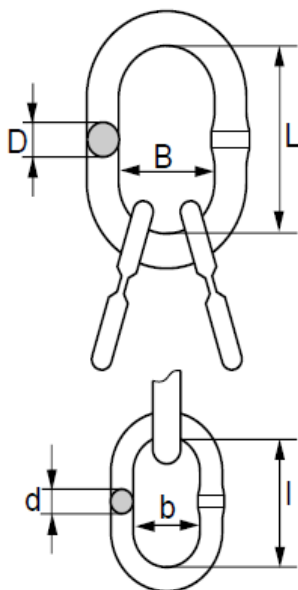


Fig.12.11:Den nominelle lengden på et ståltau slings er avstand (L) mellom de bærende punkter. Kilde certex.no[16]

12.5.3 Løfte hode

- Antall: 1 Stk.
- Type: MA38 OF[16]
- WWL: 28.1 tonn.
- Sikkerhetsfaktor: 5.0 x WWL
- Standard: Løftehoder i henhold til kravene i DnV 2.7.1[7]
- Material: Høylegert stål, Klasse 8
- Overflate behandling: Lakkert



Figur 12.12: Måltegning av løftehode.

MA38 OF	
B	140mm
D	38mm
L	270mm
b	140mm
d	32mm
l	270mm
Vekt	18.2kg

Tabell 12.3: Viser mål av løftehode

12.5.4 Forløper

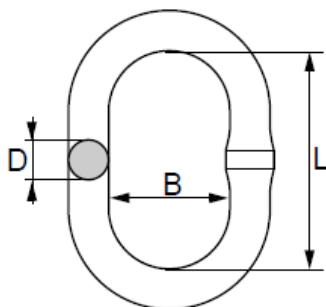
- Type: Fibre cored rope, grade 1770 [7](Vedlegg G)
- WLL: 21 tonn
- Diameter: 44mm
- Wire konstruksjon: 6-stranded and of type 6x19
- Slings lengde: 4000mm
- Lengde toleranse:



Figur 12.13: Viser den nominelle lengden (L) mellom de bærende punkter. Kilde certex.no[]

12.5.5 Toppløkke

- Type: 0145 OF[16]
- WWL 29.5 tonn.
- Sikkerhetsfaktor: 5.0 x WWL
- Standard: Løftehoder i henhold til kravene i DnV 2.7.1[7]
- Material: Høylegertstål, seigherdingsstål, Klasse 8
- Overflate behandling: Lakkert



Figur 12.13: Måltegning av toppløkke.

Nr. 0145 OF

B 170mm

D 45mm

L 320mm

Vekt 12.5kg

Tabell 12.4: Mål for toppløkke

12.6 Design av løfteører

12.6.1 Plassering

Løftepunktene skal så langt det er mulig plasseres slik at vekten av løfteobjektet blir jevnt fordelt på alle slings som inngår i løftesettet. Løfteører skal normalt ikke monteres slik at de stikker ut av løfteobjektets vertikale ytterkant, dette for å minske risikoen for at enheten skal fiske med seg eller henge seg fast i andre gjenstander og personer under løft. . Løfteører bør rettes mot løftesenter med samme vinkel i forhold til vertikal akse som tilhørende slings for å redusere bøyemoment i løfteøre og sveis. Maks avvik fra kraftens (retning og løfteøre retning er [7].

12.6.2 Innfestning av løfteører

Den bærende strukturen til enheten som løfteørene monteres på må kontrolleres for økt stress forårsaket krefter som oppstår under løft. Forsterkninger kan i noen tilfeller være nødvendig. I henhold til DNV skal kun den primære strukturen av løfteobjektet inkluderes i beregningene[7].

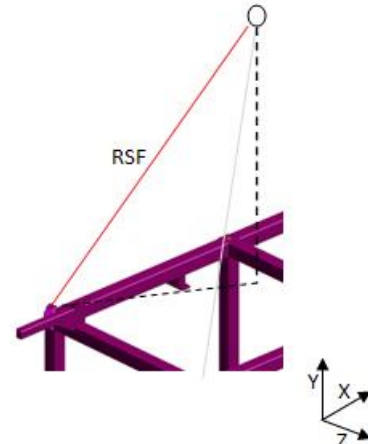
12.6.3 Design

Når løfteører skal designes må man ta hensyn til størrelse og form på sjakkelen som skal brukes. De fleste sertifiserte sjakler blir produsert i standard størrelser og form, og man må dermed ta utgangspunkt i en sjakkel før man designer løfteøre. Man må ta hensyn til tykkelsen på sjakkel bolt, innvendig bredde og lengde og så må vi ta hensyn til at sjakkelen kan monteres og bevege seg fritt. Diameter på hullet skal tilpasses sjakkelbolt der fripasning ikke skal overstige 6 % av sjakkelbolt. Det anbefales å designe sjakkelhull opp mot øvre toleranse grensen for enklest mulig montering/demontering av sjakkel. Tykkelsen på løfteøre ved hullet skal ikke være mindre en 75 % av innvendig bredde (e) av sjakkel. Til sveis av løfteøre anbefales det full penn sveis for løfteenheter i klasse A og B, men ikke en nødvendighet. Reduksjonsfaktor i forbindelse med bruk av kilsveis er 0.5 [7]

12.6.4 Beregninger til løfteører

12.6.4.1 Beregninger av krefter i slings i henhold til DNVs gjeldende regelverk

De gjeldene dimensjonerende krefter for design av et løfteøre er lik resulterende krefter påført fra tilhørende løfteslings(RSF) der sikkerhetsmargin er inkludert. For løft med flere slings skal følgende formel benyttes for å finne dimensjonerende krefter(RSF) på hvert enkelt løfteøre[8].



Figur 12.14: Viser kraften RSF

Der α er vinkel mellom slings og vertikale akse og n er antall løfteører.

Den gjeldende kraft (F) skal beregnes etter Von Mises metoden. [8]

[8]

Der MGW er lik design vekt/løftevekt $=R$

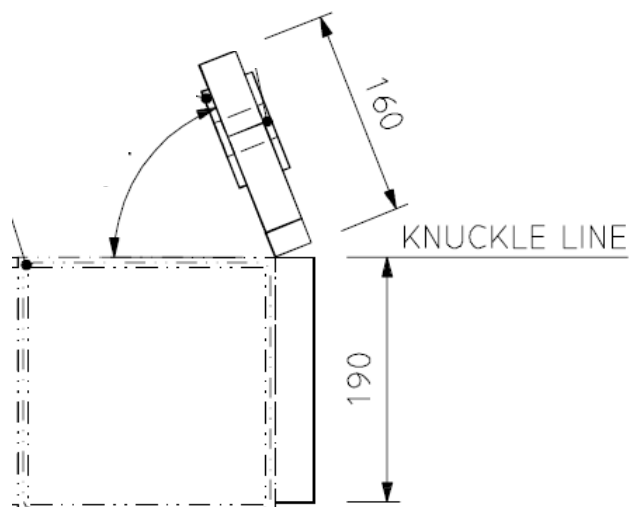
Maks slingsvinkel relatert til vertikalen

Antall løftepunkt

12.6.4.2 Data for løfteører.

120mm
150mm

Platetykkelse, løfteøre
Radius til løfteøre
Bredde på løfteøre
Diameter, hull
Diameter, bolt



Figur 12.15: Løfteøre sett fra siden. Kilde arbeidstegninger.

12.6.4.3 Kontroll mot utriving

Kriterium: ———[7]

12.6.4.3 Kontroll hullkantrykk

Kriterium: ———[7]

12.6.5 Beregning av sveis mellom løfteøre og struktur.

Reduksjonsfaktor for kilsveis: $= 0,5[7]$

Materialfasthet: S420

Kilsveis a-mål: 8mm

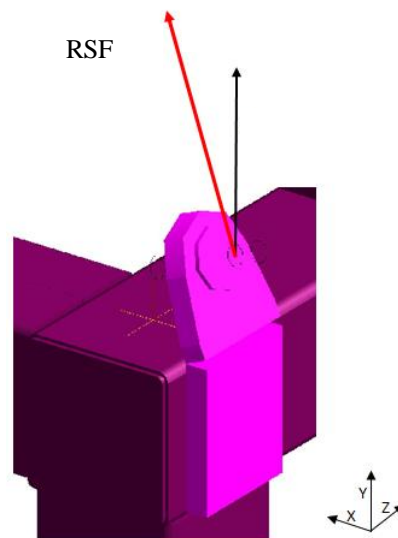
Kilsveis lengde vertikalt (b): 150mm

Kilsveis lengde horisontalt (h): 190 mm

Sveisens motstandsmoment er funnet ved hjelp av dataverktøy Secione (Vedlegg G)

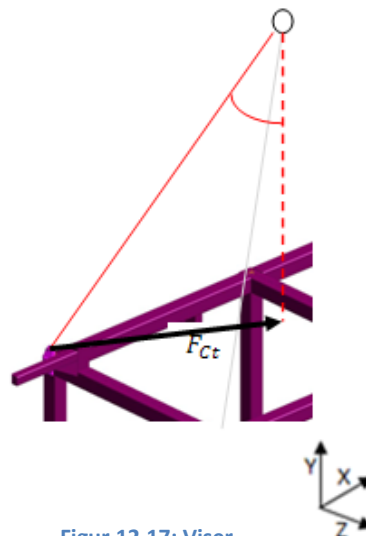
12.6.5.1 Krefter som virker på løfteøre

Finner maks krefter som virker i y-retning forårsaket krefter i slings (RSF)



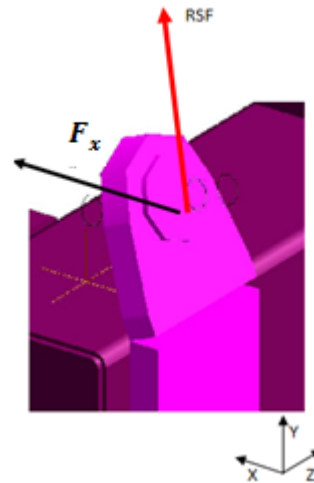
Figur 12.16: Viser retning til

Finner krefter som virker i retning normalt inn på vertikalen til tyngdepunktet CoG forårsaket RSF



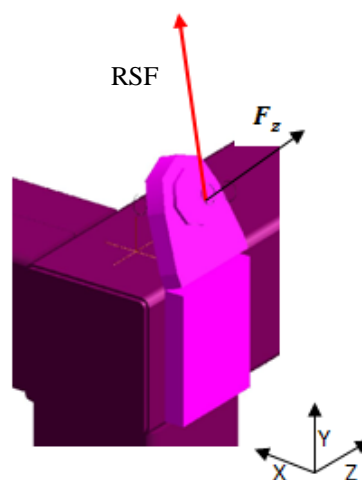
Figur 12.17: Viser retning til

Finner krefter som virker i x-retning forårsaket RSF



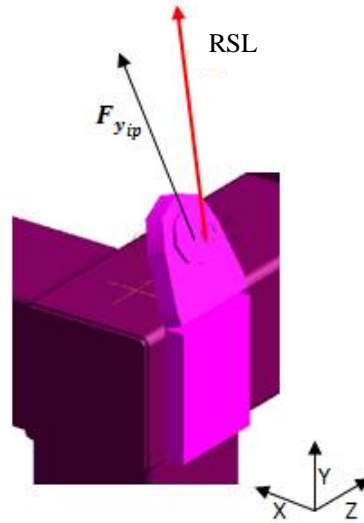
Figur12.18: Viser retning til

Finner krefter som virker i planet i z-retning forårsaket RSF



Figur 12.19: Viser retning til

Finner krefter som virker i planet til løfteøre forårsaket RSF.



Figur 12.20: Viser retning til

12.6.5.2 Spenning som oppstår i sveisen

12.6.5.2.1 Bøyemoment

om z-akse

Dette medfører disse spenningene i kilsveisen:

- normalspenning vinkelrett på sveisens lengderetning.
- Skjærspenning vinkelrett på sveisens lengderetning.

= _____

= _____

12.6.5.2.2 Vridningsspenning () om x-akse forårsaket

Kreftene som tar opp vridningsspenningen vil følge kilsveisens lengderetning og forårsake en skjærspenning i sveisesnittet.

Vridningsmoment

Motstandsmoment

[13]

12.6.5.2.3 Skjærspenning i horisontal sveis forårsaket

Antar at de horisontale sveisene tar opp kreftene forårsaket i sveisens lengderetning, dette medfører en skjærspenning i sveisesnittet.

Sveiselengde:

12.6.5.2.4 Skjærspenning i vertikal sveis forårsaket

Antar at de vertikale sveisene tar opp kreftene forårsaket i sveisens lengderetning, dette medfører en skjærspenning i sveisesnittet.

Sveiselengde:

12.6.5.2.5 Trykk/Strekkspenning i X retning forårsaket

Areal sveis: $=a(2L+2h) =$ _____ $=5440\text{mm}$

Dette medfører disse spenningene i kilsveisen:

- normalspenning vinkelrett på sveisens lengderetning.
- Skjærspenning vinkelrett på sveisens lengderetning.

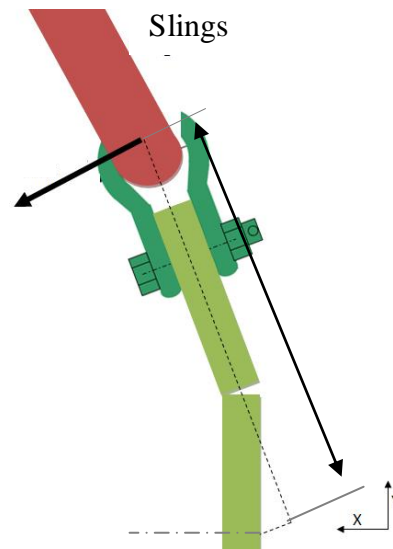
$\sigma =$ _____

$\tau =$ _____

12.6.5.2.6 Lateral kraft

Dette er krefter som kan oppstå mellom sjakkell og slings grunnet eksentrisitet i løftet. Kraftene skal beregnes som minimum 3 % av RSF og virke normalt på slingsretning som vist i fig. 12.21. Denne kraften forårsaker et bøyemoment om Z-aksen som fører til spenninger i sveisen.

Bøyemoment _____ .om Z-akse.



Figur 12.21: Viser retning til _____ og moment arm

Dette medfører disse spenningene i kilsveisen:

- normalspenning vinkelrett på sveisens lengderetning.
- Skjærspenning vinkelrett på sveisens lengderetning.

= _____

= _____

12.6.5.3 Kontroll av horisontal sveis

Sammensatte spenninger i horisontal sveis som de forskjellige krefter gir:

12.6.5.4 Kontroll av vertikal sveis

Sammensatte spenninger i vertikal sveis som de forskjellige krefter gir:

12.7 Kontroll av struktur i Staad. Pro

12.7.1 Partisalfaktormetoden

For dynamiske offshoreløft kan en bruke partisalfaktormetoden fra DNVs gjeldende regelverk[8] for å tilknytte en sikkerhetsmargin til den totale design last. Denne metoden bruker flere last og konsekvens faktorer som bidrar til den totale last faktoren (F_{tot}). Denne faktoren tar høyde for påvirkninger på det planlagte løftet.

12.7.1.1 Design faktor (D)

Denne faktoren tar høyde for unøyaktigheter under design av struktur. Eksempelvis tilnærminger og antagelser designeren har gjort under designprosessen. Løfte enheter med over 25 tonn anbefales det å bruke en faktor større eller lik 1.3. [8]

12.7.1.2 Forskyvning av Tyngdepunkt faktor (SKL)

Denne faktoren tar høyde for upresis tyngdepunkt. Det kan være vanskelig å beregne nøyaktig tyngdepunkt av strukturer med en hvis kompleksitet. Faktoren tar også opp konsekvenser for upresis slings lengde og avvik i lastfordeling i slings. Det anbefales å bruke en faktor større eller lik 1.05 for å ta opp disse unøyaktighetene. . [8]

12.7.1.3 Vektfaktor avvik(W).

Denne faktoren tar høyde for påført last, eksempelvis sveis, maling, installasjon toleranser, etc. Det anbefales å bruke en faktor på 1.05 om ikke løfteenheten er veiet. [8]

12.7.1.4 Materialfaktor (M)

Denne faktoren tar høyde for avvik i sveiseprosedyrer og materialfeil. Det anbefales en faktor på minst 1.05. [8]

12.7.1.5 Dynamisk forsterknings faktor (DAF)

Denne faktoren tar høyde for de dynamiske forholdene som modulen og løfteutstyr blir eksponert for under løftet.

Størrelsen på faktoren styres av vekten på løfteobjektet og de dynamiske forholdene løftet skal utføres i(eks. bølgehøyde). [8]

12.7.2 Løftelast faktor

Da det kan være vanskelig å referere til valgte verdier av de nevnte faktorene fra DNVs regelverk[8]. Det velges dermed å bruke Aibels Work instuction[13] til å finne den totale løftelast faktoren (F_{tot}). Work Instruction metode til å beregne løftelast faktoren gir større verdi i forhold til å beregne F_{tot} etter DNVs regelverk. Det er dermed mer konservativt å velge Work Instruction metode.

Den totale løftelast faktoren tilknyttet struktur og løfteører blir summert som vist i tabell 12.5 fra Aibels Work instruction[15]

APPLICATION	TO FIND	WF	DAF	SKL	γ_{SL}	DF
Shackle factor (γ_{SH})	WLL (SWL)	X	X	X		
Padeye factor (γ_P)	Design Load	X	X	X		X
Structure factor (γ_{ST})	Design Load	X	X	X		X
Sling factor (γ_{SL})	MBL	X	X	X	X	

Tabell 12.5: Viser summering av gjeldende last og konsekvens faktorer. Kilde WI[13]

12.7.2.1 Designfaktor

$$DF = \gamma_f * \gamma_c$$

γ_f = last factor.

γ_c = konsekvensfaktor

Element Category			
	γ_f	γ_c	DF ($\gamma_f * \gamma_c$)
Lift point including attachments to object (single critical elements supporting the lift points is defined within this category).	1.3	1.3	1.7
Lifting equipment (e.g. spreader frames or beams, plate shackles).	1.3	1.3	1.7
Main elements supporting the lift point.	1.3	1.15	1.5
Other elements of the lifted object.	1.3	1.0	1.3

Tabell 12.6: Viser beregning av design faktor. Kilde WI [13]

12.7.2.2 Forskyvning av Tyngdepunkt faktor (SKL)

I henhold til Aibels Work instruction skal SKL faktor settes lik 1.25 for 4-punktsløft, der slings innehar en lengde toleranse innen 0.25%. [15]

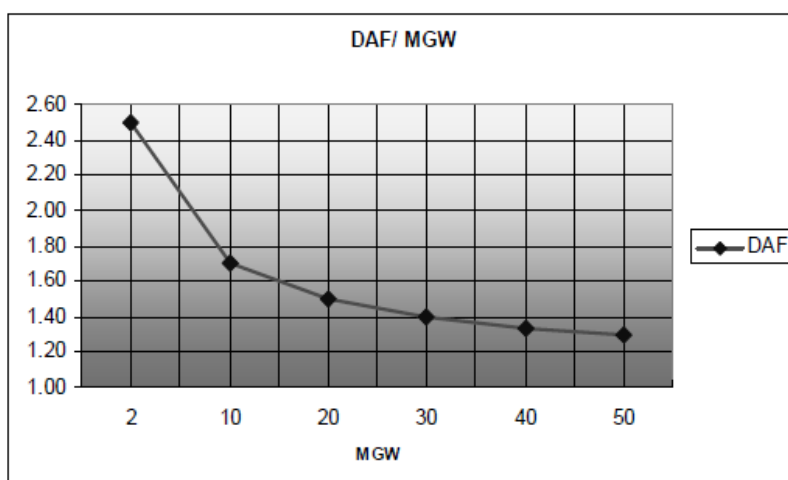
12.7.2.2 Vekt avvik faktor(WF)

$$WF=1.2$$

12.7.2.3 DAF

Faktoren bestemmes etter Figur 12.22 der maks signifikant bølgehøyde er satt til 3 meter og løftet er av kategori B.[15]

$$MGV=15.6 \text{ tonn}$$



Figur 12.22: Diagram brukes til å finne DAF. Kilde DNV 2.7-3[8]

12.7.2.4 Løftelast faktor (F_{tot})

$$F_{tot} = SKL \times WF \times DF \times DAF$$

$$F_{tot} = 1.25 \times 1.2 \times 1.5 \times 1.6$$

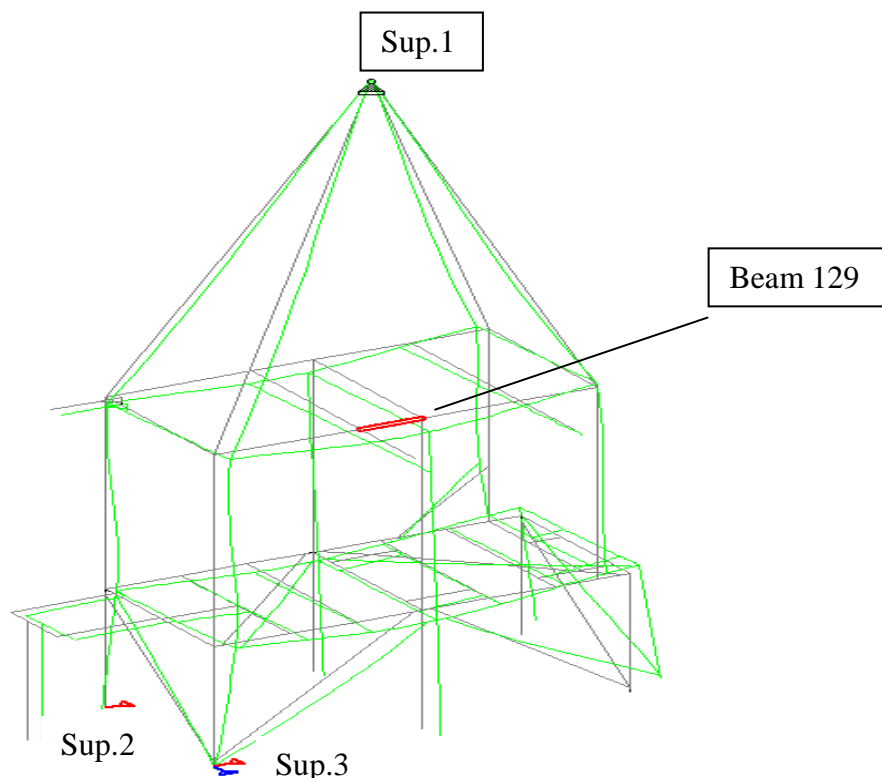
$$\underline{F_{tot} = 3.6}$$

12.7.3 Analyse

Analysen er utført Eurokode 3[2] i Staad Pro remmeanalyse program. se vedlagt input-fil (Vedlegg G). Løftet er modulert med slings. Løftekrok er posisjonert over senter til tyngdepunkt til modulen. Modulen er hengt opp i en "fixed support (sup.1)" som vist på fig.12.23. Modulen er støttet opp med to midlertidige supportere for å stabilisere modulen i X og Z retning (Figur 12.23, Sup.3 og sup.4). Tyngdepunkt (CoG) for modulen er funnet med STAAD. Pro. F_{tot} blir multiplisert med hovedstrukturens egenvekt i Staad Pro og danner lasten "liftweight" som er gjeldende for kodesjekken.

12.7.3.1 Kodesjekk av struktur

Beam 129 som vist i figur 12.23 er funnet som bjelken med størst utnyttelsesgrad av bjelketverrsnittet i kodesjekken. Størst utnyttelsesgraden er på 0,159 som vist i tabell 12.7 der hulprofilen er kontrollert for bøyning og trykk med konstant tverrsnitt etter EC-6.3.3[2].



Figur 12.23: Skjerm bilde fra Staad Pro

CLAUSE	RATIO	LOAD	FX	VY	VZ	MZ	MY
EC-6.3.1.1	0.025	118	16,9	-150,7	-2,4	-27,4	-1,0
EC-6.2.9.1	0,071	122	-9,9	122,9	-2,3	-41,4	-1,9
EC-6.3.3	0.159	9	50.1	-0.8	0.2	19.4	0.4
EC-6.3.3 LTB	0.107	116	4,0	115,6	-20,9	-31,1	-6,8

Tabell 12.7: Tabellen viser utnyttelsesgraden til beam 129. Kilde: Staad.Pro

13 – Konklusjon

Det har blitt foretatt kodesjekk av konstruksjonen ved hjelp av Staad Pro. Eurokode 3, inkludert partialfaktorer iht Norsok Standard ligger til grunn for kodesjekken. Kodesjekken har kontrollert skjærkraftkapasitet mot dimensjonerende skjærkraft, videre er stavenes stabilitet kontrollert der det er tatt hensyn til aksialkraftens virkning i tverrsnittet samtidig som stavenes utsettes for bøyning, og aksialkraftens virkning på dimensjonerende plastisk momentkapasitet. Kombinert effekt av aksial-, bøyings-, og skjærspenning er kontrollert i et snitt for hver 1/13 av stavenes/bjelkenes lengde, og opp mot 9 kritiske punkt i hvert snitt. De høyeste spenningene kontrolleres etter Von mises kriteriet opp mot flytespenningen for materialet dividert på materialfaktor.

Skrueforbindelsen mellom ventilplattformen og eksisterende struktur har blitt kontrollert ved de to skruerforbindelsene med høyest dimensjonerende lastvirkninger. Det er totalt syv skruerforbindelser mellom ventilplattformen og eksisterende struktur, der antall skruer, hullavstander og lignende varierer noe. I de to punktene som har blitt kontrollert er antall skruer høyere enn enkelte av de andre forbindelsene, dette antakelig fordi forbindelsene har blitt kontrollert før og det har vist seg nødvendig med forbindelser med høyere kapasitet. I et reelt tilfelle ville det vært naturlig og kontrollert flere av forbindelsene. Skruerforbindelsene har blitt kontrollert for friksjonskapasitet, hullkantrykk, strekkkapasitet for netto tverrsnitt, strekkkapasitet for T-stykket, gjennomlokking, kombinert avskjæring og strekk, og avskjæringskapasitet.

For sveiste knutepunkt er det valgt å kontrollere et av de knutepunktene som har størst ”end forces” i stavenes inn mot knutepunktet. Videre er det valgt knutepunktet et typisk knutepunkt for strukturen, og i tillegg inngår den bjelken med høyest utnyttning av tverrsnittet. Sveisen i knutepunktet har full gjennombrenning og kontrolleres dermed ikke. Det som imidlertid har blitt kontrollert i knutepunktet er dimensjonerende aksialkraftkapasitet og dimensjonerende momentkapasitet. Dette har blitt kontrollert i knutepunktets horisontalplan og vertikalplan. For et reelt tilfelle ville det vært naturlig og utført ytterligere kontroller for flere av de sveiste knutepunktene.

I eksisterende struktur har det blitt foretatt kontroll av trykkapasiteten til den staven som utsettes for størst trykkbelastning. Bøyingsmomentkapasiteten er kontrollert for to T-profiler der avstanden mellom opplagerpunktene er relativ stor, og de utsettes for betydelige punktlaster. Videre har det blitt foretatt kontroll mot knekking for uavstivet platefelt ved det innfestningspunktet med høyest vertikal last. Utover de foretatte kontrollene kunne det vært aktuelt med en kontroll mot knekking av den nevnte trykkbelastede søylen, om global x-akse, og evt. kontroll mot knekking i platefelt ved de resterende 3 punktene. Kontrollen av eksisterende struktur kan fremstå som noe upresis grunnet mangelfull fakta vedrørende tverrsnittsegenskaper, platetykkelse og lignende.

De gjennomførte kontrollene nevnt over er alle kontrollert mot bruddgrensetilstand/ULS, der data fra Staad Pro ligger til grunn som dimensjonerende lastvirkninger og tverrsnittsegenskaper. Alle gjennomførte kontroller viser at ventilplattformen er tilstrekkelig dimensjonert for de lastvirkninger gitt i designkriteriet.

Ventilplattformen har også blitt kontrollert mot bruksgrensetilstand / SLS. De største utbøyningene har blitt kontrollert opp mot maksimale tillatte utbøyninger og funnet tilfredsstillende med god margin.

Rapporten legger frem forslag til design av løftearrangement. Løftearrangementet har blitt designet etter relevant regelverk gitt for oppgaven. Strukturens belastninger grunnet offshore løft har blitt kontrollert ved hjelp av Staad Pro og strukturens kapasitet er funnet tilfredsstillende for løftet.

14 - Referanser og litteratur

- [1] Norsk Standard NS-EN 1990: 2002+NA; 2008 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner
- [2] Norsk Standard NS-EN 1993-1-1: 2005+NA 2008 Eurokode 3: Prosjektering av stålkonstruksjoner Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger
- [3] Norsk Standard NS-EN 1993-1-8; 2005+NA 2009 Eurokode 3: Prosjektering av stålkonstruksjoner Del 1-8: Knutepunkter og forbindelser
- [4] Norsk Standard N-001. Structural design. Rev. 4, februar 2004
- [5] Norsk Standard N-003. Actions and action effect. Edition 2, september 2007
- [6] Norsk Standard N-004. Design of steel structures. Rev. 2, oktober 2004
- [7] Det Norske Veritas. Standard for certification No 2.7-1 Offshore containers, april 2006
- [8] Det Norske Veritas. Standard for certification No. 2.7-3 Portable offshore units, june 2006
- [9] Det Norske Veritas. Recommended practice DNV-RP-C201 Buckling strength of plated structures
- [10] Det Norske Veritas. Recommended practice DNV-RP-C205 Environmental conditions and environmental loads, april 2007
- [11] Dahlvig, Christensen, Strømsnes. Konstruksjonselementer (2. utg). Gyldendal Norsk Forlag AS 2000
- [12] Irgens, Fridtjov. Fasthetslære(7.utg.)Tapir Akademisk Forlag, Trondheim 2006
- [13] Larsen, Per Kr. Dimensjonering av stålkonstruksjoner (2.utg). Tapir Akademisk Forlag, Trondheim 2010
- [14] Norsk Stålforbund. Stål Håndbok Del:3 Konstruksjoner av stål (3. utg). Norsk Stålforbund, Oslo 2010
- [15] Work instruction design for misc. Offshore lifting, Vetco Aibel AS, Rev 01, juni 2004.
- [16] Certex Norge AS sin hjemmeside: <http://www.certex.no>
- [17] Standard Norge sin hjemmeside: <http://www.standard.no>
- [18] Transportutstyr AS sin hjemmeside: <http://www.transportutstyr.no>

15 – Vedleggsliste

- Vedlegg A – vedlegg tilhørende kapittel 6 – Laster
- Vedlegg B – vedlegg tilhørende kapittel 7 – Gjennomgang av kodesjekk
- Vedlegg C – vedlegg tilhørende kapittel 8 – Beregning av skrueforbindelser
- Vedlegg D – vedlegg tilhørende kapittel 9 – Kontroll av knutepunkt
- Vedlegg E – vedlegg tilhørende kapittel 10 – Påvisning av bruksgrensetilstand
- Vedlegg F – vedlegg tilhørende kapittel 11 – Kontroll av eksisterende struktur
- Vedlegg G – vedlegg tilhørende kapittel 12 – Design og beregning av løftearrangement
- Vedlegg H – Arbeidstegninger/ Designtegninger

16 – Vedlegg

Vedlegg A

Bølgeakselerasjon

I stedet for å regne ut kraften som hver enkelt av bølgeakselerasjonene representerer på hver enkelt av de eksisterende kreftene, beregnes heller et forholdstall mellom tyngdeakselerasjonen og bølgeakselerasjonen en ser på. Disse beregningene har vi funnet hensiktsmessig å beregne ved hjelp av excel regneark. Vi har da lagt inn de eksisterende kreftene som egenvekten og vekt fra rør og ventiler gir, og multiplisert disse med det aktuelle forholdstallet for den akselerasjonen en ser på. Videre kan en da endre angrepsretningen for bølgeakselerasjonen og dermed retning på kreftene, ved hjelp av fortegnssbytte og dekomponering.

Utskrift av excel-regnearket :

	Load 2 (wave acc. Vert dir.)	Load 3 (acc. Hor -X dir)	Load 4 (acc hor -Z dir)
	0,258	0,206	0,238
53,96	13,9162895	11,11102956	12,81618756
27,47	7,0845158	5,656411825	6,524475025
68,67	17,71	14,14	16,31
85,35	22,0117737	17,57461774	20,27171254
77,5	19,9872579	15,95820591	18,40723751
30,4	7,840163099	6,259734964	7,22038736

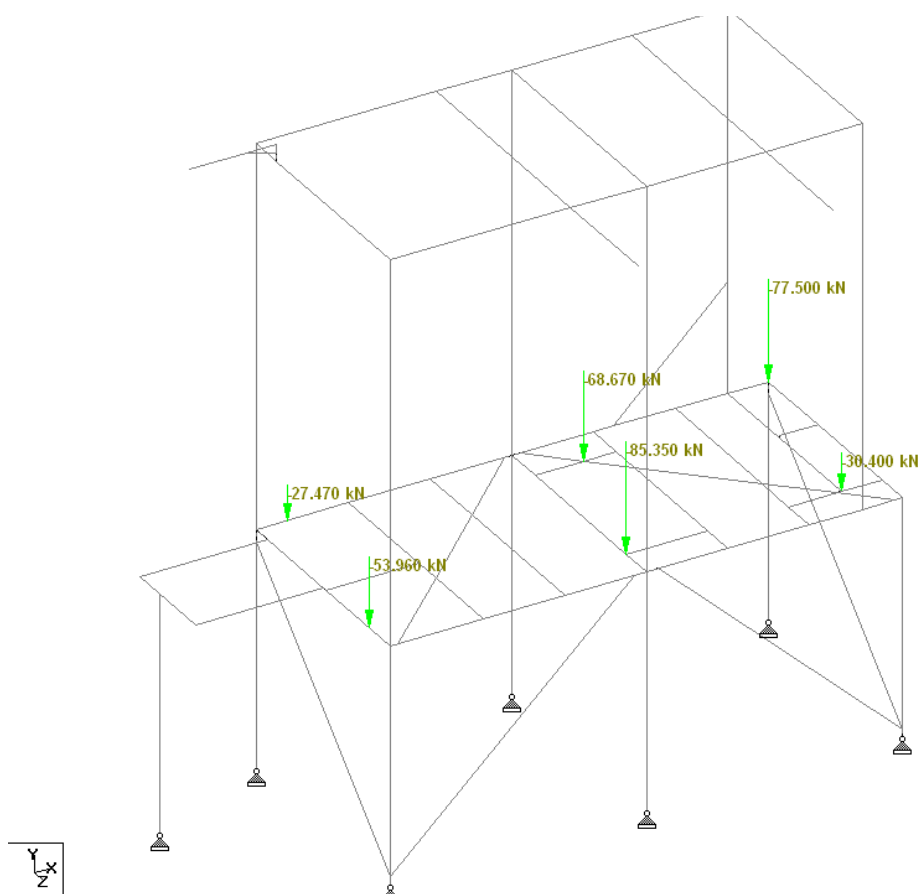
Disse verdiene er forholdstallet mellom tyngdeakselerasjonen og akselerasjonen i den aktuelle retningen, forårsaket av bølgebevegelsene.

Dette er vekten fra rør og ventiler som sammen med egenvekten utgjør operasjonell vekt. Dermed er dette kraften som virker vertikalt, grunnet tyngdeakselerasjonen.

Her er verdiene som viser kraften som virker i de retningene som beregnes. Da er den opprinnelige kraften som virket grunnet tyngdeakselerasjonen multiplisert med forholdstallet for den aktuelle retningen.

Operasjonell vekt

Figur A1 viser plassering og størrelse på den imiterte vekten fra rør og ventiler som modellen har blitt belastet med for å oppnå ønsket operasjonell vekt. Tilført vekt utgjør en masse på 35 tonn. I tillegg til egenvekten skaper dette en samlet masse på 48 tonn. Disse 48 tonnene genererer en kraft på som dermed representerer ønsket operasjonell vekt for ventilplattformen.



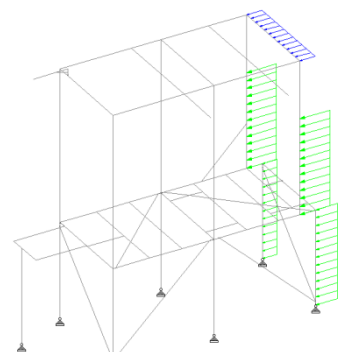
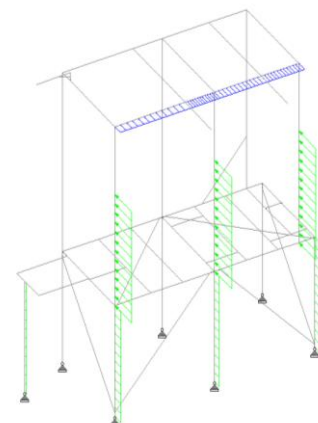
Figur A1: Vekt fra rør og ventiler. Kilde: Staad Pro.

Vindlast

Det er oppgitt en vindhastighet, , målt over et tidsrom på 1 minutt.

Vindkraften F som virker normalt på en struktur eller overflate kalkuleres etter formelen:

—



Det valgte arealet som vindkraften virker på er så stort at det er valgt å sette formfaktoren lik 1. Arealet til eksponert flate inkluderer også projisert areal fra ventiler og utstyr på plattformen.

Figur A2: Vindlast normalt på ventilplattformens sider

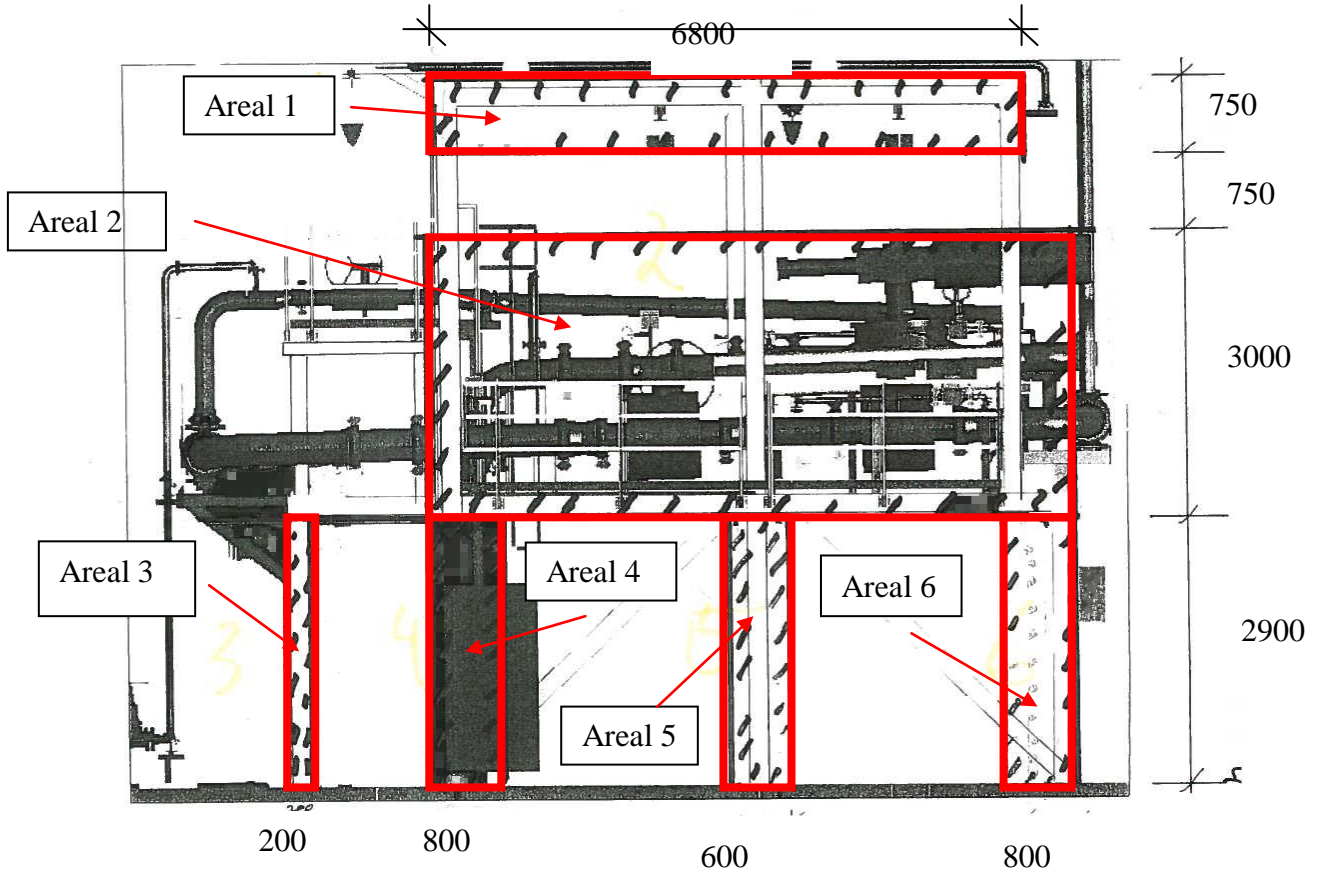
Tabell A1 viser utregningen av vindlaster som virker på ventilplattformen.

vindlaster:								
	Referanse til skisser	ref 1	ref 2	ref 3	ref 4	ref 5	ref 6	Sum:
x-direction (FWD)	kN	2,820352466	9,954185175	3,49904691	2,33269794			18,6062825
	bjelkelengde [mm]		3300	6000	2900	2900		
	kN/millimeter		0,000854652	0,001659031	0,001206568	0,000804379		0,00452463
y-direction (PORT)	kN	5,127913575	20,5116543	0,583174485	2,33269794	1,74952346	2,33269794	32,6376617
	bjelkelengde [mm]		6800	9000	2900	2900	2900	2900
	kN/millimeter		0,000754105	0,002279073	0,000201095	0,000804379	0,00060328	0,00080438

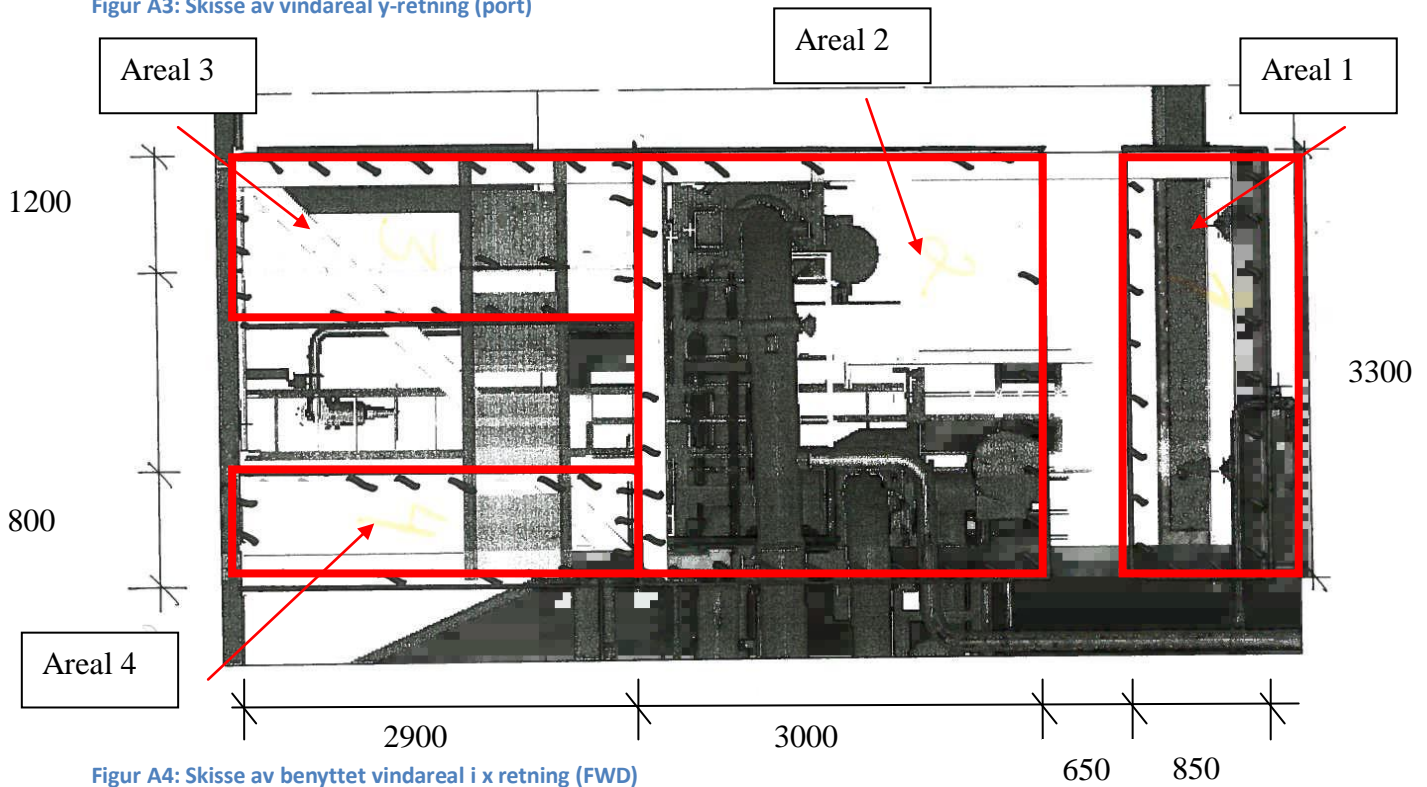
Tabell A1: Skjermbilde fra Exel som viser utregning av vindlaster.

Utrekningene er gjort ved hjelp av excel, og refererer til arealene 1-6 markert på skissene i figur A3 og figur A4. Formel hentet fra Norsok standard N-003, 6.3.3 [5] har blitt benyttet. Vindlastene har blitt lagt på konstruksjonen som jevnt fordelte linjelaster slik som vist på figur A2. Linjelastene er lagt inn i modellen med enhet .

Skisse av projisert areal brukt til beregning av vindlast



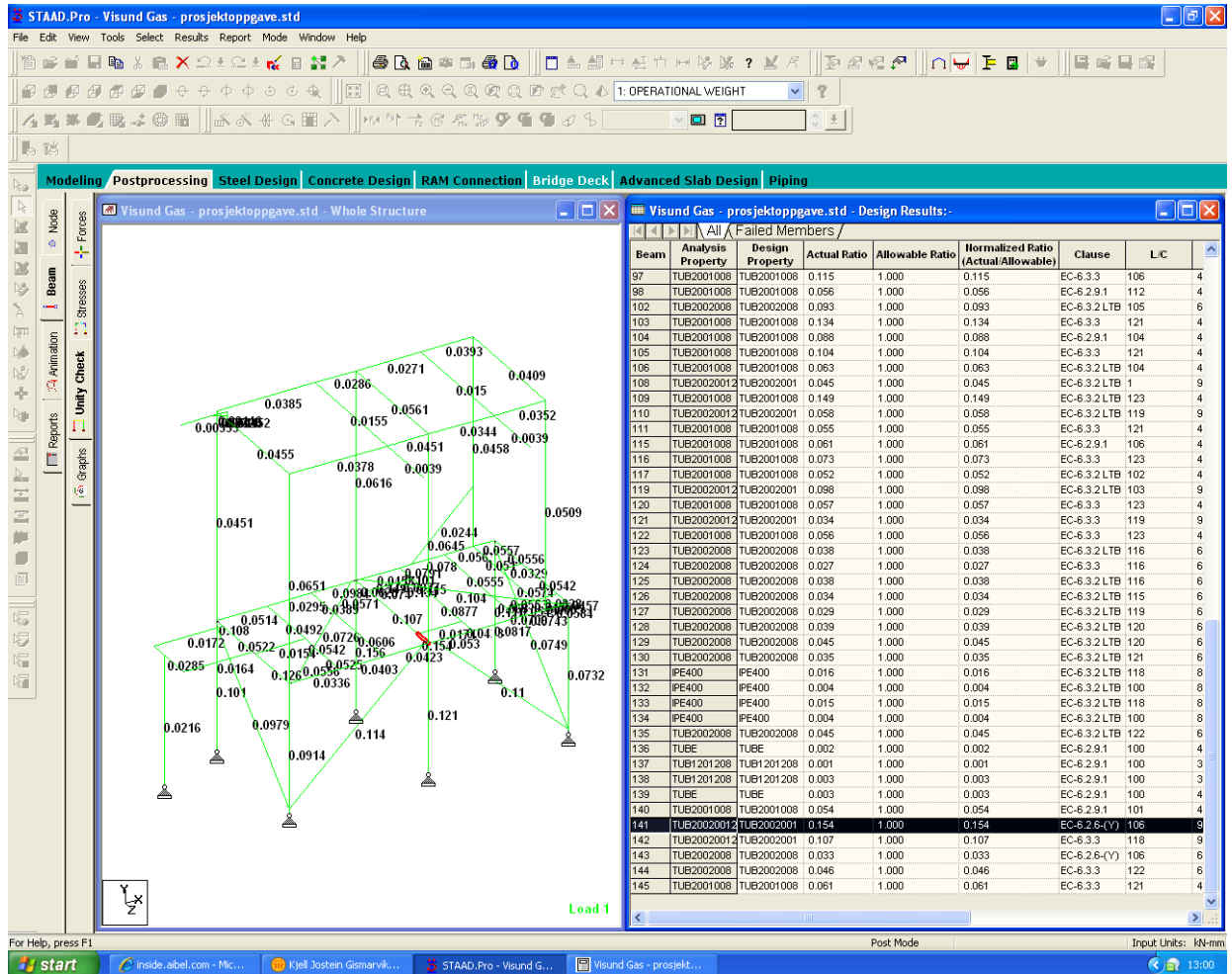
Figur A3: Skisse av vindareal y-retning (port)



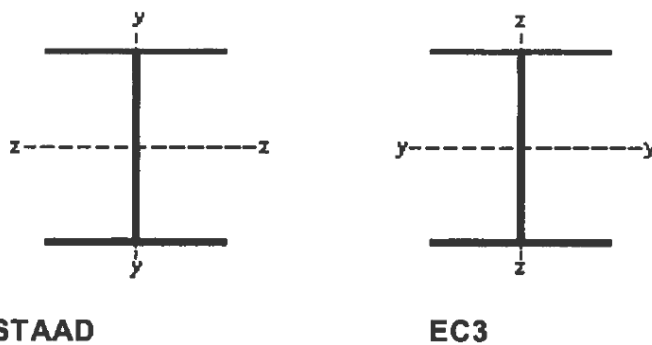
Figur A4: Skisse av benyttet vindareal i x retning (FWD)

Vedlegg B

Utnyttelsesgrad for bjelketverrsnittene i konstruksjonen



Figur B1: Skjerm bilde fra Staad Pro som viser utnyttelsesgraden for bjelkene.



Figur B2: Aksekonvertering mellom Staad Pro og Eurokode 3. Kilde: Steel Design Per Eurocode EC3, Bentley.

Utskrift av utnyttelsesgrad for bjelketverrsnitt

Job No		Sheet No		Rev	
		1			
Part					
Ref					
By Dnr28-Jan-11 Chd					
Client					
File Visund Gas - prosjektopp Date/Time 18-Apr-2011 08:57					

Utilization Ratio											
Beam	Analysis Property	Design Property	Actual Ratio	Allowable Ratio	Ratio (Act./Allow.)	Clause	L/C	Ax (cm ²)	Iz (cm ⁴)	Iy (cm ⁴)	Ix (cm ⁴)
5	TUB200100I	TUB200100I	0,049	1,000	0,049	EC-6.3.2 LTB	101	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
6	TUB200100I	TUB200100I	0,039	1,000	0,039	EC-6.3.2 LTB	105	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
7	TUB200200I	TUB200200I	0,065	1,000	0,065	EC-6.3.3	118	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
11	TUB200200I	TUB200200I	0,054	1,000	0,054	EC-6.3.3	118	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
15	TUB200200I	TUB200200I	0,057	1,000	0,057	EC-6.3.2 LTB	122	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
17	TUB200200I	TUB200200I	0,050	1,000	0,050	EC-6.3.3.LTB	122	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
18	TUB200200I	TUB200200I	0,058	1,000	0,058	EC-6.3.3.LTB	118	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
19	TUB200200I	TUB200200I	0,065	1,000	0,065	EC-6.3.3.LTB	122	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
20	TUB200200I	TUB200200I	0,044	1,000	0,044	EC-6.3.3.LTB	118	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
21	TUB200200I	TUB200200I	0,066	1,000	0,066	EC-6.3.3.LTB	122	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
22	TUB200200I	TUB200200I	0,045	1,000	0,045	EC-6.3.2 LTB	107	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
23	TUB200200I	TUB200200I	0,102	1,000	0,102	EC-6.3.3	118	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
24	TUB200200I	TUB200200I	0,092	1,000	0,092	EC-6.3.3.LTB	106	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
25	TUB200200I	TUB200200I	0,153	1,000	0,153	EC-6.3.3.LTB	101	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
26	TUB200200I	TUB200200I	0,120	1,000	0,120	EC-6.3.3.LTB	107	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
27	TUB200200I	TUB200200I	0,115	1,000	0,115	EC-6.3.3	118	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
28	TUB200200I	TUB200200I	0,072	1,000	0,072	EC-6.3.3	105	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
29	TUB200200I	TUB200200I	0,098	1,000	0,098	EC-6.3.3	122	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
30	TUB200200I	TUB200200I	0,110	1,000	0,110	EC-6.3.3.LTB	116	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
31	TUB200200I	TUB200200I	0,106	1,000	0,106	EC-6.3.3	120	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
32	TUB200200I	TUB200200I	0,075	1,000	0,075	EC-6.3.3	122	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
33	TUB200100I	TUB200100I	0,015	1,000	0,015	EC-6.3.2 LTB	1	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
35	TUB200200I	TUB200200I	0,017	1,000	0,017	EC-6.3.3.LTB	128	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
36	TUB200200I	TUB200200I	0,053	1,000	0,053	EC-6.3.2 LTB	103	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
37	TUB200100I	TUB200100I	0,045	1,000	0,045	EC-6.3.2 LTB	118	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
40	TUB200200I	TUB200200I	0,022	1,000	0,022	EC-6.3.2 LTB	127	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
41	TUB200200I	TUB200200I	0,028	1,000	0,028	EC-6.3.2 LTB	118	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
42	TUB200200I	TUB200200I	0,016	1,000	0,016	EC-6.3.2 LTB	117	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
43	TUB200200I	TUB200200I	0,021	1,000	0,021	EC-6.3.3	116	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
45	TUB200100I	TUB200100I	0,056	1,000	0,056	EC-6.3.3	118	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
46	TUB200200I	TUB200200I	0,053	1,000	0,053	EC-6.3.3	118	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
47	TUB250150I	TUB250150I	0,029	1,000	0,029	EC-6.3.2 LTB	130	75,500	6,26E+3	2,78E+3	6,08E+3
48	TUB200200I	TUB200200I	0,051	1,000	0,051	EC-6.3.2 LTB	107	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
49	TUB200200I	TUB200200I	0,034	1,000	0,034	EC-6.3.2 LTB	103	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
52	TUB200200I	TUB200200I	0,097	1,000	0,097	EC-6.3.3	100	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
53	TUB200200I	TUB200200I	0,047	1,000	0,047	EC-6.3.3	117	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
54	TUB200200I	TUB200200I	0,036	1,000	0,036	EC-6.3.2 LTB	101	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
55	TUB200200I	TUB200200I	0,049	1,000	0,049	EC-6.2.6-(Y)	119	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
57	TUB200200I	TUB200200I	0,039	1,000	0,039	EC-6.3.3	119	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
58	TUB200200I	TUB200200I	0,040	1,000	0,040	EC-6.3.3.LTB	119	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
59	TUB200200I	TUB200200I	0,051	1,000	0,051	EC-6.3.3	117	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
60	TUB200200I	TUB200200I	0,078	1,000	0,078	EC-6.3.3	116	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
61	TUB200200I	TUB200200I	0,071	1,000	0,071	EC-6.3.3	116	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
63	TUB200200I	TUB200200I	0,053	1,000	0,053	EC-6.3.3	118	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
64	TUB200200I	TUB200200I	0,044	1,000	0,044	EC-6.3.3	118	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
65	TUB200200I	TUB200200I	0,108	1,000	0,108	EC-6.3.3	118	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
66	TUB200200I	TUB200200I	0,052	1,000	0,052	EC-6.3.3	118	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
67	TUB200200I	TUB200200I	0,126	1,000	0,126	EC-6.3.3	118	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
72	TUB200200I	TUB200200I	0,040	1,000	0,040	EC-6.3.2 LTB	127	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
74	TUB200200I	TUB200200I	0,084	1,000	0,084	EC-6.3.2 LTB	105	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
75	TUB200100I	TUB200100I	0,113	1,000	0,113	EC-6.3.2 LTB	118	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
77	TUB200100I	TUB200100I	0,040	1,000	0,040	EC-6.3.2 LTB	121	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3

Job No		Sheet No		Rev	
		2			
Part					
Ref					
By		Date		Chd	
		28-Jan-11			
Client		File		Date/Time	
		Visund Gas - prosjektopp		18-Apr-2011 08:57	

Utilization Ratio Cont...

Beam	Analysis Property	Design Property	Actual Ratio	Allowable Ratio	Ratio (Act./Allow.)	Clause	L/C	Ax (cm ²)	Iz (cm ⁴)	Iy (cm ⁴)	Ix (cm ⁴)
79	TUB200100I	TUB200100I	0,070	1,000	0,070	EC-6.3.2 LTB	102	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
97	TUB200100I	TUB200100I	0,110	1,000	0,110	EC-6.3.3	106	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
98	TUB200100I	TUB200100I	0,018	1,000	0,018	EC-6.2.6-(Y)	102	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
102	TUB200200I	TUB200200I	0,095	1,000	0,095	EC-6.3.2 LTB	104	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
103	TUB200100I	TUB200100I	0,128	1,000	0,128	EC-6.3.3	121	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
104	TUB200100I	TUB200100I	0,101	1,000	0,101	EC-6.3.2 LTB	106	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
105	TUB200100I	TUB200100I	0,098	1,000	0,098	EC-6.3.3	121	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
106	TUB200100I	TUB200100I	0,056	1,000	0,056	EC-6.3.2 LTB	120	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
108	TUB200200I	TUB200200I	0,052	1,000	0,052	EC-6.3.2 LTB	1	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
109	TUB200100I	TUB200100I	0,159	1,000	0,159	EC-6.3.2 LTB	107	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
110	TUB200200I	TUB200200I	0,054	1,000	0,054	EC-6.3.2 LTB	119	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
111	TUB200100I	TUB200100I	0,056	1,000	0,056	EC-6.3.3	121	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
115	TUB200100I	TUB200100I	0,058	1,000	0,058	EC-6.3.3	103	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
116	TUB200100I	TUB200100I	0,071	1,000	0,071	EC-6.3.3	123	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
117	TUB200100I	TUB200100I	0,052	1,000	0,052	EC-6.3.2 LTB	102	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
119	TUB200200I	TUB200200I	0,093	1,000	0,093	EC-6.3.2 LTB	103	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
120	TUB200100I	TUB200100I	0,055	1,000	0,055	EC-6.3.3	123	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
121	TUB200200I	TUB200200I	0,032	1,000	0,032	EC-6.3.3	119	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
122	TUB200100I	TUB200100I	0,054	1,000	0,054	EC-6.3.3	123	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
123	TUB200200I	TUB200200I	0,030	1,000	0,030	EC-6.3.2 LTB	116	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
124	TUB200200I	TUB200200I	0,038	1,000	0,038	EC-6.3.2 LTB	116	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
125	TUB200200I	TUB200200I	0,034	1,000	0,034	EC-6.3.2 LTB	116	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
126	TUB200200I	TUB200200I	0,034	1,000	0,034	EC-6.3.2 LTB	115	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
127	TUB200200I	TUB200200I	0,022	1,000	0,022	EC-6.3.2 LTB	119	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
128	TUB200200I	TUB200200I	0,035	1,000	0,035	EC-6.3.3	120	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
129	TUB200200I	TUB200200I	0,040	1,000	0,040	EC-6.3.2 LTB	120	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
130	TUB200200I	TUB200200I	0,026	1,000	0,026	EC-6.3.2 LTB	119	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
131	IPE400	IPE400	0,016	1,000	0,016	EC-6.3.2 LTB	122	84,500	23,1E+3	1,32E+3	51,100
132	IPE400	IPE400	0,004	1,000	0,004	EC-6.3.2 LTB	100	84,500	23,1E+3	1,32E+3	51,100
133	IPE400	IPE400	0,015	1,000	0,015	EC-6.3.2 LTB	118	84,500	23,1E+3	1,32E+3	51,100
134	IPE400	IPE400	0,004	1,000	0,004	EC-6.3.2 LTB	100	84,500	23,1E+3	1,32E+3	51,100
135	TUB200200I	TUB200200I	0,046	1,000	0,046	EC-6.3.2 LTB	122	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
136	TUBE	TUB E	0,002	1,000	0,002	EC-6.2.9.1	100	48,640	2,6E+3	1,16E+3	2,43E+3
137	TUB120120I	TUB120120I	0,001	1,000	0,001	EC-6.2.9.1	100	35,500	738,000	738,000	1,16E+3
138	TUB120120I	TUB120120I	0,003	1,000	0,003	EC-6.2.9.1	100	35,500	738,000	738,000	1,16E+3
139	TUBE	TUB E	0,003	1,000	0,003	EC-6.2.9.1	100	48,640	1,16E+3	2,6E+3	2,43E+3
140	TUB200100I	TUB200100I	0,053	1,000	0,053	EC-6.3.2 LTB	101	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
141	TUB200200I	TUB200200I	0,154	1,000	0,154	EC-6.2.6-(Y)	106	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
142	TUB200200I	TUB200200I	0,105	1,000	0,105	EC-6.3.3	102	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
143	TUB200200I	TUB200200I	0,033	1,000	0,033	EC-6.2.6-(Y)	106	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
144	TUB200200I	TUB200200I	0,045	1,000	0,045	EC-6.2.6-(Y)	105	61,100	3,74E+3	3,74E+3	5,77E+3
145	TUB200100I	TUB200100I	0,059	1,000	0,059	EC-6.3.3	121	45,100	2,27E+3	747,000	1,8E+3
146	TUB200200I	TUB200200I	0,055	1,000	0,055	EC-6.3.3 LTB	118	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3
147	TUB200200I	TUB200200I	0,037	1,000	0,037	EC-6.3.2 LTB	129	93,000	5,42E+3	5,42E+3	8,48E+3

Figur B3: Utskrift av utnyttelsesgrad for bjelketvernsnitt. Kilde: Staad Pro

Resultater for kodesjekk av bjelke nummer 141

Wednesday, April 06, 2011, 01:23 PM

STAAD SPACE

-- PAGE NO. 195

ALL UNITS ARE - KN MMS (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
141 ST	TUB20020012	{EUROPEAN SECTIONS}			
		PASS	EC-6.2.6-(Y)	0.154	106
		3.27 T	-977.09	-40336.55	449.00

MATERIAL DATA

Grade of steel = S 355
 Modulus of elasticity = 205 kN/mm2
 Design Strength (py) = 355 N/mm2

SECTION PROPERTIES (units - cm)

Member Length = 44.90
 Gross Area = 93.00 Net Area = 93.00

	z-axis	y-axis
Moment of inertia	5420.000	5420.000
Plastic modulus	660.160	660.160
Elastic modulus	542.000	542.000
Shear Area	46.500	46.500
Radius of gyration	7.634	7.634
Effective Length	44.900	44.900

DESIGN DATA (units - kN,m) EUROCODE NO.3 /2005

Section Class : CLASS 1
 Squash Load : 3301.50
 Axial force/Squash load : 0.001

	z-axis	y-axis
Slenderness ratio (KL/r)	5.9	5.9
Compression Capacity	3001.4	3001.4
Tension Capacity	2870.9	2870.9
Moment Capacity	203.8	203.8
Reduced Moment Capacity	203.8	203.8
Shear Capacity	866.4	866.4

BUCKLING CALCULATIONS (units - kN,m)

Lateral Torsional Buckling Moment MB = 213.1
 co-efficients C1_K : C1 =1.132 K =0.4, Effective Length= 0.000

CRITICAL LOADS FOR EACH CLAUSE CHECK (units- kN,m):

CLAUSE	RATIO	LOAD	FX	VY	VZ	MZ	MY
EC-6.3.1.1	0.006	118	16.9	-105.7	-2.4	-27.4	-1.0
EC-6.2.9.1	0.071	122	-9.9	122.9	-2.3	-41.4	-1.9
EC-6.3.3	0.071	104	3.6	129.0	11.3	-34.7	3.8
EC-6.3.3.LTB	0.051	116	4.0	115.6	-20.9	-31.1	-6.8

Wednesday, April 06, 2011, 01:23 PM

STAAD SPACE

-- PAGE NO. 196

ALL UNITS ARE - KN MMS (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
EC-6.2.6-(Z)	0.024	120	2.9	115.1	21.0 -30.8 7.0
EC-6.2.6-(Y)	0.154	106	-3.3	133.2	-1.2 -40.3 -1.0

Torsion and deflections have not been considered in the design.

Figur B4: Resultatutskrift fra kodesjekk i Staad Pro

Input-fil til Staad Pro (ULS)

STAAD SPACE

START JOB INFORMATION

ENGINEER DATE 28-Jan-11

END JOB INFORMATION

INPUT WIDTH 79

UNIT MMS KN

JOINT COORDINATES

1 0 0 0; 2 3200 0 0; 3 6405 0 0; 4 0 2986 0; 5 3200 2986 0; 6 6405 2986 0;
7 5900 2986 0; 8 0 7811 0; 9 3200 7811 0; 10 5900 7811 0; 11 0 0 -2910;
12 3200 0 -2910; 13 6405 0 -2910; 14 0 2986 -2910; 15 3200 2986 -2910;
16 6405 2986 -2910; 17 5900 2986 -2910; 18 0 7811 -2910; 19 3200 7811 -2910;
20 5900 7811 -2910; 21 4476 2986 -2910; 22 5900 4385 -2910; 23 4220 2986 -2910;
24 2180 2986 -2910; 25 1160 2986 -2910; 26 5240 2986 -2910; 27 4220 2986 0;
28 2180 2986 0; 29 1160 2986 0; 30 5240 2986 0; 31 5240 2986 -449;
32 6405 2986 -449; 33 5900 2986 -449; 34 3200 2986 -2413; 35 3200 2986 -449;
36 4220 2986 -2413; 37 4220 2986 -449; 38 0 2986 -1400; 39 1160 2986 -1400;
40 -1600 2986 -2660; 41 -1600 2986 -1450; 42 -1600 0 -2210; 44 5900 2986 -1797;
45 6405 2986 -1797; 46 0 2986 -2660; 49 3813.23 2986 -2413;
50 4220 2986 -2019.09; 51 5240 2986 -1031.33; 54 2180 2986 -2017.6;
55 1160 2986 -1028.2; 56 2254 7811 -2910; 57 4696 7811 -2910; 58 2254 7811 0;
59 4696 7811 0; 60 2254 7811 1450; 61 4696 7811 1450; 62 0 7811 -2474;
63 0 8019 -2474; 64 -1082 8019 -2474; 65 -373 8019 -2474; 66 5897.81 2986 -449;
*

MEMBER INCIDENCES

5 25 39; 6 24 54; 7 15 34; 11 18 62; 15 19 9; 16 20 17; 17 10 7; 18 19 15;
19 9 5; 20 18 14; 21 8 4; 22 22 21; 23 14 11; 24 4 1; 25 15 12; 26 5 2;
27 16 13; 28 6 3; 29 14 1; 30 1 5; 31 5 3; 32 3 16; 33 38 39; 35 35 37;
36 31 66; 37 17 44; 40 14 40; 41 40 41; 42 38 41; 43 40 42; 45 44 33; 46 45 16;
47 44 45; 48 14 25; 49 25 24; 52 23 21; 53 21 26; 54 26 17; 55 17 16; 57 29 28;
58 28 5; 59 5 27; 60 27 30; 61 30 7; 63 45 32; 64 32 6; 65 14 46; 66 46 38;
67 38 4; 72 20 10; 74 34 49; 75 23 36; 77 37 27; 79 31 30; 97 36 50; 98 26 51;
102 49 36; 103 49 50; 104 50 37; 105 50 51; 106 51 31; 108 15 23; 109 15 49;
110 7 6; 111 51 66; 115 54 28; 116 54 55; 117 55 29; 119 24 15; 120 15 54;
121 4 29; 122 4 55; 123 18 56; 124 19 57; 125 8 58; 126 9 59; 127 56 19;
128 57 20; 129 58 9; 130 59 10; 131 56 58; 132 58 60; 133 57 59; 134 59 61;
135 62 8; 136 62 63; 137 63 65; 138 65 64; 139 62 65; 140 39 55; 141 35 5;
142 34 35; 143 33 32; 144 66 33; 145 66 6;
*

DEFINE MATERIAL START

ISOTROPIC STEEL

E 205

POISSON 0.3

DENSITY 7.68195e-008

*Density = 7833,41 Kg/m³ = 7,68e-008 kN/mm³

ALPHA 1.2e-005

DAMP 0.03

END DEFINE MATERIAL

*

MEMBER PROPERTY EUROPEAN

7 16 TO 19 22 27 28 32 46 48 49 52 TO 55 57 TO 61 63 TO 67 108 110 119 121 -

141 142 TABLE ST TUB20020012

11 15 20 21 23 TO 26 29 TO 31 35 36 40 TO 43 72 74 102 123 TO 130 135 143 -

144 TABLE ST TUB2002008

5 6 33 37 45 75 77 79 97 98 103 TO 106 109 111 115 TO 117 120 122 140 -

145 TABLE ST TUB2001008

47 TABLE ST TUB25015010
 131 TO 134 TABLE ST IPE400
 137 138 TABLE ST TUB1201208
 136 TABLE ST TUBE TH 8 WT 120 DT 200
 139 TABLE ST TUBE TH 8 WT 200 DT 120

CONSTANTS

BETA 90 MEMB 47 139

MATERIAL STEEL ALL

SUPPORTS

1 TO 3 11 TO 13 42 PINNED

*

*

MEMBER OFFSET

40 START 0 0 250

42 START 0 0 -50

43 START 0 0 450

47 START 0 25 0

47 END 0 25 0

29 START 0 -150 0

29 END 0 100 0

32 START 0 100 0

32 END 0 -150 0

30 START 0 100 0

30 END -150 0 0

31 START 150 0 0

31 END 0 100 0

109 START 100 0 0

145 END -100 0 0

120 START -100 0 0

122 START 100 0 0

139 START 0 100 0

111 END -55 0 0

145 START -55 0 0

*

*Definition of loadcases

*

LOAD 1 LOADTYPE None TITLE OPERATIONAL WEIGHT

SELFWEIGHT Y -1.537

*A total force of 343.35 kN is added to the selfweight to imitate the load generated by the weight of pipes and valves.

MEMBER LOAD

67 CON GY -53.96 933

48 CON GY -27.47 387

JOINT LOAD

49 FY -68.67

16 FY -77.5

33 FY -30.4

35 FY -85.35

*

*ACCELERATION VERT = 2,53. This generates a force of 121,49 kN in vertical direction.

*FACTOR 1.537 FROM LOAD 1 MULT. WITH FACT 0.258 FROM LOAD 2 (ACC VERT = 2.53/9.81=0.258)=0.397

LOAD 2 LOADTYPE None TITLE WAVE ACCELERATION VERT DIR

SELFWEIGHT Y -0.397

*2.53/9.81=0.258 The vertical acceleration generates 25,8 per cent increase / decrease of weight from pipeloads.

*

MEMBER LOAD

67 CON GY -13.92 933

48 CON GY -7.09 387

JOINT LOAD

49 FY -17.71

35 FY -22.01

16 FY -19.99

33 FY -7.84

*

*ACCELERATION HOR. X-DIR = 2,02. This generates a force of 96,99 kN in horizontal x-direction.

*FACTOR 1.537 FROM LOAD 1 MULT. WITH FACT 0.206 FROM LOAD 3 (ACC HOR X = $2.02/9.81=0.206$)=0.317

LOAD 3 LOADTYPE None TITLE WAVE ACCELERATION HOR (-X DIR)

SELFWEIGHT X -0.317

MEMBER LOAD

67 CON GX -11.11 933

48 CON GX -5.66 387

JOINT LOAD

49 FX -14.14

35 FX -17.57

16 FX -15.96

33 FX -6.26

*

*ACCELERATION HOR. Z-DIR = 2,33. This generates a force of 111,82 kN in horizontal z-direction.

*FACTOR 1.537 FROM LOAD 1 MULT. WITH FACT 0.238 FROM LOAD 4 (ACC HOR Z = $2.33/9.81=0.238$)=0.365

LOAD 4 LOADTYPE None TITLE WAVE ACCELERATION HOR (-Z DIR)

SELFWEIGHT Z -0.365

MEMBER LOAD

67 CON GZ -12.82 933

48 CON GZ -6.52 387

JOINT LOAD

49 FZ -16.31

35 FZ -20.27

16 FZ -18.41

33 FZ -7.22

*

LOAD 5 LOADTYPE None TITLE WIND LOAD (-X DIR)

MEMBER LOAD

72 UNI GX -0.00085465

16 17 UNI GX -0.001659 1825 4825

28 UNI GX -0.0012066

27 UNI GX -0.0008044

*The wind velocity $U=40.5$ m/s generates a total force of 18,45 kN in this direction.

*

LOAD 6 LOADTYPE None TITLE WIND LOAD (-Z DIR)

MEMBER LOAD

125 126 129 130 UNI GZ -0.0007541

17 19 21 UNI GZ -0.002279 1825 4825

43 UNI GZ -0.00020109

24 UNI GZ -0.00080438

26 UNI GZ -0.00060328

28 UNI GZ -0.00080438

*The wind velocity $U=40.5$ m/s generates a total force of 32,17 kN in this direction.

*

*Load 7 er fjernet da denne oprinnelig var load fra rør og ventiler som nå ligger i load 1 som totalt utgjør operasjonell vekt.

*

LOAD 8 LOADTYPE None TITLE LIVE LOAD

MEMBER LOAD

65 TO 67 UNI GY -0.0016
 5 117 140 UNI GY -0.003203
 6 115 UNI GY -0.003203
 7 141 142 UNI GY -0.003203
 75 77 97 104 UNI GY -0.003203
 79 98 106 UNI GY -0.003203
 46 63 64 UNI GY -0.0016

*Total live load is $3 \text{ kN/m}^2 = 55,92 \text{ kN}$. The load is distributed on the deck beams.

*

LOAD 9 LOADTYPE None TITLE SELFWEIGHT

*The selfweight is added as a separate load case in order to find the center of gravity of the module alone.

SELFWEIGHT Y -1.537 LIST 5 TO 7 11 15 TO 33 35 TO 37 40 TO 43 45 TO 49 52 -
 53 TO 55 57 TO 61 63 TO 67 72 74 75 77 79 97 98 102 TO 106 108 TO 111 115 -
 116 TO 117 119 TO 139

*

*Load combinations

*

LOAD COMB 100 COMBINATION LOAD CASE 100 ULSA -Y-X

1 1.3 2 0.7 3 0.7 5 0.7 8 1.3

LOAD COMB 101 COMBINATION LOAD CASE 101 ULSA

1 1.3 2 0.7 3 0.495 4 0.495 5 0.495 6 0.495 8 1.3

LOAD COMB 102 COMBINATION LOAD CASE 102 ULSA -Y-Z

1 1.3 2 0.7 4 0.7 6 0.7 8 1.3

LOAD COMB 103 COMBINATION LOAD CASE 103 ULSA

1 1.3 2 0.7 3 -0.495 4 0.495 5 -0.495 6 0.495 8 1.3

LOAD COMB 104 COMBINATION LOAD CASE 104 ULSA -Y+X

1 1.3 2 0.7 3 -0.7 5 -0.7 8 1.3

LOAD COMB 105 COMBINATION LOAD CASE 105 ULSA

1 1.3 2 0.7 3 -0.495 4 -0.495 5 -0.495 6 -0.495 8 1.3

LOAD COMB 106 COMBINATION LOAD CASE 106 ULSA -Y+Z

1 1.3 2 0.7 4 -0.7 6 -0.7 8 1.3

LOAD COMB 107 COMBINATION LOAD CASE 107 ULSA

1 1.3 2 0.7 3 0.495 4 -0.495 5 0.495 6 -0.495 8 1.3

*

LOAD COMB 108 COMBINATION LOAD CASE 108 ULSA -Y-X

1 1.3 2 -0.7 3 0.7 5 0.7 8 1.3

LOAD COMB 109 COMBINATION LOAD CASE 109 ULSA

1 1.3 2 -0.7 3 0.495 4 0.495 5 0.495 6 0.495 8 1.3

LOAD COMB 110 COMBINATION LOAD CASE 110 ULSA -Y-Z

1 1.3 2 -0.7 4 0.7 6 0.7 8 1.3

LOAD COMB 111 COMBINATION LOAD CASE 111 ULSA

1 1.3 2 -0.7 3 -0.495 4 0.495 5 -0.495 6 0.495 8 1.3

LOAD COMB 112 COMBINATION LOAD CASE 112 ULSA -Y+X

1 1.3 2 -0.7 3 -0.7 5 -0.7 8 1.3

LOAD COMB 113 COMBINATION LOAD CASE 113 ULSA

1 1.3 2 -0.7 3 -0.495 4 -0.495 5 -0.495 6 -0.495 8 1.3

LOAD COMB 114 COMBINATION LOAD CASE 114 ULSA -Y+Z

1 1.3 2 -0.7 4 -0.7 6 -0.7 8 1.3

LOAD COMB 115 COMBINATION LOAD CASE 115 ULSA

1 1.3 2 -0.7 3 0.495 4 -0.495 5 0.495 6 -0.495 8 1.3

*

*

*

LOAD COMB 116 COMBINATION LOAD CASE 116 ULSB -Y-X

1 1.0 2 1.3 3 1.3 5 1.3 8 1.0

LOAD COMB 117 COMBINATION LOAD CASE 117 ULSB

1 1.0 2 1.3 3 0.919 4 0.919 5 0.919 6 0.919 8 1.0

LOAD COMB 118 COMBINATION LOAD CASE 102 ULSB -Y-Z
 1 1.0 2 1.3 4 1.3 6 1.3 8 1.0
 LOAD COMB 119 COMBINATION LOAD CASE 119 ULSB
 1 1.0 2 1.3 3 -0.919 4 0.919 5 -0.919 6 0.919 8 1.0
 LOAD COMB 120 COMBINATION LOAD CASE 120 ULSB -Y+X
 1 1.0 2 1.3 3 -1.3 5 -1.3 8 1.0
 LOAD COMB 121 COMBINATION LOAD CASE 121 ULSB
 1 1.0 2 1.3 3 -0.919 4 -0.919 5 -0.919 6 -0.919 8 1.0
 LOAD COMB 122 COMBINATION LOAD CASE 122 ULSB -Y+Z
 1 1.0 2 1.3 4 -1.3 6 -1.3 8 1.0
 LOAD COMB 123 COMBINATION LOAD CASE 123 ULSB
 1 1.0 2 1.3 3 0.919 4 -0.919 5 0.919 6 -0.919 8 1.0
 *
 LOAD COMB 124 COMBINATION LOAD CASE 124 ULSB -Y-X
 1 1.0 2 -1.3 3 1.3 5 1.3 8 1.0
 LOAD COMB 125 COMBINATION LOAD CASE 125 ULSB
 1 1.0 2 -1.3 3 0.919 4 0.919 5 0.919 6 0.919 8 1.0
 LOAD COMB 126 COMBINATION LOAD CASE 126 ULSB -Y-Z
 1 1.0 2 -1.3 4 1.3 6 1.3 8 1.0
 LOAD COMB 127 COMBINATION LOAD CASE 127 ULSB
 1 1.0 2 -1.3 3 -0.919 4 0.919 5 -0.919 6 0.919 8 1.0
 LOAD COMB 128 COMBINATION LOAD CASE 128 ULSB -Y+X
 1 1.0 2 -1.3 3 -1.3 5 -1.3 8 1.0
 LOAD COMB 129 COMBINATION LOAD CASE 129 ULSB
 1 1.0 2 -1.3 3 -0.919 4 -0.919 5 -0.919 6 -0.919 8 1.0
 LOAD COMB 130 COMBINATION LOAD CASE 130 ULSB -Y+Z
 1 1.0 2 -1.3 4 -1.3 6 -1.3 8 1.0
 LOAD COMB 131 COMBINATION LOAD CASE 131 ULSB
 1 1.0 2 -1.3 3 0.919 4 -0.919 5 0.919 6 -0.919 8 1.0
 PERFORM ANALYSIS PRINT STATICS CHECK
 *
 *code check according to EC3 BS
 PARAMETER 1
 CODE EC3 BS
 UNL 0 MEMB 141
 *effective buckling-length for beam 141
 GM0 1.15 ALL
 GM1 1.15 ALL
 GM2 1.3 ALL
 BEAM 3 ALL
 TRACK 2 ALL
 SGR 2 ALL
 *SGR 2 INDICATES S 355 GRADE STEEL
 CHECK CODE ALL
 FINISH

Vedlegg C

Partialfaktorer for knutepunkter

Kapasitet for konstruksjonsdeler og tverrsnitt	γ_{M0} , γ_{M1} og γ_{M2} , se NS-EN 1993-1-1
Kapasitet for skruer	γ_{M2}
Kapasitet for nagler	
Kapasitet for bolter i bolteledd	
Kapasitet for sveis	
Kapasitet for hullkantrykk	
Friksjonskapasitet: - i bruddgrensetilstanden (kategori C) - i bruksgrensetilstanden (kategori B)	γ_{M3} $\gamma_{M3,ser}$
Kapasitet for hullkantrykk for en injeksjonsskrue	γ_{M4}
Kapasitet for knutepunkter i en fagverkskonstruksjon av hulprofiler	γ_{M5}
Kapasitet for bolter i bruksgrensetilstanden	$\gamma_{M6,ser}$
Forspenning av hørfaste skruer	γ_{M7}
Kapasitet for betong	γ_c , se NS-EN 1992

MERKNAD Numeriske verdier av γ_M kan gis i det nasjonale tillegget. Følgende verdier anbefales:

$\gamma_{M2} = 1,25$; $\gamma_{M3} = 1,25$ og $\gamma_{M3,ser} = 1,1$; $\gamma_{M4} = 1,0$; $\gamma_{M5} = 1,0$; $\gamma_{M6,ser} = 1,0$; $\gamma_{M7} = 1,1$.

Tabell C1: Tabell 2.1 - Partialfaktorer for knutepunkter. Kilde: NS-EN 1993-1-8

		M12	M16	M20	M24	M30	M36
Diameter	d	12	16	20	24	30	36
Gjengelengde	b	30	38	46	54	66	-
Hodehøyde	k (nom)	7,5	10	12,5	15	18,7	22,5
Hjørnedimensjon	e (min)	20,03	26,75	33,53	39,98	50,85	60,69
Nøkkelvidde	s (maks)	18	24	30	36	46	55
Anleggsdiameter	d_w	14,6	22,5	28,2	33,6	42,7	51,1
Mutterhøyde	m	10,8	14,8	18	21,5	25,6	31
Spenningsareal	A_s (mm ²)	84,3	157	245	353	561	817
Skaftareal	A (mm ²)	113	201	314	452	707	1018
Tegningssymbol ⁽¹⁾							
¹⁾ Symbolene gjelder skruer med normale hull							

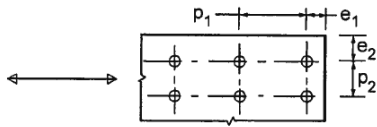
Figur C2: Metriske sekskantskruer etter NS-EN ISO 4014:2000. Kilde: Dimensjonering av stålkonstruksjoner, Per Kr. Larsen [13]

Fasthetsklasser for skruer	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{ub} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1000

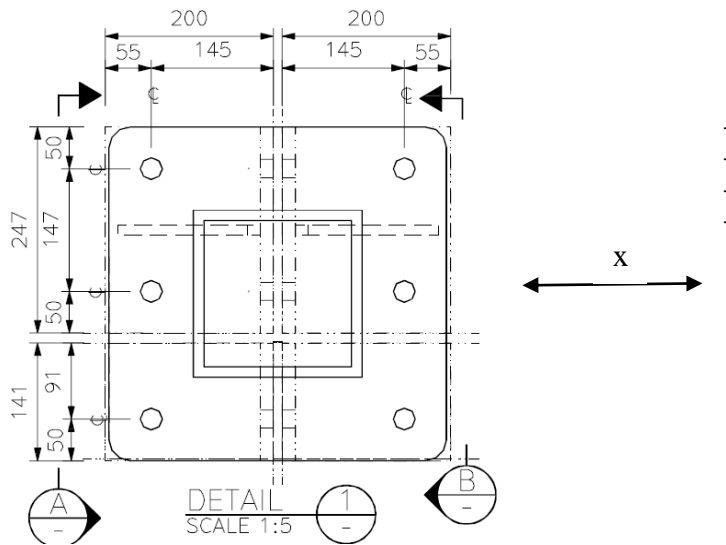
Figur C3: Nominelle verdier av flytegrensen og strekkfastheten for skruer. Kilde: NS-EN 1993-1-8, tabell 3.1 [3]

Vertikal skrueforbindelse node 1 og node 3

Utrekningene av og til beregning av kapasitet for hullkantrykk:



Figur C4; Symboler for hullavstand. Kilde: NS-EN-1-8, figur 3.1 [3]



Figur C5: Skisse av skrueforbindelse ved node 3. Kilde: Tegninger for ventilplattformen.

Maksimalt kraft som kan forårsake hullkantrykk skapes av lastkombinasjon 120, og opptrer i negativ x-retning. Pilen på figuren over viser denne kraftretningen.

I kraftretningen:

- For endeskruer: _____
- _____

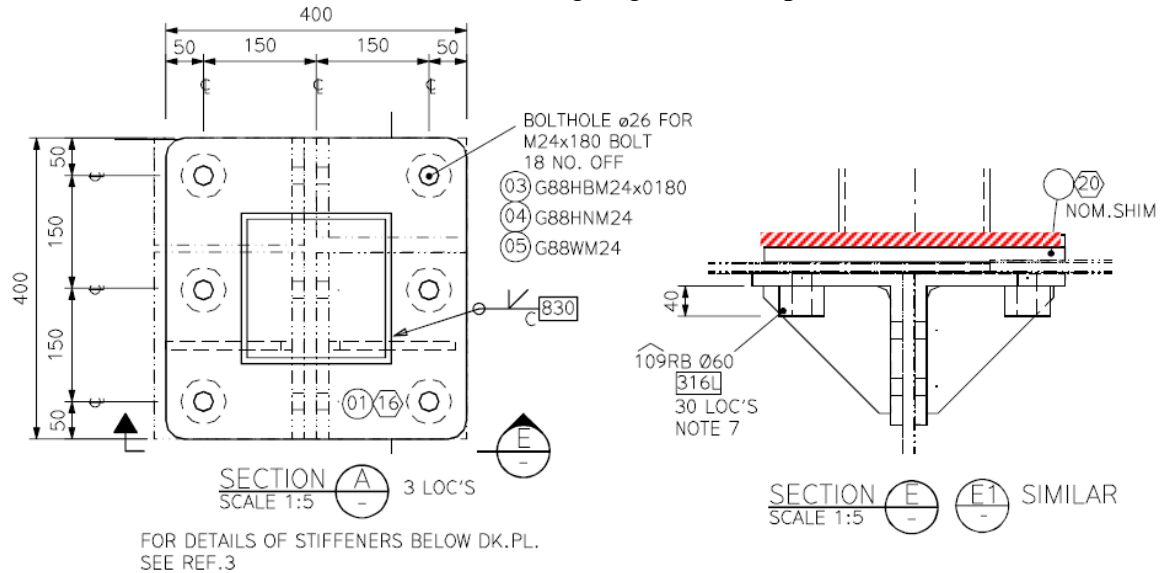
Normalt på kraftretningen:

For skruer langs randen: er den minste av

- _____
- _____
- _____

Nettotverrsnittsareal

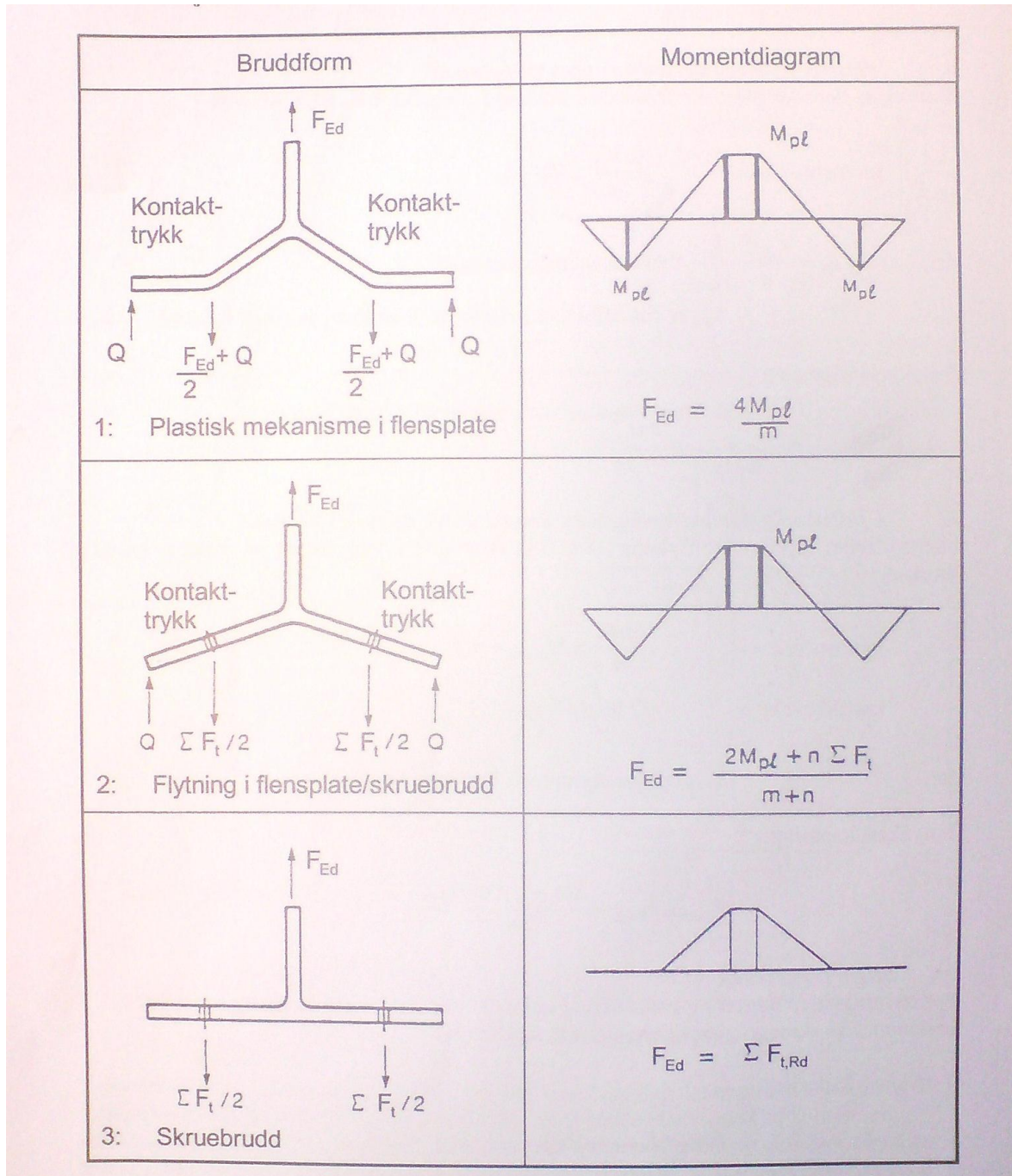
Beregning av netto tverrsnittsareal ved skruehullene for bolteforbindelse ved node 1 og node 3. Netto tverrsnittsareal brukes ved beregning av strekkapasiteten for netto tverrsnitt.



Figur C6; Tverrsnittsareal ved bolteforbindelse node 1 og node3. Kilde: 2D tegninger for strukturen.

Netto tverrsnittsareal ved skruehullene er det området som er skravert rødt på figur C5, med fratrekk for skruehullene. Tykkelsen på markert område er 16 millimeter, og diameteren på skruehullene er 26 millimeter. Dette gir følgende netto tverrsnittsareal:

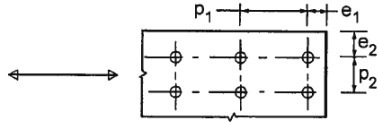
De tre mulige bruddformene for et T-stykke og tilhørende momentfordeling.



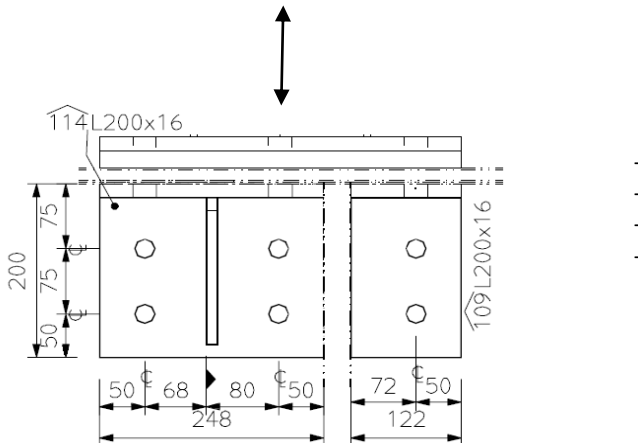
Figur C7; Kraftforløpet i et T-stykke. Kilde: Stål Håndbok del 3: 2010 [14]

Horizontal skrueforbindelse node 1

Utrekningene av og til beregning av kapasitet for hullkantrykk:



Figur C7: Symboler for hullavstand. Kilde: NS-EN-1-8, figur 3.1 [3]



Figur C8: Snitt av skrueforbindelsen. Kilde: 2D tegninger for plattformen

• —

I kraftretningen:

- For endeskruer: — —

- — —

Normalt på kraftretningen:

For skruer langs randen: er den minste av — —

- —

- —

Beregning av effektiv lengde

Effektiv lengde inngår i beregning av strekkapasiteten til bolteforbindelsen, her betraktet som et T-stykke, inkludert hevarmkrefter. Bruddformene 1, 2 og 3 kontrolleres ihht tabell 6.2 i NS-EN 1993-1-8 [3]. Effektiv lengde beregnes for en uavstivet søyleflens, refererer til tabell 6.4 i NS-EN 1993-1-8 [3]:



Figur 6.8 – Definisjon av avstandene e , e_{min} , r_c og m

Figur C9: Definisjon av avstander [3]

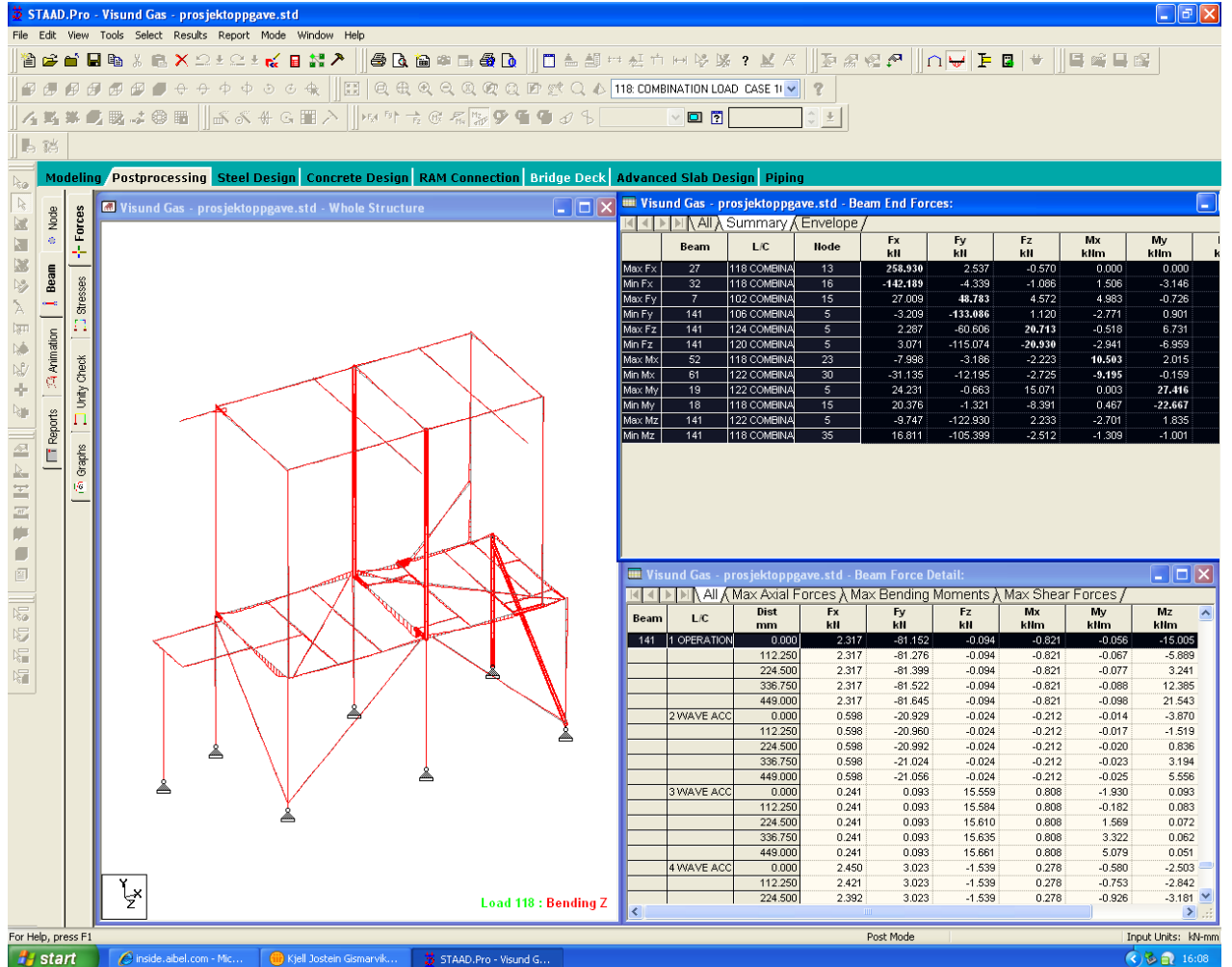
Ikke-sirkulært mønster, indre skruerad (refererer til tabell 6.4 NS-EN 1993-1-8 [3]):

Bruddform 1:

Bruddform 2

Vedlegg D

Maksimum "beam end- forces"



Figur D1: Skjerm bilde fra Staad Pro som viser maksimale endekrefter på konstruksjonen

Partialfaktorer for knutepunkter

Kapasitet for konstruksjonsdeler og tverrsnitt	γ_{M0} , γ_{M1} og γ_{M2} , se NS-EN 1993-1-1
Kapasitet for skruer	γ_{M2}
Kapasitet for nagler	
Kapasitet for bolter i bolteledd	
Kapasitet for sveis	
Kapasitet for hullkantrykk	
Friksjonskapasitet: - i bruddgrensetilstanden (kategori C) - i bruksgrensetilstanden (kategori B)	γ_{M3} $\gamma_{M3,ser}$
Kapasitet for hullkantrykk for en injeksjonsskrue	γ_{M4}
Kapasitet for knutepunkter i en fagverkskonstruksjon av hulprofiler	γ_{M5}
Kapasitet for bolter i bruksgrensetilstanden	$\gamma_{M6,ser}$
Forspenning av hørfaste skruer	γ_{M7}
Kapasitet for betong	γ_c , se NS-EN 1992

MERKNAD Numeriske verdier av γ_M kan gis i det nasjonale tillegget. Følgende verdier anbefales:
 $\gamma_{M2} = 1,25$; $\gamma_{M3} = 1,25$ og $\gamma_{M3,ser} = 1,1$; $\gamma_{M4} = 1,0$; $\gamma_{M5} = 1,0$; $\gamma_{M6,ser} = 1,0$; $\gamma_{M7} = 1,1$.

Tabell D1: Tabell 2.1 - Partialfaktorer for knutepunkter. Kilde: NS-EN 1993-1-8

Tverrsnittsegenskaper for bjelke 26

26 ST	TUB2002008	(EUROPEAN SECTIONS)		
	PASS	EC-6.3.3.LTB	0.120	107
	120.06 C	-10249.72	-2873.14	0.00

MATERIAL DATA

Grade of steel	=	S 355
Modulus of elasticity	=	205 kN/mm ²
Design Strength (py)	=	355 N/mm ²

SECTION PROPERTIES (units - cm)

Member Length =	298.60	
Gross Area =	61.10	Net Area = 61.10

		z-axis	y-axis
Moment of inertia	:	3740.000	3740.000
Plastic modulus	:	442.620	442.620
Elastic modulus	:	374.000	374.000
Shear Area	:	30.550	30.550
Radius of gyration	:	7.824	7.824
Effective Length	:	298.600	298.600

DESIGN DATA (units - kN,m) EUROCODE NO.3 /2005

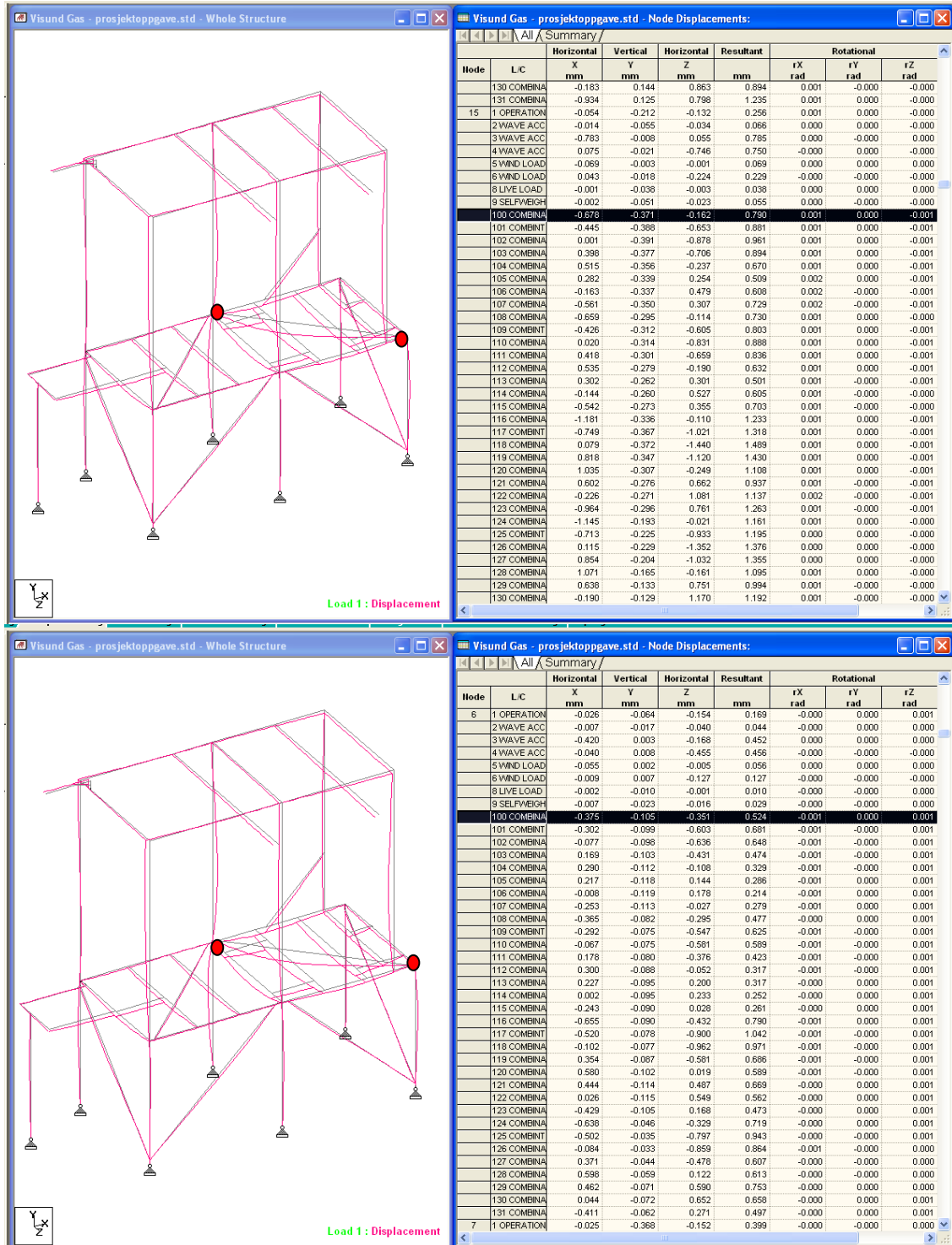
Section Class	:	CLASS 1
Squash Load	:	2169.05
Axial force/Squash load	:	0.055

		z-axis	y-axis
Slenderness ratio (KL/r)	:	38.2	38.2
Compression Capacity	:	1822.8	1822.8
Tension Capacity	:	1886.1	1886.1
Moment Capacity	:	136.6	136.6
Reduced Moment Capacity	:	136.6	136.6
Shear Capacity	:	569.2	569.2

Figur D2: Tverrsnittsegenskaper for bjelke 26. Kilde: Staad Pro

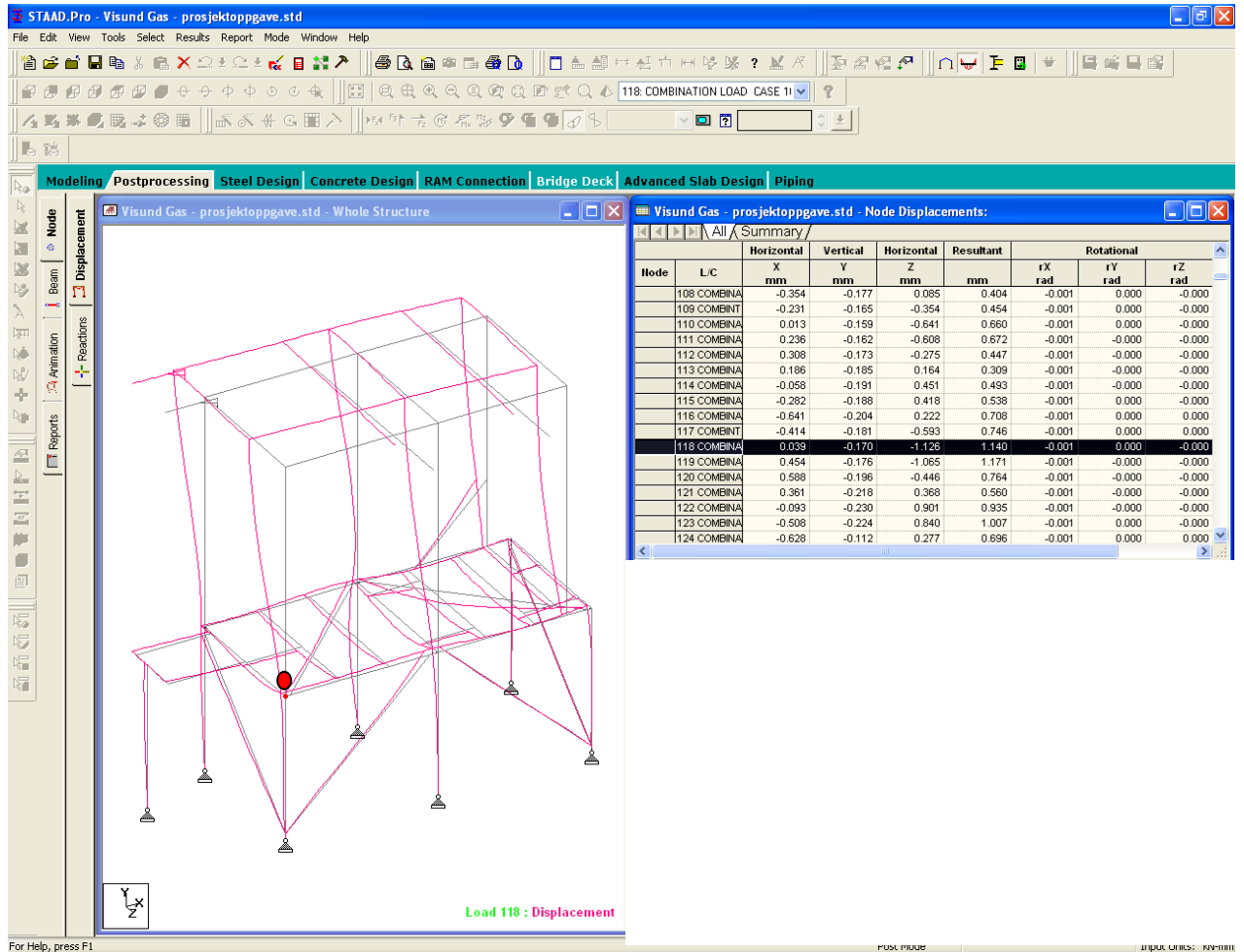
Vedlegg E

Utbøyning ved node 4 og node 15 grunnet lastkombinasjon 100



Figur E1: Utbøyning ved node 4 og node 15 forårsaket av lastkombinasjon 100. Kilde: Staad Pro

Utbøyning ved node 4 grunnet lastkombinasjon 118



Figur E2: Skjermbilde fra Staad Pro som viser utbøyning ved node 4, belastet med lastkombinasjon 118

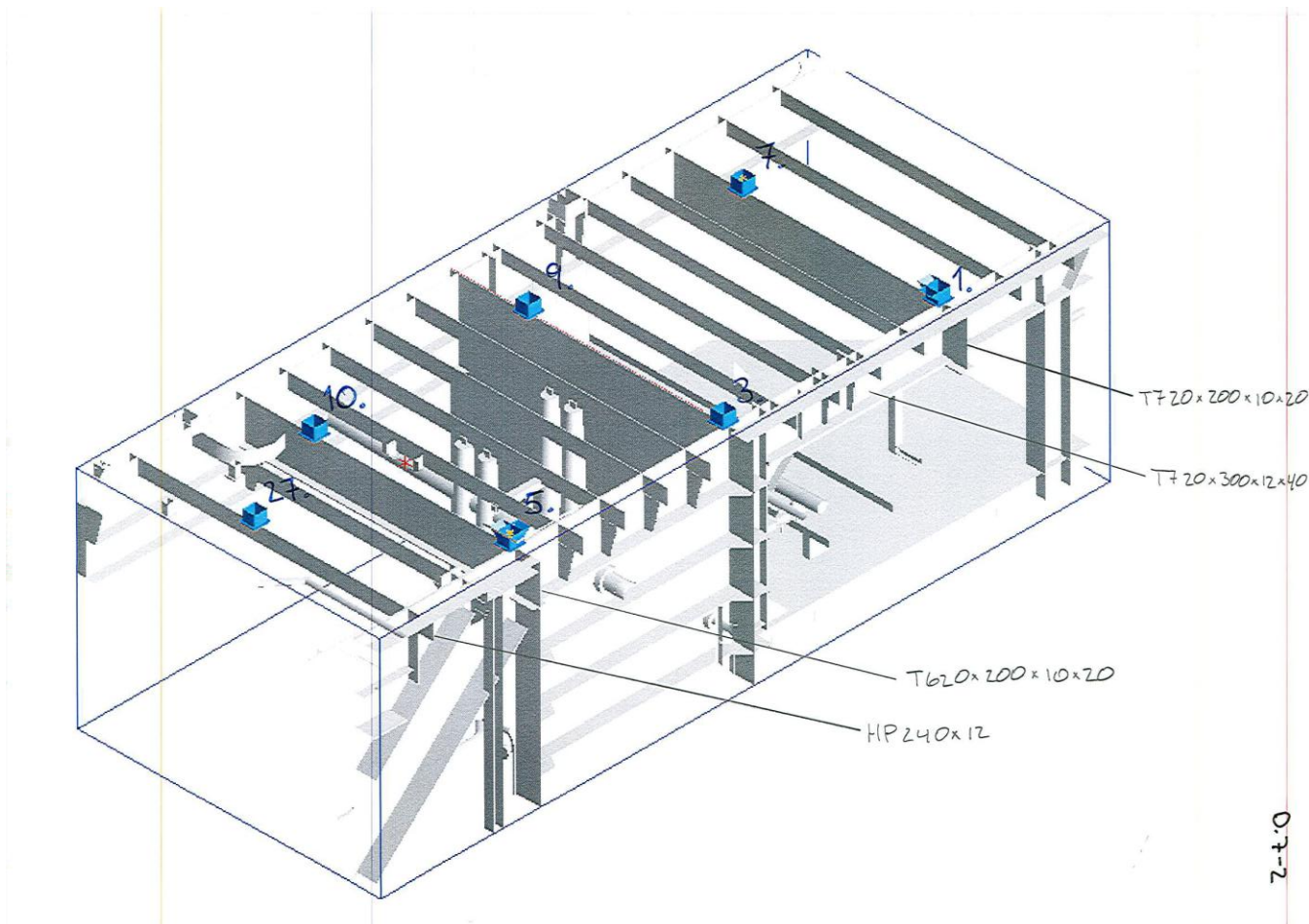
Vedlegg F

Reaksjonskreftene ved innfestningen av plattformen

Visund Gas - prosjektoppgave.std - Support Reactions:							
All Summary Envelope							
Node	Env	Horizontal			Moment		
		Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
1	+ve	101.570	259.590	86.821	0.000	0.000	0.000
		116 COMBIN	123 COMBIN	126 COMBIN	-	-	-
1	-ve	-48.812	-75.446	-89.314	0.000	0.000	0.000
		128 COMBIN	127 COMBIN	122 COMBIN	-	-	-
2	+ve	1.820	124.611	0.416	0.000	0.000	0.000
		116 COMBIN	106 COMBIN	4 WAVE ACC	-	-	-
2	-ve	-1.094	-4.873	-4.159	0.000	0.000	0.000
		128 COMBIN	4 WAVE ACC	122 COMBIN	-	-	-
3	+ve	50.019	246.178	97.660	0.000	0.000	0.000
		124 COMBIN	121 COMBIN	126 COMBIN	-	-	-
3	-ve	-104.692	-95.678	-99.802	0.000	0.000	0.000
		120 COMBIN	125 COMBIN	122 COMBIN	-	-	-
11	+ve	1.738	165.678	1.610	0.000	0.000	0.000
		116 COMBIN	118 COMBIN	122 COMBIN	-	-	-
11	-ve	-0.303	-59.821	-0.227	0.000	0.000	0.000
		128 COMBIN	130 COMBIN	6 WIND LOAD	-	-	-
12	+ve	2.675	165.489	3.872	0.000	0.000	0.000
		116 COMBIN	102 COMBIN	102 COMBIN	-	-	-
12	-ve	-0.250	0.000	-0.117	0.000	0.000	0.000
		128 COMBIN	-	6 WIND LOAD	-	-	-
13	+ve	1.575	258.930	1.748	0.000	0.000	0.000
		124 COMBIN	118 COMBIN	122 COMBIN	-	-	-
13	-ve	-4.915	-28.922	-0.232	0.000	0.000	0.000
		120 COMBIN	130 COMBIN	4 WAVE ACC	-	-	-
42	+ve	1.364	9.329	1.399	0.000	0.000	0.000
		116 COMBIN	116 COMBIN	118 COMBIN	-	-	-
42	-ve	-0.695	-0.658	-0.461	0.000	0.000	0.000
		128 COMBIN	8 LIVE LOAD	130 COMBIN	-	-	-

Figur F1: Dimensjonerende laster ved ventilplattformens infestning. Kilde: Staad Pro

Tegning av eksisterende struktur



Figur F2: Eksisterende struktur. Kilde: Aibel

Tverrsnittsegenskaper for kontrollerte T-profiler

COLBEAM NS3472 Version 3.7 Column/Beam program based on NS3472, 3 rd ed Copyright (C) 2001-2010 StruProg AB	Project: Project	Page: 1/1
	Identification: Test	Date: 29.04.2011 Time: 8:51
File: new file		

Material:

Material:	S355
f_y	= 355 MPa
f_d	= 355,0 MPa
E	= 2,100E+5 MPa
g_{m1}	= 1,00

Profile:

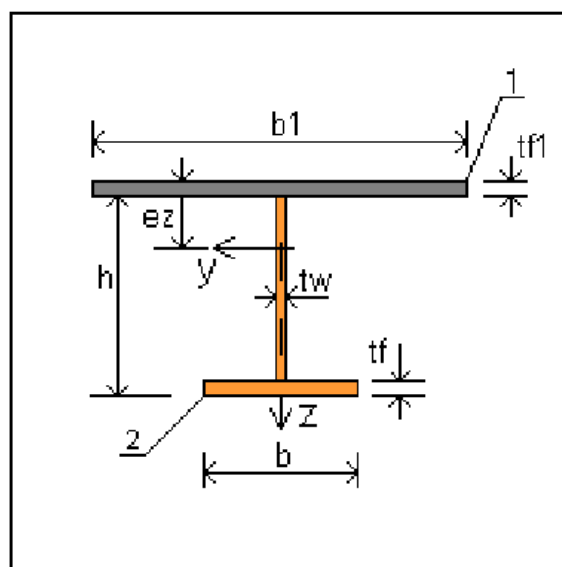
Plate + T 720x200x10x20
Support stiffener: Weak

Dimensions and weight:

b_1	=	300 mm
t_{f1}	=	8,0 mm
h	=	720 mm
b	=	200 mm
t_w	=	10,0 mm
t_f	=	20,0 mm
e_z	=	402,1 mm (el)
e_z	=	438,0 mm (pl)
g	=	105,2 kg/m
S	=	2,436 m ² /m

Section property:

A	=	13400 mm ²
I_y	=	1,079E+9 mm ⁴
I_z	=	1,333E+7 mm ⁴ (profile)
W_{ely1}	=	2,684E+6 mm ³
W_{ely2}	=	3,311E+6 mm ³
W_{ply}	=	3,451E+6 mm ³



Capacity:

Section class 1-2: Plastic section modulus

Top flange in compression:

Section class:	4
W_{yeffy1}	= 2,191E+6 mm ³
W_{yeffy2}	= 3,156E+6 mm ³
M_{dy}	= 777,8 kNm

Bottom flange in compression:

Section class:	3
W_{yeffy1}	= 2,684E+6 mm ³
W_{yeffy2}	= 3,311E+6 mm ³
M_{dy}	= 952,8 kNm

Shear capacity:

V_{dz}	=	1195,9 kN
----------	---	-----------

Figur F3:Tverrsnittsegenskaper for T 720x200x10x20. Kilde: COLBEAM

COLBEAM NS3472	Project: Project	Page: 1/1
Version 3.7 Column/Beam program based on NS3472, 3 rd ed Copyright (C) 2001-2010 StruProg AB	Identification: Test	Date: 29.04.2011 Time: 8:55
File: new file		

Material:

Material: S355
 $f_y = 355$ MPa
 $f_d = 355,0$ MPa
 $E = 2,100E+5$ MPa
 $g_{m1} = 1,00$

Profile:

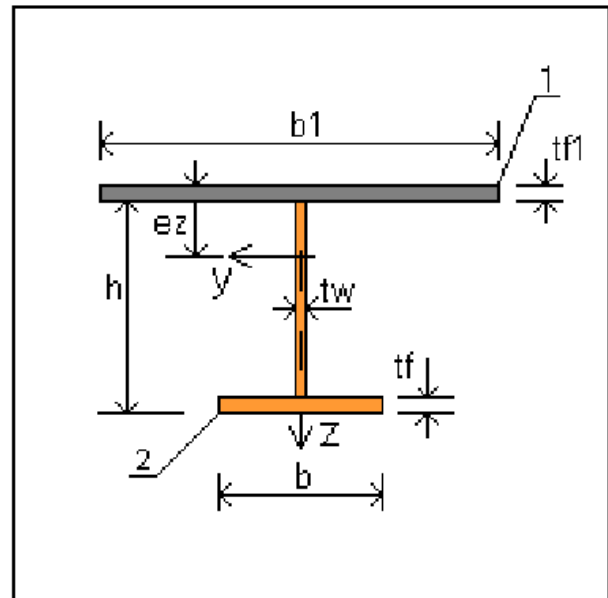
Plate + T 720x300x12x40
 Support stiffener: Weak

Dimensions and weight:

$b_1 = 600$ mm
 $t_{f1} = 8,0$ mm
 $h = 720$ mm
 $b = 300$ mm
 $t_w = 12,0$ mm
 $t_f = 40,0$ mm
 $e_z = 454,9$ mm (el)
 $e_z = 648,0$ mm (pl)
 $g = 195,9$ kg/m
 $S = 3,232$ m²/m

Section property:

$A = 24960$ mm²
 $I_y = 2,154E+9$ mm⁴
 $I_z = 9,000E+7$ mm⁴ (profile)
 $W_{ely1} = 4,735E+6$ mm³
 $W_{ely2} = 7,888E+6$ mm³
 $W_{ply} = 6,278E+6$ mm³



Capacity:

Section class 1-2: Plastic section modulus

Top flange in compression:

Section class: 4
 $W_{yeffy1} = 2,792E+6$ mm³
 $W_{yeffy2} = 6,940E+6$ mm³
 $M_{dy} = 991,0$ kNm

Bottom flange in compression:

Section class: 3
 $W_{yeffy1} = 4,735E+6$ mm³
 $W_{yeffy2} = 7,888E+6$ mm³
 $M_{dy} = 1680,8$ kNm

Shear capacity:

$V_{dz} = 1722,0$ kN

Figur F4:Tverrsnittsegenskaper for T 720x300x12x40. Kilde: COLBEAM

Vedlegg G

Input-fil til Staad Pro, Løft

STAAD SPACE

START JOB INFORMATION

ENGINEER DATE 28-Jan-11

END JOB INFORMATION

INPUT WIDTH 79

UNIT MMS KN

JOINT COORDINATES

1 0 0 0; 2 3200 0 0; 3 6405 0 0; 4 0 2986 0; 5 3200 2986 0; 6 6405 2986 0;
7 5900 2986 0; 8 0 7811 0; 9 3200 7811 0; 10 5900 7811 0; 11 0 0 -2910;
12 3200 0 -2910; 13 6405 0 -2910; 14 0 2986 -2910; 15 3200 2986 -2910;
16 6405 2986 -2910; 17 5900 2986 -2910; 18 0 7811 -2910; 19 3200 7811 -2910;
20 5900 7811 -2910; 21 4476 2986 -2910; 22 5900 4385 -2910; 23 4220 2986 -2910;
24 2180 2986 -2910; 25 1160 2986 -2910; 26 5240 2986 -2910; 27 4220 2986 0;
28 2180 2986 0; 29 1160 2986 0; 30 5240 2986 0; 31 5240 2986 -449;
32 6405 2986 -449; 33 5900 2986 -449; 34 3200 2986 -2413; 35 3200 2986 -449;
36 4220 2986 -2413; 37 4220 2986 -449; 38 0 2986 -1400; 39 1160 2986 -1400;
40 -1600 2986 -2660; 41 -1600 2986 -1450; 42 -1600 0 -2210; 44 5900 2986 -1797;
45 6405 2986 -1797; 46 0 2986 -2660; 49 3813.23 2986 -2413;
50 4220 2986 -2019.09; 51 5240 2986 -1031.33; 54 2180 2986 -2017.6;
55 1160 2986 -1028.2; 56 2254 7811 -2910; 57 4696 7811 -2910; 58 2254 7811 0;
59 4696 7811 0; 60 2254 7811 1450; 61 4696 7811 1450; 62 0 7811 -2474;
63 0 8019 -2474; 64 -1082 8019 -2474; 65 -373 8019 -2474; 66 5897.81 2986 -449;
67 3215 15636 -1393;

*

MEMBER INCIDENCES

5 25 39; 6 24 54; 7 15 34; 11 18 62; 15 19 9; 17 10 7; 18 19 15; 19 9 5;
20 18 14; 21 8 4; 22 22 21; 23 14 11; 24 4 1; 25 15 12; 26 5 2; 27 16 13;
28 6 3; 29 14 1; 30 1 5; 31 5 3; 32 3 16; 33 38 39; 35 35 37; 36 31 66;
37 17 44; 40 14 40; 41 40 41; 42 38 41; 43 40 42; 45 44 33; 46 45 16; 47 44 45;
48 14 25; 49 25 24; 52 23 21; 53 21 26; 54 26 17; 55 17 16; 57 29 28; 58 28 5;
59 5 27; 60 27 30; 61 30 7; 63 45 32; 64 32 6; 65 14 46; 66 46 38; 67 38 4;
72 20 10; 74 34 49; 75 23 36; 77 37 27; 79 31 30; 97 36 50; 98 26 51;
102 49 36; 103 49 50; 104 50 37; 105 50 51; 106 51 31; 108 15 23; 109 15 49;
110 7 6; 111 51 66; 115 54 28; 116 54 55; 117 55 29; 119 24 15; 120 15 54;
121 4 29; 122 4 55; 123 18 56; 124 19 57; 125 8 58; 126 9 59; 127 56 19;
128 57 20; 129 58 9; 130 59 10; 131 56 58; 132 58 60; 133 57 59; 134 59 61;
135 62 8; 136 62 63; 137 63 65; 138 65 64; 139 62 65; 140 39 55; 141 35 5;
142 34 35; 143 33 32; 144 66 33; 145 66 6; 146 17 22; 147 22 20; 148 18 67;
149 8 67; 150 20 67; 151 10 67;

*

DEFINE MATERIAL START

ISOTROPIC STEEL

E 205

POISSON 0.3

DENSITY 7.68195e-008
 *Density =7833,41 Kg/m³ = 7,68e-008 kN/mm³
 ALPHA 1.2e-005
 DAMP 0.03
 ISOTROPIC STAINLESSSTEEL
 E 197.93
 POISSON 0.3
 DENSITY 0
 ALPHA 1.8e-005
 DAMP 0.03
 END DEFINE MATERIAL
 *
 MEMBER PROPERTY EUROPEAN
 7 17 TO 19 22 27 28 32 46 48 49 52 TO 55 57 TO 61 63 TO 67 108 110 119 121 -
 141 142 146 147 TABLE ST TUB20020012
 11 15 20 21 23 TO 26 29 TO 31 35 36 40 TO 43 72 74 102 123 TO 130 135 143 -
 144 TABLE ST TUB2002008
 5 6 33 37 45 75 77 79 97 98 103 TO 106 109 111 115 TO 117 120 122 140 -
 145 TABLE ST TUB2001008
 47 TABLE ST TUB25015010
 131 TO 134 TABLE ST IPE400
 137 138 TABLE ST TUB1201208
 136 TABLE ST TUBE TH 8 WT 120 DT 200
 139 TABLE ST TUBE TH 8 WT 200 DT 120
 148 TO 151 TABLE ST PIPE OD 75 ID 0
 CONSTANTS
 BETA 90 MEMB 47 139
 MATERIAL STEEL MEMB 5 TO 7 11 15 17 TO 33 35 TO 37 40 TO 43 45 TO 49 -
 52 TO 55 57 TO 61 63 TO 67 72 74 75 77 79 97 98 102 TO 106 108 TO 111 115 -
 116 TO 117 119 TO 147
 MATERIAL STAINLESSSTEEL MEMB 148 TO 151
 SUPPORTS
 67 PINNED
 1 FIXED BUT FY MX MY MZ
 11 FIXED BUT FY FZ MX MY MZ
 *
 MEMBER OFFSET
 40 START 0 0 250
 42 START 0 0 -50
 43 START 0 0 450
 47 START 0 25 0
 47 END 0 25 0
 29 START 0 -150 0
 29 END 0 100 0
 32 START 0 100 0
 32 END 0 -150 0
 30 START 0 100 0
 30 END -150 0 0

31 START 150 0 0
31 END 0 100 0
109 START 100 0 0
145 END -100 0 0
120 START -100 0 0
122 START 100 0 0
139 START 0 100 0
111 END -55 0 0
145 START -55 0 0

*

*Definition of loadcase

*

LOAD 9 LOADTYPE None TITLE LIFTWEIGHT

*The selfweight $*1.537*F_{tot}$.

SELFWEIGHT Y -5.533 LIST 5 TO 7 11 15 17 TO 33 35 TO 37 40 TO 43 45 TO 49 -
52 TO 55 57 TO 61 63 TO 67 72 74 75 77 79 97 98 102 TO 106 108 TO 111 115 -
116 TO 117 119 TO 139

*

PERFORM ANALYSIS PRINT STATICS CHECK

*

*code check according to EC3 BS

PARAMETER 1

CODE EC3 BS

UNL 0 MEMB 141

*effective buckling-length for beam 141

GM0 1.15 MEMB 5 TO 7 11 15 17 TO 33 35 TO 37 40 TO 43 45 TO 49 52 TO 55 57 -
58 TO 61 63 TO 67 72 74 75 77 79 97 98 102 TO 106 108 TO 111 115 TO 117 119 -
120 TO 147

GM1 1.15 MEMB 5 TO 7 11 15 17 TO 33 35 TO 37 40 TO 43 45 TO 49 52 TO 55 57 -
58 TO 61 63 TO 67 72 74 75 77 79 97 98 102 TO 106 108 TO 111 115 TO 117 119 -
120 TO 147

GM2 1.3 MEMB 5 TO 7 11 15 17 TO 33 35 TO 37 40 TO 43 45 TO 49 52 TO 55 -
57 TO 61 63 TO 67 72 74 75 77 79 97 98 102 TO 106 108 TO 111 115 TO 117 119 -
120 TO 147

BEAM 3 MEMB 5 TO 7 11 15 17 TO 33 35 TO 37 40 TO 43 45 TO 49 52 TO 55 -
57 TO 61 63 TO 67 72 74 75 77 79 97 98 102 TO 106 108 TO 111 115 TO 117 119 -
120 TO 147

TRACK 2 MEMB 5 TO 7 11 15 17 TO 33 35 TO 37 40 TO 43 45 TO 49 52 TO 55 57 -
58 TO 61 63 TO 67 72 74 75 77 79 97 98 102 TO 106 108 TO 111 115 TO 117 119 -
120 TO 147

SGR 2 MEMB 5 TO 7 11 15 17 TO 33 35 TO 37 40 TO 43 45 TO 49 52 TO 55 -
57 TO 61 63 TO 67 72 74 75 77 79 97 98 102 TO 106 108 TO 111 115 TO 117 119 -
120 TO 147

*SGR 2 INDICATES S 355 GRADE STEEL

CHECK CODE MEMB 5 TO 7 11 15 17 TO 33 35 TO 37 40 TO 43 45 TO 49 52 TO 55 -
57 TO 61 63 TO 67 72 74 75 77 79 97 98 102 TO 106 108 TO 111 115 TO 117 119 -
120 TO 147

FINISH

Utnyttelsesgrad av bjelketverrsnitt, beam 129

Tuesday, May 03, 2011, 09:38 AM

STAAD SPACE

-- PAGE NO. 160

ALL UNITS ARE - KN MMS (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
129 ST	TUB2002008	(EUROPEAN SECTIONS)			
		PASS	EC-6.3.3	0.159	9
		50.09 C	415.57	19428.75	946.00

MATERIAL DATA

Grade of steel = S 355
 Modulus of elasticity = 205 kN/mm2
 Design Strength (py) = 355 N/mm2

SECTION PROPERTIES (units - cm)

Member Length = 94.60
 Gross Area = 61.10 Net Area = 61.10

	z-axis	y-axis
Moment of inertia	3740.000	3740.000
Plastic modulus	442.620	442.620
Elastic modulus	374.000	374.000
Shear Area	30.550	30.550
Radius of gyration	7.824	7.824
Effective Length	94.600	94.600

DESIGN DATA (units - kN,m) EUROCODE NO.3 /2005

Section Class : CLASS 1
 Squash Load : 2169.05
 Axial force/Squash load : 0.023

	z-axis	y-axis
Slenderness ratio (KL/r)	12.1	12.1
Compression Capacity	1971.9	1971.9
Tension Capacity	1886.1	1886.1
Moment Capacity	136.6	136.6
Reduced Moment Capacity	136.6	136.6
Shear Capacity	569.2	569.2

BUCKLING CALCULATIONS (units - kN,m)

Lateral Torsional Buckling Moment MB = 142.8
 co-efficients C1_K : C1 =1.132 K =1.0, Effective Length= 0.946

CRITICAL LOADS FOR EACH CLAUSE CHECK (units- kN,m):

CLAUSE	RATIO	LOAD	FX	VY	VZ	MZ	MY
EC-6.3.1.1	0.025	9	50.1	-0.8	0.2	19.4	0.4
EC-6.2.9.1	0.039	9	50.1	-0.8	0.2	19.4	0.4
EC-6.3.3	0.159	9	50.1	-0.8	0.2	19.4	0.4
EC-6.3.3.LTB	0.107	9	50.1	-0.8	0.2	19.4	0.4

Wednesday, May 04, 2011, 11:01 AM

STAAD SPACE

-- PAGE NO. 161

ALL UNITS ARE - KN MMS (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
--------	-------	---------------	----------------------	--------------	----------------------

EC 6.2.6 {v}	0.006	0	50.1	3.3	0.2 17.5 -0.2
--------------	-------	---	------	-----	---------------

Torsion and deflections have not been considered in the design.

Motstandsmoment () for sveisetverrsnitt mellom løfteøre og hovedstruktur. Skjermbilde fra Section.

Input

Project name: _____

Project: _____

Identification: _____

Section	b (mm)	h (mm)	Y (mm)	Z (mm)
<input type="radio"/> 1	150,0	8,0	0,0	-8,0
<input type="radio"/> 2	8,0	190,0	-8,0	0,0
<input type="radio"/> 3	150,0	8,0	0,0	190,0
<input checked="" type="radio"/> 4	8,0	190,0	150,0	0,0
<input type="radio"/> 5				
<input type="radio"/> 6				
<input type="radio"/> 7				
<input type="radio"/> 8				
<input type="radio"/> 9				
<input type="radio"/> 10				
<input type="radio"/> 11				
<input type="radio"/> 12				
<input type="radio"/> 13				
<input type="radio"/> 14				
<input type="radio"/> 15				
<input type="radio"/> 16				

Note: Y and Z is to the lower left corner of each section

Geometry (mm)

Show cursor information [{\$F6D86A7D04AF957.jpg}]

Output

Material: Steel Weight: 42,7 kg/m S = 1,360 m²/m (Perimeter area)

Distance to CoG: e_{yl} = 83,0 mm e_{zl} = 103,0 mm alpha = 0,0 deg

 e_{yp} = 83,0 mm e_{zp} = 103,1 mm

Area: A_x = 5,440E+3 mm² A_y = 2,400E+3 mm² A_z = 3,040E+3 mm²

Moment of Inertia: I_y = 3,268E+7 mm⁴ I_z = 2,349E+7 mm⁴ I_{yz} = 0,000E+0 mm⁴

 I₁ = 3,268E+7 mm⁴ I₂ = 2,349E+7 mm⁴

Radius of gyration: i_y = 7,751E+1 mm i_z = 6,571E+1 mm

Section Modulus: W_{eyt} = 3,173E+5 mm³ W_{ezl} = 2,830E+5 mm³

 W_{eyb} = 3,173E+5 mm³ W_{ezy} = 2,830E+5 mm³

 W_{py} = 3,820E+5 mm³ W_{pz} = 3,302E+5 mm³

St Venant Tors Const: I_x = 1,161E+5 mm⁴ (based on an open profile)

Note 1: W_{eyt}/W_{eyb} = top/bottom of profile and W_{ezy}/W_{ezy} = left/right of profile

Point	y (mm)	z (mm)	W _y (mm ³)	W _z (mm ³)
CP1	0,0	0,0	3,173E+5	2,830E+5
CP2	0,0	0,0	3,173E+5	2,830E+5
CP3	0,0	0,0	3,173E+5	2,830E+5

Tyngdepunkt (CoG) for modul basert på krefter i Y-retning, fra Staad Pro.

Wednesday, May 04, 2011, 12:36 PM

STAAD SPACE

-- PAGE NO. 13

***TOTAL REACTION LOAD (KN MMS) SUMMARY (LOADING 8)
 SUMMATION FORCE-X = 0.00
 SUMMATION FORCE-Y = 55.92
 SUMMATION FORCE-Z = 0.00

SUMMATION OF MOMENTS AROUND THE ORIGIN-
 MX= 81357.26 MY= 0.00 MZ= 178953.35

MAXIMUM DISPLACEMENTS (CM /RADIANS) (LOADING 8)
 MAXIMUMS AT NODE
 X = -5.37647E-03 22
 Y = -3.85051E-02 39
 Z = 1.09503E-02 22
 RX= -2.63076E-04 28
 RY= -2.48109E-05 1
 RZ= -2.10444E-04 39

STATIC LOAD/REACTION/EQUILIBRIUM SUMMARY FOR CASE NO. 9
 LOADTYPE NONE TITLE SELFWEIGHT

CENTER OF FORCE BASED ON X FORCES ONLY (MMS).
 (FORCES IN NON-GLOBAL DIRECTIONS WILL INVALIDATE RESULTS)

X = 0.3159786889E+04
 Y = 0.247615371E+04
 Z = -0.133368881E+04

CENTER OF FORCE BASED ON Y FORCES ONLY (MMS).
 (FORCES IN NON-GLOBAL DIRECTIONS WILL INVALIDATE RESULTS)

X = 0.307920569E+04
 Y = 0.406761389E+04
 Z = -0.133977511E+04

CENTER OF FORCE BASED ON Z FORCES ONLY (MMS).
 (FORCES IN NON-GLOBAL DIRECTIONS WILL INVALIDATE RESULTS)

X = 0.526748883E+04
 Y = 0.149299993E+04
 Z = -0.861405656E+03

***TOTAL APPLIED LOAD (KN MMS) SUMMARY (LOADING 9)
 SUMMATION FORCE-X = 0.00
 SUMMATION FORCE-Y = -118.63
 SUMMATION FORCE-Z = 0.00

SUMMATION OF MOMENTS AROUND THE ORIGIN-
 MX= -158338.50 MY= 0.00 MZ= -365300.81

Vedlegg H

Arbeidstegninger / Designtegninger for ventilplattformen

Tegningene ligger vedlagt i A3 format fra neste side.