



Høgskulen på Vestlandet

Bacheloroppgave Maskin

ING3039

Predefinert informasjon

Startdato:	05-12-2019 09:00	Termin:	2019 HØST
Sluttdato:	18-12-2019 14:00	Vurderingsform:	Norsk 6-trinns skala (A-F)
Eksamensform:	Bacheloroppgave med muntlig presentasjon/eksaminasjon		
SIS-kode:	203 ING3039 1 PRO-1 2019 HØST Haugesund		
Intern sensor:	(Anonymisert)		

Deltaker

Kandidatnr.: 208

Informasjon fra deltaker

Tittel *: Design og strukturanalyse av tilkomstplattform for mann over bord båt

Engelsk tittel *: Design and structural analysis of Access Platform for Man Overboard Boat

Egenerklæring *: Ja **Inneholder besvarelsen Nei**
konfidensiell materiale?:

Jeg bekrefter at jeg har Ja
registrert oppgavetittelen
på norsk og engelsk i
StudentWeb og vet at
denne vil stå på
vitnemålet mitt *:

Gruppe

Gruppenavn: (Anonymisert)

Gruppenummer: 1

Andre medlemmer i gruppen: Deltakeren har innlevert i en enkeltmannsgruppe

Jeg godkjenner avtalen om publisering av bacheloroppgaven min *

Ja

Er bacheloroppgaven skrevet som del av et større forskningsprosjekt ved HVL? *

Nei

Er bacheloroppgaven skrevet ved bedrift/virksomhet i næringsliv eller offentlig sektor? *

Ja, Aibel



Høgskulen
på Vestlandet

BACHELOROPPGAVE

Design og strukturanalyse av
tilkomstplattform for mann over bord båt

Design and structural analysis of Access
Platform for Man Overboard Boat

Yngve Klovning

Maskiningeniør, marin konstruksjonsteknikk
Høgskulen på Vestlandet – Ingeniørfag
18.12.2019

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1.

BACHELOROPPGAVE

Studenten(e)s navn: Yngve Klovning

Linje & studieretning Maskiningeniør, Marin Konstruksjonsteknikk

Oppgavens tittel: *Design og strukturanalyse av tilkomstplattform for mann over bord båt*

Oppgavetekst:

Oppgaven tar for seg konstruksjon av tilkomstplattform i stål montert på lagerskipet Njord Bravo, FSU. Plattformen skal utformes for opplagring av davit med påmontert «mann over bord» (MOB) båt og tilhørende utstyr. Tilkomstplattformen skal dimensjoneres for laster fra davit/MOB båt samt aktuelle nyttelaster. I tillegg skal det tas hensyn til miljølaster som følge av vind, bølger og skipets akselerasjoner.

Tilkomstplattformen skal være konstruert i henhold til DNVGLs regelverk for offshore skip, samt Eurokode 3 for dimensjonering av stålkonstruksjoner.

Det skal vektlegges fabrikkasjonsvennlige løsninger i utforming av stålstrukturen. Analysen av strukturen skal baseres på bruk av FEA analyseverktøyet Genie fra DNVGL. I tillegg skal det lages 2D/3D tegninger/skisser av plattformen med konstruktive detaljer ved hjelp av DAK verktøy.

Det skal også presenteres knutepunktsberegninger/håndberegninger av typiske sveiste knutepunkt i tillegg til resultatene fra analysen.

Endelig oppgave gitt: 23.10.2019

Innleveringsfrist: Onsdag 18. desember 2019 kl. 12.00

Intern veileder: Ståle Bright Pettersen

Ekstern veileder: Jon Ersland - Aibel AS

jon.ersland@aibel.com

Godkjent av studieansvarlig:

Dato:

6/11-19

Jens Chr. Landa

Oppgavens tittel Design og strukturanalyse av tilkomstplattform for mann over bord båt		Rapportnummer
Utført av Yngve Klovning		
Linje Maskin, Marin konstruksjonsteknikk		Studieretning Ingeniør
Gradering Åpen	Innlevert dato 18.12.2019	Veiledere Ståle Bright Pettersen – HVL Jon Ersland - Aibel

Ekstrakt

I denne bacheloroppgaven ble det designet en tilkomstplattform for mann over bord båt.

Tilkomstplattformen skal stå hevet over dekk, for lettere tilgang på dekk. Dette krever at strukturen er konstruert slik at den motstår lastene fra davit, båt, mannskap og utstyr samt miljølaste fra vind og skipsaksellerasjoner.

Tilkomstplattformen er utviklet etter NORSOK standarder og DNVGLs regelverk for offshore strukturer. Det er utført strukturanalyser ved hjelp av håndberegninger og strukturanalyseverktøy for dimensjoneringen. Valg av dimensjoner på bjelker og søyler samt utforming av knutepunkt er basert på utførte spennings- og deformasjonsanalyser. Valg av profiler og utforming av knutepunkt er også gjort med tanke på å gjøre konstruksjonen fabrikkasjonsvennlig og forenkle vedlikehold.

Prosjektet ble gjennomført i samarbeid med Aibel AS.

Forord

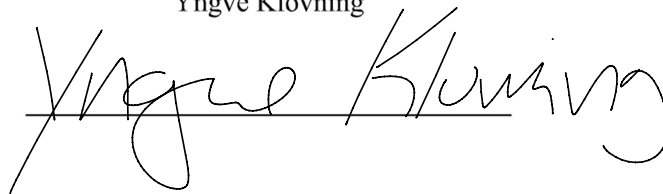
Avslutningsvis i min treårige maskiningeniørutdanning skal det utføres en obligatorisk bacheloroppgave. Denne består av en skriftlig rapport, plakat, et produkt og en muntlig presentasjon som gir 20 studiepoeng. Hensikten med oppgaven er å vise hva man har lært igjennom utdanningen. Ved å bruke kunnskapen man har jobbet seg opp innen flere fagområder og bruke dette for å løse oppgaven på en hensiktsmessig og faglig måte.

Jeg har i samarbeid med Aibel AS i Haugesund designet en tilkomstplattform for adgang til MOB båt. Her har jeg hatt tilgang på kontorplass, datautstyr og på nødvendig software i mitt arbeid. Denne oppgaven gir en komplett beskrivelse av hva jeg har gjort og kommet frem til. Det har vært nyttig med fagkunnskap fra fag som statikk og fasthetslære, maskinkonstruksjon og materiallære. I utviklingsfasen og under design har jeg brukt dataprogrammene DNV-GL: Sesam GeniE, Microstation, Section, Colbeam, SmartScetch, MathCad for å utføre beregninger, analyse, illustrasjoner og tilvirke tegninger.

Jeg har hatt god veiledning og oppfølging gjennom prosjektet, og ønsker derfor å takke følgende:

Jon Ersland – Ekstern Veileder
Ståle Bright Pettersen – Intern Veileder
Lorna Abaday – Dataverktøy, beregning- og analysestøtte
Farshad Mohammadi – Veiledende hjelp

Yngve Klovning

A handwritten signature in black ink, reading 'Yngve Klovning', written over a horizontal line.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	i
Forkortelser og symbolforklaringer	vi
Sammendrag	ix
Summary	x
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Målsetting	1
1.3 Begrensninger	1
1.4 Løsningsprosess	1
1.5 utfordringer	2
1.6 Programmer	2
1.6.1 DNVGL Genie.....	3
1.6.2 MathCad	3
1.6.3 Microstation.....	3
2 Teori	4
2.1 MOB båt	4
2.2 Davit.....	5
2.3 MOB tilkomstsplattform.....	6
2.4 Elementmetoden	6
3 Regelverk.....	8
3.1 DNVGL-OS-C101 Design of offshore steel structures, general - LRFD method	8
3.2 DNVGL-OS-C102 Structural design of offshore ships	8
3.3 DNV-RP-C205 Environmental Conditions and Environmental Loads	9
3.4 NORSOK N-003:2017 Actions and action effects	9
3.5 NORSOK S-001:2018 Technical safety	9
3.6 Forskrift om redningsredskaper på skip.....	9
3.7 IACS No. 47 Shipbuilding and Repair Quality Standard	9
3.8 NS-EN1993-1-8 Design of Steel Structures: Design of Joints	9
4 Design Basis.....	10
4.1 Materialer.....	10
4.2 Design.....	10
4.2.1 Vektoptimalisering	10
4.2.2 Sveis	10
4.2.3 Overflatebehandling	10
4.3 Tillatt spenninger	10
4.4 Innskuddsplater	11

5	Krav.....	12
5.1	Krav til tilkomstplattform	12
5.1.1	Plassering.....	12
5.1.2	Utførelse	13
5.1.3	Toleranser	14
5.1.4	Geometri	14
5.2	Løsninger	15
6	Oppsummering av analyseresultater og håndberegninger.....	22
6.1	ULS.....	22
6.2	Lasttilfeller og lastkombinasjoner	22
6.3	Lastkondisjoner, ballast eller full last	23
6.4	Oppsummerende tabeller fra håndberegninger.....	23
6.5	Beregninger utført i MathCad.....	24
7	Strukturanalyse	52
7.1	Modell.....	52
7.2	Bjelke modul	53
7.3	Laster	54
7.3.1	Utstyrlaster	54
7.3.2	Nyttelaster.....	55
7.3.3	Skipsaksellerasjoner	56
7.3.4	Vindlaster	57
7.3.5	Islaster.....	59
7.3.6	Operasjonslaster fra Davit	60
7.3.7	Oppsummering av håndberegninger.....	61
7.4	Lastkombinasjoner	62
7.5	Resultater fra analyse.....	64
7.5.1	Spenninger og deformasjoner	65
7.5.2	Resultater fra kode-sjekk	65
8	Håndberegninger av knutepunktsdetaljer	69
9	Avsluttende sammendrag	74
10	Konklusjon	75
	Referanser	I
	Vedleggliste	II

Figurliste

Figur 1 Mare GTC 900-2VD	4
Figur 2 Mare GTC 900-2VD Løftesituasjon, båten er balansert i tyngdepunktet.....	5
Figur 3 Vestdavit PLR-7000 [6].....	6
Figur 4 Vestdavit PLR-7000 under operasjon og bevegelse av løftearm [6].....	6
Figur 5 Kompleks geometri, påført «Mesh» som deler opp i mindre, enklere geometrier [7]	7
Figur 6 Innskuddsplate innfestet i tverrsnittet av HEB300 profil	11
Figur 7 Oversiktsbilde, Njord Bravo FSU.....	12
Figur 8 Område for MOB båt tilkomstplattform, Njord Bravo FSU	12
Figur 9 IPE300 Figur 10 HEB300	13
Figur 11 SHS 200x10	13
Figur 12 Offset mellom plater mot dekk og avstivning under skipsdekk [10] – Table 7.1.	14
Figur 13 Plassering/avstand mellom fotpunkt for plattformen ned på skipets dekk	14
Figur 14 Geometri av tilkomstplattform sett fra siden, uten diagonale stag	15
Figur 15 Geometri av tilkomstplattform sett ovenfra med plassering og innfesting av davit	15
Figur 16 Innfesting til skipsdekk med kneplate og stiver i dekk.....	16
Figur 17 Tilkomstplattformen sett fra siden.....	17
Figur 18 Diagonale stag er flyttet slik at de møter senterlinjer for søyler.....	17
Figur 19 Første forslag til utforming av plattformdekk.....	18
Figur 20 Bjelkekonfigurasjon endret for understøttelse av davit, og kortere kneklengder	18
Figur 21 Knutepunkt i ytterste ende av plattformen, der staget går ned	19
Figur 22 Knutepunkt av søyler uten stag.....	19
Figur 23 Tverrskipsdiagonal.....	20
Figur 24 Detaljtegning av fotpunkt sett bakover på skipet.....	20
Figur 25 Fotpunkter for davit tegnet inn på plattformdekket	21
Figur 26 Lastfaktorer [9] (4.4 Load factors for ULS)	22
Figur 27 Modell fra DNVGL Genie	52
Figur 28 Illustrasjon fra Genie av utstyrsvekker og plassering.....	53
Figur 29 De ulike bjelkeprofiler fargekodet.....	53
Figur 30 Utstyrlaster, MOB og Davit påført som punktlaster.....	55
Figur 31 Nyttelaster, ekskludert område for davit.....	56
Figur 32 Faktorisering av kombinasjoner av vindlaster	57
Figur 33 Vindlaster langskips (positiv x-retning).....	58
Figur 34 Vindlaster tverrskips (positiv y-retning).....	58
Figur 35 Islaster påført som linjelaster	59
Figur 36 Islast for plattformdekket er lagt inn som equipment load, jevnt fordelt over dekkarealet.....	60
Figur 37 Reaksjoner på fotpunkter fra produsent, Vestdavit [6].....	60
Figur 38 Operasjonslaster fra davit	61
Figur 39 Ekstrakt av lastkombinasjoner fra Genie	62
Figur 40 Ekstrakt av lasttilfeller i listeform fra Genie	62
Figur 41 Total utnyttelsesfaktor for de elementer med høyeste utnyttelse.....	64
Figur 42 Bjelkemedlemmer Bm37 og Bm38 markert	64
Figur 43 Ekstrakt fra Genie med UfTot sortert synkende	65
Figur 44 Bestemmelse av type kodesjekk, Eurokode 3 og partiellfaktorer 1.15.....	65
Figur 45 Oppsett av hvordan kodesjekken analyserer strukturen og bjelkeelementer	66
Figur 46 Bestemmelse av effektiv lengdefaktor for kneklengder	67

Figur 47 Konstruksjonselementer oppsummert i tabell 11 illustreres.....	68
-------------------------------------------------------------------------	----

Tabelliste

Tabell 1 Forkortelser	vi
Tabell 2 Symboler med definisjon og enhet.....	viii
Tabell 3 Regelverk	8
Tabell 4 Totallengder for de ulike profiler	23
Tabell 5 Egenvekt av profiler	23
Tabell 6 Islaster	24
Tabell 7 Vindlaster	24
Tabell 8 Målte data for skipsakselersjoner.....	56
Tabell 9 Oppgitte skipsakselersjoner for design.....	56
Tabell 10 Lastefaktorer for ULS – a og ULS – b.....	63
Tabell 11 Oppsummering av kritiske punkt	67

Forkortelser og symbolforklaringer

Forkortelse	Definisjon
MOB	Mann Over Bord
FSU	Floating Storage Unit
DAK	Dataassistert Konstruksjon
FEM	Finite Element Method
DNVGL	Fusjon mellom Det Norske Veritas og Germanischer Lloyd
NS	Norsk Standard
EN	European Norm
ULS	Ultimate Limit State
LRFD	Load and resistance Factor Design
CoG	Centre of Gravity
UF	Usage Factor
UfTot	Usage factor total
SWL	Safe working load
AHC	Active heave compensation

Tabell 1 Forkortelser

Symbol	Definisjon	Enhet
ρ	Tetthet	Kg/m^3
g	Tyngdeakselerasjon	m/s^2
A	Areal	m^2
m	Masse	Kg
F	Kraft	N
B/b	Bredde	m
f	Kraft	N
U	Vindhastighet	m/s
H	Høyde	m
z	Høyde over havflaten	m
T	Tid	<i>minutt</i>
C	Koeffisient	
I	Interaksjonsfaktor	
q	Grunnleggende Vindtrykk	Pa
p	Vindtrykk	Pa
K	Koeffisient	
α	Vinkel	<i>grader</i>
R/r	Radius	mm
C_s	Formkoeffisient	
S	Projisert areal	m^2
L	Lengde	m
s	Stegtykkelse	mm
t	Tykkelse	mm
\emptyset	Diameter	mm
x	Avstand	m
V	Volum	m^3
M	Moment	Nm
B	Korrelasjonsfaktor	
γ	Partialfaktor	

a	a-mål på sveis	mm
σ	Kapasitet	MPa
τ	Skjærspenninger	MPa
UF	Utnyttelsesfaktor	

Tabell 2 Symboler med definisjon og enhet

Sammendrag

Lagerskipet Njord Bravo, FSU (Floating Storage Unit) har vært i operativ drift i 20 år på feltet Njord, nordvest for Trondheim. Det skal nå oppgraderes og vedlikeholdes for 20 nye år på feltet. Forberedelsene for dette innebærer at løsningen for MOB båt skal fornyes. Det skal installeres en ny, større MOB båt, ny davit samt en ny tilkomstplattform for MOB båt og davit. Plattformen skal være plassert på babord side, i umiddelbar nærhet til kranen på skipet.

Det ble gitt en oppgave fra Aibel om å lage forslag til konstruktiv utforming og dimensjonere en tilkomstplattform med areal L x B 11.2 m x 5.6 m. Tilkomstplattformen skal være løftet 5.24 m opp fra hoveddekket på lagerskipet. Plattformen skal være dimensjonert for MOB båt, davit og miljølaste.

Innledningsvis ble det hentet inn ulike type informasjon om systemet, og hvordan de ulike delsystemene fungerer. Det ble sett på eksisterende løsninger for å forstå problemstillingen. Det ble så skissert ulike utkast for løsning, og med innspill fra ekstern veileder ble endelig design valgt. Designet har gjennomgått enkle justeringer for å forsterke konstruksjonen.

Det ble tidlig bestemt at stål av typen NV-36 skulle brukes for konstruksjonen. Fabrikasjonsvennlighet har også vært viktig i designet, noe som betyr at valg av profiler må være evaluert og gjennomtenkt. Konstruksjonen ble så modellert i programmet DNVGL Genie. Her er det enkelt å visualisere og gjøre endringer. De kalkulerte lastene legges inn i programmet, påføres konstruksjonen og deretter utføres FEM analyser av konstruksjonen. FEM analysene fra Genie ble utnyttet i analysen av spenninger og deformasjoner i plattformen.

Rapporten presenterer forslag til tilkomstplattform som vil møte kravene for bruk av MOB båt om bord på Njord Bravo.

Summary

The floating storage unit, Njord Bravo have been operating for 20 years on the Njord field. It is now to be upgraded and refurbished for 20 new years on the field. To prepare for this the MOB boat solution shall be renewed. There will be installed a new, larger MOB boat, new davit as well as a new elevated access platform for the MOB boat and davit. The platform is positioned on the port side, immediately in front of the offshore crane.

There were given a task from Aibel to come up with a proposal for structural design of an access platform with area L x W 11.2 m x 5.6 m. The access platform shall be raised 5.24 m up from the main deck of the storage vessel. The platform is to be dimensioned for the MOB boat, davit and environmental loads.

Initially there were gathered different information about the system, and how the different subsystems work. Existing solutions were reviewed to understand the different issues related to an access platform for MOB boat. Different drafts for the solution were sketched, and with input from the external supervisor the final design was set. The design has been through simple adjustments to reinforce the construction.

Early on, it was decided that steel of the type NV-36 was to be used in the construction. Manufacturability have been important for the design, which means choice of profiles have to be evaluated and well thought out. The construction was analyzed in the program DNVGL Genie. It is easy to visualize and make changes in this program. The calculated loads are given as input in the program, applied to the structure and then FEM analyzes of the construction are performed. The FEM analyzes from Genie were utilized in the analysis of the stress and deformations of the platform.

The report presents a proposal for an access platform that will meet the requirements for use of MOB boat onboard the Njord Bravo vessel.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Sikkerhet er svært viktig i offshoreindustrien. Det er utviklet en rekke systemer som skal sørge for at mannskap som arbeider i denne industrien skal kunne arbeide sikkert. MOB båt er ett veletablert sikkerhetssystem som sørger for at man har mulighet å redde personer i nød og hente opp mannskap som er falt i sjøen. Det skal derfor være enkel tilgang til MOB båten, og ett system for å hurtig kunne sette denne ut. Tilkomstplattformen er designet for å kunne imøtekomme dette, ved å gi enkel adgang inn til båten og styresystem for davit, samtidig som den sørger for at mannskapet kan oppholde seg trygt på tilkomstplattformen [1].

1.2 Målsetting

Formålet med oppgaven er å konstruere en tilkomstplattform for davit og MOB båt. Konstruksjonen skal dimensjoneres for å motstå lastene fra davit, MOB båt, utstyr og miljølast. Den skal samtidig være konstruert med tanke på fabrikkasjonsvennlige løsninger. Det skal utføres analyse av konstruksjonen som sørger for at den er dimensjonert i henhold til regler og standarder for offshore strukturer og stålkonstruksjoner på skip.

1.3 Begrensninger

Begrensningene i oppgaven er gitt i samarbeid med den eksterne veilederen hos Aibel. Det har vært fokus på utformingen av hovedstrukturen, bjelkekonfigurasjon, dimensjoner og søyler for understøttelse av knutepunkt.

Miljølast fra vind, skipsaksellerasjoner og is er inkludert. Behovet for å avgrense omfanget av analysearbeidet har gjort at grønn sjø laster er utelatt fra analysen. Grønn sjø laster er ulykkeslaster som i noen tilfeller vil kunne være dimensjonerende for enkelte strukturelementer. Sekundærstrukturer som trapper, grating/plater, rekkverk o.l. omfattes ikke av oppgaven.

1.4 Løsningsprosess

Det startet med at det ble satt opp ett møte med Aibel i Haugesund hvor det ble diskutert hva oppgaven gikk ut på og muligheter. Veileder Jon Ersland og Oddgeir Eilerås hos Aibel utarbeidet en oppgave hvor hensikt med oppgaven, designkriterier og aktuelle regelverk ble skissert. Dimensjoneringskriterier, geometri, fysikk og regelverk ble gjennomgått. Jeg fikk anledning til å sette meg inn i en ny problemstilling som er ulik de oppgaver jeg har jobbet med tidligere.

For å få en oversikt studerte jeg de ulike delene som tilkomstplattformen skal designes for. Jeg så på hvordan samvirket mellom MOB båt og davit fungerer. Aibel utformet en «design basis» som er ett skriv som tar for seg krav og mål for konstruksjonen, med blant annet krav til geometri og dimensjonering. Jeg kartla området tilkomstplattformen skulle være plassert på om bord på Njord Bravo. Det ble så skissert i flere omganger for å komme

frem til en løsning som kunne fungere i henhold til krav til størrelse og høyde på plattformen. Med utgangspunkt i fastsatt geometri og design basis ble konstruksjonen utformet. Plasseringen av fotpunkter/supports var gitt med antall og avstand. Konstruksjonen hadde behov for små justeringer for å forsterke den ytterligere, på anbefaling fra ekstern veileder. Det ble innført skråstag langskips og tverrskips mellom de vertikale søylene for å stive av ytterligere, se figur 17.

Det ble så nødvendig å ta for seg funksjonskrav for konstruksjonen. Innfesting av davit ble bestemt til å plasseres sentralt, for å gi mest rom rundt davit og MOB båt. Det ble så sjekket at resterende plattformareal rundt MOB båt og davit er tilstrekkelig for tilkomst til båten. I tillegg er det behov for nødvendig plass til styrekonsoll for davit samt påmontert trapp og rømningsvei i form av stige. Dette er utrustningsdetaljer som ikke er behandlet videre i oppgaven.

Tilkomstplattformen ble utformet i dataverktøyet Microstation, etter kravene i design basis. Her med bestemt målsetting og plassering av davit og MOB båt i senter av plattformen. Tilkomstplattformen er plassert mot babord side av skipet etter funksjonskrav. Deretter ble grensebetingelser og de ulike lastene som skulle påføres konstruksjonen identifisert og kalkulert i henhold til gjeldende regelverk. Til slutt ble de kalkulerte lastene lagt inn i Genie og påført konstruksjonen i ulike lasttilfeller og totalt 32 lastekombinasjoner. Det ble så utført analyse i det samme programmet Genie, hvor de ulike lastene og lastkombinasjoner blir evaluert. Resultatene ble så kontrollert opp mot regelverk og beregninger. Modellen ble så modifisert for forbedring ut fra resultatet av den innledende analysen. Nye analyser og kontroll av analyseresultatene ble utført inntil alle elementer i modellen tilfredsstilte kravene til maksimum utnyttelse med hensyn på spenninger, deformasjoner og stabilitet. Den endelige analysen er basis for håndberegningene av kritiske knutepunkt for å påvise at disse sveiste forbindelsene er i henhold til gitte krav i regelverk [2]. Avslutningsvis ble tegninger av tilkomstplattformen utformet, med detaljer av knutepunkt. Knutepunktene kontrolleres ved å utføre håndberegninger av de sveiste forbindelsene.

1.5 utfordringer

Utfordringen i denne oppgaven er å sørge for at de ulike lastene og påfølgende lastekombinasjoner er riktig påført analysemodellen og at resultatene blir riktige. Samtidig skal det legges vekt på å utforme en fabrikkasjonsvennlig konstruksjon. Dette innebærer at det blant annet må være tilstrekkelig avstand mellom bjelkene for nødvendig tilkomst for sveising, overflatebehandling og fremtidig vedlikehold.

I tillegg er analyseverktøyet Genie nytt for meg, og det ble derfor nødvendig å jobbe seg opp tilstrekkelig kunnskap og forståelse i dette verktøyet tidlig i arbeidet. Dette ble gjort ved å arbeide gjennom et antall øvinger på egenhånd samtidig som jeg fikk assistanse fra personer hos Aibel underveis. Jeg har heller aldri anvendt MathCad eller Microstation, så også her måtte programmene læres på egenhånd. Det ble presentert eksempler fra Aibel på hvordan dette programmet vanligvis blir anvendt.

1.6 Programmer

For å utføre denne oppgaven var det nødvendig å anvende disse programmene som er vanlige i offshore industrien i Norge. Det ble derfor brukt tid på disse i tillegg til arbeidet

med bacheloroppgaven. Dette fordi det ble ansett at bruken av programmene kunne være til stor hjelp og at det ville være hensiktsmessig å bruke tid på å lære dem. Da det var mulighet for å få støtte underveis, og at når konstruksjonen først var modellert ville det være kort vei for å få analysert modellen riktig.

1.6.1 DNVGL Genie

Programmet Genie er en del av DNVGLs SESAM pakke, som er ett av de mest vanlige analyseprogrammene i norsk offshoreindustri. Teorien Genie baseres på er elementmetoden, den ligger til grunn for alle kalkuleringer og analyser man foretar i programmet. Det kommer en kort beskrivelse av elementmetoden i neste kapittel.

1.6.2 MathCad

MathCad er et vanlig program for presentasjon av håndberegninger i offshoreprosjekter. Det er oversiktlig og det innehar automatisering, som gjør at man får effektivisert beregningene og satt dem opp på en oversiktlig måte med enheter.

1.6.3 Microstation

Microstation er et DAK program for tegning av både 2D og 3D modeller. Det ligger svært mange nyttige verktøy i dette programmet, og utforming av tegninger i rapporten har i hovedsak blitt laget ved hjelp av Microstation.

2 Teori

Dette kapittelet vil ta for seg en del av teorien for de ulike systemene inkludert tilkomstplattformen samt elementmetoden. Det vil bli gitt en kort innføring i hva en MOB båt og en davit er og hvordan de fungerer.

2.1 MOB båt

Det har lenge vært behov for å kunne ivareta sikkerheten på en god måte på skip og i offshoreindustrien. Om det skulle oppstå uforutsette hendelser eller ulykker skal man være rustet for å kunne håndtere disse. I situasjoner der personell havner over bord og i sjøen, må man ha en løsning for å kunne hente opp personellet. I andre situasjoner der personell blir nødt til å forlate skip eller offshorefarkost må man sørge for at dette også kan løses forsvarlig. Det er nettopp for slike tilfeller mann over bord båt har blitt utviklet og har etterhvert etablert seg i skips- og offshoreindustrien. MOB båten er utviklet for å enkelt kunne ta folk om bord fra sjøen. Båten er også utformet for bruk i tøffe værforhold med høye bølger og vind. Båten løftes via ett kraftig løfteøye som er plassert i tyngdepunktet (CoG - Centre of Gravity) for båten. Den skal kunne komme seg hurtig frem, og det stilles krav om at MOB båten skal kunne settes ut og hentes opp i 6 meter signifikant bølgehøyde [3].

Båtmodellen som skal plasseres på tilkomstplattformen er av typen Mare GTC 900-2VD. Båten er nesten 9 meter lang, 3,3 meter bred og veier i underkant av 3,5 tonn fullt utstyrt og tanket. Den er bygget for å brukes i ekstreme værforhold, med en lastekapasitet på over 2 tonn kan den frakte 10 mennesker inkludert mannskap. Skroget er bygget i aluminium og den har 2 motorer som driver to vannjeter, en på hver side [4].



Figur 1 Mare GTC 900-2VD



Figur 2 Mare GTC 900-2VD Løftesituasjon, båten er balansert i tyngdepunktet

Bilder med tillatelse fra produsent: Mare v. T. Teigene

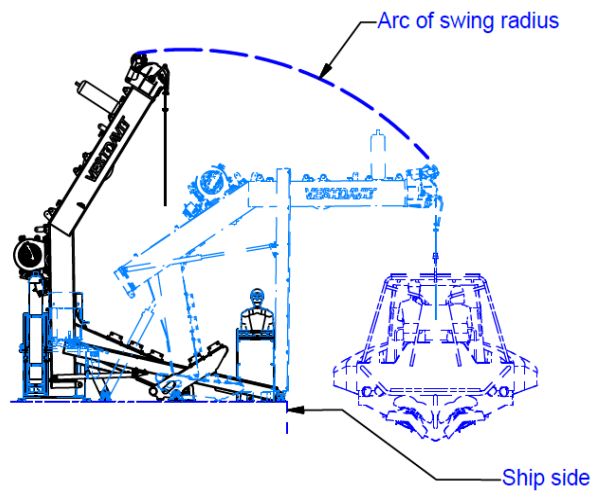
2.2 Davit

En davit er enkelt forklart en kran. Den er imidlertid mye mindre enn konvensjonelle kraner, og er derfor spesialtilpasset til mindre løfteoperasjoner. Den fungerer også på en litt annen måte, da den kjører ut løftearmen under løft. Dette gjør at man får kjørt utstyret ut fra daviten før det senkes eller heves. Derfor anvendes disse nær skipssiden, nettopp for å kunne løfte ut fra skipet.

Daviten som skal anvendes på tilkomstplattformen er av typen Vestdavit PLR-7000 og skal håndtere utsetting og oppløfting av MOB båten. Denne typen davit er laget av en ramme utformet som en A, som fører en ettpunkts wire i toppen av rammen. Daviten er kompakt, som gjør den ideell for bruk i løfteoperasjoner for MOB båt. Den har en SWL (Safe working load) på 5 tonn og kommer med egne «Shock Absorbers» fra Vestdavit som skal forhindre rykk og napp i løftet. Den har også støtteelementer for kjølen av MOB båten, slik at båten kan ligge opplagret i daviten når den ikke er i bruk. Den opereres vha. hydraulikk og det er også påmontert en blæreakkumulator for lagring av energi og absorbering av hydrauliske sjokk. Daviten kan installeres med system for bølgekompensering (AHC – active heave compensation) om ønskelig [5].



Figur 3 Vestdavit PLR-7000 [6]



Figur 4 Vestdavit PLR-7000 under operasjon og bevegelse av løftearm [6]

2.3 MOB tilkomstsplattform

For å kunne ta i bruk MOB båt trenger denne å løftes i sjøen. Denne løfteoperasjonen skjer vha. daviten montert på tilkomstplattformen. Når MOB båten ikke er i bruk, må den oppbevares på en forsvarlig måte på skipet eller farkosten den er tilknyttet. Det er dette tilkomstplattformen er utviklet for å håndtere. Den skal være stor nok til å oppbevare både MOB båt og davit. Samtidig skal den kunne gi enkel tilgang for personell til å kunne ta seg inn på plattformen for ombordstigning av MOB båt og for å få med seg eventuelt utstyr. Det skal også være rom på plattformen for styreenhet og utstyr til davit, samt operatør for å styre davit for utsetting og innhenting av MOB båt. Tilkomstplattformen er designet for å stå hevet, omtrentlig 5 meter over båtens dekk. Dette for å gi lettere adgang for personell, samtidig som man får mer lagringsplass på dekk.

2.4 Elementmetoden

Elementmetoden (FEM - Finite Element Method) brukt for strukturell analyse ble utviklet på 1950 og 1960 tallet av forskere. Metoden baserer seg på teorier og matematiske betraktninger som strekker seg over 100 år tilbake. FEM er en numerisk metode for å tilnærme seg fysiske problem gjennom ett sett forenklede matematiske ligninger. Disse fysiske problemene kan være strukturelle (statiske, dynamiske), termiske, elektromagnetiske eller væskestrøm. Slike problem er styrt av differensialligninger.

Generelt sett kan man forklare fremgangsmåten for metoden ved:

1. Først finner man en matematisk forklaring av det fysiske problemet, ved å anvende fysiske lover f.eks. Hooke's Lov, bevaring av energi etc.
2. Ved å ta i bruk numerisk analyse, tilnærmer man seg en løsning i gitte punkter og tid.

3. Man deler opp systemet i mindre deler, kalt elementer.
4. Finner ut hvordan løsningen varierer for hvert element
5. Løser problemet for noen gitte punkter i elementet
6. Kombinerer resultatene fra elementene til et globalt resultat

Bruk av metoden kan eksempelvis være når en ønsker å forklare komplekse geometrier med matematiske uttrykk. Enkle geometrier kan med relativ høy nøyaktighet forklares med enkle matematiske uttrykk. Komplekse geometrier klarer man ikke å definere med enkle matematiske uttrykk. Men dersom man deler den komplekse geometrien inn i mindre elementer, med enklere geometri klarer man det [7].



Figur 5 Kompleks geometri, påført «Mesh» som deler opp i mindre, enklere geometrier [7]

Utviklingen av datamaskiner på 70 tallet revolusjonerte muligheten for å analysere kompliserte geometriske konstruksjoner med sammensatt lastbilde ved hjelp av elementmetoden. Eksempler på dette er Condeep plattformene i Nordsjøen. Uten elementmetoden hadde ikke disse vært mulige å bygge.

3 Regelverk

I dette kapittel inngår de regelverk som er benyttet i oppgaven, og som er relevante for utforming av stålkonstruksjoner på offshore skip. Regelverk representerer minstekrav, og er fastsatt av myndighetene.

Dokument	Beskrivelse
DNVGL-OS-C101:2019	Design of offshore steel structures, general - LRFD method
DNVGL-OS-C102:2015	Structural design of offshore ships
DNV-RP-C205:2014	Environmental Conditions and Environmental Loads
NORSOK N-003:2017	Actions and action effects
NORSOK S-001:2018	Technical safety
Forskrift om redningsredskaper på skip	Forskrift for ulike skip og krav til redningsredskaper
IACS No. 47	Shipbuilding and Repair Quality Standard
NS-EN1993-1-8	Design of Steel Structures: Design of Joints

Tabell 3 Regelverk

3.1 DNVGL-OS-C101 Design of offshore steel structures, general - LRFD method

Denne standarden er en del av DNVGLs regelverk for offshore stålkonstruksjoner. Den inneholder tekniske krav, prinsipper og retningslinjer for klassifisering av offshore strukturer. Standarden er brukt i forbindelse med dimensjoneringen av tilkomstplattformen, og gir lastefaktorene brukt i analysen.

3.2 DNVGL-OS-C102 Structural design of offshore ships

Standarden omfatter bestemmelser som gjelder flytende produksjon og/eller lagringsenheter (FSU/FPSU). Utstyr og konstruksjoner som skal stå topside er omfattet av denne standarden. Den er brukt i forbindelse med beregninger av laster og sveiser.

3.3 DNV-RP-C205 Environmental Conditions and Environmental Loads

DNV-RP skiller seg fra standardene, ved at den er anbefalt praksis. Den gir veiledning for modellering, analyse og prediksjon av miljøforhold. Den gir også veiledning for beregning av miljølaste som virker på konstruksjoner. Praksisen er brukt i forbindelse med beregning av miljølastene.

3.4 NORSOK N-003:2017 Actions and action effects

Denne NORSOK standarden spesifiserer generelle prinsipper og retningslinjer for bestemmelse av karakteristiske handlinger og handlingseffekter for design, vurdering og verifisering av strukturer. Standarden er brukt i forbindelse med beregninger av islaste.

3.5 NORSOK S-001:2018 Technical safety

Standarden beskriver prinsipper og krav for sikkerhet, sikkerhetsdesign og teknisk sikkerhet for offshore installasjoner. Standarden er brukt i forbindelse med krav til MOB båt.

3.6 Forskrift om redningsredskaper på skip

Dette er en forskrift innlemmet i Norges lovverk som gir bestemmelser for norske skip og deres redningsredskaper. Forskriften er brukt i forbindelse med beskrivelse og krav til MOB båt.

3.7 IACS No. 47 Shipbuilding and Repair Quality Standard

Dette er en standard som angir regelverk for skipsbygging og arbeidet under nye konstruksjoner eller reparasjoner. Det sikrer at skipet er bygget etter en gitt standard og kan dermed forsikres. Standarden er brukt i forbindelse med toleranser for innfesting mot skipsdekk.

3.8 NS-EN1993-1-8 Design of Steel Structures: Design of Joints

Denne standarden beskriver design av stålkonstruksjoner, med hensyn på knutepunkt, utforming og bestemmelser av sveiste forbindelser. Standarden er brukt i forbindelse med kodesjekk og sveiseberegninger.

4 Design Basis

4.1 Materialer

Valg av materialer styres av en evaluering av ulike faktorer. Det kan være tilgjengelighet, pris, styrke, korrosjonsbestandighet og vekt. De fleste stålkonstruksjoner i offshoreindustrien og på skip er laget i konstruksjonsstål av typen S355, eller NV-36 som er betegnelsen i DNVGL regelverket. Etersom tilkomstplattformen er en konstruksjon som skal stå ute på dekk, og være en bærende konstruksjon, er nok de viktigste faktorene allikevel styrke og levetid. Korrosjon vil være en faktor, men dekkes i de fleste tilfeller av overflatebehandling. Det skal også tas i betraktning at det er ønskelig å fokusere på fabrikkasjonsvennlighet. For valg av materiale vil dette si at det bør velges et materiale som er vanlig, og som det ikke må spesialbestilles.

Det har derfor blitt bestemt å anvende konstruksjonsstål av typen NV-36 i utforming av konstruksjonen. Fordelen med å anvende dette, er at det er høy forespørsel på denne typen stål, og derfor svært tilgjengelig. NV-36 har en øvre flytegrense på 355 N/mm^2 og tetthet 7850 kg/m^3 [8].

4.2 Design

Designet skal først og fremst være fabrikkasjonsvennlig. Det skal også sørges for at konstruksjonens design er dimensjonert etter gjeldende regelverk fra DNVGL og NORSOK, se kapittel 3.

4.2.1 Vektoptimalisering

Det har vært en målsetting og tilstrebe en mest mulig vektoptimal konstruksjon som er nær 22 tonn for tilkomstplattformen.

4.2.2 Sveis

Alle knutepunkt skal sveises i henhold til DNVGLs regelverk for stålkonstruksjoner på skip [2]. Sveisene skal sørge for optimal sammenføring av bjelker og sammenfallende elementer.

4.2.3 Overflatebehandling

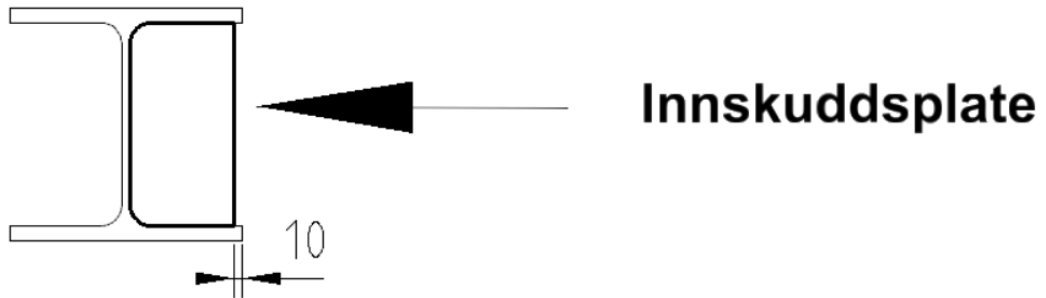
Stålet skal få en overflatebehandling som sørger for tilstrekkelig beskyttelse mot korrosjon og degradering over tid. Konstruksjonen skal derfor hellakkeres med en type coating som dekker stålet helt. Dette utføres etter konstruksjonen er sveiset, da det er lettere å sørge for fullt dekke men også for å gjøre sveisejobben lettere.

4.3 Tillatt spenninger

Tillatte spenninger baseres på materialfaktorer i henhold til ULS og materialkvalitet i henhold til mekaniske egenskaper for NV-36 stål, se referanse [2] og [9].

4.4 Innskuddsplater

Det skal nyttes innskuddsplater der de større kreftene er, fra oversiden av tilkomstplattformen. Dette har å gjøre med forplantingen av kreftene, man ønsker en optimal fordeling av kreftene nedover til støtteelementer og innfesting. Man utformer en plate som passer inn i bjelken den skal festes inn i. Innskuddsplaten er innfelt med en avstand på 10 mm. Det skal brukes en platetykkelse på 15 mm for innskuddsplatene.



Figur 6 Innskuddsplate innfestet i tverrsnittet av HEB300 profil

5 Krav

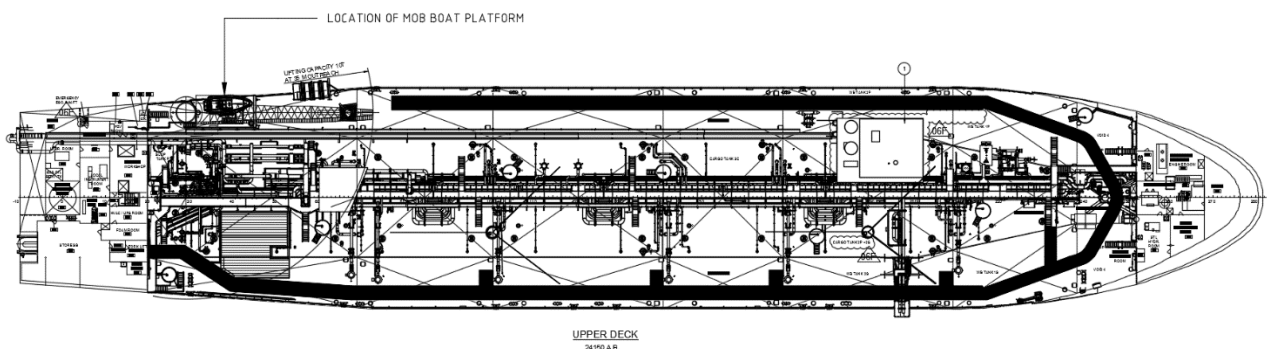
Dette kapittelet vil drøfte krav utledet fra design basis for utviklingen av konstruksjonen. Fremgangsmåten og skisser vil også bli presentert.

5.1 Krav til tilkomstplattform

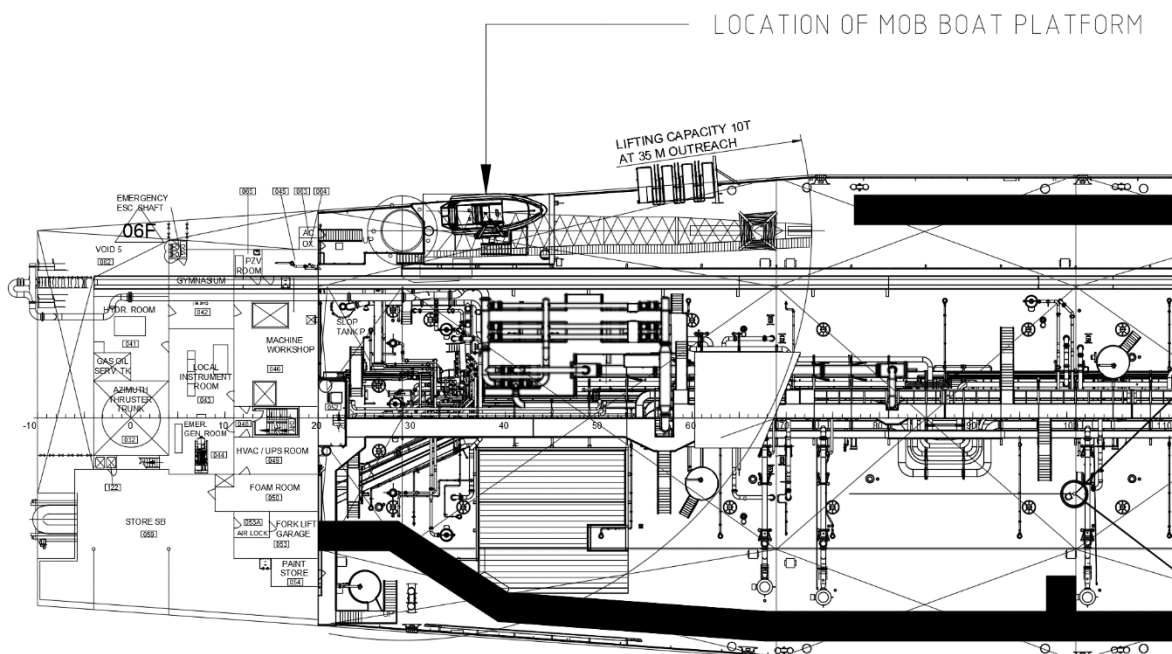
Tilkomstplattformen har ulike forhåndsdefinerte krav, blant annet for: plassering, utførelse, geometri og utnyttelse.

5.1.1 Plassering

Den skal plasseres i bakkant på babords side, illustrert i figur 7 og 8 under.



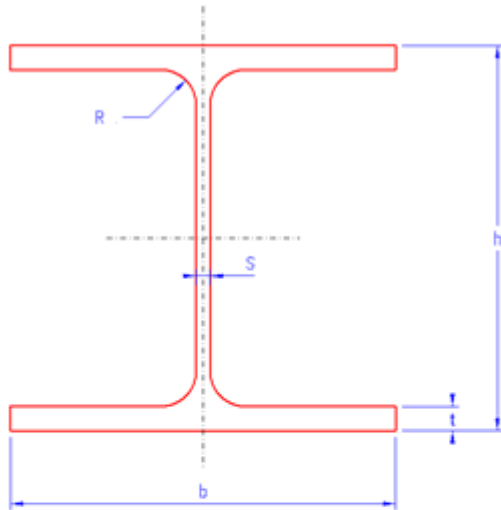
Figur 7 Oversiktsbilde, Njord Bravo FSU



Figur 8 Område for MOB båt tilkomstplattform, Njord Bravo FSU

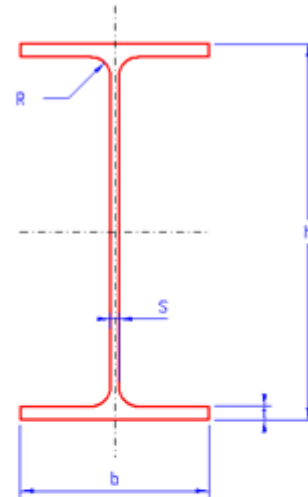
5.1.2 Utførelse

Plattformen skal utføres av stålbejelker, hvor det skal legges vekt på fabrikkasjonsvennlighet. Det har derfor vært lagt vekt på å forsøke å bruke lett tilgjengelige materialer. Derfor har valget blitt å utføre strukturen i HEB 300, IPE 300 og SHS 200x10 profiler.



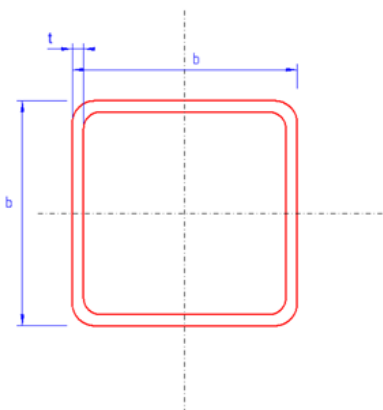
$h := 300 \text{ mm}$
 $b := 300 \text{ mm}$
 $s := 11 \text{ mm}$
 $t := 19 \text{ mm}$
 $R := 27 \text{ mm}$

Figur 9 IPE300



$h := 300 \text{ mm}$
 $b := 150 \text{ mm}$
 $s := 7.1 \text{ mm}$
 $t := 10.7 \text{ mm}$
 $R := 15 \text{ mm}$

Figur 10 HEB300

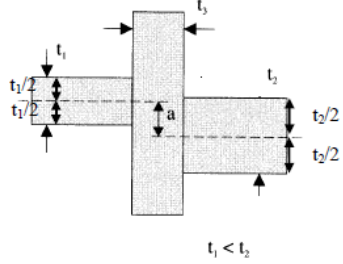


$b := 200 \text{ mm}$
 $t := 10 \text{ mm}$

Figur 11 SHS 200x10

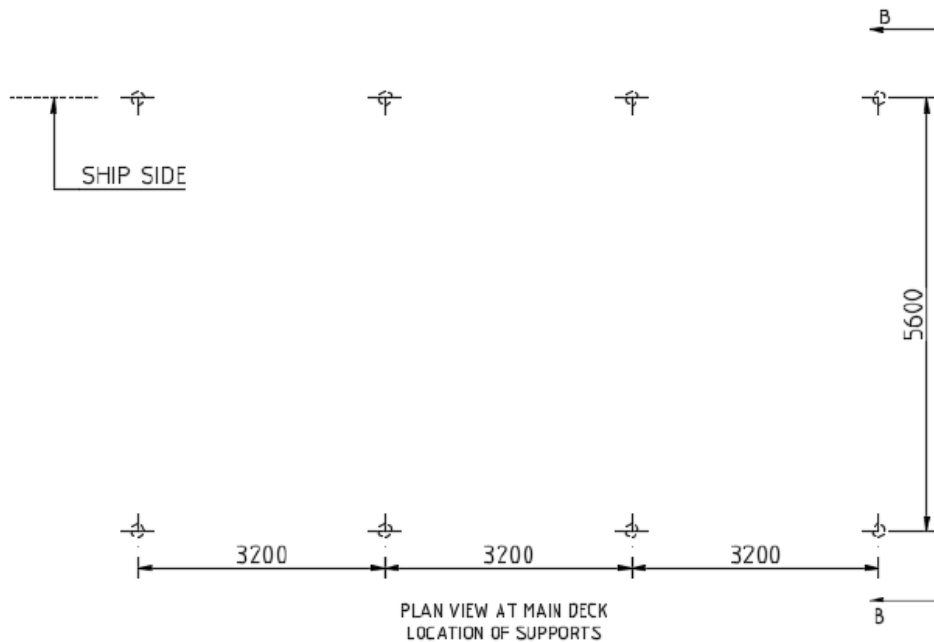
5.1.3 Toleranser

Det forekommer strenge toleransekrav til innfesting av topside strukturer mot skipsdekket. Det er tillatt offset mellom plater i innfestning mot dekk og struktur/avstivning under skipsdekk tilsvarende 1/3 av platetykkelsen [10].

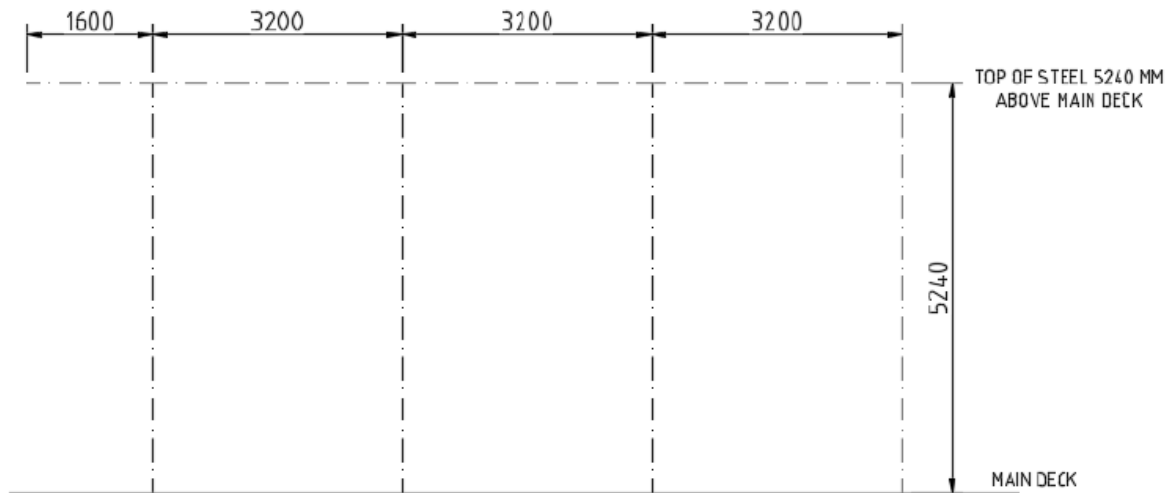
<p>Alignment of fillet welds</p> 	<p>Strength member and higher stress member $t_1/3 < a \leq t_1/2$ - generally increase weld throat by 10%</p> <p>$a > t_1/2$ - release and adjust over a minimum of 50a</p> <p>Other $a > t_1/2$ - release and adjust over a minimum of 30a</p>	<p>Alternatively, heel line can be used to check the alignment.</p> <p>Where t_3 is less than t_1 then t_3 should be substituted for t_1 in standard</p>
<p><i>Figur 12 Offset mellom plater mot dekk og avstivning under skipsdekk [10] – Table 7.1</i></p>		

5.1.4 Geometri

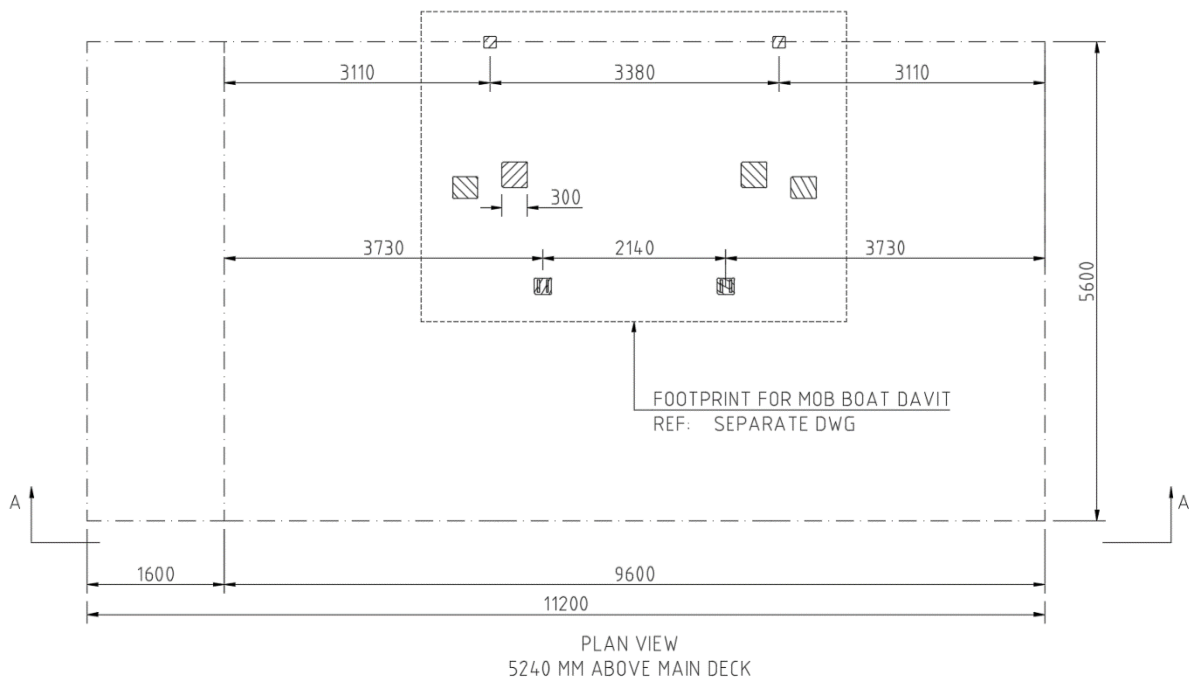
Tilkomstplattformen har bestemt geometri med lengde, bredde og høyde. Samt plassering av innfestningene til skipets dekk og plassering av davit.



Figur 13 Plassering/avstand mellom fotpunkt for plattformen ned på skipets dekk



Figur 14 Geometri av tilkomstplattform sett fra siden, uten diagonale stag



Figur 15 Geometri av tilkomstplattform sett ovenfra med plassering og innfesting av davit

5.2 Løsninger

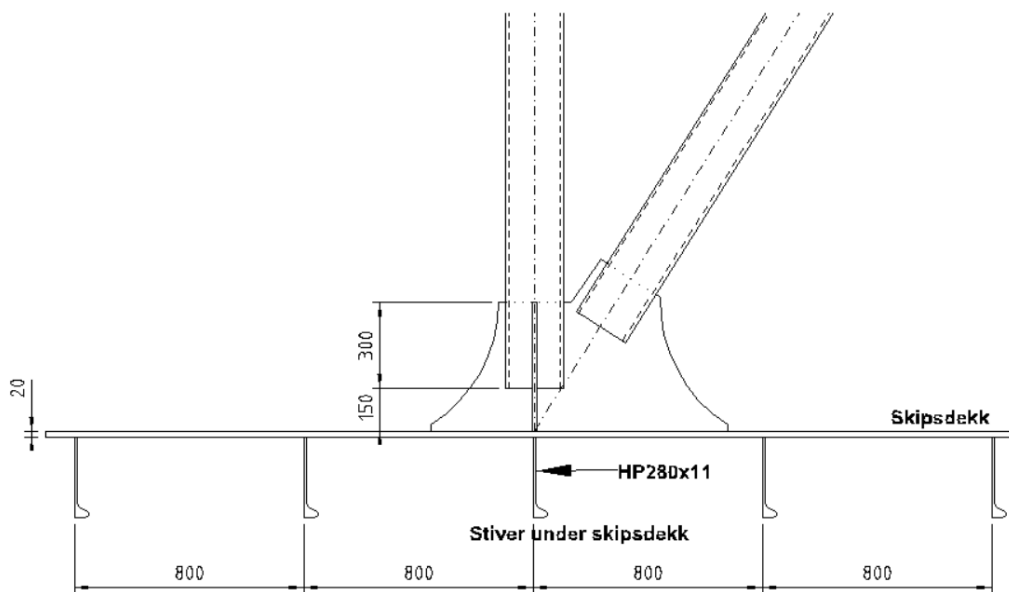
Geometrien er bestemt som følge av blant annet plassering om bord på skipet, og fotpunkter. Det ble tenkt ut flere måter dette kunne gjøres på, men løsningsens viktigste moment var å få sørget for god avvikling for belastningene på plattformen. De største belastningene på plattformen kommer fra davit og operasjon av denne. Disse lastene er i hovedsak vertikale, som tilsier at det vil være svært gunstig å utforme plattformdekket for

å ta imot lastene fra davit. Det ble derfor valgt å legge bjelker inn i plattformdekket der fotpunktene for davit inntreffer.

De indre bjelkene i plattformdekket fører lastene ut til kantbjelkene (rammen) av plattformen. Fra kantbjelkene føres lastene så videre ned i de vertikale søylene som er plassert overrett med tverrskipsrammene i skipets dekk og som har avstand 3.2 m mellom seg. Plattformen understøttes av totalt 8 slike søyler, 4 parallelt på hver side.

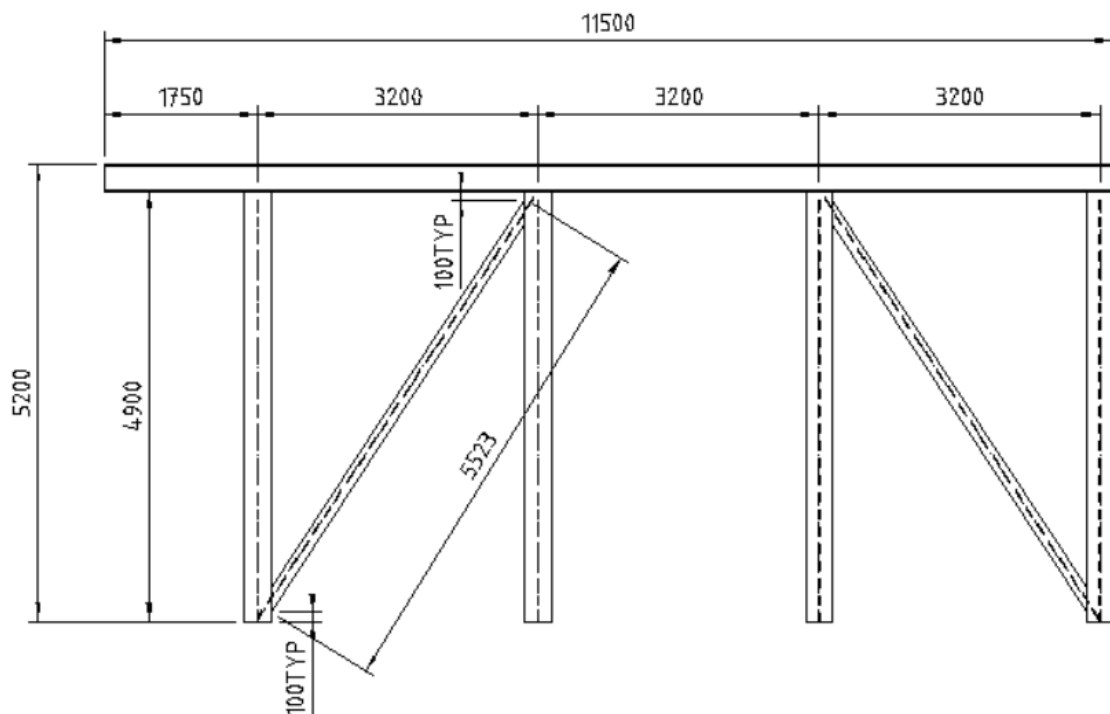
Tilkomstplattformen er også utsatt for horisontale laster fra skipets bevegelser og vind. Det ble derfor bestemt å legge inn diagonale stag tverrskips og langskips for horisontal avstivning av plattformen.

Grunnet toleransekrav og skipets avstivning under dekk er det derfor hensiktsmessig å bruke vertikale plater i innfestingen. Dette for at innfestingen skal kunne inntreffe mot stiver i skipsdekket. I motsetning til å føre de vertikale søyler helt ned på skipsdekket. Dette gjøres ved å slisse spor i de innkommende SHS200x10 profilene, slik at disse føres inn over de vertikale platene, og sveises rundt sporet som er slisset inn. Søylene stopper da 0.15 m over skipets dekk, og lastene føres videre ned i de vertikale platene før de forplantes videre til skipet. Illustrert i bildet under (Figur 16).



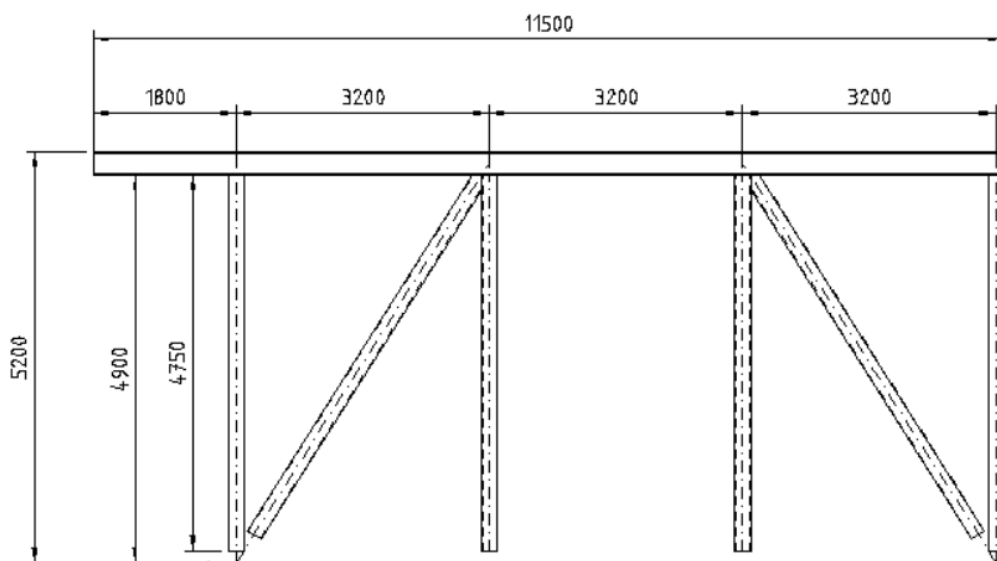
Figur 16 Innfesting til skipsdekk med kneplate og stiver i dekk

Først skisseres utkast til plattformen fra siden med bestemte mål.



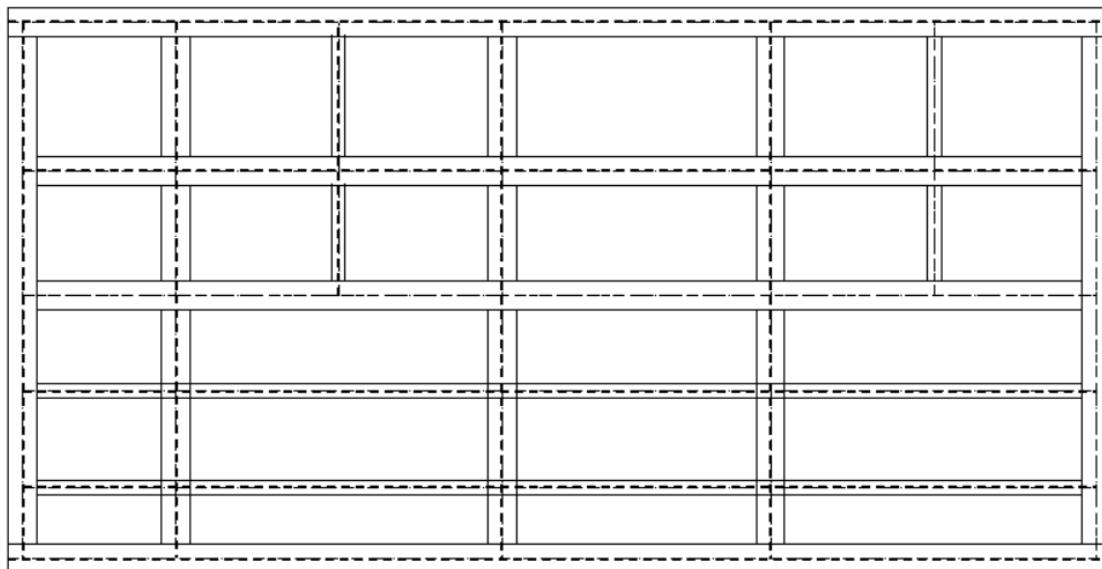
Figur 17 Tilkomstplattformen sett fra siden

Det ble i første utkast konstruert med diagonale stag i en avstand 100 mm fra undersiden av plattformen, da dette var vanlig praksis. Ettersom det var krevende å endre modellen å få til dette i Genie, ble det bestemt å flytte endepunktene for stagene til senterlinjene for søylene, slik at det analysen blir riktig. Endringen vises i under i Figur 18. Her er stagenes senterlinjer flyttet til senterlinjene for søylene.



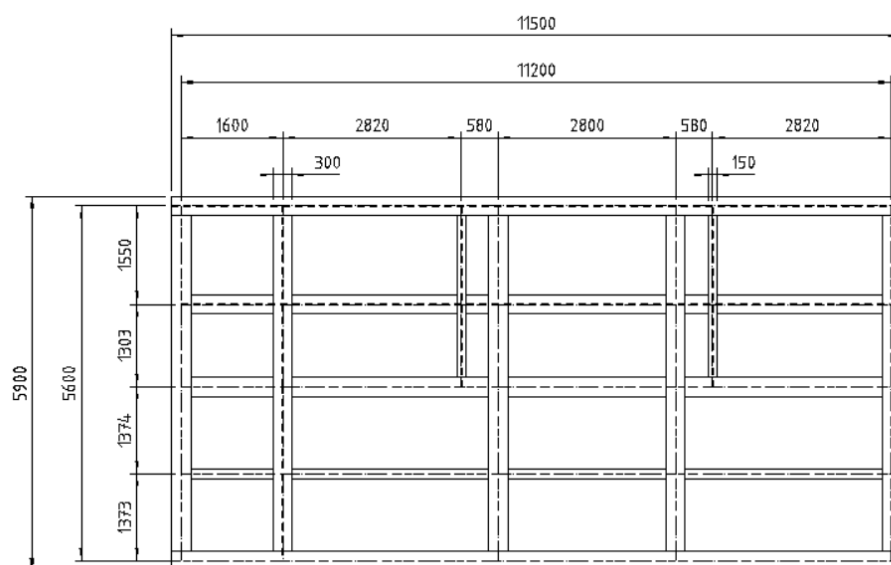
Figur 18 Diagonale stag er flyttet slik at de møter senterlinjer for søyler

Så bestemmes dekket til tilkomstplattformen, altså selve fundamentgrunlaget på toppen. Her er de ytre dimensjonene (LxBxH) bestemt av grensebetingelser, men hvorledes bjelkene fordeles og hvor knutepunktene blir er fritt. Første utkast ble å fordele de noenlunde jevnt.



Figur 19 Første forslag til utforming av plattformdekk

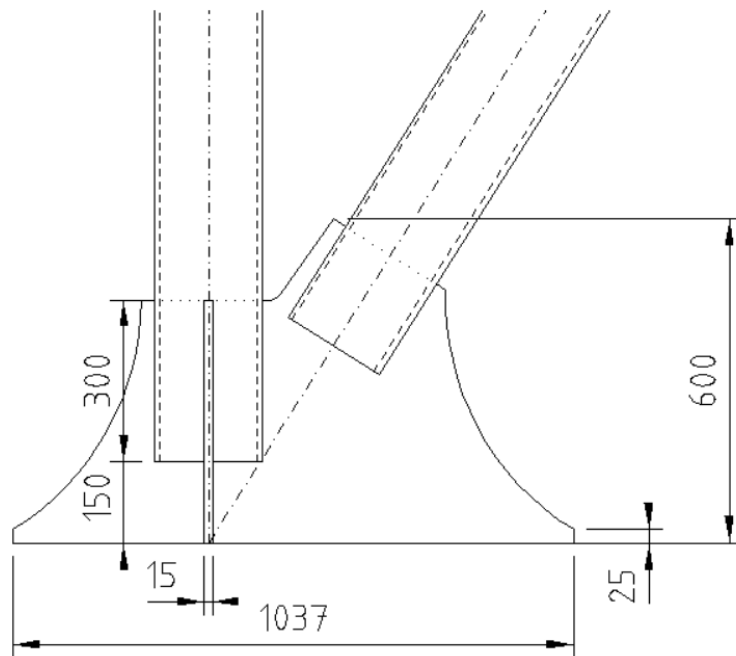
Det ble i ettertid vurdert at de tverrskipsgående IPE300 bjelkene måtte flyttes nærmere innfesting av davit, da de krever tilstrekkelig understøttelse. Det ble også i første omgang beholdt hele lengder av bjelkene langs skips, men det ble vurdert at knekk lengden ble noe lang om disse ble beholdt slik. Det ble derfor bestemt i diskusjon med eksterne veileder å splitte disse bjelkene opp, og heller ha bjelkene i tverrskipsretning i hele lengder. Endringen illustreres i figuren under, figur 20.



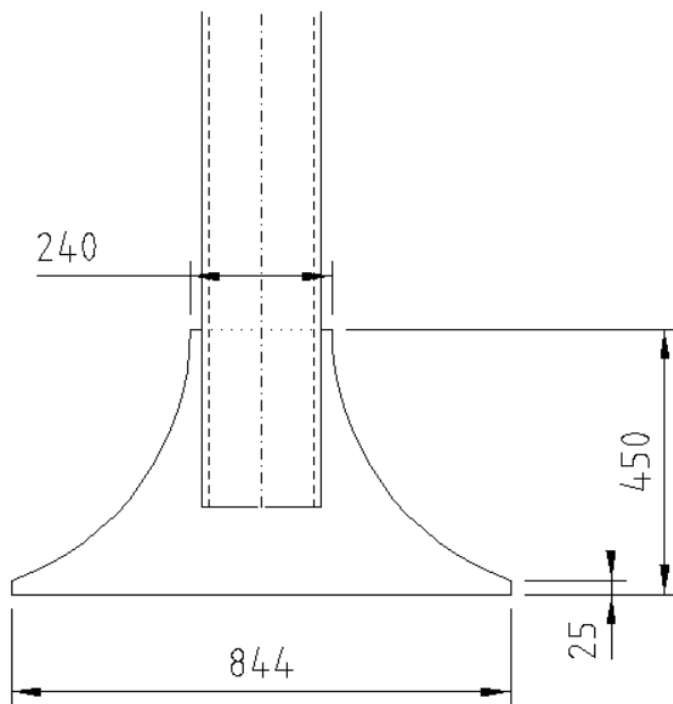
Figur 20 Bjelkekonfigurasjon endret for understøttelse av davit, og kortere knekk lengder

Til slutt ble knutepunktene for innfestingen til skipsdekket utformet. Det var nødvendig å utforme plater med radius, for å hindre «spenningsspeker» i hjørner. For å forenkle tilvirkningen, har det ikke vært ønskelig å ha de høyere.

Detaljer av knutepunkt nede mot skipsdekket illustreres i figur 21 og 22 under.

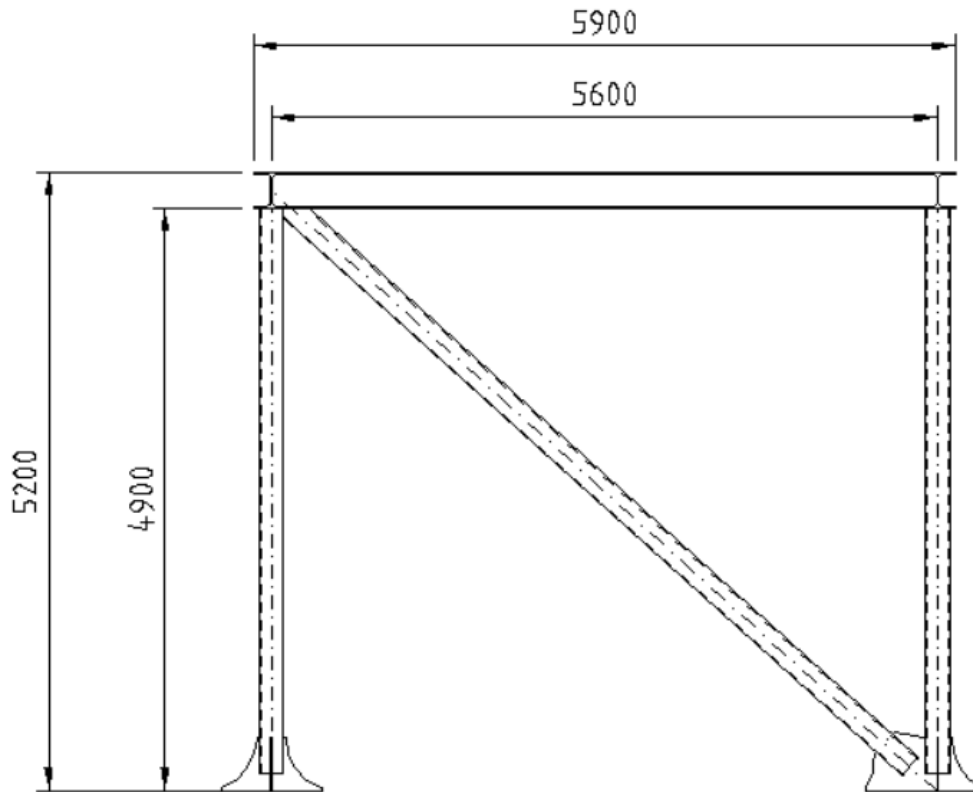


Figur 21 Knutepunkt i ytterste ende av plattformen, der staget går ned



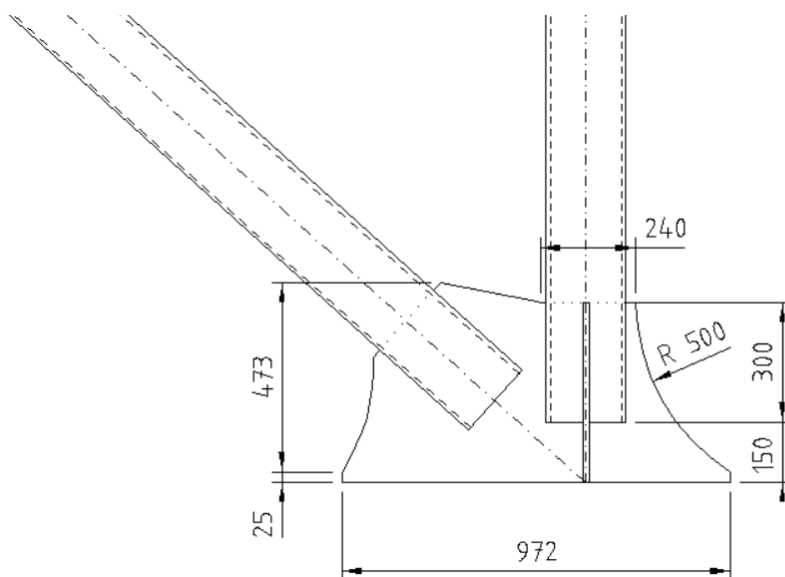
Figur 22 Knutepunkt av søyler uten stag

De diagonale stagene i tverrskipsretning vil være lenger enn de i langskipsretning, og dermed inntreffe på ett lavere punkt, da vinkelen blir slakere, dette medfører at kneplatene som tar imot de diagonale stagene i denne retningen, har en annen utforming enn for kneplatene som tar imot de diagonale stagene som går langskips. Illustrert i figur 23 under.



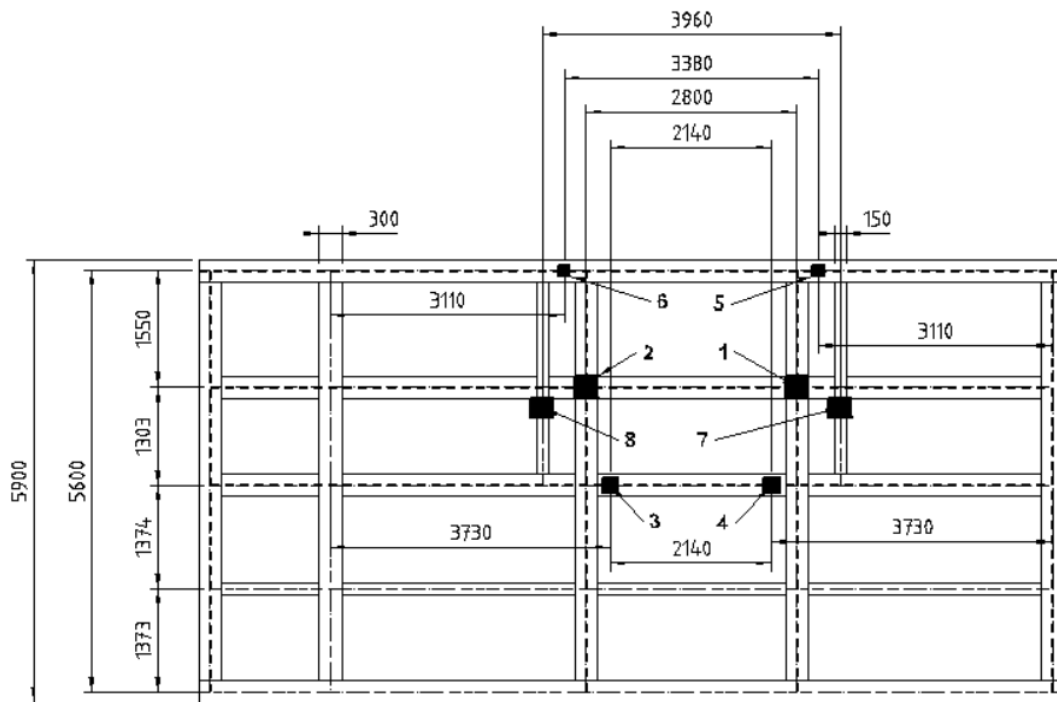
Figur 23 Tverrskipsdiagonal

Detaljer av fotpunkt for innkommende stag ned til kneplate:



Figur 24 Detaljtegning av fotpunkt sett bakover på skipet

Fotpunktene for Davit tegnes så inn på plattformdekket, for å sjekke innfestingen, og at avstandene er riktige ift. De oppgitte avstandene fra Vestdavit [6].



Figur 25 Fotpunkter for davit tegnet inn på plattformdekket

6 Oppsummering av analyseresultater og håndberegninger

I dette kapittel oppsummeres analysen som har vært gjennomført. Håndberegningene som har vært nødvendige for å kunne utføre analysen vil også presenteres. Detaljerte beskrivelser av analyse og håndberegninger er presentert i kapittel 7.

De presenterte utnyttelsesfaktorene fra analysen og håndberegningene oppfyller kravene for maks tillatt utnyttelse på medlemmene i plattformen [8].

6.1 ULS

Det har vært utført analyse for å sjekke bruddgrensetilstand (ULS – Ultimate Limit State) i henhold til DNVGLs regelverk. Det betyr at lastene i analysen må justeres med lastefaktorer. Det finnes to kondisjoner det sjekkes mot, henholdsvis ULS a) og ULS b), hvor lastefaktorene er justert. Deformasjonslaster er konstant, 1.0 mens de permanente-, variable- og miljølaster endres etter hvilken kondisjon man ser på [9].

Table 2 Load factors γ_f for ULS

Combination of design loads	Load categories			
	<i>G</i>	<i>Q</i>	<i>E</i>	<i>D</i>
a)	1.3	1.3	0.7	1.0
b)	1.0	1.0	1.3	1.0

Load categories are:
G = permanent load
Q = variable functional load
E = environmental load
D = deformation load
For description of load categories see [Sec.2](#).

Figur 26 Lastfaktorer [9] (4.4 Load factors for ULS)

6.2 Lasttilfeller og lastkombinasjoner

Analysen inneholder de laster man anser som nødvendige å ta med og utføre analyse for. Det er tatt med egenvekt, utstysvekt, nyttelast, skipsaksellerasjoner og miljølaster. Disse skal være med på å gi ett svar på om konstruksjonen er egnet eller uegnet, og om den tilfredsstillende krav som er satt.

6.3 Lastkondisjoner, ballast eller full last

Skipet er dimensjonert for følgende to lastkondisjoner: ballast eller full last. Ved ballastkondisjon vil det si at skipet er tomt for olje, men har sjøvannsfylte ballasttanker. Dette for å øke dypgang skipet, slik at det ikke ligger for høyt i sjøen. Da dette er ugunstig for skipets bevegelser, slik at blant annet skipsaksellerasjonene øker. I den andre kondisjonen, ved full last, vil skipet ligge på størst dypgang. Det er positivt for bevegelse, men ugunstig for sjøsprøyt og isdannelse.

Analysen har tatt utgangspunkt i den verste kondisjonen for å kunne gjøre konservative betraktninger. Det er også hensiktsmessig for å unngå for mange lastekombinasjoner.

6.4 Oppsummerende tabeller fra håndberegninger

Posisjon	Retning	Lengder [m]	Profil	Antall bjelker	Total lengde [m]
Plattformdekk	Langskips	11,2	HEB 300	4	44,8
Plattformdekk	Langskips	11,2	IPE 300	1	11,2
Plattformdekk	Tverrskips	5,6	HEB 300	5	28
Plattformdekk	Tverrskips	2,853	IPE 300	2	5,706
Søyle	Vertikal	4,75	SHS200x10	8	38
Langskips	Diagonal	5,36	SHS200x10	4	21,44
Tverrskips	Diagonal	7,011	SHS200x10	2	14,022
Søyle ²	Vertikal	4,9	CHS 219.1x10	8	39,2
Søyle ²	Vertikal	4,9	HEB 300	8	39,2
Langskips ²	Diagonal	5,523	IPE 300	4	22,092
Tverrskips ²	Diagonal	7,084	IPE 300	2	14,168

Tabell 4 Total lengder for de ulike profiler

Profil	Areal [cm ²]	Tetthet NV-36 [kg/m ³]	Tyngdeakselerasjon [m/s ²]	Egenvekt [kN/m]	Egenvekt total [kN]
HEB 300	149,1	7850	9,807	1,148	128,56
IPE 300	53,81	7850	9,807	0,414	12,87
SHS200x10	74,9	7850	9,807	0,577	42,36
Total					183,79
CHS 219.1x10	65,69	7850	9,807	0,506	19,82

Tabell 5 Egenvekt av profiler

Vertikal posisjon	Profil	Diameter [mm]	Is tetthet [kg/m ³]	Is tykkelse [mm]	Is vekt [kg/m]	Egenvekt [kg/m]	Totalvekt [kg/m]	Skalert vektfaktor	Kraft av is [N/m]
Skipsdekk	HEB 300	-	900	80	151	117	268	1,77	1481
Skipsdekk	SHS200x10		900	80	80,6	58,8	139,4	1,73	791
Skipsdekk	CHS 219.1x10	219,1x10	900	80	68	52	120	1,76	667
MOB tilkomstplattform	HEB 300	-	900	36	62,3	117	179,3	2,88	611
MOB tilkomstplattform	IPE 300	-	900	36	43,1	42,2	85,3	1,98	423
Middelverdi ¹	HEB 300		900	50	89	117	206	2,31	873
Middelverdi ¹	IPE 300	-	900	50	62,4	42,2	104,6	1,68	612
Middelverdi ¹	CHS 219.1x10	219,1x10	900	50	38	52	90	2,37	373

Tabell 6 Islaster

¹ Middelverdier er tatt midt på høyden for tilkomstplattformen, for å gi ett estimat på den lineære isveksten langs høyden

Profil	Vindretning mot profil	Formkoeffisient	Linjelast [kN/m]	Total kraft x-retning [kN]	Total kraft y-retning
HEB 300	Flens	1,9	0,804	-	-
HEB 300	Steg	1,6	0,677	18,96	30,33
IPE 300	Flens	0,9	0,191	-	-
IPE 300	Steg	2,1	0,889	5,07	9,96
SHS200x10	-	2	0,56	41,14	41,14
Total				24,03	40,29
CHS 219.1x10	-	1	0,486	19,05	19,05

Tabell 7 Vindlaster

6.5 Beregninger utført i MathCad

Håndberegninger av laster

Introduksjon og referanser

Disse utregningene inkluderer følgende design sjekk:

- Egenvekt
- Nyttelaster
- Vindlaster
- Islaster

Bruddgrensetilstand - Ultimate Limit State (ULS) er den avgjørende betingelsen for beregningene. Disse lastene vil være med å tilføye høyere utnyttelse for medlemmene av tilkomstplattformen.

Referanser

- /2/ DNVGL-OS-C102: Structural design of offshore ships
- /8/ Design Basis, Aibel
- /11/ DNVGL-RP-C205: Environmental Conditions and Environmental Loads
- /12/ PTM MMG MGE RA 37 Njord Field Metocean Design Basis
- /13/ NORSOK N-003:2017

Egenvekt

Egenvekt er vekten av de ulike elementene som inngår i strukturen. Disse lastene er permanente for strukturen. De endres ikke, såfremt det ikke gjøres modifikasjoner eller strukturen degrederer.

Det skal brukes stål av materialet NV-36 i utforming av strukturen. Dette setter føringer for egenvekten, da dette materialet har en spesifikk tetthet.

Tetthet, stål, NV-36: ref /8/ Sec. 3.5.1	$\rho_{NV.36} := 7850 \frac{kg}{m^3}$
Tyngdeakselerasjon:	$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$
Areal HEB300:	$A_{HEB300} := 149.1 \text{ cm}^2$
Areal IPE300:	$A_{IPE300} := 53.81 \text{ cm}^2$
Areal SHS200x10:	$A_{SHS200x10} := 74.9 \text{ cm}^2$
Areal CHS219,1x10:	$A_{CHS219.1x10} := 65.69 \text{ cm}^2$
Egenvekt, per meter:	$m_{e.v} := \rho_{NV.36} \cdot A$
Egenvekt, HEB300:	$m_{e.v.HEB300} := \rho_{NV.36} \cdot A_{HEB300} = 117.04 \frac{kg}{m}$
Egenvekt, IPE300:	$m_{e.v.IPE300} := \rho_{NV.36} \cdot A_{IPE300} = 42.24 \frac{kg}{m}$

Egenvekt, SHS200x10: $m_{e.v.SHS200x10} := \rho_{NV.36} \cdot A_{SHS200x10} = 58.8 \frac{kg}{m}$

Egenvekt, CHS219.1x10: $m_{e.v.CHS219.1x10} := \rho_{NV.36} \cdot A_{CHS219.1x10} = 51.57 \frac{kg}{m}$

Totallengder profiler:

Posisjon	Retning	Lengder [m]	Profil	Antall bjelker	Totallengde [m]
Plattformdekk	Langskips	11,2	HEB 300	4	44,8
Plattformdekk	Langskips	11,2	IPE 300	1	11,2
Plattformdekk	Tverrskips	5,6	HEB 300	5	28
Plattformdekk	Tverrskips	2,853	IPE 300	2	5,706
Søyle	Vertikal	4,75	SHS200x10	8	38
Langskips	Diagonal	5,36	SHS200x10	4	21,44
Tverrskips	Diagonal	7,011	SHS200x10	2	14,022
Søyle ²	Vertikal	4,9	CHS 219.1x10	8	39,2
Søyle ²	Vertikal	4,9	HEB 300	8	39,2
Langskips ²	Diagonal	5,523	IPE 300	4	22,092
Tverrskips ²	Diagonal	7,084	IPE 300	2	14,168

² Dette er utregning for alternative løsninger, om andre typer profiler ønskes brukt for søyler og avstivning

Egenvekt, total profil:

Total egenvekt, HEB300:

$$m_{e.v.Tot.HEB300} := m_{e.v.HEB300} \cdot (44.8 + 28) \quad m = (8.52 \cdot 10^3) \text{ kg}$$

Total egenvekt, IPE300:

$$m_{e.v.Tot.IPE300} := m_{e.v.IPE300} \cdot (11.2 + 5.71) \quad m = 714.29 \text{ kg}$$

Total egenvekt, SHS200x10:

$$m_{e.v.Tot.SHS200x10} := m_{e.v.SHS200x10} \cdot (38 + 21.44 + 14) \quad m = (4.32 \cdot 10^3) \text{ kg}$$

Total egenvekt, CHS219.1x10:

$$m_{e.v.Tot.CHS219.1x10} := m_{e.v.CHS219.1x10} \cdot 39.2 \quad m = (2.02 \cdot 10^3) \text{ kg}$$

Egenvekt, total:

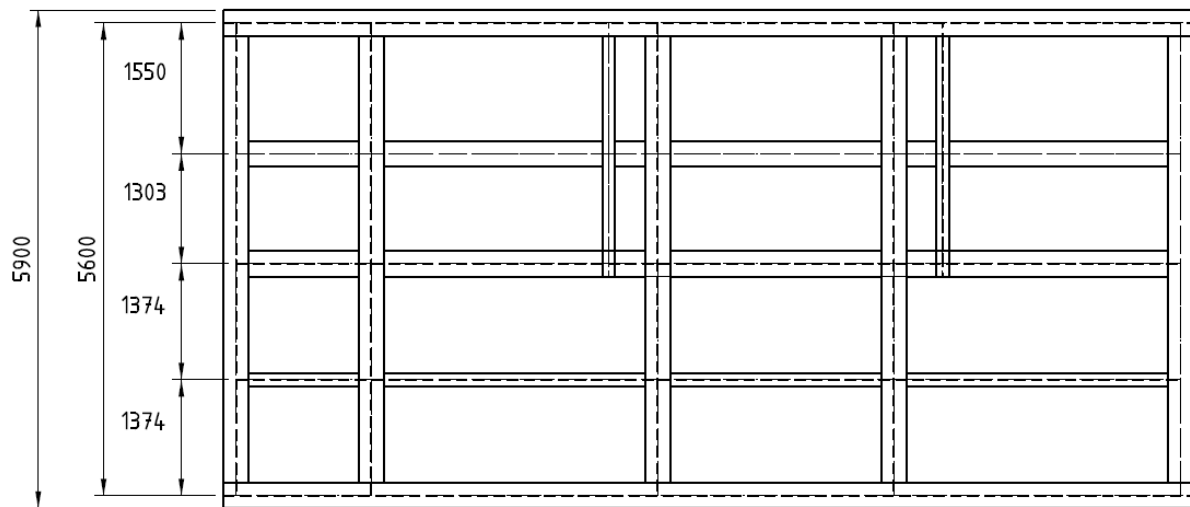
$$Total := m_{e.v.Tot.HEB300} + m_{e.v.Tot.IPE300} + m_{e.v.Tot.SHS200x10} = (13.55 \cdot 10^3) \text{ kg}$$

Nyttelaster

Nyttelaster er tilleggslaster som tar høyde for vekt av personell og annet på tilkomstplattformen.

Det skal brukes en nyttelast på 5 kN/m^2 som virker på plattformdekket
Det skal ikke legges til nyttelast i området hvor davit og MOB båt er plassert.

Nyttelast-kraft: $F_{Li} := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
ref /8/ Sec. 5.1.3



Bredde 1: $B_1 := 1.374 \text{ m}$

Bredde 2: $B_2 := 1.374 \text{ m}$

Bredde 3: $B_3 := 1.303 \text{ m}$

Bredde 4: $B_4 := 1.55 \text{ m}$

Nyttelast - kraft 1: $f_{Li1} := F_{Li} \cdot \frac{B_1}{2} = 3.44 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Nyttelast - kraft 2: $f_{Li2} := F_{Li} \cdot \frac{(B_1 + B_2)}{2} = 6.87 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

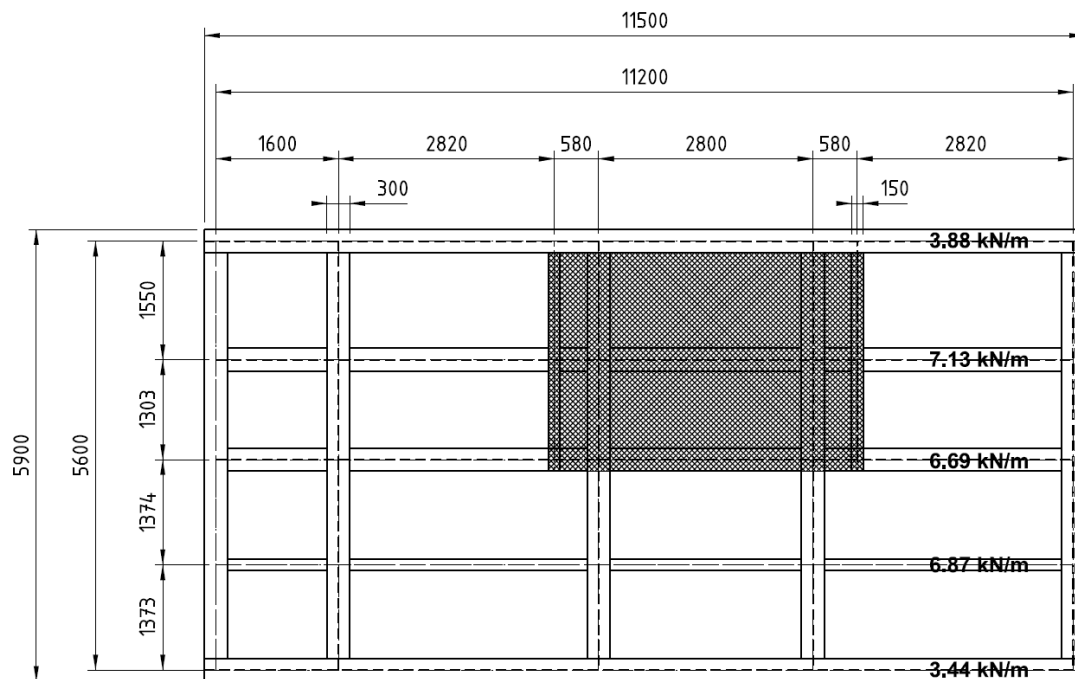
Nyttelast - kraft 3: $f_{Li3} := F_{Li} \cdot \frac{(B_2 + B_3)}{2} = 6.69 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Nyttelast - kraft 4: $f_{Li3} := F_{Li} \cdot \frac{(B_3 + B_4)}{2} = 7.13 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Nyttelast - kraft 5: $f_{Li3} := F_{Li} \cdot \frac{B_4}{2} = 3.88 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Kreftene skal fordeles på de horisontale bjelkene, og er derfor oppgitt i kN/m

Illustrert i bildet under



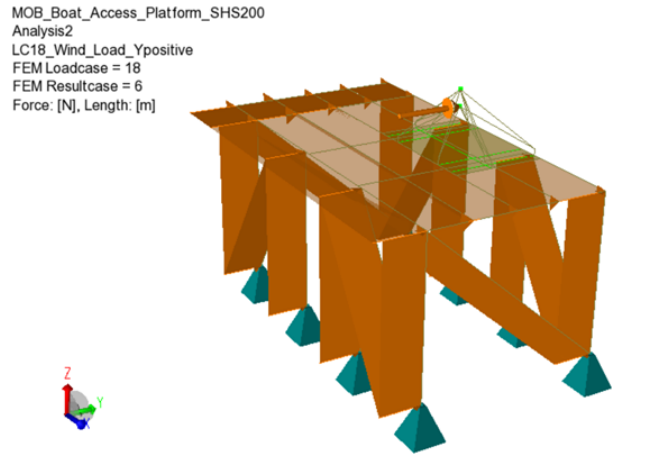
Området som er skravert er untatt nyttelast

Vindlaster

Vindlaster er laster påført struktur fra vind. Den beregnes horisontalt, vertikale vindlaster neglisjeres.

For Njord feltet er det oppgitt vindhastighet 36 m/s. Dette er 1 times middelvind i 10 meter høyde over havflaten. Dette er målt fra metrologiske målinger på feltet.

1 times middelvind blir deretter omregnet til 1 minutts middelvind i den aktuelle høyden z for tilkomstplattformen.



Referanser

- /11/ DNVGL-RP-C205: Environmental Conditions and Environmental Loads
- /12/ PTM MMG MGE RA 37 Njord Field Metocean Design Basis

1 time middelvind, 10 meter
høyde over havflaten:
ref /12/

$$U_0 := 36 \frac{m}{s}$$

Høyde over havflaten:

$$H := 10 \text{ m}$$

Høyde tilkomstplattform,
over havflaten:

$$z := 18.5 \text{ m}$$

Tid, 1 time:

$$T_0 := 60 \text{ min}$$

Tid, 1 minutt:

$$T := 1 \text{ min}$$

Formkoeffisient, vindkraft:
ref /11/ Sec. 2.3.2.12

$$C := 5.73 \cdot 10^{-2} \sqrt{(1 + 0.148 U_0)} = 0.14$$

Interaksjonsfaktor for
oppdriftselementer:
ref /11/ Sec. 2.3.2.12

$$I_U := 0.06 (1 + 0.043 U_0) \left(\frac{z}{H} \right)^{-0.22} = 0.13$$

Middelvindhastighet, over tidsintervall T, i høyde z over havflaten:

$$U_{T,z} := U_0 \cdot \left(1 + C \cdot \ln\left(\frac{z}{H}\right)\right) \cdot \left(1 - 0.41 \cdot I_U \cdot \ln\left(\frac{T}{T_0}\right)\right)$$

ref /11/ Sec. 2.3.2.12

1 minutt middelvindhastighet, i høyde 18.5 m over havflaten:

$$U_{1.18.5} := 47.98 \frac{m}{s}$$

Vindfaktor:

$$\frac{U_{T,z}}{U_0} = \frac{U_{1.18.5}}{U_0} = 1.33$$

Tetthet, luft ved 15 °C:

$$\rho_a := 1.226 \frac{kg}{m^3}$$

ref /11/ Sec. 5.2.1

Grunnleggende vindtrykk:

$$q := \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot (U_{1.18.5})^2 = (1.41 \cdot 10^3) Pa$$

ref /11/ Sec. 5.2.1

Trykkoeffisient:

$$C_p := 1$$

Vindtrykk:

$$p := C_p \cdot q = (1.41 \cdot 10^3) Pa$$

ref /11/ Sec. 5.2.2

Table 5-2 Shape coefficient C_{se} for irregular cross sections

Profile	α (deg)	C_{S1}	C_{S2}	Profile	α (deg)	C_{S1}	C_{S2}
	0 45 90 135 180	1.9 1.8 2.0 -1.8 -2.0	1.0 0.8 1.7 -0.1 0.1		0 45 90 135 180	2.1 1.9 0 -1.6 -1.8	0 0.6 0.6 0.4 0
	0 45 90 135 180	1.8 2.1 -1.9 -2.0 -1.4	1.8 1.8 -1.0 0.3 -1.4		0 45 90	2.1 2.0 0	0 0.6 0.9
	0 45 90 135 180	1.7 0.8 0 -0.8 -1.7	0 0.8 1.7 0.8 0		0 45 90	1.6 1.5 0	0 1.5 1.9
	0 45 90 135 180	2.0 1.2 -1.6 -1.1 -1.7	0 0.9 2.2 -2.4 0		0 180	1.8 -1.3	0 0

ref /11/ Table 5-2

Formkoeffisient HEB, flensside:

$$C_{s,HEB.flens} := 1.9$$

Formkoeffisient HEB, stegside:

$$C_{s,HEB.steg} := 1.6$$

ref /1/ Table 5-2

Formkoeffisient IPE, flensside:

$$C_{s,IPE.flens} := 0.9$$

Formkoeffisient IPE, stegside:

$$C_{s,IPE.steg} := 2.1$$

ref /1/ Table 5-2

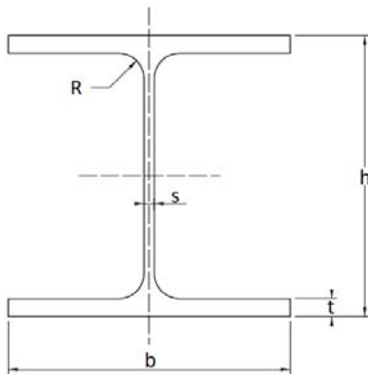
Formkoeffisient CHS:

$$C_{s,CHS} := 1.0$$

ref /12/

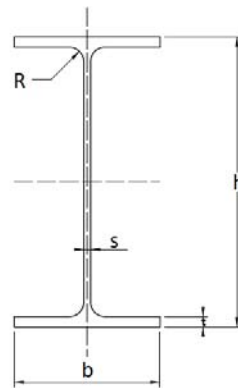
Profil

HEB 300



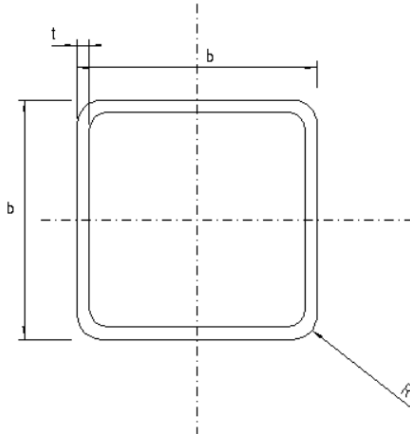
$h := 300 \text{ mm}$
 $b := 300 \text{ mm}$
 $s := 11 \text{ mm}$
 $t := 19 \text{ mm}$
 $R := 27 \text{ mm}$

IPE 300



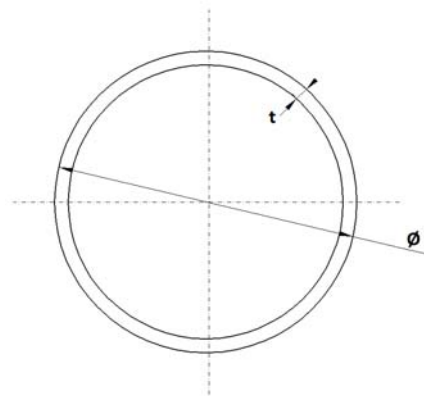
$h := 300 \text{ mm}$
 $b := 150 \text{ mm}$
 $s := 7.1 \text{ mm}$
 $t := 10.7 \text{ mm}$
 $R := 15 \text{ mm}$

SHS200x10



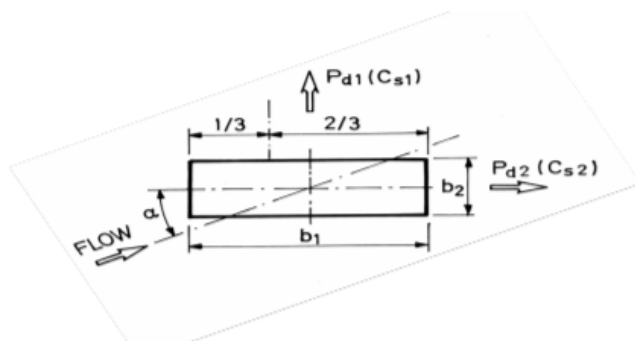
$b := 200 \text{ mm}$
 $t := 10 \text{ mm}$
 $R := 20 \text{ mm}$

CHS219.1x10



$\text{Ø} := 219.1 \text{ mm}$
 $t := 10 \text{ mm}$

Beregning av formkoeffisient av SHS200x10 profil:



ref /11/ Figure 5-1

Koeffisient, for rektangulær tverrsnitt: $K_R := 1.0$ da $\frac{R}{b} = 0.1$

ref /11/ Sec. 5.4.2

Vinkel mellom vindretning og delens akse: $\alpha_{Cs1} := 90^\circ$

$\alpha_{Cs2} := 0^\circ$

Formkoeffisient, rektangulær tverrsnitt: $C_{s1} := 2 K_R \cdot \sin(\alpha_{Cs1}) = 2$

ref /11/ Sec. 5.4.2

Formkoeffisient, rektangulær tverrsnitt: $C_{s2} := \left(1 + \frac{200 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}\right) K_R \cdot \cos(\alpha_{Cs2}) = 2$

da $b_2 \leq b_1 \leq 2 b_2$

Ettersom SHS200x10 er symmetrisk om aksene, vil formkoeffisienten være den samme i begge retninger, som også beregningene (Cs1 og Cs2) viser

Formkoeffisient, SHS200x10: $C_{s.SHS200x10} := 2.0$

Projisert areal på del, normalt på retningen av kraften:

Projisert areal: S_{profil}
 ref /11/ Sec. 5.3.1

Flensside: $S_{HEB.Flens} := b \cdot l$

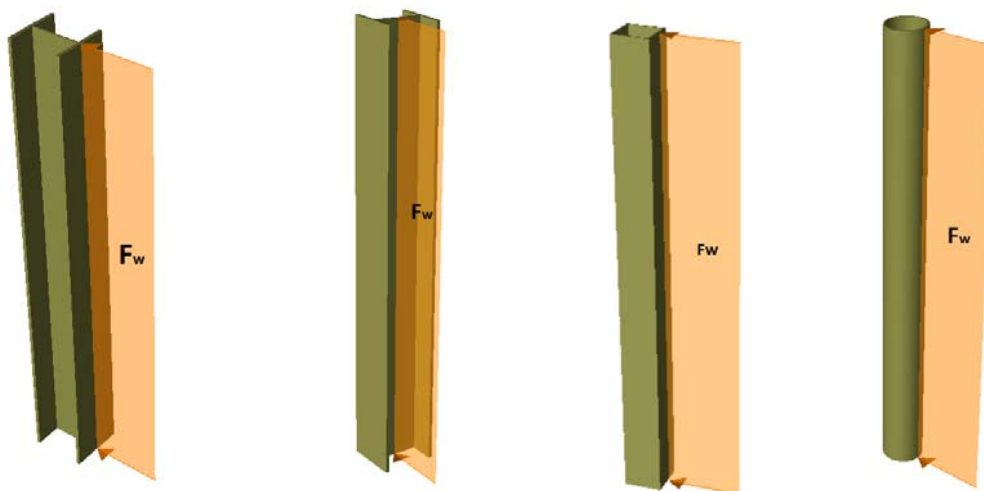
Stegside: $S_{HEB.Steg} := h \cdot l$

$S_{IPE.Flens} := b \cdot l$

$S_{IPE.Steg} := h \cdot l$

SHS200x10
 : $S_{SHS} := b \cdot l$

Rørprofil: $S_{CHS} := \frac{(\pi \cdot \varnothing)}{2} \cdot l$



Projisert areal av HEB300 lengder:

11.2 m: $S_1 := 0.300 \text{ m} \cdot 11.2 \text{ m} = 3.36 \text{ m}^2$

5.6 m: $S_2 := 0.300 \text{ m} \cdot 5.6 \text{ m} = 1.68 \text{ m}^2$

4.9 m: $S_3 := 0.300 \text{ m} \cdot 4.9 \text{ m} = 1.47 \text{ m}^2$

Projisert areal er det samme for steg- og flensside for HEB300, grunnet symmetri (300x300)

Projisert areal av IPE300 lengder:

Flensside:

11.2 m: $S_{4.flens} := 0.150 \text{ m} \cdot 11.2 \text{ m} = 1.68 \text{ m}^2$

7.084 m: $S_{5.flens} := 0.150 \text{ m} \cdot 7.084 \text{ m} = 1.06 \text{ m}^2$

5.523 m: $S_{6.flens} := 0.150 \text{ m} \cdot 5.523 \text{ m} = 0.83 \text{ m}^2$

2.853 m: $S_{7.flens} := 0.150 \text{ m} \cdot 2.853 \text{ m} = 0.43 \text{ m}^2$

Stegside:

$$11.2 \text{ m: } S_{8.steg} := 0.300 \text{ m} \cdot 11.2 \text{ m} = 3.36 \text{ m}^2$$

$$7.084 \text{ m: } S_{9.steg} := 0.300 \text{ m} \cdot 7.084 \text{ m} = 2.13 \text{ m}^2$$

$$5.523 \text{ m: } S_{10.steg} := 0.300 \text{ m} \cdot 5.523 \text{ m} = 1.66 \text{ m}^2$$

$$2.853 \text{ m: } S_{11.steg} := 0.300 \text{ m} \cdot 2.853 \text{ m} = 0.86 \text{ m}^2$$

Projisert areal av SHS200x10 lengde:

$$7.011 \text{ m: } S_{12} := 0.200 \text{ m} \cdot 7.011 \text{ m} = 1.4 \text{ m}^2$$

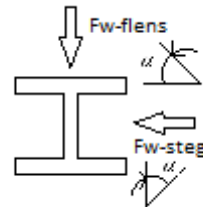
$$5.36 \text{ m: } S_{13} := 0.200 \text{ m} \cdot 5.36 \text{ m} = 1.07 \text{ m}^2$$

$$4.75 \text{ m: } S_{14} := 0.200 \text{ m} \cdot 4.75 \text{ m} = 0.95 \text{ m}^2$$

Projisert areal av CHS219.1x10 lengde:

$$4.9 \text{ m: } S_{15} := \frac{(\pi \cdot \varnothing)}{2} \cdot 4.9 \text{ m} = 1.69 \text{ m}^2$$

Vindkraft:



Vinkel mellom vindretning
og delens overflate:

$$\alpha := 90^\circ$$

Vindkraft:

ref /11/ Sec. 5.3.1

$$F_W := C_s \cdot q \cdot S \cdot \sin(\alpha)$$

Vindkraft, HEB300:

$$F_W := C_{s,HEB} \cdot q \cdot S \cdot \sin(\alpha)$$

Vindkraft, flensside HEB300:

$$F_{W,HEB300,flens} := C_{s,HEB,flens} \cdot q \cdot \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{bmatrix} \cdot \sin(\alpha) = \begin{bmatrix} 9.01 \\ 4.5 \\ 3.94 \end{bmatrix} \text{ kN}$$

Vindkraft, stegside HEB300:

$$F_{W.HEB300.steg} := C_{s.HEB.steg} \cdot q \cdot \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{bmatrix} \cdot \sin(\alpha) = \begin{bmatrix} 7.59 \\ 3.79 \\ 3.32 \end{bmatrix} \text{ kN}$$

Vindkraft, IPE300:

$$F_W := C_{s.IPE} \cdot q \cdot S \cdot \sin(\alpha)$$

Vindkraft, flensside IPE300:

$$F_{W.IPE300.flens} := C_{s.IPE.flens} \cdot q \cdot \begin{bmatrix} S_{4.flens} \\ S_{5.flens} \\ S_{6.flens} \\ S_{7.flens} \end{bmatrix} \cdot \sin(\alpha) = \begin{bmatrix} 2.13 \\ 1.35 \\ 1.05 \\ 0.54 \end{bmatrix} \text{ kN}$$

Vindkraft, stegside IPE300:

$$F_{W.IPE300.steg} := C_{s.IPE.steg} \cdot q \cdot \begin{bmatrix} S_{8.steg} \\ S_{9.steg} \\ S_{10.steg} \\ S_{11.steg} \end{bmatrix} \cdot \sin(\alpha) = \begin{bmatrix} 9.96 \\ 6.3 \\ 4.91 \\ 2.54 \end{bmatrix} \text{ kN}$$

Vindkraft, SHS200x10:

$$F_W := C_{s.SHS200x10} \cdot q \cdot \begin{bmatrix} S_{12} \\ S_{13} \\ S_{14} \end{bmatrix} \cdot \sin(\alpha) = \begin{bmatrix} 3.96 \\ 3.03 \\ 2.68 \end{bmatrix} \text{ kN}$$

Vindkraft, CHS219.1x10:

$$F_W := C_{s.CHS} \cdot q \cdot S_{15} \cdot \sin(\alpha) = 2.38 \text{ kN}$$

Vindkraft, per meter:

HEB300:

Vindkraft, HEB300, flensside:

$$F_W := C_{s.HEB} \cdot q \cdot S \cdot \sin(\alpha)$$

$$F_{W.HEB300.flens} := C_{s.HEB.flens} \cdot q \cdot 300 \text{ mm} \cdot \sin(\alpha) = 0.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Vindkraft, HEB300, stegside:

$$F_W := C_{s.HEB} \cdot q \cdot S \cdot \sin(\alpha)$$

$$F_{W.HEB300.steg} := C_{s.HEB.steg} \cdot q \cdot 300 \text{ mm} \cdot \sin(\alpha) = 0.68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

IPE300:

Vindkraft, IPE300, flensside:

$$F_W := C_{s.IPE} \cdot q \cdot S \cdot \sin(\alpha)$$

$$F_{W.IPE300.flens} := C_{s.IPE.flens} \cdot q \cdot 150 \text{ mm} \cdot \sin(\alpha) = 0.19 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Vindkraft, IPE300, stegside:

$$F_W := C_{s.IPE} \cdot q \cdot S \cdot \sin(\alpha)$$

$$F_{W.IPE300.steg} := C_{s.IPE.steg} \cdot q \cdot 300 \text{ mm} \cdot \sin(\alpha) = 0.89 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

SHS200x10:

Vindkraft, SHS200x10:

$$F_W := C_{s.SHS200x10} \cdot q \cdot S \cdot \sin(\alpha)$$

$$F_{W.SHS200x10} := C_{s.SHS200x10} \cdot q \cdot 200 \text{ mm} \cdot \sin(\alpha) = 0.56 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

CHS219.1x10:

Vindkraft, CHS219.1x10:

$$F_W := C_{s.CHS} \cdot q \cdot S \cdot \sin(\alpha)$$

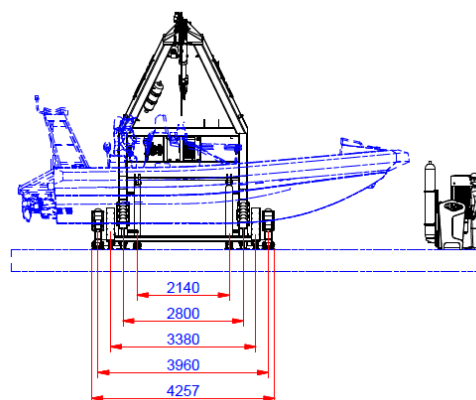
$$F_{W.CHS219.1x10} := C_{s.CHS} \cdot q \cdot \frac{(\pi \cdot \emptyset)}{2} \cdot \sin(\alpha) = 0.49 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Vindkraft på davit og MOB båt:

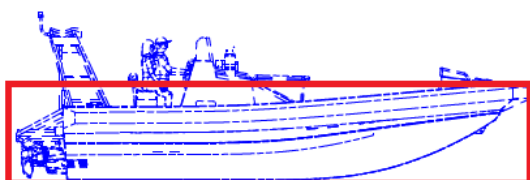
Ettersom MOB båt og davit treffes av vind, må også det projiserte arealet av disse beregnes for å estimere vindkraften på disse.

MAIN OPERATIONAL DATA	MARE GTC 900	MARE GTC 900-2VD
Length over all (appr.)	8.75 m	8.75 m
Total height	2.83 m	2.83 m
Breadth max	3.30 m	3.30 m
Draught	0.75 m	0.65 m
Appr. weight fully equip. and fuelled	3450 kg	3500 kg
Davit load 10 persons	4200 kg	4250 kg
Engine options	SOLAS -> 250 kW	SOLAS -> 2 x 170 kW
Waterjet options	Hamilton, Alamarin, or equal	Hamilton, Alamarin, or equal
Speed approximately	20 - 40 knots	20 - 40 knots
Produced in	Aluminium	Aluminium
Lifting structure	SOLAS	NORSOK R-002
Approvals	⊙	⊙

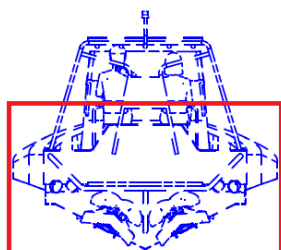
ref /4/



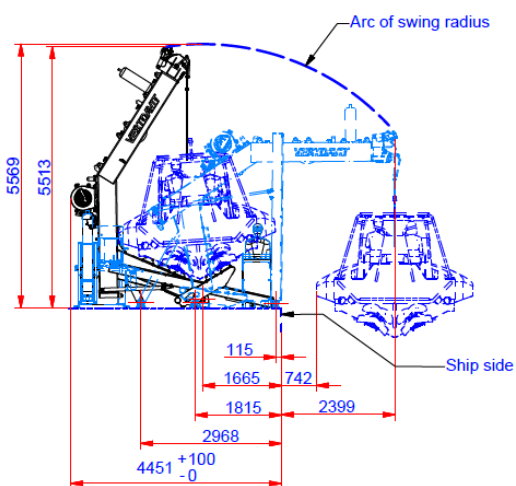
ref /6/



ref /6/



Estimat på projisert areal for MOB båt



ref /6/

MOB båt:

Lengde, MOB båt: $l_{MOB} := 8.75 \text{ m}$
 Bredde, MOB båt: $b_{MOB} := 3.3 \text{ m}$
 Høyde, estimert MOB båt: $h_{MOB.e} := 2.5 \text{ m}$

Areal, side MOB båt, forenklet: $A_{MOB.side} := l_{MOB} \cdot h_{MOB.e} = 21.88 \text{ m}^2$

Areal, bak/front MOB båt, forenklet: $A_{MOB.bak} := b_{MOB} \cdot h_{MOB.e} = 8.25 \text{ m}^2$

Davit:

Lengde, Davit: $l_{davit} := 4.45 \text{ m}$
 Bredde, Davit: $b_{davit} := 4.257 \text{ m}$
 Høyde, Davit: $h_{davit} := 5.569 \text{ m}$

Bjelke, davit bredde: $b_{bjelke} := 300 \text{ mm}$

Areal, estimert, side Davit:

Horisontale elementer: $A_{davit.horisontal} := l_{davit} \cdot b_{bjelke} \cdot 4 = 5.34 \text{ m}^2$

Vertikale elementer: $A_{davit.vertikal} := h_{davit} \cdot b_{bjelke} \cdot 2 = 3.34 \text{ m}^2$

Total Areal, estimert, side Davit: $A_{Tot.davit.side} := A_{davit.horisontal} + A_{davit.vertikal} = 8.68 \text{ m}^2$

Areal, estimert, bak/front Davit:

Horisontale elementer: $A_{davit.horisontal} := b_{davit} \cdot b_{bjelke} \cdot 3 = 3.83 \text{ m}^2$

Vertikale elementer: $A_{davit.vertikal} := h_{davit} \cdot b_{bjelke} \cdot 2 = 3.34 \text{ m}^2$

Total Areal, estimert, bak/front Davit: $A_{Tot.davit.bak} := A_{davit.horisontal} + A_{davit.vertikal} = 7.17 \text{ m}^2$

Vindkraft:

Formkoeffisient boks300: $C_{s.boks300} := 0.8$

Vindkraft: $F_W := C_s \cdot q \cdot S \cdot \sin(\alpha)$

Vindkraft, MOB side: $F_{W.MOB.side} := C_{s.boks300} \cdot q \cdot A_{MOB.side} \cdot \sin(\alpha) = 24.7 \text{ kN}$

Vindkraft, MOB bak/front: $F_{W.MOB.bak} := C_{s.boks300} \cdot q \cdot A_{MOB.bak} \cdot \sin(\alpha) = 9.31 \text{ kN}$

Vindkraft, Davit side: $F_{W.davit.side} := C_{s.boks300} \cdot q \cdot A_{Tot.davit.side} \cdot \sin(\alpha) = 9.8 \text{ kN}$

Vindkraft, Davit bak/front: $F_{W.davit.bak} := C_{s.boks300} \cdot q \cdot A_{Tot.davit.bak} \cdot \sin(\alpha) = 8.1 \text{ kN}$

Reduksjonsfaktor for overestimering: $C_{red.} := 0.8$

Vindkraft, Total MOB & Davit:

$$F_{W.MOB.davit} := (F_{W.MOB.side} + F_{W.MOB.bak} + F_{W.davit.side} + F_{W.davit.bak}) \cdot C_{red.} = 41.53 \text{ kN}$$

Islaster

Islaster er laster påført struktur fra isdannelse, denne skjer på grunn av sjøsprøyt. Islastene påfører vertikale laster på strukturen.

Isdannelse avhenger av beliggenhet. For Njord feltet, som ligger på breddegrad 64° N er det antatt moderat ising. Isingen som oppstår avhenger også av høyde over havet.

Referanser

/13/ NORSOK N-003:2017

Table A.3 – Ice actions from sea spray icing with annual probability of exceedance 10^{-2} (ULS)

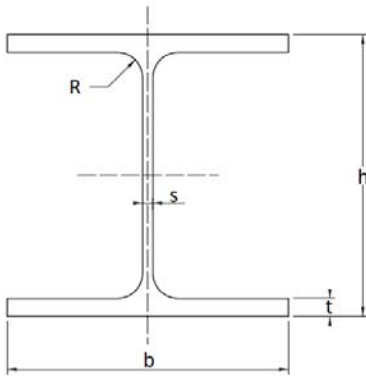
Height above Sea level m	Sea spray icing		Density kg/m ³
	56° N to 68° N mm	> 68° N	
0 to 5	Linear increase from 0 mm to 80 mm	Linear increase from 0 mm to 650 mm	900
5 to 10	80	Linear decrease from 650 mm to 150 mm	900
10 to 25	Linear reduction from 80 to 3	Linear decrease from 150 to 5 mm	900
Above 25	3	5 mm	900

Extreme icing will not occur at levels above and below 5 m above sea level simultaneously. Icing below 5 m will not occur in combination with extreme waves (ULS and ALS conditions)

ref /13/ Table A.3

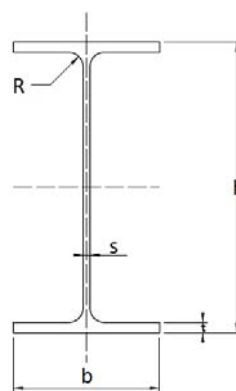
Profil

HEB 300



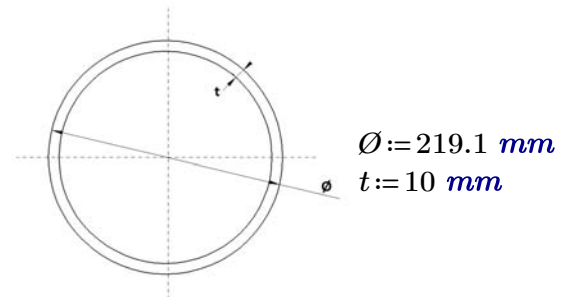
$h := 300 \text{ mm}$
 $b := 300 \text{ mm}$
 $s := 11 \text{ mm}$
 $t := 19 \text{ mm}$
 $R := 27 \text{ mm}$

IPE 300

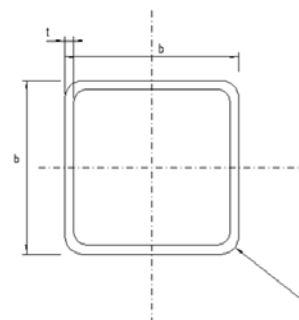


$h := 300 \text{ mm}$
 $b := 150 \text{ mm}$
 $s := 7.1 \text{ mm}$
 $t := 10.7 \text{ mm}$
 $R := 15 \text{ mm}$

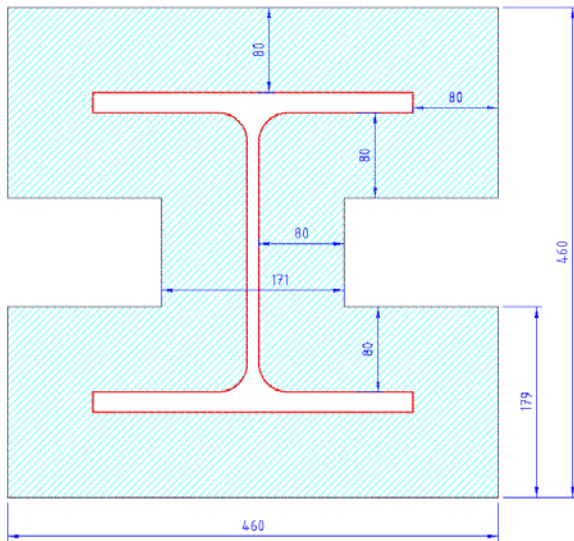
CHS219.1x10



SHS200x10



$b := 200 \text{ mm}$
 $t := 10 \text{ mm}$
 $R := 20 \text{ mm}$



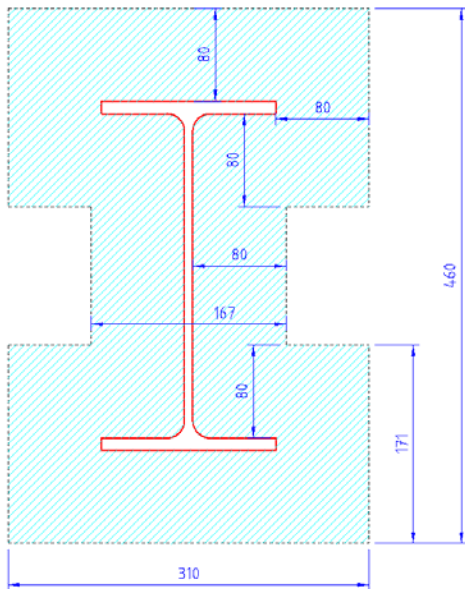
Illustrert maksimal isoppbygging rundt tversnittet av HEB300 bjelke

$$h_{is} := 460 \text{ mm}$$

$$b_{is} := 460 \text{ mm}$$

$$t_{is} := 179 \text{ mm}$$

$$s_{is} := 171 \text{ mm}$$



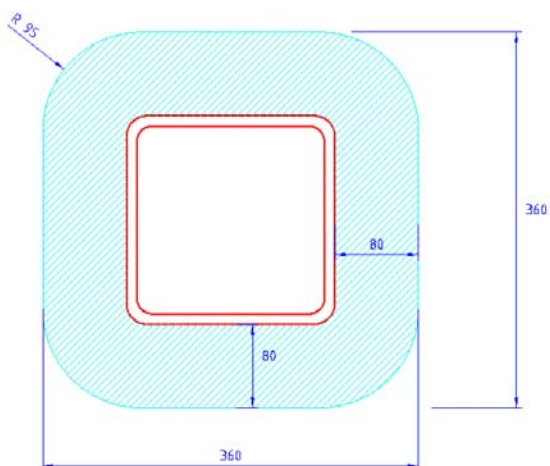
Illustrert maksimal isoppbygging rundt tversnittet av IPE300 bjelke

$$h_{IPE.is} := 460 \text{ mm}$$

$$b_{IPE.is} := 310 \text{ mm}$$

$$t_{IPE.is} := 171 \text{ mm}$$

$$s_{IPE.is} := 167 \text{ mm}$$

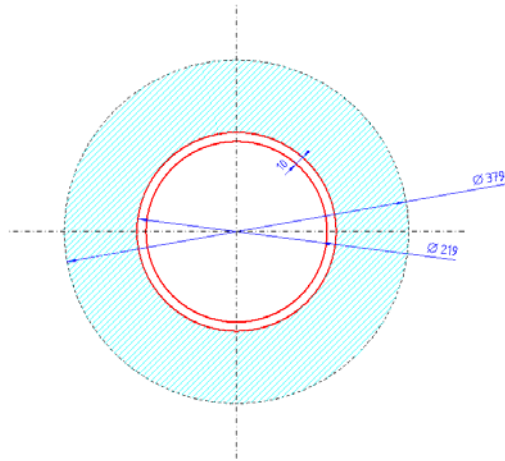


Illustrert maksimal isoppbygging rundt tversnittet av SHS200x10 profil

$$h_{SHS.is} := 360 \text{ mm}$$

$$b_{SHS.is} := 360 \text{ mm}$$

$$t_{SHS.is} := 80 \text{ mm}$$

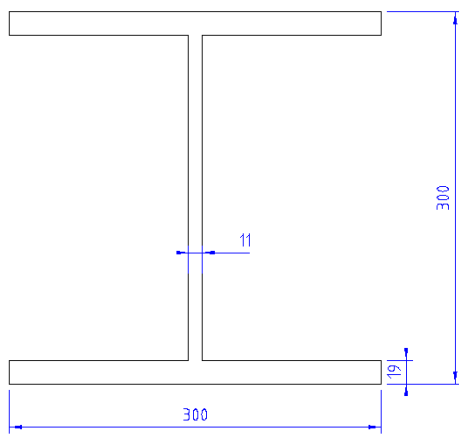


Illustrert maksimal isoppbygging rundt tversnittet av CHS219.1x10 profil

$$\varnothing_{is} := 379.1 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{CHS219.1x10} := 219.1 \text{ mm}$$

Forenkling av areal, for utregning av arealet av is rundt profil:



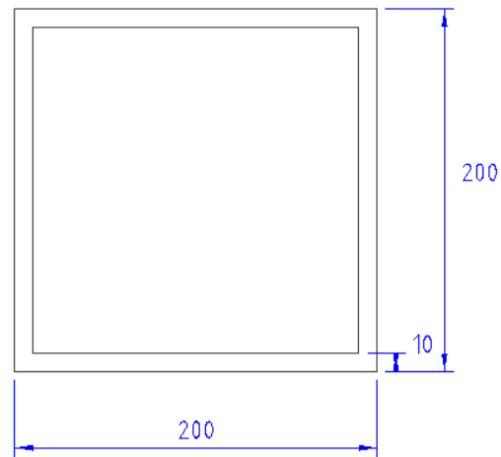
HEB 300

HEB300, Høyde: $h := 300 \text{ mm}$

HEB300, Bredde: $b := 300 \text{ mm}$

HEB300, Stegtykkelse: $s := 11 \text{ mm}$

HEB300, Flenstykkelse: $t := 19 \text{ mm}$



SHS200x10

SHS200x10, Høyde: $h := 200 \text{ mm}$

SHS200x10, Bredde: $b := 200 \text{ mm}$

SHS200x10, Tykkelse: $t := 10 \text{ mm}$

Maksimal isvekt

HEB 300

Areal HEB300, forenklet:

$$A_{HEB300} := b \cdot t \cdot 2 + (h - t \cdot 2) \cdot s = 142.82 \text{ cm}^2$$

Areal total, isoppbyggelse HEB300:

$$A_{tot.HEB300} := b_{is} \cdot t_{is} \cdot 2 + (h_{is} - t_{is} \cdot 2) \cdot s_{is} = (1.82 \cdot 10^3) \text{ cm}^2$$

Areal is HEB300, forenklet:

$$A_{is.HEB300} := A_{tot.HEB300} - A_{HEB300} = (1.68 \cdot 10^3) \text{ cm}^2$$

Tetthet, is:

$$\rho_{is} := 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

ref /13/ Table A.3

Masse, is rundt HEB300, per meter :

$$m_{is.HEB300} := \rho_{is} \cdot A_{is.HEB300} = 151.06 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

IPE 300

Areal IPE300, forenklet: $A_{IPE300} := b \cdot t \cdot 2 + (h - t \cdot 2) \cdot s = 51.88 \text{ cm}^2$

Areal total, isoppbyggelse IPE300:

$$A_{tot.IPE300} := b_{IPE.is} \cdot t_{IPE.is} \cdot 2 + (h_{IPE.is} - t_{IPE.is} \cdot 2) \cdot s_{IPE.is} = (1.26 \cdot 10^3) \text{ cm}^2$$

Areal is IPE300, forenklet: $A_{is.IPE300} := A_{tot.IPE300} - A_{IPE300} = (1.21 \cdot 10^3) \text{ cm}^2$

Tetthet, is: $\rho_{is} := 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Masse, is rundt IPE300, per meter : $m_{is.HEB300} := \rho_{is} \cdot A_{is.IPE300} = 108.48 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

SHS200x10

Areal SHS200x10, forenklet: $A_{SHS200x10} := b \cdot h = 400 \text{ cm}^2$

Areal total, isoppbyggelse SHS200x10: $A_{tot.SHS200x10} := b_{SHS.is} \cdot h_{SHS.is} = (1.3 \cdot 10^3) \text{ cm}^2$

Areal is SHS200x10, forenklet: $A_{is.SHS200x10} := A_{tot.SHS200x10} - A_{SHS200x10} = 896 \text{ cm}^2$

Tetthet, is: $\rho_{is} := 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Masse, is rundt SHS200x10, per meter: $m_{is.SHS200x10} := \rho_{is} \cdot A_{is.SHS200x10} = 80.64 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

CHS219.1x10

Areal CHS219.1x10: $A_{CHS219.1x10} := \pi \cdot \left(\frac{\emptyset_{CHS219.1x10}}{2} \right)^2 = 377.03 \text{ cm}^2$

Areal total, isoppbyggelse CHS219.1x10: $A_{tot.CHS219.1x10} := \pi \cdot \left(\frac{\emptyset_{is}}{2} \right)^2 = (1.13 \cdot 10^3) \text{ cm}^2$

Areal is CHS219.1x10: $A_{is.CHS219.1x10} := A_{tot.CHS219.1x10} - A_{CHS219.1x10} = 751.72 \text{ cm}^2$

Masse, is rundt CHS219.1x10, per meter: $m_{is.CHS219.1x10} := \rho_{is} \cdot A_{is.CHS219.1x10} = 67.65 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

Interpolering for å finne istykkelse av lineær isdannelse

Istykkelse, maksimum: $f_1 := 80 \text{ mm}$
ref /13/ Table A.3

Istykkelse, minimum: $f_2 := 3 \text{ mm}$
ref /13/ Table A.3

Høyde over havflaten, maksimum: $x_2 := 25 \text{ m}$
ref /13/ Table A.3

Høyde over havflaten, minimum: $x_1 := 10 \text{ m}$
ref /13/ Table A.3

Høyde tilkomstplattform, dekk: $z_1 := 18.5 \text{ m}$

Høyde tilkomstplattform, middel: $z_2 := 15.88 \text{ m}$

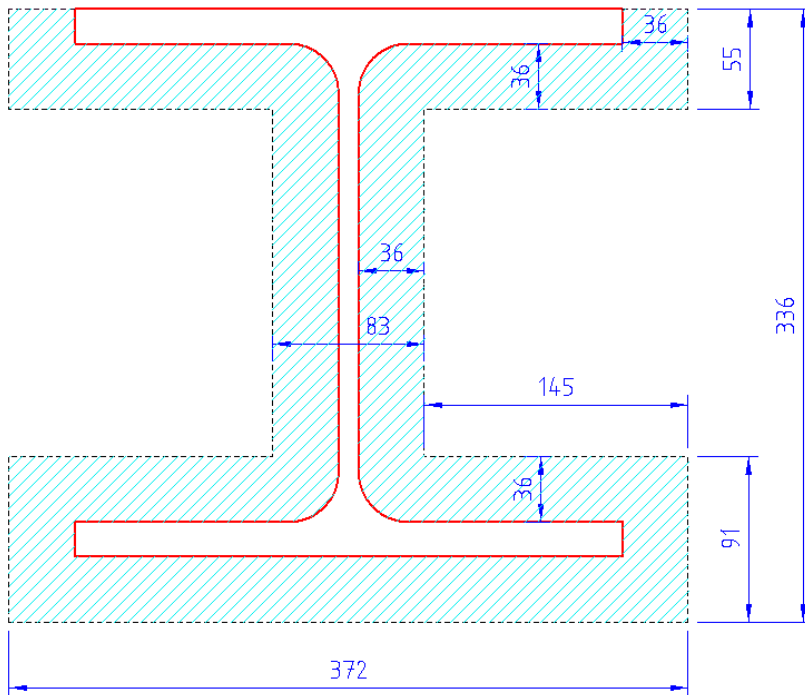
Interpoleringsformel:
$$f(x) := f_1 + (f_2 - f_1) \left(\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \right)$$

Istykkelse, ved 18.5 meter over havflaten:
$$f_{18.5} := f_1 + (f_2 - f_1) \left(\frac{z_1 - x_1}{x_2 - x_1} \right) = 36.37 \text{ mm}$$

Istykkelse, ved 15.88 meter over havflaten:
$$f_{15.88} := f_1 + (f_2 - f_1) \left(\frac{z_2 - x_1}{x_2 - x_1} \right) = 49.82 \text{ mm}$$

Isvekt ved 18.5 m høyde over havflaten

HEB 300



Illustrert isoppbygging rundt tversnittet av HEB300 bjelke ved høyde 18.5 m over havflaten. Toppflens vil ikke få is på oversiden, da den er festet under plater.

$$h_{is} := 336 \text{ mm}$$

$$b_{is} := 372 \text{ mm}$$

$$t_{is} := 91 \text{ mm}$$

$$s_{is} := 83 \text{ mm}$$

Areal HEB300, forenklet:

$$A_{HEB300} := b \cdot t \cdot 2 + (h - t \cdot 2) \cdot s = 142.82 \text{ cm}^2$$

Areal total, isoppbyggelse HEB300:

$$A_{tot.HEB300} := h_{is} \cdot b_{is} - (190 \text{ mm} \cdot 145 \text{ mm}) \cdot 2 = 698.92 \text{ cm}^2$$

Areal is HEB300, forenklet:

$$A_{is.HEB300} := A_{tot.HEB300} - A_{HEB300} = 556.1 \text{ cm}^2$$

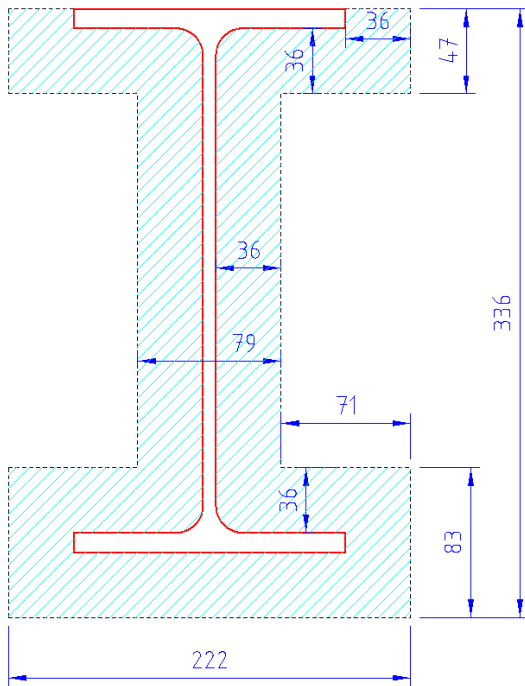
Tetthet, is:

$$\rho_{is} := 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Masse, is rundt HEB300 :

$$m_{is.HEB300} := \rho_{is} \cdot A_{is.HEB300} = 50.05 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

IPE 300



Illustrert isoppbygging rundt tversnittet av IPE300 bjelke ved høyde 18.5 m over havflaten. Toppflens vil ikke få is på oversiden, da den er festet under plater.

	IPE 300
$h_{is} := 372 \text{ mm}$	$h := 300 \text{ mm}$
$b_{is} := 222 \text{ mm}$	$b := 150 \text{ mm}$
$t_{is} := 83 \text{ mm}$	$s := 7.1 \text{ mm}$
$s_{is} := 79 \text{ mm}$	$t := 10.7 \text{ mm}$
	$R := 15 \text{ mm}$

Areal IPE300, forenklet:

$$A_{IPE300} := b \cdot t \cdot 2 + (h - t \cdot 2) \cdot s = 51.88 \text{ cm}^2$$

Areal total, isoppbyggelse IPE300:

$$A_{tot.IPE300} := b_{is} \cdot t_{is} \cdot 2 + (h_{is} - t_{is} \cdot 2) \cdot s_{is} = 531.26 \text{ cm}^2$$

Areal is IPE300, forenklet:

$$A_{is.IPE300} := A_{tot.IPE300} - A_{IPE300} = 479.38 \text{ cm}^2$$

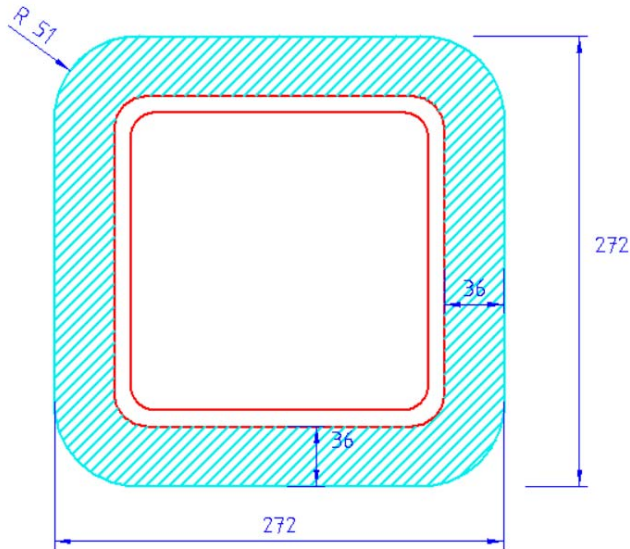
Tetthet, is:

$$\rho_{is} := 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Masse, is rundt IPE300 :

$$m_{is.IPE300} := \rho_{is} \cdot A_{is.IPE300} = 43.14 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

SHS200x10



Illustrert isoppbygging rundt tversnittet av SHS200x10 profil ved høyde 18.5 m over havflaten

	SHS200x10
$h_{is} := 272 \text{ mm}$	$h := 200 \text{ mm}$
$b_{is} := 272 \text{ mm}$	$b := 200 \text{ mm}$
$t_{is} := 36 \text{ mm}$	$t := 10 \text{ mm}$

Areal SHS200x10, forenklet:

$$A_{SHS200x10} := b \cdot h = 400 \text{ cm}^2$$

Areal total, isoppbyggelse SHS200x10:

$$A_{tot.SHS200x10} := b_{is} \cdot h_{is} = 739.84 \text{ cm}^2$$

Areal is SHS200x10, forenklet:

$$A_{is.SHS200x10} := A_{tot.SHS200x10} - A_{SHS200x10} = 339.84 \text{ cm}^2$$

Tetthet, is:

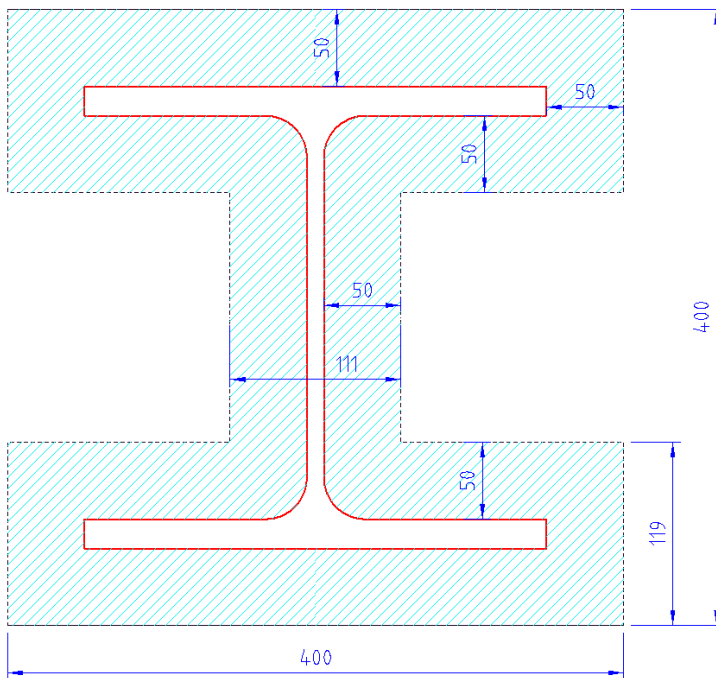
$$\rho_{is} := 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Masse, is rundt SHS200x10:

$$m_{is.SHS200x10} := \rho_{is} \cdot A_{is.SHS200x10} = 30.59 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Isvekt ved 15.88 m høyde over havflaten

HEB 300



Illustrert isoppbygging rundt tversnittet av HEB300 bjelke ved høyde 15.88 m over havflaten

HEB 300	
$h_{is} := 400 \text{ mm}$	$h := 300 \text{ mm}$
$b_{is} := 400 \text{ mm}$	$b := 300 \text{ mm}$
$t_{is} := 119 \text{ mm}$	$s := 11 \text{ mm}$
$s_{is} := 111 \text{ mm}$	$t := 19 \text{ mm}$
	$R := 27 \text{ mm}$

Areal HEB300, forenklet:

$$A_{HEB300} := b \cdot t \cdot 2 + (h - t \cdot 2) \cdot s = 142.82 \text{ cm}^2$$

Areal total, isoppbyggelse HEB300:

$$A_{tot.HEB300} := b_{is} \cdot t_{is} \cdot 2 + (h_{is} - t_{is} \cdot 2) \cdot s_{is} = (1.13 \cdot 10^3) \text{ cm}^2$$

Areal is HB300, forenklet:

$$A_{is.HEB300} := A_{tot.HEB300} - A_{HEB300} = 989 \text{ cm}^2$$

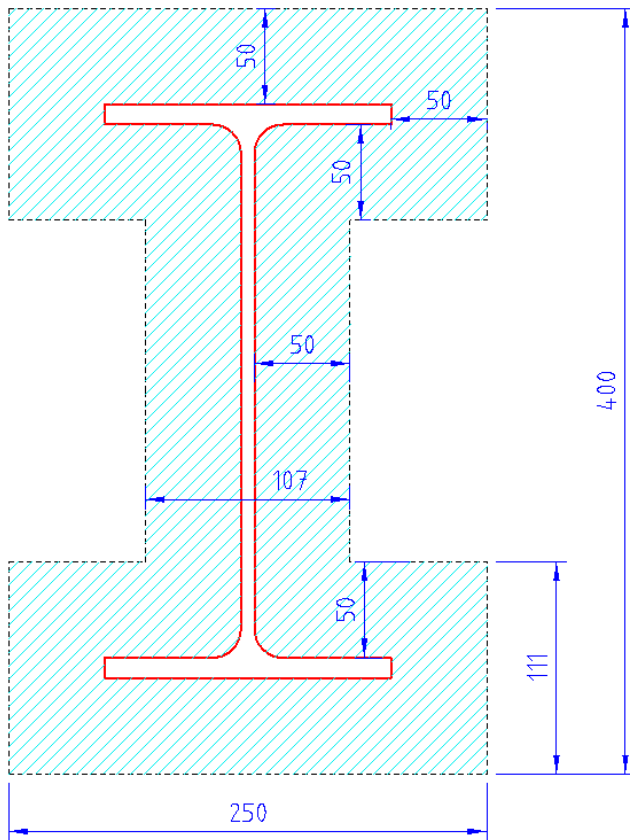
Tetthet, is:

$$\rho_{is} := 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Masse, is rundt HEB300 :

$$m_{is.HEB300} := \rho_{is} \cdot A_{is.HEB300} = 89.01 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

IPE 300



Illustrert isoppbygging rundt tversnittet av IPE300 bjelke ved høyde 15.88 m over havflaten

IPE 300	
$h_{is} := 400 \text{ mm}$	$h := 300 \text{ mm}$
$b_{is} := 250 \text{ mm}$	$b := 150 \text{ mm}$
$t_{is} := 111 \text{ mm}$	$s := 7.1 \text{ mm}$
$s_{is} := 107 \text{ mm}$	$t := 10.7 \text{ mm}$
	$R := 15 \text{ mm}$

Areal IPE300, forenklet:

$$A_{IPE300} := b \cdot t \cdot 2 + (h - t \cdot 2) \cdot s = 51.88 \text{ cm}^2$$

Areal total, isoppbygging IPE300:

$$A_{tot.IPE300} := b_{is} \cdot t_{is} \cdot 2 + (h_{is} - t_{is} \cdot 2) \cdot s_{is} = 745.46 \text{ cm}^2$$

Areal is IPE300, forenklet:

$$A_{is.IPE300} := A_{tot.IPE300} - A_{IPE300} = 693.58 \text{ cm}^2$$

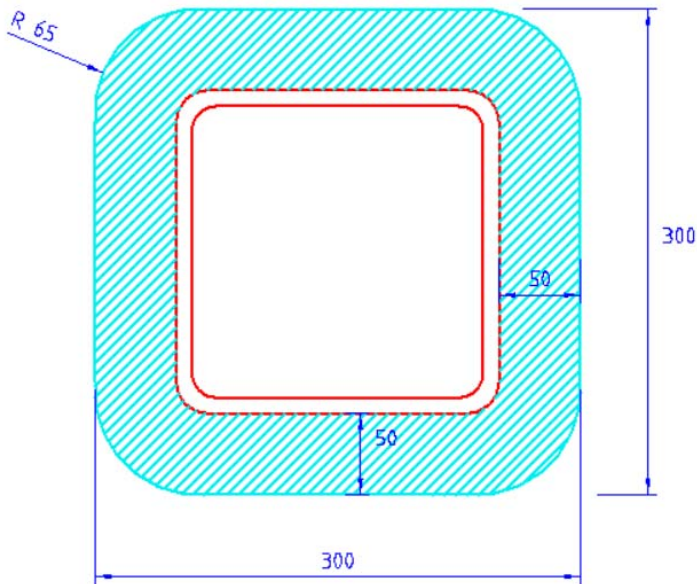
Tetthet, is:

$$\rho_{is} := 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Masse, is rundt IPE300 :

$$m_{is.IPE300} := \rho_{is} \cdot A_{is.IPE300} = 62.42 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

SHS200x10



Illustrert isoppbygging rundt tversnittet av SHS200x10 profil ved høyde 15.88 m over havflaten

SHS200x10	
$h_{is} := 300 \text{ mm}$	$h := 200 \text{ mm}$
$b_{is} := 300 \text{ mm}$	$b := 200 \text{ mm}$
$t_{is} := 50 \text{ mm}$	$t := 10 \text{ mm}$

Areal SHS200x10, forenklet:

$$A_{SHS200x10} := b \cdot h = 400 \text{ cm}^2$$

Areal total, isoppbyggelse SHS200x10:

$$A_{tot.SHS200x10} := b_{is} \cdot h_{is} = 900 \text{ cm}^2$$

Areal is SHS200x10, forenklet:

$$A_{is.SHS200x10} := A_{tot.SHS200x10} - A_{SHS200x10} = 500 \text{ cm}^2$$

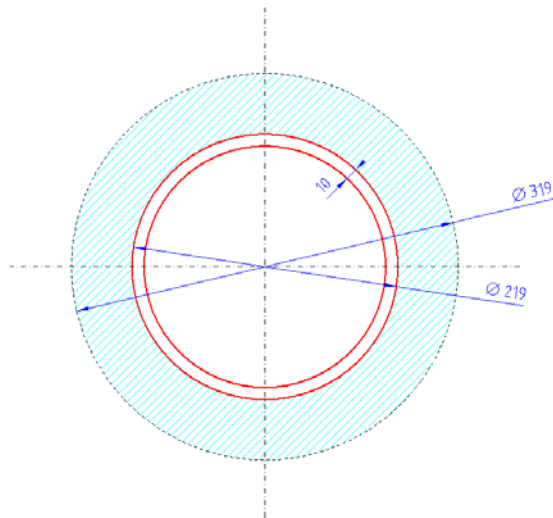
Tetthet, is:

$$\rho_{is} := 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Masse, is rundt SHS200x10:

$$m_{is.SHS200x10} := \rho_{is} \cdot A_{is.SHS200x10} = 45 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

CHS219.1x10



Illustrert isoppbygging rundt tversnittet av CHS219.1x10 profil ved høyde 15.88 m over havflaten

$$\varnothing_{is} := 319.1 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{CHS219.1x10} := 219.1 \text{ mm}$$

Areal CHS219.1x10:

$$A_{CHS219.1x10} := \pi \cdot \left(\frac{\varnothing_{CHS219.1x10}}{2} \right)^2 = 377.03 \text{ cm}^2$$

Areal total, isoppbygging
CHS219.1x10:

$$A_{tot.CHS219.1x10} := \pi \cdot \left(\frac{\varnothing_{is}}{2} \right)^2 = 799.73 \text{ cm}^2$$

Areal is CHS219.1x10:

$$A_{is.CHS219.1x10} := A_{tot.CHS219.1x10} - A_{CHS219.1x10} = 422.7 \text{ cm}^2$$

Masse, is rundt CHS219.1x10:

$$m_{is.CHS219.1x10} := \rho_{is} \cdot A_{is.CHS219.1x10} = 38.04 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Isvekt på dekkareal av MOB tilkomstplattform

Lengde, dekk:

$$l_{dekk} := 11.2 \text{ m}$$

Bredde, dekk:

$$b_{dekk} := 5.6 \text{ m}$$

Areal, dekk:

$$A_{dekk} := l_{dekk} \cdot b_{dekk} = 62.72 \text{ m}^2$$

Volum is, dekk:

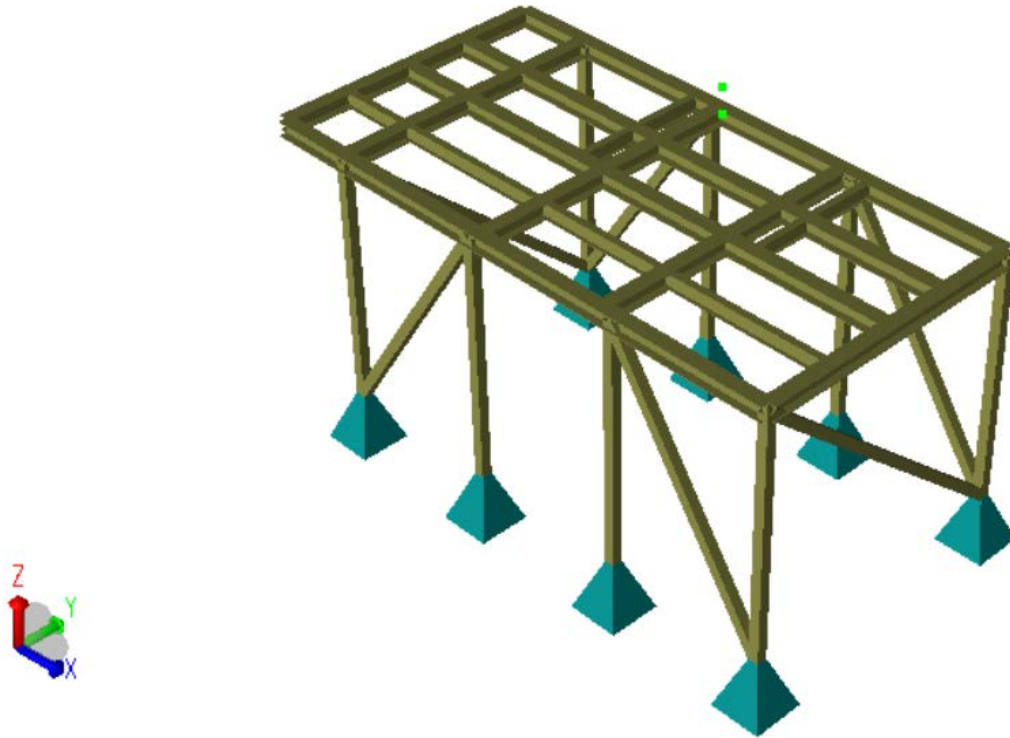
$$V_{is.dekk} := A_{dekk} \cdot f_{18.5} = 2.28 \text{ m}^3$$

Masse, is overflate dekk:

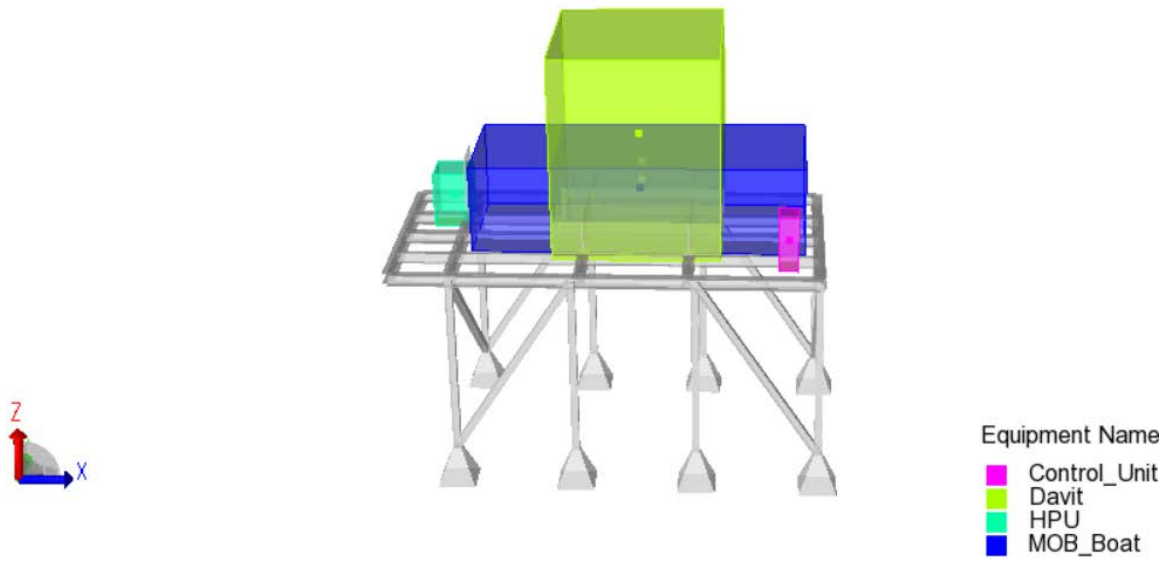
$$m_{is.dekk} := \rho_{is} \cdot V_{is.dekk} = (2.05 \cdot 10^3) \text{ kg}$$

7 Strukturanalyse

7.1 Modell

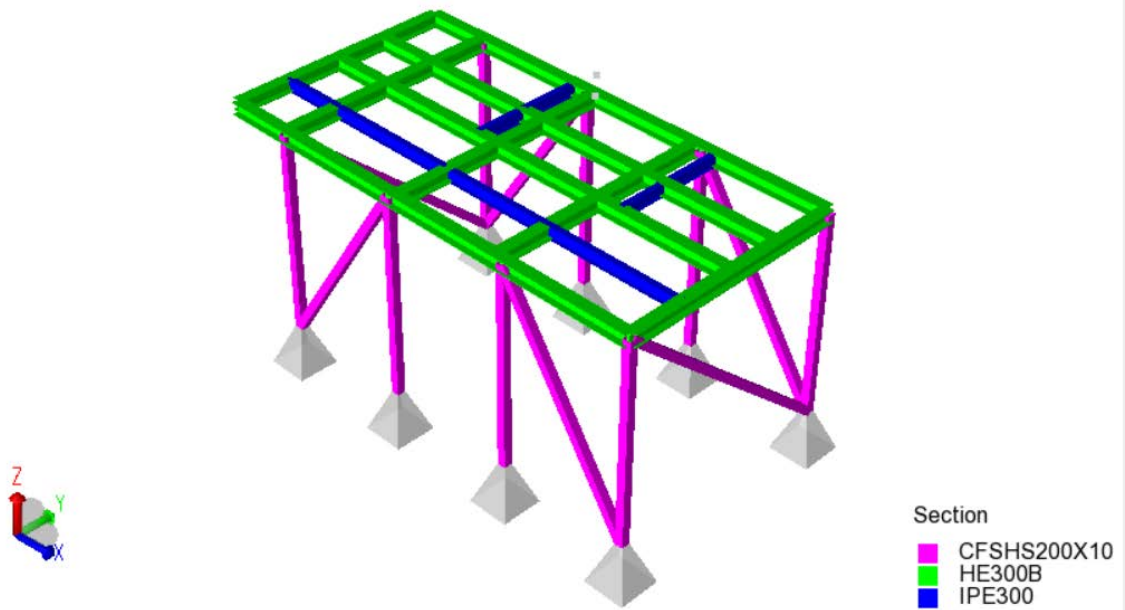


Figur 27 Modell fra DNVGL Genie



Figur 28 Illustrasjon fra Genie av utstyrsveker og plassering

7.2 Bjelke modul



Figur 29 De ulike bjelkeprofiler fargekodet

7.3 Laster

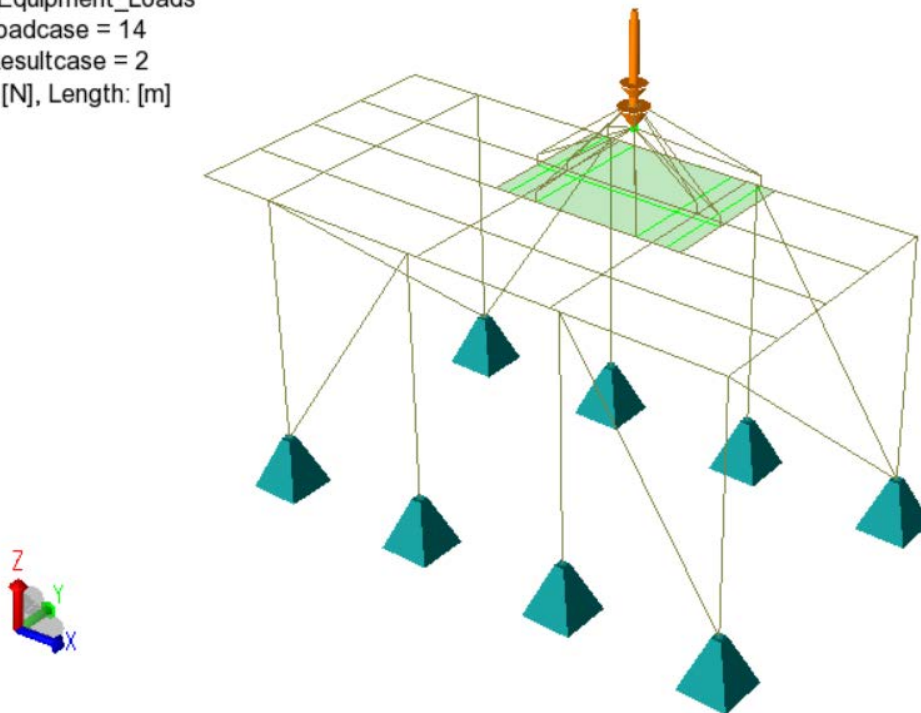
Lasttilfeller	FEM Loadcase	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	m/s ²
LC1_Selfweight_Loads	1			184	
LC2_Acc_Xpositive_Full_Load	2	1.56			x
LC3_Acc_Xnegative_Full_Load	3	-1.56			x
LC3_Acc_Ypositive_Full_Load	4		4.58		x
LC3_Acc_Ynegative_Full_Load	5		-4.58		x
LC3_Acc_Zpositive_Full_Load	6			2.92	x
LC3_Acc_Znegative_Full_Load	7			-2.92	x
LC14_Equipment_Loads	14			-100.83	
LC15_Live_Load	15			-258	
LC16_Wind_Loads_Xpositive	16	65			
LC17_Wind_Load_Xnegative	17	-65			
LC18_Wind_Load_Ypositive	18		81.4		
LC19_Wind_Load_Ynegative	19		-81.4		
LC21_Ice_Loads	21			110	
LC23_Operational_Loads_Davit	23	+208,4	130/-150	586/-342	

7.3.1 Utstyrslaster

Utstyrslaster er last av davit og last av MOB båt som påføres strukturen i vertikal retning. Måten dette er utført i analysen er at det har blitt satt opp «dummy-beams» som er støtteelementer som sørger for at lastene fordeles slik de skal i strukturen. Dummy beams er innsatt med materialegenskap der de har en tetthet på 0 kg/m³. Dette gjøres for at de ikke skal inngå som elementer i modellen når analysen kjøres, da de ikke kan oppta krefter.

Måten utstyrslastene fordeles ned i fotpunktene for davit, er ved å påføre to punktaster, en for massen av MOB båten, og en for massen av davit. Disse settes så på tyngdepunktet (COG – Centre of Gravity) lasten tilhører. Ettersom MOB båten støttes i Davit, ligger tyngdepunktet for denne noe høyere enn tyngdepunktet for davit. Lastene vil så gå via «dummy-beams» og ned i fotpunktene for davit, før de spres på bjelkene de understøttes av.

MOB_Boat_Access_Platform_SHS200
Analysis2
LC14_Equipment_Loads
FEM Loadcase = 14
FEM Resultcase = 2
Force: [N], Length: [m]

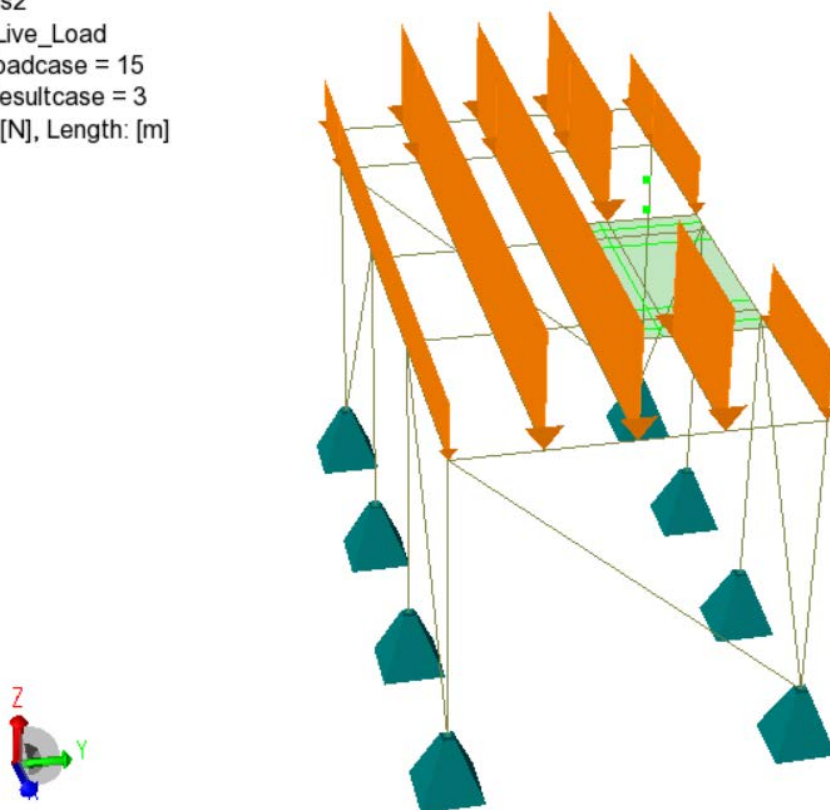


Figur 30 Utstyrlaster, MOB og Davit påført som punktlaster

7.3.2 Nyttelaster

Nyttelaster er laster som påføres struktur for å ta høyde for tillegg i form av mannskap, utstyr etc. Det er benyttet en nyttelast på 5 kN/m som jevnt fordelt last på bjelkeelementene i dekket av tilkomstplattformen. Området for davit er ekskludert fra påkjenning av nyttelast. I Figur 30 under er disse lastene representert som linjelaster fordelt over bjelkeelementene.

MOB_Boat_Access_Platform_SHS200
 Analysis2
 LC15_Live_Load
 FEM Loadcase = 15
 FEM Resultcase = 3
 Force: [N], Length: [m]



Figur 31 Nyttelaster, ekskludert område for davit

7.3.3 Skipsaksellerasjoner

Skipets aksellerasjoner er målte data for båten, og disse er gitt fra Aibel til bruk i analysen av tilkomstplattformen [8]. I analysemodellen vil de ikke være synlige på modellen, men de er gitt som input i sine respektive retninger og påført modellen. Liksom egenvekten er påkjent modellen som en egenskap og ikke i form av synlig påkjente krefter.

Acceleration component	Ballast condition & 30° of head sea	Full load condition & 30° of head sea
Longitudinal, a_x	1.56 m/s ²	1.42 m/s ²
Transverse, a_y	3.21 m/s ²	1.64 m/s ²
Vertical, a_z	2.47 m/s ²	2.21 m/s ²

Table 5-3 100 year extreme accelerations for MOB boat platform – 90% percentile values

Tabell 8 Målte data for skipsaksellerasjoner

Acceleration component	Ballast condition & 30° of head sea	Full load condition & 30° of head sea
Longitudinal, a_x	1.56 m/s ²	1.42 m/s ²
Transverse, a_y	4.58 m/s ²	4.58 m/s ²
Vertical, a_z	2.82 m/s ²	2.92 m/s ²
Gravity, g	9.81 m/s ²	9.81 m/s ²

Table 5-4 Design accelerations

Tabell 9 Oppgitte skipsaksellerasjoner for design

Det er tatt i betraktning at det jevnt over er høyere akselerasjoner da skipet er i ballastkonisjon. Dette fordi det har lavere dypgang i sjøen. Det er gjort konservative betraktninger ved å tilføye de høyeste akselerasjonene i beregning og analysen. Dette gjør at man får tatt høyde for det minst gunstige utfallet.

7.3.4 Vindlaster

Laster påført av vind er utelukkende i en retning. Dermed må også dette gjenspeiles i analysen, hvor vinden bare påføres strukturen i en retning av gangen. Vindlaster inntreffer på bjelkene enten inn fra siden på steget, eller mot flensflaten. Det inngår også formfaktor for vindlast avhengig av profiltipe. (Se håndberegninger fra MathCad)

Vindlastene har full styrke i hver himmelretning, nord, sør, vest og øst. Om vinden skulle inntreffe «på skrå» vil den beregnes som en vektorsummasjon av to hovedkomponenter. Om den inntreffer midt mellom nord og vest, 45 grader på strukturen, vil vindens styrke skaleres med faktor 0.707 for x-retning og for y-retning [8] - Figure 5.6. Vinden i z-retning neglisjeres i denne oppgaven, da man ikke tillegger disse kreftene som dimensjonerende for konstruksjonen.

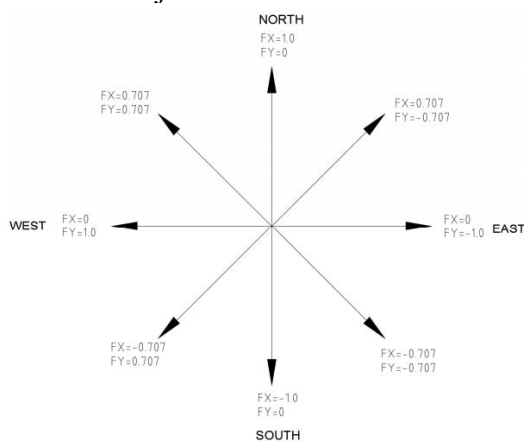
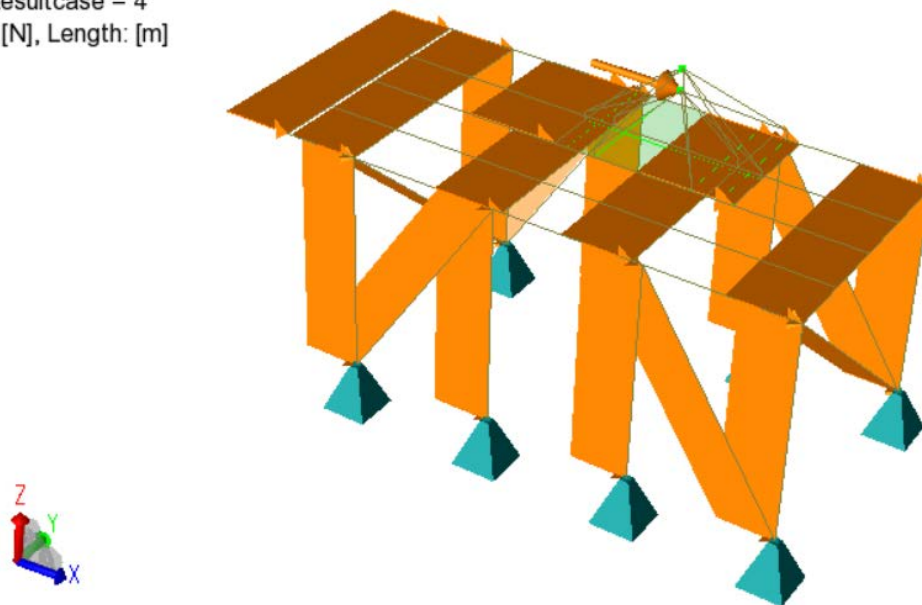


Figure 5.6: Factorization for combination of wind loads

Figur 32 Faktorisering av kombinasjoner av vindlaster

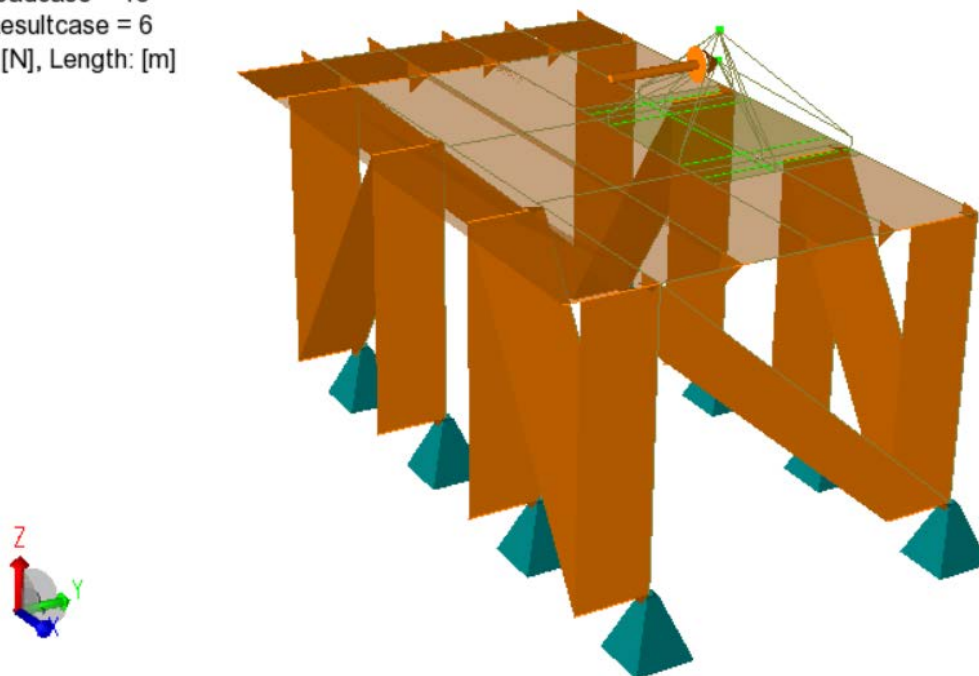
Figurene under (Figur 32 og 33) viser hvordan vindlaster er påført strukturen i positiv x-retning og positiv y-retning samt vindlast i form av punktlast på tyngdepunktet (COG) av Davit. Ved å påføre vindlasten slik i en punktlast, er den beregnede vindlasten for davit og MOB båt slått sammen til en vindlast. Dette fordi vinden som inntreffer MOB båten vil forplantes videre ned i davit. Dette vil da gi ett korrekt bilde på vinden som inntreffer på davit og MOB båt. For bjelkene er vindlastene lagt inn som linjelaster som virker over hele bjelken. Det er også her gjort en konservativ tilnærming, da det i realiteten vil være dempnings effekter som gjør at man ikke vil få full styrke av vinden på alle bjelkeelementer.

MOB_Boat_Access_Platform_SHS200
Analysis2
LC16_Wind_Loads_Xpositive
FEM Loadcase = 16
FEM Resultcase = 4
Force: [N], Length: [m]



Figur 33 Vindlaster langsips (positiv x-retning)

MOB_Boat_Access_Platform_SHS200
Analysis2
LC18_Wind_Load_Ypositive
FEM Loadcase = 18
FEM Resultcase = 6
Force: [N], Length: [m]



Figur 34 Vindlaster tverrsips (positiv y-retning)

7.3.5 Islaster

Islaster er påført strukturen i vertikal retning. Dette er representert i analysemodellen som linjelaster, slik at vekten av is er jevnt fordelt over lengden av bjelkeelementene. Det er også benyttet utstyr «boks» som er en grålig gjennomsiktig boks som dekker plattformdekket. Denne er der for å illustrere islaget som vil dannes på selve dekket på toppen av tilkomstplattformen. Denne påkjerner strukturen med en jevnt fordelt masse utover strukturen som vil være tilfellet ved en slik isdannelse over plattformdekket. (Se figur 34)

Islaster påført de vertikale søyler og diagonale stag er lineær, det vil si at den er størst i bunn og blir gradvis mindre opp til ett minimum i toppen.

MOB_Boat_Access_Platform_SHS200

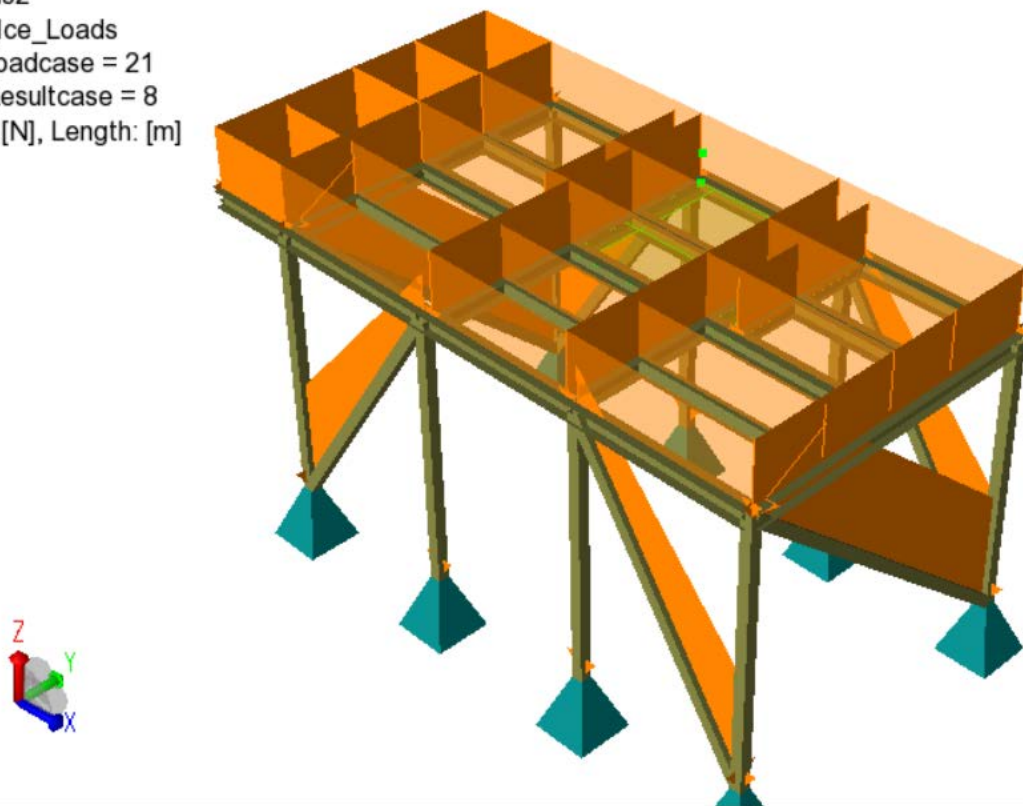
Analysis2

LC21_Ice_Loads

FEM Loadcase = 21

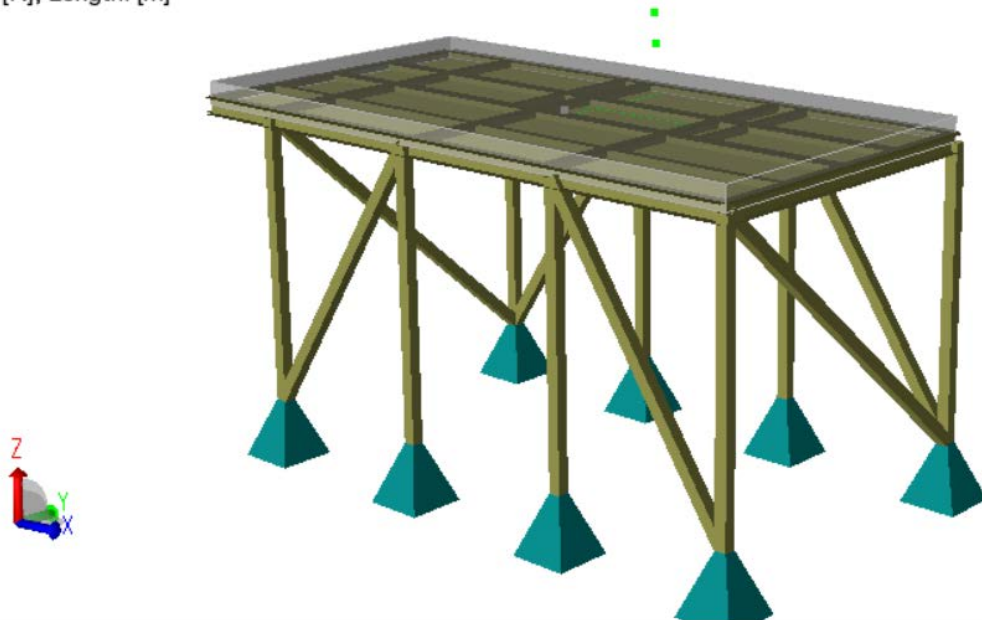
FEM Resultcase = 8

Force: [N], Length: [m]



Figur 35 Islaster påført som linjelaster

MOB_Boat_Access_Platform_SHS200
 Analysis2
 LC21_Ice_Loads
 FEM Loadcase = 21
 FEM Resultcase = 8
 Force: [N], Length: [m]



Figur 36 Islast for plattformdekket er lagt inn som equipment load, jevnt fordelt over dekkarealet

7.3.6 Operasjonslaster fra Davit

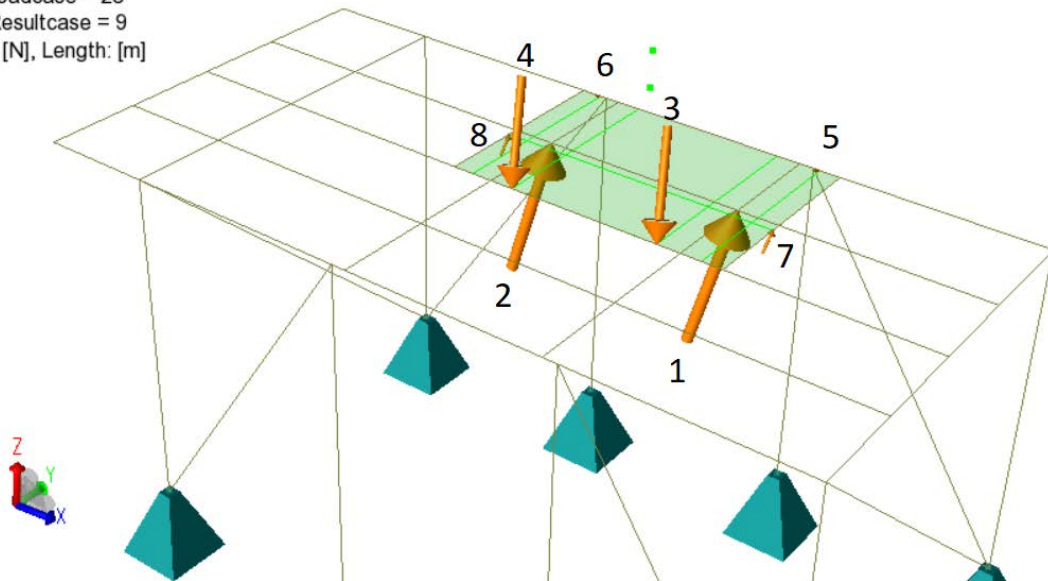
Operasjonslastene fra davit er beregnet og oppgitt fra produsent. Dette er lastkondisjon hvor MOB båt henger i davit. Kraftene vil forplantes i fotpunktene eller innfestingene av daviten. Det er totalt 8 innfestinger, og disse ligger parallelt i par, med 4 på hver side. Det ser man også ved at kraftene er like for disse parene. De største kraftene finner man i fotpunkt 1 og 2.

STATIC REACTION FORCES FOR DAVIT AT +20° HEEL AND ±10° TRIM AT LAUNCHING POSITION		
LOADS AT SUPPORTS:		
1	$F_x = 32 \text{ kN}$ $F_y = 255 \text{ kN}$ $F_z = \pm 55 \text{ kN}$	2
4	$F_x = -75 \text{ kN}$ $F_y = -163 \text{ kN}$ $F_z = \pm 40 \text{ kN}$	3
7	$F_x = 14 \text{ kN}$ $F_y = 38 \text{ kN}$ $F_z = \pm 7,2 \text{ kN}$	6
	8	9
	$F_x = 19 \text{ kN}$ $F_y = -8 \text{ kN}$ $F_z = \pm 2 \text{ kN}$	$F_x = -75 \text{ kN}$ $F_y = -163 \text{ kN}$ $F_z = \pm 40 \text{ kN}$
	$F_x = 14 \text{ kN}$ $F_y = 38 \text{ kN}$ $F_z = \pm 7,2 \text{ kN}$	$F_x = 19 \text{ kN}$ $F_y = -8 \text{ kN}$ $F_z = \pm 2 \text{ kN}$
		$F_x = \text{N/A kN}$ $F_y = \text{N/A kN}$ $F_z = \text{N/A kN}$

- Tolerance for loads: ±10% of values in table
 - Static forces not including dynamic coefficient

Figur 37 Reaksjoner på fotpunkter fra produsent, Vestdavit [6]

MOB_Boat_Access_Platform_SHS200
Analysis2
LC23_Operational_Loads_Davit
FEM Loadcase = 23
FEM Resultcase = 9
Force: [N], Length: [m]



Figur 38 Operasjonslaster fra davit

7.3.7 Oppsummering av håndberegninger

Håndberegningene har dannet grunnlaget for analysen, og det ble beregnet samtlige laster som skulle tilføyes analysen på forhånd. Ettersom det har vært gjort endringer i design underveis, så har også håndberegningene gått gjennom modifikasjoner eller nye beregninger for å ta høyde for endringene. Det ble bestemt at beregningene for elementer som ble skiftet ut senere i designfasen forble oppført, ettersom dette gir rom for å nytte disse i liknende analyser eller muliggjør at man kan bytte elementer og sparer endel beregninger da de allerede er utført.

Dette gjelder spesielt i utforming av islaster og vindlaster, da profilvalg og lengde på bjelkene vil være bestemmende for beregningene. En endring vil gjøre at man må gjøre de på nytt. Dette ble tilfellet, da elementer ble fjernet eller flyttet. Først var strukturen dimensjonert med HEB300 bjelker som vertikale søyler med IPE300 profiler som diagonale stag. Det ble bestemt i samarbeid med ekstern veileder at disse med fordel kunne skiftes ut med SHS profiler. Det ble gjort, og håndberegningene har i etterkant gjennomgått de nødvendige endringene og tillegg som krevdes for utbytting av disse elementene i strukturen.

7.4 Lastkombinasjoner

Lastkombinasjoner tillegges analysen for å variere de ulike enkeltlastene som virker sammen på strukturen. Det er ønsket å sjekke konstruksjonen i flere retninger, og påføre lastefaktorer etter hvilken tilstand man ønsker å se på. Man skiller mellom de permanente laster, variable laster og miljølaster. Dette gjøres først ved å sette opp alle lastene i enkelte lasttilfeller, for så å sette dem inn i lastkombinasjoner. Totalt har det blitt satt opp 32 lastkombinasjoner i denne analysen. 16 for ULS – a og 16 for ULS – b tilstand.

Man sjekker først lastene for de 4 himmelretningene samtidig som man beholder de vertikale kreftene, og får dermed 4 lastekombinasjoner for hver av retningene. Deretter varierer man ved å komponere for å se på tilfeller der lastene inntreffer midt mellom to himmelretninger. Eksempelvis sør-øst eller nord-vest. Dette gjøres på samme måte som angitt på figur 31 – for faktorisering av vind (Se delkapittel 7.4.4). Man får da 4 nye lastekombinasjoner fra å komponere. Til slutt endres skipsakselerasjonen i z-retning, ved å variere fortegnet slik at man ser på skipsakselerasjon i motsatt retning. Vindlastene og skipsakselerasjonene i x- og y-retning varieres slik som i de førte 8 lastekombinasjonene. Etter dette er gjort, sitter man igjen med 16 lastekombinasjoner. Totalt 8 med skipsakselerasjon i positiv z-retning og 8 med skipsakselerasjon i negativ z-retning. Neste steg er å se på tilstand 2, ULS – b, hvor man gjør de samme stegene som for ULS - a, bare at det nå er snakk om andre lastfaktorer som benyttes i lastekombinasjonene [9] (Seksjon 4.4).

Name	Description	FEM Loadcase
LC1_Selfweight_Loads	LoadCase	1
LC2_Acc_Xpositive_Full_Load	LoadCase	2
LC3_Acc_Xnegative_Full_Load	LoadCase	3
LC4_Acc_Ypositive_Full_Load	LoadCase	4
LC5_Acc_Ynegative_Full_Load	LoadCase	5
LC6_Acc_Zpositive_Full_Load	LoadCase	6
LC7_Acc_Znegative_Full_Load	LoadCase	7
LC8_Acc_Xpositive_Ballast	LoadCase	8
LC9_Acc_Xnegative_Ballast	LoadCase	9
LC10_Acc_Ypositive_Ballast	LoadCase	10
LC11_Acc_Ynegative_Ballast	LoadCase	11
LC12_Acc_Zpositive_Ballast	LoadCase	12
LC13_Acc_Znegative_Ballast	LoadCase	13
LC14_Equipment_Loads	LoadCase	14
LC15_Live_Load	LoadCase	15
LC16_Wind_Loads_Xpositive	LoadCase	16
LC17_Wind_Load_Xnegative	LoadCase	17
LC18_Wind_Load_Ypositive	LoadCase	18
LC19_Wind_Load_Ynegative	LoadCase	19
LC20_Wind_Load_Zpositive	LoadCase	20
LC21_Ice_Loads	LoadCase	21

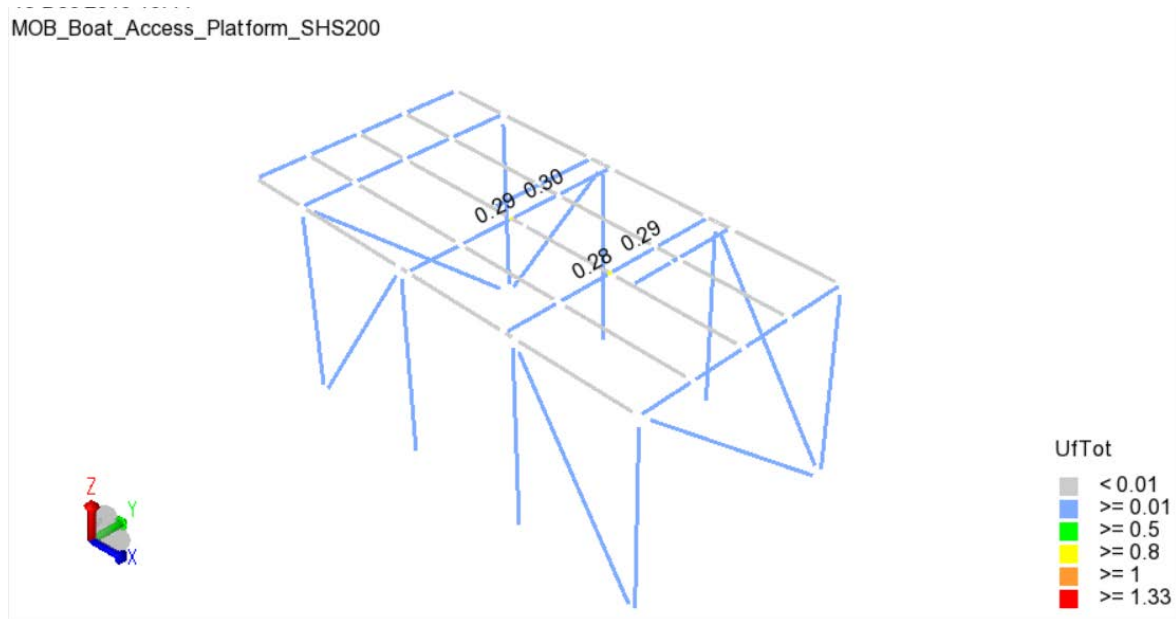
Figur 40 Ekstrakt av lasttilfeller i listeform fra Genie

Name	Description	FEM Loadcase
LComb1001_ULS_a	LoadCombination	26
LComb1002_ULS_a	LoadCombination	27
LComb1003_ULS_a	LoadCombination	28
LComb1004_ULS_a	LoadCombination	29
LComb1005_ULS_a	LoadCombination	30
LComb1006_ULS_a	LoadCombination	31
LComb1007_ULS_a	LoadCombination	32
LComb1008_ULS_a	LoadCombination	33
LComb1009_ULS_a	LoadCombination	34
LComb1010_ULS_a	LoadCombination	35
LComb1011_ULS_a	LoadCombination	36
LComb1012_ULS_a	LoadCombination	37
LComb1013_ULS_a	LoadCombination	38
LComb1014_ULS_a	LoadCombination	39
LComb1015_ULS_a	LoadCombination	40
LComb1016_ULS_a	LoadCombination	41
LComb1017_ULS_b	LoadCombination	42
LComb1018_ULS_b	LoadCombination	43
LComb1019_ULS_b	LoadCombination	44
LComb1020_ULS_b	LoadCombination	45
LComb1021_ULS_b	LoadCombination	46
LComb1022_ULS_b	LoadCombination	47

Figur 39 Ekstrakt av lastkombinasjoner fra Genie

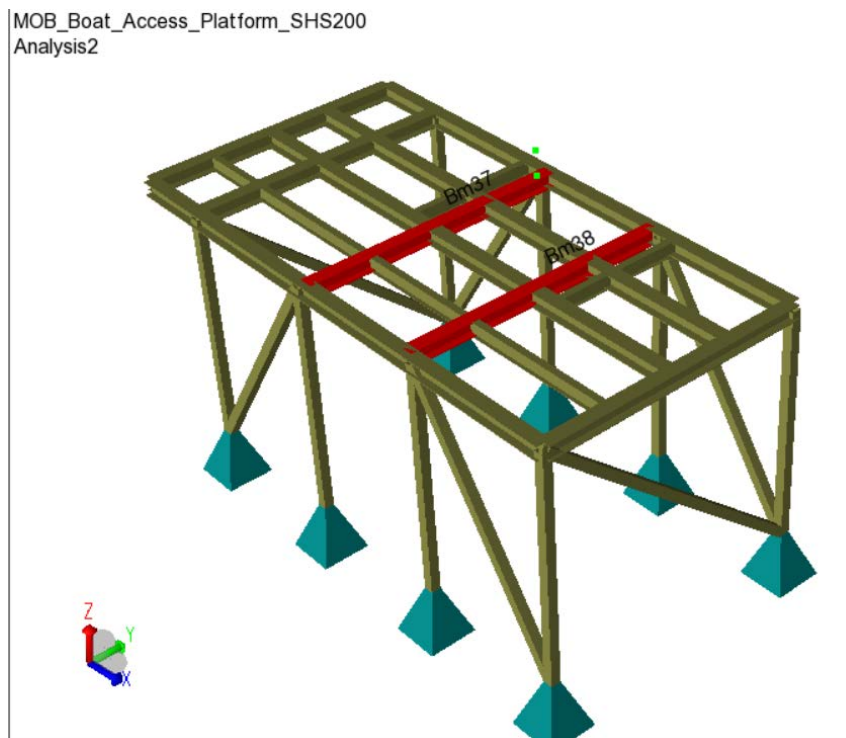
Lastefaktorer oppsummeres i tabellen under (Tabell 8), for å angi hvilke faktorer som har vært brukt i de ulike lastekombinasjonene for både ULS – a og ULS – b.

7.5 Resultater fra analyse



Figur 41 Total utnyttelsesfaktor for de elementer med høyeste utnyttelse

Høyeste utnyttelse (UfTot) finner man i tverrskipsbjelkene (Bm37 og Bm38) for understøttelse av davit. Henholdsvis på 0,30 og 0,29.



Figur 42 Bjelkemedlemmer Bm37 og Bm38 markert

Capacity Model	Run	LoadCase	Position	Status	UfTot	Formula	SubCheck	GeomChck
member(Bm37, 2)	Cc2.run(1)	LComb1012_ULS_a	1.00	OK	0.30	uf62	EN 1993-1-1 member	Geom OK
member(Bm38, 2)	Cc2.run(1)	LComb1012_ULS_a	1.00	OK	0.29	uf62	EN 1993-1-1 member	Geom OK
member(Bm37, 3)	Cc2.run(1)	LComb1008_ULS_a	0.00	OK	0.29	uf62	EN 1993-1-1 member	Geom OK
member(Bm38, 3)	Cc2.run(1)	LComb1012_ULS_a	0.00	OK	0.28	uf62	EN 1993-1-1 member	Geom OK
member(Bm16, 7)	Cc2.run(1)	LComb1001_ULS_a	0.00	OK	0.23	ufTorsion	EN 1993-1-1 member	Geom OK
member(Bm16, 3)	Cc2.run(1)	LComb1011_ULS_a	0.00	OK	0.23	ufTorsion	EN 1993-1-1 member	Geom OK
member(Bm20, 2)	Cc2.run(1)	LComb1012_ULS_a	0.00	OK	0.21	ufShearz	EN 1993-1-1 member	Geom OK
member(Bm22, 2)	Cc2.run(1)	LComb1012_ULS_a	0.00	OK	0.21	ufTorsion	EN 1993-1-1 member	Geom OK
member(Bm22, 4)	Cc2.run(1)	LComb1012_ULS_a	0.00	OK	0.21	ufTorsion	EN 1993-1-1 member	Geom OK
member(Bm20, 4)	Cc2.run(1)	LComb1012_ULS_a	1.00	OK	0.20	ufShearz	EN 1993-1-1 member	Geom OK
member(Bm38, 4)	Cc2.run(1)	LComb1007_ULS_a	0.00	OK	0.18	uf661	EN 1993-1-1 member	Geom OK

Figur 43 Ekstrakt fra Genie med UfTot sortert synkende

7.5.1 Spenninger og deformasjoner

Spenninger og deformasjoner er i henhold til krav, og overskrider ikke de tilatte grensene for konstruksjonen.

7.5.2 Resultater fra kode-sjekk

Kodesjekken har vært utført med Eurokode 3, med sikkerhetsfaktorer 1.15 etter norsk standard. Oppsett for kodesjekk er satt opp i figur 43 og figur 44 under.

Figur 44 Bestemmelse av type kodesjekk, Eurokode 3 og partiellfaktorer 1.15

Create Code Check Run

Capacity: Cc2

Code Check: Eurocode3 EN 1993-1-1 2005

Include: Members Generate listing file

Loadcases | General | Member

EN 1993-1-1

about y-axis

Buckling length: From Structure m

Effective length factor: From Structure

Moment factor: From Structure

Buckling curve: Automatic

about z-axis y-z symmetry

Buckling length: From Structure m

Effective length factor: From Structure

Moment factor: From Structure

Buckling curve: Automatic

Axial compression and bending

Bending moment option: Max Bending Moment Local Bending Moment

Stiffener spacing

Member: From Structure m

Lateral torsional buckling

Factor C1: 1

Factor kc: 1

Curve: General Rolled or equiv. welded

$\lambda_{LT,0}$: 0.4

β : 0.75

Buckling curve: Automatic

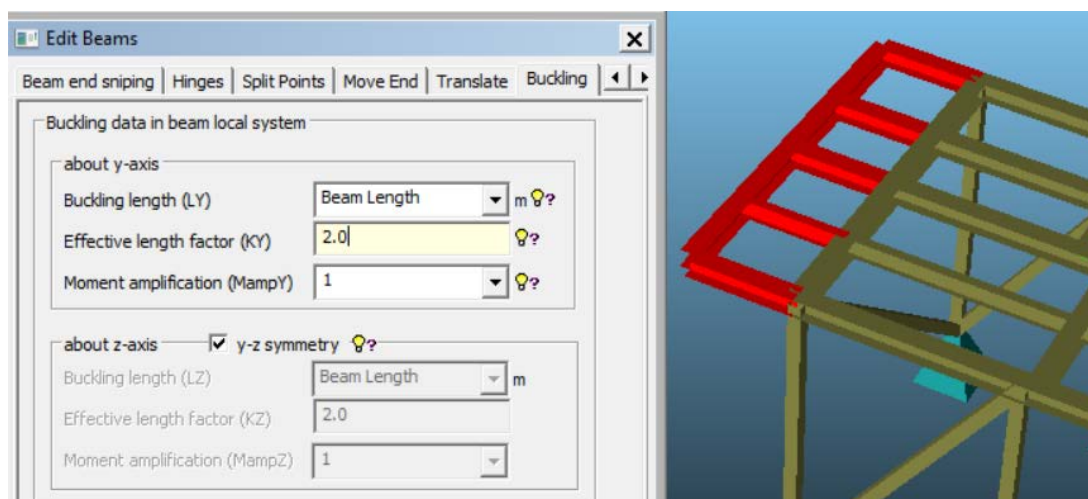
Lengths between lateral supports

Top flange: From Structure m

Bottom flange: From Structure m

Figur 45 Oppsett av hvordan kodesjekken analyserer strukturen og bjelkeelementer

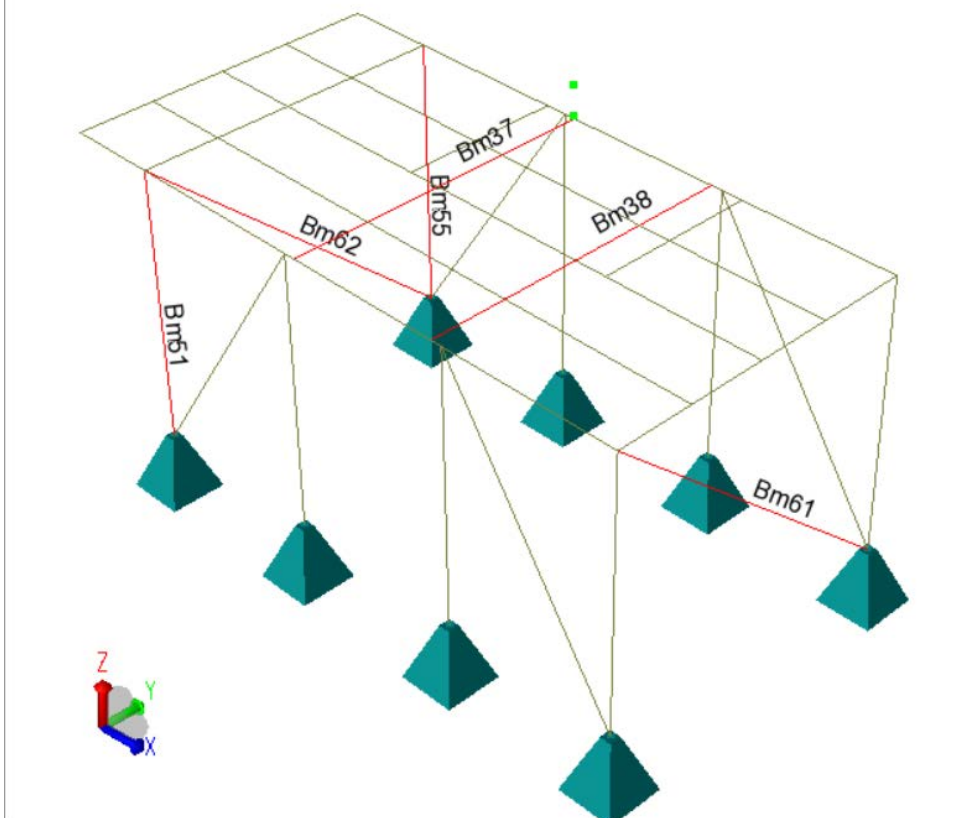
Kragbjelker ytterst i tilkomstplattformen får påsatt effektiv lengdefaktor 2.0, mens resten av bjelkene har påsatt effektiv lengdefaktor 1.0.



Figur 46 Bestemmelse av effektiv lengdefaktor for kneklengder

Konstruksjons element	Profil	Member Nr.	Utnyttelses faktor U_f	Eurokode 3 referanse	Kommentar
Bjelke	HEB300	Bm37	0.30	Uf62	Summen av stress resultanter skal gi en utnyttelse lavere enn 1 Dette kriteriet er møtt
Bjelke	HEB300	Bm38	0.29	Uf62	Summen av stress resultanter skal gi en utnyttelse lavere enn 1 Dette kriteriet er møtt
Søyle	SHS200x10	Bm55	0.18	Uf661	Stabilitet i henhold til lokal bøyning og aksialkraft som er dimensjonerende for søylen er møtt
Søyle	SHS200x10	Bm51	0.18	Uf661	Stabilitet i henhold til lokal bøyning og aksialkraft som er dimensjonerende for søylen er møtt
Skråstag	SHS200x10	Bm62	0.17	Uf661	Stabilitet i henhold til lokal bøyning og aksialkraft som er dimensjonerende for skråstaget er møtt
Skråstag	SHS200x10	Bm61	0.15	Uf661	Stabilitet i henhold til lokal bøyning og aksialkraft som er dimensjonerende for skråstaget er møtt

Tabell 11 Oppsummering av kritiske punkt



Figur 47 Konstruksjonselementer oppsummert i tabell 11 illustreres

I kodesjekken blir det utført ulike sjekkpunkter for de ulike kreftene som forplantes i konstruksjonen. Det blir sjekket for blant annet: bøyning, knekking, stabilitet og stress av konstruksjonselementene som inngår.

Kodesjekken som har vært utført angir ingen tegn til problemer med konstruksjonen. Geometrien og elementer som har vært sjekket har gått igjennom kodesjekken og samtlige har fått status ok fra Genie (se figur 42).

8 Håndberegninger av knutepunktsdetaljer

Håndberegninger av sveiste knutepunkt

Sveis i knutepunkt skal sjekkes for utnyttelse

Referanser

/14/ NS-EN1993-1-8: Design of Steel Structures: Design of Joints

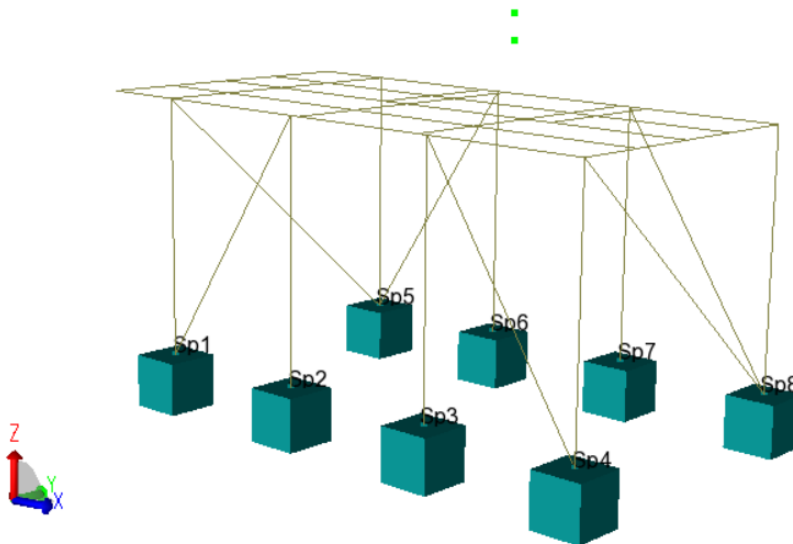
/15/ NS-EN1993-1-1: Design of Steel Structures: General rules

Reaksjonssum i valgte knutepunkt:

Det er hentet ut de maksimale support reaksjoner. Disse er hentet som output fra Genie for ULS - Knutepunkt mot innfesting nede i vertikale søyler mot skipsdekk.

Support	FEM Node	X [m]	Y [m]	Z [m]	Horizontal	Horizontal	Vertikal	Moment		
					FX [N]	FY [N]	FZ [N]	MX [N*m]	MY [N*m]	MZ [N*m]
Sp1	52	1,6	0	-4,9	21400,5	8332,05	165860	-13188,5	-3240,06	2223,52
Sp2	53	4,8	0	-4,9	394,497	2551,46	59471,4	-4996,89	645,265	288,151
Sp3	54	8	0	-4,9	-227,537	2548,55	68404	-5011,83	-350,673	-294,93
Sp4	55	11,2	0	-4,9	-23469	6619,16	115721	-10306,4	1552,97	-2328,51
Sp5	56	1,6	5,6	-4,9	24892,4	34520	119741	-7615,76	-4126,81	96,3548
Sp6	59	4,8	5,6	-4,9	56,0522	1023,78	63018,3	-2480,61	123,925	224,592
Sp7	57	8	5,6	-4,9	122,431	1047,96	69791	-2540,37	222,716	-239,206
Sp8	58	11,2	5,6	-4,9	-23169,3	33940,4	65669,8	-7830,32	2053,34	-943,096
Max					24892,4	34520	165860	-2480,61	2053,34	2223,52
Min					-23469	1023,78	59471,4	-13188,5	-4126,81	-2328,51

MOB_Boat_Access_Platform_SHS200
Analysis2



$$F_x := 24.892 \text{ kN} \quad \text{shear} \quad M_x := 13.189 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{bending}$$

$$F_y := 34.52 \text{ kN} \quad \text{shear} \quad M_y := 4.127 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{bending}$$

$$F_z := 165.86 \text{ kN} \quad \text{tension} \quad M_z := 2.329 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{torsion}$$

Sveis og materialelegenskaper:

Korrelasjonsfaktor for NV-36 stål:
ref /14/ Table 4.1

$$\beta_{w.NV36} := 0.9$$

Strekfasthet, NV-36 stål:

$$f_{u.NV36} := 490 \text{ MPa}$$

Sveisekapasitet, partialfaktor:

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

Sveisetykkelse:

$$t_{w.1} := 8 \text{ mm} \quad (\text{part-pen sveis})$$

$$t_{w.2} := 4 \text{ mm} \quad (\text{kilsveis})$$

Sveis, a-mål:

$$a_{w.1} := t_{w.1} = 8 \text{ mm}$$

$$a_{w.2} := \frac{t_{w.2}}{\sqrt{2}} = 2.83 \text{ mm}$$

Dimensjonerende kapasitet, kilsveis:
ref /14/ Likning 4.1

$$\sigma_{vm.w} := \frac{f_{u.NV36}}{\beta_{w.NV36} \cdot \gamma_{M2}} = 435.56 \text{ MPa}$$

Sveiseberegning

a-mål brukt på sveis:

$$a_w := 8 \text{ mm}$$

Sveiselengde i X-retning:

$$l_x := 400 \text{ mm}$$

Sveiselengde i Y-retning:

$$l_y := 400 \text{ mm}$$

Total sveiselengde:

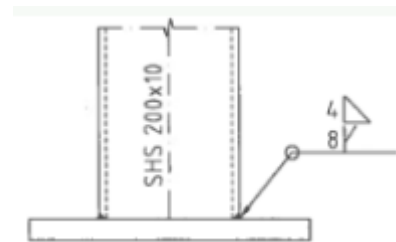
$$l_w := l_x + l_y$$
$$l_w = 800 \text{ mm}$$

Total sveiseareal:

$$A_w := a_w \cdot l_w = 6400 \text{ mm}^2$$

Lever arm of weld:

$$z := 200 \text{ mm}$$



Stress på sveis:

Normal stress:

$$\sigma_L := \left(\frac{F_z}{A_w} + \frac{M_x + M_y}{\frac{A_w}{2} \cdot z} \right) = 52.97 \text{ MPa}$$

Shear stress parallell:

$$\tau_{II} := \left(\frac{F_x + F_y}{\frac{A_w}{2}} + \frac{M_z}{A_w \cdot z} \cdot \cos(45 \text{ deg}) \right) = 19.85 \text{ MPa}$$

Ekvivalent von mises stress:

$$\sigma_{vm} := \sqrt{\sigma_L^2 + 3 \cdot \tau_{II}^2}$$

$$\sigma_{vm} = 63.15 \text{ MPa}$$

Utnyttelse av sveis i X-retning:

$$UF_w := \max \left(\frac{\sigma_{vm}}{\sigma_{vm.w}}, \frac{\sigma_L}{\frac{0.9 \cdot f_{u.NV36}}{\gamma_{M2}}} \right) \quad UF_w = 0.15$$

Sveiseberegning, knutepunkt 2:

a-mål brukt på sveis:

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

Sveiselengde i Z-retning:

$$l_z := 1200 \text{ mm}$$

Sveiselengde i X-retning:

$$l_x := 60 \text{ mm}$$

Total sveiselengde:

$$l_w := l_x + l_z$$

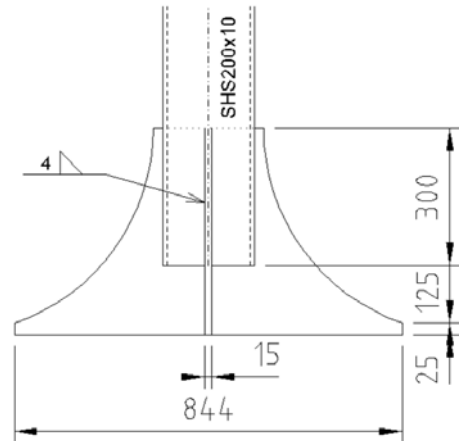
$$l_w = 1260 \text{ mm}$$

Total sveiseareal:

$$A_w := a_w \cdot l_w = 5040 \text{ mm}^2$$

Lever arm of weld:

$$z := 300 \text{ mm}$$



Stress på sveis:

Normal stress:

$$\sigma_L := \left(\frac{F_z}{A_w} + \frac{M_x + M_y}{\frac{A_w}{2} \cdot z} \right) = 55.81 \text{ MPa}$$

Shear stress parallell:

$$\tau_{II} := \left(\frac{F_x + F_y}{\frac{A_w}{2}} + \frac{M_z}{A_w \cdot z} \cdot \cos(45 \text{ deg}) \right) = 24.67 \text{ MPa}$$

Ekvivalent von mises stress:

$$\sigma_{vm} := \sqrt{\sigma_L^2 + 3 \cdot \tau_{II}^2}$$

$$\sigma_{vm} = 70.29 \text{ MPa}$$

Utnyttelse av sveis i X-retning:

$$UF_w := \max \left(\frac{\sigma_{vm}}{\sigma_{vm.w}}, \frac{\sigma_L}{\frac{0.9 \cdot f_{u.NV36}}{\gamma_{M2}}} \right) \quad UF_w = 0.16$$

9 Avsluttende sammendrag

Det er konstruert forslag til tilkomstplattform for Njord Bravo, og kjørt analyse av konstruksjonen samt utført håndberegninger av utsatte knutepunkt. Konstruksjonen ser ut for å være dimensjonert riktig, og viser lave utnyttelser. Tilkostplattformen er utført i enkle profiler, og det er heller ikke variert stort i profilvalg som letter tilvirkningen.

Tilkostplattformens utforming gjør at den skal passe om bord på Njord Bravo på angitt plassering og kunne holde for det tenkte tidsrommet. Dette med forbehold at tilvirkningen utføres riktig.

Det er utført en rekke beregninger, som kan være av nytteverdi for andre konstruksjoner eller fremtidige prosjekter. Om man ønsker å gjøre forandringer på konstruksjonen som å bytte til andre bjelkeelementer er dette en grei prosess, da det er gjort en rekke tilleggsberegninger.

Tilkostplattformen har behov for å utrustes med sekundærstruktur i form av trapper, rekkverk, stige etc. før den er operasjonell. Det er også behov for å utføre flere analyser, da man ønsker å sjekke konstruksjonen for andre lastkondisjoner enn ULS.

Grønn sjø laster omfattes ikke av oppgaven, men det anses som hensiktsmessig å utføre beregninger og påfølgende analyse for grønn sjø. Det vil blant annet trenge et form for beskyttelseelement for å kunne bryte grønn-sjø som kommer innover strukturen for å hindre skader eller ulykker på konstruksjonen og dens elementer.

10 Konklusjon

Under arbeidet med tilkomstplattformen har det kommet frem at det allerede eksisterer flere fullverdige gode løsninger for håndtering av MOB båt og davit. Det er dog i mindre skala. Hvor davit plasseres direkte på skipsdekk, hvor man da vil ta opp dekkareal.

Det har vært forsøkt ulike løsninger på problemstillingen, dette ble gjort ved å utforme konstruksjonen på forskjellige måter. Det ble i godt samarbeid med Aibel funnet frem til hensiktsmessige måter å løse forskjellige problemer på. Dette førte frem ved at konstruksjonen nå skal være i henhold til kravspesifikasjonene.

Resultatene fra analyse og håndberegninger viser at spenninger og deformasjoner er under tillatt nivå. Dette antyder at tilkomstplattformen er tilstrekkelig dimensjonert og vil være egnet for bruk om bord på Njord bravo.

Gjennom arbeidet med oppgaven har det blitt gjennomgått en mengde nye problemstillinger og det har gitt god trening i arbeidsmetoder, systemer og programmer brukt profesjonelt i dag. Det har vært bruk for flere av fagene i ingeniørfag, men det har også blitt gjennomgått en hel del nye kunnskaper. Blant annet har oppgaven hatt stor behov for regelverk knyttet til skip og skipsindustri.

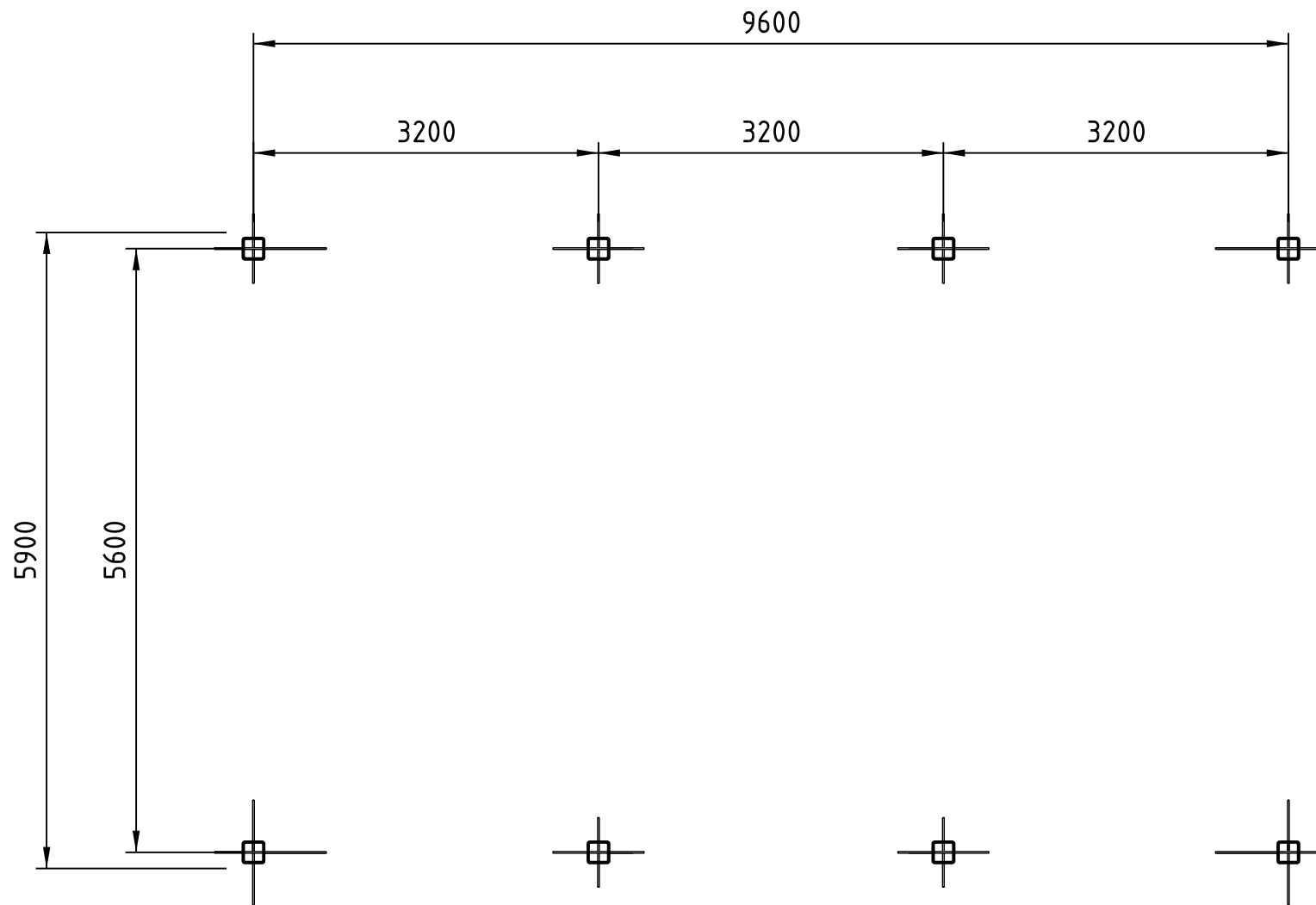
Det har vært et spennende prosjekt, som gjør at man får jobbet innen hele spekteret av ingeniørfaglig aktivitet. Det har derfor vært en passende og dagsaktuell oppgave.

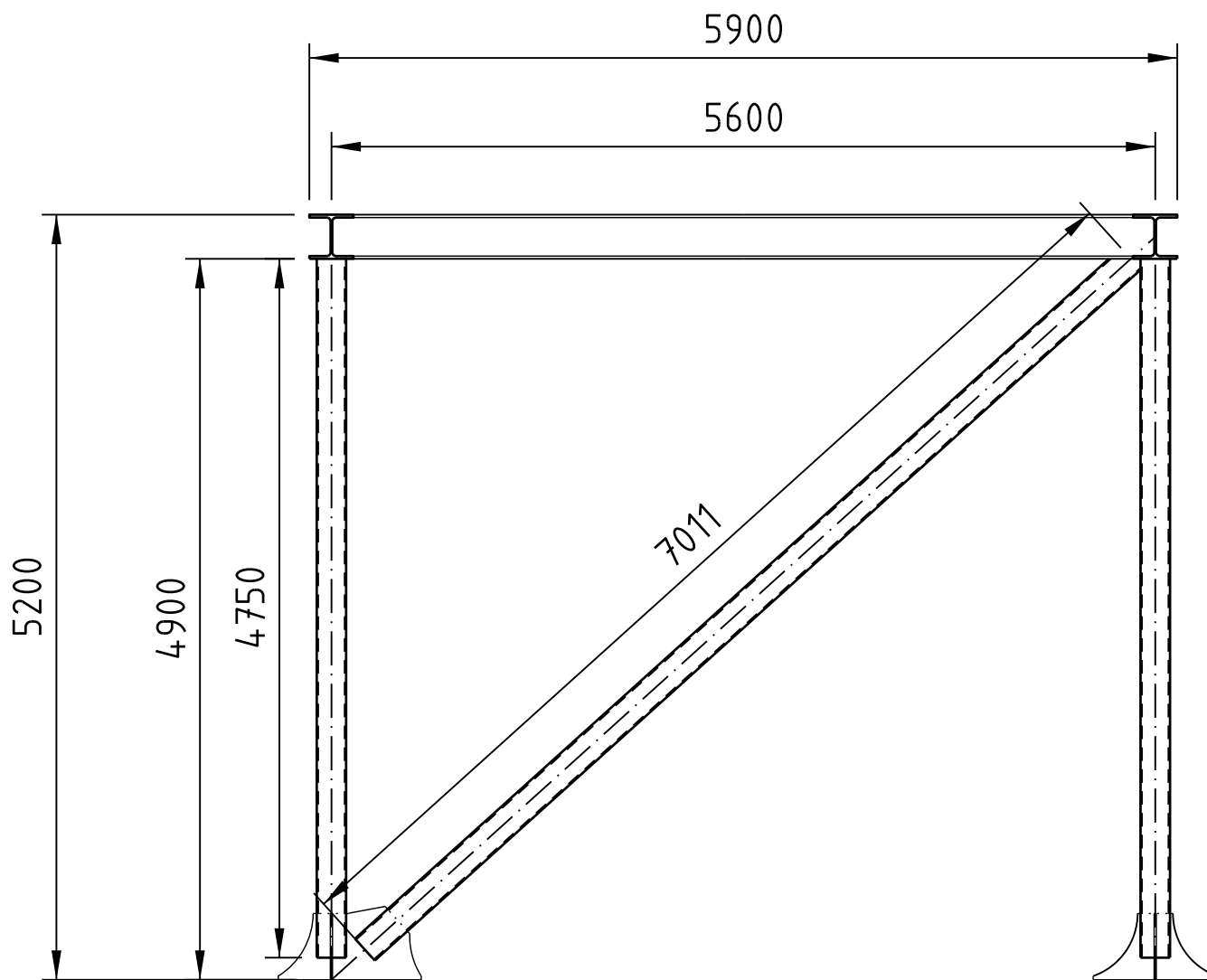
Referanser

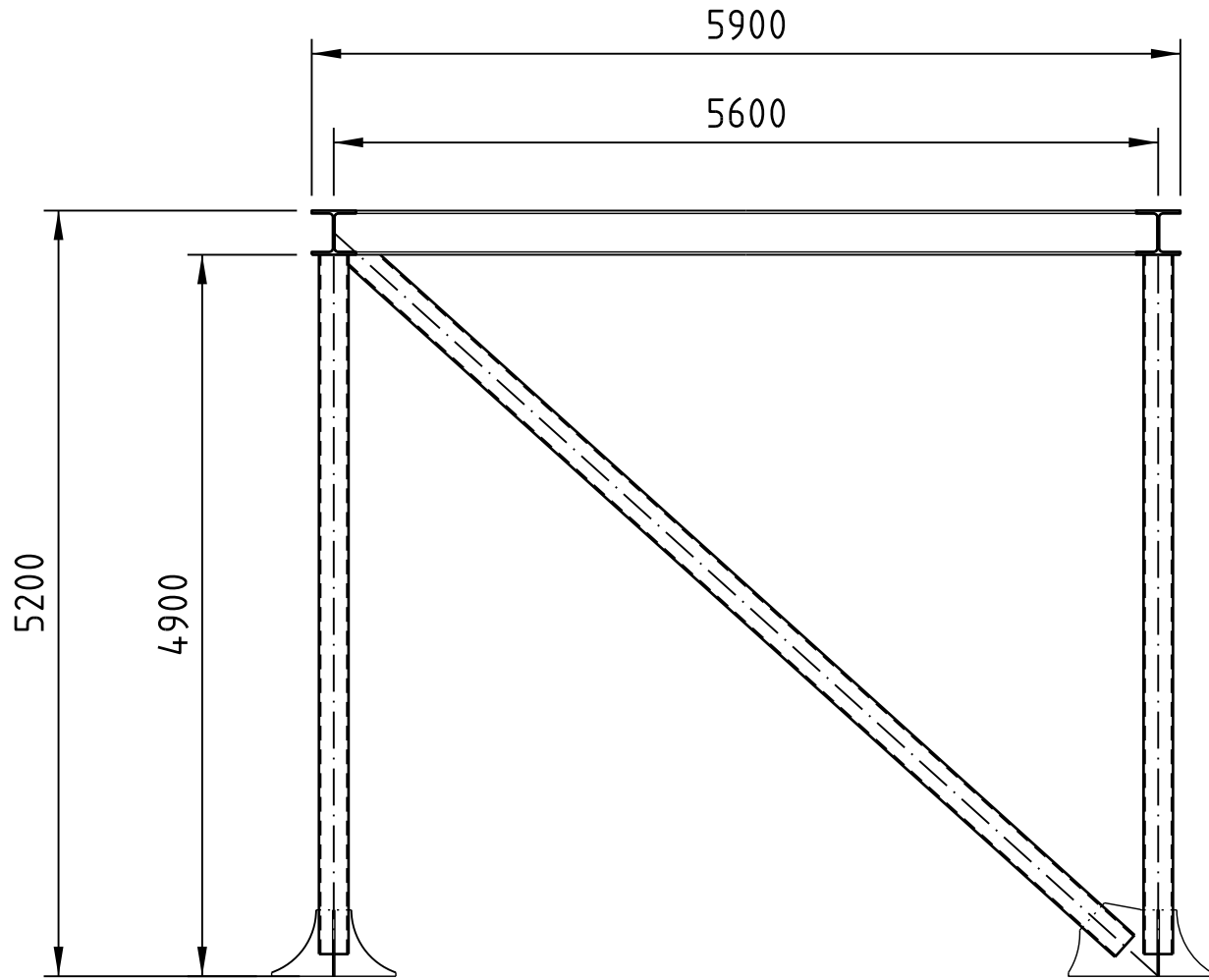
- [1] Lovdata: Forskrift om redningsredskaper på skip
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-07-01-1019>
- [2] DNVGL-OS-C102 Structural design of offshore ships
- [3] NORSOK S-001:2018 Technical safety
- [4] Mare Safety Rescue Boats & Davits, MARE GTC 900 SERIES
<http://maresafety.com/products/#>
- [5] Single point davit – PLR TYPE
<https://www.vestdavit.no/product/single-point-davit-plr-type/>
- [6] VESTDAVIT105431.pdf
<https://www.vestdavit.no/cad-files/>
- [7] EDR. Introduction to the Finite Element Method pdf
- [8] Design Basis, Aibel
- [9] DNVGL-OS-C101 Design of offshore steel structures, general - LRFD method
- [10] IACS No. 47 Shipbuilding and Repair Quality Standard, Table 7.1 Alignment
- [11] DNVGL-RP-C205: Environmental Conditions and Environmental Loads
- [12] PTM MMG MGE RA 37 Njord Field Metocean Design Basis
- [13] NORSOK N-003:2017
- [14] NS-EN1993-1-8: Design of Steel Structures: Design of Joints
- [15] NS-EN1993-1-1: Design of Steel Structures: General rules

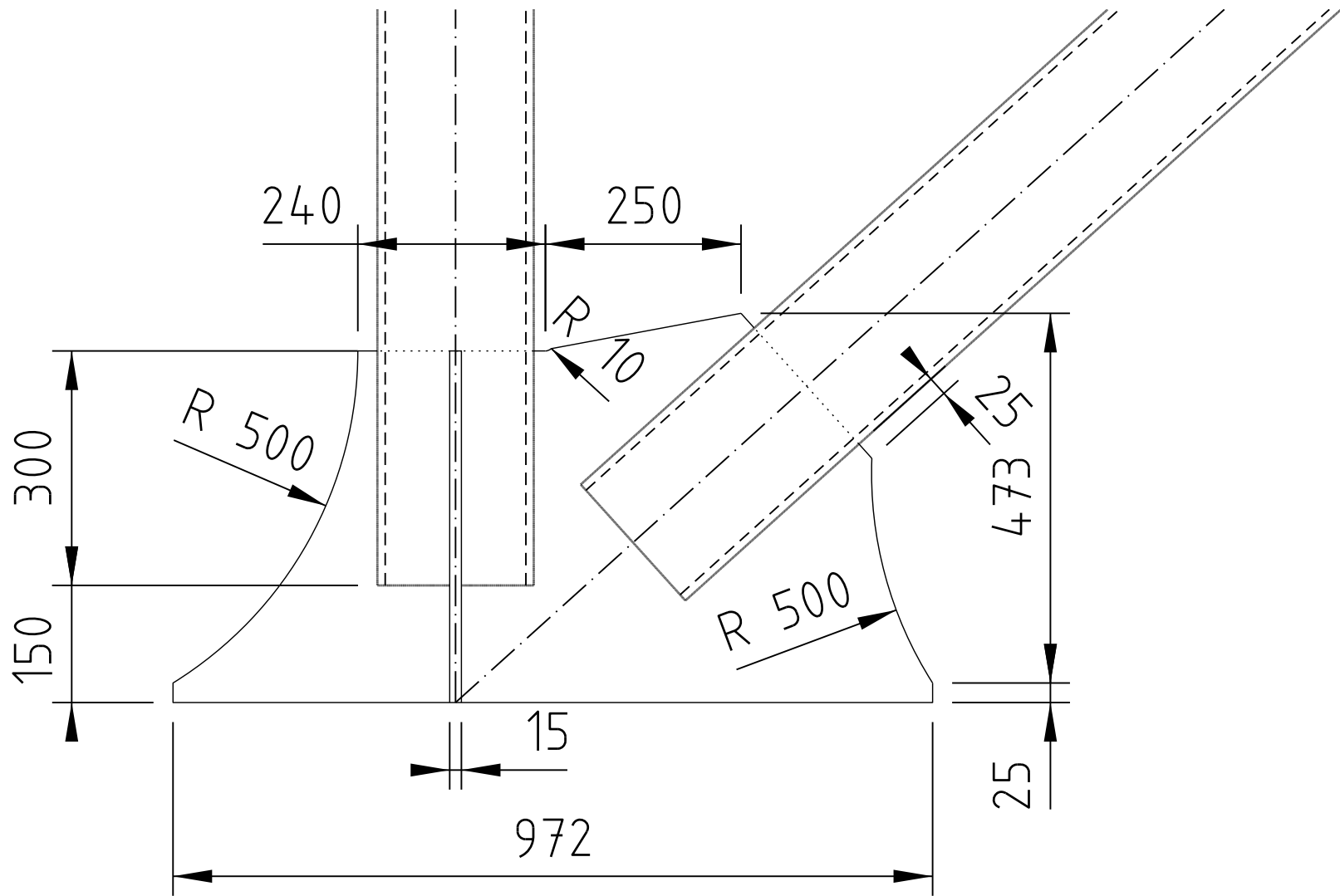
Vedleggliste

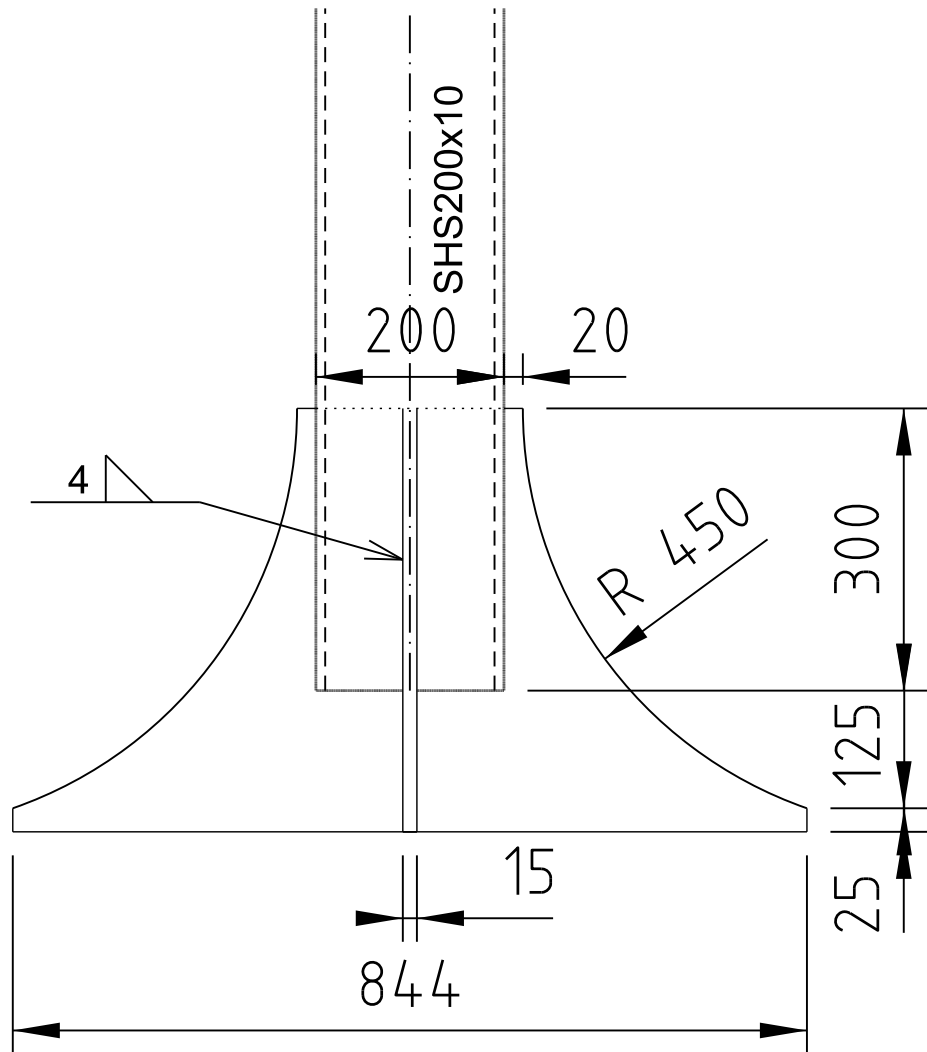
Vedlegg	Type Vedlegg	Side
Vedlegg A	Tekniske tegninger	III
Vedlegg B	Vestdavit – davit	
Vedlegg C	Mare GTC900	

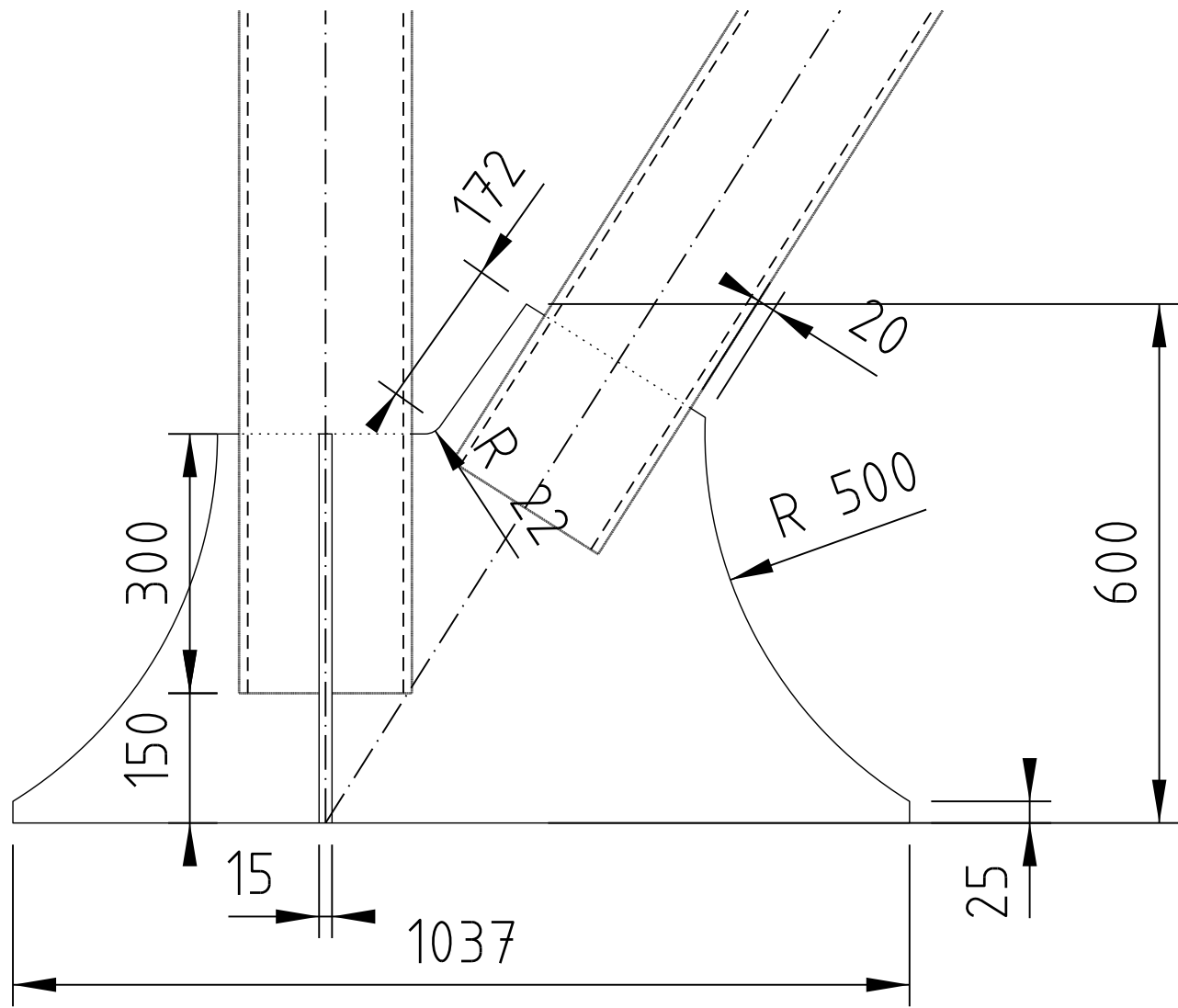






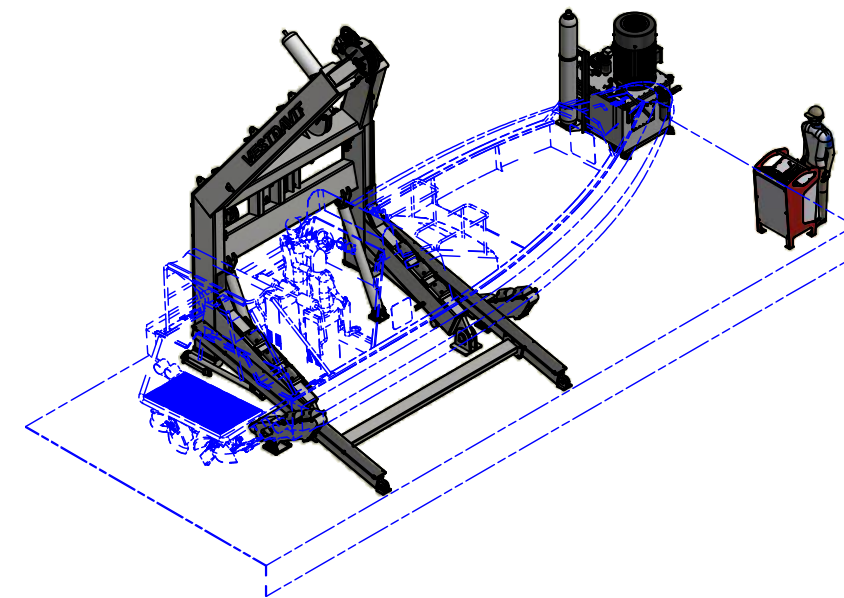
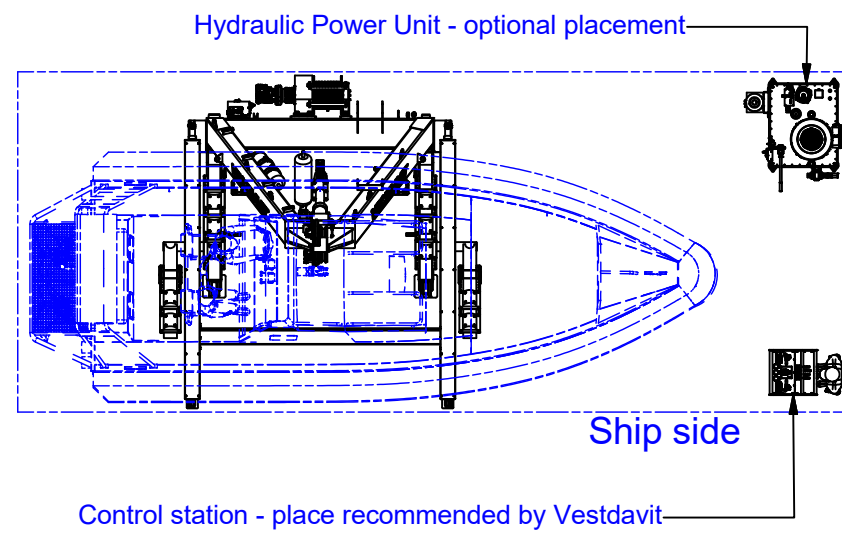
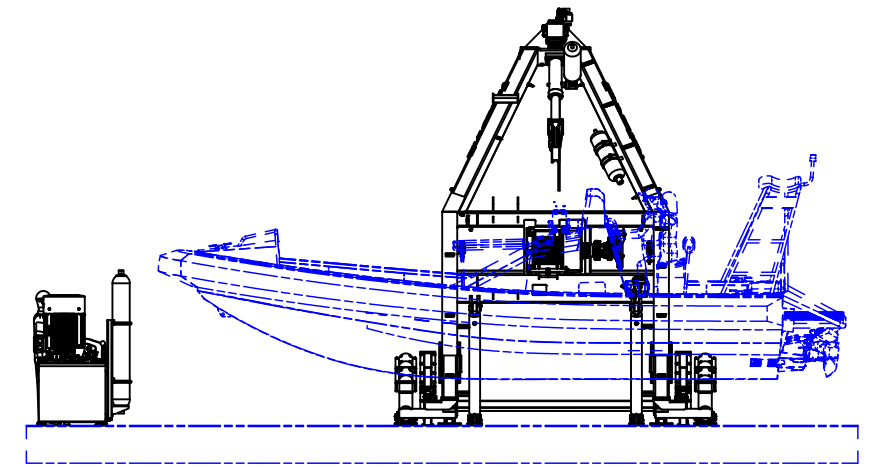
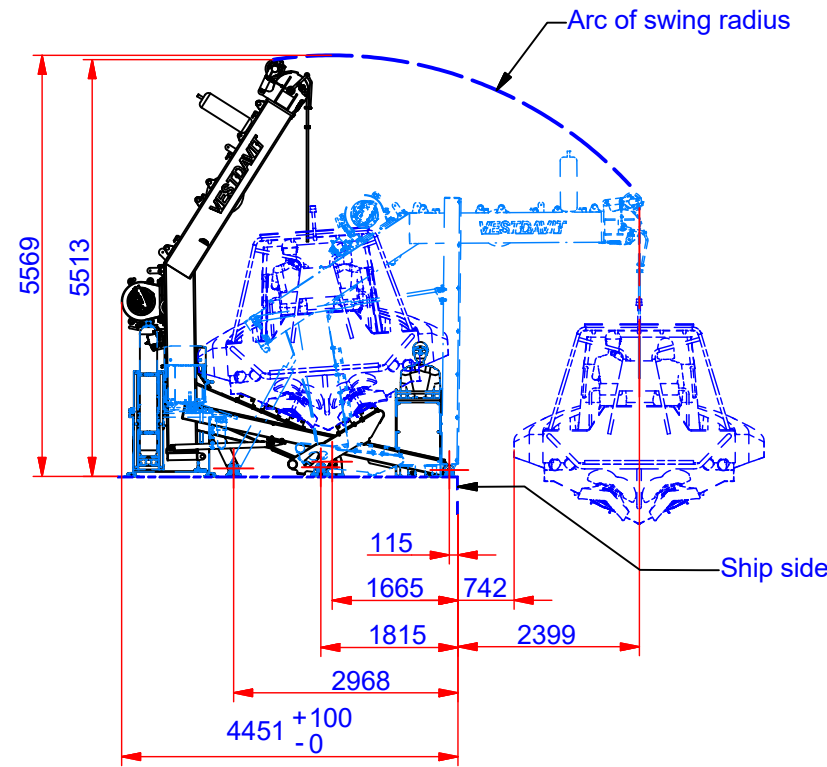
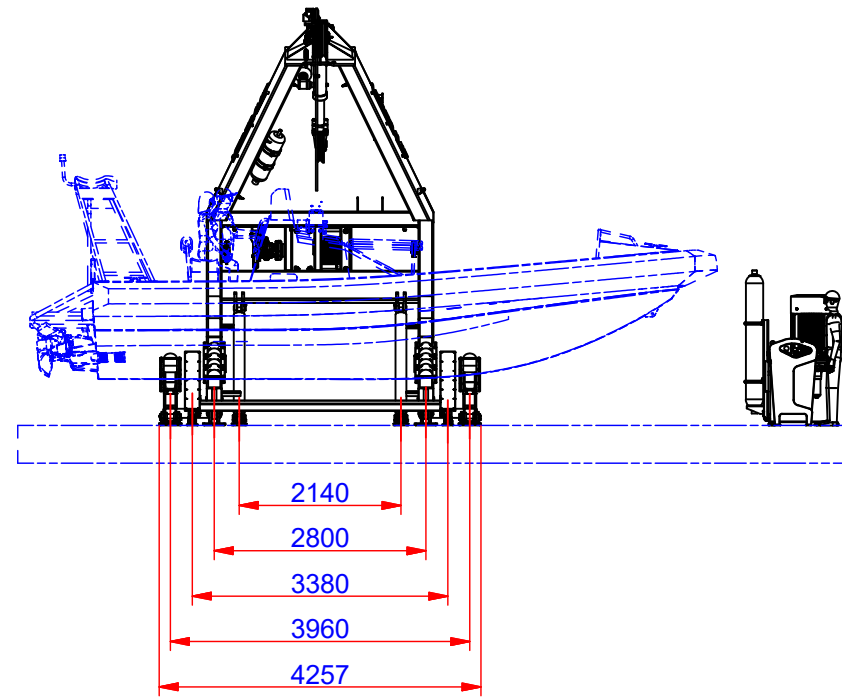







Starboard

REVISION HISTORY					
REV	DESCRIPTION	SHEET	REVISED	CHECKED	DATE
1	IFC	1	TD	ES	28.11.2018

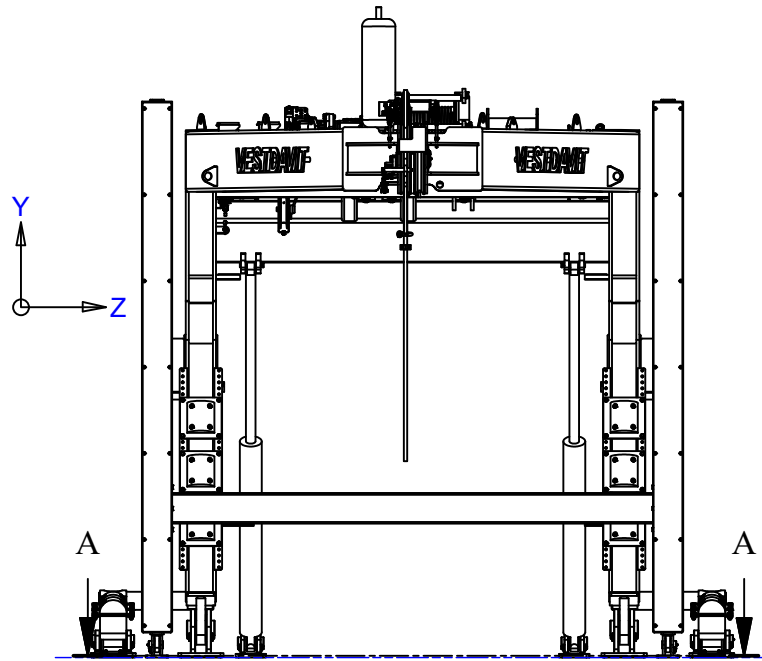


Remark if welding davit to cambered deck:
Yard is responsible for sufficient adjustments on deck to ensure davit foot hinges are located in the same height level as cylinder hinges, according to this drawing.

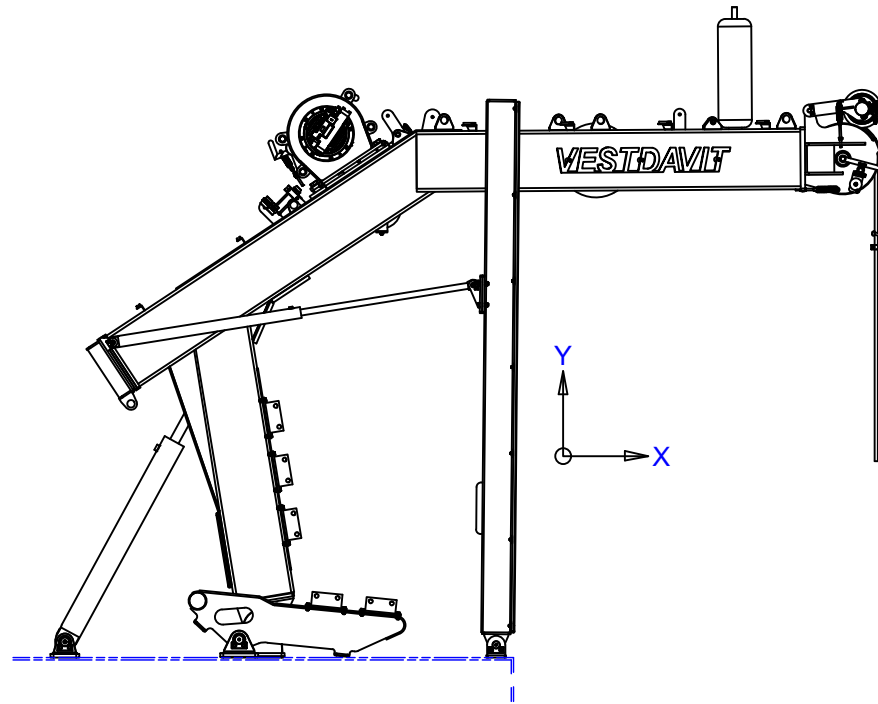
BOAT DESCRIPTION	
PRODUCER	Mare Safety
BOAT MODEL	GTC 900-2VD

Designed by TD	Approved by HG	Date 28.11.2018	Weight of delivery ≈7010 kg	SWL Davit 5000 kg	Gen. Tolerance ISO 2768-1 m	
 <p>Damsgårdsveien 143 N-5162 N-Laksevåg, Bergen, Norway</p> <p>Phone: +47 55 54 92 00 Email: post@vestdavit.no Web: www.vestdavit.no</p>				Drawing Title PLR- 7000 General Arrangement AIBEL AS		Project 91853
				Drawing Number VD105431		Rev. 1

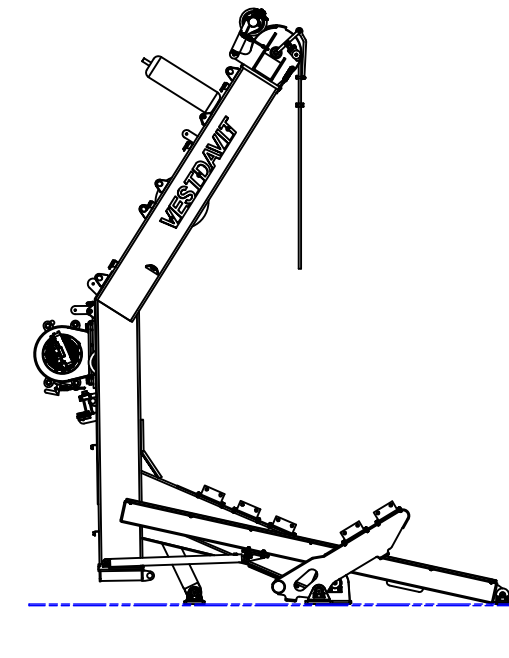
Swing Out position



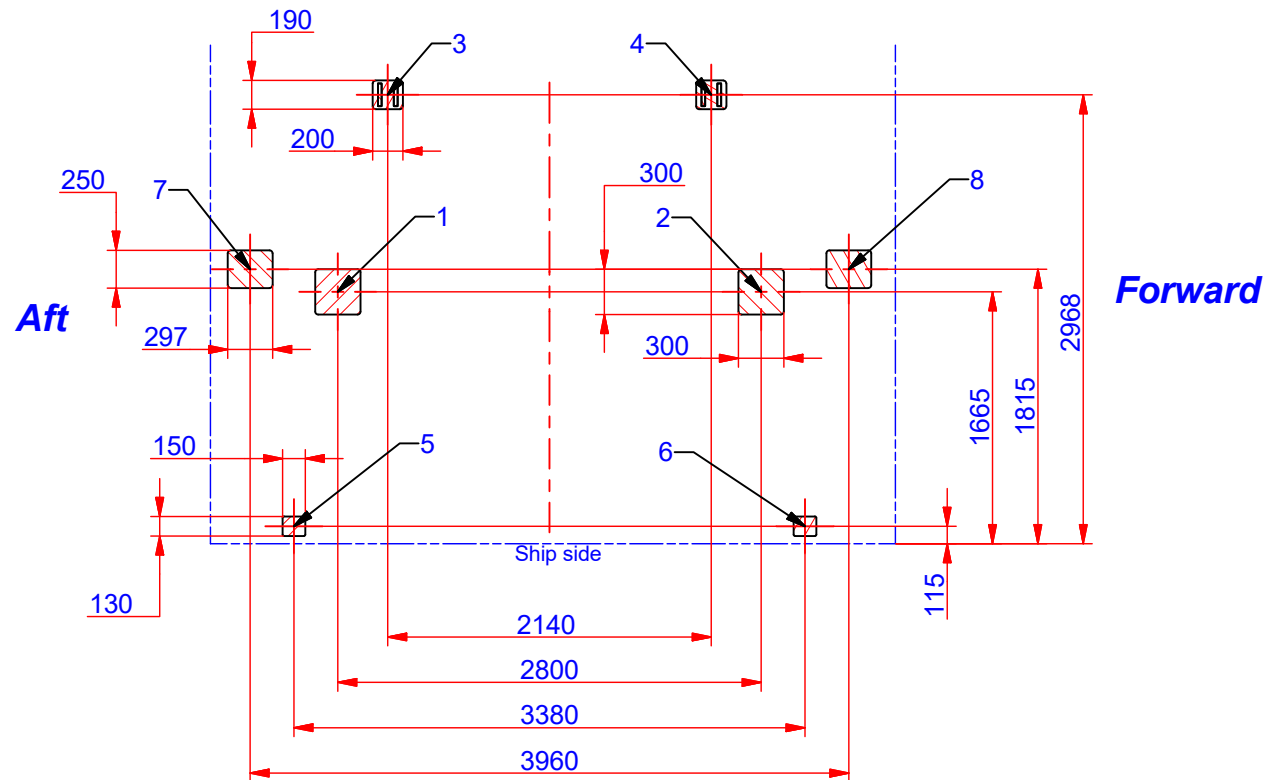
Swing Out position



Parked position



A-A (1 : 50)
Foot print davit:



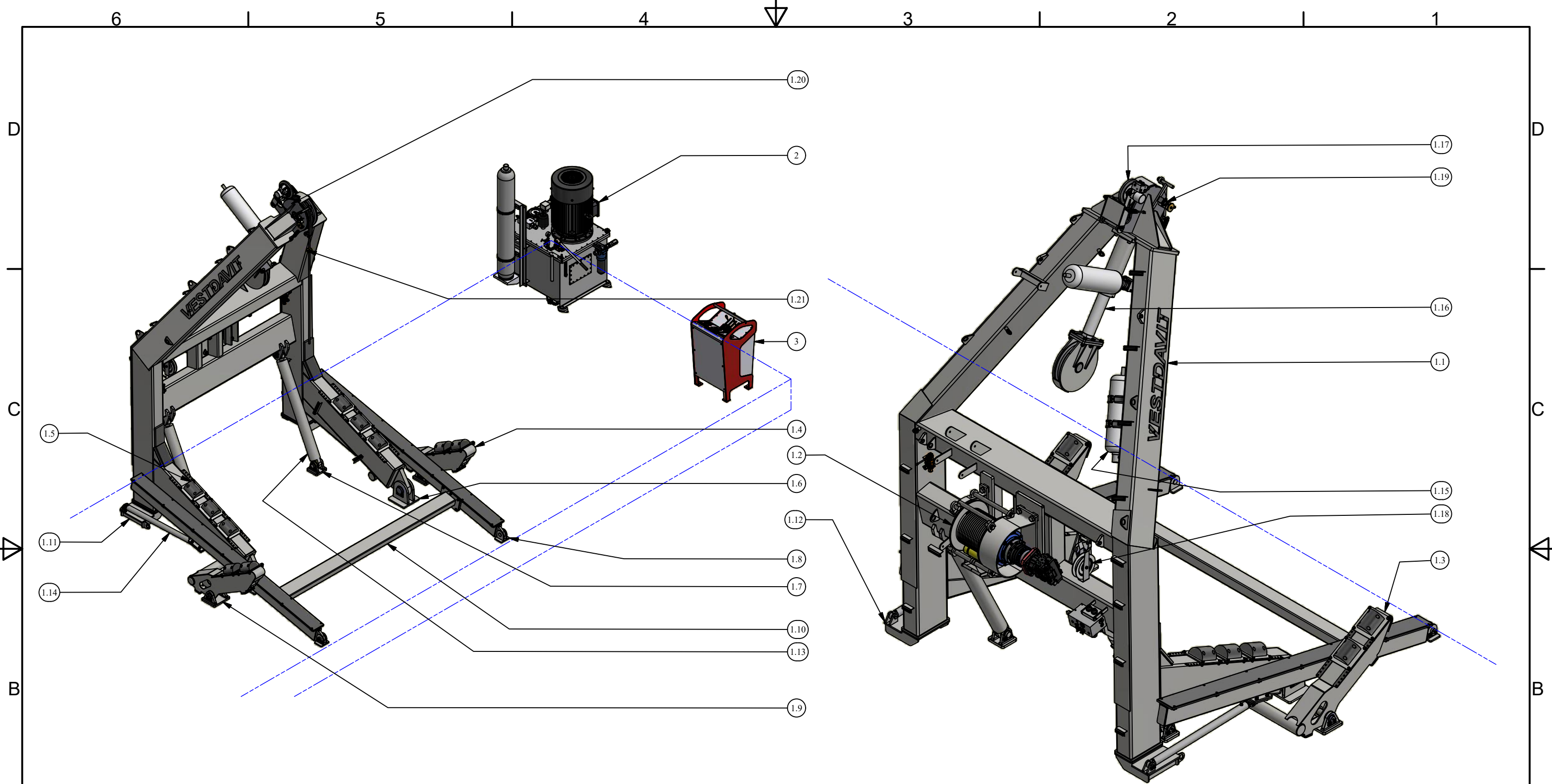
STATIC REACTION FORCES FOR DAVIT
AT +20° HEEL AND ±10° TRIM
AT LAUNCHING POSITION

LOADS AT SUPPORTS:


1	Fx = 32 kN Fy = 255 kN Fz = ±55 kN	2	Fx = 32 kN Fy = 255 kN Fz = ±55 kN	3	Fx = -75 kN Fy = -163 kN Fz = ±40 kN
4	Fx = -75 kN Fy = -163 kN Fz = ±40 kN	5	Fx = 19 kN Fy = -8 kN Fz = ±2 kN	6	Fx = 19 kN Fy = -8 kN Fz = ±2 kN
7	Fx = 14 kN Fy = 38 kN Fz = ±7,2 kN	8	Fx = 14 kN Fy = 38 kN Fz = ±7,2 kN	9	Fx = N/A kN Fy = N/A kN Fz = N/A kN

- Tolerance for loads: ±10% of values in table
- Static forces not including dynamic coefficient

Designed by TD	Approved by HG	Date 28.11.2018	Weight of delivery ≈7010 kg	SWL Davit 5000 kg	Gen. Tolerance ISO 2768-1 m
 <p>Damsgårdsveien 143 N-5162 N-Laksevåg, Bergen, Norway Phone: +47 55 54 92 00 Email: post@vestdavit.no Web: www.vestdavit.no</p>		Drawing Title PLR- 7000 General Arrangement AIBEL AS			Project 91853
		Drawing Number VD105431	Rev. 1	Sheet size A3	Number of sheets 2 / 3



ITEM	QTY	DRAWING NO./ STOCK NO.	DESCRIPTION	MATERIAL	MASS
3	1	158610	Control Station 2015		120,0 kg
2	1	162967	Hydraulic Power Unit	Generic	1760,0 kg
1.21	1	VD104006	Wire clamp Ø18		0,2 kg
1.20	2	VD06	Wiresheave Ø470		36,6 kg
1.19	1	13296	Limit switch Valve T3-1 1/4"	AISI 316	1,1 kg
1.18	1	l-1037066	Emergency lowering drum		4,7 kg
1.17	1	116506	Wirepuller SK-1506 - PLR-12005		15,8 kg
1.16	1	VD105434	CP4-140 110X400 ASSEMBLY		268,3 kg
1.15	1	FCH Offshore 20L - 310bar	Bladder Accumulator		42,0 kg
1.14	2	LHA25-63 40x1100-SS-HR-SSN-NNN-0-servi	Hydraulic cylinder		5,3 kg
1.13	2	LHA25-125 63x1250-SS-HC-SSN-NNN-0-servi	Hydraulic cylinder		197,0 kg
1.12	1	VD105324	Guiding support		35,7 kg
1.11	1	VD105328	Guiding support - left		35,7 kg
1.10	1	VD105436	Guiding assembly		585,0 kg
1.9	2	VD105331	Keel support hinge		33,1 kg
1.8	2	l-1015073	Foothinge for Bolt Ø50 of Guiding		7,0 kg
1.7	2	VD105305	Cylinder hinge assembly		16,8 kg
1.6	2	VD105300	Foothinge for Bolt Ø100		61,1 kg
1.5	6	VD104264	Movable fender		8,6 kg
1.4	1	VD105439	Keel support - fore		129,5 kg
1.3	1	VD105445	Keel support - aft		129,5 kg
1.2	1	VD101983	Winch A-356-3-V-S		518,7 kg
1.1	1	VD105407	Davit Welded		2341,0 kg
1	1	VD105430	PLR-7000		5099,0 kg
ITEM	QTY	DRAWING NO./ STOCK NO.	DESCRIPTION	MATERIAL	MASS

Designed by TD	Approved by HG	Date 28.11.2018	Weight of delivery ≈7010 kg	SWL Davit 5000 kg	Gen. Tolerance ISO 2768-1 m
 <p>Damsgårdsveien 143 N-5162 N-Laksevåg, Bergen, Norway</p> <p>Phone: +47 55 54 92 00 Email: post@vestdavit.no Web: www.vestdavit.no</p>		Drawing Title PLR- 7000 General Arrangement AIBEL AS		Project 91853	
		Drawing Number VD105431	Rev. 1	Sheet size A3	Number of sheets 3 / 3

MARE GTC 900 SERIES

ALUMINIUM RESCUE BOAT MODELS

The Mare GTC 900-series are built, tested and equipped in accordance to the latest SOLAS requirements for offshore use in extreme weather conditions with carrying capacity in excess of 2 ton and tested to carry 10 persons included crew. The lifting structure is designed to be used with offshore crane (NORSOK R-002).

The boat design provides sustained high speeds in adverse conditions and precise maneuverability at all speeds ahead, stern and stationary. The design provides recovery facilities for divers and personnel in the water while maneuverability maintains without risk or injury. In the front of the engine cover we have four flush eyes installed in deck, mounted to secure a stretcher.

The hull is built of marine grade aluminum plates. The twin installation has redundancy on all major components. The engine room is separated with water tight bulkhead between the engines; the bulkhead is possible to dismantle for easily maintenance.



Engine room (showing 2 x Steyr installed)



Console layout from operator view



MARE GTC 900-2VD SAR

MAIN OPERATIONAL DATA	MARE GTC 900	MARE GTC 900-2VD	MARE GTC 900 SAR	MARE GTC 900-2VD SAR
Length over all (appr.)	8.75 m	8.75 m	8.75 m	8.75 m
Total height	2.83 m	2.83 m	2.83 m (appr.)	2.83 m (appr.)
Breadth max	3.30 m	3.30 m	3.30 m	3.30 m
Draught	0.75 m	0.65 m	0.75 m	0.65 m
Appr. weight fully equip. and fuelled	3450 kg	3500 kg	3450 kg	3500 kg
Davit load 10 persons	4200 kg	4250 kg	4200 kg	4250 kg
Engine options	SOLAS -> 250 kW	SOLAS -> 2 x 170 kW	-> 340 kW	-> 2 x 200 kW
Waterjet options	Hamilton, Alamarin, or equal	Hamilton, Alamarin, or equal	Hamilton, Alamarin, or equal	Hamilton, Alamarin, or equal
Speed approximately	20 - 40 knots	20 - 40 knots	20 - 40 knots	20 - 40 knots
Produced in	Aluminium	Aluminium	Aluminium	Aluminium
Lifting structure	SOLAS	NORSOK R-002	N/A	N/A
Approvals	⊙	⊙		



