



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

## Beregningsprogram for pipesupport



Hovedprosjekt utført ved  
Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag  
Maskin - Marin Konstruksjonsteknikk

Av:	Anders Aasen	<i>Kandidatnr.</i>	<b>5</b>
	Gunnar Vallestad	<i>Kandidatnr.</i>	<b>2</b>

# HOVEDPROSJEKT

**Studentenes navn:** Gunnar Vallestad & Anders Aasen

**Linje & studieretning** Maskiningeniør - marin konstruksjonsteknikk

**Oppgavens tittel:** Beregningsprogram for pipesupport

## Oppgavetekst:

Oppgaven skal inneholde følgende:

- Lage et beregningsprogram for pipesupport.
- Bolteberegninger i henhold til Eurokode 3 (skjær, strekk, kombinert skjær/strekk, utrivning). Dette i henhold til NS-EN 1993-1-8 (Eurokode 3 del 8, for bolter, sveiser, mm.)
- Materialfaktor og lastfaktorer i hht. NORSOK, pga pipesupportene i stor grad brukes offshore og kravene til offshore konstruksjoner er skjerpet i forhold til Eurokode.
- Skrives i Mathcad
- Programmet må ha en brukermanual der det går klart frem for en uerfaren bruker hvordan man setter opp beregningen. Må også inneholde en forklaring av "kodesjekken".
- Mulighet for å ha med geometrien av selve stålrammen med i beregningen.
- Beregninger på hvor stort forspenningsmoment man må bruke når man strammer til boltene, med eller uten smurte bolter.
- Sjekk av friksjonskapasitet i forhold til forspenning av bolter.

En vil finne en måte å løse disse problemstillingene på uten at det skal bli for omfattende. Det skal tross alt være mulig for en uerfaren bruker å forstå. En er derfor nødt til å sette enkelte begrensinger i forhold til utforming og beregninger i oppgaven. Dette går mest på at en regner statisk bestemte konstruksjoner.

**Endelig oppgave gitt:** 04.03.2013

**Innleveringsfrist:** Fredag 10. mai 2013 kl. 12.00

**Intern veileder:**

Sanjay Kumar Khattri

Epost: [sanjay.khattri@hsh.no](mailto:sanjay.khattri@hsh.no)  
Kontortelefon 52 70 26 83  
Mobiltelefon: 952 20 848

**Ekstern veileder:**

Anders Lysø Kleven

Epost: [anders.lysoe.kleven@aibel.com](mailto:anders.lysoe.kleven@aibel.com)  
Kontortelefon: 852 68 684  
Mobiltelefon: 928 80 447

**Godkjent av  
studieansvarlig:**

**Dato:**

24/4 - 13

Haugesund 8. mai 2013

---

Gunnar Vallestad

---

Anders Aasen

## Forord

Hovedprosjektet er et emne som avslutter en treårig maskiningeniørutdanning innen marin konstruksjonsteknikk ved høgskolen Stord/Haugesund (HSH). Hovedprosjektet er på 15 studiepoeng. Resultatet av hovedprosjektet vil bli laget i to separate Mathcad filer. Dette er fordi det er et dynamisk beregningsprogram der en kun kan fremlegge enkeltresultater som endres etter variabler. En summering av beregningsprogrammet, detaljer, samt begrensinger for de ulike beregningene vil likevel bli lagt ved i denne rapporten. Ved å lese rapporten vil brukeren få et bedre innblikk i hva beregningene i programmet angår.

Mye av stoffet som vi har tilegnet oss på dette studiet kommer godt med i utarbeidingen av oppgaven. Fag som praktisk stålkonstruksjon, statikk og fasthetslære, maskinkonstruksjon/DAK- tegning er spesielt sentrale i denne sammenheng.

Rapporten er utarbeidet på oppdrag fra Aibel AS i Haugesund.

Vi vil takke alle som har bidratt med faglig kompetanse og veiledning rundt denne oppgaven:

Anders Lysø Kleven, Aibel, ekstern veileder

Wilhelm Jacobsen Thulin, Aibel

Sanjay Kumar Khattri, HSH, intern veileder

Vil også takke Tone Synnøve Tonheim for at hun gav oss muligheten til å skrive oppgaven hos Aibel AS.

## Innholdsfortegnelse

Forord.....	3
Sammendrag.....	7
1 - Innledning.....	8
1.1 Målsetting for oppgaven.....	9
1.2 Begrensninger for oppgaven.....	10
1.3 Programmer brukt.....	13
1.3.1 Mathcad.....	13
1.3.2 Autodesk Inventor & ANSYS.....	14
2 - Regelverk og Sikkerhetsfaktorer.....	15
2.1 Relevant regelverk.....	15
2.1.1 Eurokode.....	15
2.1.2 Norsok standard.....	15
2.2 Sikkerhetsfaktorer for offshore pipesupports.....	16
2.2.1 Sikkerhet mot ytre påvirkning.....	16
2.2.2 Blast og dragfaktorer.....	16
2.2.3 Materialfaktor og lastfaktorer.....	18
3 - Beregningene som er gjort.....	19
3.1 Krefter.....	19
3.1.1 Krefter på rørsystemet.....	19
3.1.2 Rørisolasjon.....	20
3.2 Momentberegninger for pipesupports.....	22
3.3 Beregning av supportprofil.....	23
3.4 Boltberegning.....	25
3.4.1 Skjær og Strekk.....	25
3.4.2 Hullkantrykk.....	25
3.5 Kilsveis.....	26
3.6 Friksjonskapasitet.....	28
3.7 Forspenningsmoment.....	29
4 - Beregningsprogram.....	30
4.1 Oppbygning.....	30
4.1.1. Introduksjon.....	30
4.1.2. Input parametere.....	30
4.1.3. Input parameter behandling.....	31
4.1.4. Kodesjekk.....	31
4.1.5. Resultat.....	32
4.2 Bruk av programmet.....	33
4.2.1 Eksempel.....	33

4.2.2 Oppgave .....	34
4.2.3 Fremgangsmåte for problemløsning.....	34
4.2.4 Resultat.....	38
4.2.5 Løsning på problemet.....	39
5 - Drøfting.....	42
6 - Konklusjon.....	44
7 - Kilder .....	45
8 - Vedlegg.....	47

## Figurliste

Figur 1 - Ulike supportprofiler .....	10
Figur 2 - Anbefalt plassering av boltehull.....	11
Figur 3 - Spenningsbilde ved en usentrert supportprofil.....	12
Figur 4 - Spenningsbilde (bakside) ved en usentrert supportprofil.....	12
Figur 5 - Bilde av enkel pipesupport tegnet i Inventor og importert til ANSYS. ....	14
Figur 6 - Blasteffekt på pipesupport.....	17
Figur 7 - Dragfaktorer og utregning [18] .....	17
Figur 8 - Materialfaktorer gitt i Norsok Standard {[2], side 17} .....	18
Figur 9 - Lastfaktorer for bruddgrensetilstanden (ULS) {[3], side 9} .....	18
Figur 10 - Trykkstøt/vannhammer [17].....	19
Figur 11 - Her er en enkel konstruksjon av pipesupport. ....	20
Figur 12 - Rørisolasjon.....	21
Figur 13 - Flens ved sammenføring av rør [19].....	21
Figur 14 - Lengder av supportprofiler i pipesupport.....	22
Figur 15 - Lengder på firkantprofil, ved beregning om x-aksen .....	23
Figur 16 - Kilsveis med a-mål.....	26
Figur 18 - Spenningsbilde for sveis.....	27
Figur 17 - Kreftene på sveis .....	27
Figur 19 - Korreksjonsfaktor for bolter.....	28
Figur 20 - Friksjonskoeffisient $\mu$ .....	28
Figur 21 - Illustrasjonsbilde av pipesupport. Beskriver dimensjoner på supportprofil.....	33
Figur 22 - Illustrasjonsbilde av plategeometri.....	34
Figur 23 - Input ("KrefterFraRør") .....	34
Figur 24 - Input ("KrefterFraRør") .....	35
Figur 25 - Output ("KrefterFraRør").....	35
Figur 26 - Input ("Beregningsprogram_pipesupport").....	36
Figur 27 - Input ("Beregningsprogram_pipesupport").....	36
Figur 28 - Input ("Beregningsprogram_pipesupport").....	37
Figur 29 - Input ("Beregningsprogram_pipesupport").....	37
Figur 30 - Resultat 1 ("Beregningsprogram_pipesupport").....	38
Figur 31 - Resultat 1 ("Beregningsprogram_pipesupport").....	39
Figur 32 - Krefter ("KrefterFraRør") .....	40
Figur 33 - Krefter ("Beregningsprogram_pipesupport") .....	40
Figur 34 - Resultat 2 ("Beregningsprogram_pipesupport").....	40
Figur 35 - Resultat 2 ("Beregningsprogram_pipesupport").....	41
Figur 36 - Her er røret festet med klemmer som holder det stabilt [20] .....	42
Figur 37 - En annen form for oppstøtting av røret som hindrer det i å rulle av [21] .....	43
Figur 38 - Feste av plate til supportprofil vha. bolter [21].....	43

## Vedleggsliste

Vedlegg 1 - Tabell av rørdimensjoner i mm og tyngde i kg. [11].....	47
Vedlegg 2 - Partialfaktorer for knutepunkt .....	48
Vedlegg 3 - Nominelle verdier av flytegrense og strekkfasthet for bolter.....	48
Vedlegg 4 - Bolteforbindelser .....	49
Vedlegg 5 - Hull-, ende- og kantavstander .....	50
Vedlegg 6 - Dimensjonerende kapasitet - avskjæring og strekk.....	51
Vedlegg 7 - Flytespenninger .....	52
Vedlegg 8 - Forspenningsmoment .....	52
Vedlegg 9 - Korreksjonsfaktorer.....	53
Vedlegg 10 - Korrelasjonsfaktor $\beta_w$ for kilsveis .....	53
Vedlegg 11 - Dimensjoner på bolter .....	54
Vedlegg 12 - Nøkkelvidde .....	55
Vedlegg 13 - Spennetabell av ulike rørstørrelser i rustfritt stål [16] .....	56

## Sammendrag

Det er i denne oppgaven blitt laget et beregningsprogram for dimensjonering av pipesupports. Programmet tar for seg en firkantprofil som er festet til en plate, der bolter blir utsatt for skjær-, strekk- og momentbelastninger. Det er også sett på sveisen som er mellom platen og supportprofilen som holder oppe røret.

Programmet er skrevet i Mathcad, som er et dataprogram som kan utføre både enkle og avanserte kalkulasjoner. Det er også tegnet og lagt inn enkle modeller i Inventor og ANSYS. Programmet er laget brukervennlig, for en rask innføring i beregning av pipesupports. Rapporten beskriver utgangspunktet for beregningene som er gjort, programmene som er brukt, og tanker rundt.

Kapasitetsberegninger av forbindelser er blitt gjort i henhold til retningslinjene gitt i NS-EN 1993-1-8:2005+NA:2009 (Eurokode 3). Dette formelverket skal sikre at forbindelsen har nødvendige kapasiteter. Eurokodene er etter 1. april 2010 gjeldende regelverk for konstruksjoner i Nordsjøen. Tidligere var det de nasjonale standardene som var gjeldende.



## 1 - Innledning

Rørstøtter er det norske ordet for pipesupports. Resten av rapporten vil bruke ordet pipesupports i stedet for rørstøtter. Dette fordi det er det mest vanlige ordet brukt i Norge, så vel som i resten av verden.

På ulike olje- og/eller gassplattformer er det plassert utallige meter rør som frakter ulike gass-/oljefraksjoner rundt i de ulike prosessanleggene. Vanligvis ligger ikke rørene rett på plattformdekket. For at disse rørene skal ligge solid uten fare for driftsstopp eller andre katastrofale hendelser, er de nødt til å sikres ordentlig. Dette gjøres normalt ved å benytte seg av pipesupports, hvor beregningene baserer seg i hovedsak på standarden NS-EN 1993-1-8 (nå Eurokode 3). Når nye rør skal sikres, eller ved skifte av eksisterende løsninger, beregner en på hvordan supportene skal dimensjoneres og plasseres. Dette gjøres i henhold til bransjekrav fra Norsk Standard og Norsok Standard.

Siden oppgaven går ut på å lage et beregningsprogram for pipesupport på en plattform offshore, vil utregningene være mer konservative enn om supportene hadde befunnet seg på land. Dette fordi kravene til offshore konstruksjoner er skjerpet i forhold til Eurokode (tidl. Norsk Standard). Materialfaktor og lastfaktor vil av den grunn foregå i henhold til NORSOK standarder (Norsk sokkels konkurranseposisjon).

Bilder, illustrasjoner og diverse beregninger er gjort egenhendig, eller med hjelp fra veilederne. Bakgrunnsstoffet bygger på fag som ”Statikk og Fasthetslære”, ”Maskinkonstruksjon I og II” og ”praktisk stålkonstruksjon”. Beregningen av vindkraft er tatt fra faget undervannsteknologi.

I denne oppgaven vil det bli sett nærmere på skjær-, strekk- og trykkrefter som virker i boltinnfestingen i platen. Dette er den mest vesentlige, og kritiske beregningen i pipesupporten. Begrensinger vil utredes. Videre vil de spenninger som virker i sveisen i de kritiske hjørnepunktene beregnes. Det vil også bli sett på friksjonskapasitet i forhold til forspenning av bolter. Dette er en beregning som ofte er kritisk i forbindelse med utmattingsproblematikk på flytende plattformer eller lignende. Til slutt vil en se på hvor stort forspenningsmoment må være når en strammer til boltene, med eller uten smurte bolter.

## 1.1 Målsetting for oppgaven

Som det fremgår av oppgaveteksten, vil målet med oppgaven være å lage et beregningsprogram for pipesupport. Beregningsprogrammet bygger på *Mathcad* som er et universelt dimensjoneringsprogram som brukes i ulike miljøer over store deler av verden.

Beregningsprogrammet for pipesupport skal kunne brukes av en uerfaren bruker på området for å få en rask forståelse for hvordan man skal ta seg frem i ulike beregninger.

Mer generelt vil det for denne oppgaven være naturlig å henvende oss hovedsaklig til veilederne, deretter til fagpersonalet både ved HSH-Ingeniørfag og, ikke minst, hos firmaet som er ”oppdragsgiver” for hovedoppgaven.

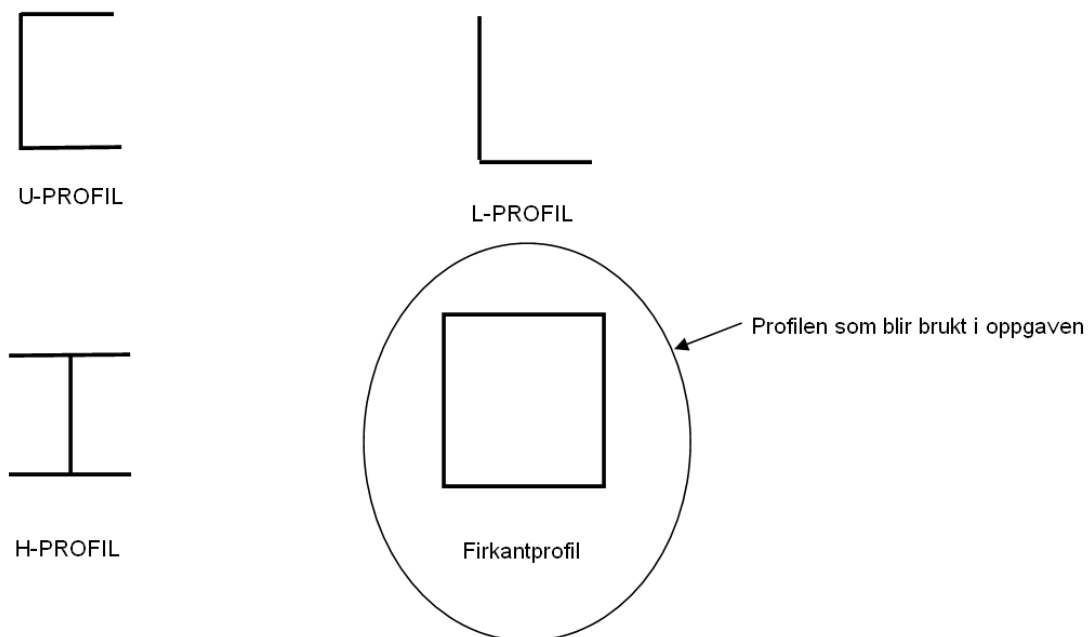
For at dette programmet skal kunne brukes av en uerfaren bruker vil vår målsetning være at så å si alle med litt kjennskap til ulike dimensjoner, krefter, osv, skal kunne benytte seg av programmet i beregningen av enkelte statisk bestemte pipesupports. For at dette skal være mulig ser en for seg at brukeren kan skjule alt avansert innhold, og fokusere på å få frem det som virkelig teller, nemlig om beregningene er "ok" eller "ikke ok".

## 1.2 Begrensninger for oppgaven

Det vil være en del begrensninger for oppgaven. Blant annet vil kun en type geometri brukes. Det vil være mulig å endre på dimensjoner av plate, bolter, supportprofiler og distansen mellom dem. Ved mer kompliserte geometrier vil små krefter utgjøre større forskjeller.

Det vil være mulig bruke koden som er skrevet, til å legge inn flere geometrier i ettertid, men dette krever at en del faktorer forandres. Kraftene som virker på ulike punkt vil da kunne virke et annet sted. Programmet vil brukes for å illustrere hvordan bolter og sveis kan beregnes på en enkel geometri. Denne geometrien vil bestå av en plate som er sammenføyd med en firkantprofil som sveises vinkelrett ( $90^\circ$ ) på platen. Fire boltehull til boltene vil være plassert sentrisk rundt platen.

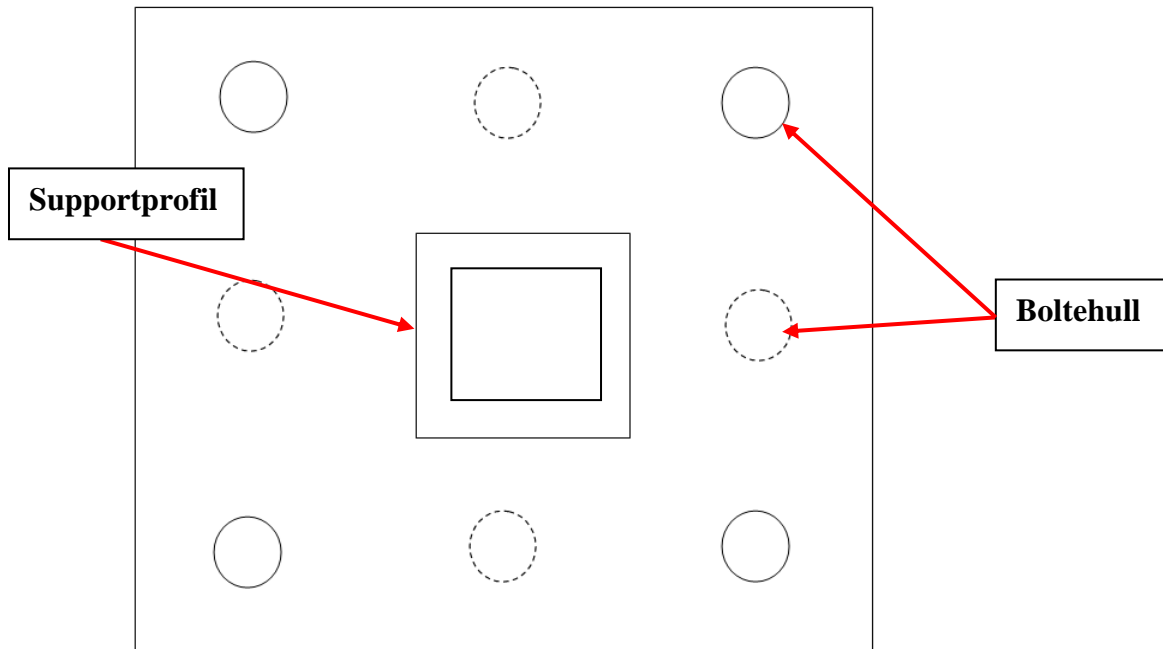
Hovedfokuset en har valgt vært å lage et enkelt beregningsprogram for personer som ikke har bakgrunn innen beregning av pipesupports. Geometrien som er valgt er enkel og høyaktuell for bruk. Det er tatt med generelle formler for utregning av profil i rapporten (se kapittel 3.3). Dette er ikke lagt inn i Mathcad.



**Figur 1 - Ulike supportprofiler**

Det vil være mulig å endre supportprofilene, bare de er firkantede.

Det er vanlig å etterstrebe en mest mulig symmetrisk plassering av boltene. Dette for å få spenningene jevnt fordelt i platens tverrsnitt, men også mye fordi det hindrer misforståelser for den som skal montere pipesupporten. Dermed vil programmet i stor grad fokusere rundt at boltene er symmetrisk plassert på platen.



Figur 2 - Anbefalt plassering av boltehull

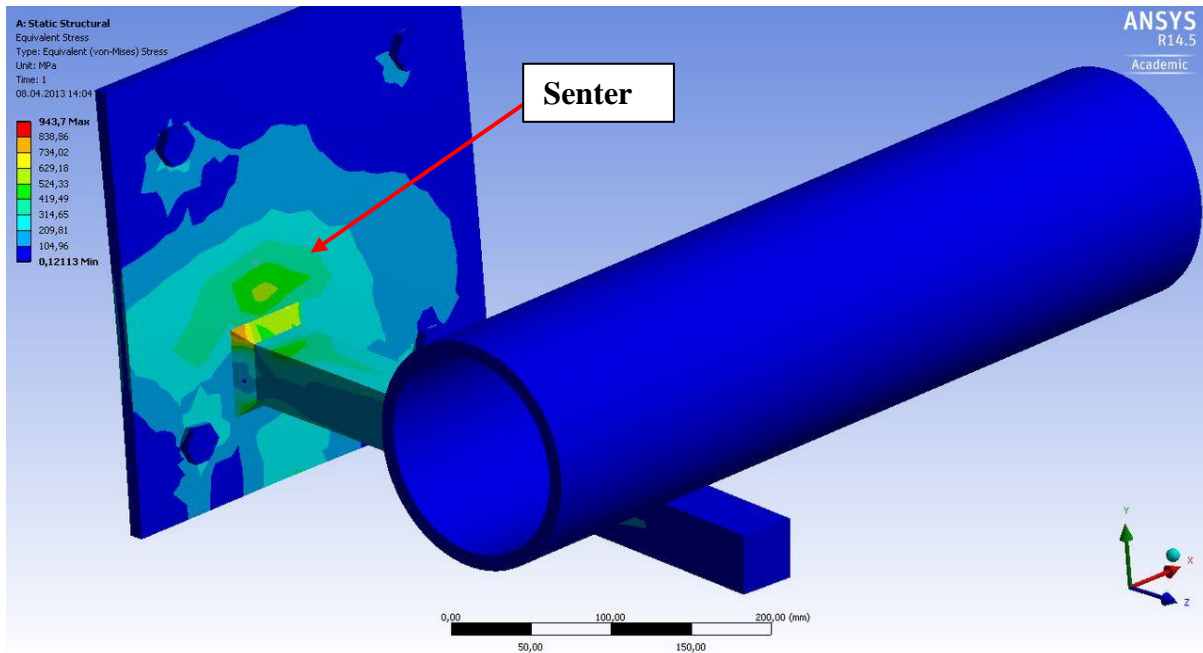
Beregningene vil ta for seg det mest grunnleggende når det gjelder bolter og sveis. De tar for seg statiske beregninger, men ikke mer avanserte deler som dynamiske- og statisk ubestemte systemer.

I statisk ubestemte systemer kan ikke lagerkreftene bestemmes utelukkende fra likevektsbetingelsene. Dette fordi det er flere ukjente lagerreaksjoner (snittkrefter og momenter) enn det er ved likevekt ( $\sum F_x$ ,  $\sum F_y$ ,  $\sum F_z$ ,  $\sum M_x$ ,  $\sum M_y$ ,  $\sum M_z$ ). I slike tilfeller må stivheten av hver enkelt konstruksjonsdel tas hensyn til for å beregne virkningen av lasten. Stivheten vil være avhengig av lengde, arealtregghetsmoment, elastisitets- og skjærmodul. [10]

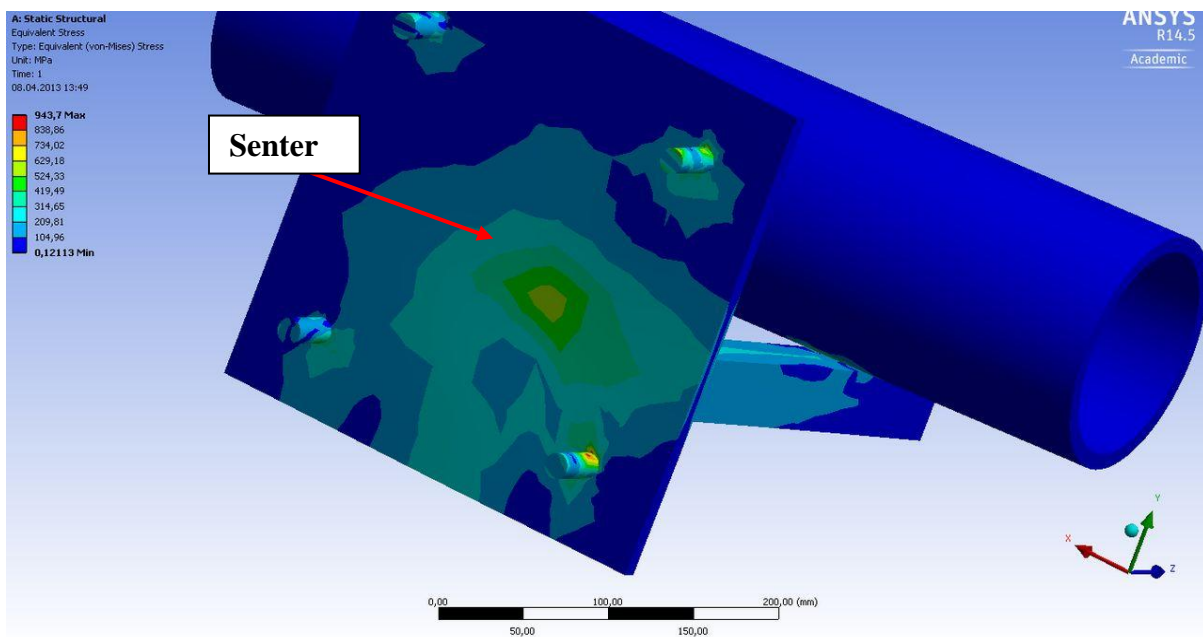
Typiske eksempler på statisk ubestemte pipesupports vil være når mer enn en plateinnfesting av supportprofilene er et faktum. Her må det sees på hvert tilfelle enkeltvis. Egne skreddersydde programmer brukes som regel til slike beregninger, f.eks. *Staad Pro*. Programmet i Mathcad vil ta for seg grunnleggende statiske beregninger, med gode tilnærminger til det virkelige spenningsbildet.

En pipesupport er sjelden plassert alene. Supportene er i de fleste tilfeller plassert f.eks. på en rekke sammen med andre supporter. Dette kommer også frem i Mathcad dokumentet ("KrefterFraRør") som regner ut kreftene som virker fra røret.

Programmet går også ut fra en tilnærmet stiv plate, med nokså jevne spenninger i tverrsnittene og boltene. Det vil ikke bli utført beregninger på selve platen. Spenningene vil også være noe annerledes i bolter og plate om supportprofilen ikke er plassert sentrisk. Dette ser man på figurene på neste side der supportprofilen er plassert noe mindre sentralt på platen.



**Figur 3 - Spenningsbilde ved en usentrert supportprofil.**  
 Her blir spenningsene større enn ved en sentrert supportprofil



**Figur 4 - Spenningsbilde (bakside) ved en usentrert supportprofil**

En annen begrensning for oppgaven vil være at en eventuell bruker må ha Mathcad installert på sin respektive datamaskin for og i det hele tatt kunne åpne programmet. Dette sees ikke på som et stort problem med tanke på at det er et mye brukt program i ingeniørbransjen.

## 1.3 Programmer brukt

### 1.3.1 Mathcad



Mathcad som brukes i denne hovedoppgaven er et svært anvendelig program. Det ble først introdusert i 1986. Mange ingeniører, men også andre yrkesgrupper bruker dette programmet i dag til å gjøre beregninger som kan endres alt etter hvilket scenario som er tenkt. Programmet brukes hovedsaklig til vanskelige utregninger, grafer, tabeller, funksjoner, dokumentering av arbeid, dele beregninger og konstruksjoner osv. [8]

Hovedideen bak Mathcad er å skrive som på et vanlig ark. Fra venstre til høyre, og fra topp til bunn. Mathcad vil respondere nedover på arket, og vil regne ut definerte funksjoner og variabler som står ovenfor formelen som plottes inn. Man kan enkelt skifte ut verdier fra et eksempel; og resultatet vil endres fortløpende.

Kort fortalt vil Mathcad ved tegnet ” := ” definere en funksjon/formel/input, mens ved ” = ” vil Mathcad regne ut den aktuelle beregningen som gjøres. For hjelp er guiden som er innlagt i systemet meget brukervennlig. Her kan du også kopiere ”quicksheets” direkte inn i ditt program. For guiden trykker man ” F1 ”.

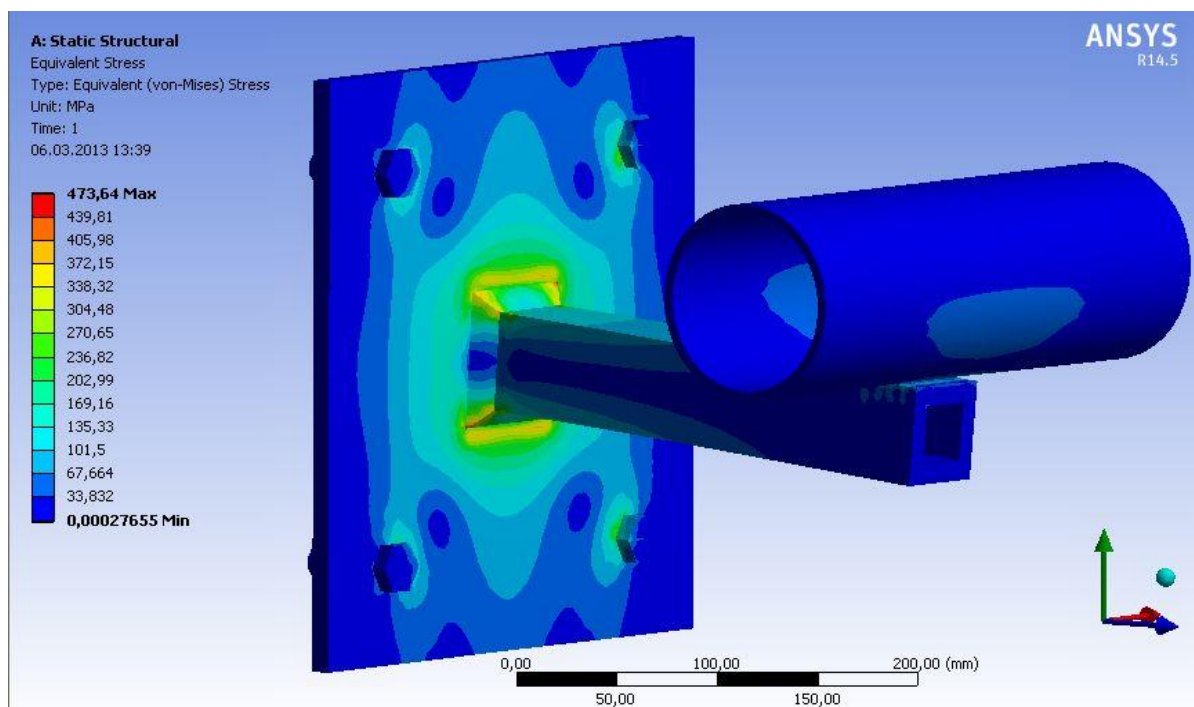
Mathcad fungerer som en “prøve og feile”-prosess. Med dette menes det at man kan sjekke ulike krefter eller dimensjoner av geometri, for så å se om kapasiteter eller lignende er godkjente. Om det viser seg at de ikke godkjennes, er en nødt for å endre en eller flere variabler.

### 1.3.2 Autodesk Inventor & ANSYS



Autodesk Inventor er et CAD-program (Computer Assisted Design). Programmet er bygget opp 3D parametriske, og er laget av programvareprodusenten Autodesk. Det ble introdusert i 1999. Inventor er designet for å modellere, lage tekniske tegninger og teste store og komplekse mekaniske konstruksjoner.

ANSYS er et CAE-program (Computer Aided Engineering). Dette verktøyet blir blant annet brukt for å analysere robustheten og ytelsen av komponenter, og sette opp sammenstillinger. Begrepet CAE omfatter simulering, validering, og optimalisering av produkter. ANSYS softwaren kan overføre 3D-tegninger tegnet i f.eks. Inventor. Her kan man så legge inn krefter og support for å gjøre beregninger på enkeltdeler, eller sammensatte konstruksjoner. Disse beregningene vil da gi en grei indikasjon på hvor de største kreftene vil ligge i konstruksjonen, og om det vil oppstå noen form for deformasjon.



Figur 5 - Bilde av enkel pipesupport tegnet i Inventor og importert til ANSYS. Får her en god indikasjon på hvor kreftene i konstruksjonen ligger (kun y: vertikale krefter her). Skalaen til venstre i bildet viser belastning (rødt: maks spenning, blå: minimum spenning).

## 2 - Regelverk og Sikkerhetsfaktorer

### 2.1 Relevant regelverk

#### 2.1.1 Eurokode

Fra 1.april 2010 ble alle Nasjonale standarder erstattet med ti Eurokoder. Eurokodene danner nå en serie felles europeiske standarder. Eurokode 0 tar for seg pålitelighet, mens de resterende (Eurokodene 1-9), handler mer om laster på konstruksjoner, prosjektering, og ulike konstruksjonsmaterialer.

Rapporten vil i all hovedsak dreie seg om ”Eurokode 3: Prosjektering av stålkonstruksjoner del 1-8: Knutepunkter og forbindelser”. Denne Eurokoden tar for seg bolteberegning, sveis og friksjonskapasitet, og gir krav til brukbarhet, bestandighet og kapasitet.

#### 2.1.2 Norsok standard

Norsok står for Norsk sokkels konkurranseposisjon og ble i 1996 opprettet for å redusere tid for gjennomføring av prosjekter, og for å redusere utviklings- og driftskostnader for installasjoner offshore. Disse sørget for at det som tidligere var et resultat av interne spesifikasjoner innad i oljeselskapene, nå er erstattet av en felles standard. Utarbeidelsen av standardene er gjort i samarbeid mellom ulike bransjer og aktører både på arbeidsgiver,- arbeidstaker,- og myndighetssiden. Norsok standardene oppdateres ved behov.

Norsok Standardene administreres av Standard Norge [5].



## 2.2 Sikkerhetsfaktorer for offshore pipesupports

### 2.2.1 Sikkerhet mot ytre påvirkning

Siden kravene til offshore konstruksjoner må holde et strengt regime, er sikkerhetsfaktoren noe høyere enn ellers. Det finnes ulike sikkerhetsfaktorer alt etter bruk og formål. Felles for dem alle er at de tar høyde på å redusere mulighetene for feil/ulykker, som regel i konstruksjoner. I denne oppgaven vil lastfaktoren og materialfaktoren [eller partialfaktor  $\gamma$  som den kalles i Norsk Standard (NS)] være sentrale i beregningene.

Definisjonen på en sikkerhetsfaktor er:

$$\text{Sikkerhetsfaktor} = \frac{\text{virkelig (reell styrke)}}{\text{styrke som trengs}}$$

Sikkerhetsfaktoren tar vanligvis høyde for blant annet følgende kriterier[3]:

- Belastning høyere enn forutsett
- Små variasjoner som handler om design, strekkfasthet, flytegrense, forringelse av materialkvalitet og korrosjon
- Egne antakelser som kan ha små utslag
- Skader
- Endringer i omgivelsene
- Antakelser gjort i designfasen
- Vedlikeholdsavvik og liknende
- Uventede feil
- Menneskelige feil

I tillegg må kravene offshore høynes, da følgene av en feilmekanisme er mye større og ikke kan tolereres. Vær og vind er tøffere, og om noe går galt vil konstruksjonen ta lengre tid å reparere enn på land, hvor utstyr og personell er mer tilgjengelig.

### 2.2.2 Blast og dragfaktorer

Det er også viktig å tenke på at eksplosjoner kan oppstå. Kraften som virker fra eksplosjonen beregnes slik [4]:

$$F = p \times A \times CD \times DAF$$

$p$  er trykket som virker i dragsuget av røret målt i Pa

$A$  er rørets prosjekterte tverrsnitt ( $L * B$ ).

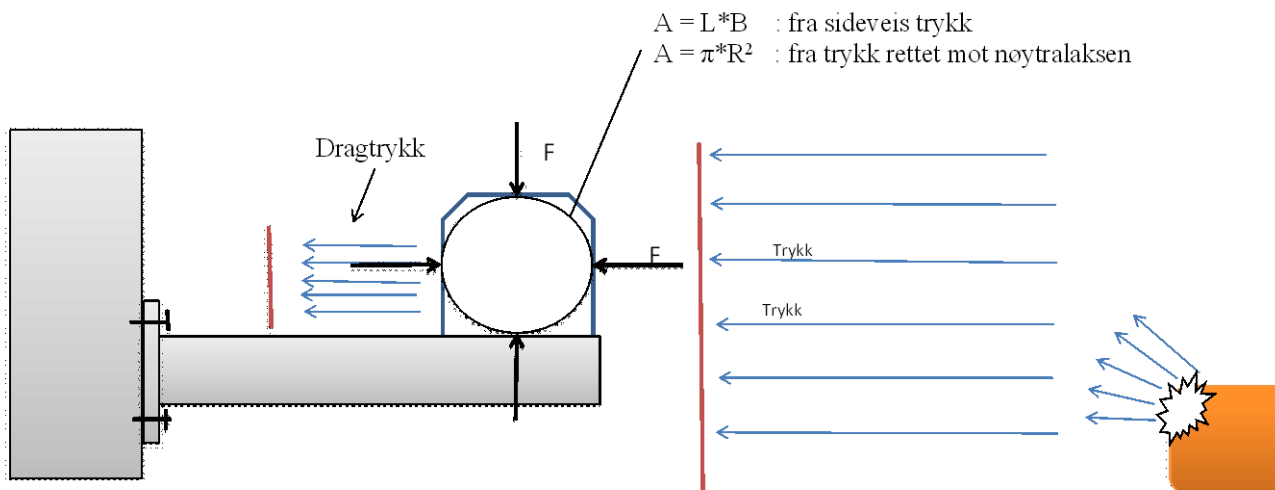
$CD$  er dragkoeffisienten (kan regnes som 0,5 for rør)

$DAF$  er en dynamisk forsterkningsfaktor ("dynamic amplification factor" - minst 1,5)

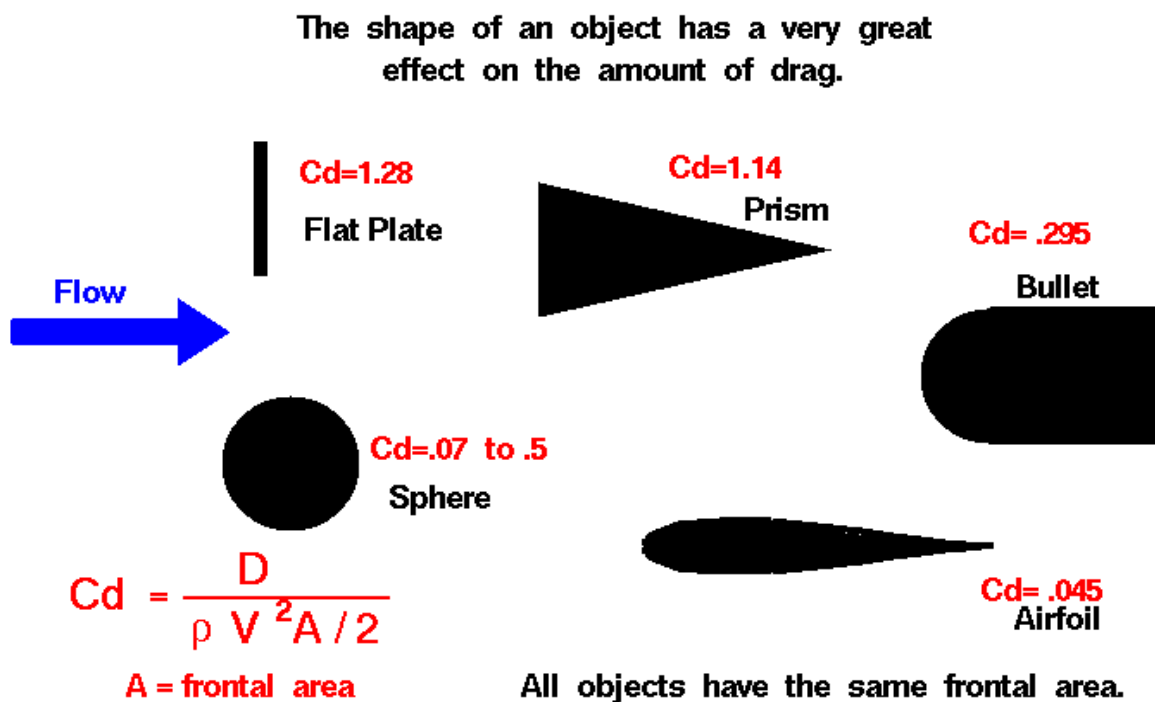
Denne kraften kalles ofte blast (engelsk). Blast kreftene ( $F_x, F_y, F_z$ ) må beregnes enkeltvis. Om kreftene fra blast/eksplosjon er bevist ved utregning å være større enn de statiske kreftene fra røret, innvendig fluid, eller vindkraft, skal pipesupportene dimensjoneres etter kraft fra blast. Dette er viktig å tenke på som en beregning som må utføres utenfor Mathcad-

programmet. Det må alltid sees på verst tenkelige scenario når krefter som virker på pipesupportene regnes på.

Det er ofte store verdier som strømmer i rørene, og en produksjonsstopp vil kunne gi store økonomiske tap. Dette må derfor tas med i betraktningen og ses på som et absolutt uønsket utfall som følge av underdimensjonerte pipesupports.



Figur 6 - Blasteffekt på pipesupport



Figur 7 - Dragfaktorer og utregning [18]

### 2.2.3 Materialfaktor og lastfaktorer

I denne oppgaven vil det dreie seg om to faktorer som må bli tatt hensyn til i beregninger offshore. Materialfaktoren som er sikkerhetsfaktoren for avvik fra betingelser for selve materialet, og lastfaktoren som tar hensyn til avvik i de beregnede lastpåvirkninger. Begge disse faktorene er noe mer konservative i Norsok {[2], side 17} og {[3], side 9} enn i Norsk Standard [6].

Lastfaktorene gir laste- og kapasitetsvariablene dimensjonerende verdier. Den karakteristiske lastprofilen vil multipliseres med en lastfaktor som vil øke den karakteristiske lasten til dimensjonerende last. Lastfaktorene vil ta hensyn til avvik fra oppgitte betingelsene for lasten.

For materialkapasiteten vil den karakteristiske materialegenskapen divideres med en materialfaktor som fører til at verdien blir lavere. Den tar dermed høyde for variabler som er umulig å styre. Dette kan være temperatursvingninger, avvik fra karakteristiske materialegenskaper, vær osv. {Side 16 kap. 5[7]}

Materialfaktoren ( $\gamma_2$ ) vil i bruddgrensetilstanden (Ultimate limit state, ULS) for bolter være satt til 1.3 med mindre noe annet gjør at den må høynes.

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

Figur 8 - Materialfaktorer gitt i Norsok Standard {[2], side 17}

Ved kontroll av bruddgrensetilstand ("Ultimate limit state" - ULS) brukes kombinasjoner av lastfaktorer. Konstruksjonene skal i følge denne metoden tilfredsstille ulike grensetilstander. ULS eller bruddgrensetilstanden, er den tilstanden konstruksjonen utsettes for når de aktuelle lastene er på sitt største.

Kombinasjonen for høyeste verdi for dimensjonerende lastkombinasjon blir gjeldende.

<i>ULS-tilfelle</i>	<i>Permanent last</i>	<i>Variabel last</i>	<i>Miljølast</i>
<b>a</b>	1,3	1,3	0,7
<b>b</b>	1,0	1,0	1,3

Figur 9 - Lastfaktorer for bruddgrensetilstanden (ULS) {[3], side 9}

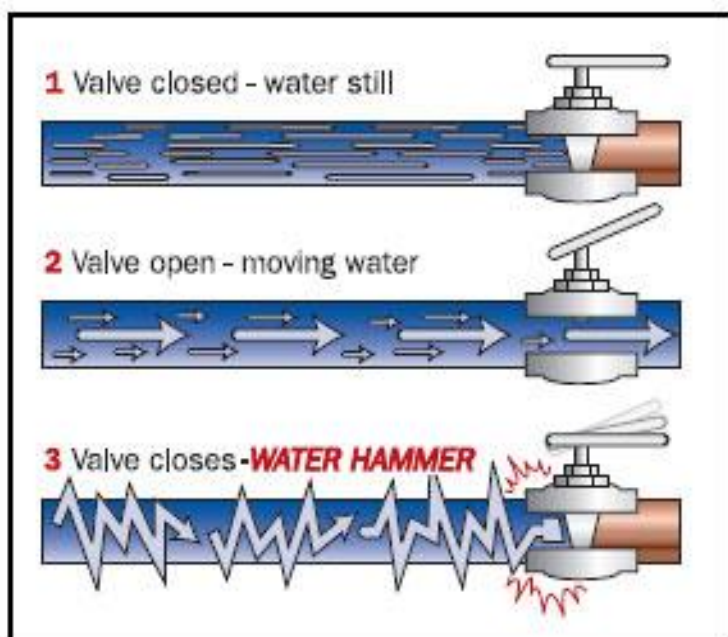
## 3 - Beregningene som er gjort

### 3.1 Krefter

#### 3.1.1 Krefter på rørsystemet

For å dimensjonere et sikringssystem for rør korrekt er det viktig å ta hensyn til de aktuelle forholdene. En har i alle rørsystemer i drift varierende dynamiske krefter. Dette kan være:

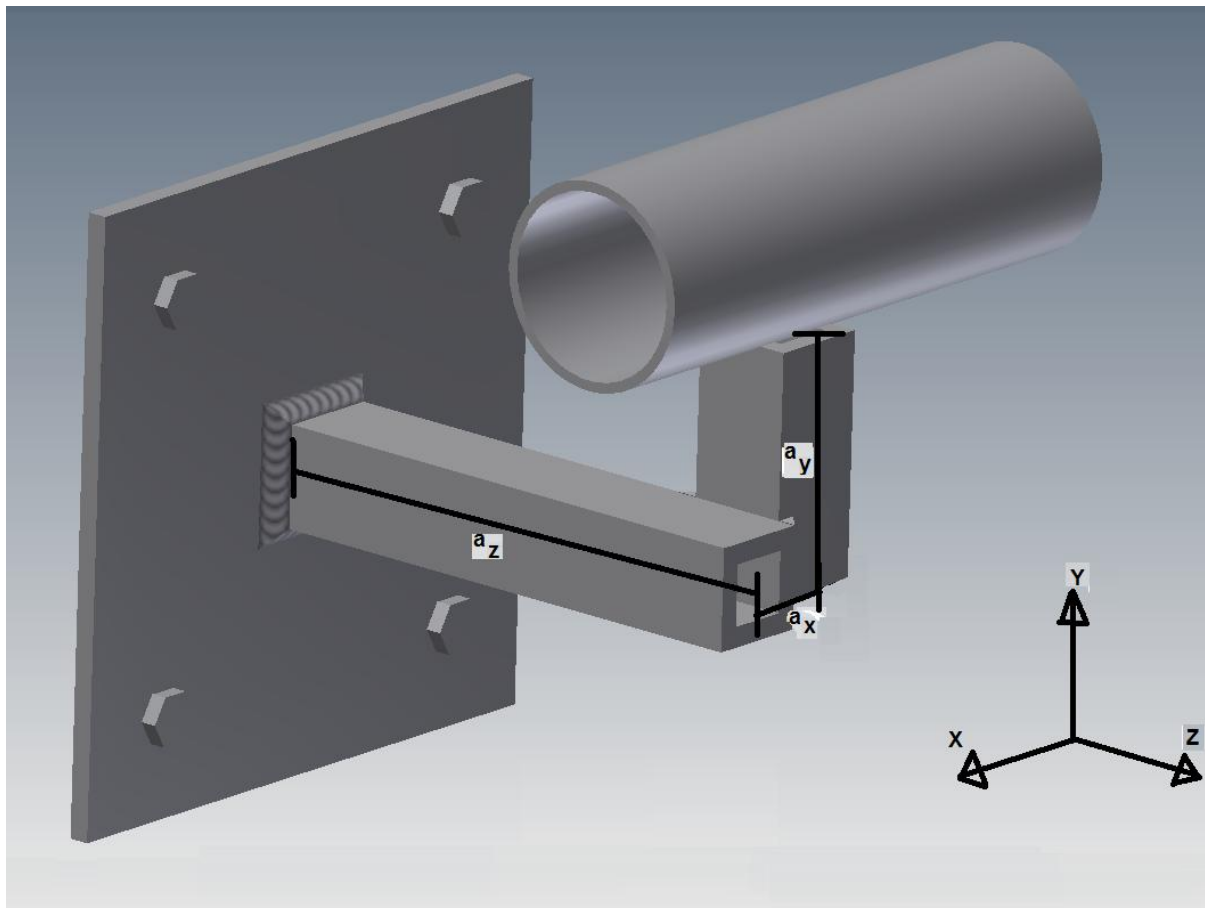
- Slagg i systemet, tetthetsvariasjoner og ujevnheter i tofasestrømningen
- Trykkstøt som følge av plutselige trykkendringer ved f.eks. sjalting av en ventil
- Jordskjelv
- Tsunami/ store bølgehøyder
- Vibrasjon (f.eks. akustisk)
- Vind
- Snø, is
- Strøm
- Trykktesting
- Egenvekt fra røret
- Isolasjon av røret
- Temperaturforskjeller som vil utvide/minske rørets radius og lengde. Dette kan regnes ved formelen for lengdeutvidelse



Figur 10 - Trykkstøt/vannhammer [17]

Utregningen av kreftene fra røret er lagt inn et eget Mathcad-dokument ("KrefterFraRør ") der det er lagt inn statiske krefter fra egenvekt og isolasjon av røret, samt eventuelt strømmende fluid innvendig. Det er også lagt inn beregning av den maksimale vindkraften som vil virke ved uvær/storm. En har tatt med disse beregningene fordi det er her de største kreftene utspiller seg. Dette vil si at om en ikke har tabeller/data på kreftene som virker på røret, vil det være mulig å åpne programmet for å finne disse. Vindkraften vil virke i x- og z-retning (se figur 11) om de er bevist større enn friksjonsfaktoren ganget med egenvekten av røret.

Det kan i noen tilfeller være vesentlig å ha med vekt av selve supportprofilen, noe som må vurderes i hvert tilfelle. Om det er spesielle forhold som tilsier at andre hendelser vil skape mye større krefter som vil virke på pipesupportene, må dette tas hensyn til i egne beregninger. Beregningene fra vekt av rør og fluid samt vind er konservative, og vil gi et godt utgangspunkt for totalkreftene.

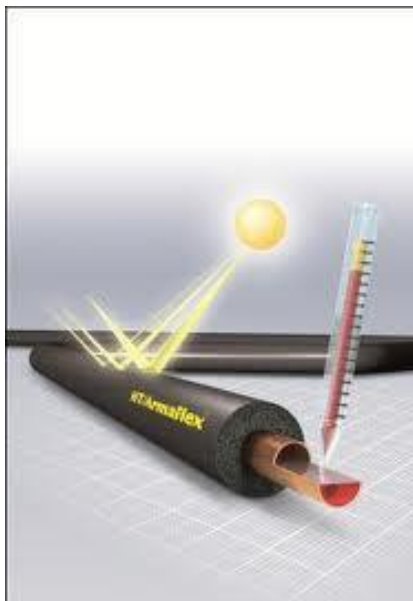


Figur 11 - Her er en enkel konstruksjon av pipesupport.  
Ser retningen til x, y og z

### 3.1.2 Rørisolasjon

Rørisolasjon [14] brukes for å:

- Hindre varmetap (klasse 1)
- Hindre at røret blir for varmt (klasse 2)
- Hindre personskade (klasse 3)
- Hindre innvendig kondens, størkning, eller frysing av innvendig fluid (klasse 4)
- Beskytte mot eventuell brann (klasse 5)
- Hindre utbredelse av akustikk (klasse 6, 7 og 8)



**Figur 12 - Rørisolasjon**

Rørisolasjon beregnes ut i fra NS-EN ISO 12241, og må baseres på det enkeltes prosjekts nødvendigheter ved f.eks. hindring av varmetap eller andre omstendigheter. I tilknytning til isolasjon på flenser, rør og utstyr skal det være mulig å fjerne bolter uten skade på isolasjonen. Minimum avstand fra isolasjon til flens skal være lik boltelengden +25 mm. Dette tas det ikke hensyn til i Mathcad-programmet.



**Figur 13 - Flens ved sammenføring av rør [19].  
Det må ikke legges isolasjon ved sammenføyingen**

### 3.2 Momentberegninger for pipesupports

$$M_x = F_z * a_y + F_y * a_z$$

$$M_y = F_z * a_x + F_x * a_z$$

$$M_z = F_x * a_y + F_y * a_x$$

$M_z$  vil her være torsjon

Her er et typisk forenklet oppsett for å beregne momentene som opptrer ved den gitte festeanordningen. Her vil røret ligge hvor kreftene ( $F_y$ ,  $F_z$ ,  $F_x$ ) virker.

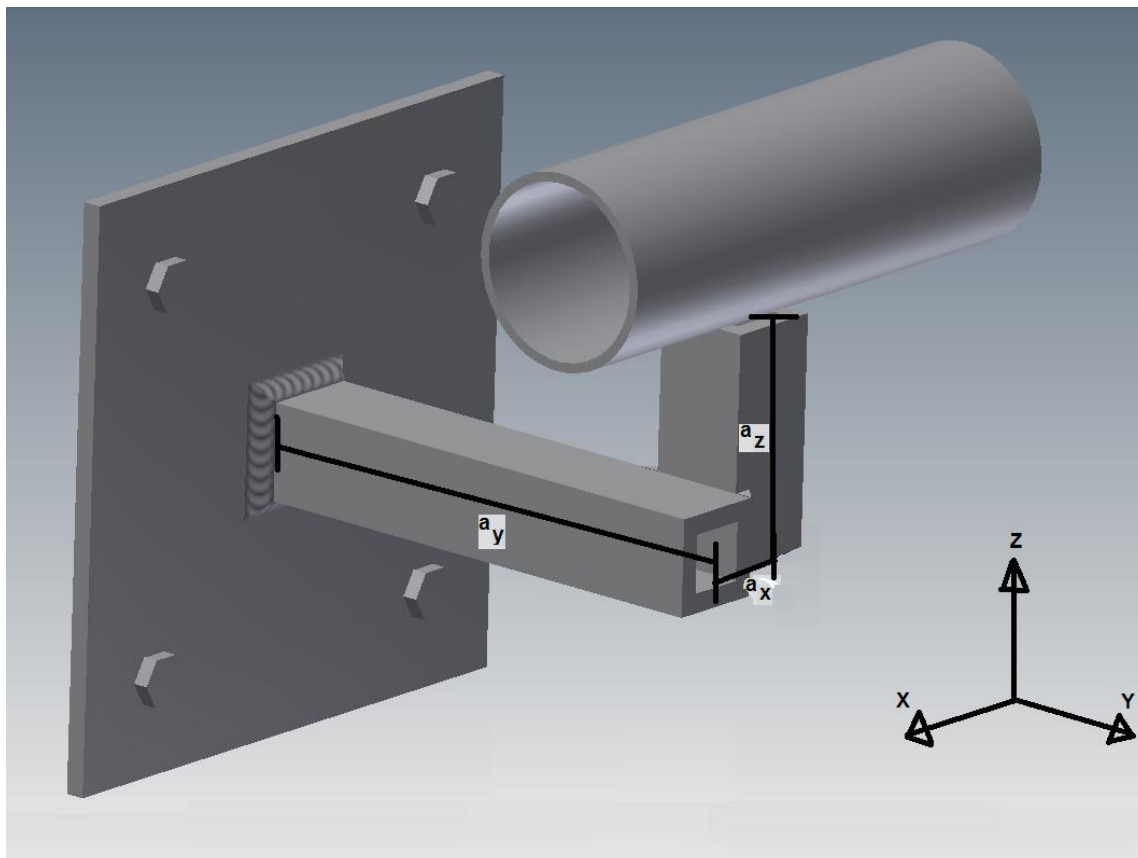
$M_x$  og  $M_y$  er momenter som prøver å trykke eller strekke boltene.  $M_z$  skaper torsjon og prøver å skjære boltene.

Om kreftene ( $F_y$ ,  $F_x$ ,  $F_z$ ) fra et tenkt rør virker lengre i f.eks. x-retningen, - må en ta lengden fra det nåværende punktet og legge til avstanden i formelen hvor  $a_x$  inngår.

Om vi tenker oss at kreftene fra røret virker ved enden av  $a_x$  på bildet under, gir dette at lengden  $a_y$  forsvinner. Da står man igjen med to moment som virker over en lengde:

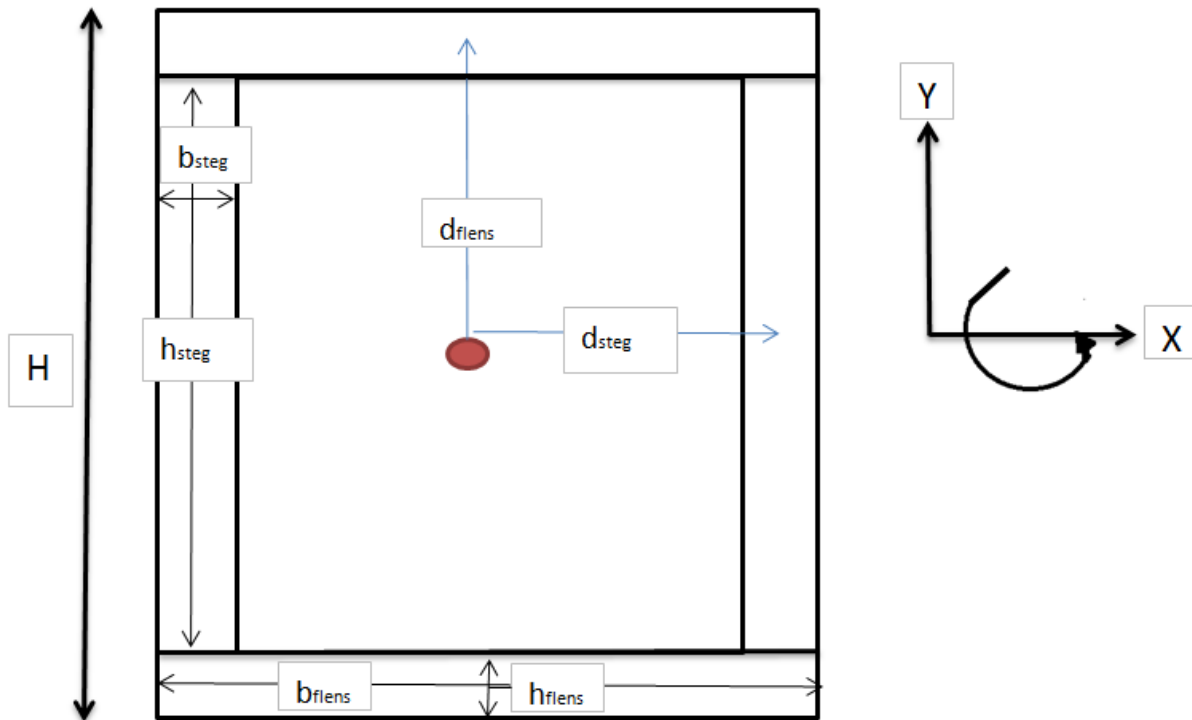
$M_x = F_y * a_z$  og  $M_z = F_y * a_x$ , mens  $M_y$  blir et resultat av to lengder:

$$M_y = F_z * a_x + F_x * a_z$$



Figur 14 - Lengder av supportprofiler i pipesupport

### 3.3 Beregning av supportprofil



Figur 15 - Lengder på firkantprofil, ved beregning om x-aksen

Beregning av firkantprofil er ikke dimensjonert med kapasiteter i Mathcad-dokumentet. Det vil her likevel presenteres en grei måte å sjekke supportprofilen på.

$$\sigma_{x,y} = \frac{M_{b,x,y}}{W}$$

Bøyemomentene  $M_{b,x}$ ,  $M_{b,y}$ , og momentet  $M_z$ , kan finnes i Mathcadprogrammet. (Se også kap. 3.2).

Motstandsmomentet ( $W$ ) [ $\text{mm}^4$ ] finnes som vanligvis som følger:

$$W = \frac{BH^2 - bh^2}{6}$$

Men ved å bruke parallellakse-teoremet (Steiners teorem) vil en få et bedre svar, her ser en på moment om x-aksen:

$$I_{flens} = I_f + d_f^2 * A_f = \frac{b_f * h_f^3}{12} + (d_f^2 * A_f)$$

$$I_{steg} = \frac{b_s * h_s^3}{12}$$

$$I_{total} = 2 * I_{steg} + 2 * I_{flens}$$

$$W = \frac{2 * I_{total}}{H}$$



$$\sigma_{x,y} = \frac{M_{b,x,y} * H}{2 * I_{total}}$$

$$\tau_{xy}^2 = \frac{F_y}{A}$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3 * \tau_{xy}^2}$$

A : Arealet av supportprofilen [mm<sup>2</sup>]

I : Treghetsmoment [mm<sup>3</sup>] for flens, steg, og samlet

F<sub>y</sub> : Krefter i y-retning [N]

τ<sub>xy</sub> : Torsjon [N/mm<sup>2</sup>]

σ<sub>y</sub> : Spenning i y-aksen [N/mm<sup>2</sup>]

σ<sub>x</sub> : Spenning i x-aksen [N/mm<sup>2</sup>]

σ<sub>jf</sub> : Jammførende spenning [N/mm<sup>2</sup>]

H : Maks høyde av supportprofilen [mm]. Må regnes på tvers av den aksene det regnes på.

Dvs. maks høyde i y-aksen da vi ser på momentet om x-aksen her.

d<sub>steg</sub> : Lengde fra senter av supportprofilen til senter av steget.

d<sub>flens</sub> : Lengde fra senter av supportprofilen til senter av flens.

Generelt vil lastfaktor være 1,3, mens materialfaktor vil være 1,15 [Se figur 8, kap. 2.2.2]. Siden supportprofilberegningene ikke er lagt inn i Mathcad-programmet, er disse beregningene generelle og det vil ikke bli sett på kapasiteter eller lignende.

$$\gamma = \frac{\text{Flytgrense for profilmaterialet} \left[ \frac{N}{mm^2} \right]}{\sigma_{jf} \left[ \frac{N}{mm^2} \right]}$$

### 3.4 Boltberegning

Dimensjonerende kapasitet for et individuelt festemiddel påkjent av skjær og/eller strekk er hentet fra kap 3, side 21[6].

Se vedlegg 6 for beskrivelse av de ulike variablene brukt i formlene.

#### 3.4.1 Skjær og Strekk

Avskjæringskapasitet per snitt er gitt ved:

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_V * f_{ub} * A}{\gamma_{M2}}$$

Strekkapasitet for bolter er gitt ved:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 * f_{ub} * A_s}{\gamma_{M2}}$$

Kombinert avskjæring og strekk:

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 * F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

#### 3.4.2 Hullkantrykk

Kapasitet for hullkantrykk er gitt ved:

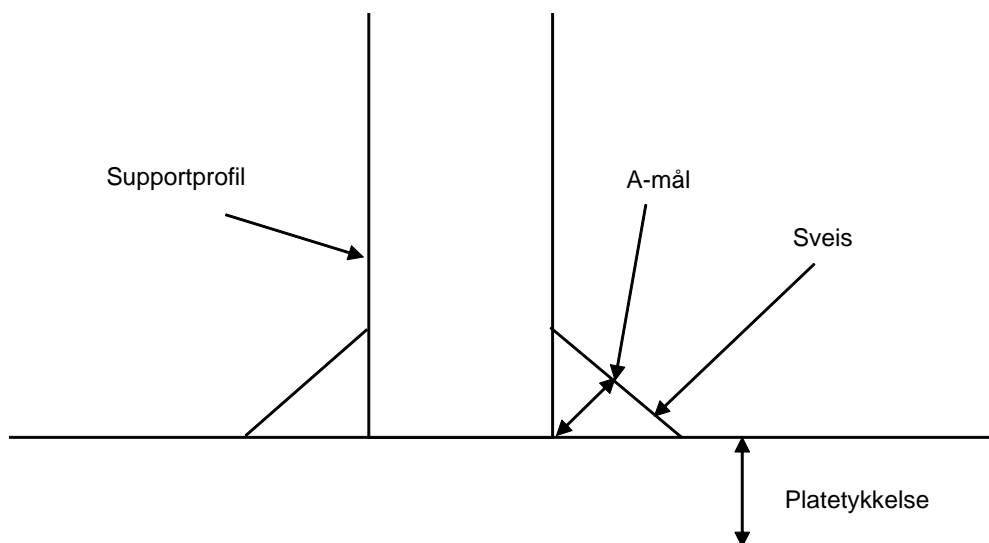
$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * f_u * d * t}{\gamma_{M2}}$$

Alle disse formlene med variabler og utregninger, er mer inngående beskrevet i Mathcad-dokumentet.

### 3.5 Kilsveis

Når en sveiser blir delene som skal sveises varmet opp til materialets smeltepunkt samtidig som det blir tilsatt et materiale i skjøten. Tilsatsmaterialet smelter sammen i delene og danner sveis. Enkelte ståltyper er spesielt bra egnet til sveising, blant annet konstruksjonsstål.

Tilsatsmaterialet og hjelpestoff for sveising har vanligvis bedre egenskaper (flytgrense, strekkfasthet, mindre slagseighetsenergi og bruddforlengelse) enn de stålsortene som er brukt i grunnmaterialet.



Figur 16 - Kilsveis med a-mål

I beregningsprogrammet blir det sett på kilsveis, som regnes som den mest brukte sveisen i sammenheng med pipesupport. Generelt kan en si dette om kilsveis {[6] kap 4, side 39}:

- Kilsveis kan brukes til å forbinde deler der flatene danner en vinkel på mellom  $60^\circ$  og  $120^\circ$  ( $90^\circ$  i Mathcad-programmet).
- A-målet er satt lik platetykkelsen for å sikre god sveis.
- Det er tillatt med åpningsvinkler mindre enn  $60^\circ$ . I slike tilfeller bør sveisen behandles som en buttsveis med delvis gjennomsveising.
- For åpningsvinkler større enn  $120^\circ$  bør kilsveisens kapasitet bestemmes ved prøving.
- Kilsveis som slutter i enden eller på siden av en konstruksjonsdel, bør føres sammenhengende rundt hjørnet i en lengde på minst to ganger sveisens sidemål, i alle forbindelser der en slik utforming er mulig.

Generelt vil en rundtgående kilsveis mest belastede punkt være ved hjørnene, og dimensjoneres etter disse spenningene. Spenninger i x-z retningene, samt momenter om x-, y- og z-retning vil "dra eller presse" i sveisens lengderetning. Dette resulterer i at spenningene som samles i hjørnene vil bli større her enn i resten av sveisens tverrsnitt.

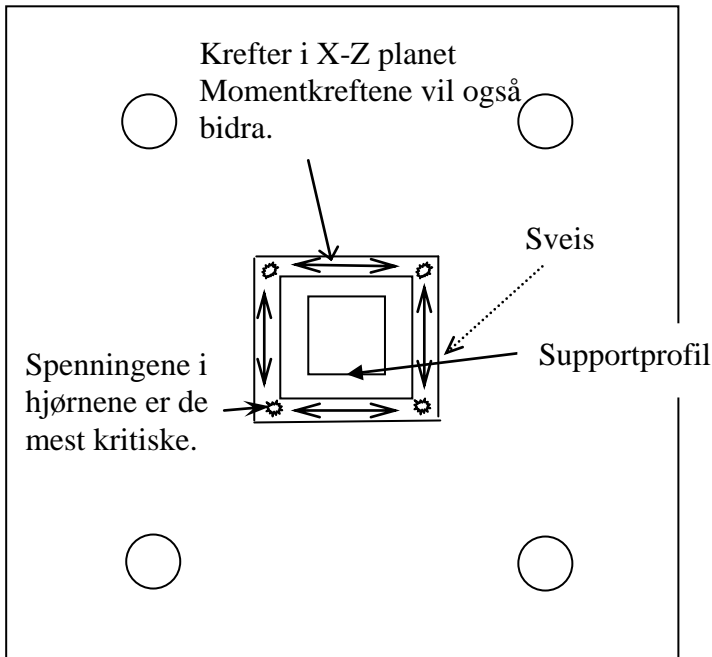
En sveis uten feil er tilnærmet umulig. En som sveiser vil aldri klare å få sveisen fri for slagginnslutninger, gassbobler og/eller hydraulikksprekker. Derfor er det viktig å ta dette med i betraktningen, og sørge for at sveisen ikke er den som svikter først. Det vil si at

utnyttelsesgraden her bør ligge lavere enn en eller flere av de andre beregningene i Mathcad-dokumentet.

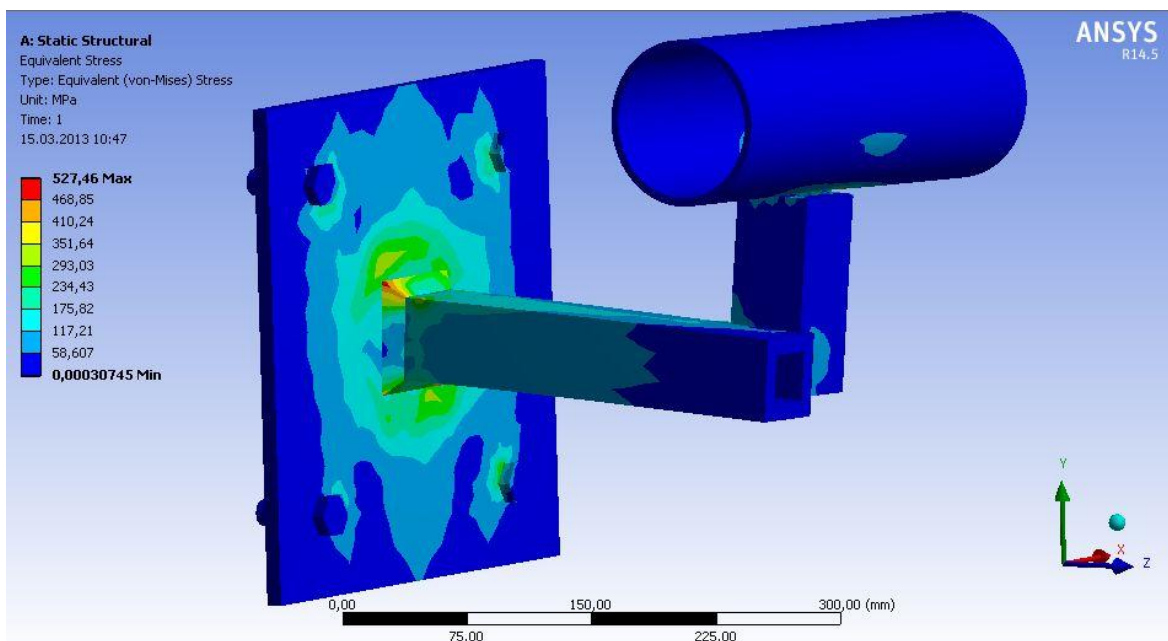
Det legges strenger av sveis alt etter størrelsen på a-målet. Generelt kan antall strenger uttrykkes slik:

- $3 \leq a \leq 5$             En streng
- $6 \leq a \leq 9$             Tre strenger
- $10 \leq a \leq 13$         Seks strenger

For kilsveis er det ikke vanlig med et a-mål mindre enn 3mm.



Figur 17 - Kreftene på sveis



Figur 18 - Spenningsbilde for sveis

### 3.6 Friksjonskapasitet

I denne beregningen brukes kun bolter av fasthetsklasse 8.8 eller 10.9. Spesielt 8.8 er vanlig å bruke i pipesupports og lignende. Meningen med beregningen er å hindre at glidning oppstår i bruksgrensetilstanden {kap 3.9 [6]}. Kapasiteten i denne tilstanden er gitt ved boltens friksjonskapasitet. Beregningen utregnes som under:

$$F_{s,rd} = \frac{k_s n \mu}{\gamma_{M3}} * F_{p,C}$$

- $k_s$     korreksjonsfaktor, gitt i figur 13  
 $n$       antall friksjonsflater  
 $\mu$       friksjonskoeffisienten gitt i figur 14

Beskrivelse	$k_s$
Skruer i normale hull.	1,0
Skruer i enten overstore hull eller i korte avlange hull med hullets lengdeakse normalt på kraftretningen.	0,85
Skruer i store avlange hull der hullets lengdeakse er normalt på kraftretningen.	0,7
Skruer i korte avlange hull med hullets lengdeakse parallelt med kraftretningen.	0,76
Skruer i store avlange hull med hullets lengdeakse parallelt med kraftretningen.	0,63

Figur 19 - Korreksjonsfaktor for bolter

Klasse for friksjonsflater (se 1.2.7, Referansestandard, gruppe 7)	Friksjonskoeffisient $\mu$
A	0,5
B	0,4
C	0,3
D	0,2

Figur 20 - Friksjonskoeffisient  $\mu$

For bolter i fasthetsklasse 8.8 og 10.9, bør forspenningskraften  $F_{p,C}$  som skal brukes i likningen over settes lik:

$$F_{p,C} = 0,7 * f_{ub} * A_s$$

- $f_{ub}$     strekkfastheten til bolt  
 $A_s$     Tverrsnittsareal til bolt

### 3.7 Forspenningsmoment

Med denne sjekken vil man finne totalt forspenningsmoment av hver enkelt bolt [9]. Altså; hvilket moment som trengs for å stramme til hver bolt. Denne beregningen er basert på: Teknisk formelsamling med tabeller, kapittel 4 s.49 [26]. En bruker vanligvis tabeller til å finne forspenningsmoment, dette ser man et utdrag av i vedlegg 8.

Gjengens midlere diameter :  $d_2$  - hentet fra NS 1073 Del 3, se vedlegg 11

Stigning gjenger :  $p$  - hentet fra NS 1073 Del 3, se vedlegg 11

Nøkkelvidde :  $s$  - hentet fra NS 5720 Tabell 3.3, se vedlegg 12

$\varphi = 30^\circ$   $\varphi$  : halve gjengevinkelen i grader

$r_{mf} = \frac{s+d_0}{4}$   $r_{mf}$  : radien i den flaten friksjonen virker  
 $d_0$  : diameteren til boltehullet

$\alpha = \tan\left(\frac{p}{\pi d_2}\right)$   $\alpha$  : gjengenes stigningsvinkel

$\phi = \tan\left(\frac{\mu}{\cos(\varphi)}\right)$   $\phi$  : friksjonsvinkelen  
 $\mu$  : friksjonskoeffisienten i gjenger

$M_0 = F_m * \left(\frac{d_2}{2}\right) * \tan(\alpha + \phi)$   $M_0$  : forspenningsmoment på bolt  
 $F_m$  : last på mutter

$M_F = \mu_f F_m r_{mf}$   $\mu_f$  : friksjonskoeffisienten mellom boltehodet og underlaget



$M_T = M_0 + M_F$   $M_T$  : Forspenningsmoment

## 4 - Beregningsprogram

### 4.1 Oppbygning

Programmet er delt inn i fem kapitler;

1. Introduksjon
2. Input parametere
3. Input parameter behandling
4. Kodesjekk
5. Resultat

Kapitlene (3.) og (4.) av programmet er mulig å skjule helt for brukeren. Symbolet: , viser at en seksjon er synlig for bruker. Symbolet: , viser en seksjon som er skjult for bruker. Dette gjør programmet meget brukervennlig dersom det ikke er ønskelig å se behandling av input, kodesjekk eller utregninger.

#### 4.1.1. Introduksjon

Med dette programmet skal det være mulig å gjøre beregning av bolter og sveis i pipesupport.

Visse begrensninger, som at geometrien er bestemt, er gjort for at programmet ikke skal være for avansert. Begrensningene er forklart i kapittel 1.2 i denne rapporten.

Programmet er iterativt bygget opp, slik at en endrer på dimensjoner, krefter eller lignende om resultatet ender opp som "ikke ok".

#### 4.1.2. Input parametere

Her settes det inn størrelser og dimensjoner av ulike parametere som er nødvendige. Brukeren skal selv endre de lyseblå boksene, og listeboksene etter de aktuelle behov. Programmet vil automatisk behandle det som blir endret fortløpende og sjekker om dimensjoneringen er godkjent i henhold til kravene som stilles videre nedover i programmet.

Størrelsene på kreftene som virker vil være mulig å beregne i et annet Mathcad dokument. Dette er linket i overskriften "*Beregning av krefter som virker fra røret*". Kreftene er oppgitt som standard i kN.

Ulik dimensjonering av supportprofiler, plater, og bolter er viktige å huske på. Alle lengdedimensjoner er oppgitt i mm, men det er mulig å bruke andre gyldige lengdemål, ettersom Mathcad automatisk omgjør dimensjoners betegnelse.

Hjelpefigurer er tatt med for enkelt å illustrere alle dimensjonene man trenger.

I kapittel 2.2 (Mathcad-dokument) velger brukeren hvilke beregninger han ønsker at programmet skal utføre. Brukeren huker da av sjekkboksene som hører til ”Strekk og Avskjæring”, ”Hullkantrykk”, ”Friksjonskapasitet” eller ”Sveis”, avhengig av hvilke beregninger som er nødvendige.

#### 4.1.3. Input parameter behandling

I denne delen vil det være behandling av input som brukeren har plottet inn. Det vil bli utført mellomberegninger og utregninger som trengs senere i programmet.

Følgende beregninger blir utført:

- Momentkrefter
- Diverse mål av plate, supportprofil, bolter og sveis
- Kapasitet for skjær og strekk
- Kapasitet for hullkantrykk
- Kapasitet for friksjonsforbindelser (Glidningsforhindrede forbindelser)
- Skjær og normalspenninger i sveis
- Forspenningsmoment (Sjekken vil finne totalt Forspenningsmoment nødvendig av hver bolt).

Denne delen vil også inneholde linjer med ”if-løkker” som fungerer slik at den ”henter ut” informasjon fra listeboksene.

Følgende blir hentet ut ved hjelp av ”if-løkker”:

- Korreksjonsfaktor
- Strekkfastheten til bolter
- Spenningsarealet for bolter
- Diameter bolt
- Strekkfasthet plate
- Korrelasjonsfaktor
- Flytegrense plate
- Friksjonskoeffisient

Etter at informasjonen fra løkkene er hentet ut, vil beregninger med denne infoen bli utført.

#### 4.1.4. Kodesjekk

I denne delen av programmet sjekker en dimensjonerende last mot dimensjonerende kapasitet, av de beregningene som er huket av og ønskes å beregnes. Det vil si at dimensjonerende last divideres med dimensjonerende kapasitet. En får da en utnyttelsesfaktor som skal ligge mellom 0 og 1, dersom den ligger over 1 vil altså det som en beregner, ikke være korrekt dimensjonert. Man må da endre noe i input parametrene, eller vurdere å bruke flere supports. [Se Vedlegg 4]



#### 4.1.5. Resultat

Den siste delen av programmet fungerer som output og vil vise for brukeren alle resultatene som en ville finne ut av. Brukeren velger hvilke beregninger en ønsker å få svar på i kapittel 2.2 (Mathcad dok.). Her vil en da få svar i gule bokser alt etter hvilke krefter/dimensjoner som er valgt. Boksene forteller så om disse er ”OK”, ”IKKE OK” eller om en ikke ønsket beregning på den aktuelle kapasitet: ”Beregning ikke utført”.

Utnyttelsesfaktorene vil også komme som output for hver beregning man vil ha. Dersom beregning ikke ønskes vil utnyttelsesfaktoren vise ”0.0”.

Sjekker som kan utføres og vises i resultat (Hver del har også sine utnyttelsesfaktorer):

- Skjær og strekk
- Kombinert skjær og strekk
- Kapasitet til hullkantrykk
- Kapasitet til friksjonskapasitet (Glidningsforhindrede forbindelser)
- Kapasitet for sveis
- Totalt Forspenningsmoment av hver bolt (Sjekker kun totalt Forspenningsmoment av hver bolt, det er ingen utnyttelsesfaktor som sjekkes her)

## 4.2 Bruk av programmet

### 4.2.1 Eksempel

Aibel AS har fått en forespørsel om pipesupport til en del av et rør. Røret er horisontalt plassert på en plattform og er 26 meter langt. Røret er av typen ASME B36.10 [vedlegg 1]. Røret er av rustfritt stål (stainless steel), 316L. Ytre diameter (OD) vil være 406,4 mm, og veggtykkelsen (WT) er STD 10S, dvs 4,78 mm. Røret vil også isoleres med mineralull med tykkelse på 65 mm.

Supportprofil → VF HUP S355NH 100X100 X 6,3 MM (varenr. 311972) [12]

Lengde av Supportprofil i z-retning ( $a_z$ ) = 550 mm

Lengde av Supportprofil i x retning ( $a_x$ ) = 200 mm

Lengde av Supportprofil i y-retning ( $a_y$ ) = 300 mm

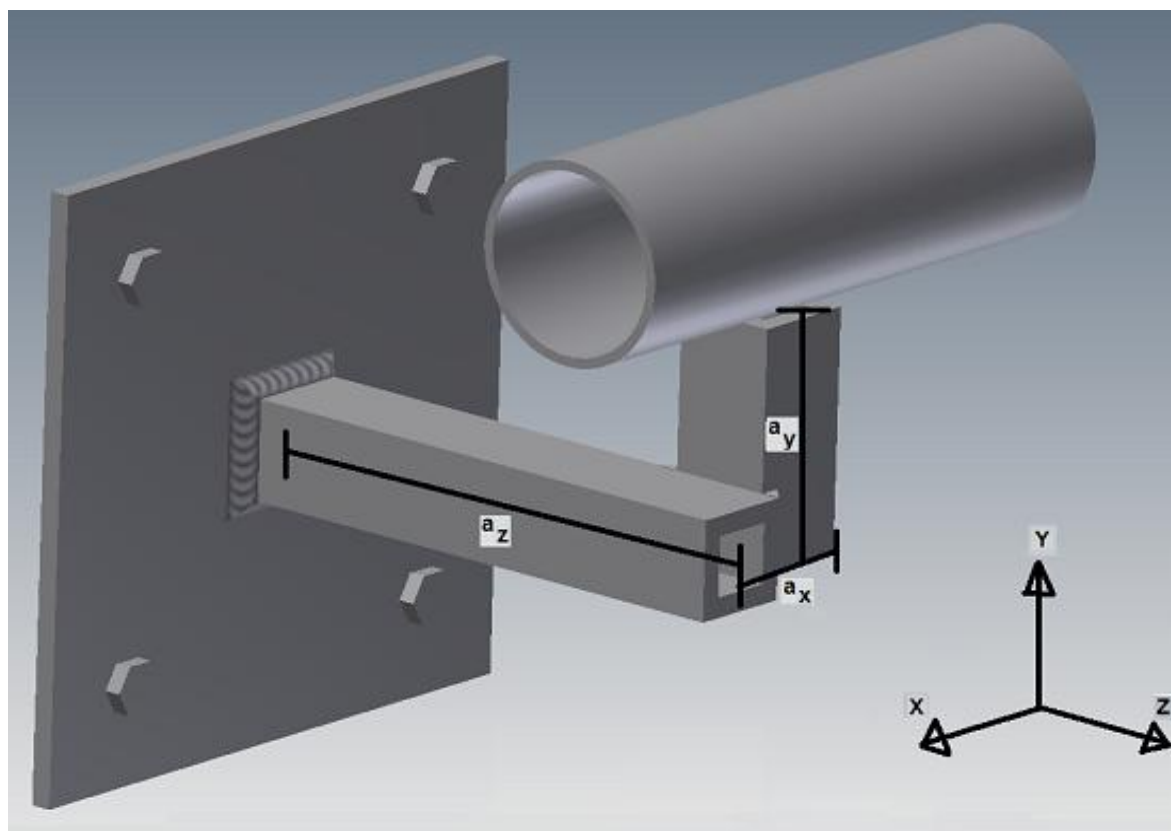
Innfestingsplate → Stålplate 10X1500X3000 MM S355 (varenr. 41536301) [13]

Platen kuttes og maskineres til 10X300X350 mm.

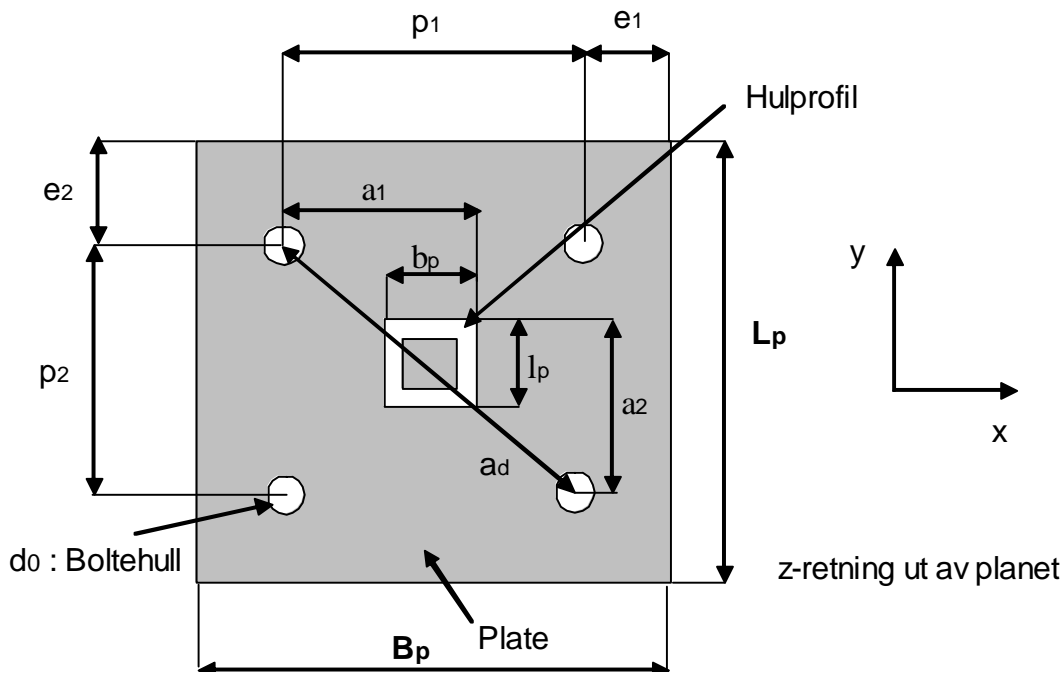
Antall bolter: 4 stykker

Boltstørrelse: M16, fasthetsklasse 8.8

Vindhastigheten på den aktuelle plattformen er målt til maks 58 m/s.



Figur 21 - Illustrasjonsbilde av pipesupport. Beskriver dimensjoner på supportprofil.



Figur 22 - Illustrasjonsbilde av plategeometri.  
Denne figuren viser 2D-bilde av platen som en ser på figur 20

### 4.2.2 Oppgave

Finn hensiktsmessig antall pipesupports, avstand mellom dem og dimensjoner dem i henhold til Norsk- og Norsokstandardene ved bruk av Mathcad-programmene: "Beregningsprogram\_pipesupport" og "KrefterFraRør".

### 4.2.3 Fremgangsmåte for problemløsning

Åpne opp Mathcadprogrammet "KrefterFraRør", og fyll inn WT (Wall Thickness), OD (Outer Diameter), lengde av røret, isolasjonstype- og tykkelse, og vindhastighet. Oppgi rørmaterialet til Stainless steel 316L. Velger lengde mellom pipesupports til 13 meter. Figur 23-24 viser input og figur 25 viser output fra "KrefterFraRør".

**Isolasjonsmateriale:**

<p><b>Rørmateriale:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Stål S355</li> <li>Titanium grad 5</li> <li>Titanium grad 2</li> <li>Stainless steel (rustfritt) 316(L)</li> <li>Stainless steel SSC-6MO</li> <li>Duplex</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Amosite Asbestos</li> <li>Calcium silicate</li> <li>Kaylo 10</li> <li>Careytemp</li> <li>Fiberglass</li> <li>Foam glass (cellular glass)</li> <li>High temp</li> <li>Mineral Wool</li> <li>Perlite</li> <li>Poly-urethane</li> <li>Styro-foam</li> <li>Super-X</li> </ul>
--	--

Lengde av røret som virker på en pipesupport:

$L_s = 13m$

L : Se fig 1.3  
Regner altså halvparten av hvert spenn som vekt på supporten.  
Antar at supportene har like stor avstand mellom hverandre.

Figur 23 - Input ("KrefterFraRør")

**Outer Diameter:**

$$OD := 406.4\text{mm}$$

OD : diameter på utsiden av røret (Outer Diameter)

**Wall Thickness:**

$$WT := 4.78\text{mm}$$

WT : Vegg tykkelse på røret (Wall Thickness)

(OD og WT brukes vanligvis i tabeller)

**Vindhastighet (maks):**

$$v := 58 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$t_{\text{ins}} := 65\text{mm}$$

$$OD_{\text{ins}} := OD + 2t_{\text{ins}}$$

**Figur 24 - Input ("KrefterFraRør")****Kreftene fra rør, isolasjon, invendig fluid, og vind :**

$$F_y = 23.906\text{-kN}$$

$$F_x = 10.263\text{-kN}$$

$$F_z = 10.263\text{-kN}$$

**Figur 25 - Output ("KrefterFraRør")**

$F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  fra "KrefterFraRør" settes inn i programmet "Beregningsprogram\_pipesupport". Setter også inn aktuelle verdier som trengs, som gitt i oppgaveteksten. Velger  $e_1$  og  $e_2$  til 50 mm. Boltehullene er normale, en bruker normalbolter, og friksjonsfaktoren er 0,3. Gjenger og flaten mellom boltehodet og underlaget er smurt.

Alle beregninger vil krysses av for utførelse. Det tas ikke hensyn til vekt av supportprofil. Figur 25-28 viser input fra "Beregningsprogram\_pipesupport".

**Beregning av krefter som virker fra røret (LINK til mathcad-dokument)**

$F_x := 10.263 \text{ kN}$

$F_y := 23.906 \text{ kN}$

$F_z := 10.263 \text{ kN}$

Lengde supportprofiler:

Hulprofil:

$a_x := 200 \text{ mm}$

$b_p := 100 \text{ mm}$

$a_y := 300 \text{ mm}$

$l_p := 100 \text{ mm}$

$a_z := 550 \text{ mm}$

Stor plate:

Ståltipe plate:

Lengde:  $L_p := 300 \text{ mm}$

S235  
S275  
316L  
S355  
S420  
S460

Bredde:  $B_p := 350 \text{ mm}$

Tykkelse plate og sveis:  $t := 10 \text{ mm}$

Figur 26 - Input ("Beregningsprogram\_pipesupport")

**Bolter:** Deler antall bolter med 2 fordi momentkreftene forårsaket av geometrien virker på halvparten av alle boltene

Antall bolter:  $n_1 := 4$  Fasthetsklasse Bolt: (8.8 standard)

Boltstørrelse: (M16 standard)

M10	8.8
M12	4.6
M14	4.8
M16	5.6
M18	5.8
M20	6.8
	10.9

Tabell 3.1  
NS-EN 1993-1-8:2005+NA:2009

**Avstand fra bolter til kant av plate:**

$e_1 := 50 \text{ mm}$   $e_1$  og  $e_2$  må være større enn  $1.2 \cdot d_0$

$e_2 := 50 \text{ mm}$   $d_0 = d + 2 \text{ mm}$

$d_0$  - hulldiameter  
 $d$  - diameter bolt

Figur 27 - Input ("Beregningsprogram\_pipesupport")

**Boltinformasjon som brukes til å regne ut Friksjonskapasitet:**

**Type bolthull:**

**Normale hull**  
 Overstore hull eller korte hull med hullets lengdeakse normalt på kraftretn.  
 Store avlange hull der hullets lengdeakse er normalt på kraftretn.  
 Korte avlange hull med hullets lengdeakse parallelt med kraftretn.  
 Store avlange hull med hullets lengdeakse parallelt med kraftretn.

(Pleier å være Normale hull)

**Normal/Senkskrue:**

**NormalSkrue**  
 Senkskrue

(Pleier å være NormalSkrue)

**Friksjonskoeffisient for forspente bolter:**

0,5  
 0,4  
**0,3**  
 0,2

(Friksjonskoeffisient mellom stål er 0,3 som standard)

Tabell 3.7  
 NS-EN 1993-1-8:2005+NA:2009

**Er gjengene smurte? :**

**Er flaten mellom boltehodet og underlag smurt? :**

**Smurt**  
 Ikke smurt

**Smurt**  
 Ikke smurt

**Figur 28 - Input ("Beregningsprogram\_pipesupport")**

**NB: Huk av SJEKKBOKSENE du ønsker å få beregninger på.**

Strekk og Avskjæring:  Check Box

Hullkantrykk:  Check Box

Friksjonskapasitet:  Check Box

Sveis:  Check Box

**Figur 29 - Input ("Beregningsprogram\_pipesupport")**

#### 4.2.4 Resultat

Ser at hullkantkapasitet, skjær og friksjonskapasitet er ”OK”. Ser at sveis, strekk og kombinert skjær- og strekk er ”IKKE OK”, og må fikses på. Ser også at Forspenningssmomentet som trengs for å feste hver av boltene er 206.5 Nm. Figur 30-31 viser resultatene man får i eksempelet.

5. Resultat	Resultater for de ulike sjekkene som skal utføres
5.2.1 Skjær og strekk	
Skjær:	
$UF_V = 0.648$	$UF_V$ : Utnyttelsesfaktor til skjær Dersom $UF_V \leq 1$ , - Oppfylles krav til skjær
	Skjær = "OK"
Strekk:	
$UF_t = 1.809$	$UF_t$ : Utnyttelsesfaktor til strekk Dersom $UF_t \leq 1$ , - Oppfylles krav til strekk
	Strekk = "IKKE OK"
5.2.2 Kombinert skjær og strekk	
$UF_{tV} = 1.94$	$UF_{tV}$ : Utnyttelsesfaktor kombinert skjær og strekk Dersom $UF_{tV} \leq 1$ , - Oppfylles krav til kombinert skjær og strekk
	KombiSkjærStrekk = "IKKE OK"
5.3 Kapasitet til hullkanttrykk	
$UF_{HK} = 0.792$	$UF_{HK}$ : Utnyttelsesfaktor til hullkanttrykk
	HullkantKap = "OK"

Figur 30 - Resultat 1 ("Beregningsprogram\_pipesupport")

<p>5.4.1 Kapasitet til friksjonskapasitet (Glidningsforhindrede forbindelser)</p> <p><math>UF_{frik} = 0.063</math></p> <p style="text-align: center;"><b>Friksjonskap = "OK"</b></p>	<p><math>UF_{frik}</math> : Utnyttelsesfaktor til friksjonskapasitet</p> <p><math>UF_{frik2}</math> : Utnyttelsesfaktor til friksjonskapasitet ved kombinert strekk og avskjæring</p>
<p>5.5 Kapasitet for sveis</p> <p><math>UF_{s1} = 1.18</math>      <math>UF_{s2} = 0.721</math></p> <p style="text-align: center;"><b>Sveisekap = "IKKE OK"</b></p>	<p>Dersom <math>UF_{frik} \leq 1</math>, og <math>UF_{frik2} \leq 1</math>                  - Oppfylles krav til friksjonskapasitet</p> $UF_{frik} = \frac{F_t F_{Ed}}{F_s R_d} \qquad UF_{frik2} = \frac{F_t F_{Ed}}{F_s R_{d2}}$
<p>5.6 Forspenningsmoment av hver bolt</p> <p>Sjekker kun forspenningsmoment av hver bolt -&gt; ingen utnyttelsesfaktor                  (Hvilket moment trengs for å stramme til hver bolt?)</p> <p style="text-align: center;"><b><math>M_T = 206.515 \text{ N}\cdot\text{m}</math></b></p>	<p><math>UF_s</math> : Utnyttelsesfaktor til sveis</p> <p>Begge utnyttelsesfaktorene (<math>UF_{s1}</math> og <math>UF_{s2}</math>) må være mindre enn 1, for at sveisen skal være tilfredsstillende.</p> <p>Sveisekap : Sjekker om dimensjonerende kapasitet er tilfredsstillende</p> <p><math>M_T</math> : Forspenningsmoment</p>

**Figur 31 - Resultat 1 ("Beregningsprogram\_pipesupport")**

### 4.2.5 Løsning på problemet

Her gjelder det å prøve seg frem, men det er også viktig å se på hva som er mest hensiktsmessig å endre på. Er det supportprofilens eller platens tverrsnitt, eller lengde som må forandres, eller er det lurer å sikre seg med flere pipesupports. Her er det nødvendig å se på hvilke beregninger som er over maks utnyttelsesgrad, og endre deretter.

Det velges dermed å fortsatt bruke 100X100 firkantprofil, og ser at diameteren på røret sammen med isolasjonen gjør at det ikke er hensiktsmessig å forandre på lengden av supportprofilen. Lengder på plate og størrelse av bolter beholdes og som de er.

I dette eksempelet ser vi at en strekning på 12 meter vil være relativt langt å håndtere for en enslig support. Sannsynligheten for at røret deformeres, buler eller knekker vil også være større enn om flere pipesupports holder det oppe. Ved å bruke "maksimalt spenn tabeller", (vedlegg 13) eller ved utregning for hånd [15], er det også mulig å se på hva som er maks anbefalt spenn mellom pipesupportene ved ulike rørdimensjoner- og typer.

Tabellen sier at det ikke bør være mer enn 9.7 meter mellom hver support (16 inch, 10S, med væske og isolasjon). Det velges da å bruke 4 pipesupports over 26 meter, og et spenn på 6,5 m mellom hver. Først da vil utnyttelsespotensialene være greit innenfor maks utnyttelsespotensial for alle utregningene, og pipesupportene er godtjent. Forspenningssmomentet for hver bolt vil være 103.2 Nm.

Etter å ha forandret på lengden mellom pipesupportene, vil de nye kreftene se ut som i figur 32 og 33. Resultatet ser en i figur 34 og 35.



**Kreftene fra rør, isolasjon, invendig fluid, og vind :**

$$F_Y = 11.953 \cdot \text{kN}$$

$$F_X = 5.131 \cdot \text{kN}$$

+

$$F_Z = 5.131 \cdot \text{kN}$$

**Figur 32 - Krefter ("KrefterFraRør")**
**Beregning av krefter som virker fra røret**

$$F_X := 5.131 \text{ kN}$$

$$F_Y := 11.953 \text{ kN}$$

$$F_Z := 5.131 \text{ kN}$$

**Figur 33 - Krefter ("Beregningsprogram\_pipesupport")**

5. Resultat	Resultater for de ulike sjekkene som skal utføres	
5.2.1 Skjær og strekk		
Skjær:		
$UF_V = 0.324$	Skjær = "OK"	$UF_V = \frac{F_V Ed}{F_V R_d}$ Dersom $UF_V \leq 1$ , - Oppfylles krav til skjær
Strekk:		
$UF_t = 0.904$	Strekk = "OK"	$UF_t = \frac{F_t Ed}{F_t R_d}$ Dersom $UF_t \leq 1$ , - Oppfylles krav til strekk
5.2.2 Kombinert skjær og strekk		
$UF_{t,V} = 0.97$	KombiSkjærStrekk = "OK"	$UF_{t,V} = \frac{F_V Ed}{F_V R_d} + \frac{F_t Ed}{1.4 F_t R_d}$ Dersom $UF_{t,V} \leq 1$ , - Oppfylles krav til kombinert skjær og strekk
5.3 Kapasitet til hullkantrykk		
$UF_{HK} = 0.396$	HullkantKap = "OK"	$UF_{HK} = \frac{F_{tot}}{F_b R_d}$ $UF_{HK}$ : Utnyttelsesfaktor til hullkantrykk

**Figur 34 - Resultat 2 ("Beregningsprogram\_pipesupport")**

## 5.4.1 Kapasitet til friksjonskapasitet (Glidningsforhindrede forbindelser)

$$UF_{\text{frik}} = 0.032$$

Friksjonskap = "OK"

## 5.5 Kapasitet for sveis

$$UF_{s1} = 0.59$$

$$UF_{s2} = 0.361$$

Sveisekap = "OK"

## 5.6 Totalt tiltrekkingsmoment av hver bolt

Sjekker kun totalt tiltrekkingsmoment av hver bolt -> ingen utnyttelsesfaktor  
(Hvilket moment trengs for å tilsette hver bolt?)

$$M_T = 103.253 \text{ N-m}$$

$UF_{\text{frik}}$ : Utnyttelsesfaktor til friksjonskapasitet

$UF_{\text{frik2}}$ : Utnyttelsesfaktor til friksjonskapasitet ved kombinert strekk og avskjæring

Dersom  $UF_{\text{frik}} \leq 1$ , og  $UF_{\text{frik2}} \leq 1$

- Oppfylles krav til friksjonskapasitet

$$UF_{\text{frik}} = \frac{F_t \cdot F_{Ed}}{F_s \cdot R_d}$$

$$UF_{\text{frik2}} = \frac{F_t \cdot F_{Ed}}{F_s \cdot R_{d2}}$$

$UF_s$ : Utnyttelsesfaktor til sveis

Begge utnyttelsesfaktorene ( $UF_{s1}$  og  $UF_{s2}$ ) må være mindre enn 1, for at sveisen skal være tilfredsstillende.

Sveisekap: Sjekker om dimensjonerende kapasitet er tilfredsstillende

$M_T$ : Totalt tiltrekkingsmoment

Figur 35 - Resultat 2 ("Beregningsprogram\_pipesupport")

## 5 - Drøfting

I denne rapporten er det lagt inn mye arbeid i å fokusere på brukervennlighet. Programmet skal ikke bli sett på som komplisert, selv om brukeren er uerfaren innen feltet eller er en nyutdannet ingeniørstudent. For at dette skal være mulig kan en skjule alt unødvendig innhold, som lange og kompliserte utregninger. Kapittel 3 og 4 kan skjules.

Det er likevel noen ting som kunne vært gjort annerledes om programmet hadde blitt skrevet om igjen. Det ville ha vært en fordel om både programmet, og rapporten ble skrevet på engelsk da Aibel er en internasjonal bedrift. Et brukervennlig program for pipesupports på engelsk ville vært noe mer attraktivt enn om bare norsktalende forstår programmet. Det er likevel verdt å nevne at det er lagt ned stor innsats i å lage illustrative bilder og figurer med diverse lengder og mål. Dermed vil det være en mulighet (med litt hjelp) for at en ikke-norsktalende kan være i stand til å bruke programmet.

Når det gjelder tegningene, så er de laget i programmene ANSYS og Inventor. Det er ikke tegnet rørisolasjon på disse tegningene. Spenningene i bildene er et resultat av en kraft på 10kN i y-retning, og 3kN i x- og z-retning. Disse spenningene er nok ikke helt eksakt korrekt i virkeligheten, men gir et bra bilde på hvordan spenningene brer seg i platen, sveisen og boltene.

Sist vil det være naturlig å nevne at rørene i virkeligheten har feste til supportprofilen. Disse sikrer dem fra å falle ut av posisjon [figur 36 & 37].

Boltene er også festet til en form for plate eller supportprofil [figur 38].



Figur 36 - Her er røret festet med klemmer som holder det stabilt [20]



Figur 37 - En annen form for oppstøtting av røret som hindrer det i å rulle av [21]



Figur 38 - Feste av plate til supportprofil vha. bolter [21]

## 6 - Konklusjon

Oppgaven presenterer et beregningsprogram for pipesupports. Beregningsprogrammet er tiltenkt et utvalg av fagfolk med lite forkunnskaper angående pipesupports, men må ha kjennskap til stålprofiler, laster og materialer som brukes.

Pipesupporten som beregningsprogrammet er ment for, befinner seg ”topside” på en plattform. Det er da lagt inn material- og lastfaktorer fra Norsok standard, som er en strengere standard for et tøffere miljø og større påvirkninger. Eurokode 3 og Norsok blir beskrevet i kapittel 2.1, og tar for seg relevante regelverk.

I utforming av forbindelser med bolter og sveis er det flere faktorer som spiller inn på hvordan designet kan være bygd opp. I tillegg til spesifiserte krav til kapasiteter og hull- og kantavstander, vil det å ha et godt design virke positivt på forbindelsen. Designet er et resultat av variabler som materialkvalitet, sveis, bolter, supportprofiler og lignende. Hensikten med forbindelsen er at den kun skal overføre de kreftene som virker og i tillegg ikke skaper uønskede spenninger på grunn av dårlig symmetri.

Løsningen som er presentert har møtt kravet om enkelhet og brukervennlighet. Ved hjelp av noen tastetrykk vil brukeren ha klart for seg om pipesupporten er rett konstruert for å tåle belastningene fra røret, eller om det er noe ved pipesupporten som må endres. Ved hjelp av kodesjekker kan brukeren se hva som er underdimensjonert/ikke tåler belastningene, og endre deretter.

Selv om dette programmet i teorien vil fungere bra for statisk bestemte pipesupports støttet med firkantprofiler, kan det være nødvendig å gjøre små justeringer alt etter de aktuelle forholdene på plattformen.

## 7 - Kilder

[1] Norsok - Store Norske leksikon:

<http://snl.no/Norsok> [06.05.13]

[2] Norsok Standard N-004(2004)<Design of Steel structures>:

<http://www.standard.no/PageFiles/1145/N-004.pdf> [06.05.13]

[3] Standard N-001(2004), <Structural design>:

<http://www.standard.no/pagefiles/1148/n-001.pdf> [06.05.13]

[4] Norsok standard L-002(2009), <Piping system layout and structural analysis>, Side 27:

<http://www.standard.no/PageFiles/15136/NORSOK%20L-002%20Edition%203,%20July%202009.pdf> [06.05.13]

[5] Standard Norge sin hjemmeside:

<http://www.standard.no> [06.05.13]

[6] Norsk Standard, Eurokode 3: prosjektering av stålkonstruksjoner del 1-8: Knutepunkter og forbindelser:

NS-EN 1993-1-8:2005+NA:2009

[7] Konstruksjonsanalyse av ventilplattform:

[http://brage.bibsys.no/hsh/bitstream/URN:NBN:no-bibsys\\_brage\\_18385/1/NaleyGismarvik.pdf](http://brage.bibsys.no/hsh/bitstream/URN:NBN:no-bibsys_brage_18385/1/NaleyGismarvik.pdf) [06.05.13]

[8] Mathcad

<http://en.wikipedia.org/wiki/Mathcad> [06.05.13]

[9] Utregning av Forspenningssmoment, side 10

<http://materialteknologi.hig.no/Styrkeberegning/arbeidsplan/sb-Skrueforbindelser-forelesningsnotater-12.pdf> [06.05.13]

[10] Prosjektering av trekonstruksjoner, 6.3.3.2 Statisk ubestemte systemer, side 70

<http://www.takstolteknikk.no/Download/Trekonstruksjoner/Kapitler/trekonstruksjoner-kap6-h.pdf> [06.05.13]

[11] Pipe schedule Chart, side 13

<http://melvaeroglien.ipapercms.dk/AhlsellTeknisk/?Page=13> [06.05.13]

[12] Norsk Stål sin produktkatalog på nett

<http://produktkatalog.norskstaal.no/Pages/Category.aspx?cat=Org0200&Category=po104010>  
[06.05.13]

[13] Stålplater fra Leif Hübert stål AS

<http://www.hubert.no/shop.php?controller=category&action=groups&id=32> [06.05.13]

- [14] Norsok standard R-004, Piping and equipment insulation  
<http://www.standard.no/PageFiles/1096/R-004.pdf> [06.05.13]
- [15] Determination of maximum span between pipe supports  
[http://www.gobookee.com/get\\_book.php?u=aHR0cDovL2lqcnRILmFjYWRIbXlwdWJsaXNoZXIuY29tL3ZvbDAxL25vMDYvaWpydGUwMTA2MDQ2MDQ5LnBkZgpEZXRlcm1pbmF0aW9uIG9mIG1heGltYW0gc3BhbiBiZXR3ZWVuIHBpcGUgc3VwcG9ydHMGdXNpbmVzcgLi4u](http://www.gobookee.com/get_book.php?u=aHR0cDovL2lqcnRILmFjYWRIbXlwdWJsaXNoZXIuY29tL3ZvbDAxL25vMDYvaWpydGUwMTA2MDQ2MDQ5LnBkZgpEZXRlcm1pbmF0aW9uIG9mIG1heGltYW0gc3BhbiBiZXR3ZWVuIHBpcGUgc3VwcG9ydHMGdXNpbmVzcgLi4u) [06.05.13]
- [16] HSH Brage publikasjonsarkiv: Kapasitetsøkning på eksisterende kjølesystem, 2013.  
Side 50 - Vedlegg K.  
[http://brage.bibsys.no/hsh/handle/URN:NBN:no-bibsys\\_brage\\_13044](http://brage.bibsys.no/hsh/handle/URN:NBN:no-bibsys_brage_13044) [06.05.13]
- [17] Trykkstøt/vannhammer  
<http://www.plumbingmart.com/water-hammer-information.html> [06.05.13]
- [18] Dragfaktorer og utregning  
<http://www.grc.nasa.gov/WWW/k-12/airplane/shaped.html> [06.05.13]
- [19] Flens med sammenføring av rør  
<http://www.new-connection.nl/images/flens%20adapter%20onderst.jpg> [06.05.13]
- [20] Oravikosken Konepaja Oy - SFS Pipe supports - Pipe supports.  
<http://orkp.net/index.php?id=28> [06.05.13]
- [21] Bilder fra Mikal Askeland - Aibel AS - Engineer Pipesupport
- [22] Stål Håndbok Del 3: 2010 Konstruksjoner av stål  
3. Utgave 2010  
Norsk Stålforbund
- [23] Stålkonstruksjoner Profiler og formler  
3. Utgave 2003  
Tapir Akademisk Forlag
- [24] Mekanisk konstruksjon og teknisk design – Øyvind Husø  
1. Utgave 2010  
Gyldendal Norsk Forlag
- [25] Statikk – Fridtjov Irgens  
7. Utgave 2005  
Tapir Akademisk Forlag
- [26] Teknisk formelsamling med tabeller - Pedersen, Gustavsen, Kaasa, Olsen  
7. utgave 2010  
Gyldendal undervisning

## 8 - Vedlegg

### Vedlegg 1 - Tabell av rørdimensjoner i mm og tyngde i kg. [11]

#### PIPE SCHEDULE CHART [MM]

##### ASME B36.19-B36.10 – pipe dimensions in mm and weights in kg

DN (MM)	NPS (INCH)	O.D. (MM)	5 S	5	10 S	10	20	30	STD 40 S	40	60	XS 80 S	80	100	120	140	160	XXS
-	1/8	10,3			1,24			1,45	1,73				2,41					
					0,3			0,3	0,4				0,5					
-	1/4	13,7			1,65			1,85	2,24				3,02					
					0,5			0,5	0,6				0,8					
10	3/8	17,1			1,65			1,85	2,31				3,20					
					0,6			0,7	0,9				1,1					
15	1/2	21,3	1,65		2,11			2,41	2,77				3,73				4,75	7,47
			0,8		1,0			1,1	1,3				1,6				2,0	2,6
20	3/4	26,7	1,65		2,11			2,41	2,87				3,91				5,56	7,82
			1,0		1,3			1,4	1,7				2,2				2,9	3,7
25	1	33,4	1,65		2,77			2,90	3,38				4,55				6,35	9,09
			1,3		2,1			2,2	2,5				3,3				4,3	5,6
32	1 1/4	42,2	1,65		2,77			2,97	3,56				4,85				6,35	9,70
			1,7		2,7			2,9	3,4				4,5				5,7	7,9
40	1 1/2	48,3	1,65		2,77			3,18	3,88				5,08				7,14	10,15
			1,9		3,2			3,5	4,1				5,5				7,4	9,7
50	2	60,3	1,65		2,77			3,18	3,91				5,54				8,74	11,07
			2,4		4,0			4,5	5,5				7,6				11,1	13,4
65	2 1/2	73,0	2,11		3,05			4,78	5,16				7,01				9,53	14,02
			3,8		5,3			8,0	8,6				11,4				14,0	20,4
80	3	88,9	2,11		3,05			4,78	5,49				7,62				11,13	15,24
			4,6		6,5			9,9	11,3				15,3				21,4	27,7
-	3 1/2	101,6	2,11		3,05			4,78	5,74				8,08					
			5,2		7,4			11,4	13,6				18,6					
100	4	114,3	2,11		3,05			4,78	6,02				8,56		11,13		13,49	17,12
			5,8		8,4			12,9	16,1				22,3		28,3		33,5	41,0
125	5	141,3	2,77		3,40			6,55					9,53		12,70		15,88	19,05
			9,5		11,6			21,8					31,0		40,3		49,1	57,4
150	6	168,3	2,77		3,40			7,11					10,97		14,27		18,26	21,95
			11,3		13,8			28,3					42,6		54,2		67,6	79,2
200	8	219,1	2,77		3,76		6,35	7,04	8,18		10,31	12,70		15,09	18,26	20,62	23,01	22,23
			14,8		20,0		33,3	36,8	42,6		53,1	64,6		75,9	90,4	100,9	111,3	107,9
250	10	273,0	3,40		4,19		6,35	7,80	9,27		12,70	12,70	15,09	18,26	21,44	25,40	28,58	25,40
			22,6		27,8		42,4	51,8	60,3		81,6	81,6	96,0	114,8	133,1	155,2	172,3	155,2
300	12	323,8	3,96		4,57		6,35	8,38	9,53	10,31	14,27	12,70	17,48	21,44	25,40	28,58	33,32	25,40
			31,3		36,0		49,7	65,2	73,9	79,7	109,0	97,4	132,1	159,9	187,0	208,1	238,8	187,0
350	14	355,6	3,96		4,78	6,35	7,92	9,53	9,53	11,13	15,09	12,70	19,05	23,83	27,79	31,75	35,71	
			34,4		41,3	54,7	67,9	81,3	81,3	94,6	126,7	107,4	158,1	195,0	224,7	253,5	281,7	
400	16	406,4	4,19		4,78	6,35	7,92	9,53	9,53	12,70	16,66	12,70	21,44	26,19	30,96	36,53	40,49	
			41,6		47,3	62,6	77,8	93,3	93,3	123,3	160,1	123,3	203,5	245,6	286,6	333,2	365,4	
450	18	457	4,19		4,78	6,35	7,92	11,13	9,53	14,27	19,05	12,70	23,83	29,36	34,93	39,67	45,24	
			46,8		53,3	70,6	87,7	122,4	105,2	155,8	205,7	139,2	254,6	309,6	363,6	408,3	459,4	
500	20	508	4,78		5,54	6,35	9,53	12,70	9,53	15,09	20,62	12,70	26,19	32,54	38,10	44,45	50,01	
			59,3		68,6	78,6	117,2	155,1	117,2	183,4	247,8	155,1	311,2	381,5	441,5	508,1	564,8	
-	22	559	4,78		5,54	6,35	9,53	12,70	9,53		22,23	12,70	28,58	34,93	41,28	47,63	53,98	
			65,2		75,5	86,5	129,1	171,1	129,1		299,3	171,1	373,8	451,5	527,0	600,6	672,3	
600	24	610	5,54		6,35	6,35	9,53	14,27	9,53	17,48	24,61	12,70	30,96	38,89	46,02	52,37	59,54	
			82,5		94,5	94,5	141,1	209,6	141,1	255,4	355,3	187,1	442,1	547,7	640,0	720,2	808,2	
-	26	660			7,92	12,70		9,53				12,70						
					127,4	202,7		152,9				202,7						
700	28	711			7,92	12,70	15,88	9,53				12,70						
					137,2	218,7	271,2	164,9				218,7						
-	30	762	6,35		7,92	7,92	12,70	15,88	9,53			12,70						
			118,3		147,4	147,3	324,7	292,2	176,8			324,7						
800	32	813			7,92	12,70	15,88	9,53	17,48			12,70						
					157,2	250,7	316,9	188,8	342,9			250,6						
-	34	864			7,92	12,70	15,88	9,53	17,48			12,70						
					167,2	266,6	332,1	200,3	365,0			266,6						
900	36	914			7,92	12,70	15,88	9,53	19,05			12,70						
					177,0	282,3	351,7	212,6	420,4			282,3						

NOTE: Light blue values are wall thicknesses in mm, darker blue values are weights in kg/m.  
 Specific steel weight used for calculation is 8.0.  
 Titanium weight is approximately 57% of the table values,  
 DN = Nominal Diameter - SI description of pipe size in mm,

NPS = Nominal Pipe Size - description of pipe size in inch,  
 O.D. = Outside Diameter of pipe,  
 Sch5S and 10S do not permit threading according to ANSI B1.20.1,  
 Sch40S and 80S in the table are applicable up to and including 12".



## Vedlegg 2 - Partialfaktorer for knutepunkt

### 2.2 Generelle krav

- (1)P Alle knutepunkter skal ha en dimensjonerende kapasitet slik at konstruksjonen kan oppfylle alle grunnleggende krav som er gitt i denne standarden og i NS-EN 1993-1-1.
- (2) Partialfaktorene  $\gamma_M$  for knutepunkter er gitt i tabell 2.1.

**Tabell 2.1 – Partialfaktorer for knutepunkter**

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

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

- (3)P Knutepunkter som utsettes for utmatting, skal også oppfylle kravene gitt i NS-EN 1993-1-9.

## Vedlegg 3 - Nominelle verdier av flytegrense og strekkfasthet for bolter

**Tabell 3.1 – Nominelle verdier av flytegrensen  $f_{yb}$  og strekkfastheten  $f_{ub}$  for skruer**

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

MERKNAD Det nasjonale tillegget kan utelukke visse fasthetsklasser for bolter.

## Vedlegg 4 - Bolteforbindelser

Tabell 3.2 – Kategorier av skruerforbindelser

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

MERKNAD Forspenning kan brukes av utførelsesmessige grunner eller som kvalitetstiltak, f.eks. for å oppnå bedre bestandighet. Det nasjonale tillegget kan gi regler med krav til forspenningsnivået for slike tilfeller.

## Vedlegg 5 - Hull-, ende- og kantavstander

Tabell 3.3 – Minste og største hull-, ende- og kantavstander

Ende-, kant- og hullavstander, se figur 3.1	Minste	Største <sup>1)2)3)</sup>		
		Stålkonstruksjoner av stålsorter i samsvar med NS-EN 10025, unntatt stål etter NS-EN 10025-5		Stålkonstruksjoner av stål i samsvar med NS-EN 10025-5
		Stål som utsettes for klimatiske påvirkninger eller andre korrosive påvirkninger	Stål som ikke utsettes for klimatiske påvirkninger eller andre korrosive påvirkninger	Stål som brukes ubeskyttet
Endeavstand $e_1$	$1,2d_0$	$4t + 40$ mm		Den største verdien av $8t$ eller 125 mm
Kantavstand $e_2$	$1,2d_0$	$4t + 40$ mm		Den største verdien av $8t$ eller 125 mm
Avstand $e_3$ i avlange hull	$1,5d_0$ <sup>4)</sup>			
Endeavstand $e_4$ i avlange hull	$1,5d_0$ <sup>4)</sup>			
Hullavstand $p_1$	$2,2d_0$	Den minste verdien av $14t$ eller 200 mm	Den minste verdien av $14t$ eller 200 mm	Den minste verdien av $14t_{\min}$ eller 175 mm
Hullavstand $p_{1,0}$		Den minste verdien av $14t$ eller 200 mm		
Hullavstand $p_{1,i}$		Den minste verdien av $28t$ eller 400 mm		
Hullavstand $p_2$ <sup>5)</sup>	$2,4d_0$	Den minste verdien av $14t$ eller 200 mm	Den minste verdien av $14t$ eller 200 mm	Den minste verdien av $14t_{\min}$ eller 175 mm
1) Største verdier for hullavstand, kantavstander og endeavstander er ubegrenset, bortsett fra i følgende tilfelle: - for trykkdeler for å unngå lokal knekking og hindre korrosjon i eksponerte konstruksjonsdeler (største verdier er gitt i tabellen) og; - for eksponerte strekkdeler for å unngå korrosjon (største verdier er gitt i tabellen). 2) Lokal knekkapasitet for en plate under trykk mellom festemidlene bør være beregnet etter NS-EN 1993-1-1, der $0,6 p_1$ bør brukes som knekk lengde. Det er ikke nødvendig å påvise for lokal knekking mellom festemidlene hvis $p_1/t$ er mindre enn 9 ε. Kantavstanden normalt på kraftretningen for en trykkpåkjent konstruksjonsdel bør ikke overskride kravene mot lokal knekking for en ensidig innfestet flens, se NS-EN 1993-1-1. Endeavstanden berøres ikke av dette kravet. 3) $t$ er tykkelsen til den tynneste ytre konstruksjonsdelen som festes. 4) Grenseverdiene for avlange hull er gitt i 1.2.7, Referansestandarder, gruppe 7. 5) For skruerader som er innbyrdes forskjøvet, kan minste hullavstand reduseres til $p_2 = 1,2d_0$ , forutsatt at minste avstand L mellom to festemidler er større enn eller lik $2,4d_0$ , se figur 3.1b).				

**Vedlegg 6 - Dimensjonerende kapasitet - avskjæring og strekk**
**Tabell 3.4 – Dimensjonerende kapasitet for individuelle festemidler påkjent av avskjæring og/eller strekk**

Bruddform	Skruer	Nagler
Avskjæringskapasitet per snitt	$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>- dersom avskjæringssnittet går gjennom den gjengede delen av skruen (<math>A</math> settes lik spenningsarealet for skruen, <math>A_s</math>):                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- for fasthetsklasse 4.6, 5.6 og 8.8: <math>\alpha_v = 0,6</math></li> <li>- for fasthetsklasse 4.8, 5.8, 6.8 og 10.9: <math>\alpha_v = 0,5</math></li> </ul> </li> <li>- dersom avskjæringssnittet går gjennom den ugjengede delen av skruen (<math>A</math> er skruens brutto tverrsnitt): <math>\alpha_v = 0,6</math></li> </ul>	$F_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}}$
Kapasitet for hullkantrykk <sup>1), 2), 3)</sup>	$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}}$ <p>der <math>\alpha_b</math> er den minste av <math>\alpha_b = \frac{f_{ub}}{f_u}</math> eller 1,0</p> <p>i kraftretningen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- for endeskruer: <math>\alpha_b = \frac{e_1}{3d_0}</math> ;</li> <li>- for innvendige skruer: <math>\alpha_b = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}</math></li> </ul> <p>normalt på kraftretningen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- for skruer langs randen: <math>k_1</math> er den minste av <math>2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7</math> , <math>1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7</math> , eller 2,5</li> <li>- for innvendige skruer: <math>k_1</math> er den minste av <math>1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7</math> eller 2,5</li> </ul>	
Strekkkapasitet <sup>2)</sup>	$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ <p>der <math>k_2 = 0,63</math> for senkskrue, ellers <math>k_2 = 0,9</math>.</p>	$F_{t,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}}$
Gjennomlokking	$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t_p f_u / \gamma_{M2}$	Påvisning ikke nødvendig
Kombinert avskjæring og strekk	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1,0$	
<sup>1)</sup> Kapasitet for hullkantrykk $F_{b,Rd}$ for skruer <ul style="list-style-type: none"> <li>- i overstore hull er 0,8 ganger kapasiteten for skruer i normale hull.</li> <li>- i avlange hull, der hullets lengdeakse er normalt på kraftretningen, er 0,6 ganger kapasiteten for skruer i runde, normale hull;</li> </ul> <sup>2)</sup> For senkskruer: <ul style="list-style-type: none"> <li>- beregnes kapasiteten for hullkantrykk <math>F_{b,Rd}</math> på grunnlag av tykkelsen av den innfestede platen <math>t</math> minus halve dybden av forsenkningen;</li> <li>- for bestemmelse av strekkkapasiteten <math>F_{t,Rd}</math> bør vinkelen og dybden av forsenkningen være i samsvar med 1.2.4 Referansestandarder, gruppe 4 i motsatt fall bør strekkkapasiteten <math>F_{t,Rd}</math> justeres tilsvarende.</li> </ul> <sup>3)</sup> Hvis lasten på en skrue ikke er parallell med randen, kan kapasiteten for hullkantrykk påvises separat for skruens lastkomponenter parallellt med og vinkelrett på randen.		

**Vedlegg 7 - Flytespenninger**
**Nom. flytespenning i kN for skruer med metriske gjenger**

Gjenge betegnelse	Stigning P mm	Spennings- areal As mm <sup>2</sup>	Flytespenning Rel i N/mm <sup>2</sup>						Rp0,2 i N/mm <sup>2</sup>		
			180	240	320	300	400	480	640	900	1080
			Kvalitetsklasse								
			3,6	4,6	4,8	5,6	5,8	6,8			
M3	0,5	5,03	0,905	1,21	1,61	1,51	2,01	2,41	3,22	4,53	5,43
M3,5	0,6	6,78	1,22	1,63	2,17	2,03	2,71	3,25	4,34	6,10	7,32
M4	0,7	8,78	1,58	2,11	2,81	2,63	3,51	4,21	5,61	7,90	9,48
M5	0,8	14,2	2,56	3,41	4,54	4,26	5,68	6,82	9,09	12,80	15,30
M6	1	20,1	3,62	4,82	6,43	6,03	8,04	9,65	12,90	18,10	21,70
M7	1	28,9	5,20	6,94	9,25	8,67	11,60	13,90	18,50	26,00	31,20
M8	1,25	36,6	6,59	8,76	11,70	11,00	14,60	17,60	23,40	32,90	39,50
M10	1,5	58	10,40	13,90	18,60	17,40	23,20	27,80	37,10	52,20	62,60
M12	1,75	84,3	15,20	20,20	27,00	25,30	33,70	40,50	54,00	75,90	91,00
M14	2	115	20,70	27,60	36,80	34,50	46,00	55,20	73,60	104,00	124,00
M16	2	157	28,30	37,70	50,20	47,10	62,80	75,40	100,00	141,00	170,00
M18	2,5	192	34,60	46,10	61,40	57,60	76,80	92,20	123,00	173,00	207,00
M20	2,5	245	44,10	58,80	78,40	73,50	98,00	118,00	157,00	220,00	265,00
M22	2,5	303	54,50	72,70	97,00	90,90	121,00	145,00	194,00	273,00	327,00
M24	3	353	63,50	84,70	113,00	106,00	141,00	169,00	226,00	318,00	381,00
M27	3	459	82,60	110,00	147,00	138,00	184,00	220,00	294,00	413,00	496,00
M30	3,5	561	101,00	135,00	180,00	168,00	224,00	269,00	359,00	505,00	606,00
M33	3,5	694	125,00	167,00	222,00	208,00	278,00	333,00	444,00	625,00	750,00
M36	4	817	147,00	196,00	261,00	245,00	327,00	392,00	523,00	735,00	882,00
M39	4	976	176,00	234,00	312,00	293,00	390,00	468,00	625,00	878,00	1050,00

**Vedlegg 8 - Forspenningsmoment**
**Forspenningsmoment Mv i Nm for ubehandlede oljete skruer ved bruk av momentnøkkel, M-gjenger**

Gj. M	d mm	P mm	As mm <sup>2</sup>	Kvalitetsklasse				
				4,6	5,8	8,8	10,9	12,9
3	3	0,5	5,03	0,46	0,77	1,2	1,7	2,1
3,5	3,5	0,6	6,78	0,73	1,2	1,9	2,7	3,3
4	4	0,7	8,78	1,1	1,8	2,9	4,0	4,9
4,5	4,5	0,75	11,3	1,6	2,6	4,1	5,8	7,0
5	5	0,8	14,2	2,2	3,6	5,7	8,1	9,7
6	6	1	20,1	3,7	6,1	9,8	14	17
8	8	1,25	36,6	8,9	15	24	33	40
10	10	1,5	58	17	29	47	65	79
12	12	1,75	84,3	30	51	81	114	136
14	14	2	115	48	80	128	181	217
16	16	2	157	74	123	197	277	333
18	18	2,5	192	103	172	275	386	463
20	20	2,5	245	144	240	385	541	649
22	22	2,5	303	194	324	518	728	874
24	24	3	353	249	416	665	935	1120
27	27	3	459	360	600	961	1350	1620
30	30	3,5	561	492	819	1310	1840	2210
33	33	3,5	694	663	1100	1770	2180	2980
36	36	4	817	855	1420	2280	3210	3850
39	39	4	976	1100	1830	2930	4120	4949

**Vedlegg 9 - Korreksjonsfaktorer**
**Korreksjonsfaktor C, forspenningsgrad Gf og spredning Sf/Ff**

Overflate		Smørings- tilstand ved montering	Friksjons- koeffisient	Forspenningsverktøy		
Skruer	Muttere eller gjenge- skårne godshull			Momentnøkkel		
				C	Gf	±Sf/Ff
Ubehandlet	Ubehandlet	Tørr	0,14	0,96	0,62	0,29
		Oljet	0,125	1,00	0,71	0,16
		MoS2	0,10	0,86	0,75	0,16
		Voks	0,06	0,63	0,83	0,11
Fosfatert	Fosfatert eller ubehandlet	Tørr	0,125	0,90	0,64	0,29
		Oljet	0,10	0,86	0,75	0,16
		MoS2	0,08	0,77	0,81	0,11
		Voks	0,06	0,63	0,83	0,11
Blankforsinket	Blankforsinket	Tørr	0,14	0,96	0,62	0,29
		Oljet	0,10	0,86	0,75	0,16
		MoS2	0,10	0,86	0,75	0,16
		Voks	0,06	0,63	0,83	0,11
Varmforsinket	Varmforsinket eller ubehandlet	Tørr	0,20	1,17	0,55	0,29
		Oljet	0,14	1,07	0,69	0,16
		MoS2	0,10	0,86	0,75	0,16
		Voks	0,06	0,63	0,83	0,11
Rustfritt	Rustfritt	Voks	0,14	1,00	0,65	0,23
		Oljet	0,20	0,84	0,55	0,29

1) Overflatebeskyttelse kan påvirke forspenningen. I kritiske tilfeller anbefales utproving.

2) Med voks menes tørrkende voks av typen gulvpulvis, dypping i smeltet bivoks og andre midler med lignende egenskaper.

S.E.&amp;O.

**Vedlegg 10 - Korrelasjonsfaktor  $\beta_w$  for kilsveis**
**Tabell 4.1 – Korrelasjonsfaktor  $\beta_w$  for kilsveis**

Standard og stålsort			Korrelasjonsfaktor $\beta_w$
NS-EN 10025	NS-EN 10210	NS-EN 10219	
S 235 S 235 W	S 235 H	S 235 H	0,8
S 275 S 275 N/NL S 275 M/ML	S 275 H S 275 NH/NLH	S 275 H S 275 NH/NLH S 275 MH/MLH	0,85
S 355 S 355 N/NL S 355 M/ML S 355 W	S 355 H S 355 NH/NLH	S 355 H S 355 NH/NLH S 355 MH/MLH	0,9
S 420 N/NL S 420 M/ML		S 420 MH/MLH	1,0
S 460 N/NL S 460 M/ML S 460 Q/QL/QL1	S 460 NH/NLH	S 460 NH/NLH S 460 MH/MLH	1,0

Utdrag av NS 1073 Del 3. Standarden gir basismål for alle gjenger etter NS 1073 Del 2 med diameter fra og med 1 mm.

Vedlegg 11 - Dimensjoner på bolter

Nominell diameter	Stigning P	Stordiameter D = d	Midtdiameter D <sub>2</sub> = d <sub>2</sub>	Lillediameter	
				D <sub>1</sub> = d <sub>1</sub>	d <sub>3</sub> <sup>1)</sup>
10	1,5	10,000	9,026	8,376	8,160
	1,25	10,000	9,188	8,647	8,466
	1	10,000	9,350	8,917	8,773
	0,75	10,000	9,513	9,188	9,080
11	1,5	11,000	10,026	9,376	9,160
	1	11,000	10,350	9,917	9,773
	0,75	11,000	10,513	10,188	10,080
12	1,75	12,000	10,863	10,106	9,853
	1,5	12,000	11,026	10,376	10,160
	1,25	12,000	11,188	10,647	10,466
	1	12,000	11,350	10,917	10,773
14	2	14,000	12,701	11,835	11,546
	1,5	14,000	13,026	12,376	12,160
	1,25	14,000	13,188	12,647	12,466
	1	14,000	13,350	12,917	12,773
15	1,5	15,000	14,026	13,376	13,160
	1	15,000	14,350	13,917	13,773
16	2	16,000	14,701	13,835	13,546
	1,5	16,000	15,026	14,376	14,160
	1	16,000	15,350	14,917	14,773
17	1,5	17,000	16,026	15,376	15,160
	1	17,000	16,350	15,917	15,773
18	2,5	18,000	16,376	15,294	14,933
	2	18,000	16,701	15,835	15,546
	1,5	18,000	17,026	16,376	16,160
	1	18,000	17,350	16,917	16,773

Utdrag fra NS 5720 Tabell 3.3 - Her finner man bredde på momentnøkkelen: nøkkelvidde s. Til ulike boltestørrelser.

### Vedlegg 12 - Nøkkelvidde

Tabell 3.3 Sekskantskrucr, delgjengede

Utdrag av NS 5720

Gjengebetegnelse	Thread size d	M10	M12	M14	M16	M20
P	1)	1,5	1,75	2	2	2,5
b ref.	2)	26	30	34	38	46
	3)	32	36	40	44	52
	4)	-	-	-	57	65
c	min	0,15	0,15	0,15	0,2	0,2
	max	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8
d <sub>e</sub>	max	11,2	13,7	15,7	17,7	22,4
d <sub>t</sub>	max	10	12	14	16	20
	min	9,78	11,73	13,73	15,73	19,67
d <sub>w</sub>	$l \leq 10 d$ or 150 mm min	14,5	16,6	19,6	22,5	28,2
	$l > 10 d$ or 150 mm min	14,4	16,4	19,2	22	27,7
e	$l \leq 10 d$ or 150 mm min	17,77	20,03	23,35	26,75	33,53
	$l > 10 d$ or 150 mm min	17,59	19,85	22,78	26,17	32,95
f	max	2	3	3	3	4
k	nom.	6,4	7,5	8,8	10	12,5
	min	6,22	7,32	8,62	9,82	12,28
	max	6,58	7,68	8,98	10,18	12,72
	min.	6,11	7,21	8,51	9,71	12,15
	max	6,69	7,79	9,09	10,29	12,85
k'	min	4,28	5,05	5,96	6,8	8,5
r	min	0,4	0,6	0,6	0,6	0,8
s	max.	16	18	21	24	30
	$l \leq 10 d$ or 150 mm min	15,73	17,73	20,67	23,67	29,67
	$l > 10 d$ or 150 mm min	15,57	17,57	20,16	23,16	29,16



## Vedlegg 13 - Spennetabell av ulike rørstørrelser i rustfritt stål [16]

SPAN CHART FOR STAINLESS STEEL LINES \ ALLOY STEEL LINES										
NOMINAL PIPE SIZE (IN)	PIPE SIZE	SCH/W THK	PIPE ONLY		PIPE&LIQUID		PIPE + LIQUID + INSULATION		PIPE + VAPOUR + INSULATION	
			SPAN (M)	WEIGHT (N/M)	SPAN (M)	WEIGHT (N/M)	SPAN (M)	WEIGHT (N/M)	SPAN (M)	WEIGHT (N/M)
NPS 1	DN 25	10S	3,7	21	3,5	27	3,2	41	3,3	36
		50S	3,7	25	3,5	31	3,2	45	3,3	40
		80S	3,6	32	3,5	37	3,2	51	3,3	47
NPS 1 1/2	DN 40	10S	4,5	32	4,1	46	3,8	62	4,1	49
		40S	4,5	41	4,2	54	3,9	70	4,1	58
		80S	4,4	55	4,2	66	4,0	82	4,1	72
NPS 2	DN 50	10S	5,1	40	4,6	63	4,3	82	4,6	59
		40S	5,1	54	4,7	76	4,4	94	4,7	74
		80S	5,0	75	4,7	93	4,5	112	4,7	94
NPS 3	DN 80	10S	6,2	64	5,4	117	5,1	140	5,7	89
		40S	6,1	114	5,6	160	5,4	184	5,8	138
		80S	6,1	153	5,7	195	5,6	218	5,9	178
NPS 4	DN 100	10S	7,1	83	5,9	173	5,7	201	6,6	113
		40S	7,0	161	6,3	241	6,2	269	6,7	191
		80S	6,9	225	6,5	298	6,3	325	6,7	255
NPS 6	DN 150	10S	8,6	139	6,9	340	6,7	377	8,1	182
		40S	8,5	238	7,5	466	7,4	503	8,2	326
		80S	8,4	428	7,8	593	7,7	630	8,2	471
NPS 8	DN 200	10S	9,9	202	7,7	547	7,5	593	9,3	258
		40S	9,8	428	8,5	745	8,4	790	9,5	483
		80S	9,7	649	8,8	938	8,7	983	9,5	703
		20	10,7	337	9,1	665	8,9	710	10,3	329
		100	10,5	762	9,8	1037	9,7	1083	10,4	816
NPS 10	DN 250	10S	11,0	279	8,4	819	8,3	874	10,4	350
		40S	10,9	607	9,4	1106	9,3	1160	10,6	677
		80S	10,9	818	9,7	1290	9,6	1345	10,6	887
		20	12,0	422	9,8	944	9,7	1000	11,6	493
NPS 12	DN 300	10S	12,0	363	9,1	1126	8,9	1189	11,4	450
		40S	11,9	739	10,1	1455	10,0	1518	11,6	824
		80S	11,9	978	10,4	1664	10,3	1727	11,6	1062
		30	13,1	656	10,9	1383	10,7	1446	12,7	741
NPS 14	DN 350	5S	12,6	348	9,1	1279	9,0	1348	11,9	445
		10S	12,6	417	9,4	1339	9,3	1408	12,0	513
		30	13,7	814	11,4	1687	11,3	1755	13,3	909
NPS 16	DN 400	5S	13,5	418	9,6	1638	9,5	1716	12,7	532
		10S	13,5	477	9,8	1690	9,7	1767	12,8	591
		3	14,7	933	12,0	2089	11,9	2167	14,3	1045
NPS 18	DN 450	5S	14,3	471	9,9	2023	9,8	2109	13,4	603
		10S	14,3	537	10,2	2081	10,1	2169	13,5	670
		30	15,5	1396	13,0	2832	12,9	2918	15,2	1525
NPS 20	DN 500	5S	15,1	598	10,5	2512	10,4	2606	14,2	750
		10S	15,1	684	10,8	2587	10,7	2682	14,3	836
		30	16,4	1557	13,5	3351	13,4	3446	16,0	1703
NPS 24	DN 600	5S	16,5	823	11,4	3587	11,3	3699	15,7	1018
		10S	16,5	956	11,8	3704	11,7	3816	15,8	1150
		30	18,0	1877	14,5	4510	14,4	4622	17,6	2068
NPS 28	DN 700	30	19,2	5056	16,9	8400	16,8	8648	18,9	5403
NPS 40	DN 1000	7,9	23,4	1971	13,8	9864	13,6	10209	21,9	2547

NOTE

These spans are based on pipe containing fluid with specific gravity of 1.0 with temperature as specified in piping specification and maximum material stress 30MPa or maximum deflection 7mm. 20 Mpa for CuNi pipes.