



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Evaluering av utvalt rørarrangement i olje eksportsystemet på Eldfisk 2/7S



Bachelor oppgave utført ved
Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag
Maskin, Røyr

Av:	Svein Jonny Mehammer	Kand.nr.	10
	Espen Tollaksvik	Kand.nr.	18
	John Christian Gjerde	Kand.nr.	6

Haugesund

Hausten 2012



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

HOVEDPROSJEKT

Studenten(e)s navn:	Svein Jonny Mehammer Espen Tollaksvik John Christian Gjerde
Linje & studieretning	Maskin / Rørkonstruksjon – Høgskolekandidat
Oppgavas tittel:	Evaluering av utvalt røyrarrangement i olje eksportsystemet på Eldfisk 2/7S

Oppgåvetekst:

Eksportsystemets grunnleggjande oppgåve og funksjon skal forklarast.

Det skal gjerast ei vurdering av optimal røyrføring, dimensjonering, korrosjon, materialval, røyroppheng, vedlikehald og økonomi.

Gruppa skal konkret sjå på hovudlinja frå 3. trinns separator til og med eksport pumper.

Endelig oppgåve gitt:	15. oktober 2012
Innleveringsfrist:	30. november 2012, kl. 12.00
Intern veileder:	Runald Meyer ved HSH Tel 52 70 40 21
Ekstern veileder:	Per Kenneth Hauan ved Kværner Stord AS Tel: 53 41 91 62

**Godkjent av
studieansvarlig:**

Brit Fulle

Dato:

2/11 - 12



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

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

Oppgåvas tittel:		Rapportnummer
Evaluering av utvalt rørarrangement i olje eksportsystemet på Eldfisk 2/7S		(Fylles ikkje ut)
Utført av:		
Svein Jonny Mehammer Espen Tollaksvik John Christian Gjerde		
Linje	Studieretning	
Maskin ingeniør	Rørkonstruksjon	
Gradering	Innlevert dato	Runald Meyer og Per Kenneth Hauan
Open	29.11.2012	

Ekstrakt

Denne hovudoppgåva er ein analyse av delar av eit oljeeksport system som skal byggast for Eldfisk feltet. Studiet tar for seg aktuelle problemstillingar som er knytt til design, bygging og driftsfasen. Eldfisk 2/7S er eit modent oljefelt, der konsentrasjonen av hydrogen sulfid er aukande. Dette stiller ekstra krav til rørsystemets korrosjons bestandighet. Eksportsystemet er designa for å transportera ei stor mengde råolje døgnet og året rundt. Dette set høge krav til driftssikkerheit. Systemet er utstyrt med dobbelt pumpe sett som gjev full sikring mot uønska stopp, og moglegheit for å utføra vedlikehald utan driftstans. Eit rustbestandig rørsystem i Duplex 2507 betyr nærast vedlikehaldsfritt rørsystem gjennom driftsfasen. Oppgåva gjennomgår reglar for dimensjonering og strøymings berekningar for delar av hovudlinja. Analysen svarar på om valgt røyr dimensjon er optimal.

Forord

Ved fullføring av nettbasert ingeniør utdanning til kandidat grad ved Høgskulen Stord/ Haugesund skal det gjennomførast ei hovudoppgåve der studenten skal få anledning til å vise kva kunnskap ein har tileigna seg gjennom studiet.

Ei hovudoppgåve med presentasjon gir 15 studiepoeng og er det viktigaste enkelt emne i utdanninga. Oppgåva skal utfordre studenten til å nytta relevant ny kunnskap på eit problem knytt til mekanisk industri eller problematikk som ein kan finna innan offshore industrien.

Eit tema i oppgåva skal omhandla rør og material kvalitet som er eit viktig fagområde på typiske offshore installasjonar.

Vår gruppe tok derfor kontakt med Kværner Stord og spurde om dei kunne gi oss ei relevant oppgåve. Me fekk positiv tilbakemelding, og blei tildelt å analysere design løysningar på delar av eit eksport-rør system på ei plattform, Eldfisk 2/7S, som skal byggjast ved Kværner Stord.

Oppgåva gav oss utfordringar i følgjande emne frå utdanninga: Rør konstruksjon I (reglar og berekningar), rør konstruksjon II (produksjons venlige konstruksjonar), rør konstruksjon III (spenningberekningar), industriell material teknologi, strøymingslæra, statikk og fastleikslæra, teknisk teikning og prosjektarbeid. Også grunnleggjande databehandling og stress behandlings programmet Triflex kom til nytte når me skulle utforma denne rapporten.

Utfordringa ved oppgåva er å dra nytte av relevant kunnskap frå studiet til å forstå problemstillingar som dukkar opp i oppgåva. Vidare må ein ofte søkja ny kunnskap rundt element og komponentar som er ein del av oppgåva.

I gruppa vår har me praktisk erfaring frå disiplinane: rør monterering, stål og aluminiums struktur bygging og frå mekanisk produksjons industri.

Me vil gjerne takka Kværner Stord, Aker Solutions i Oslo, Conoco Phillips og Audun Tveit for samarbeidet.

For å lesa denne rapporten forventast det ein grunnleggjande kunnskap innan rørkonstruksjon og kjennskap til røyrstress programmet Triflex.

Rapporten har eit eige vedleggshefte for P&ID, ISO teikningar og stress analyser.

Rommetveit 29. November 2012

Svein Jonny Mehammer

Espen Tollaksvik

John Christian Gjerde

Innholdsliste

1	Innleiing.....	1
1.1	Bakgrunn for oppgåva	1
1.2	ConocoPhillips	1
1.3	Kværner Stord	2
1.4	Avgrensingar	2
2	Eldfisk 2/7S prosjektet.....	3
2.1	Brønner	3
2.2	Reservoaret.....	4
2.3	Hovudkontraktar	5
2.4	Eksportrøyr systemet.....	5
2.5	Produksjonspumpene.....	6
2.5.1	API610 standard	7
2.5.2	Pumpe arrangementet.....	7
2.6	Fiscal måling.....	8
2.7	Pig Launcher	9
2.8	Sikkerheits system	11
3	Super Duplex-stål.....	12
3.1	Problem ved stort innhald av legeringar	19
3.2	Korrosjon.....	23
3.3	Edelheit.....	23
3.4	Arealforhold/spenningsforskjellar.....	24
3.5	Korrosjons eigenskapar i Super Duplex stål.....	24
3.6	Konklusjon.....	25
4	H_2S i Super Duplex stål	26
4.1	Kva er H_2S ?.....	26
4.2	Førekomstar av H_2S	27
4.3	Spennings korrosjon SSCC (H_2S):.....	27
4.4	Kva skjer med røyra når H_2S angrip?	28
4.5	«Sour service» (surt miljø)	28
4.6	Konklusjon.....	28
5	Optimal røyrføring	29
5.1	Konklusjon.....	31
6	Vedlikehald	32
6.1	Konklusjon.....	35

7	Røyr støtter (Pipe Support)	36
7.1	Kritiske og ukritiske røyr	36
7.2	Styrke berekning.....	36
7.3	Røyr støtte teiknings innhald	37
7.4	Røyrstøtte funksjonar	38
7.5	Røyrstøtter på hovudlinja mellom 3.trinns separator og pumper	38
7.6	Konklusjon.....	41
8	Triflex.....	42
9	Strøymingsanalyse	43
9.1	Linjelista	43
9.2	Kontroll av linjelista	44
9.3	Sugesida	46
9.4	Trykksida	48
9.5	Konklusjon.....	50
10	Reglar og berekningar	51
10.1	Standarar.....	51
10.2	Regelverk	52
10.3	Designparameter	53
10.4	Tillat spenning	53
10.5	Hydrostatisk lekkasje test	54
10.6	Tillat trykk på sugeside	55
10.7	Tillat trykk på trykkside.....	56
10.8	Konklusjon veggtykkleik.....	57
11	Økonomi for olje eksportsystemet.....	58
11.1	Pris på delar og montering.....	58
11.2	Sveisekostnader	59
11.3	Energi kostnader	61
12	Oppsummering og konklusjonar	63
13	Referansar.....	64
Vedlegg A.	Oversikt røyrlengder og tap	65
Vedlegg B.	Material sertifikat for 14" røyr	66
Vedlegg C.	Material sertifikat 10" røyr.....	67
Vedlegg D.	ASME B16.5 Tabell 2-2.8	68
Vedlegg E.	ASME B31.3 Tabell A-1.....	69
Vedlegg F.	ASME B36.10M Røyrdimensjonar.....	70
Vedlegg G.	P&ID	71
Vedlegg H.	ISO teikningar	71

Vedlegg I. Stress ISO.....	71
Vedlegg J. Triflex stressanalyse case 1	71
Vedlegg K. Triflex stressanalyse case 2	71

Figur liste

Figur 1 Henta med tillating av ConocoPhillips.....	1
Figur 2 Henta med tillating av Kværner Stord.....	2
Figur 3 Eldfisk 2/7 S plattform.....	3
Figur 4 Eldfisk 2/7 S Infrastruktur.....	4
Figur 5 Oljeeksport systemet sett mot nord.....	5
Figur 6 Forenkla prosess oversikt Eldfisk 2/7S eksport system.....	6
Figur 7 Pumpe arrangement.....	7
Figur 8 Fiscal måling (utstyrs pakke til venstre i blått).....	8
Figur 9 Pig Launcher 61 00001 (Til høyre i blått).....	9
Figur 10 Verktøy pig, Geometrisk pig og inspeksjons pig.....	10
Figur 11 Henta frå Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012.....	12
Figur 12 Henta frå Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012.....	13
Figur 13 Henta frå Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012.....	14
Figur 14 (Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012).....	15
Figur 15 Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012.....	15
Figur 16 Schaeffler-diagram. Hentet frå Tveit, A. (2010). Industriell materialteknologi I. Kap. 10.8.....	16
Figur 17 Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012.....	17
Figur 18 Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012.....	18
Figur 19 Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012.....	18
Figur 20 Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012.....	19
Figur 21 Hentet frå Tveit, A. (2010). Industriell materialteknologi I. Kappittel 10.4.....	20
Figur 22 Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012.....	21
Figur 23 Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012.....	22
Figur 24 Tveit A., Industriell materialteknologi II, 2010 kap. 1.2.....	23
Figur 25 Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012.....	25
Figur 26 Tveit A., Sour service NS415, 2012.....	26
Figur 27 Henta frå www.niras.no.....	30
Figur 28 Henta frå vedlikeholdsmanualen til eksportpumper på Gjøa.....	33
Figur 29 Henta frå vedlikeholdsmanualen til eksportpumper på Gjøa.....	34
Figur 30 Henta frå vedlikeholdsmanualen til eksportpumper på Gjøa.....	35
Figur 31 (Vrålid, Pipe support, 2012).....	37
Figur 32 Røyr støtte symbol (Vrålid, Pipe support, 2012).....	38
Figur 33 Crom- og Nikkel eq.....	41
Figur 34 Henta frå Triflex modellen av gruppa.....	42
Figur 35 Moody (Kannelønning, 2012).....	45
Figur 36 Eksportpumpe pakkar.....	48
Figur 37 Optimal røyr diameter.....	61

Tabellar

Tabell 1 Kreftene på røyr støttene:.....	40
Tabell 2 Linjelista.....	43
Tabell 3, ASME 304.1.1 Koeffisient Y for $t < D/6$	54

Samandrag

Denne oppgåva gjennomgår aktuelle problemstillingar som ein må løyse ved design av eit røyrsystem for olje eksport i på Eldfisk feltet. Rapporten gir ei innføring i eksportsystemets oppgåve og funksjon. Plattformen på 2/7S er del av ei omfattande utbygging og modernisering av eit oljefelt som har vort i drift sidan 1979. I slike eldre felt vil ein kunne handtere større konsentrasjon av hydrogen sulfid (H_2S) i råolja. Dette setter ekstra krav til val av materiale i røyrsystemet, og sveisearbeid på dette. Duplex 2507 har høg PRE verdi og har vist å ha gode korrosjonsegenskapar i sure miljø.

Grappa har konsentrert seg om hovud røyrlinja frå tredje stegs separator til og med produksjonspumpene. Strømingstap er berekna fram til samankopling ved målestasjonen, dette for å få eit grunnlag for å konkludere om pumpene vil kunne levere ønska trykk ut på eksport linja. Beregningar viser at røyrene er dimensjonert hensiktsmessig, og tap i røyrsystemet er på akseptabelt nivå.

Regler for berekning av veggtykkleik er gjennomgått, og utført på 14" røyrlinja frå separator til eksportpumpene, og på 10" røyrlinje frå pumpene til samankopling ved målestasjonen. Rapporten viser at ein muleg kunne valgt ein lettare røyr klasse mellom separator og eksportpumpene om ein ville utnytta trykk kapasiteten og styrken i røyret maksimalt i for hold til valgt design trykk.

Rapporten viser at ein måtte implementert endringa av veggtykkleik tidleg i prosjektet om det skulle vorte lønsamt. No seint i prosjektering fasen ville endringa mest sannsynlege kosta meir enn det ein ville spart i byggekostnader.

Det som gir størst utslag på installasjon kostnaden er dei store hovud komponentane i systemet, og ikkje sjølv røyrføringa. Røyr dimensjonar i hovudlinja verkar å vere valt til den mest optimale størrelse og gjev god balanse mellom investerings kost og driftskostnader.

Variabel styring av pumper ser også ein god løysing for å sikre optimal drift og eit jamt leverings trykk vidare i eksport systemet. Driftskostnaden er difor mest relatert til pumpas verknadsgrad og at pumpa får jobbe i den driftskondisjonen som gir mest effektiv verknadsgrad.

1 Innleiing

1.1 Bakgrunn for oppgåva

Som ein del av ingeniørutdanninga i maskin inngår det ei hovudoppgåva for å visa kva ein har lært i studietida. I den forbindelse blei det oppretta kontakt med Kværner Stord AS og me inngjekk eit samarbeid for å utforma ei hovudoppgåva. Ingeniør avdelinga på piping and arrangement på Kværner Stord og gruppa sine medlemmer, kom fram til at eksport systemet på Eldfisk 2/7S var ei passende hovudoppgåva. Målsettinga ved oppgåva er å forklara og visa at me forstår funksjon og oppbygginga av systemet. Med hovudfokus på optimal røyrføring, dimensjonering, korrosjon, materialval, røyrstøtter, vedlikehald og økonomi. For å kunne gjennomføra denne hovudoppgåva, så er det behov for tilgangar til Kværner Stord sine data system på Eldfisk prosjektet. Dette skulle visa seg å vera vanskeleg, slik at me fekk hjelp av Per Kenneth Hauan til å henta ut følgjande:

- P&ID teikningar
- P&ID legende
- ISO teikningar
- Line list
- Spec for systemet
- Stress ISO
- Materialsertifikat
- Vedlikehaldsmanual på pumpene

Dette gjev oss eit grunnlag for å kunne gjennomføra hovudoppgåva.



Figur 1 Henta med tillating av ConocoPhillips

1.2 ConocoPhillips

ConocoPhillips er ein uavhengig og stor utanlandsk operatør på den norske sokkelen, med hovudsete i Houston Texas. Selskapet held på med leiting og utvinning, det er verksamt i 30 land. I Noreg ligg deira kontor på Tananger utanfor Stavanger. På Ekofisk og felta i områda rundt så er det ConocoPhillips som har drifta. Dei har og eigarandelar i felta Heidrun, Visund, Oseberg, Grane, Troll, Alvheim og Huldra. ConocoPhillips tildelte Kværner Stord den 18. mars 2011 kontrakt for å byggja dekket til Eldfisk 2/7S. (ConocoPhillips, www.ConocoPhillips.no)



Figur 2 Henta med tillating av Kværner Stord

1.3 Kværner Stord

Kværner Stord er eit selskap som mellom anna held på med bygging av overdelen (top-site) til plattformar og landanlegg for offshore industrien. Eksempel på dette er Eldfisk 2/7S, Troll A, landanlegga til Nyhavna på Aukra og Snøkvit på Melkøya. Bedrifta er etablert like utanfor Leirvik, med sine omlag 1500 faste ansatte er dette Stord sin største hjørnesteins bedrift.

1.4 Avgrensingar

Rapporten skal ta for seg eksportsystemet på Eldfisk 2/7S og inkludere hovudlinja frå separator trinn 3 til og med PIG Launcher for råolje eksport vidare til Ekofisk. Som referanse vil røyrtaf og veggjukkleik også bli gjennomgått på hovudlinja mellom pumpene og innkoplinga på målestasjonen.

Gruppa har valt å sjå på optimal røyrføring, dimensjonering, korrosjon, materialval, røyrstøtter, vedlikehald og økonomi for linje nr: 430-0001-DD10-14-PL-W og 430-0003-DD10-14-PL-W på P&ID: ELDS-AK-U-10405-001 og ELDS-AK-U-10490-001 som er i vedlegg G.

Vidare vil gruppa forklare desse linjene:

430-0004-DD10-14-PL-W

430-0002-DD10-10-PL-W

430-0007-DD10-10-PL-O

430-0007-DD10-10-PL-Z

410-0002-DC13-24-PL-Z

2 Eldfisk 2/7S prosjektet

Eldfisk 2/7S er ein del av Eldfisk II-prosjektet og formålet er å auke utvinninga og oppretthalde ein sikker og stabil produksjon frå feltet. Eldfisk II omfattar boring av 40 nye brønner, bygging av ny, integrert plattform og omfattande oppgradering og modifisering av eksisterande installasjonar. Prosjektet er ein vidare utvikling av infrastruktur i eit område som allereie er godt utbygd og som har hatt kontinuerlig produksjon sidan 1979. Prosjektet representerer investeringar på 35-40 milliardar 2011-kroner. (ConocoPhillips, Eldfisk II side 2, 2012)

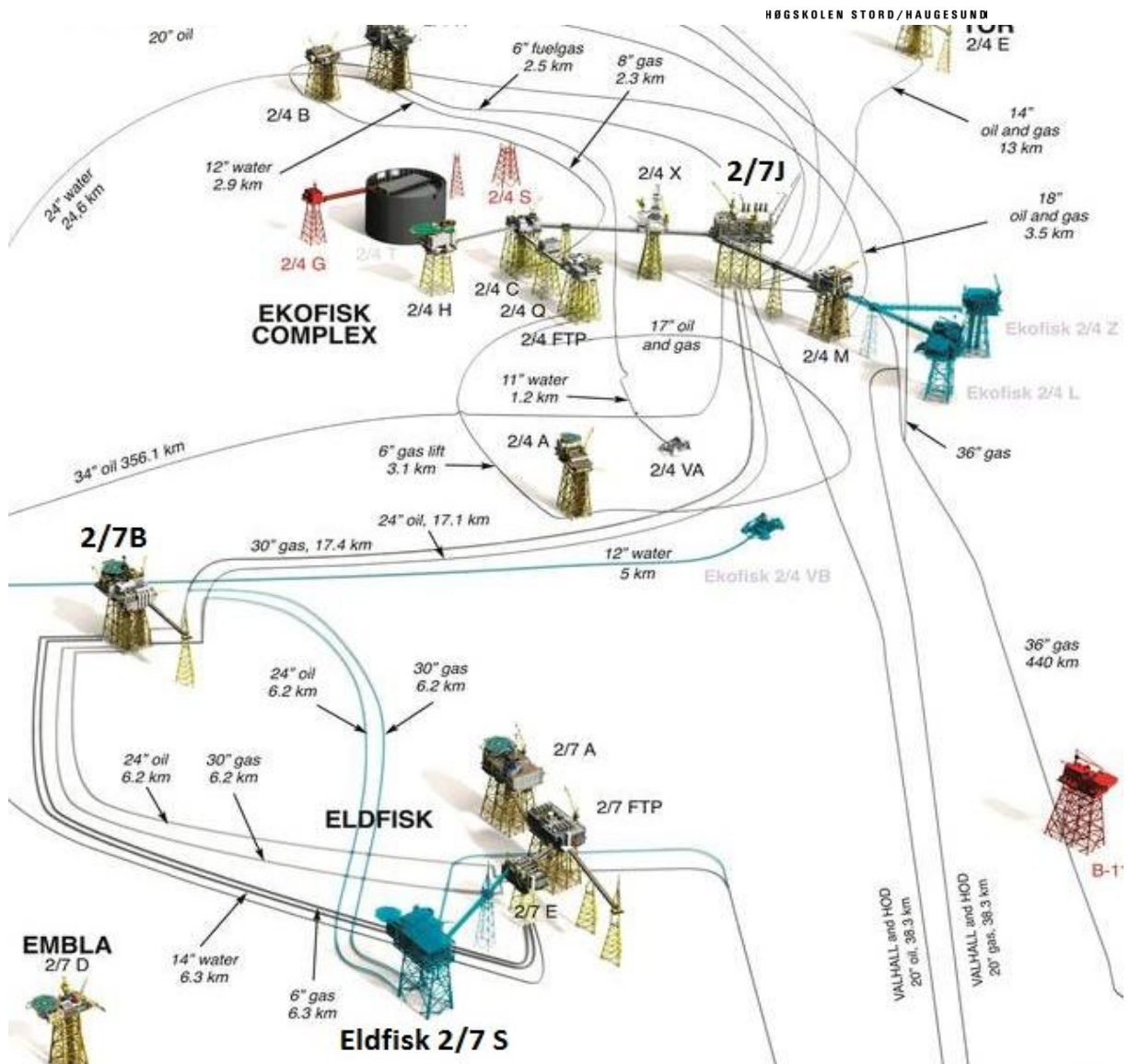


Figur 3 Eldfisk 2/7 S plattforma

Foto: ConocoPhillips (<http://viewer.zmags.com/publication/5d674063#/5d674063/1>)

2.1 Brønner

Dagens Eldfisk produserer frå ca. 30 brønner. Eldfisk 2/7S vil ha 40 nye brønner og medføra at oljeproduksjonen på omlag 50.000 fat per døgn kan vidareførast i fleire år frametter. Produksjonen frå feltet vil då bli forlenga ut over lisensperioden som varer til år 2028. (ConocoPhillips, Eldfisk II side 4, 2012)



Figur 4 Eldfisk 2/7 S Infrastruktur

Foto: <http://www.tu.no/olje-gass/2012/10/23/slik-skal-de-holde-liv-i-gullfeltet>

2.2 Reservoaret

Eldfisk er eit oljefelt som også inneheld ein del gass. Reservoaret er kritt-bergarter (kalkstein) som ligg på 2700-2900 meters djupne. Feltet ligg i blokk 2/7, omlag 16 kilometer sør for Ekofisk, ikkje langt frå britisk og dansk sokkel. Havdjupna er i underkant av 70 meter.

Eldfisk II-prosjektet vil auke oljeutvinningsrata med rundt 6,5 prosent til ein forventa utvinningsgrad på 28,5 prosent innan utgangen av 2028. Produksjonen reknast auka med 35-45 millionar Sm³ oljeekvivalentar som følgje av prosjektet.

Feltet blei funnet i 1970, godkjent for utbygging i 1975 og satt i produksjon i 1979. Eldfisk er det nest største av dei fire produserande felta i Ekofisk-området og blant dei største på norsk sokkel.

2.3 Hovudkontraktar

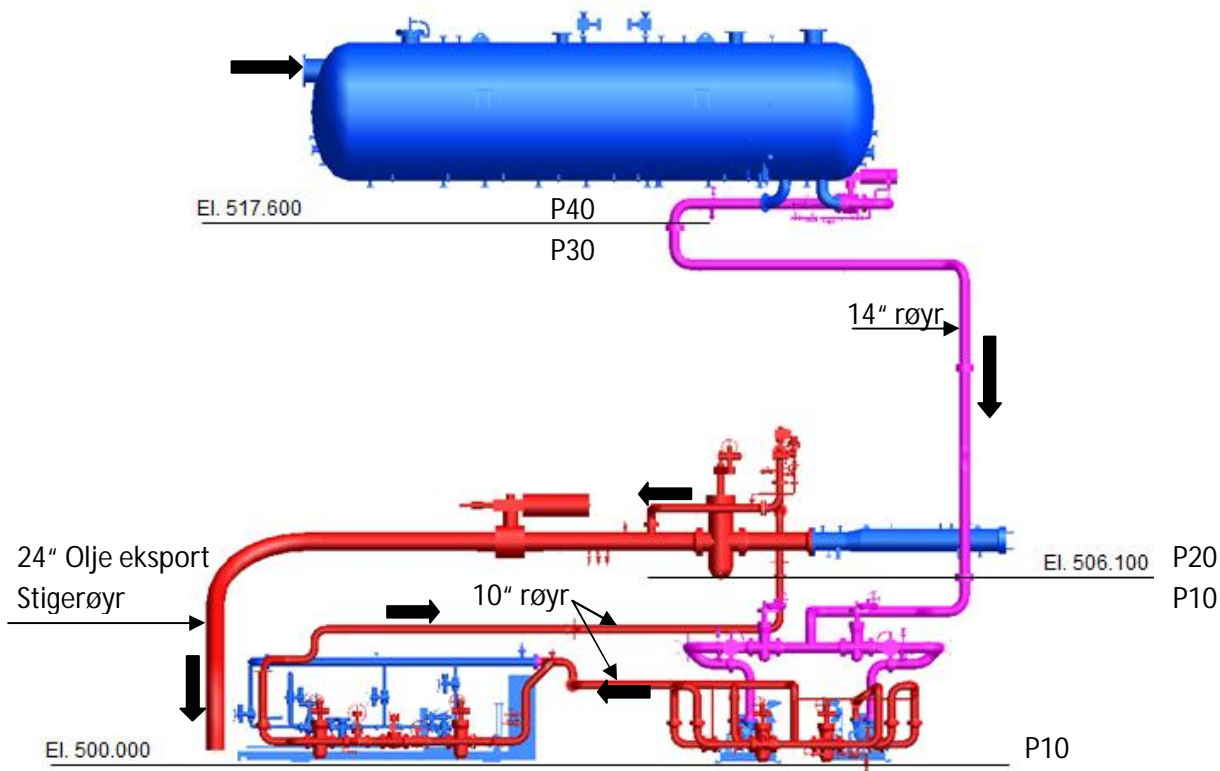
Blant dei største kontraktane som er tildelt i prosjektet kan det nemnast at:

- Kværner Stord skal bygge plattformdekk, bruer, brystøttestedek og flammefårn. Kontrakten er ein EPC (Engineering, Procurement and Construction) kontrakt som omfattar ingeniørtjenester, materialanskaffing og bygging.
- Dragados Offshore, Spania skal bygge understell, dette som EPC kontrakt.
- Aker Solutions MMO, skal utføra klargjering og modifikasjonsarbeid på Eldfisk- installasjonen for å ta imot Eldfisk 2/7S. Også dette som EPC-kontrakt.

Eldfisk II-prosjektet omfattar også nye rørleidningar, ein kabel for kraftforsyning og kontrollsystem, samt omfattande modifikasjonar på eksisterande infrastruktur og installasjonar. (ConocoPhillips, Eldfisk II side 6, 2012)

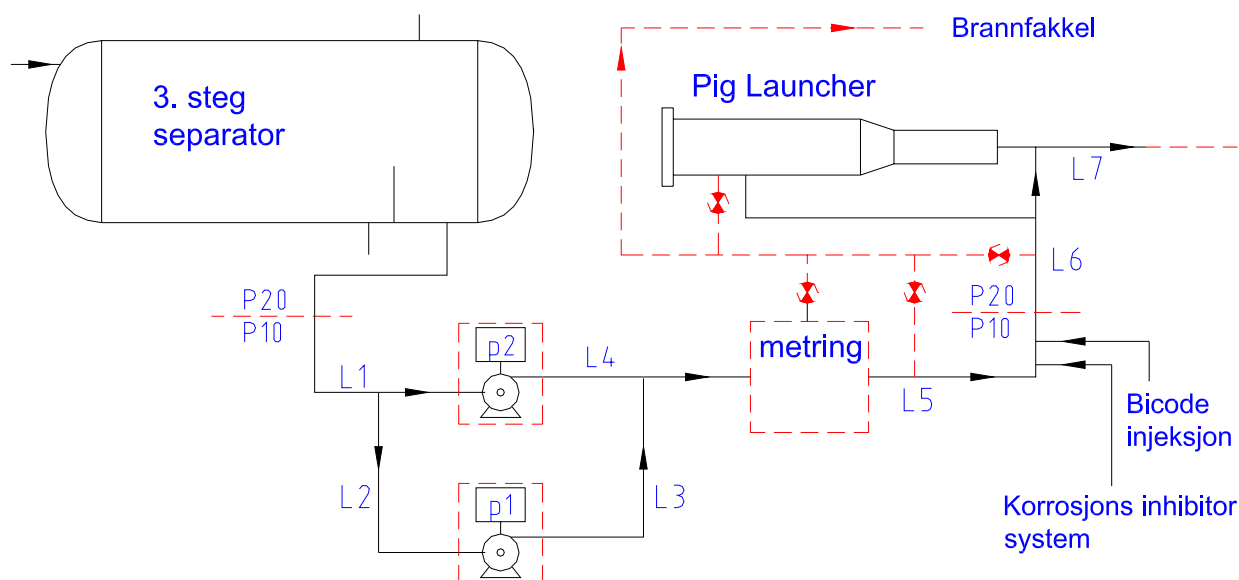
2.4 Eksportrør systemet

Dette systemet har som oppgåve å transportera olje og gass frå plattformen og vidare til Ekofisk anlegget. Som vist på teikninga under (Figur 5) kjem me til å konsentrera oss om hovudrøret frå separator til pumpene nede på dekk (P10). Røyra mellom pumpene og tilkopling ved målestasjonen vil også bli vurdert angående strøyming og veggjukkaleik.



Figur 5 Oljeeksport systemet sett mot nord.
(Bilde frå modell: Kjell Kolskår, Kværner Stord)

Tredje steg separatoren er den siste av tre separatorar som skil ut sand, vatn og gass frå råolja før den blir leia vidare til oljeeksport systemet. Etter 3.steg separator vert olja ført gjennom linje: 430-0001-DD10-14-PL-W (referert som L1 på Figur 6), gjennom område P30 og P20 (Figur 6) og vidare til produksjonspumpene ved område P10 (Figur 6). Her deler linja seg mellom to produksjonspumper. L1 (Figur 6) går til pumpe 67 02002 (referert som p2 på Figur 6) og vidare ut på linje 430-0002-DD10-10-PL-W (referert som L4 på Figur 6).



Figur 6 Forenkla prosess oversikt Eldfisk 2/7S eksport system.

Ei parallell linje 430-0003-DD10-14-PL-W (referert som L2) utgår frå L1 og leiar til pumpe 6702001 (referert som p1) og vidare på linja 430-0004-DD10-14-PL-W (referert som L3).

L3 leies vidare inn på L4.

2.5 Produksjonspumpene

Systemet er designa slik at ei produksjonspumpe går til ein kvar tid. Den andre vil då fungera som reserve pumpe i tilfelle havari, eller når nødvendig vedlikehald må utførast på den eine pumpe.

Før og etter produksjonspumpene er det sluseventilar som kan styra oljebraumen gjennom pumpe 1 og/eller gjennom pumpe 2. Rørføringa til pumpe 1 er utført speilvendt frå forgreininga før pumpene til etter pumpene. Begge linjene inneheld det same utstyret med ventilar og mengdemålar.

Lik rørføring sikrar at ein har same motstand og strøymingsforhold gjennom begge linjene.

Pumpene var tidleg i prosjektet dimensjonerte for å auka trykket 10.7 bar, frå ca. 15,3 bar inn til 26 bar ut. Motoreffekten var berekna for å transportera 598m³/t (Ref. teikning GA ER306 dato 08.05.12). Dette er endra i funksjonsbeskrivinga for pumpene: Dokument nr.: ELDS-AK-M87689, datert: 18.09.12. Her heiter det at pumpene skal kunne levera 30 bar ut, sjølv om trykket frå separator er nede i 13 bar. Normalt utløpstrykk er 23+ barg, og oljetemperatur mellom 50 - 80 °C. Det er viktig at pumpene klarar og levera rett trykk (ca. 20 barg) til sugesida på eksport pumpene på Ekofisk 2/7J. (PG-pump solution, 2012, s. 5)

Motoreffekten er auka til 510 kW, og leveringsmengda ved differansetrykk 16 barg er 565 m³/time. Dette er valt for at pumpene skal ha nok kapasitet til å levera ein jamn oljestrøm ved alle typar driftskondisjonar. Dette sikrar at 3. steg separator ikkje blir overfylt, og at systemet på plattformen stoppar opp om pumpene ikkje klarar å levera nok olje vidare i til olje eksport.

Pumpene kan også fungera som trykk reduserande komponent på eksportrøret. Når det blir kjørt inspeksjons "Pig" gjennom gass-eksport røret kan trykket i 3. steg olje separator stige til 30 barg. I slike tilfelle må pumpa fungera som ein brems på olje strømmen og trykket til olje eksportrøret, slik at det blir levert rett trykk til eksportsenteret på Ekofisk 2/7J.

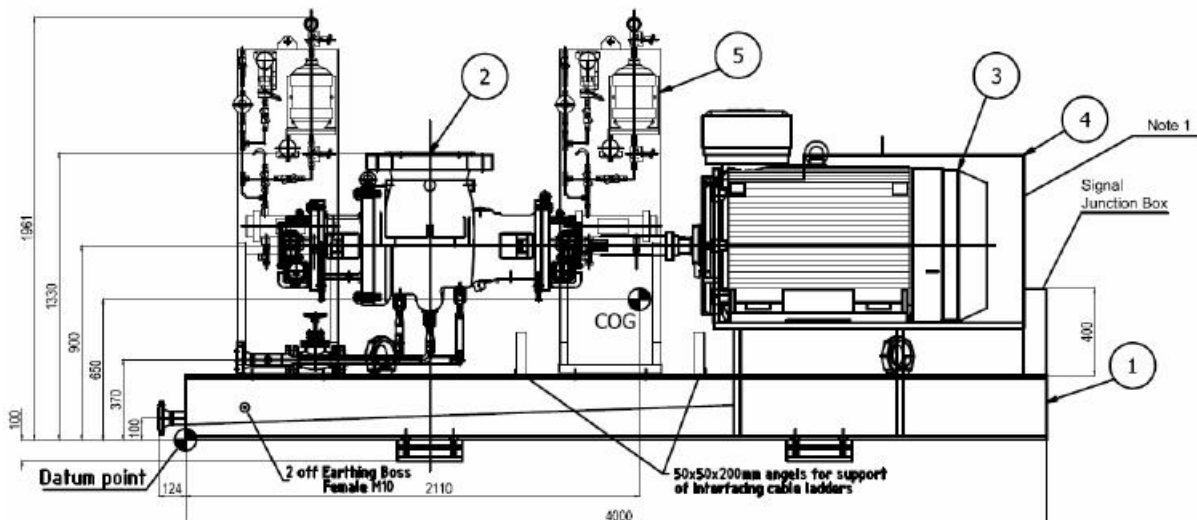
Eksportpumpene, Tag. 430/6702001 og 430/6702002 er utstyrt med «ein-steg dobbelt verkande impellar» av sentrifugal typen. Inn og ut flensane er på toppen av pumpehuset. Impellaren er opplagra med lager i begge endar av akslingen. Denne konstruksjonen blir også kalla "Between Bearing Pumps", sidan impellaren ligg mellom bæringane. Dette sikrar ein stabil og slitesterk konstruksjon. Pumpe konstruksjonen er i samsvar med API610.

2.5.1 API610 standard

API610 er ein standard for sentrifugal pumper brukt i petroleum industri. Standarden skal sørge for at pumpa tilfredsstillar nødvendige sikkerheitskrav, at pumpa er driftssikker og at pumpa er enkel å overhale. Eit av krava i standarden er at pumpa skal ha ein minimum drifts tidshorisont på 20 år, og minst tre års uforstyrra drift.

2.5.2 Pumpe arrangementet

Frå funksjons beskrivelse ER306 visar pumpearrangementet:



Figur 7 Pumpe arrangement

1. Ramme fundament (skid)
2. Pumpe (PG pump solutions)
3. Motor (ABB 510kW)
4. Støy skjerm
5. Lokalt panel

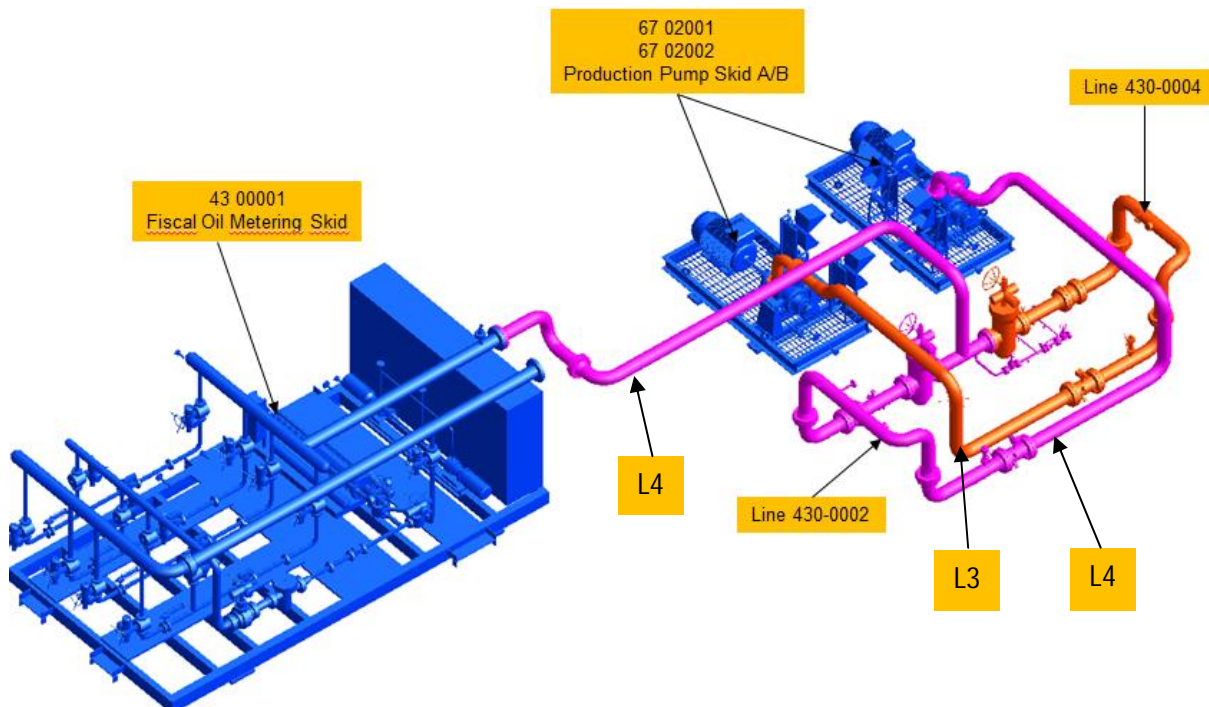
Pumpene skal kunna levera ein jamn olje straum sjølv om trykket i systemet varierer. For å styra elektromotorens turtal og moment er den utstyrt med variabel hastigheits kontroll (VSD- Variable Speed Driver). Styresystemet (VSD) er overvaka ved at data frå VSD blir samla inn og lagra. Vidare kan systemet gje varslar og alarmar som tidlig kan indikera begynnande problem.

Kvar pumpe er utstyrt med 2 stk. PT100 temperatur følarar og 2 stk. Bentley Nevada vibrasjons følarar. Kvar motor har også 3 stk. PT100 temperatur følarar og 2 stk. Bentley Nevada vibrasjons følarar. Dette er overvaka av eit sentralt kontroll system.

2.6 Fiscal måling

L4 ledar olja vidare til eit FISCAL OIL METER. Målesystemet målar volumstraumen av råolja som pumpast gjennom eksportsystemet.

Målestasjonen på Eldfisk 2/7 S er ein utstys pakke med dimensjon: LxBxH = 9,5x4,4x5m Oljebraumen gjennom målestasjonen blir fordelt på fleire mindre måleinstrument. Dette er gjort for at ein ikkje må kjøra heile oljebraumen gjennom eit måleinstrument. Ein oppnår dermed betre nøyaktigheit på målinga. Ein har også eit prøve løp slik at eit måleinstrument kan testast og kalibrerast med regelmessige intervall. (Devold, Oil and gas production handbook, s13-14, 2010)



Figur 8 Fiscal måling (utstys pakke til venstre i blått)
(Bilde frå modell: Kjell Kolskår, Kværner Stord)

Målestasjonen representerar bytte av eigarskap frå produsent til kunde (eller ein annan divisjon innan selskapet) og er derfor også kalla «Custody Transfer Metering».

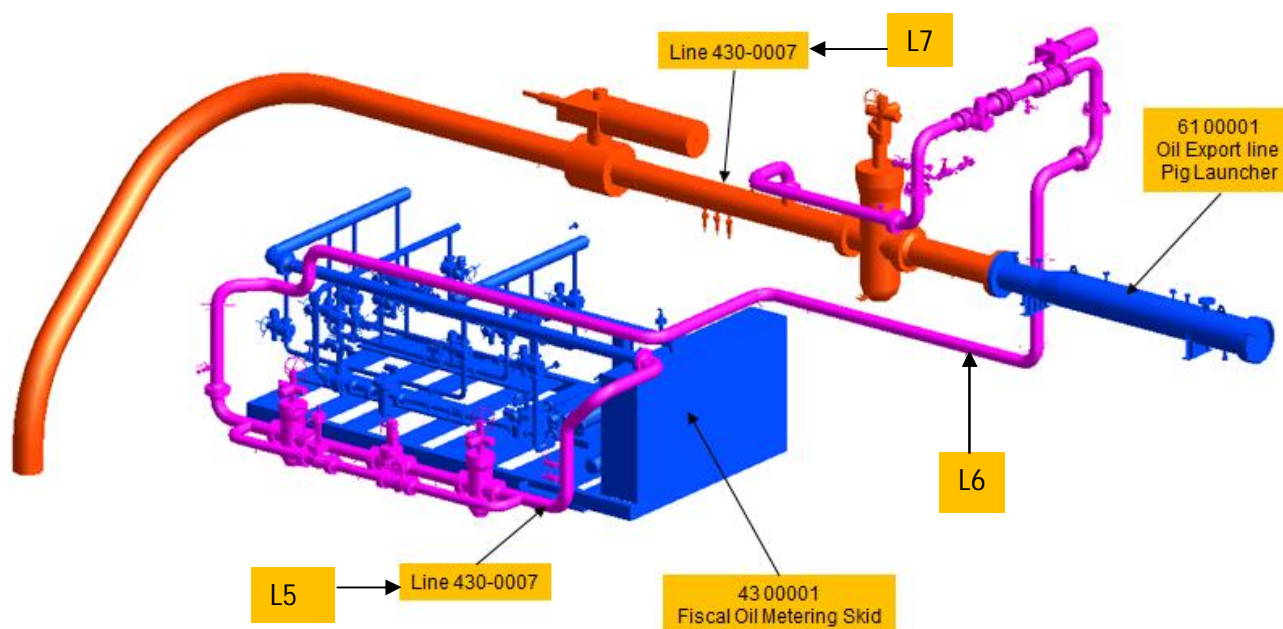
Dette dannar basis for fakturering av seld produkt og utrekning av skatt og avgifts deling mellom partane. Nøyaktigets krava er som oftast satt av myndigheitene.

Etter målestasjonen vert olja leia gjennom røyrlinje: 430-0007-DD10-10-PL-O og linje: 430-0007-DD10-10-PL-Z (her referert som L5 og L6) til olje eksport (L7).

Eksportert olje kan vera veldig korrosiv, difor vert det på L6 tilført ei korrosjonshemmande væska. Tilsetninga beskyttar ved å danna ein tynn film på metall overflata i røyret. Det vert også tilsett biocider. Biocider er førebyggjande kjemikalier som hindrar mikrobiologisk aktivitet som bakterie, sopp og alge vokster i produksjons systemet. (Devold, Oil and gas production handbook, s89, 2010)

2.7 Pig Launcher

L6 leidar olja frå område P10 og opp til P20 der Pig Launcher er lokalisert. Her koplast L6 inn på røyrlinje: 410-0002-DC13-24-PL-Z (referert som L7) med eit T-bend.



Figur 9 Pig Launcher 61 00001 (Til høgre i blått)
(Bilde frå modell: Kjell Kolskår, Kværner Stord)

Pig Launcher brukast til å senda inspeksjons utstyr (kalla Pig) gjennom eksport røyret. På røyrlinja etter Pig Launcher er det eit design krav at alle bend og bøye-radiar må vera min 5x innvendig diameter av røyret. Dette for at «piggen» skal ha god fram kommelegheit når den blir driven fram igjennom røyret.

Røyrlengda til plattformen Eldfisk 2/7 B er ca. 6,2 km. Her skal røyret koplast til eksisterande eksportrør som førar olja vidare 17 km til Ekofisk 2/7J ved Ekofisk senteret ca. 16 km lengre nord. Med ein straumnings hastigheit på 0,59 m/s tar det ca. 11 timar å overføra Piggen.

Pigging

Pig Launcher har ei luka i akterenden, her blir piggen ført inn ved hjelp av ei vogn eller ein krane. Piggen eller piggane blir skyvd fram til fremre ende, og luka blir forseгла. Vidare opnast ein ventil som førar olja frå linje L6 gjennom eit 6" røyr og inn på akter ende av Pig Launcher. (Dette røyrret visast ikkje på Figur 9). Ein kan då midlertidig stenge tilførsel frå L6 til L7 som er starten på eksport røyrret. Piggen blir då driven med oljestråmen inn på L7 som førar olja inn på stigerøyrret og vidare ned på havbotn. Når piggen har passert sikkerheits ventilen på eksportrøyrret, opnas tilførsel frå L6 til L7, og tilførsel til Pig Launcher stenges igjen. Simulering av ein typisk Pig operasjon kan sjåast her: <http://www.youtube.com/watch?v=KMoCbqOT7yU>

Det finnest eit utval av piggar til forskjellige oppgåver:

- Verktøy pig - som brukast til reingjering, reinsing eller for å fjerna vatn i linja.
- Geometrisk pig - som er konstruert for å registrera førekomst av ugjamnheit, ovalitet, bøyeradius og indikasjonar på betydeleg indre korrosjon.
- Inspeksjons pig - er ein intelligent robot som kan evaluere røyrret innvendig. Piggen kan måla røyr diameter, rundheit og sjekka for teikn på korrosjon og sprekkar. Den kan ta bilete.

Den kan også avdekka veldig små lekkasjar og andre defektar langs innsida av røyr linja som kan tenkjast å avgrensa oljestråmen.

- Plugg – som kan brukast til å isolera delar av ei røyr linje mens ein skal utføra vedlikehald på linja. Pluggen kan stå imot trykk på opp til 200 bar.



Figur 10 Verktøy pig, Geometrisk pig og inspeksjons pig

(http://www.ppsa-online.com/about-pigs.php#UTILITY_PIGS)

2.8 Sikkerheits system

Eit olje eksport system inneheld ei rekkje sikkerheits system for å ivareta sikkerheita om noko uventa skulle skje. Gruppa har ikkje tilgang på spesifikk dokumentasjon om dette, men ut frå P&ID (Vedlegg G) kan ein sjå nokre av funksjonane som er med.

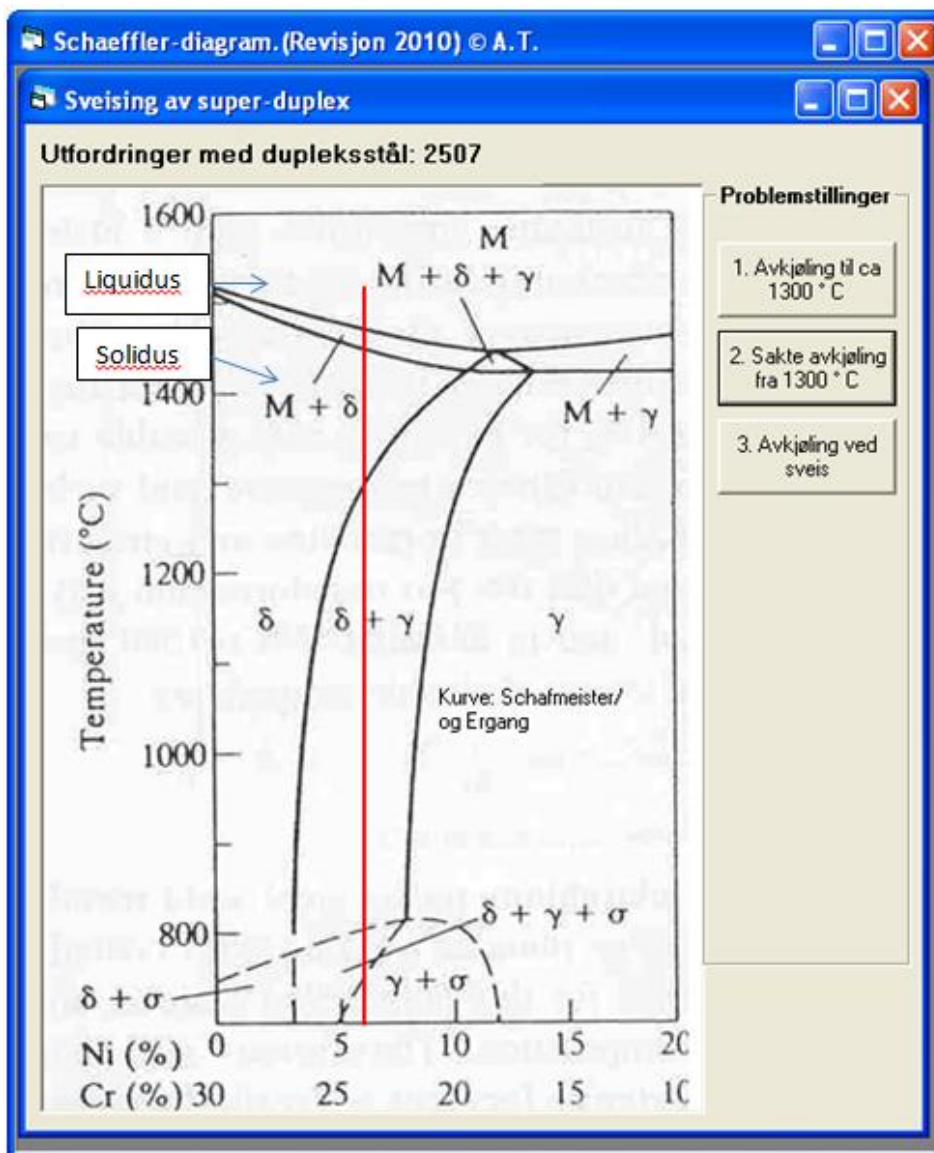
- Lukka drenering
Under separator tank, produksjonspumper, målestasjonen og under Pig Launcher er det eit drens arrangement som samlar opp all mogleg utslepp frå systema og ledar det vidare til drens-samlarør for oppsamling.
- Sikkerheitsventilar
Ein rekkje ventilar kan stengast og opnast manuelt og automatisk i tilfelle det vert detektert unormale trykk eller temperaturar i røyrlinjene. Sikkerheits ventilane vert utløyste ved trykk over 93 bar.
- Fakling
Ved for høgt trykk vil ventilar automatisk opna for å føra olje og gass til eit samlerøyr som går til fakkelen. Dette for å brenna det av for å hindra auka trykk og lekkasjar som kan føra til eksplosjon. Etter produksjonspumpene, målestasjonen og ved Pig Launcher er det avlastnings linjer til fakling samlerøyr.

3 Super Duplex-stål

I eksport systemet si hovudlinja er det hovudsakeleg brukt Super Duplex av typen ASTM A928 UNS S32750/760¹ i røyr og utstyr. Denne stål typen er relativt ny i marknaden og blir ofte kalla Super Duplex-stål 2507, fordi den inneheld mellom 24 % - 26 % Cr (Krom) og 6 % - 8 % Ni (Nikkel). Stålet har ein utvidings koeffisient og ein varme leiingsevne omtrent som for konstruksjons stål. Det har og gode eigenskapar når det gjeld styrkje, seigheit, korrosjonsmotstand og sveisbarheit. For at stålet skal få den karakteristiske Duplex strukturen på 50/50 mellom ferrittisk og austenittisk, så må ein starta i flytande form med 100 % delta ferrittisk struktur. Då blir fasediagrammet (Figur 11) slik ved produksjon av stålet:

Liquidus – flytende metall Solidus – fast metall

δ – delta ferritt γ – austenittisk M-martensittisk σ -sigma

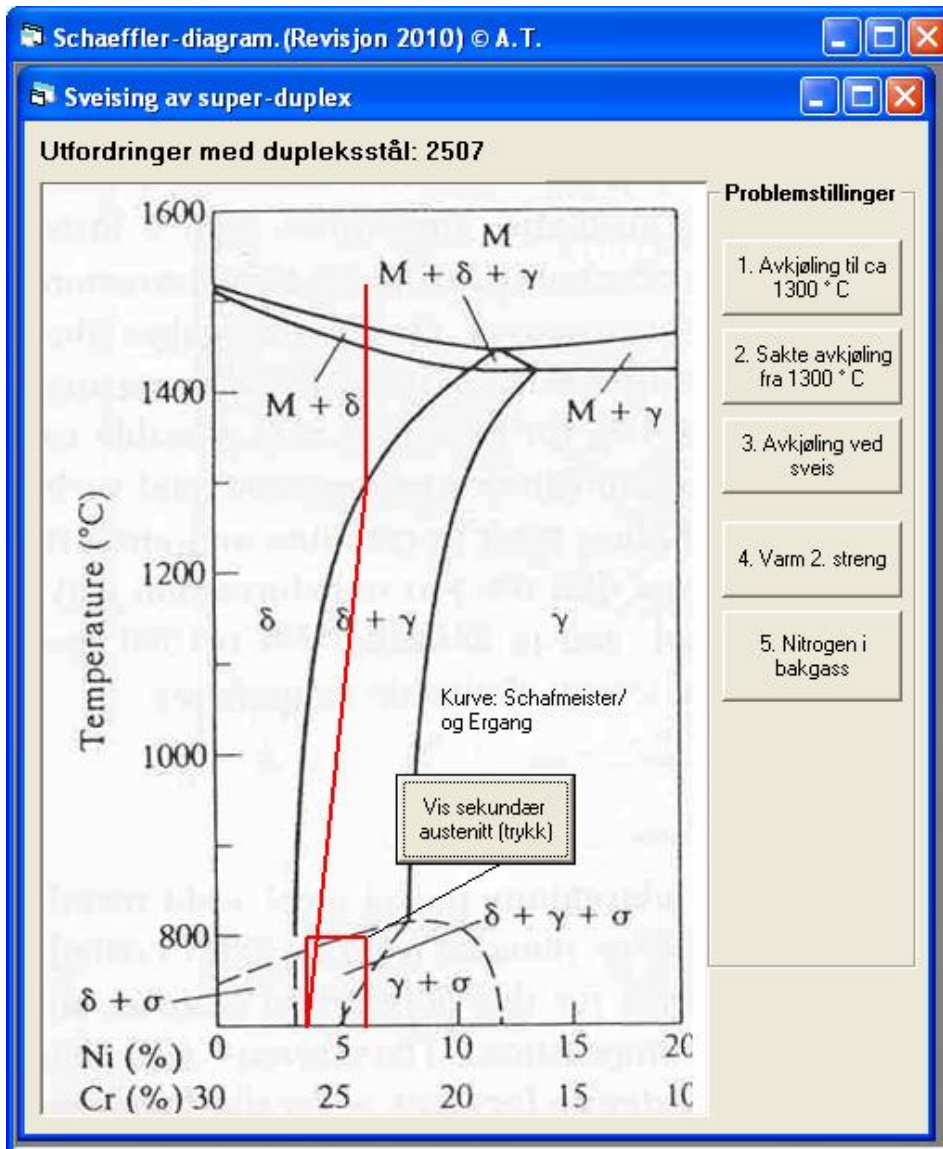


Figur 11 Henta frå Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012

¹ Hentet frå ISO nr 800035-KST-PL-4300001

Diagrammet (Figur 11) viser at ein skal inn i den smale kolonna som ser ut som ei banan for at duplex strukturen skal bli fordelt mellom ferritt og austenitt. Kurva i fasediagrammet er bua, noko som gjer at ein må starta med ein struktur som er 100 % delta ferrittisk rett etter at den er komen over i fast form. Når stålet kommer under 1300 °C så diffunderer delar av ferritten over til austenitt. Dette er ein treg prosess som ikkje heilt kan oppnåast ved sveising p.g.a. for rask avkjøling.

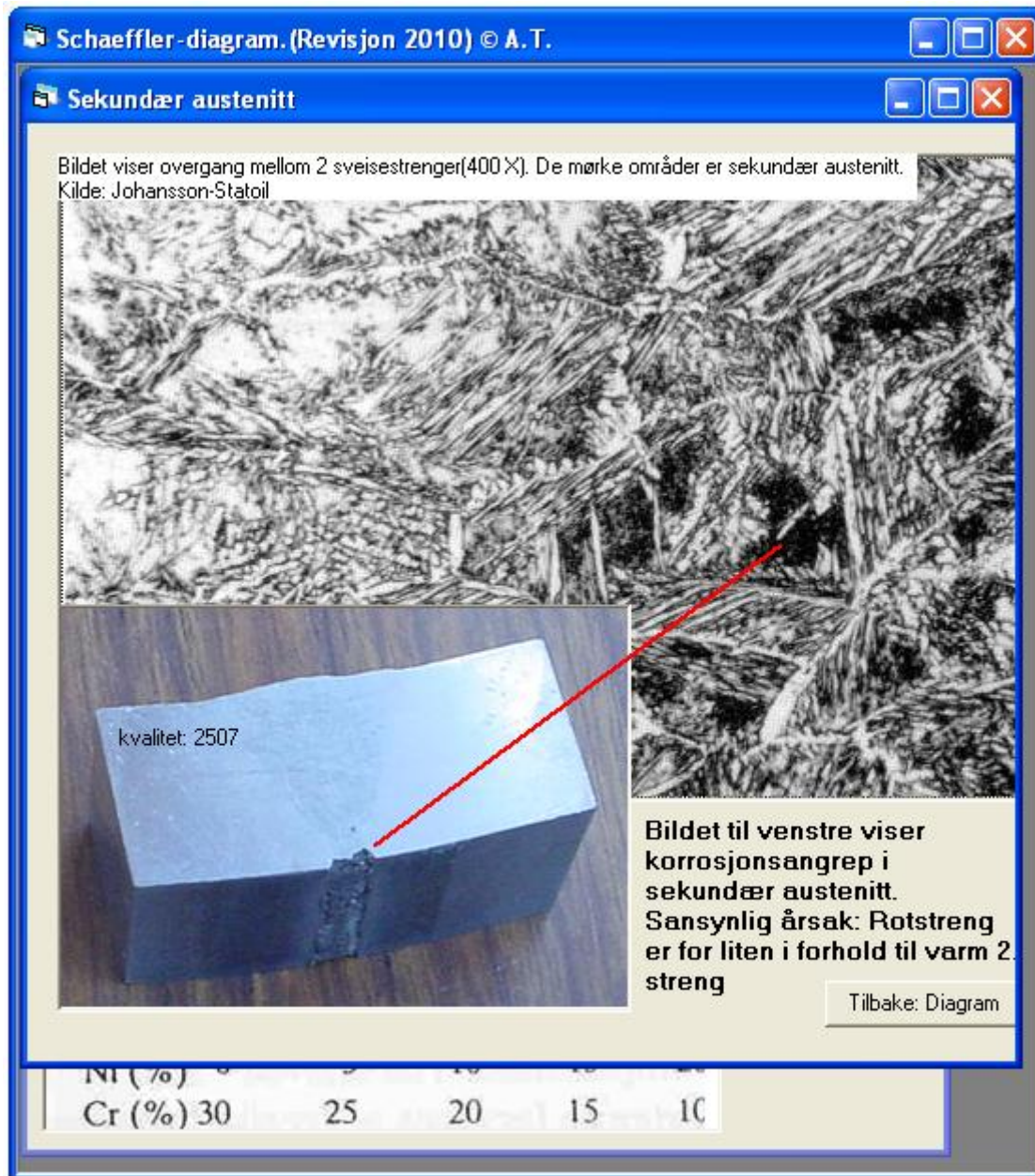
Fasediagrammet (Figur 12) blir slik ved sveising av stålet:



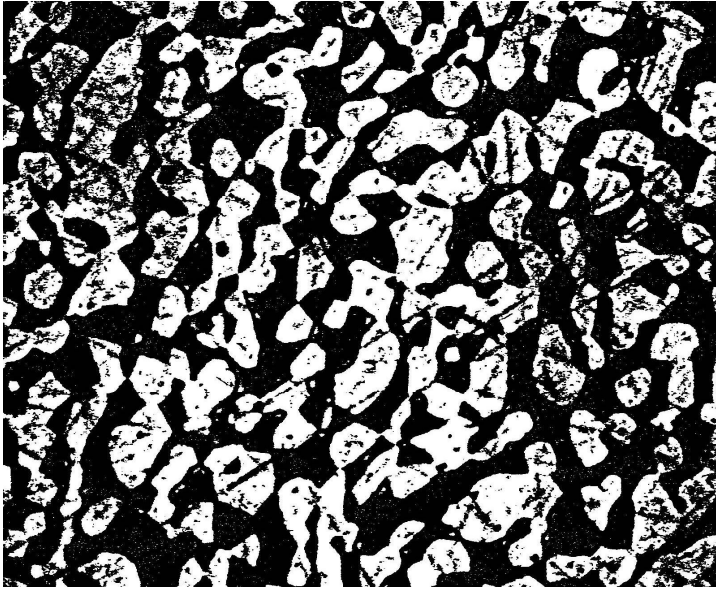
Figur 12 Henta frå Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012

Resultatet av for rask avkjøling er ustabil delta ferritt som lett kan gå over til sekundær austenitt (Figur 13). Denne typen struktur er det ikkje nokon måte å bearbeide og må difor fjernast. Døme på dette er at ein har sveisa rota av ei fuge, noko som vil gje ustabil delta ferritt. Viss då sveistråd nummer to kjem opp til 800 °C, så går delta ferritt over til sekundær austenitt. Denne strukturen er i praksis ubrukeleg då den har liten korrosjonsmotstand (særleg mot pitting). For å unngå dette blir rotstrengen i nokre høve brent vekk med kolstift frå baksida når fuga er fylt opp med sveis.

Deretter sveisast den på nytt utan at det tilførast for mykje varme. Fordelen når fuga er fylt opp med sveis er og at varmen fordelar seg betre i stået. (Tveit, Industriell materialteknologi I Kap. 10.4, 2010) og (Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012)

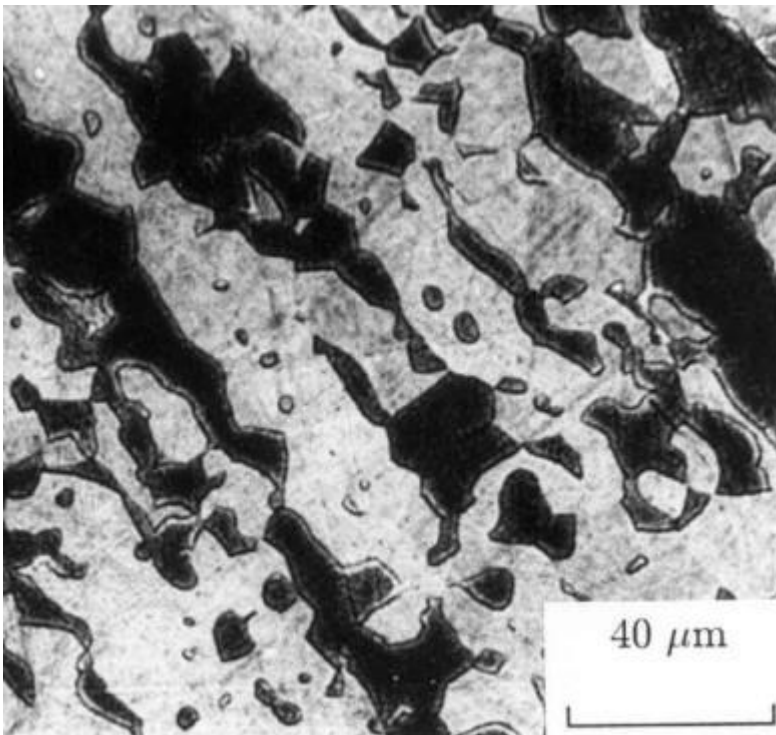


Figur 13 Henta frå Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012

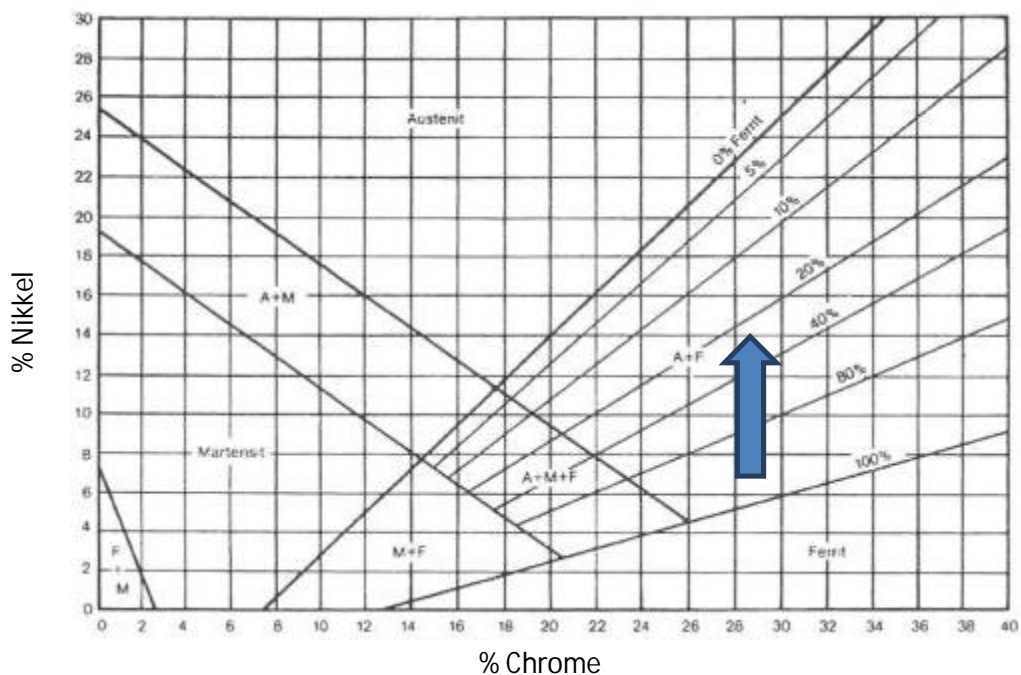


Figur 14 (Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012)

På disse to bileta (Figur 14 og Figur 15) vises det at feritt og austenitt korn ligg avskilt i stålet.



Figur 15 Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012



Figur 16 Schaeffler-diagram. Hentet frå Tveit, A. (2010). Industriell materialteknologi I. Kap. 10.8

Desse formlane er blitt utarbeida av SINTEF/SANDVIK for å finna Cr og Ni ekvivalentane i Duplex stål. Gruppa har satt inn legeringane som er oppgjeve i materialsertifikatet (vedlegg C) på Eldfisk 2/7S. Resten blir satt til 0.

Dette er ferittdannande legeringar.

$$Cr_{eq} = \%Cr + 2 * \%Si + 1,5 * \%Mo + 5 * \%V + 5,5 * \%Al + 1,75 * \%Nb + 1,5 * Ti + 0,75 * \%W$$

$$Cr_{eq} = 24,83 + 2 * 0,33 + 1,5 * 3,79$$

$$Cr_{eq} = 31,2$$

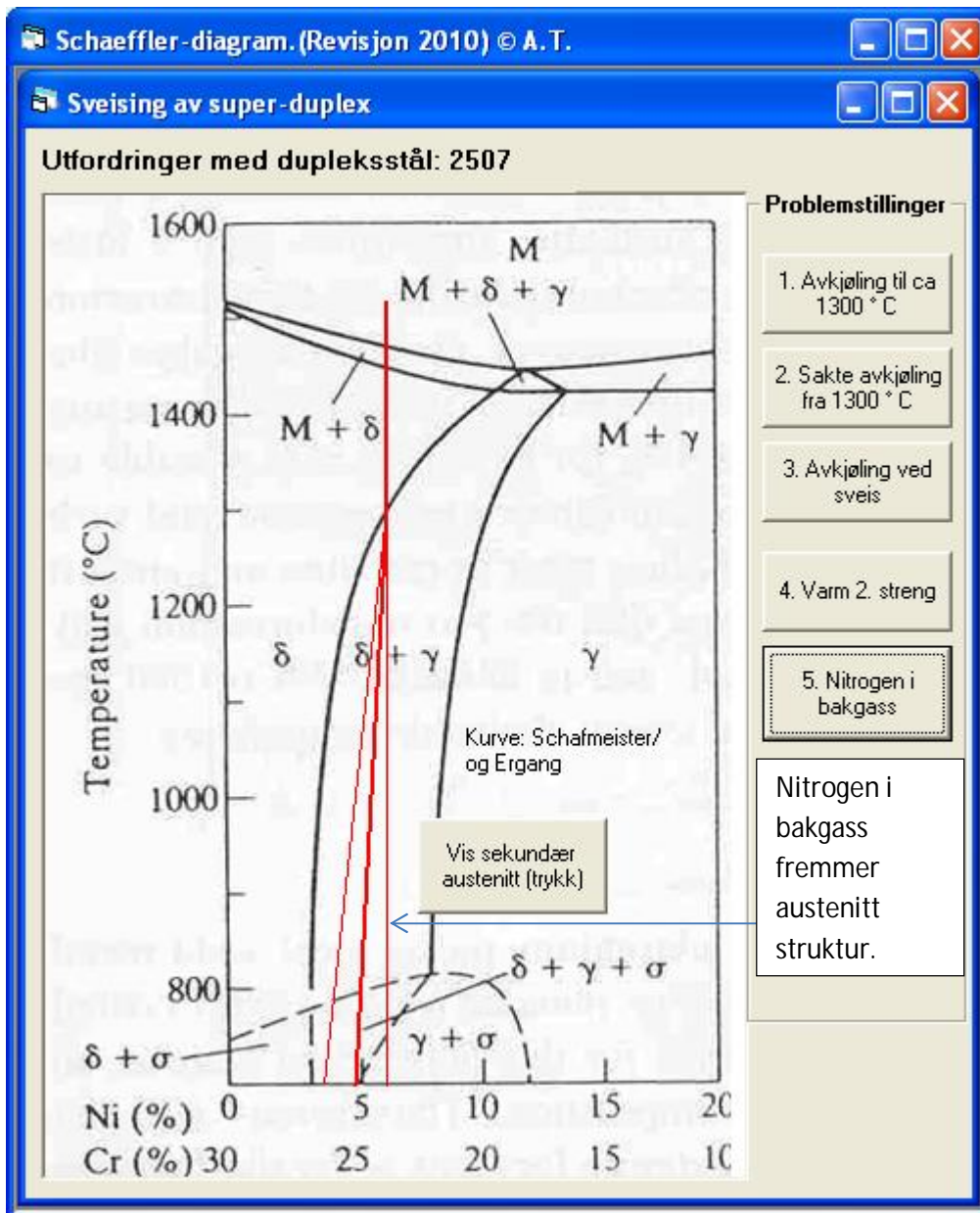
Dette er austenittdannande legeringar.

$$Ni_{eq} = \%Ni + \%Co + 30 * \%C + 25 * \%N + 0,5 * \%Mn + 0,3 * \%Cu$$

$$Ni_{eq} = 6,91 + 30 * 0,013 + 25 * 0,261 + 0,5 * 0,75 + 0,3 * 0,18$$

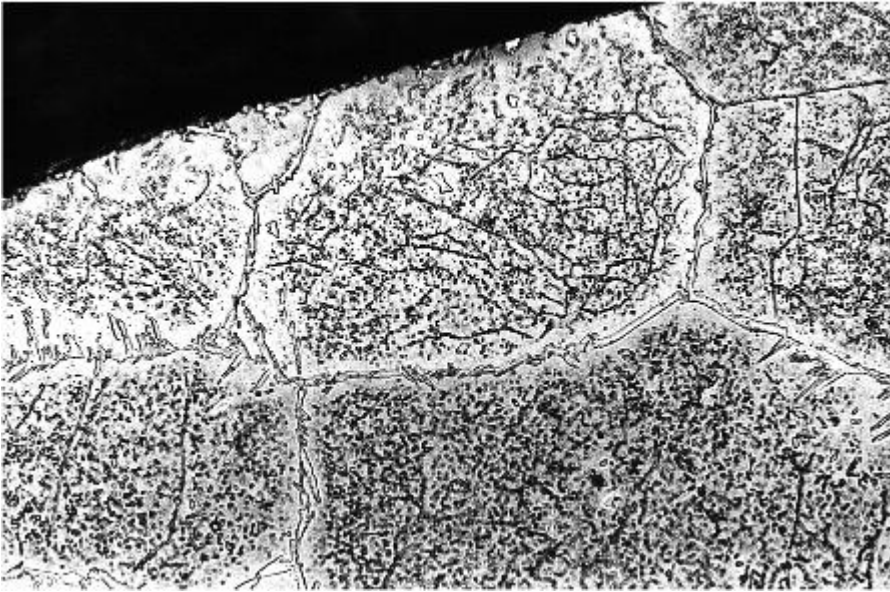
$$Ni_{eq} = 14,25$$

Når ein set desse ekvivalentane inn i Schaeffler – diagrammet (Figur 16), så visar dette diagrammet at feritt innhaldet i stålet vil bli ca. 40 % (Schaeffler diagrammet er noko grovt). Feritt målingar som produsenten har gjort visar at leveransen til Kværner Stord inneheld 47,1 % feritt. Ei legering som bør framhevast spesielt i denne samanhengen er N (nitrogen). Dette er ein god austenitt fremmar som er spesielt bra å ha iblanda bakgassen (2-3%) under sveising av for eksempel røyr. Dette kan då vera med på å forhindra sekunder austenitt under sveising. Det kan og nemnast at denne legeringa har positiv effekt ved produksjonen av duplexstålet. Som materialsertifikatet (Vedlegg C) visar, så er det 0,261 % N i leveransen til Kværner Stord.



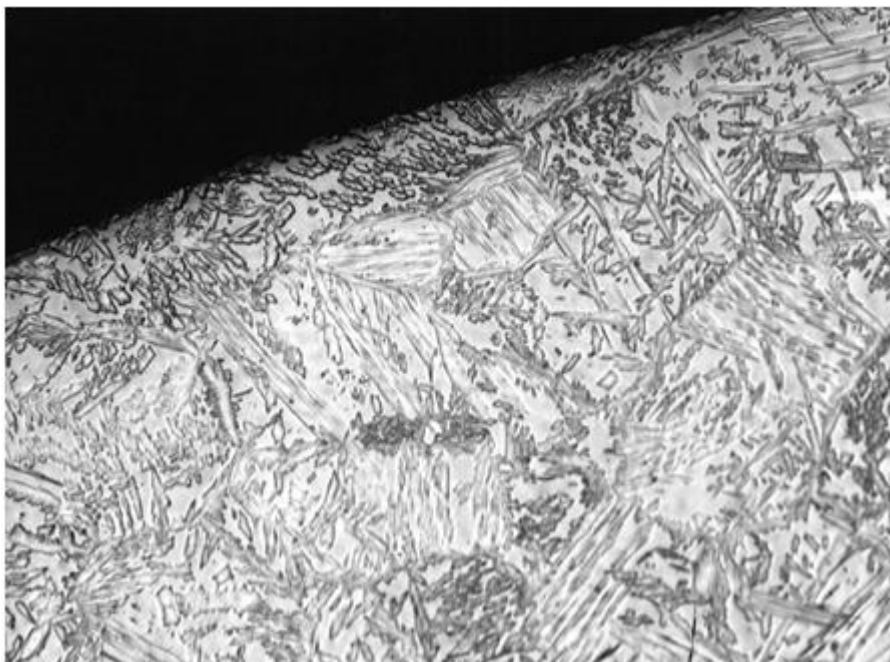
Figur 17 Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012

Fasediagrammet (Figur 17) viser den positive effekten N har i bakgassen ved sveising for å få meir austenitt struktur i stålet.



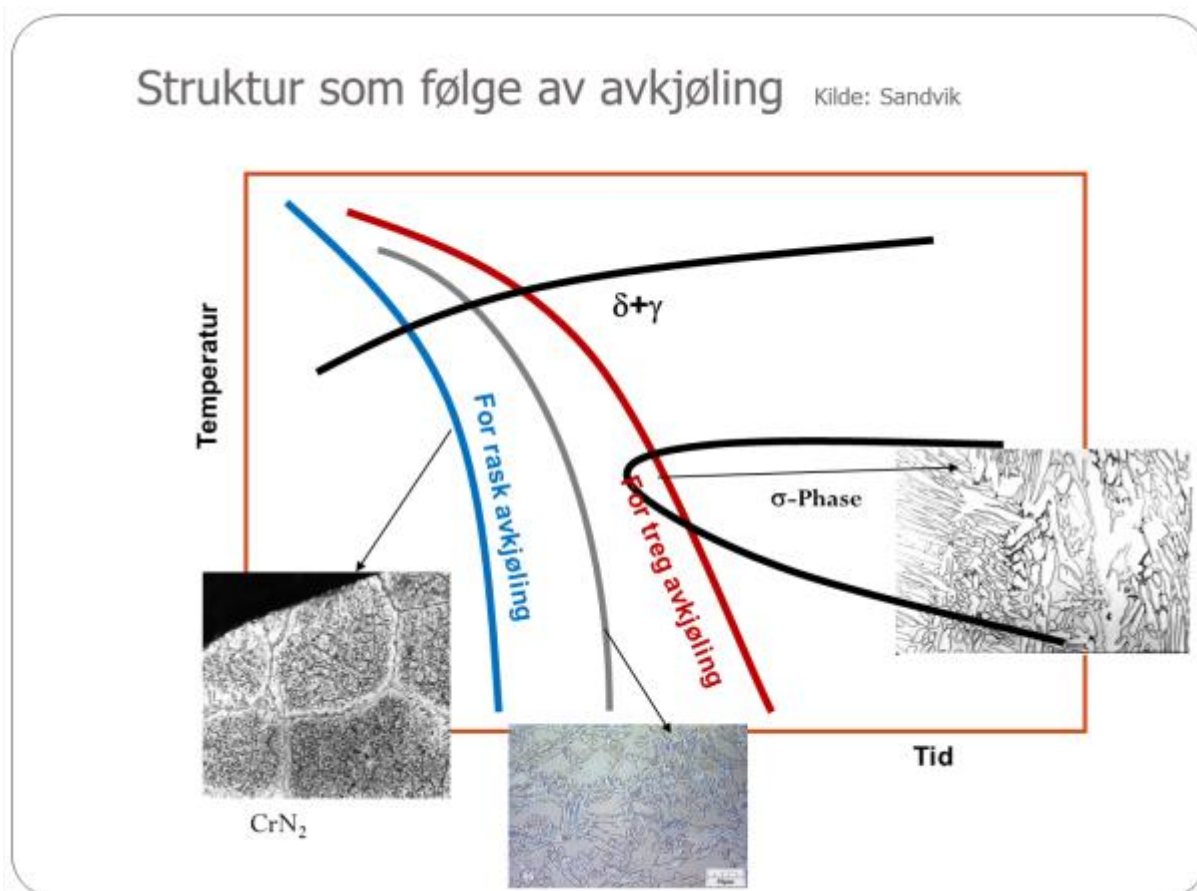
Figur 18 Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012

Sveis med 100 % Ar(argon). Som bildet (Figur 18) viser, så er det dominans av feritt struktur og nitrider (kjemiske forbindinger).



Figur 19 Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012

Sveis med Ar som er innblanda med 2-3% N_2 . Dette gir ein god balanse mellom feritt og austenitt struktur.



Figur 20 Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012

3.1 Problem ved stort innhald av legeringar

I Super Duplex er det mykje legeringar deriblant ein høg andel Cr. Dette gjev stor fare for kjemiske forbindingar ved feil varmebehandling.

Eksempel på dette ved sveising er (Figur 20):

For liten varmetilføring

Rask avkjøling gjev overmetting av N i ferritten og Cr bind seg til N. Dette gir CrN_2 som då resulterer i lavare pittingmotstand.

For høg varmetilføring

Avkjølinga går sakte og gjev Cr og Fe (jern) betre tid til å laga intermetalliske forbindingar (σ -fase). Resultatet blir då redusert seigheit og pitting motstand.

Sekundær austenitt

Denne blir utfelt rundt 800 °C og har eit lavt innhald av Cr, Mo (molybden) og N. Dette gjev lav pitting-index.

475 °C

I ferrittiske stål og Duplex stål er 475 °C ein viktig temperatur. Dette fordi to strukturar kan oppstå ved denne temperaturen:

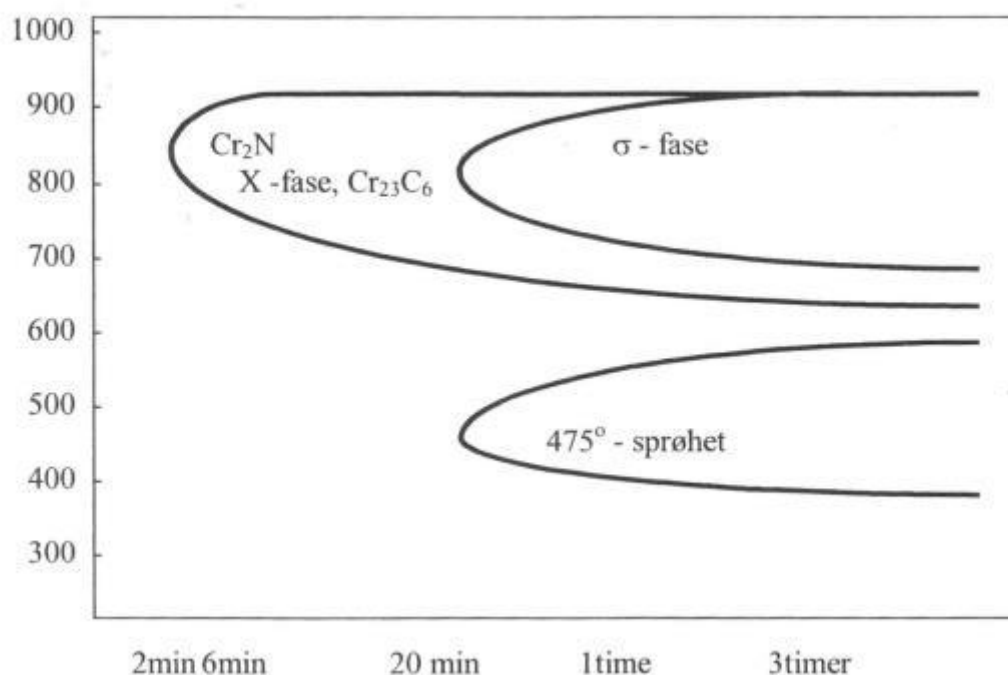
α - ferrittisk

α – rik på Fe

α' - prime rik på Cr

Tilsaman gjev dette sprøheit.

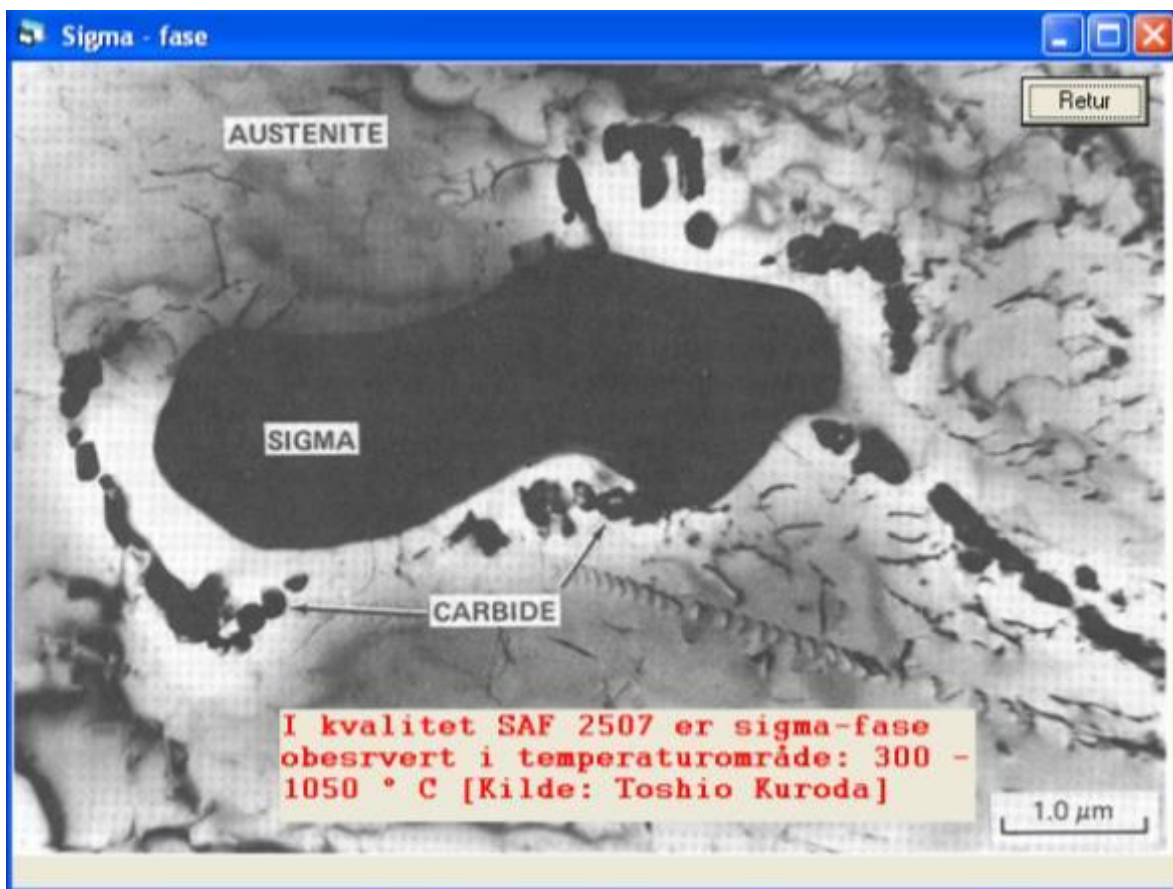
Temp



Figur 21 Hentet frå Tveit, A. (2010). Industriell materialteknologi I. Kappittel 10.4

Som TTT-diagrammet (Figur 21) visar for Duplex stål, blir kjemiske bindingar danna mellom 600 °C og 900 °C viss tida går over 2 min. Sigma fase blir danna mellom 700 °C og 900 °C frå over 20 min (for Super Duplex mellom 300 og 1050 grader, visar nyare forskning frå Japan). Viss temperaturen ligg mellom 575 °C og 375 °C i over 20 min vil 475 °C sprøheita inntreffa og materialet blir ubrukeleg.

Ein kan finna ut om delar av den ferrittiske strukturen har gått over til kjemiske bindingar ved å ta ei ferrittmåling. I utgangspunktet skal det vera mellom 40 % og 50 % ferritt i Super Duplex. Viss då målinga viser ein ferritt andel på under 30 %, så er sansynlegheita stor for at ein del av ferritten har gått over til kjemiske bindingar.



Figur 22 Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012

På bildet (Figur 22) visar sigma fase og kjemisk utfelling. Sigma fase består av Cr og Fe atom i ein intermetallisk binding som lagar små øyar i stålet. Rundt desse er stålet utarma for Cr og gjer at det kan korrodere rundt desse øyane. Duplex 2507 er eit av dei ståla som er mest utsett for sigma fase på grunn av sin høge andel av Cr.

For å eliminera dette problemet, så blir heile røret oppløysingsgløda til over 1100 °C. Dette gjer at atoma i atom gitteret går tilbake til sine rette plassar.

Varmeproblematikken med Duplex stål viser kor viktig det er å følgje prosedyrar for varmebehandling ved produksjon av røyr, og sveise prosedyrar ved bygging.

På (Figur 23) vises ein typisk sveise prosedyre for TIG (Tungsten inert gas) sveising i Super Duplex.

SVEISEPROSESS: 1: 141 2: 3:										
MATERIALTYPE(R): PLATE A: SUPERDUPLEX / PLATE B: SUPERDUPLEX										
DEKKER OGSÅ: /										
DEKNINGSOMRÅDE: A FRA 2,50 mm TIL 6,80 mm B FRA 2,50 mm TIL 6,80 mm										
FUGETYPER: V-FUGE STILLINGER: PA, PB PC, PD PE, PF H-L045										
FORVARM.MIN: °C HEFTSVEIS PROS.: P0073 TILSATSMAT.BEH.: P0073										
PROSEDYREN DEKKER OGSÅ KILSVEIS										
FUGEOMRÅDET SKAL VÆRE RENT OG TØRT, OM NØDVENDIG TØRKES MED VARMEBEND. BÅDE TIGTRÅD OG FUGEOMRÅDET SKAL AVFETTES RETT FØR START SVEISING.										
MISFARGING / OKSIDASJON I SVEISESONE: LYS BRUN OG BRUN FARGE ER AKSEPTABEL. SMAL STRIPE MED MØRK BRUN FARGE, SAMT STEDVIS BLÅ FARGE ER AKSEPTABEL. REGLENE GJELDER BÅDE INNVENDIG OG UTVENDIG.										
EKSEMPEL PÅ LAGOPPBYGGING.										
RØRDIAMETER: > 15 mm										
TOLERANSER:										
Rotåpning: 2 – 4 mm										
Rotkantmål: 0 – 0,5 mm										
Fugevinkel: 45 – 70 grader										
A-mål: 3.0 – 5.0 mm. (Min. 2 strenger)										
Maks. strengbredde 12 mm										
SVEISEUTF.: ENSIDIG/TOSIDIG FORVARM.MET.: MELLOMLAGTEMP.MAKS: 150 °C										
STR. NR.:	ELEKTRODETYPE	DIAM. [mm]	PULVER / DEKKGASS [l/min]	AC DC- DC+	STRØM [A]	SPENNING [V]	STREKKLENGDE [cm]	SVEISEHASTIGHET [mm/min]	VARMETILFØRSEL [kJ/mm]	UTSTIKK [mm]
1	OK Tigrod 2509	1,60	14-18	DC-	60 – 75	9-10		30 – 60	0,7 – 1,3	
*	OK Tigrod 2509	2,00	14-18	DC-	60 – 80	9-11		35 – 65	0,7 – 1,3	
*	OK Tigrod 2509	2,40	14-18	DC-	65 – 85	10-11		40 – 70	0,7 – 1,3	
2-n	OK Tigrod 2509	1,60	14-18	DC-	75 – 95	10-11		45 – 85	0,6 – 1,2	
*	OK Tigrod 2509	2,00	14-18	DC-	80 – 100	10-11		50 – 90	0,6 – 1,2	
*	OK Tigrod 2509	2,40	14-18	DC-	85 – 105	10-12		55 – 100	0,6 – 1,2	
					-	-		-	-	
					-	-		-	-	
					-	-		-	-	
					-	-		-	-	
DEKKGASS: MISON Ar / MISON He30										
BAKGASS: MISON Ar / Nitrogen l/min: 10-30										

Figur 23 Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012

Viktig punkt i sveisesertifikatet er:

1. Nummeret på sveismetoden. 141 er TIG.
2. At begge røyr er av Super Duplex kvalitet.
3. Begge røyr har veggtykkleik på 2,5 mm til 6,8 mm
4. Kva type fuge, sertifikatet visar V-fuge som er den vanlegaste til røyr sveis.
5. Forvarmings temperatur (her er det ingen forvarming), prosedyre for punktveising og tilsatsmaterial behandling (korleis oppbevara sveistråden tørt for å unngå H₂O (vatn), og dermed hindra hydrogen sprekker i sveisen).

6. Prosedyren gjeld for røyr med ytterdiameter over 15 mm.
7. Visar toleransegrensar for korleis fuga skal sjå ut.
8. Kvar sveisestreng kan maks. vera 12 mm brei.
9. Prosedyren gjeld både for ein-sidig og to-sidig sveis. Her er det ikkje spesifisert forvarmings metode. Mellomlagtemperaturen skal maks vera 150 °C. Som betyr at ein må venta mellom kvar sveisestreng til temperaturen er låg nok.
10. Viser elektrodetype, dekk-gass, sveise hastegheiten til sveisaren og innstillingar på sveiseapparatet. For å halda nede varmetilførselen til materialet.
11. Dekkgass (Argon/Helium er edelgass) brukas for å fortrenge lufta under sveising, Argon er ofte brukt, men ein kan også bruke Helium 30 til dette.
12. Bakgass brukas for å fortrenge lufta, blir blåst inn i røyret mellom to skumgummi puter. Argon med 2-3 % Nitrogen er mykje brukt.

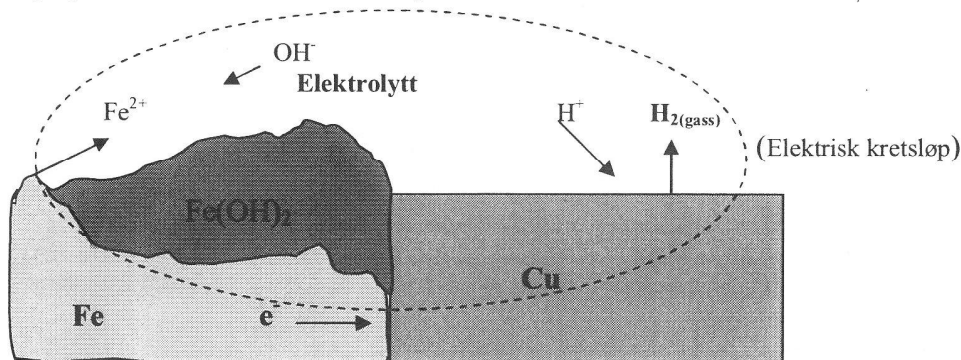
3.2 Korrosjon

På dei forskjellige installasjonane i Nordsjøen blir det brukt like mykje pengar til vedlikehald som det går til nybygging av anlegg og produksjonsutstyr. 20-25 % kunne vært unngått dersom all tilgjengeleg kunnskap om korrosjon hadde vært brukt under nybygging. (Tveit, Industriell materialteknologi II, Kap. 1.1, 2010, s. 1)

3.3 Edelheit

Når ein skal sjå på edelheit i metall, så kjem elektro-kjemi inn i biletet. Metall ionar er positivt lada mens elektronskya er negativt lada. Det er elektrona som blir transportert vekk og det gjer at korrosjonsprosessen er i gang. For at elektrona skal forflytta seg må det vera eit spenningsfall. Dette kan skje ved at forskjellige metall har forskjellige elektronpotensial i elektronskya. Dei metalla som lett slepp elektrona sine kallar me dei uedle metalla (rustar fortare, anode). Metall som held godt på elektrona sine kallar edle metall (rustar lite eller ikkje, katode).

Illustrasjonen nedenfor viser hva som skjer dersom vi setter Fe i kontakt med et edlere metall i en elektrolytt (ledende medium: eks. vann):



Figur 24 Tveit A., Industriell materialteknologi II, 2010 kap. 1.2

Ferskvatn og sjøvatn er det me kallar elektrolytt, i dette tilfellet vil jernet få eit overskot av positive ionar som blir oppløyst i elektrolytten (anodereaksjon). Fe ionane blir oppløyst i elektrolytten og knyttar seg til dei negative OH⁻-ionar i til dømes sjøvatn. Dette dannar då

$Fe(OH)_2$ (Jernhydroksyd) som er rust. Koparen får eit overskot av elektron som blir fanga opp av positive H^+ ionar i vatnet og dette dannar H^2 -gass. Spenningsforhaldet vil variera etter kva elektrolytt (væske) metallet er i.

Spendinga (volt) mellom Cu (Kopar) og Fe i ferskvatten kan reknast på denne måten:

$$^2 0,337 - (-0,44) = 0,777 \text{ volt}$$

Dette viser at elektrona strøymer frå jerngitteret til kopargitteret. Altså at jernet blir anode og rustar mens koparen er katode og rustar ikkje.

Eit lite huske rim for denne prosessen er:

Når eit metallatom går over til ion, har du korrosjon.

(Tveit, Industriell materialteknologi II, Kap. 1.2, 2010, s. 4)

3.4 Arealforhold/spenningsforskjellar

Viss arealet på anoden er lite og katoden er stor, så vil straum tettleiken i anoden bli stor. Dette gjer at elektrona går over til katoden i eit mykje større tempo og korrosjons prosessen vil gå raskare. Formel for straum tettleik på anode er:

$$\text{Straum tettleik på anode } (i_a) = \frac{\text{Areal av katode} * i_k}{\text{Areal av anode}} \text{ gjev Amp/cm}^2$$

Formel for korrosjonshastigheit i stål:

$$X = 1,15 * 10^3 * i_a \text{ gjev cm/år}$$

Frå desse formlane kan me fastslå at viss anoden er liten og katoden er stor, så vil ein få kraftig lokalkorrosjon. Eit klassisk eksempel på dette er at ein slipar med vinkelslipar i karbonstål rett mot rustbestandige stål, aluminium eller titan utan å dekkja til det ein slipar imot.

(Tveit, Industriell materialteknologi II, Kap. 1.2.1, 2010)

3.5 Korrosjons eigenskapar i Super Duplex stål

Dette stålet visar svært gode korrosjons eigenskapar mot bl.a. grop tering-, spennings-, spalte- og erosjons korrosjon ved høge strøymingshastigheitar.

Super Duplex har ein PRE verdi (pitting resistance equivalent) på over 40. PRE verdien er ein måleeeinheit som angir motstands dyktigheiten mot grop korrosjon. For å finna PRE verdien brukar ein denne formelen:

$$PRE_n = \%Cr + 3,3 * \%Mo + 16 * \%N$$

Årsaken til at det er viktig med høg PRE verdi er at eksportsystemet står vær utsatt til og får både sjøvattn og ferskvattn på seg (elektrolytten).

² Henta frå tabell 1 i kapittel 1 side 3 i Industriell materialteknologi II kompendium

Kvart enkelt røyr i eksport systemet har sin PRE verdi, men den skal vera over 40. Materialsertifikatet (vedlegg C) viser den kjemiske sammansettjinga for eit av 10 toms røyra i systemet. Dette brukar me til å setja inn i formelen og får eksakt PRE verdi for dette røyret.

$$PREn = 24,83 + 3,3 * 3,79 + 16 * 0,261$$

$$PREn = 41,513$$



Figur 25 Tveit, Duplexstål-utfordringer NS415, 2012

Biletet (Figur 25) visar ein σ -fase som det har korrodert rundt og sjølve fasen har falt ut. Årsaken er for mykje varme over for lang tid i HAZ (heat-affected zone) under sveising.

3.6 Konklusjon.

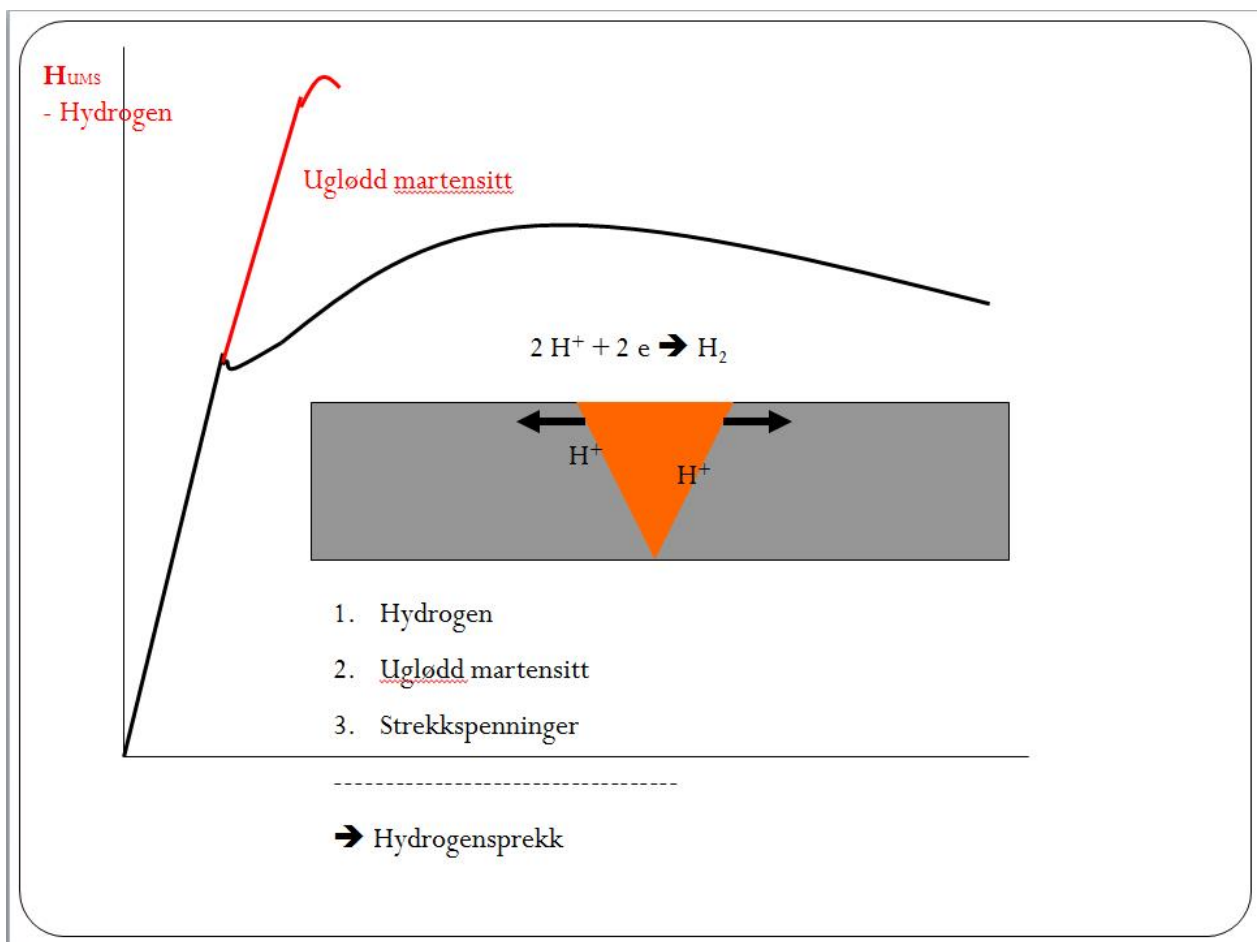
Etter det gruppa kan sjå er Super Duplex det beste valet i eksportsystemet på Eldfisk 2/7S. Då denne material typen har dei eigenskapane som det miljøet som røyra skal vera i krev. Varmebehandlinga av røyra er svært sentral når det gjeld Super Duplex. Det er viktig å følgja alle prosedyrar for å unngå problem seinare, spesielt med tanke på korrosjon.

4 H_2S i Super Duplex stål

Gruppa skal ta for seg og forklara H_2S (hydrogen sulfide) i Super Duplex, dette er noko som kan føre til innvendig korrosjon i røyra med tida. Dette systemet skal liggja lenge å ta opp olje frå Eldfisk reservoaret, så dette er eit reelt problem med tida. I eksisterande brønningar og installasjonar på Eldfisk er dette eit problem.

4.1 Kva er H_2S ?

H_2S er ein fargelaus og svært giftig gass som er livsfarleg for mennesker og dyr. Gassen luktar sterkt av råtne egg, men i høge konsentrasjonar forsvinn lukta. Den skapar problem i olje industrien med injekserte hydrogen sprekkar. Spenningane ved sveisesona i røyra lagar mikro sprekkar som hydrogenet i denne gassen trenger inn i. Dette fører til at røyra korroderer og sprekk. Når stillestående væsker vert forstyrtra, eller væsker med lav pH-verdi vert blanda inn i ei væske med høg PH-verdi som inneheld H_2S , kan det forårsake plutselig frigjering av H_2S i tankane/røyra.



Figur 26 Tveit A., Sour service NS415, 2012

Hydrogen sprekk:

Som vist på figur 26 så trengs det Hydrogen, Uglødd martensitt og strekkspenningar for å få ein Hydrogen sprekk. Dette skjer med att Hydrogen atom trengjer ned i mikro sprekkar rundt sveise området og dannar Hydrogen molekyl. Dette vil gi ein stor lokal sprengning. Uglødd martensitt og strekkspenningar i HAZ kjem av som følgje av sveising. Den Uglødde martensitten har ikkje seighet slik att flytegrense og bruddgrense er nesten lik. Dette resulterer i att materialet sprekkar lett ved att hydrogen molekyla lagar det ekstra trykket som skal til for å skapa eit brudd.

Tveit A., Sour Service NS415, 2012

4.2 Førekomst av H_2S

- Ved boring/produksjon i formasjonar som inneheld H_2S .
- I modne felt vil injeksjon av sjøvatn kunne forureina reservoaret og auka førekomsten av H_2S .
- Ved samanblanding av borevæsker (vatn baserte polymervæsker og sjøvatn).
- Ved opning/gjenbruk eller plugging (stillestående over lang tid).
- I overflate tankar og – anlegg (stillestående over lang tid).

www.logistikkportalen.no/bibliotek/document_81

4.3 Spenningskorrosjon SSCC (H_2S):

I såkalla «sur» olje /gass har vi ofte H_2S (NB! Gassen reknast som sur når mengda $H_2S > 0,3\%$). For gassen og kondensat er forholda sure når partialtrykket overskrider 0,05 psi (tilsvarande 340 Pa). H_2S - innhaldet i oljebrønner aukar vanlegvis med produksjonstida. Vatn injisering i brønner kan også auka H_2S innhaldet, dette skuldast bakteriar som reduserar sulfat til sulfid. Det er ei klar utvikling i Nordsjømiljøet at H_2S korrosjon er aukande.

H_2S vert løyst i vatn og gjev svake syrer:



Ved høgare pH dissosierer $HS^- \rightarrow H^+ + S^{2-}$

Ein effektiv katodereaksjon underhaldt av H_2S : $2H^+ + 2e \rightarrow H_2$

I følgje NACE-krava gjeld følgjande begrensningar på material som skal nyttast i surt miljø.

Duplex Stål: Maks hardheit på 28 HRC. Laboratorie testar har vist at sulfid spenningskorrosjon kan inntreffa i området 1000-10000 Pa. Men den vil vere temperaturavhengig og er sannsynligvis mest kritisk rundt 80 °C.

Spenningskorrosjon: Austenittisk rustfritt stål er i likheit med mange andre metalliske materialar med kubisk flatsentrert gitterstruktur følsamt for spenningskorrosjon. Spenningskorrosjon skyldast ein kombinasjon av strekkspenningar og korrosivt miljø. Austenittiske rustfrie stål er spesielt utsette i klorhaldige miljø over 70 °C. Sterkt alkaliske løysningar (f.eks. NaOH og KOH) kan også forårsake spenningskorrosjon.

Viktige parameter for sulfidindusert spenningskorrosjon (SSCC):

- Materialkvalitet
- Sveisutføring
- Spenningsnivå
- Temperatur
- [Cl⁻]
- Partialtrykk av H₂S
- pH

(Tveit, Industriell materialteknologi II, Kap. 1, 2010, ss. 62-63)

4.4 Kva skjer med røyra når H₂S angrip?

Hydrogen sprekkar er vanleg i sveisesonene i Super Duplex stål. Svovelen gjer at ein får lågare PH som skapar surt miljø, dette gjer at H₂S legg seg i sprekkene og korroderer. Strekk spenningar oppstår rundt sveisane når det blir varmt og stålet strekk seg i den varme sona.

4.5 «Sour service» (surt miljø)

For å bli kvitt desse strekkspenningane brukast det ein metode som heiter peening, dette er ein kald arbeidsprosess som går ut på å slå ut spenningane frå materialet med ein hammar. Dette for att spenningane skal bli banka ut av stålet og det blir ei jamn og slett overflate rundt sveisane, slik at ikkje H₂S gassen skal leggja seg å korrodere i strekkspenningane i stålet. (The metal casting, 2012)

4.6 Konklusjon

Det er viktig att strekk spenningar og hydrogen sprekkar i røyra blir slått ut av materialet slik att det ikkje kan leggja seg hydrogengass i sprekkane. Dette medfører att materialet ikkje korroderar ved sveise sonene med tida. Det er viktig å beskytta levande vesen mot H₂S gass dersom ein opnar systemet, til dømes ved Piggen, sidan den kan vera dødeleg.

5 Optimal rørføring

Materialsertifikatet (Vedlegg B) viser at det skal vera 355,6 mm (14") røyr med veggjukkaleik 9,53 mm mellom separator trinn 3 og produksjonspumper og har ein material kvalitet: ASTM A928, Grade 32750.

For å modellera eksportsystemet har Kværner Stord brukt PDMS (Plant Design Management System) som er viktig i denne samanhengen. Dette fordi her kan ein oppdage problem før røyra blir laga og dermed unngå at ein finn feila ved montering.

Døme på dette er:

- Røyrret kolliderar med anna struktur som er rundt røyrinja.
- Finna rett byggje- og test metode og rekkjefølje.
- Om det er grunnlag for å bruka kaldbøying i staden for bend. I dette systemet er det brukt bend pga. at prosjektet (ConocoPhillips) ikkje kan godta prosedyrane for kaldbøying. Denne bøyemetoden gjev til dømes større radius i kvar bøy slik at det må designes betre plass, det vil også auka vekta.

Gruppa har sett på moglegheita for å bruka induksjonsbøying på 14" røyr i Super Duplex kvalitet, for å senka kostnadane ved bygging av systemet.

NIRAS (Norsk induksjonsrørbøying A/S) i Bø i Telemark har utvikla induksjonsmetode for bøying av røyr, som bevarar styrkje og radius på røyra. Dette gjev innsparingar ved at ein slepp to sveisar på kvart bend og tilhøyrande dokumentasjon. Dette går ikkje med 14" med ein veggjukkaleik på 9,53 mm då kravet er minimum 13 mm som tabellen (Figur 27) viser.

- Korleis er det å løfta inn røyra og montera dei (tilkomst for sveising).
- Korleis er tilkomsten for å setta inn puter i røyrret for å fylla det med bakgass.
- Er det konflikstar med anna utstyr som og skal monterast.

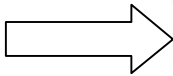
Norsk Induksjonsrørbøying AS

Norwegian Induction Pipe Bending

Phone: +47 35 06 13 10 Fax: +47 35 06 13 11

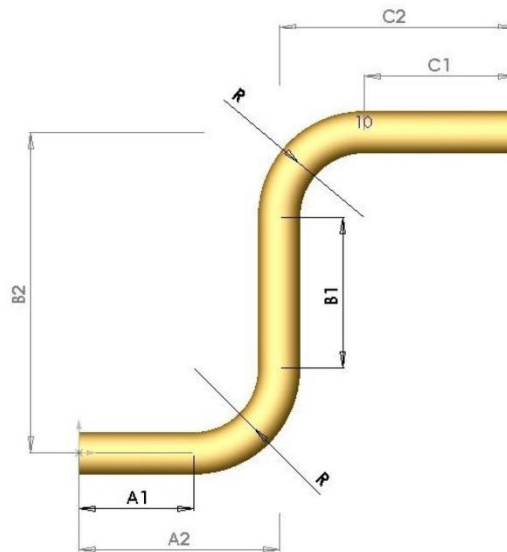
www.niras.no

DESIGN CRITERIA for Induction bending										
Pipe		Radius		Wall	A1	A2	B1	B2	C1	C2
OD nominell	OD mm	x OD	mm	WT mm	Front Clamp mm	mm	mm	mm	mm	mm
½"	21,3	3	65	> 2	140	205	150	280	600	665
¾"	26,7	2,4	65	> 2	140	205	150	280	600	665
1"	33,4	2	67	> 2,5	140	205	150	284	600	667
1 1/4"	42,4	2	85	> 3	140	225	150	320	600	685
1 ½"	48,3	2	96	> 3	140	236	150	342	600	696
2"	60,3	2	121	> 3,5	140	261	150	392	600	721
3"	88,9	2	178	> 5	260	438	300	656	600	778
4"	114,3	2	229	> 6	260	489	300	758	600	829
5"	141,3	2	282	7 to 22	260	542	300	864	600	882
5"	141,3	2	282	> 22	460	742	460	1024	1150	1432
6"	168,3	2	337	8 to 15	260	597	300	974	600	937
6"	168,3	2	337	> 15	460	797	460	1134	1150	1487
8"	219,1	2	438	11 to 80	460	900	460	1340	1150	1590
8"	219,1	3	657	11to100	460	1120	460	1770	1150	1810
10"	273,1	2,5	680	15 to 75	460	1140	460	1820	1150	1830
10"	273,1	3	819	11to100	460	1280	460	2100	1150	1970
12"	323,8	2,5	810	11 to 70	460	1270	460	2080	1150	1960
12"	323,8	3	970	11to100	460	1430	460	2400	1150	2120
14"	355,6	2,5	890	17to60	460	1350	460	2240	1150	2040
14"	355,6	3	1067	13to100	460	1527	460	2594	1150	2220
16"	406,4	3	1219	15 to 39	460	1679	460	2898	1150	2370
16"	406,4	3	1219	40to100	460	1680	460	2900	1150	2370
18"	457,2	3	1372	15to50	460	1830	460	3200	1150	2520
18"	457,2	5	2286	50to70	460	2750	460	5030	1150	3440



Values in grey areas are meant for pipes with extra thick wall.

When necessary, we will attach (weld) extra pipe length needed for the bending operation.



Figur 27 Henta frå www.niras.no

Termisk ekspansjon er viktig å ta høgde for i eit slikt system då det skal kunna takla temperaturar opptil 100 °C. Ved ein slik temperatur vil røyret bli lengre i lengde retninga og dette kan setja stort press på bend, flensar, ventilar, pumper og anna utstyr. Særleg viss ein lagar lange rette linjer av røyr mellom utstyr.

Reglar for røyrføring:

- Det må vera nok avstand mellom røyra til at dei kan bearbeidast og sveisast.
- Det er utarbeida standardar for avstand mellom røyra, etter diameteren på røyra.
- Det må vera tilstrekkeleg avstand til eksisterande struktur.
- Gjennomføringa i konstruksjonen må vera etter standar.
- Ved samansetjing av to rette røyr skal det ikkje avvike med meir enn 2-3 grader frå å vera heilt beint.

Gruppa ser at designet på røyra mellom separator og pumper har sløyfer, for og blant anna avlasta å gje større fleksibilitet i dette systemet, for å unngå stress når røyra blir varme eller kalde. Tilkomst til flensar, ventilar, måleinstrumentar, inspeksjonsluker osb. er og viktig i denne samanhengen. Ein må ha plass til alt utstyret som skal på røyret. Ein må ta hensyn til kvar røyrstøttene kan festast, og kvar på konstruksjonen ein kan ha gjennomføringar.

5.1 Konklusjon

Å bruka eit 3D verktøy for modelering er sentralt for å unngå problem. Termisk ekspansjon må tas særleg hensyn til i oppbyggjinga av systemet. Kaldbøying kan redusera kostnadane ein del, når dette er mogeleg å gjennomføra.

6 Vedlikehold

Gruppen har ikkje hatt tilgang til vedlikehaldsmanual på pumpene. Me har fått liknande manual frå Gjøa prosjektet.

Systemet må med jamne mellomrom vedlikehaldast for å sikra mot driftstans og tap av inntekter. Det er viktig å ta hensyn til HMS (Helse, Miljø og Sikkerheit) som og er sterkt framheva i vedlikehaldsmanualen. Det er to pumper for å gjera det enklare å vedlikehalda. Kun ei av pumpene er i drift om gangen. Ein kan stengja ventilen før pumpe og vedlikehalda den eine pumpe sjølv om den andre er i drift.

Mengdemålaren må med jamne intervall kalibrerast, for å gje korrekt tilbakemelding til kontrollrommet.

Nødavstengings ventilane etter separatoren treng jamnleg ettersyn og testing då ein må vera sikker på at den stenger ved for høgt trykk.

Ventilane før pumpene må overhalast i følgje vedlikehaldsmanual, for å sikra at dei opnar og stenger slik dei skal.

Det finnes ein vedlikehaldsmanual til pumpene og alle dei andre komponentane med nøyaktige beskrivingar om alt som må gjerast og følgjast med på som førebyggjande vedlikehald og reperasjonar. Dette er blant andre prosessoperatørane sitt ansvar. Dei største problema er ureinheit og korrosjon

Dersom ein komponent må på verkstad for overhaling vert denne bytta ut med ein reserve. Det opereras med reserve komponentar til det meste om bord. Mykje er lagra på land og må bestillast ut med forsynings skip eller helikopter.

Ein må også følja med på erosjons korrosjon i røyr og bend (måle veggtykkleik).

Dette er eksempel på vedlikehaldsoversikta på ei pumpe på Gjøa (Figur 28, Figur 29, Figur 30):

1.1.1 MAINTENANCE FREQUENCY SCHEDULE

Routine inspections and maintenance tasks should initially be carried out at the intervals stated on the Maintenance Schedule, but these intervals may be amended following operational experience of the pumps.

	Daily	Weekly	3 Monthly	6 Monthly	Yearly	2 Yearly	Remarks
Check joints for leaks	●						Extend to weekly if proved satisfactory during running in
Check for undue noise or vibration	●						
Check mechanical seal for excessive leakage	●						
Check motor bearing temperatures	●						
Check motor current	●						
Check suction pressure	●						
Check pump discharge pressure	●						
Check pump casing temperature	●						
Check motor cooler air temperature	●						

Figur 28 Henta frå vedlikehaldsmanualen til eksportpumper på Gjøa

	Daily	Weekly	3 Monthly	6 Monthly	Yearly	2 Yearly	Remarks
Check Mechanical Seal System Temperatures	●						
Check pump bearing temperatures	●						
Check lube oil reservoir temperature	●						
Check lube oil supply pressure	●						
Check lube oil reservoir level	●						Investigate any significant oil level change and rectify as required.
Check lube oil cooler outlet temperature	●						
Check fluid drive coupling working cooler outlet temperature	●						
Check lube oil for contamination		●					Check sample for water content. (300 ppm maximum) After initial running in period change to 6 months or 4000 hours
Check lube oil outlet temperature from pump / motor / fluid drive coupling bearings	●						
Check lube oil flow from pump / motor / fluid drive coupling bearings	●						
Check lube oil filter differential pressure	●						
Check security of coupling guard			●				
Change motor bearings							After 100000 running hours or as is necessary.

Figur 29 Henta frå vedlikehaldsmanualen til eksportpumper på Gjøa

	Daily	Weekly	3 Monthly	6 Monthly	Yearly	2 Yearly	Remarks
Check insulation resistance test on motor stator windings.				●			
Check coupling alignment				●			
Check coupling for wear				●			
Check holding down bolts				●			Check at end of running in period, then as shown
Examine mechanical seals and seal barrier system						●	Alternately as required
Examine pump bearings						●	Alternately as required
Check main drive motor bearing insulation resistance					●		
Check security and condition of motor earth connections					●		
Check the torque of motor insulated bearing fasteners					●		
Examine motor bearings						●	Alternately as required
Fluid drive coupling noise & vibration survey					●		After commissioning then every 8000 hours or 1 year
Fluid drive coupling visual inspection					●		After commissioning then every 8000 hours or 1 year
Fluid drive coupling auxiliary lube oil pump motor					●		Carry out checks and maintain as required
Overhaul	This is determined by a decrease in pump performance to an unacceptable level or excessive noise and / or vibration. Interval between overhauls should not exceed three years.						

Figur 30 Henta frå vedlikehaldsmanualen til eksportpumper på Gjøa

6.1 Konklusjon

Det finnes ein vedlikehalds manual til alt utstyr om bord som må følgjast til punkt og prikke, for å førebyggje driftsstans.

7 Røyr støtter (Pipe Support)

Ein røyr støtte er ein konstruksjon som er laga for å støtta eit eller fleire røyr. Røyr støtter skal holde røyret i posisjon og styre røyrets bevegelser slik at spenningar og systemlastar held seg på et akseptabelt nivå under normal drift. Denne konstruksjonen kan til dømes bestå av stålbjelkar, standard røyr støtter av ulike typar, fjører og komponentar som sveisast direkte til røyret. Røyra skal beskyttast mot ytre påverknadar, til dømes vind, snø/is og bøljelaster.

7.1 Kritiske og ukritiske røyr

Linjelist (linelist) inneheld viktig informasjon om røyra: Medium, design/operasjons trykk, design/operasjons temperatur, test medium og om røyret er kritisk eller ikkje, kva P&ID ein vil finne røyret på, samt kva tilknytningar det har til andre røyr og utstyr.

P&ID (piping & instrumentation diagram) er skjematisk oversikts teikningar som fortel kva einheitlar som er med på røyret til dømes: ventilar, instrument, isolasjon, pumper, tankar og andre komponentar.

Røyr kan bli definerte som kritiske på grunnlag av høg drifts temperatur, høgt trykk eller medium som hydrokarbonar, brannvatn etc. Dette kan medføra at røyret ekspanderar og vibrerar. Røyr som blir definert som kritiske vil ein køyra spennings analyse på, og då vil det bli laga ein stress ISO (isometrisk røyrteikning). Denne vil fortelje kvar ein skal ha røyr støtter og kva funksjon dei skal ha, samt kreftene og røyr bevegelane som opptre i desse punkta.

7.2 Styrke berekning

Ved styrke berekning av røyr støtter nyttar ein design last og design kriteriar som grunnlag for berekningar.

Typiske design lastar er:

- Eigenvekt av røyr med medium, der ein tar med vekt av ventilar, flensar, røyr isolasjon samt anna utstyr/instrumentar som er montert på røyret.
- Friksjons krefter, normalt er denne faktoren 1/3 av den vertikala lasta for ukritiske røyr. Når røyret er kritisk er friksjons krefter berekna ut frå temperatur og trykk ekspansjon.
- Hydro test laster dvs. røyrets vekt når det fyllast med vatn (i nokon tilfelle er det gass eller olje som er medium) (Vrålid, Pipe support).

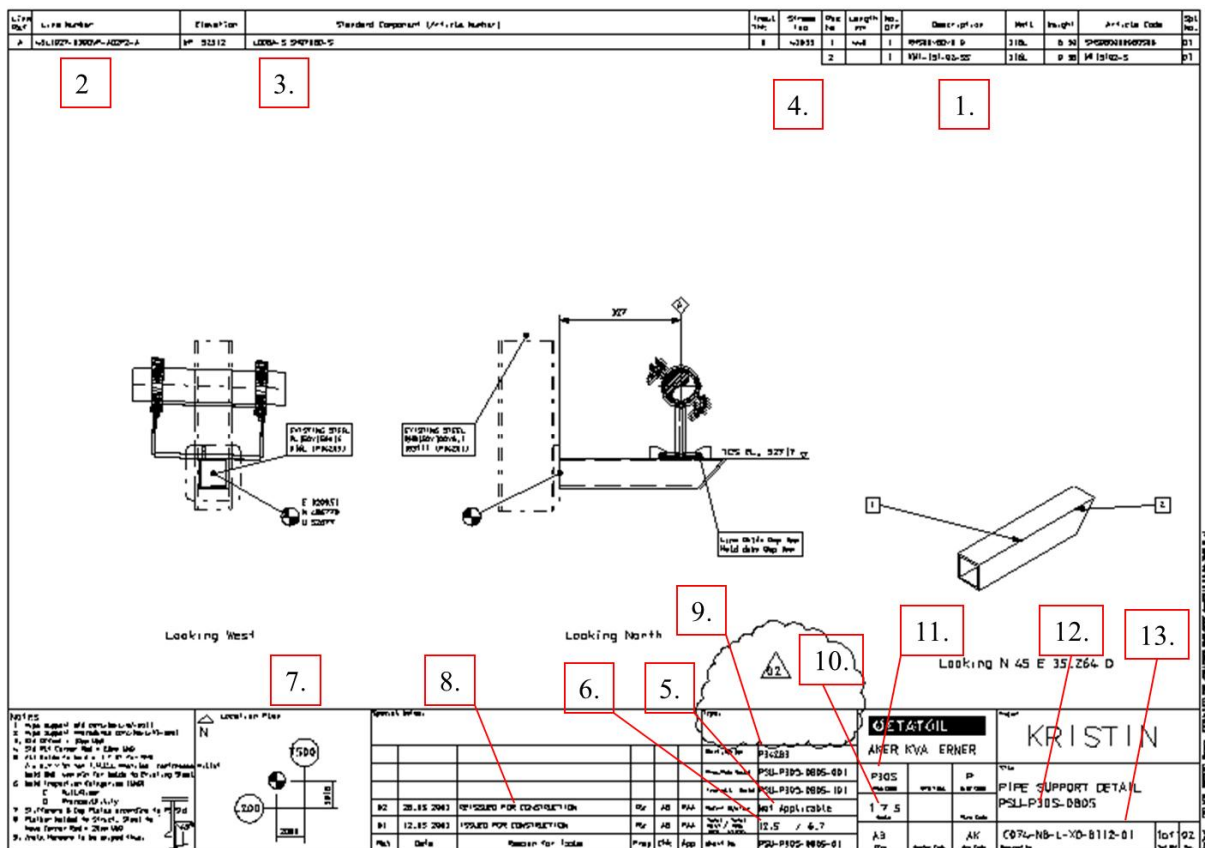
Typiske design kriteriar er:

- Last faktor er på 1,3.
- Material faktor er på 1,15.
- Ned bøying: maks 3 mm eller $L \cdot 1/360$ (L=lengda på bjelken) (den mest konservative verdien skal nyttast).

7.3 Røyr støtte teiknings innhald

På teikningane(Figur 31) vil ein finna følgjande informasjon.

1. Material liste: Som viser material behovet.
2. Standard komponentar: Alle enkelt delar som skal brukast.
3. Linje nummer: Visar alle røyr som er på røyr støtta.
4. Stress ISO: Gjev henvisning til stress ISO og teikninga som er aktuell til røyret/røyrene på røyr støtta.
5. Malings system: Gjev henvisning til systemets malings beskriving.
6. Vekt: Gjev samla vekt av materialar og standard komponentar.
7. Lokalisasjons plan: Viser kvar røyr støtta er plassert med målsetting frå kjente referanse linjer.
8. Tittel felt: Viser årsak til utsending samt dato og signatur.
9. Stål seksjons nummer: Gjev referansar til kva seksjon røyr støtta skal sveisast mot.
10. Teiknings skala: Målestokk.
11. Område: Angjev området røyr støtta er i.
12. Røyr støtte nummer.
13. Dokument nummer.



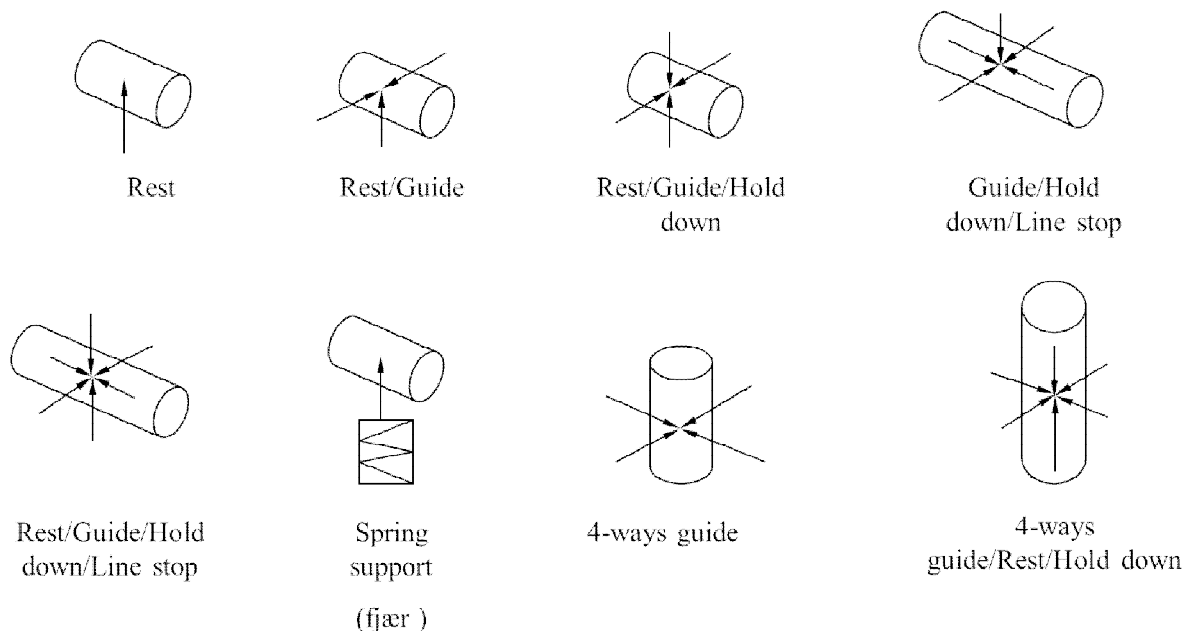
Figur 31 (Vrålid, Pipe support, 2012)

7.4 Røyrstøtte funksjonar

Forklaring på nokon av røyr støtte funksjonane (Figur 32).

Rest:	Røyrret kvilar på røyrstøtta.
Guide:	Ein vil hindra bevegelsar i side retningar av røyrret.
Line stop:	Hindra bevegelsar i lengde retning av røyrret.
Hold down:	Hindra bevegelsar i vertikal retning, uansett retning til røyrret.
Anchor:	Skal hindra bevegelsar i alle retningar av røyrret.
Spring:	Er ei fjør, røyrret vil henga ned frå fjøra eller bli heldt oppe av fjøra på undersida.
Trunnion:	Skal vera med på å ta opp lasta av røyrret slik at denne kvilar på røyr støtta eller for å hindra bevegelsar frå røyrret.

HVORDAN ER SUPPORT FUNKSJONEN VIST SOM SYMBOL PÅ EN STRESS ISO. :



Figur 32 Røyr støtte symbol (Vrålid, Pipe support, 2012)

7.5 Røyrstøtter på hovudlinja mellom 3.trinns separator og pumper

På røyrlinja frå 3.trinns separator til pumpene (linjenummer 430-0001-DD10-14-PL-W og 430-0003-DD10-14-PL-W) er det 13 røyr støtter som gruppa skal ta for seg og forklare (Figur 34). Desse er i materialet Lean Duplex (2304).

Informasjonen om røyrstøttene er henta ifrå stressisoar. (Sjå Vedlegg I)

1. PS-P40-0012/SPNT-01/ATTA-01 støttar oppover og i lengde retninga, dette kallast Rest og Line Stop den er for att røyrret skal kvile ned på røyr støtta og hindras i for mykje bevegelsar i røyrets lengderetning.
2. PS-P40-0011/SPNT-01/ATTA-01 hindrar bevegelsar i alle retningar, den kallast for eit Anchor, røyrret er då fast i alle retningar (nord, sør, vest, aust, opp og ned).

3. PS-P40-0022/SPNT-01/ATTA-01 røyr støtta lar røyret kvila oppå støtta og stoppar bevegelsar sideveis, dette er Rest/ Guide.
4. PS-P30-0013/SPNT-01/ATTA-01 er eit Anchor som skal hindra bevegelsar i alle retningar av røyret.
5. PS-P30-0014/SPNT-01/ATTA-01 hindrar bevegelsar opp og ned på røyret og side vegs, denne kallast Rest/Hold down/Guide.
6. PS-P30-0012/SPNT-01/ATTA-01 er ein 4-ways Guide/Rest/Hold down, denne skal hindra for mykje bevegelsar i opp og ned retning og nord, aust, vest og sør retninga på røyret.
7. PS-P20-0007/SPNT-01/ATTA-01 støttar røyret i nord, sør, vest og aust retning, den kallast for 4-ways guide.
8. PS-P10-0217/SPNT-01/ATTA-01 røyr støtta lar røyret kvile oppå støtta og stoppar bevegelsar sideveis, dette er Rest/ Guide.
9. PS-P10-0011/SPNT-01/ATTA-01 er eit Anchor som støttar røyret i alle retningar nord, sør, vest, aust, opp og ned.
10. PS-P10-0133/SPNT-01/ATTA-01 hindrar bevegelsar av røyret i opp, ned og sidevis av røyret dette kallast Rest/Hold down/Guide.
11. PS-P10-0215/SPNT-01/ATTA-01 støttar røyret under i frå, denne hindrar for mykje bevegelsar i ned retning av røyret, men samtidig kan røyret bevega seg så mykje som fjøra tillater. Dette kallast Spring support og tek opp vibrasjonar i frå pumpa og gjer det i tillegg enklare å montera pumpa.
12. PS-P10-0134/SPNT-01/ATTA-01 hindrar bevegelsar i opp, ned og sides retning av røyret dette er Rest/Hold down/Guide.
13. PS-P10-0171/SPNT-01/ATTA-01 støttar røyret under i frå, denne hindrar for mykje bevegelsar i ned retning av røyret, men samtidig kan røyret bevega seg så mykje som fjøra tillater. Dette kallast Spring support og tek opp vibrasjonar i frå pumpa og gjer det i tillegg enklare å montere pumpa.

Mellom alle røyra og røyr støttene brukast det gummi eller teflon som gjer att røyra og røyr støttene ikkje har kontakt slik att det ikkje korroderer og gjev betre flexibilitet ved varme og kulde. Røyrstøttene er laga av Lean Duplex material, fordi dette tåler meir sjøvatn og ikkje treng så mykje vedlikehald som vanleg karbon stål som er malt, då hovudlinja ligg på ein plass der den er utsatt for sjøvatn.

Tabell 1 Kreftene på røyr støttene:

Koordinatar	Restraints loads			Blast loads			Movements		
	-x	y	-z	-x	y	-z	-x	Y	-z
PS no.	Fy (kN)	Fz (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Fx (kN)	Δy (mm)	Δz (mm)	Δx (mm)
1	-	-31	-	-8	-96	-	-7	-	-17
2	11	-17	4	100/- 10	-80/+98	43/-15	0	0	-5
3		-15		53	-65	-	4	2	3
4	8	-20	8	90	- 105/+75	-	-	-	5
5	-10	-13	-	84	-85/+74	-	-	-	4
6	2	-25	-29	119	-63/+58	119/- 30	10	-	5
7	-	-	5	63	-	68	6	-11	-10
8	10	-43	-	192/-6	-122	-	-	2	-4
9	-	-42	16	52	-98/+44	153	4	0	0
10	9	1	-	69	-72/+68	-	3	-	5
11	-	-18	-		-22		1	6	4
12	3	-7	-	79	-89/77	-	3	0	-7
13	-	-17	-		-23		2	6	-5

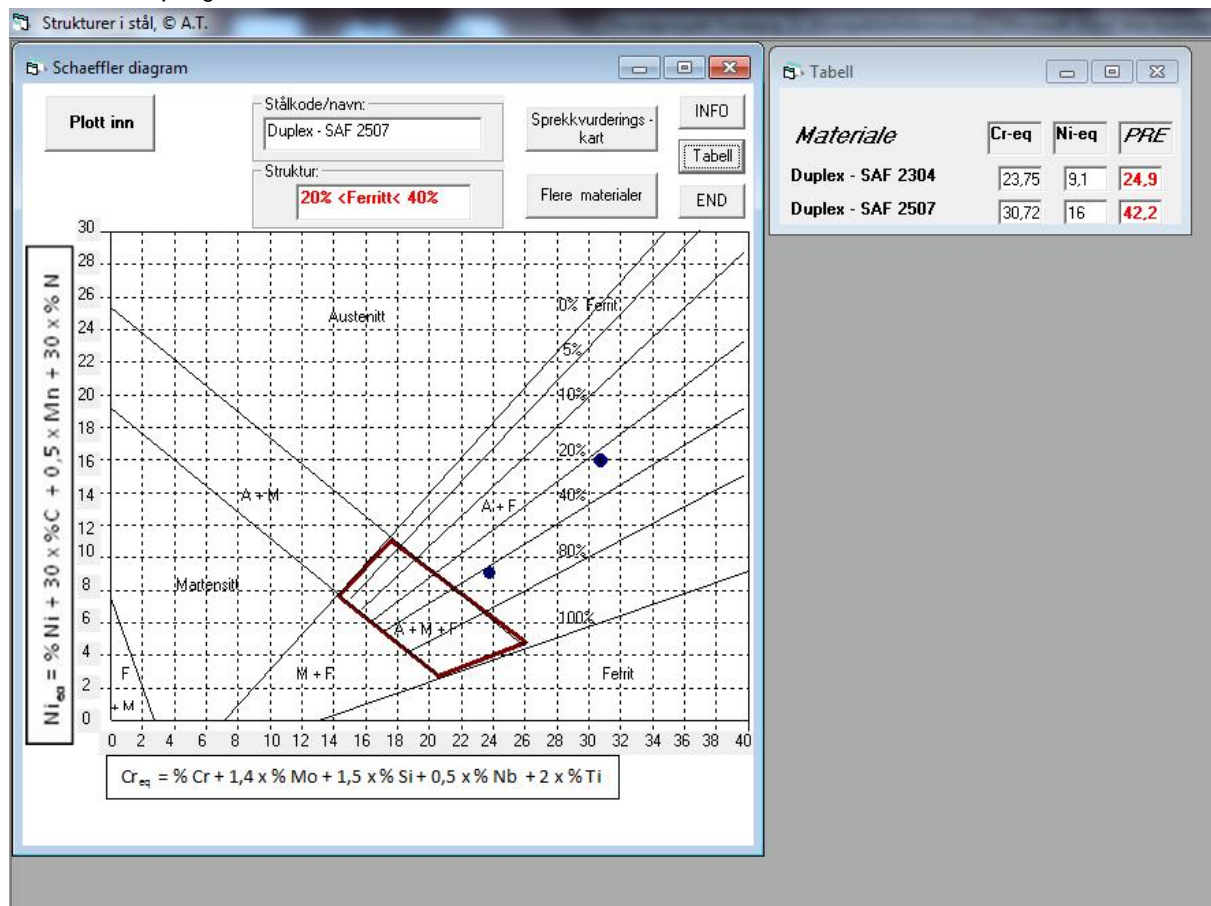
7.6 Konklusjon

Materialet som er brukt på røyr støttene er Duplex - SAF 2304 (Lean Duplex), dette er noko billigare enn Super Duplex som er brukt på røyra. Duplex - SAF 2304 har ein lågare PRE-verdi enn Super Duplex.

PRE-verdi Duplex - SAF 2304 = 24,9

PRE-verdi Super Duplex - SAF 2507 = 42,2

Stål struktur program:



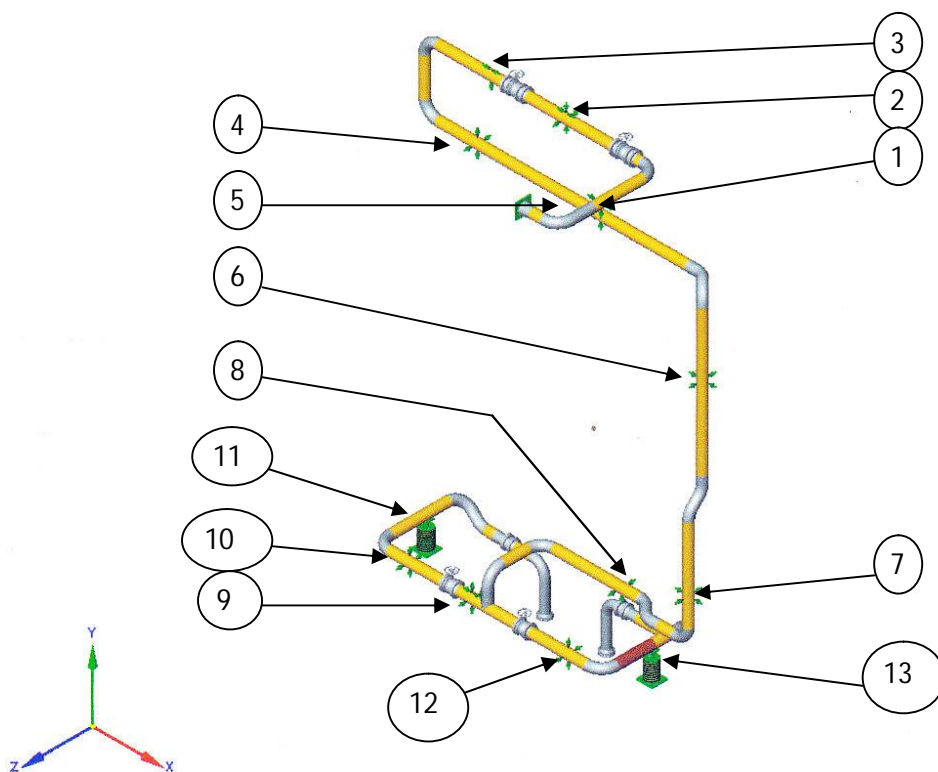
Figur 33 Crom- og Nikkel eq

På (Figur 33) visast strukturen i dei forskjellige stål typane, markert med blå prikkar. (Tveit.A, Stålstruktur)

PRE-verdien angir kor motstandsdyktig materialet er mot korrosjon frå sjøvattn, dess høgare det er jo betre er det, men høgare PRE-verdi er og dyrare. Røyr støttene bør difor malast som gjer att dei ikkje korroderar i kontakt med sjøvattn. Det er 13 røyr støtter på systemet, som røyra kan støttast på og avlastast for å halda si eiga vekt. Dette ser ut til å vera optimalt for stress i følgje Triflex programmet gruppera har modulert systemet i.

8 Triflex

Grappa har modellert røyr systemet mellom 3 trinns separator og pumpene i Triflex for å kunna finna stress i røyrlengder og røyr støtter.



Figur 34 Henta frå Triflex modellen av grappa.

Spec A790 er brukt på røyra då A928 ikkje er med i programmet. Dette fordi A790 er det næraste me kjem A928.

På stress ISO frå Kværner er det berekna fjører under for å avlasta flensane mot pumpene og for å ta opp viberasjonar frå kvar enkelt pumpa. I 3D modellen frå Kværner er det regulerbare røyr støtter, men me tar berre med fjører i vår modell i Triflex.

Blast er lagt inn i Triflex som uniform loading. Blast er på 14006 N/m og er rekna ut av ein stress ingeniør ved Aibel Haugesund. Modellen manglar mengdemålar då dette ikkje er tilgjengeleg i Triflex. Men dette har lite å seia på resultatet. Det er to Case i programmet. Det eine er for normal drift og den andre er for verste tilfelle.

Grappa har utført ein stressanalyse av røyrinja mellom separator og pumpene. Sjå vedlegg J og K. Resultata viser at supportane er plassert på hensiktsmessig lokasjoner, og at stress er jamt fordelt utover røyr systemet.

9 Strømningsanalyse

9.1 Linjelista

Gruppen har fått tilgang på linjelista for Eldfisk 2/7S prosjektet, i form av eit Excel ark. Dette inneheld informasjon om materialval og drifts kriteriar for eit utval av røyrlinjene i prosjektet.

Oppgjevne data er eksportert frå CAE (Computer Aided Engineering) programmet Comos som Kværner Stord brukar.

For hovudlinja i olje eksportsystemet ser hovuddata slik ut:

Tabell 2 Linjelista

Linje nr.	Røyr spec	Nominell diameter ["]	Operasjons temperatur [°C]	Operasjons trykk [barg]	Design trykk [barg]	Inner diameter [mm]	Væske tettheit [kg/m ³]	Væske viskositet T [cP]	Aktuell volum straum [m ³ /h]	Strømningsfart [m/s]	Trykkfall [bar/100m]
1	DD10	14	77.02	14	93	336.54	784.98	1.282	564.48	1.76	0.0561
2	DD10	14	77.02	14	93	336.54	784.98	1.282	563.76	1.76	0.0560
3	DD10	10	77.40	26	93	260.3	785.98	1.277	563.76	2.94	0.2017
4	DD10	10	77.40	26	93	260.3	785.98	1.282	563.76	2.94	0.2018
5	DD10	10	77.40	26	93	260.3	785.98	1.277	563.76	2.94	0.2017
6	DD10	10	77.40	26	93	260.3	785.98	1.277	563.76	2.94	0.2017
7	DC13	24.24	77.40	26	99	581.0	785.98	1.277	563.75	0,59	

Ingen kjemisk reinsing av røyret er definert i linjelista. Test mediet er ferskvatn.

Material kvalitetar som framkome i linjelista:

Hovud røyr 10" og 14": DD10 = Super Duplex ASTM A928 (AISI2507)

Eksport røyr 24": DC13 = Karbon stål rør (Stigerøyr spesifikasjon, Ref. ELDS-AK-P-10030)

For røyrlinje 1 til 7 gjeld følgjande felles data:

Design temperatur min [°C]	-46
Design temperatur max [°C]	100
Masseflyt [kg/h]	443 102
Testtrykk linje 1-6: [barg]	147
Testtrykk linje 7: [barg]	155

9.2 Kontroll av linjelista

Oppgitt masseflyt gjennom eksportpumpa er: $\dot{m} = 443\,102 \text{ kg/time}$

Oppgitt væsketetthet før pumpa er: $\rho = 784,98 \text{ kg/m}^3$

Dette gjev volumstraum før pumpa:

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{443102 \text{ kg/h}}{784,98 \text{ kg/m}^3} = 564,48 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dette gjev væskefart før pumpa:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{564,48 \cdot 4}{0,33654^2 \cdot \pi \cdot 3600} = 1,76 \text{ m/s}$$

Oppgjeven væsketetthet etter pumpa: $\rho = 785,98 \text{ kg/m}^3$

Dette gjev volumstraum etter pumpa:

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{443102 \text{ kg/h}}{785,98 \text{ kg/m}^3} = 563,76 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dette gjev væskefart etter pumpa:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{563,76 \cdot 4}{0,26035^2 \cdot \pi \cdot 3600} = 2,942 \text{ m/s}$$

Trykktap i rør er gjeve ved formelen:

$$Ht = \left(\lambda \cdot \frac{L}{D} + \sum kT \right) \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Viss forholdet rørlengde/rør diameter: $L/D > 1000$ så reknar ein berre med tap i rør.

Ein kan då utelate enkelt tap i bend og armatur.

For å finna tapsfaktoren i eit røyrstykke må ein utrekna Reynolds tal og lesa motstandsfaktor « λ » ut av Moody's tabell (Figur 35).

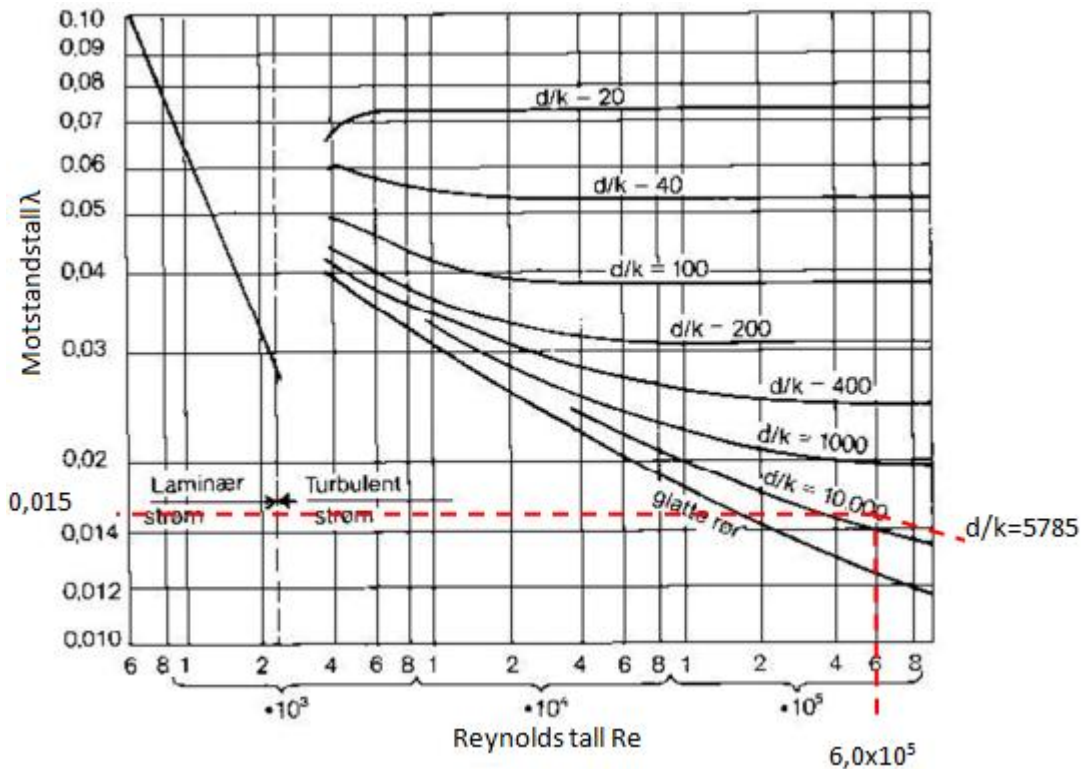
Når Reynolds tall er større enn 2300 reknast strøyminga for å væra turbulent.

Reynolds tall for 10" eksportrøyrret mellom pumper og Pig Launcher:

$$Re = \frac{c \cdot D}{\nu} = \frac{2,94 \cdot 0,26035}{1,277 \cdot 10^{-6}} = 599396$$

Reynolds tall for 14" eksportør mellom separator og pumper:

$$Re = \frac{c \cdot D}{\nu} = \frac{1,76 \cdot 0,33654}{1,282 \cdot 10^{-6}} = 462020$$



Figur 35 Moody (Kannelønning, 2012)

Motstandstalet λ kan også reknast ved å nytta Colebrook's likning:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2.0 \log \left(\frac{k}{3.7d} + \frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}} \right)$$

Denne likninga vil ikkje bli utleda her, men kan enkelt løysast med "solve" funksjon på ein kalkulator.

Forholdet « d/k » er røyrdimeter (mm) / røyrets ruheit k (mm). I formelsamlinga finn ein at rustfrie stålrøyr har ruheit $k = 0,045$

Ved å teikna inn forholdscurva $d/k = 260/0,045 = 5785$, og stiple inn Reynolds tall i Moodys tabell (Figur 35) kan ein i kryssingspunktet finna motstandstalet λ i skala til venstre. $\lambda = 0,015$

Moody diagrammet er utført med logaritmisk skala, og det kan være vanskeleg å tyda nøyaktig kva motstands tall som skal brukast.

I skulesamanheng brukas eit program på Casio kalkulator for å finna motstandstalet.

Programmet «MOODY2» er laga av Lorentz Kannelønning, førelesar i strøymingslære ved HSH.

Dette programmet gjev eit motstands tall med 0,001 grads nøyaktigheit.

Ved å leggje inn fart = 2,94m/s, ID=260.35mm, Ruheit for rustfritt, $k = 0,045$ og kinematisk viskositet $\nu = 1,277 \cdot 10^{-6}$ får ein at $\lambda = 0,015$.

For å verifisera oppgjeve røyrtap for 10" røyr, reknar me tap i 100 m rett røyrlengde.

$$H_{tp} = \rho \cdot g \cdot \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = 785,98 \cdot g \cdot 0,015 \cdot \frac{100}{0,26035} \cdot \frac{2,94^2}{2g} = 19570Pa \approx 0,196bar/100m$$

Tilsvarende for 14" røyr vert trykktapet:

$$H_{tp} = \rho \cdot g \cdot \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = 784,98 \cdot g \cdot 0,015 \cdot \frac{100}{0,33654} \cdot \frac{1,76^2}{2g} = 5419Pa \approx 0,054bar/100m$$

Brukar ein motstands tal 0,0155, så vil tapet i 10" røyr bli 0,202bar som er nokså likt det som er oppgjeve i linje data for prosjektet (0,2017 bar/100 m).

Ein kan dermed gå ut frå at det er samsvar mellom oppgjeve strøymingsdata og oppgjeve trykktap for røyra. Desse data blir brukt i vidare berekningar.

9.3 Sugėsida

Trykket ut frå separator kan variere noko etter det aktuelle driftsforholdet.

I linjelista er det oppgjeve at operasjonstrykk på sugėsida er 14 bar.

I funksjonsbeskrivinga til produksjonspumpene tas det høgde for at trykket frå separator kan falla til 13 barg, samtidig som trykkbehovet ut på eksport linja kan komme opp i 30 barg.

Talet 13 barg og 30 barg representerer det mest utfordrande senarioet for pumpene og vil bli brukt som utgangspunkt for vidare berekningar.

I industrien brukast røyrberekningsprogram (for eksempel TRIFLEX® Pipe Stress Software), for å berekne blant anna spenningar i røyr som følgje av trykk, varme utviding og last krefrar.

Ein kan også henta ut trykktap i røyrsystemet, utan å gjere mange manuelle og tidkrevjande berekningar. For å avgrensa omfanget i oppgáva skal gruppa fokusera på hovudrøyrinja mellom separator og produksjonspumpene, og mellom pumpene og målestasjonen.

For å få eit meir nøyaktig bilde av tap i røyrret frå separator tank til sugėsida på pumpe, må ein summera tap i røyrdelane. (Gruppa har ikkje tilgang på nøyaktige enkelt taps tall, så generelle taps tall frå formelsamling er brukt) sjå Vedlegg A.

På sugėsida er det ca. 49,88 m 14" røyr, og samla enkelttap er utrekna til: $k_T = 7,1$

Strøymingshastighet: $v = 1,76 \text{ m/s}$. Moody viser at også her er motstands talet λ er 0,015

Dei siste 2,4m av røyrret mot sugėsida på pumpe er dimensjonen 12" i staden for 14".

Innvendig røyr diameter: $\text{Ø}323,9-(2 \times 8,38)=307,14\text{mm}$.

Strøymingshastighet v_3 i 12" røyrret er utrekna til: 2,113m/s

Kontroll med Moody for 12" røyrret inn mot pumpe gir at også her er $\lambda = 0,015$

Høgde forskjell mellom flensen ut frå separator og inn på pumpe 67-02002:

$\Delta h = \text{EL. } 518420 - \text{EL. } 501416 = 17,004\text{m}$

Trykktap i rør er gjeve ved formelen: $h = \left(\lambda \cdot \frac{L}{D} + \sum kT\right) \cdot \frac{v^2}{2g}$

Ved å bruka Bernoulli's likning med tap kan ein finna trykket inn på pumpa:

$$z_1 + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \left(\lambda \cdot \frac{L}{D} + \sum kT\right) \cdot \frac{v_2^2}{2g} + \left(\lambda \cdot \frac{L}{D}\right) \cdot \frac{v_3^2}{2g}$$

$$17 + \frac{13 \cdot 10^5}{785,98 \cdot g} + \frac{1,76^2}{2g} = h_2 + \frac{2,133^2}{2g} + \left(\frac{0,015 \cdot 49,88}{0,33654} + 7,1\right) \cdot \frac{1,76^2}{2g} + \frac{0,015 \cdot 2,44}{0,30714} \cdot \frac{2,133^2}{2g}$$

$$\text{Trykket inn på pumpa: } h_2 = 184,00m \rightarrow p = 14,19 \text{ bar}$$

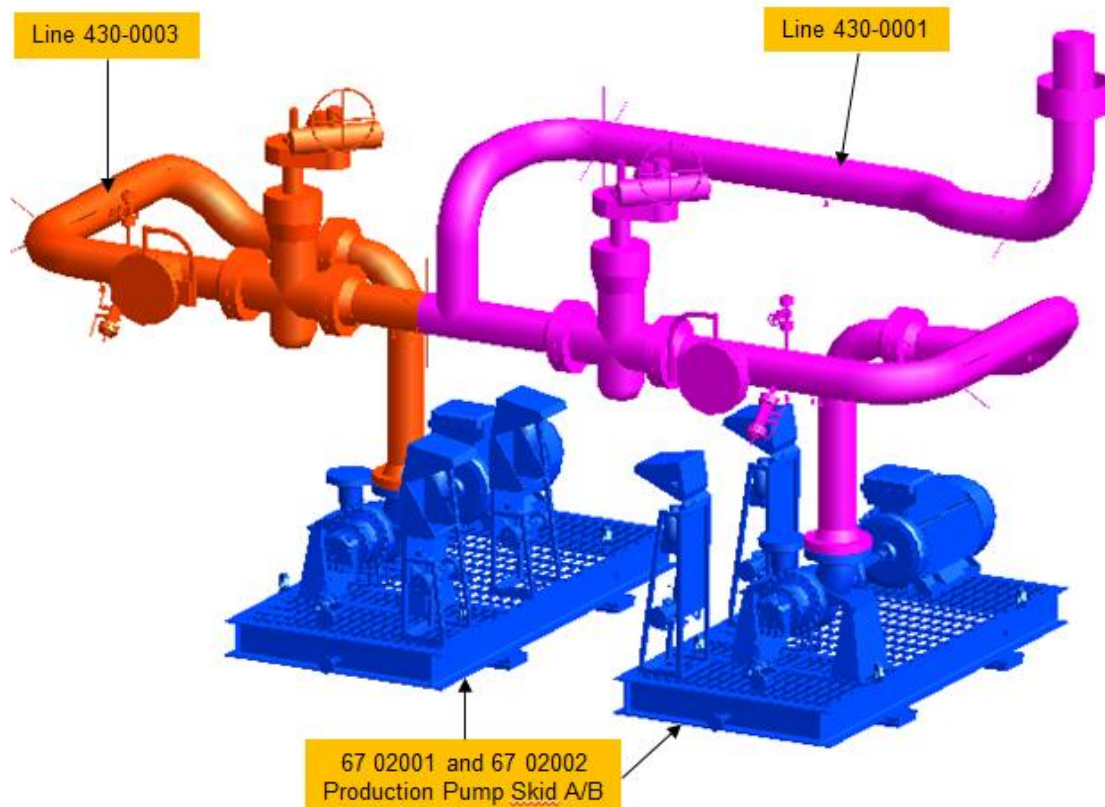
Av desse tala går det fram at trykket (13bar) ut frå separatortank får eit tillegg på 1,31 bar på grunn av 17 høgde meter. Trykkfallet mellom separator og eksportpumpa vert ca. 0,12 bar.

9.4 Trykksida

Produksjonspumpene er utstyrt med elektromotorar med variabel hastigheits kontroll, og overvakast av ein drifts monitor. Pumpene skal kunna levera ein jamn olje straum sjølv om trykket i systemet varierer. Pumpene er dimensjonerte for å kunna auka trykket med inntil 16 bar (opp til 30 bar ut).

Ved separator trykk på 13 barg så vil trykket inn på pumpa være 14,19 bar.

Gruppas berekningar for sugesida visar dermed at pumpa vil kunne løfta trykket opp til 30 barg.



Figur 36 Eksportpumpe pakkar

(Bilde frå modell: Kjell Kolskår, Kværner Stord)

Frå eksport pumpe 2 (67 02002), går olja gjennom linje 430-0002. Dette startar med eit 1,5m langt 8" røyr i Super Duplex som går over til 10" røyr. Innvendig diameter er 206,4 og 260,4mm. Samla lengd 10" røyr fram til tilkopling ved målestasjonen er ca. 40,2m. Berekning av enkelt tap og røyrlengder finnast i Vedlegg A.

På trykksida er det samla enkelttap utrekna til: $k_T = 8,6$

Strøymingshastigheit i 10" røyr er utrekna til 2,94 m/s, i 8" røyr vert strøymingshastigheita ca. 4,68 m/s.

Ved å leggja inn fart=4,68 m/s, ID=206.4 mm, ruheit for rustfritt, $k = 0,045$ og kinematisk viskositet $\nu = 1,277 \cdot 10^{-6}$ får ein at motstandstalet for 8" røyrret vert: $\lambda = 0,015$

For 10" røyrret er det tidligare rekna ut at: $\lambda = 0,015$, når $v = 2,94m/s$

Høgde forskjell mellom flensen ut frå eksport pumpa 67-02002 og tilkopling målestasjonen:
 $h\Delta = \text{EL. 501416} - \text{EL. 503322} = -1,906 \text{ m}$ (pumpeflens lågare enn målestasjons tilkopling).

Ved å bruka Bernoulli's likning med tap kan ein finna trykket inn på målestasjonen etter pumpa:

$$z_1 + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \left(\lambda \cdot \frac{L}{D} + \sum kT \right) \cdot \frac{v_2^2}{2g} + \left(\lambda \cdot \frac{L}{D} \right) \cdot \frac{v_3^2}{2g}$$

$$0 + \frac{30 \cdot 10^5}{785,98 \cdot g} + \frac{4,68^2}{2g} = 1,9 + h_2 + \frac{2,94^2}{2g} + \left(\frac{0,015 \cdot 40,2}{0,2604} + 8,6 \right) \cdot \frac{2,94^2}{2g} + \frac{0,015 \cdot 1,5}{0,2064} \cdot \frac{4,68^2}{2g}$$

$$\text{Trykket inn på målestasjonen: } h_2 = 382,92 \text{ m} \rightarrow p = 29,525 \text{ bar}$$

Av desse tala går det fram at trykket (30 bar) ut frå pumpa minkar ca. 0,146 bar på grunn av 1,9 høgde meter. Trykktapet i røyrlinja mellom eksportpumpa og målestasjonen vert ca. 0,33 bar.

Ein ser her at trykktapet er noko høgare for 10" linja samanlikna med 14" linja på sugesida. Når ein samanheld at trykksida har eit noko høgare enkelt tap, men samtidig noko kortare lengde, så ser ein at mindre røyrdiameter og auka strøymingshastigheit gir utslag i noko meir tap.

Ved å utføre eit overslag med 14" røyr etter pumpene, så finn ein at:

$$0 + \frac{30 \cdot 10^5}{785,98 \cdot g} + \frac{4,68^2}{2g} = 1,9 + h_2 + \frac{1,76^2}{2g} + \left(\frac{0,015 \cdot 40,2}{0,33654} + 8,6 \right) \cdot \frac{1,76^2}{2g} + \frac{0,015 \cdot 1,5}{0,2064} \cdot \frac{4,68^2}{2g}$$

$$\text{Trykket inn på målestasjonen blir: } h_2 = 386,37 \text{ m} \rightarrow p = 29,791 \text{ bar}$$

Når ein trekkjer frå 0,146 bar i høgde forskjell, ser ein at trykktapet har minka til 0,063 bar.

9.5 Konklusjon

Linjedata gjev ein god referanse for å rekna vidare på strøymingstapet i eksport røyra. Teknisk formelsamlings tapsfaktorar er brukt for å finna enkelttap i systemet.

Ved å ta utgangspunkt i minst gunstige driftskondisjon, med et trykk frå separator på 13 barg, så fant me at trykket auka ca. 1,31 bar på grunn av 17 meter høgde forskjell til pumpene. Samla tap i linja vart 0,12 bar. Trykket inn på pumpa vert dermed 14,19 barg.

Eksportpumpa er i stand til å auke trykket 16 bar, opp til 30 barg.

Utgangspunktet på trykksida er dermed 30 barg. Sidan røyrdimensjonen etter pumpa er redusert til 10", er det interessant å finna kor mykje det utgjer på tapet i røyret mot målestasjonen.

På trykksida finn ein at trykket vert redusert med 0,146 bar på grunn av 1,9 høgdemeter, samtidig er trykktapet i linja 0,33 bar. Trykket inn på målestasjonen vert dermed 29,525 barg.

Trykktapet er vesentlig større for 10" linja samanlikna med 14" linja på sugesida. Dette er også i samsvar med informasjonen frå linjedata.

Ved å samanlikna med i ei 14" linja etter pumpene, finn ein at tapet ville vorte 0,063 bar. Trykket inn på målestasjonen ville dermed ha blitt 29,79 barg.

Trykkdifferansen 0,265 bar, representerar eit tap i forbrukt energi for pumpene. Samtidig representerar det ei innsparing i produksjonskostnad.

10 Reglar og berekningar

10.1 Standardar

Når dei første plattformane vart bygd på starten av 1970-talet, så vart røyr dimensjonar og kvalitetar vald etter mykje prøving og feiling. Ein hadde ikkje så mykje erfaring og standardar å støtta seg på når ein skulle velje type og dimensjon.

Det var derfor ikkje unaturleg at det oppstod feil, der røyr enten korroderte altfor fort eller sprakk på grunn av at røyra ikkje tolte trykket. Dette førte ofte til kostbare reoperasjonar og utskiftingar.

Etter kvart som ein i industrien fekk erfaring med forhold i Nordsjøen, vart det utforma standardar slik at det vart enklare å velja rett røyr.

I starten var det stort sett berre utanlandsk leiteaktivitet i Nordsjøen med amerikanske Phillips Petroleum i spissen.

Standardar som blei brukt den første tida var:

- ASME - The American Society of Mechanical Engineers
- ASTM - The American Society for Testing and Materials
- ANSI - The American National Standards Institute
- API - The American Petroleum Institute

Nokre Europeiske standardar som er brukt:

- BS - British Standards Instituion
- DIN - Deutsche Industrie Normen
- TBK 5/6 -Den Norske Trykkbeholderkomite
- DNV - Det Norske Veritas

(Tveit, Rørteknologi I - Regler og beregninger, Røyrdimensjonering s1., 2012)

Våren 1993 tok daverande nærings- og energi minister initiativet til å utforma ein felles standard for norsk oljeindustri på sokkelen. Etterfølgjande minister nedsette ei gruppe (Stoltenberg utvalet) i 1993. Utvalet hadde som mål å setja i gang tiltak for å redusera kostnadane i den norske offshore industrien med 40-50 %. (Tveit, Rørkonstruksjon I - Regler og berekningar, Kap. 4, 2010). NORSOK står for Norsk sokkels konkurranseposisjon, og vart lansert i 1995. Denne standarden vart utforma i eit samarbeid mellom ulike aktørar i petroleums industrien, blant anna Oljeindustriens Landsforeining (OLF), Teknologibedriftenes Landsforeining (TBL) og myndigheitene. Ansvar for NORSOK standardane er overført til Standard Norge. (Standard.no, 2012)

NORSOK standarden har som hovudoppgåva å ivareta tilfredsstillande sikkerheit, verdiskaping og kostnadseffektivitet for petroleums industri ved utbygging og drift.

I 2002 vart det utgitt ein Europeisk standard EN13480-3, denne har status som nasjonal standard i dei fleste europeiske land. I Noreg erstattar den TBK5-6.

Når ein samanliknar TBK5-6 med EN13480 så vil ein i stor utstrekning få tilsvarande resultat for veggjukkleik og tillat trykk.

På norsk sokkel er det i hovudsak ASME B31.3 *Process Piping Code*, som ligg til grunn for røyr-dimensjonering. I nokre tilfelle er den europeiske EN13480-3 brukt.

To viktige forskjellar mellom ASME B31.3 røyr kode og EN13480 røyr kode er at den europeiske koden er mykje strengare angående design av røyr støtter som er sveisa til røyret, og at den europeiske koden også krev ein tredjeparts analyse av røyrsystemet og tilhøyrande røyr støtter før montering og igang køyring kan utførast (DNV, 2008). Dette er sjeldan tilfelle med raskt gjennomførte offshore prosjekt basert på røyr design etter ASME B31.3 koden, at tredjeparts verifikasjon er ferdig før mekanisk ferdigstilling.

Analyse funn seint i prosjektet vil med EN13480 kode føre til store endringar på allereie installerte røyr og utstyr. Samanlikna med ASME B31.3 røyr kode så må prosjekt som kun er utført i følgje EN13480 kode inkludera rom for tilleggs kostnadar relatert til tredje parts verifikasjons arbeid.

På den andre sida så gjev formlane for B31.3 gjennomgåande eit meir konservativt resultat angående veggjukkleik og tillat trykk, enn om ein skulle utført berekninga etter EN13480. Dette fører til at røyrdimensjonen ofte må opp ein dimensjon i forhold til bruk av EN13480, og kostnads og vekttauke kan fort bli av betydeleg storleik.

10.2 Regelverk

Det vanlegaste er å starta med standarden som det er bestemt at prosjektet skal følgje. I Eldfisk 2/7S prosjektet som skal byggjast ved Kværner Stord er det ASME B31.3 som er lagt til grunn for røyrdesign.

I dagens marknad er det ikkje praktisk eller økonomisk å utføra omfattande analysar med anna verktøy enn spesialiserte rør styrke program eller tilpassa FEA (Finite Element Analyse) program.

Når ein jobbar med stress analyse program for røyr kan det likevel vera nyttig og vita kva som ligg bak resultatet for veggjukkleik og tillat trykk. Nokre handberekningar vil alltid være nødvendige for å forbereda data som skal matast inn i stress program.

ASME B31.3 delar prosessrøyr inn i to kategoriar:

Kategori D:

- Mediet skal ikkje vera brennbart eller giftig og ikkje være skadeleg for menneske.
- Design trykket skal ikkje overstiga 150 psi (10,3 bar).
- Design temperaturen skal liggja mellom -29 °C og 186 °C.

Kategori M:

- Dette er den strengaste kategorien og brukast på røyrsystem som ikkje oppfyller krava i kategori D.

(Tveit, Rørteknologi I - Regler og beregninger, Røyrdimensjonering s25., 2012)

Oljeeksport røyr systemet har designtrykk over 150 psi, og inneheld brennbart medie. Røyrsystemet må såleis utreknast etter kategori M.

10.3 Designparameter

Temperatur og trykk er to hovudfaktorar ved prosjektering av røyrssystem.

Designtrykket skal vera minst lika stort som trykket ved den mest ekstreme kombinasjonen av internt eller eksternt trykk og temperatur som kan tenkjast i driftsfasen. Operasjons trykk er derfor ikkje dimensjonerande, men angjev grunnlasta i systemet ved normal drift. I tillegg må det derfor tas høgde for auka trykk ved raske temperatur endringar, eller blokkeringar som kan oppstå.

Design temperaturen er den materialtemperaturen som gjev den mest ekstreme kombinasjonen av trykk og temperatur som kan ventast å oppstå i driftsfasen.

I røyrspesifikasjonen DD10 (Røyrspesifikasjonen for Duplex som brukast i Eldfisk prosjektet) og i følgje linjelista går det fram at max design trykk er 93 barg ved 100 °C.

Her er det design trykket som er dimensjonerande. Tillat korrosjons monn, C = 0,0 mm. Test trykk i linjedata er oppgitt til 147 barg.

10.4 Tillat spenning

Tillat strekkspenning «S» for ei gruppe materialstandardar er i ASME B31.3 gjeve i standardens vedlegg «Table A-1 Basic Allowable Stress in Tension for Metals».

For material som ikkje er i lista i vedlegg gjeld følgjande:

- Støypte produkt: S= 1/10 av minimum strekkfastleik ved aktuell temperatur.
- Smijern: S= 1/5 av minimum strekkfastleik ved aktuell temperatur.
- Andre material kvalitetar: S = 1/3 av min strekkfastleik ved romtemperatur eller 2/3 av minimum flytespenning. Det lågaste resultatet brukast.

Berekning av tillat veggtykkleik «t» for rette røyr kan gjerast etter følgjande formel:

$$t = \frac{P \cdot D}{2(SE + PY)} \quad (1.1)$$

Effektiv veggtykkleik:

$$T_{eff} = t \cdot 0,875 - C \quad (1.2)$$

Ved å sette inn T_{eff} for t i formel (1.1), og snu formelen kan max tillat trykk for rette røyr reknast ut etter følgjande formel:

$$P = \frac{2 \cdot T_{eff} \cdot E \cdot S}{D - 2Y \cdot T_{eff}} \quad (1.3)$$

E = Korreksjonsfaktor for sveis. Denne er 1 ved 100 % ultralyd undersøking av sveis.

S = Tillat spenning, hentast frå tabell «A-1». Eller etter reglar gjeve over.

D = Ytre røyr diameter.

Y = Koeffisient (sjå: Tabell 3, ASME 304.1.1 Koeffisient Y for $t < D/6$).

Tabell 3, ASME 304.1.1 Koeffisient Y for $t < D/6$

Materiale	→ 482°C	→ 510°C	→ 538°C	→ 566°C	→ 593°C	→ 621°C
Ferrittisk stål	0,4	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7
Austenittisk stål	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7
Andre metaller	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

S-Duplex A928 er eit Austenittisk stål og temperatur er under 482°C, dvs. Y=0,4

I røyrspesifikasjonen DD10 for Duplex går det fram at flensar frå 0,5 til 24" skal vera i følgje ASME B16.5, Class 600. Materialet er A182 gr. F53. Dette er Duplex 2507.

Frå Kværner er det oppgjeve at trykket i røyrklassane er avgrensa av flensane, i følgje ASME B16.5 Tillat arbeidstrykk for påsveiste (Weld neck) flensar i Duplex finn ein i tabell 2-2.8. 3 i ASME B16.5 (Vedlegg D).

For Class 600 flensar ved brukstemperatur -20 til 100 °F er arbeidstrykk 1500 psig.

Ved brukstemperatur opp til 200 °F (93,3 °C) er tillat arbeidstrykk 1440 psig.

Ved brukstemperatur opp til 300 °F (148,9 °C) er tillat arbeidstrykk 1330 psig.

1440 psig svarer til 99,28 bar, og 1330 psig = 91,7 bar

Ved å interpolere ved temperatur 100 °C, får ein at tillat trykk for flensen er 98,3 bar.

10.5 Hydrostatisk lekkasje test

Prøvetrykk for røyrinja skal være i følgje ASME B31.3, paragraf 345.4.2 Test trykk.

Av designkoden går det fram at (sitat):"

- Testtrykket skal vere minimum 1,5 gangar design trykket.
- Viss design temperatur er større enn test temperatur, skal test temperatur reknast etter formel (1.4). Viss røyrsystemet innehelder fleire enn eit material, eller meir enn ein design temperatur, så skal (1.4) brukast for alle kombinasjonane og den største utrekna verdi av PT skal vere minimum test trykk verdi.

$$P_T = 1,5 \cdot PR_r \quad (1.4)$$

P_T = minimum test trykk verdi

P = Internt design trykk verdi

R_r = Forhold mellom S_T / S

S = tillat stress verdi ved delens design temperatur (Tabell A-1)(Vedlegg E)

S_T = tillat stress verdi ved test temperatur

- c) Viss testtrykket definert i følge punkt a) og b) fører til strekkrefter på materialet som overstiger flytegrensa til materialet ved test temperaturen eller trykk som er over 1,5 gangar komponentens trykkgrense ved testtemperatur, så kan testtrykket reduserast til det maksimum trykk som ikkje vil overstige det minste av flytegrensa eller 1,5 gangar komponentens trykkgrense ved test temperatur. " (sitat slutt)

I røyrspesifikasjonen er max design trykk ved 38 °C oppgjeve til 98 barg.

Dette gjev at prøvetrykket skal vera:

$$P_T = 1,5 \cdot P \cdot \frac{S_T}{S} = 1,5 \cdot 93 \cdot \frac{98}{93} = 147 \text{ barg}$$

Dette er same prøvetrykk som oppgjeve i linjedata, dvs. 50 % over max design trykk.

10.6 Tillat trykk på sugeside

Av materialsertifikat (Vedlegg B) går det fram at 14" røyr nytta mellom separator tank og produksjonspumper har material kvalitet: ASTM A928, Grade 32750.

Utvendig diameter er 355.5 mm og veggtykkleik 9,53 mm (Schedule 40S, ASME B36.19M).

Flytegrensa $R_{p0,2}$ er oppgitt til 550MPa og Strekkfastleik $R_m = 800\text{MPa}$.

Av linjelista går det fram at normalt operasjons trykk er 14 bar.

A928 er av same kvalitet og styrke som A789 som er lista i «Tabell A-1». (PM International, 2012)

Tillat spenning for A789 er 36.3 ksi. Sjå Vedlegg E. Dette er same som 250,28 MPa.

Me kan sette inn i formel (1.2):

$$T_{eff} = 9,53 \cdot 0,875 - 0 = 8,34\text{mm}$$

Tillat trykk i formel (1.3):

$$P = \frac{2 \cdot 8,34 \cdot 1 \cdot 250,28}{355,6 - 2 \cdot 0,4 \cdot 8,34} = 11,96\text{Mpa} \approx 119,6\text{bar}$$

Inn mot pumpa, etter overgang frå 14", er røyrdimensjonen 12". I røyrspesifikasjonen DD10 for Duplex finn ein at veggtykkleik for 12" røyr er 8,38mm.

For 12" vert effektiv veggtykkleik:

$$T_{eff} = 8,38 \cdot 0,875 - 0 = 7,33 \text{ mm}$$

Tillat design trykk vert:

$$P = \frac{2 \cdot 7,33 \cdot 1 \cdot 250,28}{323,9 - 2 \cdot 0,4 \cdot 7,33} = 11,53 \text{ Mpa} \approx 115,3 \text{ bar}$$

10.7 Tillat trykk på trykkside

Tilsvarande av material sertifikat (Vedlegg B) går det fram at 10" røyr mellom pumper og Pig Launcher har same material kvalitet og eigenskapar som for 14" røyr på sugeside.

Utvendig diameter 273.0 mm og veggtykkleik 6,35 mm (Schedule 20, ASME B36.10M).

Operasjons trykk i linjelista er oppgjeve til 26 bar.

I røyrspesifikasjonen går det fram at max design trykk er satt til 93 barg ved 100 °C.

Design trykket er dimensjonerande. Test trykk etter produksjonspumper er same som før pumpene.

På ny kan me sette inn i formel (1.2):

$$T_{eff} = 6,35 \cdot 0,875 - 0 = 5,55 \text{ mm}$$

Tillat trykk i formel (1.3):

$$P = \frac{2 \cdot 5,55 \cdot 1 \cdot 250,28}{273,0 - 2 \cdot 0,4 \cdot 5,55} = 10,34 \text{ Mpa} \approx 103,4 \text{ bar}$$

Veggtykkleik for 8" røyr er ifølge spesifikasjonen DD10 same som for 10" røyr: 6,35 mm

For 8" røyr ut frå pumpe, før overgang til 10" finn me følgjande:

$$T_{eff} = 6,35 \cdot 0,875 - 0 = 5,55 \text{ mm}$$

$$P = \frac{2 \cdot 5,55 \cdot 1 \cdot 250,28}{219,1 - 2 \cdot 0,4 \cdot 5,55} = 12,94 \text{ Mpa} \approx 129,4 \text{ bar}$$

Tillat trykk for 10" og 14" røyrlinje er dermed berekna til å tåla høgare trykk enn for røyrflensane. (Ventilar og anna utstyr blir ikkje vurdert i denne samanheng).

Flensane blir då den avgrensande faktor i røyrlinja, kva angår tillat arbeidstrykk og testtrykk.

10.8 Konklusjon veggjukkeleik

Høgaste tillatne arbeidstrykk for på sveiste (weld neck) flensar er 98,3 bar.
For rette røyr er tillat arbeidstrykk 103,4 bar.

Tillat prøvetrykk for flensane ved 100 °C er: $98,3 \text{ bar} \times 1,5 = 147,45 \text{ bar}$.
Dette er akkurat over krav til prøvetrykk som er: Design trykk ved 38 °C: $98 \text{ bar} \times 1,5 = 147 \text{ bar}$.

Design trykket 93 bar er derfor godkjent til bruk i røyrinja.
Evaluerte røyr i røyrinja har tilfredstillande veggjukkeleik.

Ein kan stille spørsmål ved kvifor det er valt ein høgare trykk-klasse forut for eksportpumpene enn det er valt etter, i og med at design trykket er satt til 93 bar både forut og etter pumpene.

Viss ein kunne valt 14" røyr av dimensjon: 355,6x7,92 (Schedule 20) Sjø Vedlegg F, så ville tillat trykk vert 99 barg for denne dimensjonen. Dette ville også vert godkjent i forhold til at flensane er godkjent for 98,3 bar arbeidstrykk, og at design trykket er 93 barg.

Men dette betyr at nye stressberekningar må vise tilfredstillande stress nivå i røyret.

11 Økonomi for olje eksportsystemet

Det er viktig att delar som teikningar, flens, bend, røyr, ventilar, pakningar og boltar blir levert til rett tid og rekkefølge slik att ikkje operatørar står og ventar på delar. Kostanden for ein operatør har gruppa ikkje fått oppgjeve, men gruppa har sett den til 400 kr timen.

Teikningane av eksportsystemet som til dømes ISO teikningar og teikningar over delar må komma tidleg i prosjektet. Engineering lagar jobb pakker som skal ut i produksjonen til operatørane. Kostnaden for ein ingeniør har gruppa satt til 500 kr timen.

Super duplex som er eit kostbart materiale er valgt her på grunn av at det har høg motstand mot korrosjon og erosjon, som gjer det vedlikehalds venleg, kostnaden for framtidig vedlikehald vil difor bli liten. Materialet er utsatt for mykje sjøvatn, som kan forårsaka utvendig korrosjon. Innvendig i røyra er det råolje med høgt trykk, varme og ureinheitar som kan forårsaka innvendig erosjon.

Det er 2 pumper på systemet, dette for å unngå opphald i eksporten av råolje som kan skuldast vedlikehald eller driftsstans. Då slepp ein å stengja ned produksjonen, som vil vera kostbart.

Noko som og har innverknad på kostnadane ved produksjonen er at prefabrikasjonen er gjort korrekt og at alle prosedyrar er følgd. Slik at ein slepp å gjera jobben opp att ute i modulen der ikkje forhalda er lagt til rette på same måte som i verkstaden. Eksportsystemet består i hovudsak av 14" tjukkvegga røyr, som vil vera svært kostbart og tidkrevjande å gjera endringar på i modulen.

11.1 Pris på delar og montering

Oversikt over kostnadar på røyr, bend og flensar:

	<i>Antal kg</i>	<i>Pris pr kilo</i>	<i>Pris totalt</i>
Røyr	2203,634 kg	80 kr/kg	176 290,72 kr
Bend	1087,8 kg	195 kr/kg	212 121,00 kr
Flens	1133,71 kg	155 kr/kg	175 725,05 kr
Samla	4425,144 kg		564 136,77 kr

Pris på ventil er 70 000 EUR, med nåverande valuta er dette 513 730,00 kr pr ventil. Pakningar, boltar, flow metring system og pumper har ikkje gruppa fått pris på, dette set gruppa ein pris på for å gjera ei utrekning.

Oversikt over kostnader på delar:

	<i>Antal</i>	<i>Pris pr del</i>	<i>Pris totalt</i>
Boltar	48	100 kr/pr bolt	14 800 kr
Pakningar	13	500 kr/pr pakning	6 500 kr
Ventilar	3	513 730 kr/pr ventil	1 541 190 kr
Flow metring system	1	1 000 000 kr/pr flow metring system	1 000 000 kr
Pumper	2	1 700 000 kr/pr pumpe	3 400 000 kr
Samlet			5 962 490 kr

Sveising og montering:

Reknar med 10 timar sveis ute i produksjon og 6 timar inne i hall, montering er satt til 3 timer/pr meter røyr lengde ute i produksjon.

	<i>Antal</i>	<i>Timer/enheit</i>	<i>Sum timer</i>	<i>Pris pr/t</i>	<i>Samla</i>
Sveis (inne)	50	6	300	400 kr	120 000,00 kr
Sveis (ute, field weld)	7	10	70	400 kr	28 000,00 kr
Montering	60,236 m	3	180,708	400 kr	72 283,20 kr
Samla					220 283,20 kr

Røyrstøtter:

Det er 13 røyrstøtter på systemet, dei er laga av materialet Lean duplex, det er noko billigare enn Super duplex, men har ein lågare eigenskap med tanke på korrosjon, då dette skal stå på eit sjø utsatt område. Gruppa har ikkje noko informasjon om kostnader på dette stålet men gruppa set monteringa av røyrstøttene til 5 timar/pr røyrstøtte ute i modulen.

	<i>Antal</i>	<i>Pris pr/t</i>	<i>Timer ute</i>	<i>Samla</i>
Røyrstøtter	13	400	65	26 000,00 kr

Samla estimert kostnad	6 772 909,97 kr
------------------------	-----------------

11.2 Sveisekostnader

Gruppa har funne ut att om ein går ned ein størrelse i veggtykkleiken så blir krava til røyrssystemet fortsatt oppfylt. Dette vil gjere at systemet blir noko billigare å laga, då dette vil gje ein reduksjon på vekt og sveisetimar.

Ved bruk av V-fuge og eit produksjons tall inne på $9\text{cm}^3/\text{time}$, kan ein gjere eit estimat på forskjell i timeforbruk ved sveising.

Estimerte sveisetimar for røyrdimensjon: $355,6 \times 9,53$

Produksjonstall: $Q = 9\text{cm}^3/\text{t}$

Rot opning: $r_w = 4\text{mm}$

Fugevinkel: $\alpha = 27^\circ$

For å rekna ut volum og tidsforbruk brukast her ein forenkla formel, i staden for Guldins regel for omdreiings lekamar. (Feilen er neglisjerbar i denne samanhengen)

$$t = \frac{D \cdot \pi \cdot t (2 \cdot rw + 2 \cdot t \cdot \tan\alpha) \cdot 0,5}{Q}$$

$$t = \frac{35,56 \cdot \pi \cdot 0,953 (2 \cdot 0,4 + 2 \cdot 0,953 \cdot \tan 27) \cdot 0,5}{9} = \mathbf{10,5t}$$

Estimerte sveisetimar for røyrdimensjon: 355,6x7,62

$$t = \frac{35,56 \cdot \pi \cdot 0,792 (2 \cdot 0,4 + 2 \cdot 0,792 \cdot \tan 27) \cdot 0,5}{9} = \mathbf{7,9t}$$

Dette utgjør omtrentlig 25 % reduksjon i time forbruk ved sveising av fugene på 14" røyrlinja.
 25 % reduksjon i sveisetimar på linja (25% av (120 000kr + 28000kr)) utgjør ca. kr 37 000,-
 Reduksjon i veggtykkleik 9,53 til 7,92 utgjør ca. 16,5 % vektreduksjon.
 16,5 % vekt reduksjon på røyr og bend (16,5% av (176290kr + 212121kr)) utgjør ca. kr 64 000,-
 Sum kostnads reduksjon ville vore ca. kr 101 000,- ved å velja Schedule 20 røyr framfor Schedule 30 røyr.

Dette kunne vore konklusjonen om ein ikkje skulle tatt hensyn til stress i røyrlinja på grunn av deformasjons krefter, grunna utviding av røyr og opplagringskrefter.

Tida ein pleier å bruke på manuelle veggtykkleiks berekningar er ofte kun 5 % av den totale tida som trengs for å utføre stress og fleksibilitets berekningar på eit røyrsystem. (DNV, 2008)

Ved å redusere veggtykkleik i dette prosjektet, så måtte ein utført nye og tidkrevjande stressberekningar for å verifisere om stress på røyrlinja fortsatt var innanfor godkjente nivå.

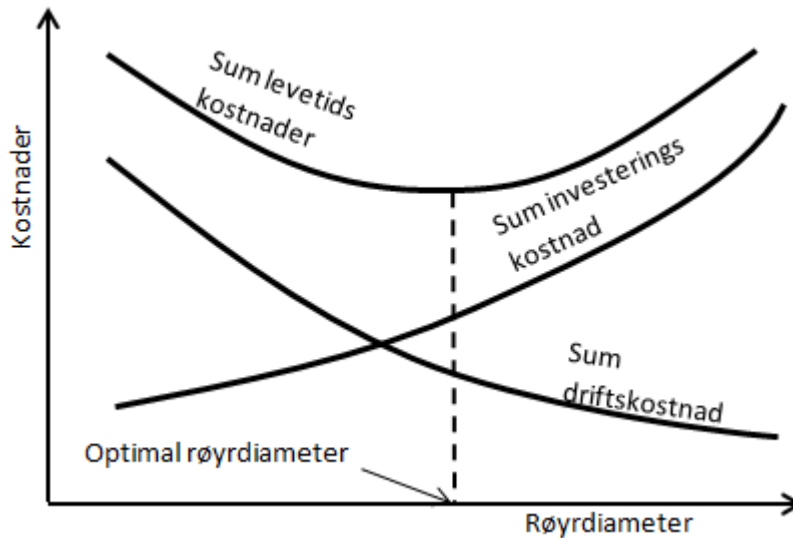
I tillegg måtte kanskje røyrstøtter endrast.

Då er det usikkert om det er nokon gevinst på å gjera endringar her.

11.3 Energi kostnader

Eit anna viktig moment i økonomien til eksport systemet er driftskostnaden for pumpene gjennom prosjektets levetid antatt frå 2014 til 2028+.

Ein kan anta 20 år fram til 2034 som er pumpas antatt levetid.



Figur 37 Optimal røyr diameter

Driftskostnader for pumpe ved full effekt:

Ved å sette trykk auke (16bar), effekt på motor (510kW) og verknadsgrad på motor (510kW/400kW), så finn ein verknadsgrad for pumpe.

(Gruppa har ikkje data på verkelig verknadsgrad for pumpa, og gjere derfor eit estime).

$$P = \frac{\Delta p \cdot Q}{n_{pumpe} \cdot n_{motor}} = \frac{16 \cdot 10^5 \cdot 565}{0,631 \cdot 0,78 \cdot 3600} = \mathbf{510kW}$$

Ved normal drift skal pumpe auke trykket frå 14bar til 23bar.

Tar ein med trykktap og høgdemeter vert trykkauke: $23 + 0,475 \cdot 14 - 1,19 = 8,29\text{bar}$

Trykktap gjennom målestasjonen er ikkje kjent for gruppa.

Ein kan då gjere eit overslag på driftskostnad ved normal drift:

$$P = \frac{8,29 \cdot 10^5 \cdot 565}{0,631 \cdot 0,78 \cdot 3600} = \mathbf{264,3kW}$$

Ved kontinuerlig drift vert effekt forbruket: $264300W \times 8760 \text{ timer/år} = 2\,315\,268\text{kWh/år}$.

Med ein energi kostnad på 20 øre/kWh, vert kostnaden: 463053kr/år.

Nå verdien av denne kostnaden i 20 år blir:

$$E = \frac{e}{i} \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+i)^n}\right) = \frac{463053}{0,05} \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+0,05)^{20}}\right) = \mathbf{5\ 770\ 663\ kr}$$

Det som har størst utslag for økonomien er verknadsgrad for pumpa og motor.

At pumpa er utstyrt med variabel hastigheitskontroll, vil også bidra til meir økonomisk drift.

I kapittel 9.4, fann ein at ved å auke røyr diameter mellom pumper og målestasjonen, så ville trykktapet reduserast frå 0,33 bar til 0,063 bar.

Ved å bruke formel for pumpe effekt, kan ein finna kor mykje energi som trengs for å kompensera for forskjell i trykktap på 0,267 bar.

$$P = \frac{\Delta p \cdot Q}{n_{pumpe} \cdot n_{motor}} = \frac{0,267 \cdot 10^5 \cdot 565}{0,631 \cdot 0,78 \cdot 3600} = \mathbf{8514W}$$

Ved kontinuerlig drift vert effekt forbruket: 8514W x 8760 timer/år = 74 582,6 kWh/år.

Med ein energi kostnad på 20 øre/kWh, vert kostnaden: 14916 kr/år.

Nå verdien av denne kostnaden i 20 år blir:

$$E = \frac{e}{i} \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+i)^n}\right) = \frac{14916}{0,05} \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+0,05)^{20}}\right) = \mathbf{185\ 886\ kr}$$

Her ser ein at summen mest sannleg ikkje er større enn kva ekstra kostnaden ville vert om ein hadde auka røyr dimensjonen til 14" mellom pumpe og målestasjonen.

Dette er ein indikasjon på at røyr dimensjonen som er valt er optimal, og at valt diameter er i botn av levetid kost kurva på (Figur 37).

12 Oppsummering og konklusjonar

Det har vore interessant å jobbe med hovudoppgåva. Ein del nye problemstillingar dukkar opp etter kvart som ein begynner å studera dei enkelte fagområda knytt til olje eksport systemet. Tida strekk ikkje til for å kunne jobbe grundig nok med alt som låg i oppgåva. Ved å begrensa omfanget til hovudlinja ut frå separator til og med eksport pumpene, fekk me god kontroll på kva som måtte gjerast.

Gruppa hadde eit ynskje om å gå djupare i temaet optimal røyrføring for å kunne redusera kostnadane på systemet, men dette viste seg å bli for arbeidskrevjande innanfor disponibel tid. Eit 3D modeleringsverktøy vil vera sentralt for å avdekka mulige problem med røyrføringa.

Utgreiing av trykktap og veggtykkleik på trykksida er tatt inn i oppgåva for å være samanlikningsgrunnlag for det ein fann på sugedia av pumpene.

Rapporten tar for seg om valt røyrdimensjon er optimal. I eksportsystemet har ein valt 14" røyr på sugesida, og 10" røyr på trykk sida. Rapporten viser at trykktapet på sugesida og trykksida er høvesvis ca. 0,12 bar og 0,33 bar. Ved å samanlikna trykktap med 14" røyr på trykksida finn ein at tapet ville vorte 0,063 bar. Trykkdifferansen 0,265 bar, representerer eit tap i forbrukt energi for pumpene. Rapporten indikerer at kostnaden ved gå opp ein størrelse i røyrdimensjonen på trykksida mest sannsynlig kostar meir enn det ein ville spart i driftsutgifter i pumpas levetid. Konklusjonen vert at valt røyrdimensjonar er optimal.

Rapporten viser også at veggtykkleik på sugesida er noko overdimensjonert i forhold til trykksida. Det kan vere fleire grunnar for dette som gruppa ikkje kjenner til. Kværner opplyste at påsveiste flensar var den dimensjonerande faktor. Dette viser også rapporten. Det er likevel ikkje noko grunn til å anbefale endra veggtykkleik i og med at spart produksjonskost mest sannsynleg ikkje er større enn ekstrakostnad med re-engineering og utarbeiding av nye stress analysar.

Stressanalyse utført av gruppa i Triflex mellom separator og pumpene, viser at supportane er plassert hensiktsmessig, og at stress er jamt fordelt utover røyrsystemet.

Røyrstøttene som er utført i Lean Duplex har ein PRE verdi som er under 40. Sidan dei er utsatt for sjøvotn bør dei malast for å unngå korrosjon.

Etter det gruppa kan sjå er Super Duplex det beste valet i eksportsystemet på Eldfisk 2/7S. Denne material typen har dei eigenskapane som krevst i dette miljøet røyra skal stå i.

Varmebehandlinga av røyra er svært sentral når det gjeld Super Duplex. Det er viktig å følge alle prosedyrar for å unngå problem seinare, spesielt med tanke på korrosjon.

13 Referansar

- PM International. (2012). Henta september 30, 2012 frå
http://www.pmfirfirst.com/super_duplex.php
- ConocoPhillips. (2012, August). *Eldfisk II side 2*. Henta September 17, 2012 frå
<http://viewer.zmags.com/publication/5d674063#/5d674063/2>
- ConocoPhillips. (2012, August). *Eldfisk II side 4*. Henta September 17, 2012 frå
<http://viewer.zmags.com/publication/5d674063#/5d674063/4>
- ConocoPhillips. (2012, August). *Eldfisk II side 6*. Henta September 17, 2012 frå
<http://viewer.zmags.com/publication/5d674063#/5d674063/6>
- ConocoPhillips. (u.d.). *www.ConocoPhillips.no*. Henta November 10, 2012 frå
<http://viewer.zmags.com/publication/5d674063#/5d674063/8>
- Devold, H. (2010). *Oil and gas production handbook, s13-14*. Henta September 17, 2012 frå
[http://www05.abb.com/global/scot/scot267.nsf/veritydisplay/8bbb528736c5fced85257713004531cf/\\$file/Oil%20and%20gas%20production%20handbook%20ed2x3web.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot267.nsf/veritydisplay/8bbb528736c5fced85257713004531cf/$file/Oil%20and%20gas%20production%20handbook%20ed2x3web.pdf)
- Devold, H. (2010). *Oil and gas production handbook, s89*. Henta September 17, 2012 frå
[http://www05.abb.com/global/scot/scot267.nsf/veritydisplay/8bbb528736c5fced85257713004531cf/\\$file/Oil%20and%20gas%20production%20handbook%20ed2x3web.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot267.nsf/veritydisplay/8bbb528736c5fced85257713004531cf/$file/Oil%20and%20gas%20production%20handbook%20ed2x3web.pdf)
- DNV. (2008, Oktober). *Recommended Practice DNV-RP-D101, Kap. 2.2.4*. Henta November 2012
frå http://exchange.dnv.com/publishing/codes/toc_edition.asp
- DNV. (2008, Oktober). *Recommended Practice DNV-RP-D101, Kap. 2.4.3*. Henta September 2012
frå http://exchange.dnv.com/publishing/codes/toc_edition.asp
<http://www.statoil.com>. (u.d.).
- Kannelønning, L. (2012, April 3). Formlar og tabellar. Høgskolen Stord/Haugesund.
- PG-pump solution. (2012). *Funksjonsbeskrivelse ER306*. PG pump solutions.
- Standard.no. (2012). *NORSOK L-002*. Henta November 2012 frå
<http://www.standard.no/en/Sectors/Petroleum/NORSOK-Standard-Categories/L-Piping--Layout/L-0021/>
- The metal casting. (2012). *www.themetalcasting.com*. Henta Oktober 2012 frå
<http://www.themetalcasting.com/peening-process.html>
- Tveit, A. (2010). Industriell materialteknologi II, Kap. 1.
- Tveit, A. (2010). *Industriell materialteknologi II, Kap. 1.1*.
- Tveit, A. (2010). Industriell materialteknologi II, Kap. 1.2.
- Tveit, A. (2010). Industriell materialteknologi II, Kap. 1.2.1.
- Tveit, A. (2010). *Industriell meterialteknologi I Kap. 10.4*. Stord.
- Tveit, A. (2010). Rørkonstruksjon I - Regler og beregningar, Kap. 4.
- Tveit, A. (2012). *Duplexstål-utfordringer NS415*. Stord: Audun Tveit.
- Tveit, A. (2012, Januar). *Rørteknologi I - Regler og beregninger, Rørtdimensjonering s1*.
- Tveit, A. (2012, Januar). *Rørteknologi I - Regler og beregninger, Rørtdimensjonering s25*.
- Tveit, A. (2012, November 11). Sour service NS415.
- Vrålid, B. (2012, 02 25). Pipe support. Stord, Hordaland, Norge.
- Vrålid, B. (u.d.). Pipe support.

Vedlegg A. Oversikt rørlengder og tap

Hovudlinje frå separator til tilkopling målestasjon

	Tapsfaktor, kT:		0,4	0,2	0	0,1	0,9	0,2	0,2	1
Iso nummer	Innvendig røyrdiam. (mm)	Lengde (mm)	Bend 90	Bend 45	Reduksjon kon	T-røyr (gjennom)	T-røyr (avgreining)	T-røyr (tilløp inn)	Sluse ventil	Tilbakeslag ventil
4300014-430-0001-P40-B	336,54	1495	1		1	1				
4300001-P40-SH1	336,54	2029	1			1				
4300001-P40-SH2	336,54	3718	0			2			1	
4300001-P40-SH3	336,54	3672	1			2				
4300020-430-0001-P30	336,54	11759	2	1	0	0	0	0	0	
430-0001-P30-SH1	336,54	1536								
430-0001-P20-SH1	336,54	7919	0	2	0	0				
4300003-430-0001-P10	336,54	2167	1							
4300008-430-0001-P10	336,54	8385	2	2		0	0	1		
4300009-430-0001-P10	336,54	902							1	
4300010-430-0001-P10	336,54	2237	1			3				
4300013-430-0001-P10	336,54	4064	1	1	1					
4300041-430-0001_P10-B (p.nr.2)	307,14	2440	1							
Sum		52323	11	6	2	9	0	1	2	0
		Sum kT:	4,4	1,2	0	0,9	0	0,2	0,4	0
Frå pumpe 2 til målestasjon:								Sum		
								Sum	kT:	7,1
430-0002-P10 -SH1	206,4	1574	1		-1					
430-0002-P10 -SH1	260,4	11344	4							
430-0002-P10 -SH2	260,4	3151	1			1				0
430-0002-P10 -SH3	260,4	6024	3			3				
430-0002-P10 -SH4	260,4	3182	1			1				1
430-0002-P10 -SH5	260,4	3778	1				1		1	
430-0002-P10-SH9 (siste før målestasjon)	260,4	12723	4	0						
Sum		41776	15	0	-1	5	1	0	1	1
		Sum kT:	6	0	0	0,5	0,9	0	0,2	1
								Sum	kT:	8,6

Vedlegg D. ASME B16.5 Tabell 2-2.8

Tillat arbeidstrykk for røyr flensar:

ASME B16.5a-1998

PIPE FLANGES AND FLANGED FITTINGS

(a)

TABLE 2-2.8 RATINGS FOR GROUP 2.8 MATERIALS

Nominal Designation	Forgings	Castings	Plates
20Cr-18Ni-6Mo	A 182 Gr. F44	A 351 Gr. CK3MCuN	A 240 Gr. S31254
22Cr-5Ni-3Mo-N	A 182 Gr. F51 (1)		A 240 Gr. S31803 (1)
25Cr-7Ni-4Mo-N	A 182 Gr. F53 (1)		A 240 Gr. S32750 (1)
24Cr-10Ni-4Mo-V		A 351 Gr. CE8MN (1)	
25Cr-5Ni-2Mo-3Cu		A 351 Gr. CD4MCu (1)	
25Cr-7Ni-3.5Mo-W-Cb		A 351 Gr. CD3MWCuN (1)	
25Cr-7Ni-3.5Mo-N-Cu-W	A 182 Gr. F55 (1)		A 240 Gr. S32760 (1)

NOTE:

(1) This steel may become brittle after service at moderately elevated temperatures. Not to be used over 600°F.

WORKING PRESSURES BY CLASSES, psig

Class Temp., °F	150	300	400	600	900	1500	2500
-20 to 100	290	750	1000	1500	2250	3750	6250
200	260	720	960	1440	2160	3600	6000
300	230	665	885	1330	1995	3325	5540
400	200	615	820	1230	1845	3070	5120
500	170	575	770	1150	1730	2880	4800
600	140	555	740	1115	1670	2785	4640
650	125	550	735	1100	1650	2750	4580
700	110	540	725	1085	1625	2710	4520
750	95	530	710	1065	1595	2660	4430

Vedlegg E. ASME B31.3 Tabell A-1

Table A-1 Basic Allowable Stresses in Tension for Metals¹ (Cont'd)
 Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Material	Spec. No.	P-No. or S-No. (5)	Grade	UNS No.	Notes	Min. Temp., °F (6)	Specified Min. Strength, ksi		Min. Temp. to 100	200	300	400	500	600
							Tensile	Yield						
Stainless Steel (3)(4a) (Cont'd)														
Pipes and Tubes (2) (Cont'd)														
18Cr-8Ni tube	A 269	8	TP304	S30400	(14)(26)(28)(31)(36)	-425	75	30	20.0	20.0	20.0	18.6	17.5	16.6
18Cr-8Ni pipe	A 312	8	TP304	S30400	(26)(28)	-425	75	30	20.0	20.0	20.0	18.6	17.5	16.6
Type 304 A 240	A 358	8	304	S30400	(26)(28)(31)(36)	-425	75	30	20.0	20.0	20.0	18.6	17.5	16.6
18Cr-8Ni pipe	A 376	8	TP304	S30400	(20)(26)(28)(31)(36)	-425	75	30	20.0	20.0	20.0	18.6	17.5	16.6
18Cr-8Ni pipe	A 376	8	TP304H	S30409	(26)(31)(36)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	18.6	17.5	16.6
18Cr-8Ni pipe	A 409	8	TP304	S30400	(26)(28)(31)(36)	-425	75	30	20.0	20.0	20.0	18.6	17.5	16.6
18Cr-8Ni pipe	A 312	8	TP304H	S30409	(26)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	18.6	17.5	16.6
18Cr-10Ni-Mo	A 451	8	CP8M	J92900	(26)(28)	-425	70	30	20.0	20.0	18.9	17.0	15.8	15.0
20Cr-Cu tube	A 268	10	TP443	S44300	(35)	-20	70	40	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3
27Cr tube	A 268	10I	TP446	S44600	(35)	-20	70	40	23.3	23.3	22.5	21.9	21.5	20.9
24Cr-9Ni-N	A 451	8	CPE 20N	...	(35)(39)	-325	80	40	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7
23Cr-4Ni-N	A 789	10H	...	S32304	(25)	-60	87	58	29.0	27.9	26.1	24.7	22.9	19.2
23Cr-4Ni-N	A 790	10H	...	S32304	(25)	-60	87	58	29.0	27.9	26.1	24.7	22.9	19.2
12 $\frac{3}{4}$ Cr	A 426	6	CPCA-15	J91150	(10)(35)	-20	90	65	30.0	...	...	...	...	...
22Cr-5Ni-3Mo	A 789	10H	...	S31803	(25)	-60	90	65	30.0	30.0	28.9	27.8	27.2	26.9
22Cr-5Ni-3Mo	A 790	10H	...	S31803	(25)	-60	90	65	30.0	30.0	28.9	27.8	27.2	26.9
26Cr-4Ni-Mo	A 789	10H	...	S32900	(25)	-20	90	70	30.0	...	...	...	...	...
26Cr-4Ni-Mo	A 790	10H	...	S32900	(25)	-20	90	70	30.0	...	...	...	...	...
25Cr-8Ni-3Mo-W-Cu-N	A 789	S-10H	...	S32760	(25)	-60	109	80	36.3	35.9	34.4	34.0	34.0	34.0
25Cr-8Ni-3Mo-W-Cu-N	A 790	S-10H	...	S32760	(25)	-60	109	80	36.3	35.9	34.4	34.0	34.0	34.0
25Cr-7Ni-4Mo-N	A 789	10H	...	S32750	(25)	-20	116	80	36.3	36.3	34.8	34.0	33.9	33.9
25Cr-7Ni-4Mo-N	A 790	10H	...	S32750	(25)	-20	116	80	36.3	36.3	34.8	34.0	33.9	33.9
24Cr-17Ni-6Mn-4 $\frac{1}{2}$ Mo-N	A 358	S-8	...	S34565	(36)	-325	115	60	38.3	38.1	35.8	34.5	33.8	33.2
Plates and Sheets														
18Cr-10Ni	A 240	8	305	S30500	(26)(36)(39)	-325	70	25	16.7	...	...	...	...	...
12Cr-Al	A 240	7	405	S40500	(35)	-20	60	25	16.7	15.3	14.8	14.5	14.3	14.0
18Cr-8Ni	A 240	8	304L	S30403	(36)	-425	70	25	16.7	16.7	16.7	15.8	14.7	14.0
16Cr-12Ni-2Mo	A 240	8	316L	S31603	(36)	-425	70	25	16.7	16.7	16.7	15.7	14.8	14.0
18Cr-Ti-Al	A 240	...	X8M	...	(35)	-20	65	30	20.0	...	...	...	...	...
18Cr-8Ni	A 167	S-8	302B	S30215	(26)(28)(31)(36)(39)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	18.6	17.5	16.6
18Cr-Ni	A 240	8	302	S30200	(26)(36)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	18.6	17.5	16.6
13Cr	A 240	7	410S	S41008	(35)(50)	-20	60	30	20.0	18.4	17.8	17.4	17.2	16.8
13Cr	A 240	6	410	S41000	(35)	-20	65	30	20.0	18.4	17.8	17.4	17.2	16.8

Vedlegg F. ASME B36.10M Røyrdimensjonar

Tilgjengelige røyr dimensjonar.

Outokumpu 2507

Process pipes ASME B36.10M available dimensions

DN mm	NPS	OD mm	Schedule																			
			10	20	30	40	60	80	100	120	140	160	XXS									
10,00	3/8	17,10	1,65																			
15,00	1/2	21,30	2,11		2,41	2,77																
20,00	3/4	26,70	2,11		2,41	2,87		3,91														
25,00	1	33,40	2,77		2,90	3,38		4,55														
32,00	1 1/4	42,20	2,77		2,97	3,56		4,85														
40,00	1 1/2	48,30	2,77		3,18	3,68		5,08														
50,00	2	60,30	2,77		3,18	3,91		5,54														
65,00	2 1/2	73,00	3,05		4,78	5,16		7,01														
80,00	3	88,90	3,05		4,78	5,49		7,01														
100,00	3 1/2	101,60	3,05		4,78	5,74		8,08														
100,00	4	114,30	3,05		4,78	6,02		8,56														
125,00	5	141,30	3,40			6,55		9,53														
150,00	6	168,30	3,40			7,11		10,97														
200,00	8	219,10	3,76	6,35	7,04	8,18	10,31	12,70	15,09	18,26												
250,00	10	273,00	4,19	6,35	7,80	9,27	12,70	15,09	18,26	21,44	25,40	28,58	25,40									
300,00	12	323,90	4,57	6,35	8,38	10,31	14,27	17,48	21,44	25,40	28,58	33,32	25,40									
350,00	14	355,60	6,35	7,92	9,53	11,13	15,09	19,05	23,83	27,79	31,75	35,71	25,40									
400,00	16	406,40	6,35	7,92	9,53	12,70	16,66	21,44	26,19	30,96	36,53	40,49	25,40									
450,00	18	457,00	6,35	7,92	11,13	14,27	19,05	23,83	29,36	34,93	39,68	45,24	25,40									
500,00	20	508,00	6,35	9,53	12,70	15,09	20,62	26,19	32,54	38,10	44,45	50,01	25,40									
550,00	22	559,00	6,35	9,53	12,70		22,23	28,58	34,93	41,28	47,63		25,40									
600,00	24	610,00	6,35	9,53	14,27	17,48	24,61	30,96	38,89	46,02			25,40									
	26	660,00	7,92	12,70					30,96	38,10	41,28	44,45	50,80	25,40								
700,00	28	711,00	7,92	12,70	15,88				30,96	38,10	41,28	44,45	50,80	25,40								
	30	762,00	7,92	12,70	15,88				30,96	38,10	41,28	44,45	50,80	25,40								
800,00	32	813,00	7,92	12,70	15,88	17,48			30,96	38,10	41,28	44,45	50,80	25,40								
	34	864,00	7,92	12,70	15,88	17,48			30,96	38,10	41,28	44,45	50,80	25,40								
900,00	36	914,00	7,92	12,70	15,88	19,05																
	38	965,00	7,97	14,27	15,88	17,48	19,05															
1000,00	40	1016,00	7,92	14,27	15,88	17,48	19,05															
	42	1067,00	11,13	14,27	15,88	17,48	19,05															
1100,00	44	1118,00	11,13	14,27	15,88	17,48	19,05															
	46	1168,00	11,13	14,27	15,88	17,48	19,05															
1200,00	48	1219,00	11,13	14,27	15,88	17,48	19,05															
	52	1321,00	11,13	14,27	15,88	17,48	19,05															
	54	1372,00	11,13	14,27	15,88	17,48	19,05															
	56	1422,00	11,13	14,27	15,88	17,48	19,05															
	60	1524,00	11,13	14,27	15,88	17,48	19,05															
	64	1626,00	11,13	14,27	15,88	17,48	19,05															
	68	1727,00	11,13	14,27	15,88	17,48	19,05															
	72	1829,00	11,13	14,27	15,88	17,48	19,05															
	76	1930,00	11,13	14,27	15,88	17,48	19,05															
	80	2032,00	11,13	14,27	15,88	17,48	19,05															

Represent standard dimension, normally kept in stock
 Dimension available on request

Vedlegg G. P&ID

4 stk P&ID av eksportsystemet (Sjå vedleggs hefte)

Vedlegg H. ISO teikningar

16 stk ISO teikningar av hovudlinja frå separator til pumper (Sjå vedleggs hefte)

Vedlegg I. Stress ISO

6 stk Stress ISO teikningar av hovudlinja frå separator til pumper (Sjå vedleggs hefte)

Vedlegg J. Triflex stressanalyse case 1

Triflex stressanalyse ved normalt operasjons trykk (Sjå vedleggs hefte)

Vedlegg K. Triflex stressanalyse case 2

Triflex stressanalyse ved operasjons design trykk (Sjå vedleggs hefte)