

Dokument Tittel:

**Utredning om tekniske utfordringer knyttet til transport, mottak og disponering
av betonginnretninger ved land – OD prosjektnr. 105801**

	Prosjektnummer	Arkiv kode
AFDO	6001 116	6001 116

Innhold

1	Sammendrag	4
2	Innledning.....	6
3	Demontering av overbygning	8
4	Heve/løsne innretning.....	10
5	Slep, transport og oppankring	11
5.1	Generelt	11
5.2	Miljømessige forhold	12
5.3	Trasé	12
5.4	Slep.....	13
6	Hovedscenario	14
7	Scenarier for fjerning/oppdeling/gjenvinning	18
7.1	Scenario 1: Tørrdokk.....	20
7.2	Scenario 2: Kunstig land	26
7.3	Scenario 3: Ombruk som brufundament.....	32
7.4	Scenario 4: Kunstig rev	35
7.5	Tilrigging for riving.....	39
7.6	Ballasteringssystemer i dypvannsfase	42
7.7	Riveprosess.....	43
7.8	Fjerning og behandling av innhold i cellene, samt rengjøring av lagercellene	55
7.9	Demoleringsmetoder for armeringsjern og betong.....	60
7.10	Fjerning og disponering av marin begroing	65
8	Mulige steder å ta innretninger til land.....	67
8.1	Vurdering.....	67
8.2	Åndalsnes	69

8.3	Stord	73
8.4	Vats.....	78
8.5	Ålfjorden/Dommersnes	83
8.6	Lyngdal.....	88
8.7	Tørrdøkk.....	93
9	Risikoanalyse.....	103
9.1	Generell risikoanalyse	103
9.2	Miljørisiko	105
10	Konklusjon	106
11	Anbefaling av videre studier	107
12	Referanser.....	108
13	Vedlegg	109
	Vedlegg 01 - The sinking of the Sleipner A offshore platform.....	110
	Vedlegg 02 - Statfjord A – Draft During Decommissioning.....	112
	Vedlegg 03 - Sleperuter og disponeringsanlegg for Statfjord A	132

Definisjoner

AFDO	AF Decom Offshore
OD	Oljedirektoratet
TS	Topside (overbygning)
GBS	Gravity Based Substructure (betonginnretning som står på havbunnen)
GM	Metacentric height (metasenterhøyde)
LNG	Liquefied Natural Gas (flytende naturgass)
CONDEEP	Concrete Deep Water Structure (dypvannskonstruksjon av betong)

1 Sammendrag

AF Decom Offshore AS (AFDO) har på vegne av Oljedirektoratet utført et studie som har til hensikt å belyse gjennomførbarhet ved transport og riving av store betonginnretninger som har vært i operasjon i norsk sektor av Nordsjøen. Studiet har et begrenset timeverksomfang og vil fokusere på noen viktige trekk ved slike operasjoner for å kunne belyse teknisk gjennomførbarhet i å ta slike konstruksjoner til land etterfulgt av riving og gjenvinning av konstruksjonsmaterialer.

Rapporten vil på denne bakgrunn beskrive ulike scenarier for hvordan hele eller deler av betonginnretningen skal hugges opp eller anvendes til andre formål.

Det er en forutsetning for studiet å ta utgangspunkt i Staffjord A-innretningen som består av et betonginnretning av typen Condeep, og en integrert overbygning som veier over 50 000 tonn i operativ tilstand. Betonginnretningen består av en fundamentdel med 19 celler og 3 skaft til bæring av overbygningen. Det er i alt ca 92 000 m³ betong og ca 23 000 tonn armeringsstål i betonginnretningen. Det er tilført ytterligere 530 m³ betong for overstøping av ballastrør. Boreskaftene inneholder ca 6 000 tonn borkaks som må fjernes. Det må vurderes om fjerning kan skje offshore og om borkaksen kan plasseres på sjøbunnen.

Parallelt med gjennomføringen av dette studiet er det utført et studie på fjerning av overbygningen på offshore lokasjonen. Dette studiet utføres av AF Decom Offshore AS på oppdrag fra Statoil, og det er her lagt til grunn at hele overbygningen fjernes offshore. AFDO vurderer dette som det mest sannsynlige scenariet og har lagt dette til grunn også i den herværende studien.

Samtidig med utarbeidelse av denne rapporten er Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) i gang med et studie som har til hensikt å se på miljøkonsekvenser i forbindelse med fjerning av betonginnretning. Konklusjoner og anbefalinger fra Klifs studie var ikke kjent ved utarbeidelsen av foreliggende rapport.

I herværende studie er det lagt vekt på å se på de viktigste arbeidsoperasjonene ved transport, oppdeling og gjenvinning, samt tilhørende fasiliteter og utstyr. Disse er:

- Slep fra offshore lokasjon til dypvannssted i et beskyttet fjordsystem.
- Mulige lokasjoner for dypvannssted
- Scenarier for riving, hel eller delvis gjenvinning
- Rivemetoder og utstyr
- Tørrdokker
- Knusing og gjenvinning av konstruksjonsmaterialer

Denne studien har et begrenset timeverksbudsjett og vil følgelig ikke kunne belyse detaljer i gjennomføringen av slep og riving, og heller ikke konsekvenser i tid og kostnader. Kostnadskalkyle og tidsplanlegging for et så stort prosjekt er omfattende oppgaver og må gjøres til gjenstand for særskilte studier i en senere fase. I tillegg er det viktig å se nærmere på markedsmessige aspekter i forbindelse med omsetning av store mengder knust betong og gjenvinning av armeringsjern.

Det eksporteres årlig ca 17 mill. tonn pukk fra Norge til kontinentet og det antas at sluttproduktet skal tilfredsstille de fysiske og kjemiske egenskapene som stilles til en slik salgsvare.

Det er gjort en vurdering av de miljømessige forhold ved ilandføring og gjenvinning av betonginnretningene i Nordsjøen, først og fremst med hensyn til arealbruk, støv, støy og utslipp ved ulike metoder. Utslipp av olje og andre stoffer vil kun å ha relevans i forhold til uhellsutslipp. Riving av en betonginnretning vil ha ulike miljøeffekter ved anvendelse av forskjellige metoder, men ingen vil ha konsekvenser for naturmangfoldet. Arealbeslaget i fjordområdene er midlertidig. Det finnes kjente arbeidsmetoder og teknologi som kan tas i bruk for å unngå negative miljøeffekter av virksomheten.

Rapporten inkluderer en analyse av de 10 mest sentrale risikoelementer ved gjennomføringen av et slikt prosjekt. Hensikten med denne er å rette oppmerksomhet på forhold som må tiltrekke spesiell oppmerksomhet i alle forberedende faser til selve gjennomføringen, ref. kapittel 9.

Det anses realistisk at betonginnretningen kan frigjøres fra sjøbunn på offshorelokasjon. Under forutsetning av at overbygningen helt eller delvis er fjernet, er det teknisk gjennomførbart å slepe installasjonen inn til et beskyttet dyppvannssted.

Riving av de høye skaftene på en Condeep er fullt mulig å gjennomføre på en kontrollert måte. Det er påkrevet med mobilisering av flytende tungløftfartøy, for eksempel shearlegs og spesielt store tårnkraner for å løfte tunge seksjoner som blir skåret løs fra skaftene.

En av de aller største utfordringene ligger i å rive øvre kuleskall med tilhørende ringbjelke. Her må oppgaven løses ved å anvende kombinasjoner av ulike rivemetoder.

En annen krevende oppgave og som må underlegges detaljert planlegging, er å rense lagercellene for resterende hydrokarboner. Forurensning i betongen må fjernes slik at demolering og senere knusing av betongen kan foregå på en miljømessig forsvarlig måte. Forurensninger må også fjernes i en slik grad at det muliggjør gjenvinning.

Det er en stor og meget omfattende oppgave å rive celleveggene. Det store arealet vil kreve flere angrepspunkter for å kunne oppnå en fornuftig fremdrift. Celleveggene kan rives ved å skjære ut store elementer som løftes ut med tårn- eller flytekranner.

Det er grunn til å understreke betydningen slike prosjekter vil ha for norsk industrivirksomhet generelt og industrien i lokalsamfunn som blir involvert. Knuste materialer vil kunne eksporteres for å dekke materialbehov på kontinentet. Arbeidene vil kunne gi mange arbeidsplasser i lokalsamfunn.

2 Innledning

AFDO har på vegne av Oljedirektoratet utført et studie som har til hensikt å belyse gjennomførbarhet ved transport og riving av store betonginnretninger som har vært i operasjon i norsk sektor av Nord-sjøen. Studiet har et omfang på 400 timer, og må følgelig begrenses til å se på noen viktige trekk ved slike operasjoner.

Følgende selskaper har vært involvert og bidratt til denne rapporten:

- AF Decom Offshore AS: Prosjektansvarlig, scenarier, metoder og utstyr for rengjøring av lagringsceller
- AF Decom AS: Metoder og utstyr for riving av betong
- BA Gjenvinning AS: Metoder og utstyr for gjenvinning av betong og stål
- Intermoor AS: Slep av betonginnretning til potensielle oppankringsplasser
- Dr.techn. Olav Olsen AS: Vurdering av flytestabilitet og dypgående i ulike faser av rivearbeidet
- Sivilingeniør Eivind Wolff: Verifikasjon og risikoanalyse

Rapporten tar utgangspunkt i følgende forutsetninger:

1. Slep av betonginnretning defineres fra tiden etter at innretningen er bragt i flytende tilstand offshore, og inspeksjon av innretning med vekt- og stabilitetskontroller er utført. Innretningen er videre deballastert til slepedyppgang, nødvendig utstyr er montert, slepebåtene er koblet på og kontrollen over plattformssystemer er overført til lederbåten. Det antas at de gamle slepefestene kan brukes eller er skiftet ut. Samme slepekonfigurasjon som under utslep kan da være mulig å benytte. Innretningen antas å være ubemannet under slepet.
2. Overbygningen forutsettes fjernet offshore.
3. Vannballasteringsystemer i celler og skaft er operative og benyttes under reflyting, slep og operasjoner ved land. Disse systemene er enten permanente eller temporære.
4. Mekanisk utrustning i skaftene fjernes inshore.
5. Fjerning av hydrokarboner i rørsystemer er utført før reflyting.
6. Olje/vokslag og sedimenter i cellene fjernes inshore.
7. Fast ballast fjernes inshore.
8. Innretningen slepes til dypvannsted og forankres i klargjorte ankerfester.
9. Rivearbeider foregår på dypvannstedet ned til et nivå som er avhengig av hvilket scenario som velges for evt. videre arbeider med innretningen.
10. scenarier er beskrevet for videre arbeider med innretningen.

Arbeidet med studiet er utført i en kombinasjon av arbeidsmøter og individuelt arbeid blant deltagerne.

Det er avholdt 2 prosjektmøter innledningsvis med OD, samt et koordineringsmøte med Klif og OD for å få innsyn i arbeidsomfanget i de to studiene som utføres parallelt av Klif og AFDO.

3 Demontering av overbygning

Fjerning av overbygningen er gjort til gjenstand for et studie som utføres av AFDO i regi av Statoil /2/, og som skal rapporteres innen utgangen av 2011. Her er det gjort en forutsetning om at overbygningen skal fjernes offshore. Dekksrammen, eller deler av denne, kan imidlertid fungere som fundament for ulikt utstyr som trengs ifm forberedelser til slep og for lagring av generatorpakker til ballastpumper til trimming av stabilitet og dypgående under slep. Vekten av resterende dekkssamme vill måtte vurderes i forhold til stabilitet under slep.

Demontering av overbygninger er en miljø- og sikkerhetsmessig krevende oppgave. Mange overbygninger er av eldre dato og inneholder blant annet asbest som isolerende materiale, samt blyholdige apparater av ulike slag. Radioaktive avleiringer i prosessrør og prosessutstyr vil også forekomme. Dette må ivaretas i henhold til offentlige forskrifter, som det må tas hensyn til ved valg av metode og utstyr til fjerning.

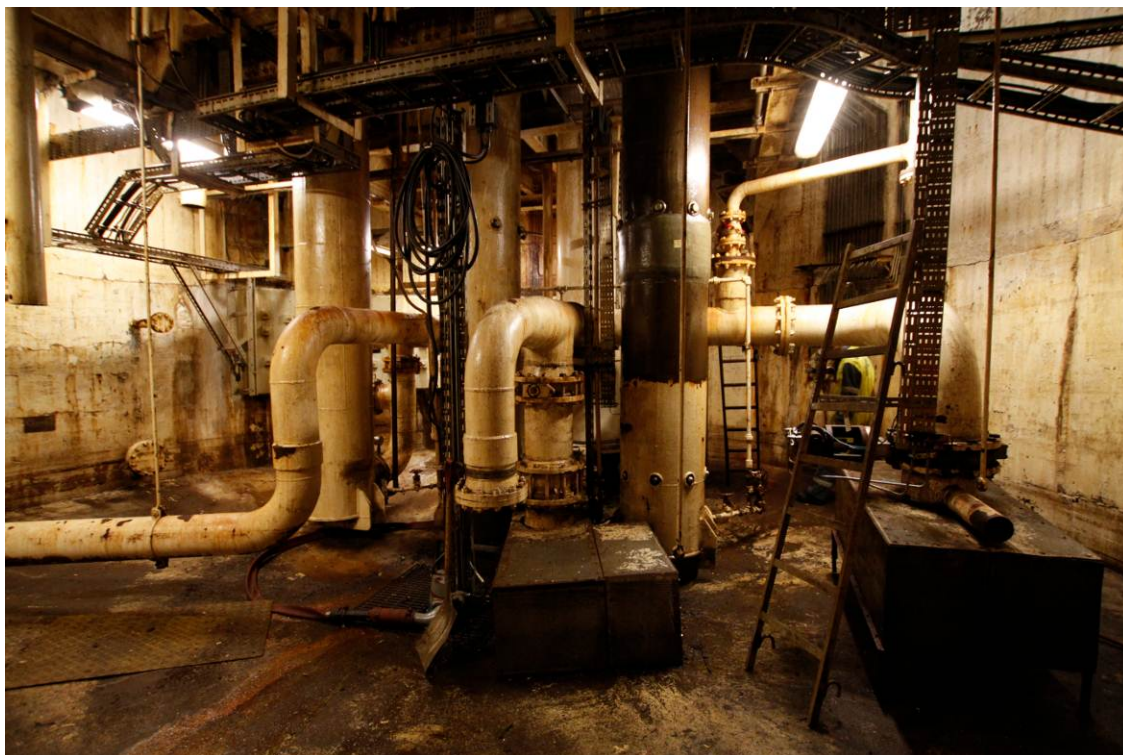
Her kan nevnes at demonteringen av overbygningen i alt vesentlig vil bli basert på "Piece Small", der modulene og bærekonstruksjoner klippes opp i små biter og fraktes til land i egnete containere.

Under reflyting, havslep og på dypvannssted ved land er det nødvendig å ha gode sikkerhetsmarginer for innretningens stabilitet. Det må antas at topplasten på alle Condeep-plattformen kan ha økt i løpet av levetiden. Dette er særlig tilfellet for Statfjord A. Spesielt under reflyting kan det være usikkerhet om hvordan stabiliteten kan bli påvirket ved en brå frigjøring fra sjøbunnen, løsnende understøpingsbetong, ujevn vektfordeling etc. Derfor antas at fjerning av topplast offshore også vil gjelde plattformen som er slept ut med ferdig overbygg.

I Statoilstudien er det lagt til grunn at hele overbygningen fjernes offshore. AFDO vurderer dette som det mest sannsynlige scenariet og har lagt det til grunn også i OD studien.

Foruten fjerning av hele overbygningen offshore, anses to andre alternativer for realistiske: 1) delvis fjerning offshore og resten inshore, og 2) minimal fjerning offshore, for å oppnå forsvarlig stabilitet, og deretter nedsenkning inshore til et minimalt fribord og avløfting av overbygningen i ett stykke på to lektere. Deretter full demontering av overbygningen i en tørrdokk eller annet egnet kai/fabrikkområde. Nedsenkningen vil innebære betydelige strukturelle påkjenninger på betongen samt en forhøyet risiko i tilfelle problemer med ballastsystemet, og anses derfor mindre attraktivt enn de andre alternativene.

AF Decom Offshore har gode erfaringer med å fjerne overbygning offshore. I tidsrommet 2005-2007 fjernet AFDO hele overbygningen på Ekofisktanken (2/4T), totalt 25 000 tonn, for ConocoPhillips uten uhell av noe slag.



Figur 1. Typisk utstyr på dekk i skaftene.



Figur 2. Typisk utstyr på dekk i skaftene.

4 Heve/løsne innretning

Det vises til Dr.techn. Olav Olsen's rapport "Disponering av betonginnretninger" hvor følgende siteres: "Maureen Alpha, en stål GBS med 3,4 m lange skjørt, er blitt fjernet fra britisk sektor med reflyting. Selv om mye er forskjellig fra Condeep'ene, vil mange av utfordringene når det gjelder geoteknikk, vekt og stabilitet, være de samme. Erfaringene fra denne operasjonen er derfor nyttig å ta med seg."

Som forarbeid til reflyting operasjonen må innretningens tilstand kartlegges. Dette omfatter blant annet en vurdering av strukturell tilstand og eventuelle skader som har oppstått. Det innebærer også en gjennomgang av mekanisk utstyr, med hva som er/kan bli funksjonelt for reflyting.

Reflytingsprosessen omfatter i hovedtrekk følgende steg:

1. Planlegging, inspeksjoner og tester
2. Offshore forberedelser; fjerning av borekaks og sedimenter, eventuell fjerning av deler av plattformdekket, tetting av conductoråpninger og andre åpninger, installering og testing av reflytingssystem.
3. Deballastering til nøytral oppdrift over en periode for å redusere effektive spenninger i Sjøbunnsmassene. Dette vil kreve dokumentasjon av stabilitet, risikovurdering, fastsettelse av værkriterier og beredskapsprosedyrer.
4. Hydraulisk jekking med vanntrykk og ytterligere deballastering til skjørtene er frigjort fra havbunnen. Dokumentasjonen av prosedyren må omfatte risiko for skade på konstruksjonen som igjen vil kunne påvirke gjennomførbarheten av det valgte scenario.
5. Deballastering til transportdyppgang før innretningen slepes til et beskyttet område hvor demonteringen skal foregå

Det er en rekke usikkerhetsmomenter knyttet til reflytingsoperasjonen. Størst betydning for vellykket reflyting har sannsynligvis beregning av uttrekksmotstanden til skjørtene og beregning av plattformvekten. I tillegg er det praktiske problemer som må løses, herunder tetting av conductor åpningene. Etter avløfting må skjørtene være uskadde nok til å tåle alle senere faser. Eventuelle skjevheter etter avløfting må identifiseres for å kunne vurdere risiko for eksempel progressiv kollaps ved nedsetting i dokk eller på sjøbunn.

Dr.techn. Olav Olsen's rapport "Disponering av betonginnretninger" gir en omfattende og grundig oversikt over det som må inkluderes i planer og prosedyrer, samt over de risikomomenter som må forebygges, for en reflyting.

AFDO mener derfor det er grunnlag for å konkludere at reflyting er krevende, men realistisk.

5 Slep, transport og oppankring

5.1 Generelt

Under slep skal alle rørledninger krysses vinkelrett slik at innretningen er så kort tid som mulig over rørledningene. Dette er i tilfelle oppdriften til innretningen skulle minke eller eventuell marin begroing løser fra den flytende innretningen og synker mot bunnen. Dette er ikke tegnet inn i detalj på alle steder hvor rutene krysser rørledninger.

Videre må andre havbunnsinnretninger kartlegges, og slepet gjennomføres slik at passasje over disse blir unngått.

Ved en gjennomføring av et slikt prosjekt må det gjøres en inspeksjon av havbunnen langs hele den valgte ruten for å få en mer detaljert oversikt over sleperuten og identifisere mulige faremomenter. En undersøkelse av mengden marin begroing og eventuell løs injeksjonsmasse under bunnen må også gjøres etter at innretningen flyter, men før selve slepet begynner. Det foreslås videofotografering av alle rørledninger som krysses før og etter passering for å dokumentere intakt kondisjon. Injeksjonsmasse vil kunne falle av under avløfting og slep. Dette kan påvirke stabilitet, plattformbevegelser, oppdrift og kryssende rørledninger.

Tillatte værforhold og slepehastighet for operasjonen må defineres. Ved de studerte kondisjoner utarbeidet av Dr.techn. Olav Olsen, ref. vedlegg 2 er øvre kuleskall over vann. Ref. Tabell 1 ser vi at tilstrekkelig stabilitet oppnås i Scenario 2 med vannlinje elevasjon på 62,8 meter. Det er i midlertid grunn til å vurdere stabilitet under oppflytning like før toppen av domene bryter vannlinjen.

Slepehastighet må tilpasses de rådende bølge og vind forhold. Slepeoperasjonen vil ta flere dager, og dårlig vær kan dukke opp underveis. Det er nødvendig å planlegge korrigerende tiltak hvis været blir dårligere enn det tillatte, for å unngå at innretningen skades eller at slepet mister kontroll. Slepemå planlegge for ekstra ballastering eventuelt også gå til nødhavn. Bruk av innretningens permanente systemer vil kreve dokumentasjon av driftssikkerhet og risiko for lekkasjer. Evt. krav om reservesystemer må vurderes i denne forbindelse.

5.2 Miljømessige forhold

I dette kapitlet vurderes de miljømessige forhold under slep og oppankring av betonginnretning.

Det anses som lite sannsynlig at betonginnretningen i seg selv vil bidra til forurensning i form av utslipp. Muligheter for uhellsutslipp fra slepefartøy og andre involverte fartøy er til stede, men ikke utover hva som er normalt for vanlig sjøtrafikk.

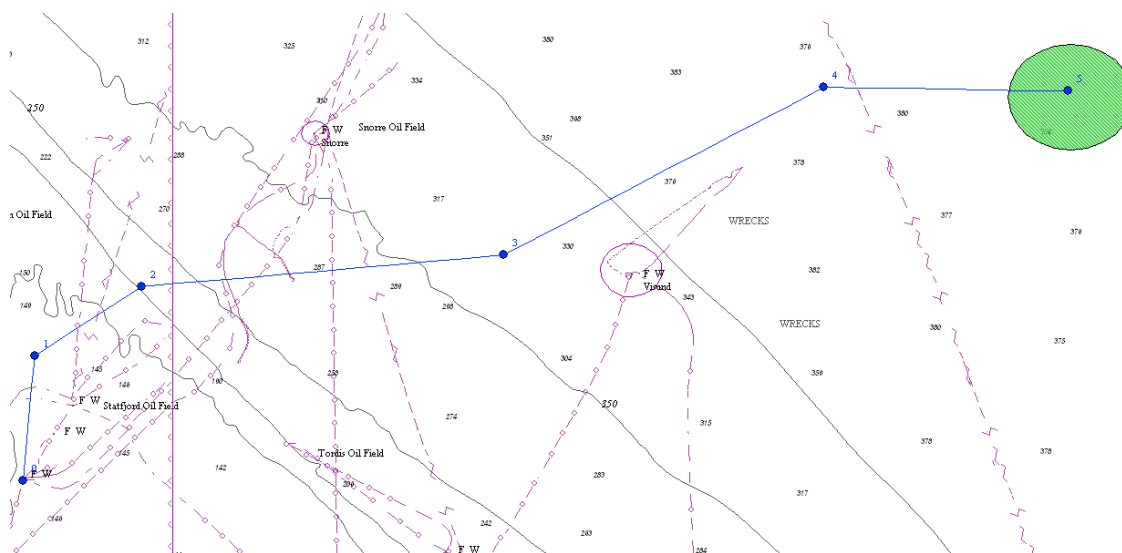
Noe marin begroing må forutsettes å løsne under slepet av innretningen. Dette anses ikke å være av betydning i miljømessig sammenheng, da begroingen (som under normale omstendigheter ikke vil være forurenset) vil fortynnes kraftig og dessuten havner tilbake i det naturmiljøet det kommer fra.

Bruk av fortøyningsfester langs land anses ikke å representere miljømessige utfordringer, men kan begrense mulighetene for fiske samt rekreasjon i disse områdene.

5.3 Trasé

Det er foreslått en felles rute fra Staffjord A og ut av feltet til et knutepunkt. Knutepunktet er skravert inn som en grønn sirkel i Figur 3. Alle sleperutene tar utgangspunkt i dette knutepunktet før de går inn mot kysten.

Denne første ruten er definert slik at innretningen kommer raskest mulig bort fra andre plattformer, samtidig som antall kryssinger av rørledninger er gjort til et minimum. Denne ruten er, som de andre rutene, ment som illustrasjon for hvor det er mulig å slepe innretningen. Vanddybden ut av feltet er stor nok til at sleperuten ikke er en begrensende faktor for operasjonen.



Figur 3. Sleperute fra Staffjord A, detaljer.

5.4 Slep

Alle sleperutene tar utgangspunkt i knutepunktet og inn til både eksisterende og nedlagte anlegg som er egnet for disponering av innretningen. Endepunktet for hver rute er stedet nærmest kai med minst 150 meter vanddyb.



Figur 4. Statfjord A under slep ut til feltet.

Følgende hensyn må vurderes i forbindelse med en slepeoperasjon:

- Sleperuten må verifiseres på forhånd for dypgang og bredde
- Et værkraterium for slepet må fastsettes på forhånd
- Et værvindu for slepets varighet må fastsettes og forefinnes før slep kan starte
- Operasjonen må dokumenteres i detalj. Prosedyrene må spesifisere hva som skal gjøres dersom værforholdene blir dårligere enn det tillatte.
- Sertifikater, tester og eventuelle klassesokumenter for både utstyr og personell må foreligge før start
- Slepefester på innretningen må undersøkes, eventuelt testes/reklassifiseres. Dersom de gamle slepefestene ikke eksisterer eller er i for dårlig stand, må det analyseres hvor optimal plassering av nye fester er i forhold til stabilitet og trekraft samt styrke.

6 Hovedscenario

Etter slepeoperasjonen til et dypvannssted vil betonginnretningen bli oppankret og rigget opp for rivearbeidene. De ulike scenariene som er definert i tabell på neste side, vil i det etterfølgende bli beskrevet noe mer utfyllende. Det er viktig i denne sammenheng at de ulike rivemetodene som er beskrevet i detalj i kapittel 6 Hovedscenario, kan komme til anvendelse alene eller i kombinasjon med andre.

Det er ikke revet betong installasjoner med tilsvarende styrke og armeringstetthet som Condeep'er. På landjorda er mange store og tunge betonginnretninger revet, som for eksempel bunker konstruksjoner og store fundamenter på industriområder. Typisk for slike konstruksjoner er at rivemetodene ikke trenger å ta spesielt hensyn til betongstyrken eller strukturell integritet.

I tilfelle betonginnretninger fra offshore vil det være helt avgjørende å ta hensyn til strukturens globale styrke i hver fase av rivearbeidet. Det er særlig arbeidet med å rive celleveggene som anses viktig i denne sammenheng.

Et riveprosjekt vil være en stor oppgave å løse, og vil kreve omfattende forberedelser. Ved alle scenariene som er definert, vil det settes store krav til organisering, planlegging, tilrigging og gjennomføring av arbeidene for å ivareta hensyn til HMS og rasjonelt produksjonsarbeid.

På enkelte områder må grenser krysses for å skaffe tilveie hensiktsmessig utstyr basert på nyutviklet teknologi. Et eksempel på et utviklingsområde er å finne store nok, sterke nok og holdbare løsninger for å rive konstruksjoner med meget høy armeringstetthet.

Armeringstetthet kan variere fra 250 – 700 kg per m³. Til sammenligning kan anføres at en normalt sterkt armert brokonstruksjon sjelden har mer enn 150 kg/m³.

De områdene på en betonginnretning av type Condeep som er tettest armert og har de største tverrsnittene er:

- Nedre kuleskall, med tilhørende ringbjelke som er en overgang til celleveggen
- Tricelleområdene i celledelen, dvs der tre celler møtes.
- Øvre kuleskall, med tilhørende øvre ringbjelke som er en overgang fra cellevegger til øvre kuleskall.
- Bunn av skaftene
- Topp av skaftene

Offshore betongkonstruksjoner varierer en god del i baseareal, høyde og mengde betong. I tillegg vil mengde og omfang av mekaniske installasjoner og stålutrustning variere betydelig på de ulike innretningene. Det er derfor viktig å se nærmere på disse parameterne for å komme frem til gode teknisk/økonomisk løsninger. Aktuelle parametere er:

- Baseareal, bredde og lengde, diameter
- Høyde på bunndel, (Celler)
- Bæreevne på bunndelen i ulike rivningsstadier i flytende tilstand.

Prosser frem mot valg av scenario må beskrives. Etter valg av scenario må “verdikjeden” til og med avhending identifiseres, myndighetstillatelse innhentes, områdeutvikling planlegges og gjennomføres, samt kontraktshierarki og finansiering etableres.

For å kunne vurdere scenarier for rivearbeidene er det viktig å få oversikt over installasjonens dypgående og stabilitet i de forskjellige fasene, og under ulike forutsetninger. Denne studien har derfor sørget for en slik vurdering utført av Dr.techn. Olav Olsen AS. Rapporten er vedlagt, men den tabellariske oversikten er tatt med i dette kapittel for klargjøring. Det er viktig å notere at de scenarier som er definert i Tabell 1. , ikke må forveksles med scenarier definert under kapittel 6 Hovedscenario.

Utdrag fra Dr.techn. Olav Olsen Rapport (engelsk)

“The draft (depth from sea level) and stability of the Staffjord A GBS has been calculated for 10 different scenarios, with different levels of removal and demolishing. The water ballast is assumed drained to an assumed minimum water level of 1 meter in all cells. If all water above the ballast slabs can be drained, the draft will be reduced by approximately 0.8 meters in each of the listed scenarios. Removing all water will have a positive effect on the hydrostatic stability (GM) Necessary trim ballast is included in outermost cells to achieve even keel.

In scenarios 5 to 8 the solid ballast in cell 19 is removed to reduce the necessary trim ballast. (Removing this weight removes an equal weight of trim ballast.)

	Top Side	Solid ballast	Equipment in shaft	Concrete shafts	Upper domes	Ring beam	Water Line Elev.	GM
Scenario 1*	In place	In place	In place	In place	In place	In place	66,0	2,3*
Scenario 2	Removed	In place	In place	In place	In place	In place	62,8	8,4
Scenario 3	Removed	In place	Removed	In place	In place	In place	62,0	8,6
Scenario 4	Removed	In place	Removed	Removed	In place	In place	57,2	14,1
Scenario 5	Removed	Partly removed	In place	In place	In place	In place	60,2	6,8
Scenario 6	Removed	Partly removed	Removed	In place	In place	In place	59,4	7,0
Scenario 7	Removed	Partly removed	Removed	Removed	In place	In place	54,8	13,0
Scenario 8	Removed	Partly removed	Removed	Removed	Removed	In place	53,2	13,8
Scenario 9	Removed	Removed	Removed	Removed	Removed	In place	40	5,8
Scenario 10	Removed	Removed	Removed	Removed	Removed	Removed	39,6	6,0

Tabell 1. Waterline elevation under different conditions

* - NB Scenario 1 is not feasible. See attachment 02

Even if the calculated situation in scenario 1 has sufficient stability, acquiring such a draft is not feasible. The GM is positive due to a large contribution from the water plane stiffness. Before the

upper domes surfaces the structure will have negative GM. The minimum draft with sufficient stability before removing the top side is not calculated in this assessment.

The total cross section area of the celler (cell walls) is 958 m². Assuming a density of reinforced concrete of 2.5 t/m³ removing one meter of celler will reduce the weight by 2395 tons and the draft by 0.40 meters.

NOTE: Waterline elevation is used instead of draft, because the draft can be modified by removing the dowels, and possibly also the skirts. Water line elevation has zero value at tip of steel skirts. Tip of dowel extends 4 meters below tip of skirts.”

Som en kort oppsummering kan sies at:

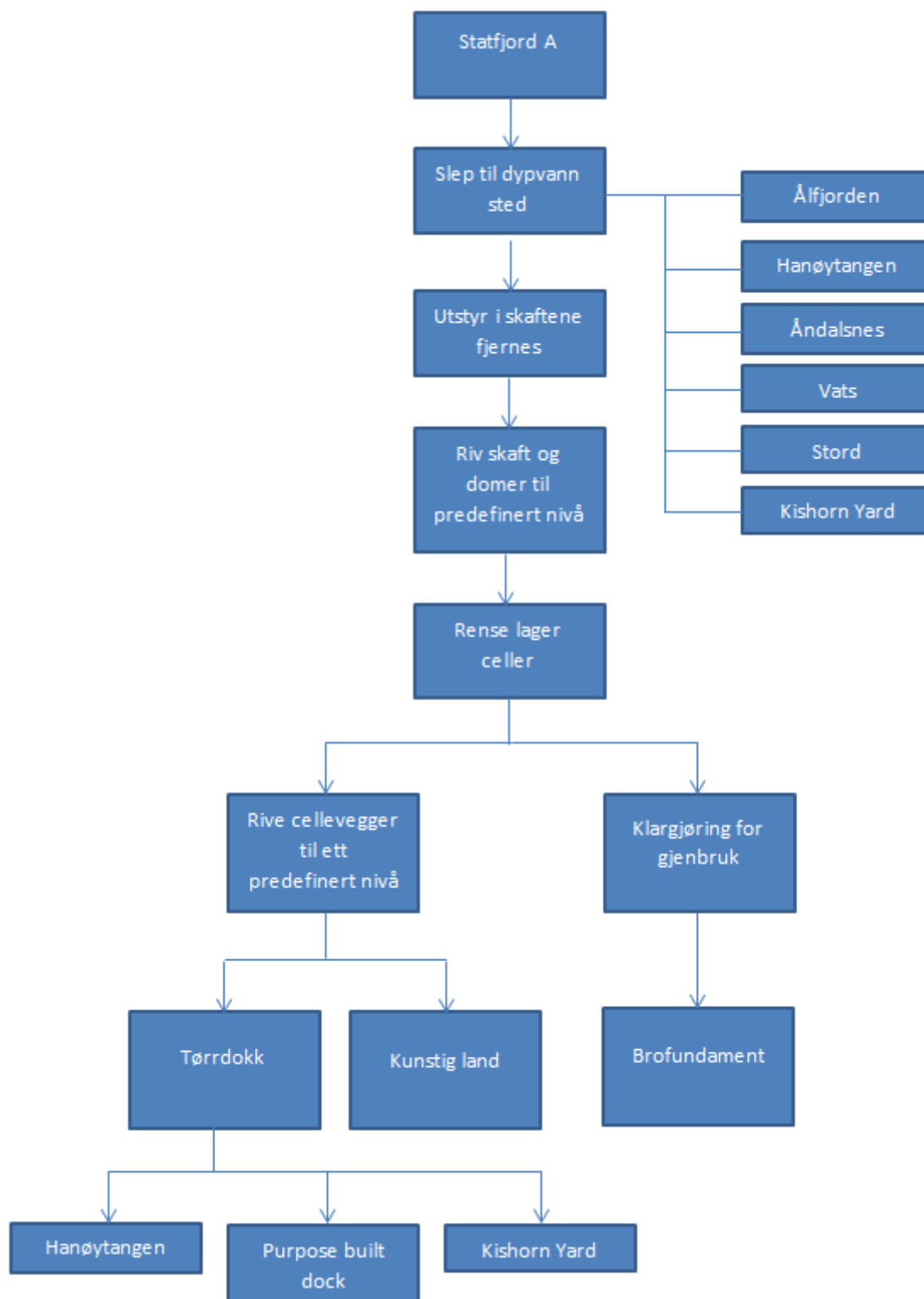
1. Statfjord A GBS er ikke stabil med overbygning og med vannlinje under øvre kuleskall.
2. Med all vekt overbygningen fjernet vil betonginnretningen ha tilstrekkelig stabilitet i alle planlagte faser av rivearbeidet selv uten fast ballast og vann ballast i lagercellene.

På denne bakgrunn er det definert scenarier som er beskrevet under kapittel 7.

Opplysningene om dypgående på Statfjord A under uttauing fra tørrdokken i Hinnavågen, er selvsagt spesifikt relatert til denne innretningen. For andre plattformer vil dypgående være noe annet.

Prosser frem mot valg av scenario må beskrives. Etter valg av scenario må “verdikjeden” til og med avhending identifiseres, myndighetstillatelse innhentes, områdeutvikling planlegges og gjennomføres, samt kontraktshierarki og finansiering etableres.

De forskjellige stadiene for gjennomføring av et fjernings prosjekt for betonginnretninger kan synliggjøres ved et flytdiagram.



Figur 5. Stadier i avviklingsprosjekt.

7 Scenarier for fjerning/oppdeling/gjenvinning

For å strukturere varianter av fjerning og rivearbeidene er det definert et antall scenarier som anses realistiske og som beskrives i grove trekk i Tabell 2. Scenario beskrivelse nedenfor.



Figur 6. Armering undre kuleskall



Figur 7. Armering



Figur 8. Armering øvre kuleskall



Figur 9. Armering av magebelte

Nr.	Scenario beskrivelse
1 Tørrdokk	<ul style="list-style-type: none"> • Slep til dypvannsted i Norge • Alle resterende mekaniske installasjoner fjernes • Rive skaft og kuleskall til predefinert nivå • Rense lagerceller for hydrokarboner • Rive cellevegger til et predefinert nivå • Betonginnretning slepes inn i tørrdokk for total riving, samt knusing og gjenvinning av betong og armeringsstål
2 Kunstig land	<ul style="list-style-type: none"> • Slep til dypvannsted i Norge • Alle resterende mekaniske installasjoner fjernes • Rive skaft og kuleskall til predefinert nivå • Rense lagerceller for hydrokarboner • Rive cellevegger til et predefinert nivå • Betonginnretning plasseres på ferdig planert sjøbunn i nærheten av land for etablering av kunstig land til industriformål/kai/fundament for bolig eller forretningsbygg
3 Gjenbruk som brufundament	<ul style="list-style-type: none"> • Slep til dypvannsted i Norge • Alle resterende mekaniske installasjoner fjernes • Klargjøring for ombruk av tilnærmet hele konstruksjonen • Betonginnretning anvendt som brufundament eksempelvis som midtfundament på en større hengebru/skråstagbru over en norsk fjord
4 Kunstig rev	<ul style="list-style-type: none"> • Slep til dypvannsted i Norge • Alle resterende mekaniske installasjoner fjernes • Rense lagerceller for hydrokarboner • Plassere sprenglegemer i tricelle områder • Slepe betonginnretning til et dypvannsområde offshore > dyp over 250 m • Ballastere med vann til skaftene stikker opp med et predefinert fribord • Detonere sprengladninger • Betonginnretning vil synke og implodere pga enorme differansetrykk mellom vannivå i triceller og lagerceller • Betonginnretning vil bli liggende som en grushaug på sjøbunn

Tabell 2. Scenario beskrivelse

7.1 Scenario 1: Tørrdokk

Målsettingen med dette scenario er å foreta en fullstendig riving av betonginnretningen, og dette nødvendiggjør bruk av en tørrdokk. Det finnes noen tørrdokker i dag som har stor nok åpning og dybde til å romme et betonginnretning. Betonginnretningene varierer betydelig i bredde og minste dypgående og det er følgelig bare noen av betonginnretningene som kan tas inn i eksisterende tørrdokker. Alternativet er å bygge en dokk for det formålet å romme disse variantene. (Purpose Built Dry Dock”) Dette er gjort mange steder i verden, blant annet på New Foundland, Sakhalin, Filipinene, Australia, England, Gibraltar (LNG betong fundament).



Figur 10. “Purpose built” tørrdokk

Bildet viser hvordan en “purpose built” tørrdokk ble etablert for byggingen av Malampaya GBS på Filipinene.

Prosedyren for rivearbeidet for dette scenario er:

- Slep av betonginnretning til et dypvannsted i et beskyttet kystfarvann.
 - a) Her velges ett av de aktuelle stedene som er indentifisert under kapittel 8: Mulige steder å ta innretninger til land
 - b) Installasjonen forankres til et ferdig utlagt ankringssystem med landfester og eller sjøbunn ankere og trimmes til et forhåndsbestemt dypgående. I dette tilfellet vil øvre kuleskall ligge over vann.
 - c) Det rigges opp med flytende arbeidsrigger for mannskap og nødvendig utstyr som kontor, brakker, lager av utstyr
 - d) Alle systemer for vannballastering vil bli koblet om slik at pumpeledninger føres inn over øvre kuleskall. Fordeling av vannballast ut og inn i cellene via en rørmanifold, og vil bli styrt fra en leker med pumper og generatorer installert. Det er viktig med et godt fungerende ballasteringssystem i alle faser av rivearbeidet, og helt til resten av betonginnretningen er plassert i tørrdokk eller på sjøbunn iht definerte hovedscenarier.

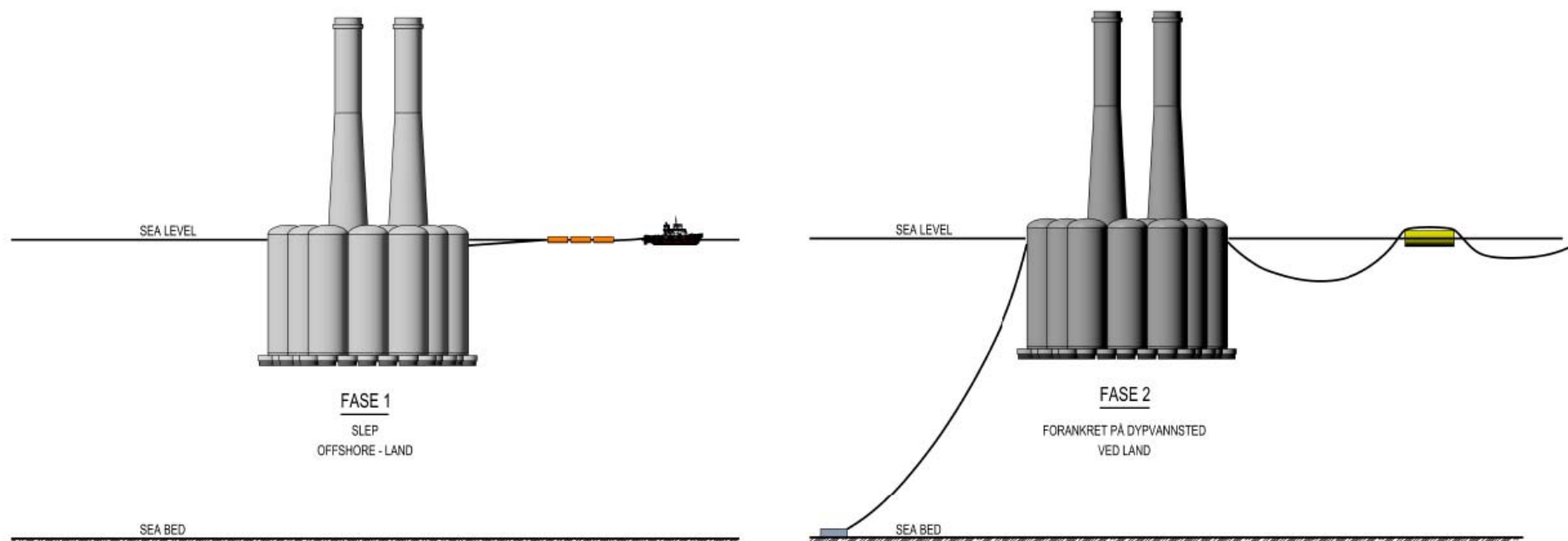
- Demontering av mekaniske installasjoner i skaftene
 - a) Etter ferdig oppankring, tilrigging og testing av temporære ballasteringssystemer vil kraner bli montert på nivå med øvre kuleskall.
 - b) Ved bruk av tårnkraner og flytende kraner vil rørpakker, utstyr og ståldekk bli løftet ut av skaftene og fraktet til land på lektere. Rørene må kapsles slik at det ikke lekker ut forurensninger i forbindelse med demontering og løfteoperasjoner.
 - c) Alle produksjonsrør skal på forhånd være merket slik at det er mulig å skille mellom produksjonsrør med og uten hydrokarboner. Rørene med forurensninger vil bli behandlet på land.
 - d) Rørpakkene som skal ut av skaftene må kuttes i hensiktsmessige lengder for å få løftet disse ut av skaftene på en effektiv måte. Vekten av rørpakkene vil også være en styrende faktor og må koordineres med tilgjengelig løfteutstyr og kapasitet.
 - e) Etter at rør og utstyr som er plassert på dekkene i skaftene er fjernet vil det stå igjen tunge ståldekk på flere nivåer nedover i skaftene. Det forutsettes her at disse dekkene benyttes i så stor grad som mulig under rivearbeidet, og at de først demonteres og løftes ut når rivearbeidet er kommet ned til et dekks nivå.
- Temporære konstruksjoner for riving av skaftene installeres
 - a) Arbeidsplattformer
 - b) Forsyningslinjer av vann, strøm og luft etableres på toppen av skaftene
 - c) Montering av temporære bærekonstruksjoner for rivemaskiner på toppen av skaftene
 - d) Starte riving av skaft
- Rigg for riving av øvre kuleskall
 - a) Montere/etablere sikre adkomstveier
 - b) Demontere de seksjoner av ballasteringssystemet som påvirkes av rivearbeidet
 - c) Montere temporære konstruksjoner og rigg for rive maskiner for å åpne "lokkene" på øvre kuleskall for å etablere tilgang til de store cellevolumene
 - d) Klargjøre for og installere tilkomstveier til og ned i celleområdene.
 - e) Reinstallere ballasteringssystemet etter hvert som øvre kuleskall fjernes
- Fjerne hydrokarboner i cellene
 - a) Montere/etablere sikre adkomstveier
 - b) Montere temporære konstruksjoner og rigg for rensutstyr i cellene.
 - c) Rensing av celleveggene for oljeinntrengning i betongens overdekning
 - d) Fjerning av alt forurenset materiale i bunn av cellene. Heri inngår også fjerning av alle ballastmaterialer som anses forurenset, samt betongplate på toppen av ballast materialet

- Rigg for riving av cellevegger
 - a) Montere/etablere sikre adkomstveier
 - b) Montere rigg for riving av cellevegger
 - c) Starte riving og transport av materialer.
 - d) Ballasteringssystemet må justeres etter hvert som celleveggene blir revet.

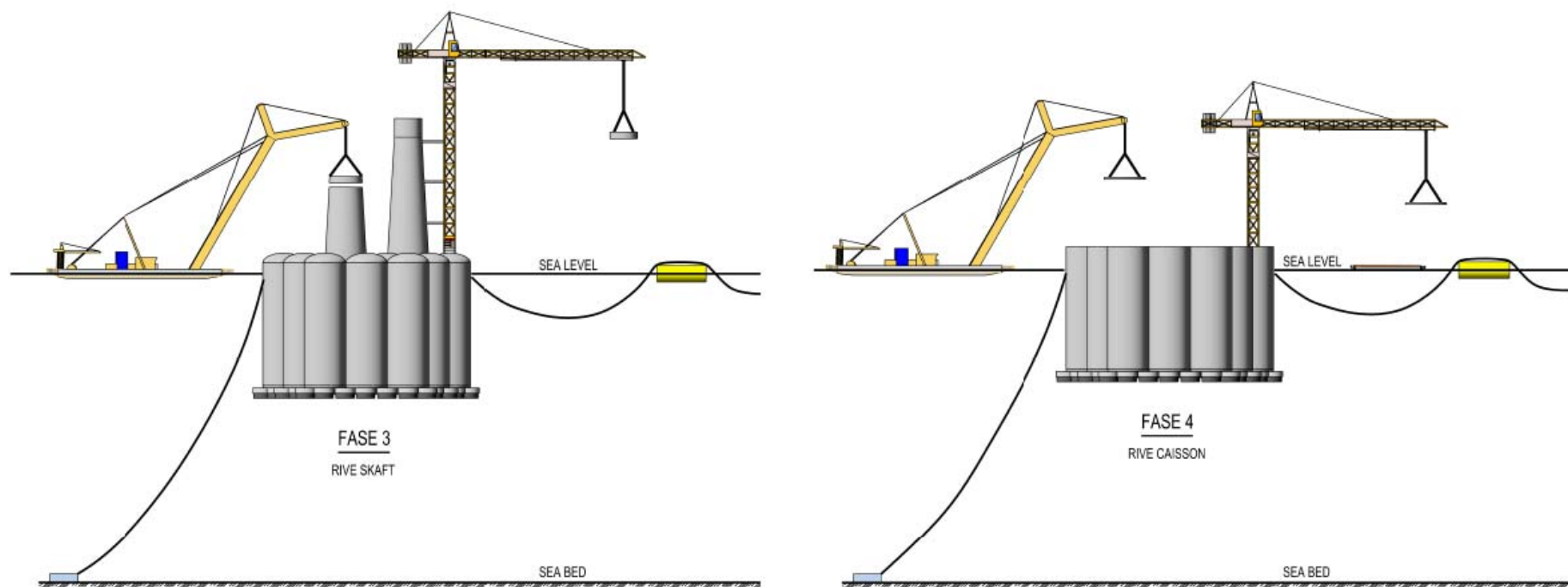
Det er en forutsetning for riving av betong i cellene at arbeidsprosessene skjer på en kontrollert måte. Det innebærer at riving ved bruk av eksplosiver, kule eller lignende ikke egner seg i samme grad som ved rivearbeider høyere opp i konstruksjonen. I denne fasen av rivearbeidet er det celleveggene alene som ivaretar konstruksjonens strukturelle integritet. Jo lenger ned på celleveggene rivearbeidet foregår, jo nærmere kritisk høyde på celledelen. Det antas her at skjæring med vann og med diamantkjede vil være de mest hensiktsmessige rivemetodene. I spesielt tykke seksjoner bør det vurderes om sprengstoff i kombinasjon med presplitt boring være aktuelt å anvende.

For slep inn i tørrdøkk må celleveggene rives til det gjenstår en definert cellevegghøyde som er individuell for de forskjellige plattformer.

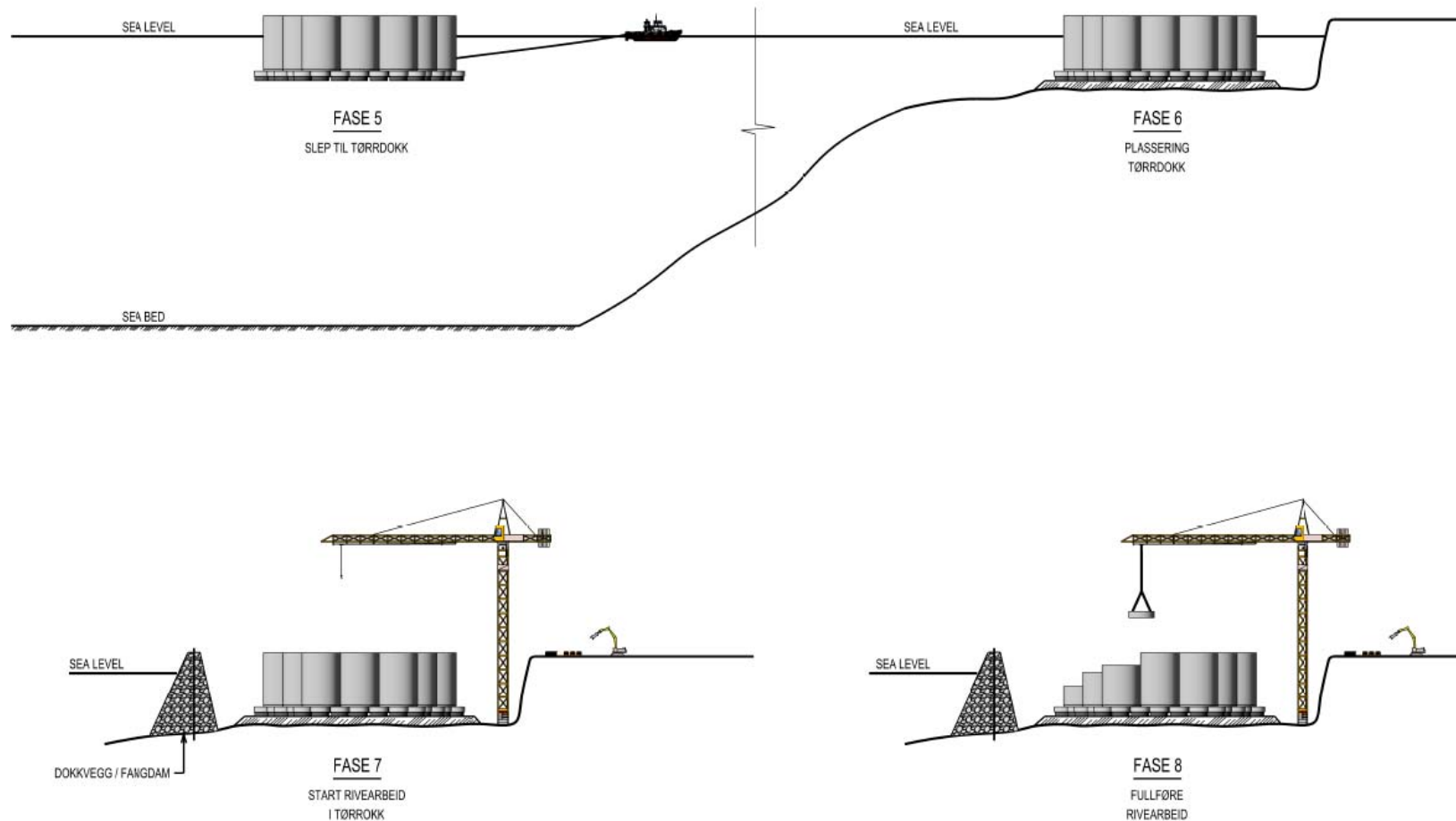
Celleveggene rives til et beregnet lavest mulig nivå som er bestemt ut fra tørrdøkkens dybde, innseilingsforhold, tidevann og klaringskriterier til sjøbunn under slep. Condeep'ene ble slept ut av tørrdøkk med en minimum klaring på ca 1 meter. For å få det til ble volumet under nedre kuleskall fylt med trykkluft, såkalt luftpute. Denne luftputen ble opprettholdt av et antall kompressorer og lufttilførselssystemer. Disse systemene er etter all sannsynlighet ikke operative i dag, og det vil derfor være nødvendig å installere et temporært tilførselssystem.



Figur 11. Scenario 1, Fase 1 og 2



Figur 12. Scenario 1, Fase 3 og 4



Figur 13. Scenario 1, Fase 5, 6, 7 og 8

7.2 Scenario 2: Kunstig land

Målsettingen med dette scenariet er å få til ombruk av hele eller deler av celledelen. Dette kan oppnås ved å etablere kunstig land med deler av betonginnretninger som fundament. Tanken er å rive innretningen ned til et for stedet passende nivå. Dersom det aktuelle stedet har en dybde etter sjøbunnpreparering på rundt 60 m, kan hele celledelen anvendes. Følgelig er det bare behov for å rive skaftene. Dersom dybden på det aktuelle stedet er under 60 meter må deler av celleveggen rives.

Prosedyren for rivearbeidet er:

- Slep av betonginnretning til et dypvannsted i et beskyttet kystfarvann.
 - a) Her velges ett av de aktuelle stedene som er indentifisert under kapittel 8: Mulige steder å ta innretninger til land
 - b) Installasjonen forankres til et ferdig utlagt ankringssystem med landfester og eller sjøbunn ankere og trimmes til et forhåndsbestemt dypgående. I dette tilfellet vil øvre kuleskall ligge over vann.
 - c) Det rigges opp med flytende arbeidsrigger for mannskap og nødvendig utstyr som kontor, brakker, lager av utstyr
 - d) Alle systemer for vannballasting vil bli koblet om slik at pumpeledninger føres inn over øvre kuleskall. Fordeling av vannballast ut og inn i cellene via en rørmanifold, og vil bli styrt fra en lekter med pumper og generatorer installert. Det er viktig med et godt fungerende ballasteringssystem i alle faser av rivearbeidet, og helt til resten av betonginnretningen er plassert i tørrdokk eller på sjøbunn iht definerte hovedscenarier.
- Demontering av mekaniske installasjoner i skaftene
 - a) Etter ferdig oppankring, tilrigging og testing av temporære ballasteringssystemer vil kraner bli montert på nivå med øvre kuleskall.
 - b) Ved bruk av tårnkraner og flytende kraner vil rørpakker, utstyr og ståldekk bli løftet ut av skaftene og fraktet til land på lektere. Rørende må kapsles slik at det ikke lekker ut forurensninger i forbindelse med demontering og løfteoperasjoner.
 - c) Alle produksjonsrør skal på forhånd være merket slik at det er mulig å skille mellom produksjonsrør med og uten hydrokarboner. Rørene med forurensinger vil bli behandlet på land.
 - d) Rørpakkene som skal ut av skaftene må kuttes i hensiktsmessige lengder for å få løftet disse ut av skaftene på en effektiv måte. Vekten av rørpakkene vil også være en styrende faktor og må koordineres med tilgjengelig løfteutstyr og kapasitet.
 - e) Etter at rør og utstyr som er plassert på dekkene i skaftene er fjernet vil det stå igjen tunge ståldekk på flere nivåer nedover i skaftene. Det forutsettes her at disse dekkene benyttes i så stor grad som mulig under rivearbeidet, og at de først demonteres og løftes ut når rivearbeidet er kommet ned til et dekks nivå.

- Temporære konstruksjoner for riving av skaftene installeres
 - a) Arbeidsplattformer
 - b) Forsyningslinjer av vann, strøm og luft etableres på toppen av skaftene
 - c) Montering av temporære bærekonstruksjoner for rivemaskiner på toppen av skaftene
 - d) Starte riving av skaft
- Rigg for riving av øvre kuleskall (ved vandyp under 60 m)
 - a) Montere/etablere sikre adkomstveier
 - b) Montere temporære konstruksjoner og rigg for rive maskiner for å åpne “lokkene” på øvre kuleskall for å etablere tilgang til de store cellevolumene
 - c) Klargjøre for, og installere tilkomstveier til og ned in celleområdene.
- Fjerne hydrokarboner i cellene
 - a) Montere/etablere sikre adkomstveier.
 - b) Montere temporære konstruksjoner og rigg for renseutstyr i cellene.
 - c) Rensing av celleveggene for oljeinntrengning i betongens ytre lag.
 - d) Fjerning av alt forurenset materiale i bunn av cellene. Heri inngår også fjerning av alle ballastmaterialer som anses forurenset, samt betongplate på toppen av ballast materialet.

Det må kunne diskuteres om det er behov for å fjerne oljeforurensninger i cellene dersom hele celledelen skal brukes om igjen. I dette tilfellet vil cellene være utsatt for utvendig overtrykk, og følgelig er det ingen risiko for utlekking av oljerester.

- Rigg for riving av cellevegger
 - a) Montere/etablere sikre adkomstveier
 - b) Montere rigg for riving av cellevegger. Dette vil omfatte lekter for plassering av brakker og kontor, samt lager for utstyr.
 - c) Starte riving og borttransport av materialer.

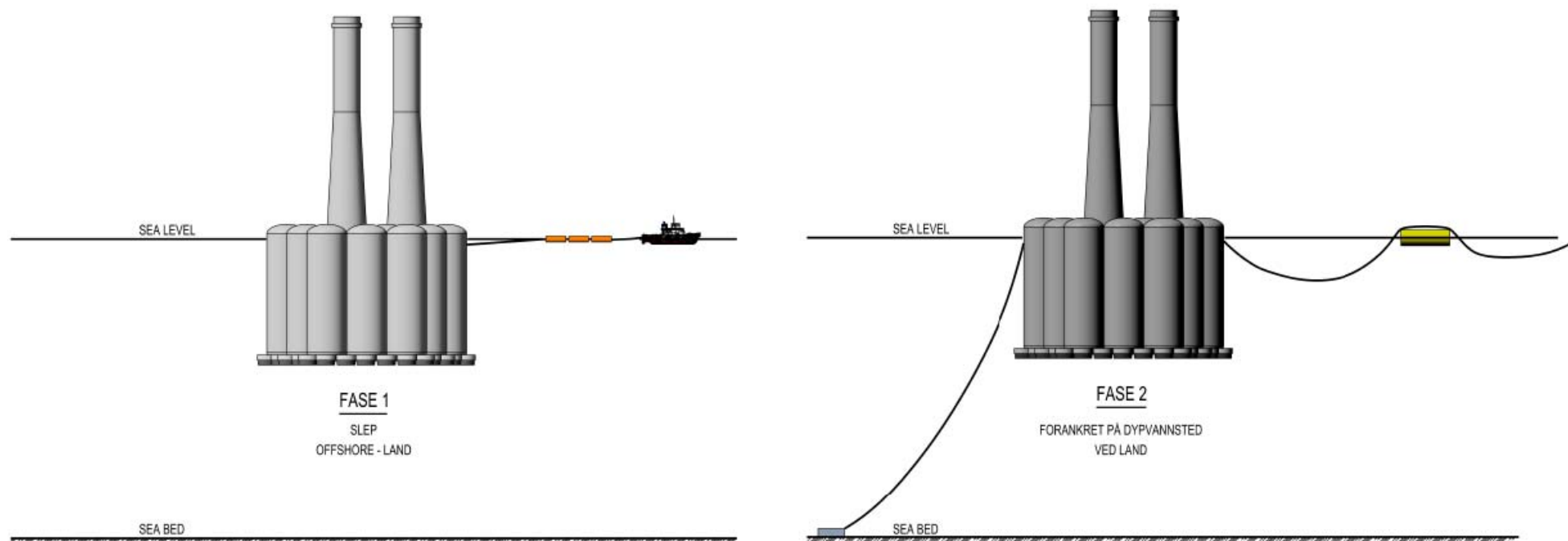
Celleveggene rives til et predefinert nivå avhengig av dybdeforhold der nytt land skal etableres og hvor stor høyde over vann det er behov for.

Etter at celleveggene er revet til endelig nivå, kan installasjonen gjøres klar for slep til stedet for etablering av kunstig land. Her må sjøbunn være ferdig utfylt med steinmasser av riktig fraksjoner og som er beregnet til å bære en betonginnretning.

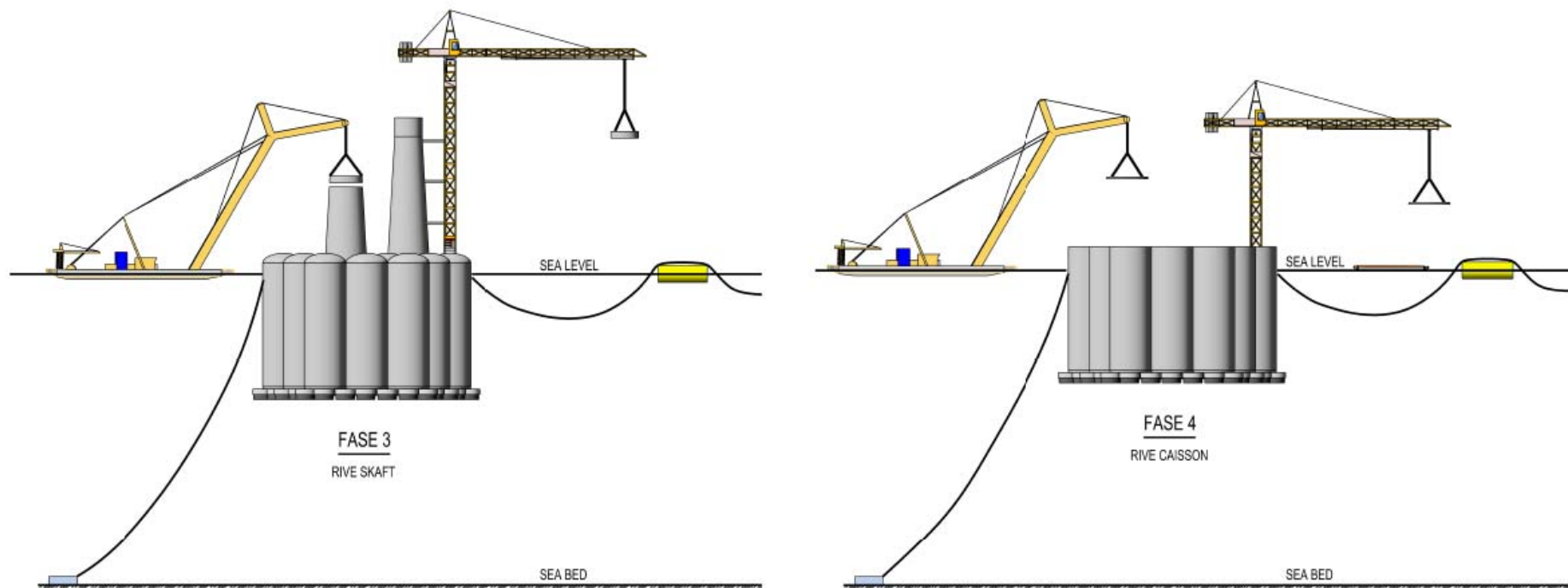
For å etablere undervannsfundament antas her at det dumpes steinfraksjoner, f.eks. i fraksjoner ned til 120-150 mm. Dumping av slike steinmasser kan gjøres ved å anvende rock-dumping

skip, på linje med de som blir benyttet til å etablere fundamenter for sjøbunnsledninger for olje og gass. Slike skip kan legge ut fyllinger på sjøbunn med stor nøyaktighet.

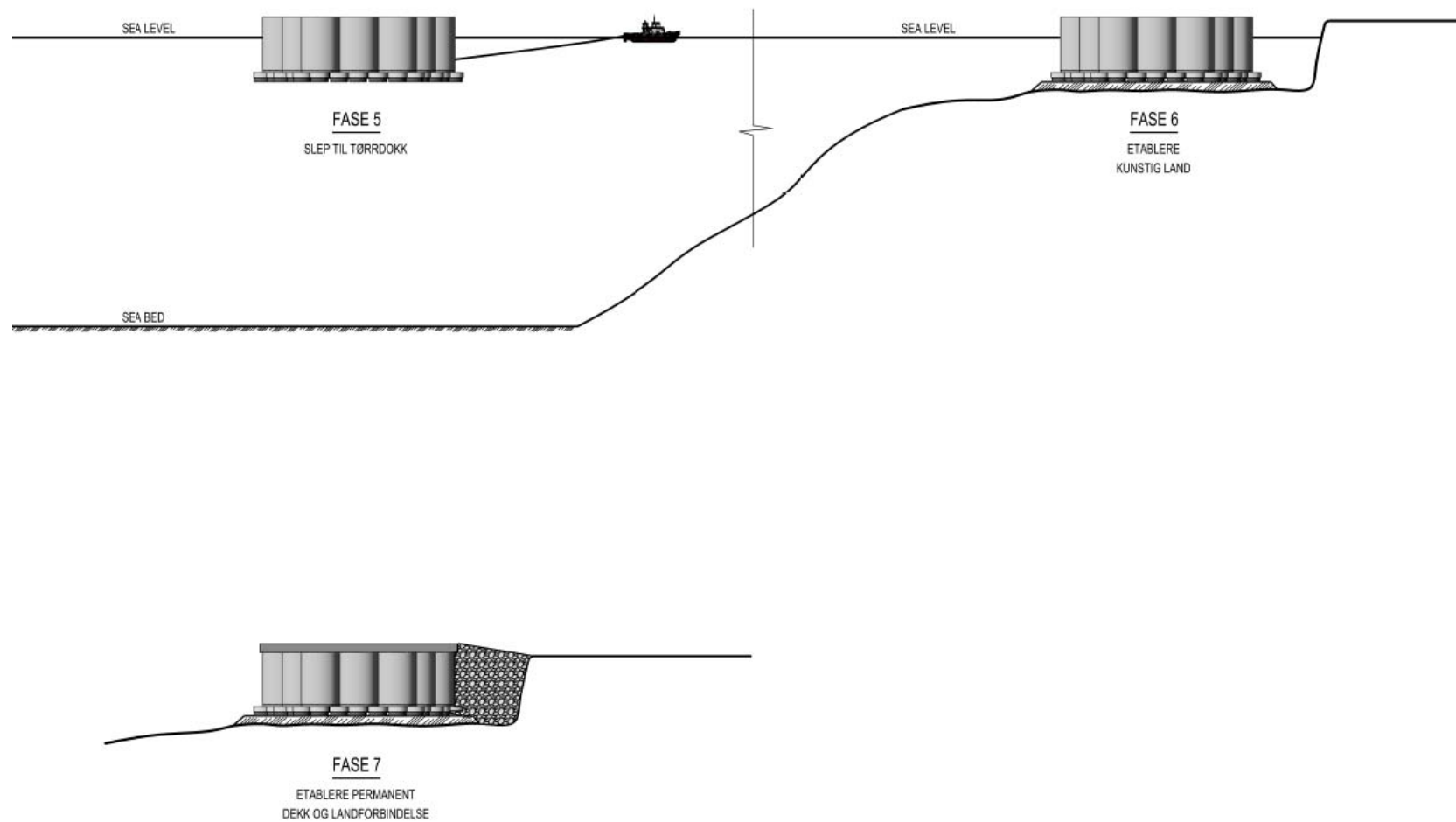
Etter at betonginnretningen er plassert på sjøbunnen, kan det være behov for å fylle rommet under nedre kuleskall for overføring av trykk til sjøbunnen. Dette oppnås ved hjelp av injisering av sementbasert mørtel. Behovet for injisering vil være avhengig lokale sjøbunnsforhold og geotekniske forhold.



Figur 14. Scenario 2, Fase 1 og 2



Figur 15. Scenario 2, Fase 3 og 4



Figur 16. Scenario 2, Fase 5, 6 og 7

7.3 Scenario 3: Ombruk som brufundament

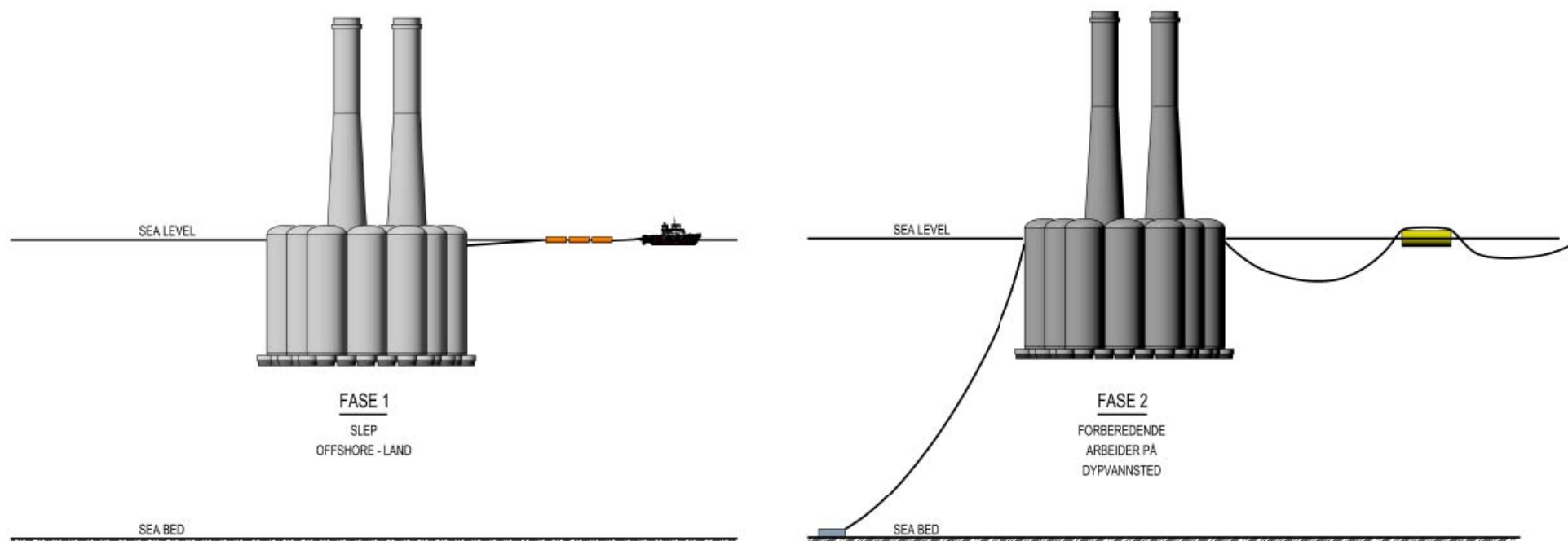
Målsettingen med dette scenario er å bruke betonginnretningen om igjen mer eller mindre fullstendig ved å reinstallere innretningen på sjøbunn i forbindelse med et fjordkryssingsprosjekt.

Dette scenariet er tidligere blitt studert i regi av Vegdirektoratet på 1980 tallet. Det kan være en stor nytteverdi i det videre utviklingsarbeidet å se nærmere på konklusjonene fra disse studiene. I tillegg kan det nevnes at Statens Vegvesen er i gang med et prosjekt som ser på kryssing av dype fjorder på Vestlandet, blant annet fergefri forbindelse for E39.

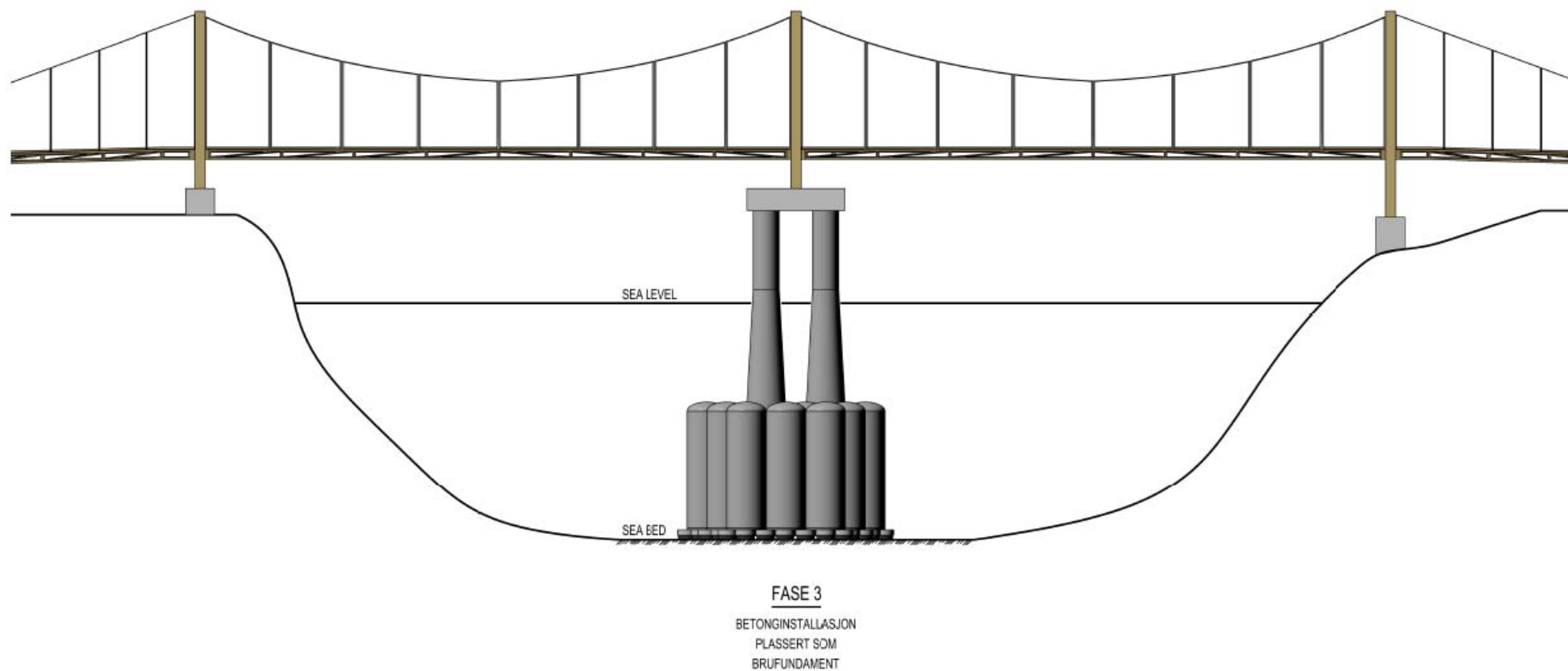
Et eksempel på vurdering av ombruk av oljeplattformer som brufundament, er utredningene om plattformbru over Mistfjorden i Nordland. Der er det gjort utredninger om ombruk av stålundestell fra Veslefrikk og Frigg DP2, /10/, /11/, samt betongunderstell fra Statfjord som brufundament mellom på riksveg 834 Misten og Festvåg. Betonginnretningen Statfjord A, som er dypgående på 146 meter, er den første av innretningene fra Statfjord som det kan være aktuelt å bruke om igjen som brufundament over Mistfjorden.

Proseduren for rivearbeidet for dette scenario er:

- Slep av betonginnretning til et dypvannsted i et beskyttet kystfarvann.
 - a) Her velges ett av de aktuelle stedene som er indentifisert under kapittel 8 Mulige steder å ta innretninger til land
 - b) Installasjonen forankres til et ferdig utlagt mooring system med landfester og eller sjøbunn ankere og trimmes til et forhåndsbestemt dypgående. I dette tilfellet vil øvre kuleskall ligge over vann for å etablere god sikkerhetsavstand til mobilisert rigg.
 - c) Det rigges opp med flytende arbeidsrigger for mannskap og nødvendig utstyr som kontor, brakker, lager av utstyr
- Mekanisk utstyr i skaftene fjernes, eventuelt med unntak av installasjoner som kan benyttes til ballastering og deballastering. For øvrig vil samme fjerningsprosedyre kunne følges som for scenario 1 og 2.
- Det anses ikke å være behov for å rense cellene i betonginnretningen da cellene i overskuelig tid vil være utsatt for et utvendig overtrykk fra sjøvann. Dermed er det ikke fare for utlekking av eventuelle hydrokarbonrester før innretningen en gang i fjern fremtid vil bli endelig tatt hånd om.
- Et annet argument for dette er at tilgjengelighet til cellene svært begrenset med tilsvarende risiko for personell som evt. skulle arbeide med fjerning av hydrokarboner.
- Toppen av skaftene klargjøres for ombygging i henhold til krav spesifikt for ombruksformålet. I tilfellet at ombruk omfatter bruk som hovedfundament, vil det være behov for en rigel eller en form for overgang i betong mellom skaftene og brupilarene.
- Betonginnretningen gjøres klar for slep og føres til bestemmelsesstedet. Her blir installasjonen ballastert og plassert på sjøbunn i riktig posisjon for bruk som brufundament.



Figur 17. Scenario 3, Fase 1 og 2



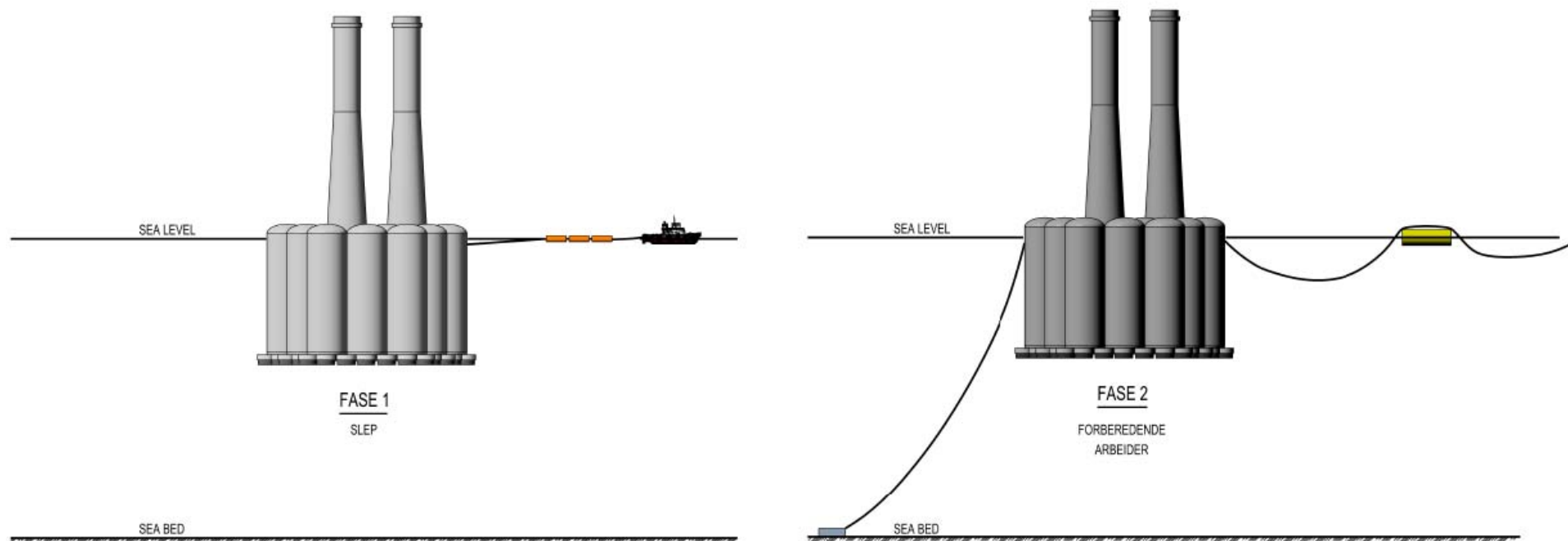
Figur 18. Scenario 3, Fase 3

7.4 Scenario 4: Kunstig rev

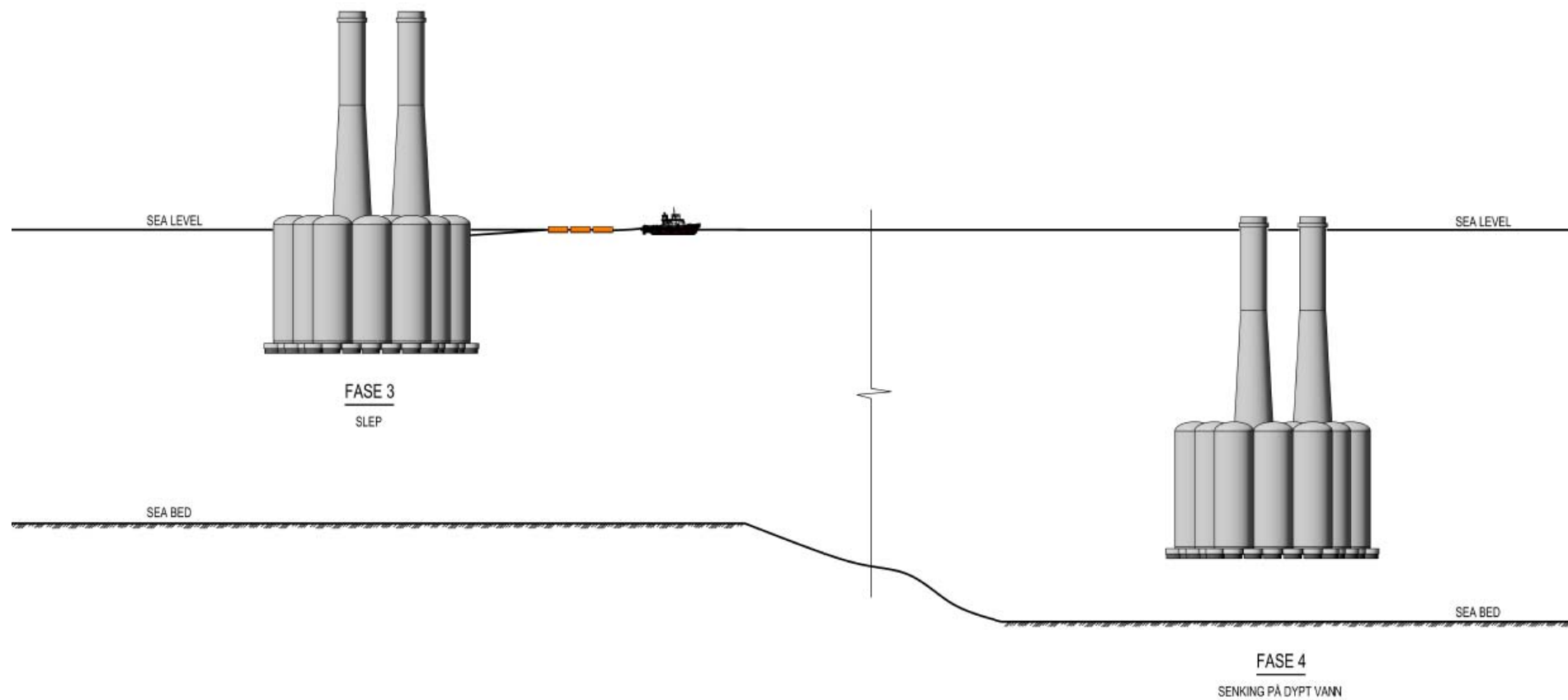
Målsettingen med dette scenario er å definere et konsept for total destruksjon av betonginnretningen uten å foreta riving av betong. Scenariet er basert på resultatet av Sleipner GBS som katastrofalt nok sank ukontrollert i Gandsfjorden utenfor Stavanger tidlig på 1990-tallet. Ulykken skjedde under en prøvenedsenkning, som var en fullskala simulering av dekkskoblingsoperasjonen som skulle foretas senere samme år. Under nedsenkningen sprakk en vegg mellom ytre vanntrykk på ca 100 meter og atmosfærisk trykk som resulterte i rask og ukontrollert vannfylling av cellene. Innretningen sank og underveis til sjøbunnen på ca. 220 meter vandyp imploderte hele konstruksjonen slik at det hele ble liggende på sjøbunn som en stor haug med betong og forvridd armering.

Proseduren for rivearbeidet for dette scenario er:

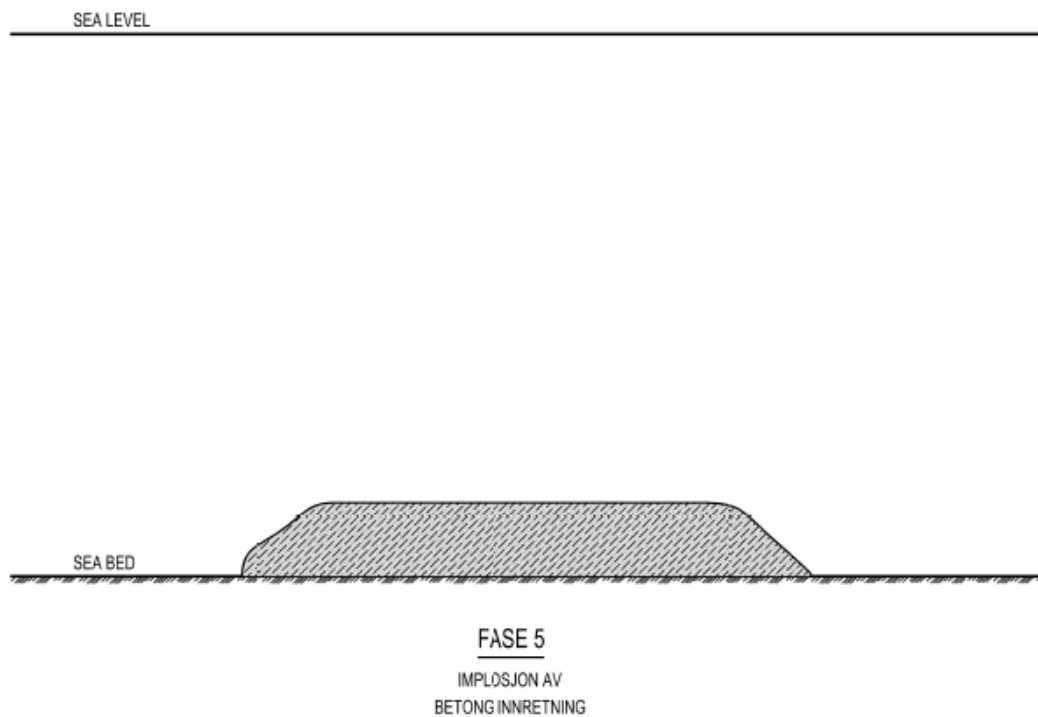
- Slep av betonginnretning til et dypvannsted i et beskyttet kystfarvann.
 - a) Her velges ett av de aktuelle stedene som er indentifisert under kapittel 8 Mulige steder å ta innretninger til land
 - b) Installasjonen forankres til et ferdig utlagt fortøyningsystem med landfester og eller sjøbunn ankere og trimmes til et forhåndsbestemt dypgående. I dette tilfellet vil øvre kuleskall ligge over vann for å etablere god sikkerhetsavstand til mobilisert rigg.
 - c) Det rigges opp med flytende arbeidsrigger for mannskap og nødvendig utstyr som kontor, brakker, lager av utstyr
- Mekanisk utstyr i skaftene fjernes, med unntak av installasjoner som kan benyttes til ballastering og deballastering.
- Rense lagerceller for hydrokarboner. Det er naturlig å tenke at dersom betonginnretningen skal destrueres til rev på havbunn så må lagercellene rengjøres for hydrokarboner. Alternativt vil det være interessant å vurdere hvordan slike hydrokarboner vil kunne brytes ned på havbunn etter destruksjon dersom det synes forsvarlig å la hydrokarbonene bli værende i lagercellene.
- Plassere sprenglegemer i tilgjengelige tricelle områder
- Slepe betonginnretning til et dypvannsområde offshore > dyp over 250 m
- Ballastere med vann til skaftene stikker opp med et predefinert fribord
- Detonere sprengladninger
- Betonginnretning vil synke og implodere pga enorme differansetrykk mellom vanntrykk utvendig og i triceller og innvendig vannivå i cellene.



Figur 19. Scenario 4, Fase 1 og 2



Figur 20. Scenario 4, Fase 3 og 4



Figur 21. Scenario 4, Fase 5

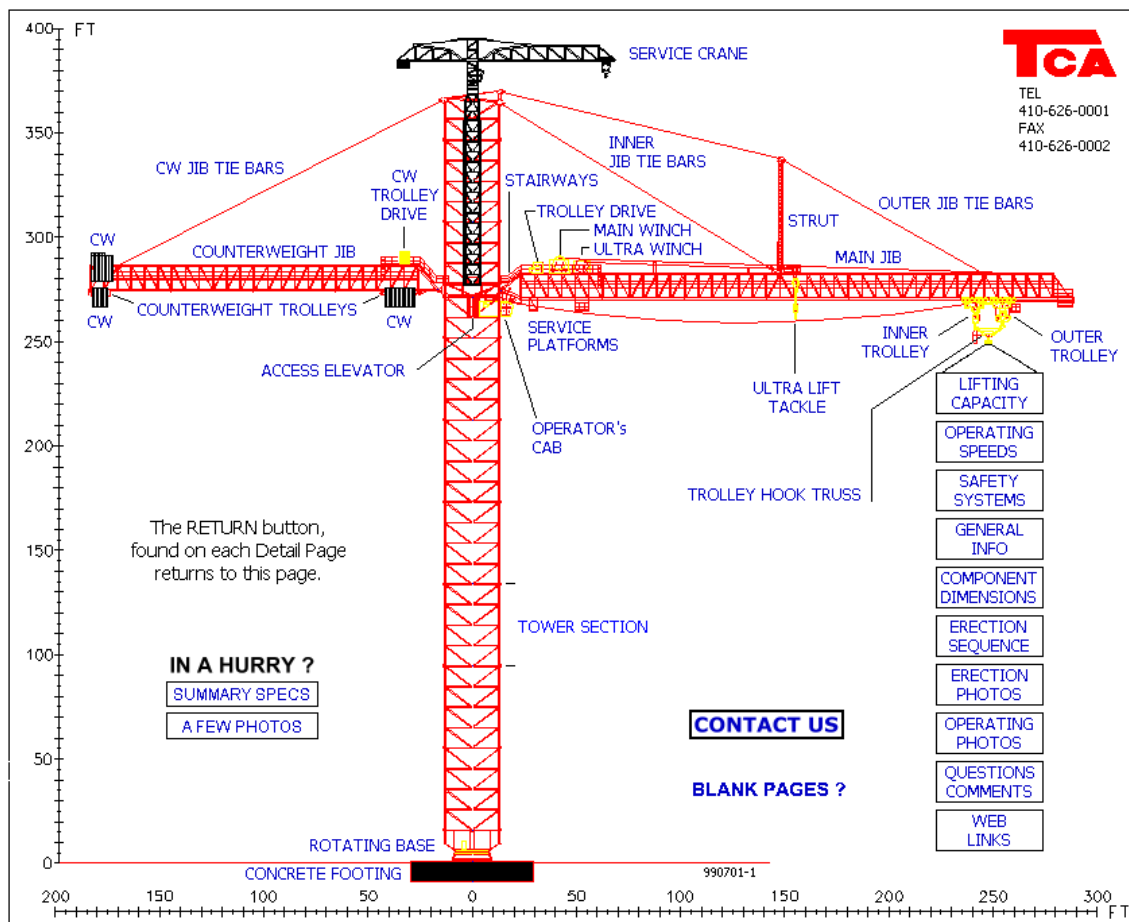
7.5 Tilrigging for riving

Tilrigging for riving av betong på skafter og cellevegger krever robuste flytende lektere som kan etablere en temporær infrastruktur for arbeidene. Her er det nødvendig å etablere kontor og brakkerigg med vask og toalett, verksted og lagerbrakker samt hvilebrakker.

Slikt utstyr kan rigges på typiske nordsjølektere med stor bæreevne og stabilitet. Det vil også være behov for lagring av maskinelt utstyr inklusive reservemateriell. Det må påregnes stor slitasje på utstyr som skal sage, skjære, knuse betong og armering.

Under byggingen av Condeep'er på 70- til 90 tallet ble det utviklet gode konsepter for flytende rigg som kan danne modell for detaljerte planer i et riveprosjekt.

Det antas her ikke å være behov for nærmere beskrivelse av slik rigg. Hva gjelder landbasert rigg så vil denne i stor grad ligne tradisjonell rigg for større byggeplasser i offshore markedet. En vesentlig forskjell er behovet for kraning av store og tunge betong elementer. Dette behovet vil kunne løses med stasjonære tårnkraner og mobilkraner. Mobilkraner med løftekapasitet over 1 000 tonn kan skaffes tilveie i dagens marked.



Figur 22. TCA tårnkran

Tårnkranen vist i Figur 22 er godt egnet til montering på land og på øvre kuleskall av betonginnretningen i en flyte-fase. Tårnkranen er 120 m høy med en løftekapasitet på 120 tonn på 82 m radius. Nedenfor følger bilder og typiske data for flytende kraner som er spesielt godt egnet for bruk i en inshore fase ved dypvannsstedet. Disse kranene kan normalt ikke operere offshore, men har vært benyttet i stor grad i norsk byggevirksomhet langs kysten.



Figur 23. Shearleg Taklift 4

Teknisk data:

- Lengde: 83.2 m
- Dybde: 7 m
- Løftekapasitet: 2 200 tonn



Figur 24. Shearleg Taklift 7

Teknisk data:

- Lengde: 72.56 m
- Dybde: 5.5 m
- Løftekapasitet: 1200 tonn

7.6 Ballasteringssystemer i dypvannsfase

Det vil være nødvendig med ballastering og deballastering av betonginnretninger under riveprosessen. Et system for dette må prosjekteres og bygges, og installeres på en lekter av passende størrelse som flyter ved siden av installasjonen. Det vil være behov for et tilsvarende system ved reflyting og transport av installasjonen fra felt-lokasjonen til kysten for å sikre denne tilstrekkelig stabilitet i alle kondisjoner. Derfor kan dette systemet også anvendes ved riving i skjermet fjordarm.

Ved riving vil gravitasjonssenteret i konstruksjonen forflytte seg, og det vil være ulike behov for fribord under riveprosessen. Derfor er det viktig at systemet er i stand til å utføre både ballastering og deballastering. Hensyn til klaring til sjøbunn kan også være en avgjørende faktor som krever endringer i vannballasteringen av betonginnretningen.

En betonginnretning vil måtte rives et godt stykke ned på fundamentdelen for å redusere dypgang nok til å komme inn i en tørrdokk. Det er sterke begrensninger på hvor store konstruksjoner som tørrdokker kan ta, i hvert fall i vurdering av eksisterende dokker. Det vil i teorien være mulig å bygge en tørrdokk for dette formålet, men kostnadene er høye. Dette alternativet må allikevel tas i betraktning. De aller viktigste dimensjonene å se på er:

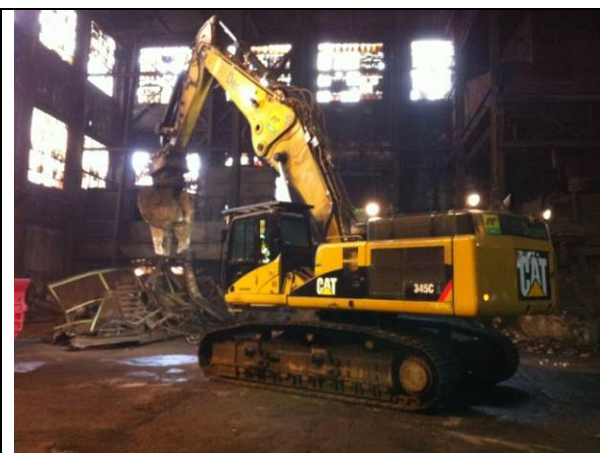
- installasjonens bredde
- installasjonens dypgang
- installasjonens fribord
- innseilingsforhold til tørrdokk, inklusive batymetri
- dybdeforhold i dokk
- lokale tidevann variasjoner
- guiding og styring av slep inn i dokk
- lukking av dokkport
- ballastering av installasjon til positivt trykk på bunnplate i dokk
- pumping av vann ut av dokk
- tømning av vann i installasjon

7.7 Riveprosess

De kommende avsnitt vil beskrive flere av metoder og i hvilke områder i riveprosessen disse kan benyttes.

7.7.1 Konvensjonell riving med rivemaskiner

Med konvensjonell riving menes i denne sammenheng maskinell riving, hvor en maskin holder et hydraulisk verktøy som river stål og betong. Disse verktøyene kan typisk være betong-knuse saks, stål saks, pigghammer og klype. Det er størrelsen på verktøyet som er dimensjonerende for bæremaskinen som skal benyttes. Faktorer som er avgjørende her er hydraulikkvolum og bærestyrke.



Figur 25. Gravemaskin med stål saks



Figur 26. Gravemaskin med hammer



Figur 27. Gravemaskin med betongknuser



Figur 28. Gravemaskin med sorteringsklype

Maskinriving er meget godt egnet for riving av betong for høyder opp til omkring 30 meter og betongtverrsnitt opp mot 1,5 meter tykkelse. Maskinriving er innenfor disse begrensningene den mest effektive rivemetoden.

Når metoden skal benyttes utenfor denne rammen, må det tilrettelegges for dette, for eksempel ved å kombinere maskindrift med sprengning ifm tykkere betongtverrsnitt.

Det er potensialer for materiell utvikling både for bæremaskin og verktøy. Utfordringer for bæremaskinen er å ha rekkevidde nok samtidig som den skal holde maksimal størrelse på verktøyet. Disse to forholdene vil etter hvert krysser hverandre i forhold til vekten på bæremaskinen.

For bæremaskinen er det en målsetningen å oppnå rekkevidde og løfte kapasitet uten et enormt maskinunderstell på flere hundre tonn. For verktøy er det flere dimensjoner som kan utvikles. For pigghammere er det betongtverrsnitt og armeringstettheten i konstruksjonen som representerer utfordringen. Er tverrsnittet for grovt og armeringstettheten for høy, vil ikke dagens teknologi klare å knuse disse på en effektiv måte. De største pigghammerne som er i bruk i dag har en tyngde på omkring 10 tonn. Spettet/piggen som sitter i denne hammeren har en diameter på omkring 400 mm. Ved armeringstettheten som finnes i en del av betongtverrsnittene på condeep'ene, vil det være nesten umulig å trenge inn med en slik hammer. Samtidig er det energien fra disse hammerne som skal til for å påføre betongen så mye energi at den krakelerer.

Det er flere utviklingsmuligheter for disse produktene. Tverrsnittet på spettet kan reduseres ved å bruke materialer som har større bruddstyrke en dagens stål. Det finnes også muligheter for å øke slagfrekvensen i hammerne betraktelig. For å kunne bygge store høyfrekvente pigghammere kreves store kapasitetsforbedringer.

En mulighet kan være og finne stålqualiteter til spettet som gjør dette sterkt nok til å ta påvirkningen selv med mindre tverrsnitt. Det er også en mulighet å øke frekvensen i pigghammeren, slik at påvirkningen på konstruksjonen øker. Denne tilnærmingen er benyttet innenfor boreteknikk, hvor høyfrekvente borhammere har økt kapasiteten betraktelig de siste årene.

Høy armeringstetthet gir store utfordringer på boreteknikk. Mye armering gir stor slitasje på bor og reduserer borehastigheten betydelig. En borkrone med lang levetid og høy borekapasitet, også i sterkt armerte konstruksjoner, vil åpne for betydelig bedret effektivitet ved riving. En kombinasjon av sprengning og maskindrift vil da kunne gi økt effektivitet ved nedknusing og resirkulering av armert betong.



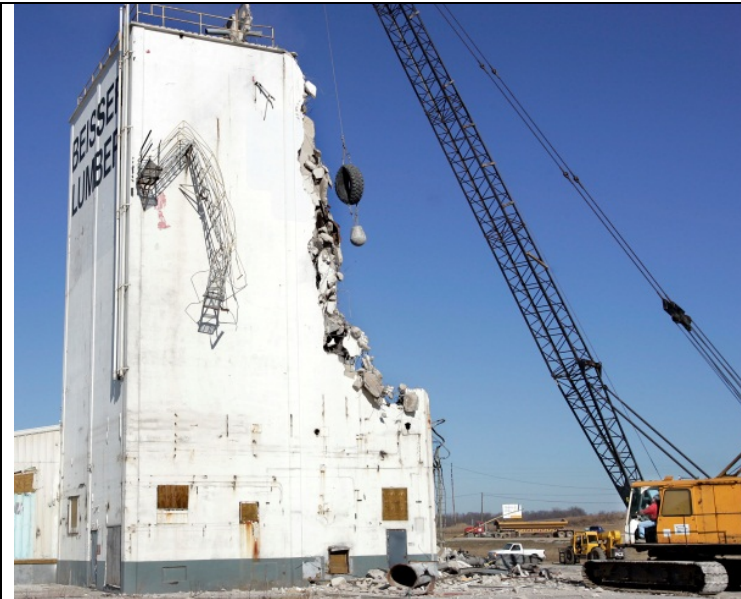
Figur 29. Rekkevidde 33meter med verktøy på omkring 5 tonn. Totalvekt omkring 100 tonn.



Figur 30. Rekkevidde 33m med verktøy på 20 tonn. Totalvekt omkring 320 tonn.

7.7.2 Konvensjonell riving med kule.

Riving med kule eller ball kan beskrives med en stålkule som henges i slakk wire på kran. Metoden er mest avendt på det amerikanske kontinentet, men har over tid blitt forbigått av annen konvensjonell riving. Grunnen for dette er effektiviteten i et hydraulisk verktøy og rekkevidden til dagens rivemaskiner.



Figur 31. Riving med kule



Figur 32. Kule

Kuler kan veie opp til 20 tonn og håndteres med en kran som er bygget til formålet. De største kulene kan bare benyttes for riving på horisontale plan. For vertikale flater påvirkes kranen i sterkere grad, og følgelig må kulevekten velges i forhold til kranens kapasitet,

Det er spesielt ved riving av domene på en betonginnretning at denne teknikken kan være brukbar.

7.7.3 Vannsaging

Vannskjæring kan beskrives med en stråle vann under et ekstremt trykk som kutter alle kjente medier. Strålen må være stabil og må derfor bæres av en robot. Roboten monteres med en beltegang eller skinne som følger det ønskelige snittet.



Figur 33. Vannsaging

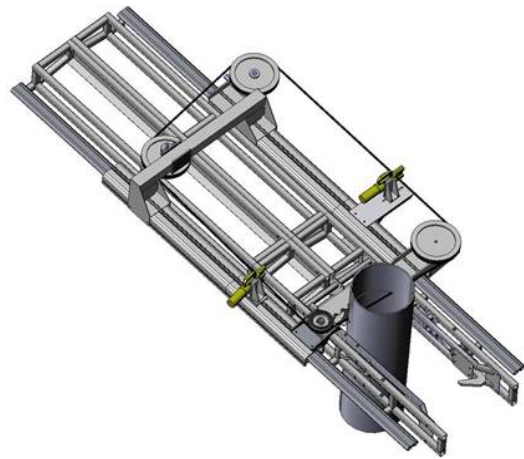
Vannskjæring har det store fortrinnet fremfor wire eller sagblad, at det ikke er noen medium som kan kile seg i konstruksjonen når det skjæres. Vannskjæring er kaldt arbeid. Det kan skjæres med både saltvann og ferskvann.

7.7.4 Wiresaging

Wiren er et leddet kjede med diamantbelagt elementer som skjærer seg inn i andre materialer. Wiren drives av en sag med et løpehjul hvor wiren går over. Oppspenning av wire gjøres med på flere måter, men ofte med hydrauliske systemer. Størrelsen på systemene avgjøres av tykkelsen eller lengden på wiren.



Figur 34. Arbeide med wiresaging offshore

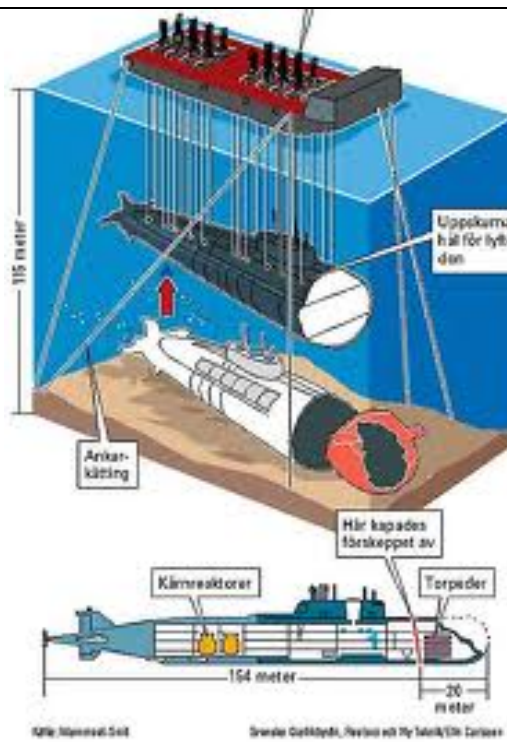


Figur 35. Eksempel på wiresag

Wiresagen kan skjære de fleste medium. Tverrsnittet på betongkonstruksjonen eller armeringstettheten har ikke avgjørende betydning for om metoden er egnet for bruk. Utfordringen ligger oftere i plassering og montering av sager, aggregater og styrehjul. Kiling er også en problemstilling som må håndteres. Wiresaging er også å betrakte som varmt arbeid.



Figur 36. Ubåt



Figur 37. Kursk

En av de større sageoperasjonene som er gjennomført på stål er kuttingen av den russiske ubåten Kursk, som sank i Barentshavet . Dette viser den spesifikke kapasiteten metoden har.



Figur 38. Saging av kursk



Figur 39. Kursk

I de fleste tilfeller vil saging være en del av en løfteoperasjon som ofte er forbundet med omfattende forberedelser, store koordinerte operasjoner og risiko. Denne risikoen er håndterbar og kan ivaretas innenfor det regimet som gjelder for norsk sokkel.

7.7.5 Eksplosiv demolering

Eksplosiv demolering er en metode til å få større konstruksjonselementer ned på bakken i store deler, med etterfølgende oppdeling eller knusing. Metoden er kjent i forbindelse med landbaserte konstruksjoner. I videre studier bør det vurderes om den i noen form kan komme til anvendelse i forbindelse med demolering av betonginnretninger.

7.7.6 Anvendelighet for forskjellige rivemetoder

I Tabell 3 nedenfor er det foretatt en vurdering av ulike rivemetoder og deres egnethet for riving av ulike deler av en betonginnretning. Det bemerkes at utvikling av ny teknologi kan endre utfallet av en slik vurdering i fremtiden.

God egnet	Egnet	Lite egnet	Uegnet

Område	Maskinriving	Kran med kule	Saging og løft	Vannskjæring og løft	Eksplosiv demolering
Øvre skaft					Felling
Midtre skaft					Felling
Nedre skaft					I kombinasjon med maskinriving
Øvre kuleskall					I kombinasjon med saging
Øvre ringbjelke	I kombinasjon med sprengning				I kombinasjon med maskin eller saging
Cellevegger over predefinert nivå for dokksetting					
Gjenværende cellevegger etter dokksetting					
Nedre kuleskall og ringbjelke					
Skjørt	I kombinasjon med manuell brenning				

Tabell 3. Anvendelighet av forskjellige rivemetoder

7.7.7 Miljøaspekter ved forskjellige rivemetoder

I Tabell 4 er det foretatt en vurdering av de mest betydningsfulle miljøaspekter ved rivemetoder som vurdert i Tabell 3.

Ytre Miljø	Maskinriving	Kran med kule	Saging og løft	Vannskjæring og løft	Eksplodiv demolering
Støv	Moderat støvspredning over lang tid.	Moderat støvspredning over lang tid	Minimal støvspredning	Ingen støvspredning	Høy i meget kort tid.
Støy	Moderat til høy støypåvirkning over lang tid.	Moderat støypåvirkning over lang tid	Moderat støypåvirkning	Høy	Høy i meget kort tid
Slam/finstoff	Moderat ved avrenning fra støvdemping	Moderat ved avrenning fra støvdemping	Moderate mengder	Store mengder som ved enkle tiltak kan styres	Ingen

Tabell 4. Vurdering av miljøaspekter ved forskjellige rivemetoder

Normalt er prosessen med knusing av betong ikke mer støyende, støvende eller forurensende enn at det kan gjennomføres innenfor rammene av dagens forurensningslovgivning. Et eksempel som dokumenterer dette er et foto fra BA Gjenvinnings betongknusekontrakt på Tjuvholmen ved Aker Brygge våren 2005. Her ble det knust ca 20 000 tonn uten en eneste naboklage. Det er slik at betongknusing støyer langt mindre enn f. eks. knusing av fjell i tradisjonelt pukkverk. Støvet dempes med overrislingsutstyr som maskineriet er utstyrt med.



Figur 40. Knusing av betong på Tjuvholmen ved Aker Brygge i Oslo

Materialene som utgjør ferdigprodukter fra gjenvinningsprosessen er foruten jern, tilslagsmaterialer slik som kult 20 – 120 og grøftepukk 8 – 20 mm. Erfaringen har også vist at det kan f. eks. produseres grovt tilslag til ny betong. Med de kvalitetene og mengder som det er snakk om vil det siste være gjenvinning på høyeste nivå i det såkalte avfalls hierarkiet, dvs materialgjenvinning. Sikterest 0 – 8 mm vil kunne være et overskuddsprodukt som kan nyttes til terreng arronderingsformål. Materialet vil være sterkt kalkholdig og har ditto egenskaper for å nøytralisere sure miljøer.

Ferdigprodukter fra knuse- / sikteprosessen må håndteres i henhold til kjente rutiner fra tilslagslagring. Det betyr at man legger opp floer lagvis med god markering mellom lagene. Dette for at man skal unngå separasjon i ferdigvaren under lasting.

Statfjord A representerer ca 220 000 tonn tilslag. En fordeling av 3 hovedprodukter som tidligere nevnt vil kreve et areal tilsvarende 20 - 25 da til lagerformål i “verst tenkelige tilfelle”. Vi må dog kunne forutse at det er inngått avtaler med oppkjøpere / sluttbrukere på forhånd, slik at ferdigvarene fortløpende blir lastet ut når knuseprosessen foregår. I Europa er det stor etterspørsel etter tilslagsmaterialer og det eksporteres årlig ca 17 mill. tonn pukk fra Norge til kontinentet. Sluttproduktet (råvarene) fra nedknusing av betonginnretningene på norsk sokkel vil tilfredsstillende de fysiske og kjemiske egenskapene stilles til en slik salgsvare og avsetningsmulighetene antas ikke å bli dårligere i årene som kommer. Når alt kommer til alt så representerer ikke mengden fra en betonginnretning mer enn et middels pukkverk sin årsproduksjon. Avhengig av lokalisering vil således ulempene knyttet til miljøaspektene vurdert i Tabell 4 være moderat til svært begrenset i omfang.

7.8 Fjerning og behandling av innhold i cellene, samt rengjøring av lagercellene

7.8.1 Generelt

Condeep betonginnretninger er bygget opp med en omfangsrik cellekonstruksjon i bunn, som utgjør fundamentdelen av konstruksjonen. Denne er enten tom, vannfylt eller delvis fylt med olje gjennom produksjonsfasen. Det er grunn til å tro at det er rester av hydrokarboner i cellene når installasjonen kommer inn til land, og at vegger, bunnplater og til dels fast ballast i bunn av cellene er oljeforurenset.

Cellekonstruksjonen omfatter et meget stort volum og innvendig veggareal. Normal cellediameter varierer fra 20 til 30 meter, og høyde på cellene varierer fra ca. 50-70 meter.

Erfaringsmessig er oljeforurenset betong kun forurenset i de ytterste cm av overdekningen, ved at oljen trekker seg inn i betongen gjennom porer og sprekker. Det ser ut til at oljelaget som dannes i disse ytterste cm virker som "impregnering" av betongen, slik at ytterligere oljesøl / påvirkning, ikke vil medføre at olje trekker dypere inn i betongen, men preller av på det allerede etablerte laget av olje.

I betongstrukturene som er benyttet til mellomlagring av olje, har betongen vært utsatt for visst oljetrykk. Hvorvidt trykket har medført økt inntrenging av olje i betongstrukturen er vanskelig å si. Flere forhold vil spille inn, blant annet betongkvaliteten.

For å bestemme grad av oljeinntrenging i betongen, kan det tas ut kjerneprøver til visuell inspeksjon og kjemisk analyse.

En studie på fjerning av innhold i cellene må derfor se på viktige faktorer som:

- Kartlegge risiko for å treffe på eksplosive og giftige gasser i cellerommene
- Etablere et system for fjerning av eksplosive og giftige gasser i cellerommene. Dette er en forutsetning for å utføre arbeid inne i cellene
- Etablere adkomst til cellene fra toppen av øvre kuleskall
- Aktuelle bærekonstruksjoner for understøttelse av oljerenseutstyr
- Vurdere ulike systemer for høytrykksspyling av vegger
- Pumpesystemer for fjerning av oppsamlet oljeholdig spylevann i bunn av cellene
- Transport og pumpesystemer for å bringe spylevannet til et rense/separasjonsanlegg på land.
- Monterings- og demonteringsprinsipper for utstyr som nevnt ovenfor
- Rengjøring av bunnplate
- Dersom fast ballast må fjernes for å få fløtet bunnkonstruksjonen inn i en tørrdokk, må det tas ut prøver av fast ballast for å bekrefte oljeforurensning eller ikke
- Metoder for fjerning av oljeforurenset ballast, alternativt fjerning av ikke forurenset ballast
- Rengjøring av nedre kuleskall etter fjerning av ballast
- Ombruk/disponering av separert olje
- Deponering av oljeforurenset ballastmateriale

Det finnes en rekke firma som foretar full rensing av oljetanker, hvorav i hvert fall et selskap har utviklet et system for ubemannet rensing. I lys av det svært omfattende arbeidet som inngår i å rens

16 lagerceller er det gunstig å prosjektere et ubemannet system. I det etterfølgende er kopiert inn noen bilder og korte beskrivelser inklusive en case, av systemet.

Det vil fremgå at løsningen er et komplett konsept som inkluderer:

- Mobilisering
- Nødvendig tildekking
- Avslamming (de-sludging)
- Rensing
- Oljeseparasjon
- Vasking med vann
- Demobilisering

Det ubemannede systemet baserer seg på å penetrere takkonstruksjonen på oljelageret og installere et antall sonder/rør med spesielle dyser som sørger for innsprøyting av rensemiddel og senere vasking. Metoden er sammenfattet på de følgende sidene (engelsk beskrivelse).

7.8.2 Metodebeskrivelse (engelsk)

Mobilisation

The BLABO system is installed according to the mobilisation plan approved by the customer. The mobilisation process involves the installation of the Suction, Recirculation, Separation and Skimming modules. The time required for mobilisation of the BLABO system and the auxiliary equipment varies depending on the complexity of the job, but usually it does not take longer than a week.



The auxiliary equipment are set up in accordance with prevailing regulations regarding potentially hazardous zones. The colours red, yellow and green illustrate the different safety zones. The zones are set up to meet the highest international safety standards and directives when working in potentially hazardous environments.

Depending on the diameter of the tank, the required number of nozzles are installed in the roof. This is either done through existing openings or new, cold-tapped openings securely made with the certified SafeTap tool. The nozzles are key to ensuring an optimal cleaning result. Their unique indexed washing pattern fully covers the complete surface of the tank.

Tank blanketing

To secure a safe tank cleaning process an inert gas, typically nitrogen, is injected into the tank. The purpose is to reduce the oxygen level to below 8 per cent to eliminate the risk of explosion. This oxygen level is held under the entire cleaning process.



De-sludging

De-sludging is the first process in the cleaning of the tank and this is where most of the oily sludge from the tank is removed. The de-sludging process may begin when the oxygen level has fallen below 8 per cent. The nozzles are operated one at a time, alternating between all of the nozzles supplied with the system. Since the sludge may contain solids, water and trapped, liquefied oil it may be necessary to add cutter stock to re-liquefy the sludge.



Cleaning

The cleaning process consist of an oil wash and if required a final hot water wash. Oreco's efficient and especially designed Single Nozzle Sweepers (SNS) are installed on the roof of the tank and play a vital part in the cleaning process. The nozzles use recirculated oil as their primary cleaning media and their efficiency is due to their far-reaching, low pressure high impact jets. The nozzles are hydraulically driven and two nozzles at a time can be operated.



Via a PLC in the Recirculation module the nozzles can be programmed to focus on areas that require more intensive de-sludging. The non-man entry concept of the BLABO system means that personnel do not enter the tank during cleaning. The system is easily operated and monitored by a few trained operators via built-in PLCs and user friendly control panels.

Safety and protection of personnel during tank cleaning are of high importance. The BLABO system is a non-man entry system, since there is no need for personnel to enter the tank during the process. Every component of the BLABO system has been designed with safety and human health in mind. In

addition to this, personnel must undergo a comprehensive training programme in operating the BLABO system and in safety procedures.

Oil separation

The Separation module enables tank owners to achieve specific separation requirements. Separation takes place simultaneously with de-sludging and the sludge is separated into clean oil, solids and water.



The decanter in the Separation module performs a liquid/solids separation, while the high speed separator makes a oil/water separation of the liquid. The BLABO system recovers close to 100 per cent of the hydrocarbons. This continues until the tank is free from sludge. The clean oil is pumped to the pipeline and can be reused.

Water wash

At this stage there is no sludge left in the tank. To clean the tank completely a final water wash is necessary and this is where the Skimming module comes into action.



The nozzles spray fresh water into the tank and hereafter the water is pumped through the Skimming module where coalescing plates perform the oil/water separation. The oil is skimmed off the water surface and pumped back to the tank owner as recovered oil, and the water is pumped directly to local waste water treatment facilities.

Demobilisation

Finally demobilisation and de-installation of the tank cleaning system takes place. As soon as the tank atmosphere has been approved by a safety officer, personnel are free to enter.



Equipment, piping and cabling are disconnected, de-mounted, cleaned, packed and loaded onto trucks. For easy transportation the BLABO system is built into standard 20' high cube containers.

7.8.3 Sikkerhetsmessige faktorer ved rengjøring av lagercellene

Som følge av anaerob bakteriell nedbrytning av svovelholdige forbindelser i oljerester i lagercellene vil det kunne dannes H₂S-gass (hydrogensulfid). H₂S er en giftig og brannfarlig gass som kan føre til eksplosjon/brann ved antennelse eller kvelning ved eksponering. Ved entring av lagercellene i forbindelse med fjerning og rengjøring av cellene vil eksponering for H₂S være en risikofaktor som det må planlegges for og tas hensyn til både i forhold til valg av metode og vernetiltak. Tatt i betraktning H₂S som en eksplosiv gass, må det også tas forholdsregler ved varme arbeider. Utfordringene i forhold til H₂S er imidlertid velkjent gjenvinningsindustrien og i petroleumsindustrien og med kjente prosedyrer og metoder skal dette være fullt mulig å håndtere på en helse- og sikkerhetsmessig forsvarlig måte.

7.9 Demoleringsmetoder for armeringsjern og betong

Med bakgrunn i generelt stort forbruk av råvarer i forbindelse med bygg- og anleggsvirksomhet i Norge og i Europa, så gikk Miljøverndepartementet i 1998 ut med en oppfordring til bransjen om å se på muligheten for å gjenvinne rivebetong. Flere millioner kroner ble kanalisert gjennom et ØkoBygg-prosjekt hvor målet var å implementere langsiktig bruk av resirkulerte tilslagsmaterialer på en rekke områder innenfor bygg og anlegg (RESIBA prosjektet). Deltagerne i prosjektet representerte et mangfold aktører slik som Statens Vegvesen, Vegdirektoratet, Byggforsk, Sintef, Oslo og Akershus fylkeskommune og flere av landets største private entreprenørselskaper.

Tilslagsmaterialer er i utgangspunktet en ikke-fornybar ressurs, og det er av den grunn svært verdifullt å ta vare på så mye av rivebetongen som mulig, slik at tilslagsmaterialene skal kunne komme til nytte i nye konstruksjoner. Tilslaget i offshorekonstruksjoner representerer en av de beste kvalitetene i markedet.

Ovenfor nevnte RESIBA prosjekt ble etterfulgt av "Gjenbruksprosjektet (2003 – 2006) i regi av Statens Vegvesen. Det var i hovedsak de samme aktørene som deltok, og prosjektet har vært forløperen til at en rekke byggeforskrifter er revidert, deriblant Vegnormal 018, da knust betong nå anses som et fremragende byggemateriale.

Det er i dag bedrifter som har spesialisert seg på gjenvinning av betongkonstruksjoner som rives. Teknikken er relativt lik den som nyttes når det foredles jomfruelig pukk. Imidlertid er utstyret forsynt med magneter som kan separere armering fra betongen som i sin tur leveres til smelteverkene for materialgjenvinning. Armeringen i offshorekonstruksjoner representerer store verdier og med den relativt store ressursknapphet det er på verdensbasis (jfr. ressursknapphet under OL Beijing), så vil denne ressursen gi et viktig bidrag.

7.9.1 Gjenvinning av offshore betongkonstruksjoner

Det kan synes hensiktsmessig å tilpasse gruvestyr til å forestå den første behandlingen etter at konstruksjonene er volumredusert til håndterlige biter. Utstyret må forsynes med utkastermagneter og sakser på strategiske plasser i pålastingstrauet og over selve inntaket. Dette gjøres for å kunne klippe vekk og fjerne armeringsjern som forårsaker oppdemming før knuseprosessen. Etterfølgende bilder viser litt av dimensjonene på utstyret som er beskrevet i det følgende.



Figur 41. Innlasting i en spindelknuser (gyratory crusher)



Figur 42. Mating på en spindelknuser



Figur 43. Montering av en spindelknuser (store dimensjoner)

Spindelknuseren er en typisk maskin for første knuse-trinn i gruveindustrien. I henhold til leverandør så vil dette være et godt valg i forbindelse med nedbryting av offshorekonstruksjoner. Den har en kapasitet på godt over 5 000 tonn i timen i gruva, men utstyret må modifiseres med tanke på den store andelen armeringsjern i betongen. Dette omfatter først og fremst magneter og sakser for å frigjøre jern som henger seg opp i nedløpet og passasjen i knuseprosessen. Uansett vil kapasiteten være tilstrekkelig for 4 – 5 slagmøller i slutt-trinnet, se kapittel 7.9.2.

Det vil kunne være praktisk mulig å produsere ca 1 000 tonn i timen med ferdig tilslag < 120 mm.

Investeringsbehov for ovennevnte produksjon vil være i størrelsesorden 100 mill. NOK. Det forutsettes at riggplass for nødvendig utstyr er tilgjengelig. Kapitalkostnaden pr. tonn knust masse kan under ovennevnte forutsetninger bli interessant i forhold til en ordinær knuseprosess. Andre driftsrelaterte kostnader i forbindelse med fremstilling av tilslaget, slik som lønn, diesel, slitedeler, forsikringer, m.m. vil måtte tas i betraktning. Det betyr at det er mulig å fremstille tilslagsmaterialer på samme kostnadsnivå som tradisjonell produksjon i et pukkverk.

7.9.2 Halvfabrikata fra spindelknuser til slagmølle

Maskinene som nyttes for å fremstille best mulig kornkurve fra det opprinnelige tilslaget er slagmøller som roterer vertikalt med stor periferihastighet, (gjerne 35 – 40 m/s). Dette gjør at armeringen frigjøres og vi får et tilnærmet rent tilslag, samtidig som armeringen kan leveres nærmest fri for betong til omsmelting.



Figur 44. Slagmølle med magnetseparator

Som beskrevet så foregår armeringsuttaket både i forbindelse med forknusing og etterknusing av betongen. Slik vil sluttproduktet kunne tilfredsstille kravet som er satt i Vegnormal 018.

7.9.3 CO₂ binding

At betong tar opp og binder CO₂ fra luften er et faktum som er godt kjent. Den senere tids tekniske og ikke minst politiske fokusering har ført til en kraftig økt interesse for dette. Et pågående svensk forskningsprosjekt har som mål å få fram sikre beregningsmodeller for hvor stort opptaket er, både som byggverk og som knust betong etter riving. Erfaringen fra prosjektet så langt er at opptaket av CO₂ fordobles etter at betongen er knust ned til tilslagsmaterialer. Kunnskapen fra dette prosjektet forventes å bli en del av totale miljøvurderinger i forbindelse med etablering av standarder for “carbon footprint” m.m.

7.9.4 Erfaringer

Gjenvinningsselskapet BA Gjenvinning AS har de siste 10 årene deltatt aktivt innen mottak, foredling og gjenvinning av tungt BA avfall ^{*)}. Bedriften har også hatt en sentral rolle i forbindelse med forskningsprosjektene som nevnt innledningsvis. Innværende år (2011) vil bedriften gjenvinne over

450 000 tonn tungt BA avfall, som uten sammenligning er mest i landet. Bedriften har deltatt i en rekke fullskala byggeprosjekter som har nyttet knust betong til byggeformål.

Eksempler:

År:	Prosjekt:	Oppdragsgiver:	Mengde:
2011	Gardermoen , ny terminal	Skanska	100 000 tonn
2011	St. Olavs Hospital, Trondheim	Arb. felleskap Dokken / PeWe	54 000 tonn
2011	Gjenvinning, Sandnes	Velde	18 000 tonn
2010	P-hus Fornebu, Oslo	AF Decom	26 500 tonn
2008	Loe Betongelementer	Hokksund PV	22 000 tonn

Gjennom tidligere nevnte forskningsprosjekter har bedriften også deltatt i ulike prosjekter hvor knust betong har inngått som fullverdig byggemateriale. Det er utarbeidet en rekke prosjektrapporter som demonstrerer materialenes fantastisk gode egenskaper som tilslag i for eksempel:

- Forsterkningslag i vegbygging (E6 ved Melhus)
- Parkeringsplass (St. Olavs Hospital i Trondheim)
- Forsterknings- / bærelag i veg (E6 – Svartdalstunellen i Oslo)
- Sprøytebetong (Makrellbekken T-banestasjon i Oslo)
- Konstruksjonsbetong (Pilestredet Park i Oslo)

*¹) Tungt BA avfall = rivebetong og asfaltflak, mineralsk basert materiale

Det er ingen bedrifter i Norge i dag som besitter utstyrsressurser eller erfaring knusing og gjenvinning av rivebetong tilsvarende BA Gjenvinning. I Europa for øvrig så er det flere nasjoner som har lang erfaring med bruk / utnyttelse av foredlet rivebetong. Slik foredling foregår da hovedsakelig på stasjonære anlegg hvor aktørene i entreprenørmarkedet av myndighetene er pålagt å kjøre betongavfallet til behandlingsanlegget. Det finnes gode referanser på dette i blant annet i Nederland.

I forbindelse med gjenvinningsaktiviteter i Norge de senere år, dukket stadig spørsmålet opp: “Hvor rent er rent nok” ?

Problemstillingen har da i størst grad dreid seg om miljøgiftene PCB (polyklorerte bifenyl) og PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner). I flere større rive- / utbyggings prosjekter den senere tid har fylkesmannen i enkelte fylker gitt utbygger anledning til å gjenvinne materialer som blir betegnet som lett forurenset i f.eks. forsterknings- og bærelag på veier og plasser basert på en risikovurdering iht veileder gitt av Klif (tidligere SFT). Dette åpner for at en betydelig større andel av rivebetong som er i markedet kan gjenvinnes.

Normalt kan forurensningsforskriftens kapittel 2 om opprydding i forurenset grunn ved bygge- og gravearbeider anvendes i forbindelse med håndtering og disponering av forurenset betong.

Hovedregelen er at materialer der konsentrasjonen av helse- eller miljøfarlige stoffer overstiger normverdiene i vedlegg 1 til kapittel 2 av forurensningsforskriften skal anses som forurenset. Grunn der konsentrasjonen av uorganiske helse- eller miljøfarlige stoffer ikke overstiger lokalt naturlig bakgrunnsnivå skal likevel ikke betraktes som forurenset med mindre jorden/berggrunnen danner syre i kontakt med vann og luft. Ved samarbeid med forurensningsmyndighetene vil det være mulig å finne anvendelsesmuligheter for lavforurenset betong slik at denne også kan gjenvinnes.

Klif har nylig satt i gang en “work shop” som skal avholdes flere steder i landet, hvor målet er å lage en ny veileder som tar for seg hva slags grenseverdier som er formålstjenlig i forbindelse anvendelse av lett forurenset betong til gjenvinningsformål. Her vil hensynet til utlekkingsfare ha særlig fokus. BA Gjenvinning er sammen med flere andre aktører i bransjen invitert til å delta i dette arbeidet.

I forbindelse med ilandføring av betonginnretningene fra Nordsjøen må det forutsettes at eventuell forurensning i rivebetongen blir kartlagt på forhånd, ved eventuell prøvetaking og analyser. I betonginnretningene fra norsk sokkel må det forventes at forurensningene først og fremst knytter seg til hydrokarboner og tungmetaller som er forekommende i råolje og -gass.

7.10 Fjerning og disponering av marin begroing

Betonginnretninger som ankommer land vil være bevoskt av marine organismer, i hovedsak de øverste 30-70 meterne. Ulike metoder kan anvendes for fjerning av marin begroing ved land:

- Mekanisk fjerning (skraping, børsting o.l.)
- Høytrykksspyling
- Fjernstyrt robot
- Vakuumsuging

Gjennomførte studier og erfaringer fra tidligere fjerningsprosjekter tilsier at marin begroing ikke inneholder miljøfarlige stoffer som setter begrensninger for gjenvinning, men begroing bør ikke tilføres vann inne i fjordene på Vestlandet. Miljøeffektene av ansamling på bunnen vil først og fremst være at nedbrytning av materialet forbruker oksygen og derfor kan føre til anoksiske bunnforhold. Det er ikke mulig å sette noen grenseverdier for hvor mye et bunnområde tåler av begroingstilførsel. Dette avhenger helt av områdets topografi og vannutskifting.

Det må det etableres oppsamlingssystemer for fjernet begroing. Avhengig av fjerningsmetode vil det være påkrevet med lensesystemer og eventuelt duker/nett for å hindre både horisontal og vertikal spredning av begroing.

Marin begroing ved land har også en luktproblematikk. Lukt vil oppstå når forråtnelse starter etter at begroingen eksponeres i luft. Sjenerende lukt begrenses ved at begroingen fjernes og transporteres bort hurtigst mulig etter eksponering. Fjernet begroing forutsettes transportert fortløpende til anlegg for biologisk behandling og gjenvinning. Transport kan skje sjøveien eventuelt i kombinasjon med landeveien til aktuelt anlegg.

En snarlig avvanning av begroingen kan med fordel gjennomføres for å oppnå et materiale som lettere kan håndteres videre. Avvanning kan enten foregå i et anlegg på lekter eller behandlingsanlegg på land. Fjernet vann må renses for faste partikler ved sedimentasjon, eventuelt med sil/filter for suspendert organisk materiale. Om rent vann kan dokumenteres, vil dette trolig kunne slippes ut i sjøen.

To hovedmetoder fremstår som mest aktuelle for behandling og gjenvinning av marin begroing:

1. Kompostering (aerob behandling)

Kompostering gir vekt- og volumreduksjon og ender opp i et jordprodukt som har nytteverdi. Langs kysten finnes en rekke avfallsanlegg med kompostering. Eksempelvis komposteres i dag marin begroing fra utrangerte petroleumsinstallasjoner på Ekofisk-feltet på interkommunalt komposteringsanlegg på Haugalandet.

2. Anaerob behandling for produksjon av biogass. Anaerob nedbrytning gir vekt- og volumreduksjon, og en mulig energigevinst i form av biogass (metan). Anaerob behandling forutsetter et lukket anlegg tilsvarende som for slam fra avløpsrensianlegg og matavfall fra husholdninger. Det finnes fler enn 40 biogassanlegg i Norge i dag og flere er under etablering. Det antas derfor å ville være tilstrekkelige fremtidige avsetningsmuligheter i Norge for biomasse fra betonginnretningene.

Med fortløpende fjerning og borttransport, anses arealbehovet knyttet til marin begroing som begrenset til del av lekter(e) ved betonginnretningen og plass for kortvarig mellomagring av containere på kai ved det aktuelle mottaksanlegg.

8 Mulige steder å ta innretninger til land

8.1 Vurdering

I vurdering av plassbehov for demontering av betongkonstruksjoner på land er det viktig å se på nærheten mellom demonteringslokasjonen for den flytende konstruksjonen og den landfaste fasiliteten. Denne vurderingen vil se på følgende faktorer:

- Oppankringssted
- Avstand ankringssted og mottaksanlegg på land
- Kaikonstruksjon
- Dybde ved kai
- Bæreevne på kai
- Løfteinnretninger på land
- Horisontalflytning av elementer fra betonginnretning
- Bakareal for lagring av elementer
- Plassbehov for knusing/sortering av rivningselementer
- Transportveier/logistikk for gjenvinning
- Tørrdokk

De ovenfor nevnte kriterier er satt opp i en tabellform i forhold til de bestemmelsesstedene som rapporten tar utgangspunkt i. Tabell 5 viser status pr 2011.

Videre vil det være vesentlig om det finnes nærliggende landbaser eller tilstrekkelig med områder (arealer) for ilandføring av avfall, videre oppdeling, sortering og bearbeiding av materialene. Slike områder må ha etablert tilstrekkelige tiltak mot spredning av eventuelle forurensninger, i form av tette dekker med membran som drenerer til egnet renseinnretning.

For å minimere arealbruken vil, både i sjø og på land, vil godt planlagt logistikk være avgjørende, slik at det unngås opparbeidelse av store avfalls- eller materiallager.

Store mengder konstruksjonsdeler og prosessutstyr (fra skaftene) vil kreve rengjøring før videre oppdeling og omsetning som råvarer i gjenvinningsindustrien. Rengjøring av kontaminert prosessutstyr krever spesialutviklede mottaks- og behandlingsanlegg med opparbeidet kompetanse. Det finnes flere slike virksomheter langs kysten i dag.

Oppankringssted	Åndalsnes	Hanøytangen	Stord	Vats	Ålfjorden/ Dommersnes	Loch Kishorn
Avstand knutepunkt	183 NM	105 NM	145 NM	210 NM	150 NM	430 NM
Avstand dypvannssted med 150 m vanddyb	0,3 km		1,1 km	1,1 km	1,1 km	15 km
Avstand oppankringssted og tørrdokk (Hanøytangen)	270 NM	0 NM	90 NM	170 NM	100 NM	Tilgjengelig tørrdokk ved Loch Kishorn
Tilgjengelig kaikonstruksjoner	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei?	
Dybde ved kai	5 m/10 m (nordre /søndre kai)	17 m	10-12 m	23 m	Ca 15 m	
Løfteinnretninger på land	Mobilkraner	Mobilkraner (opptil 500 mT)	Mobilkraner	Mobilkraner (opptil 300 mT)	Mobilkraner	Mobilkraner
Plass tilgjengelig for lagring/ bearbeiding av rivningsmaterialer	Medium kapasitet	Svært god kapasitet	Begrenset kapasitet	Svært god kapasitet	Svært god kapasitet	Medium kapasitet
Transportveier/ logistikk for gjenvinning	Jernbane svært nærliggende kai, god veiforbindelse	God veiforbindelse	God veiforbindelse	God veiforbindelse	Brukbar veiforbindelse	Brukbar veiforbindelse
Tørrdokk	Nei, dokk - ikke tørrdokk	Ja, 115 m portåpning	Nei	Nei	Nei	Ja, 150 m diameter, 12 m dybde
Minste vanddybde langs sleperute	Ca 70 m	Ca 120 m	Ca 200m	Ca 200 m	Ca 100 m	Ca 90 m
Landfester/oppankring ved dypvannssted	Eksisterende	Eksisterende	Eksisterende	Eksisterende	Eksisterende	Ikke kjent

Tabell 5 Oversikt over mulige oppankringssteder

8.2 Åndalsnes

Åndalsnes innerst i Romsdalsfjorden er den nordligste foreslåtte lokasjonen. Her er det infrastruktur på plass for håndtering av plattformer allerede. På 1970-tallet ble det bygd to oljeplattformer på Åndalsnes. På det store industriområdet på Øran ble det etterpå etablert en rørbearbeidingsbedrift for petroleumsindustrien. De senere år har området i hovedsak blitt benyttet til mellomlager for rør og tømmer. Det er over 130 meter dypt bare 0,3 NM utenfor Åndalsnes, hvis større vandyp er nødvendig kan Innfjorden som ligger ca 4 NM vest for Åndalsnes brukes; ytterst i Innfjorden er det ca 240 meter dypt. Anlegget eies av Rauma kommune.

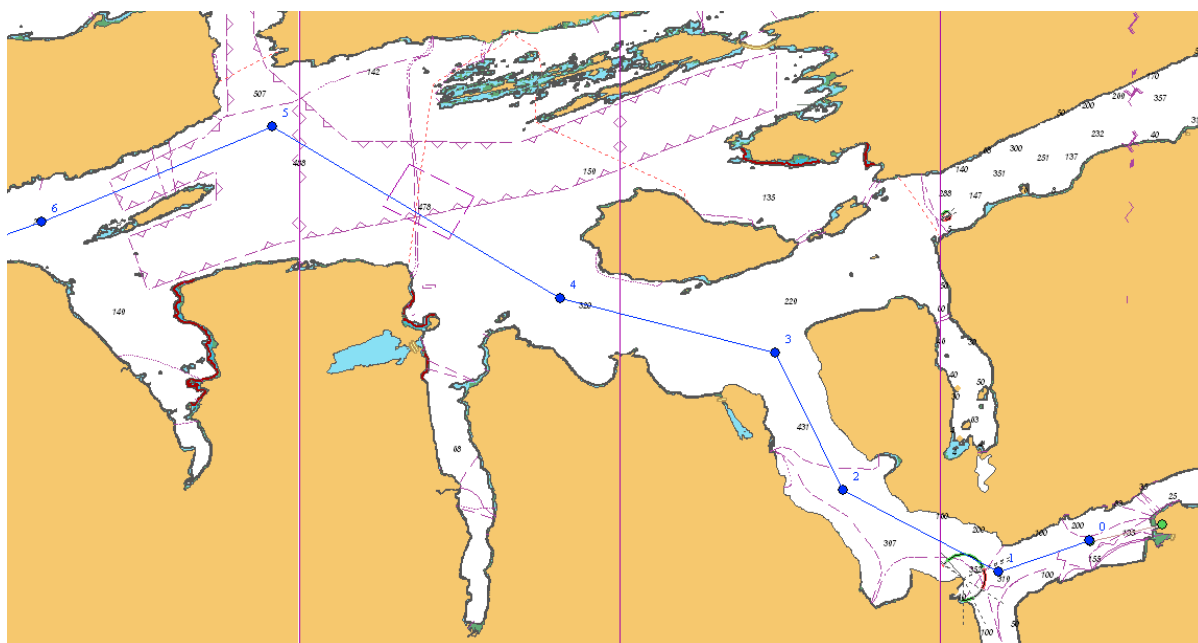


Figur 45. Åndalsnes

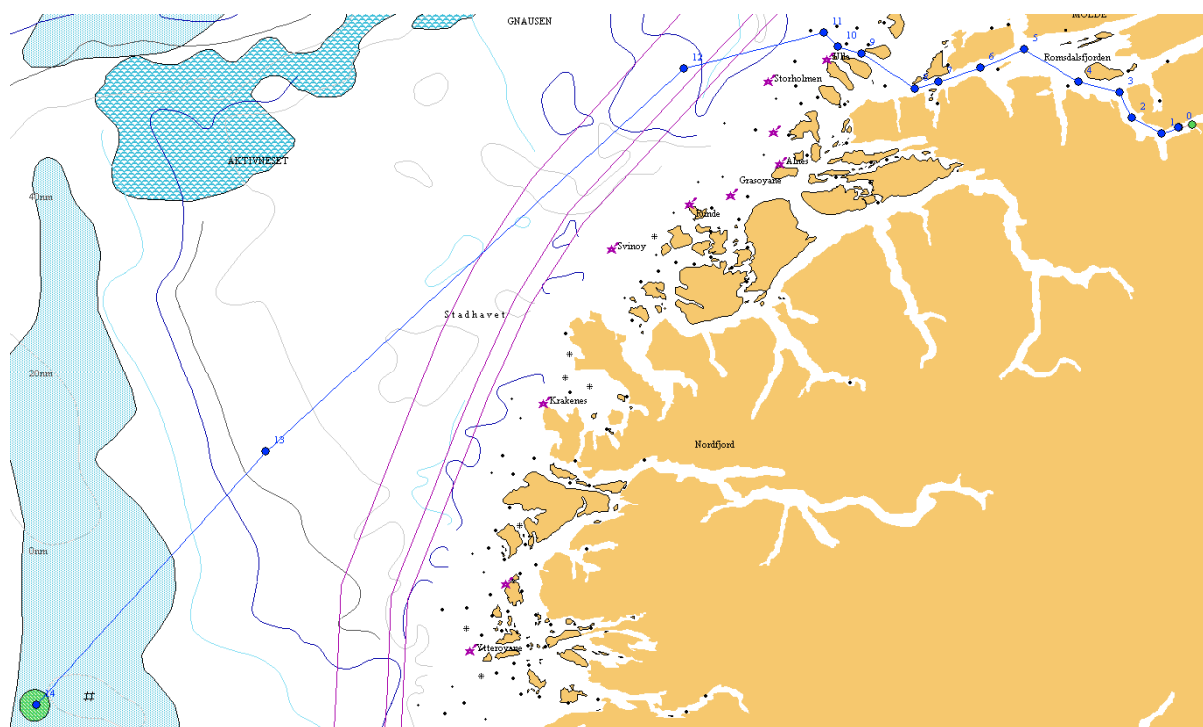
8.2.1 Sleperute fra knutepunkt

Foreslått rute går inn mellom Skuløya og Fjørtoft, inn Midfjorden og videre inn Romsdalsfjorden til Åndalsnes.

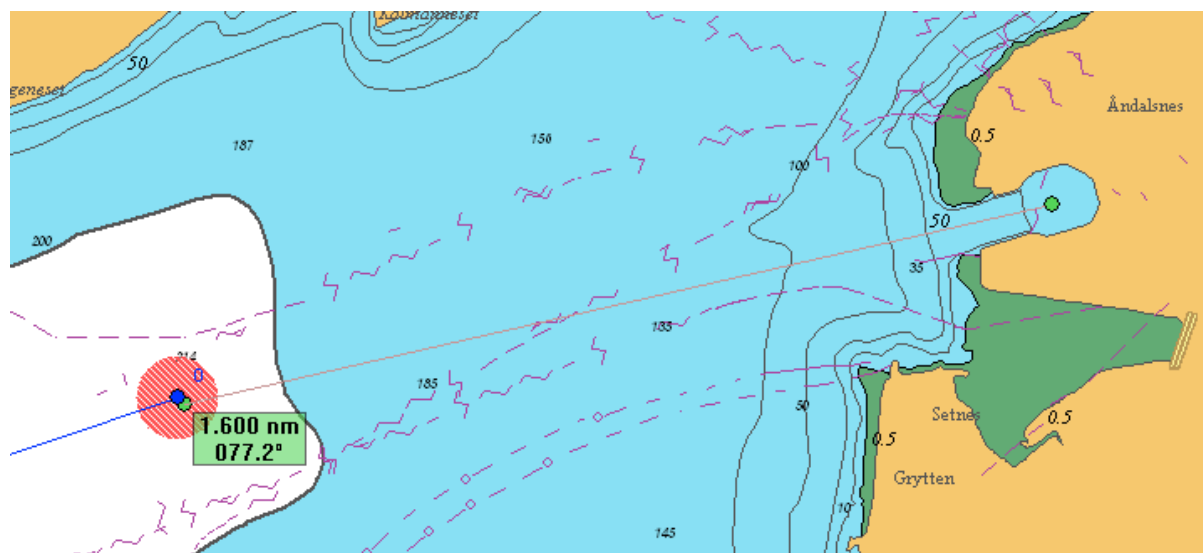
Minste vanndyp langs sleperute:	ca 70 m
Avstand til knutepunkt:	ca 170 NM
Avstand til Hanøytangen:	ca 250 NM
Avstand ut til 150m vanndyp:	ca 3,0 km



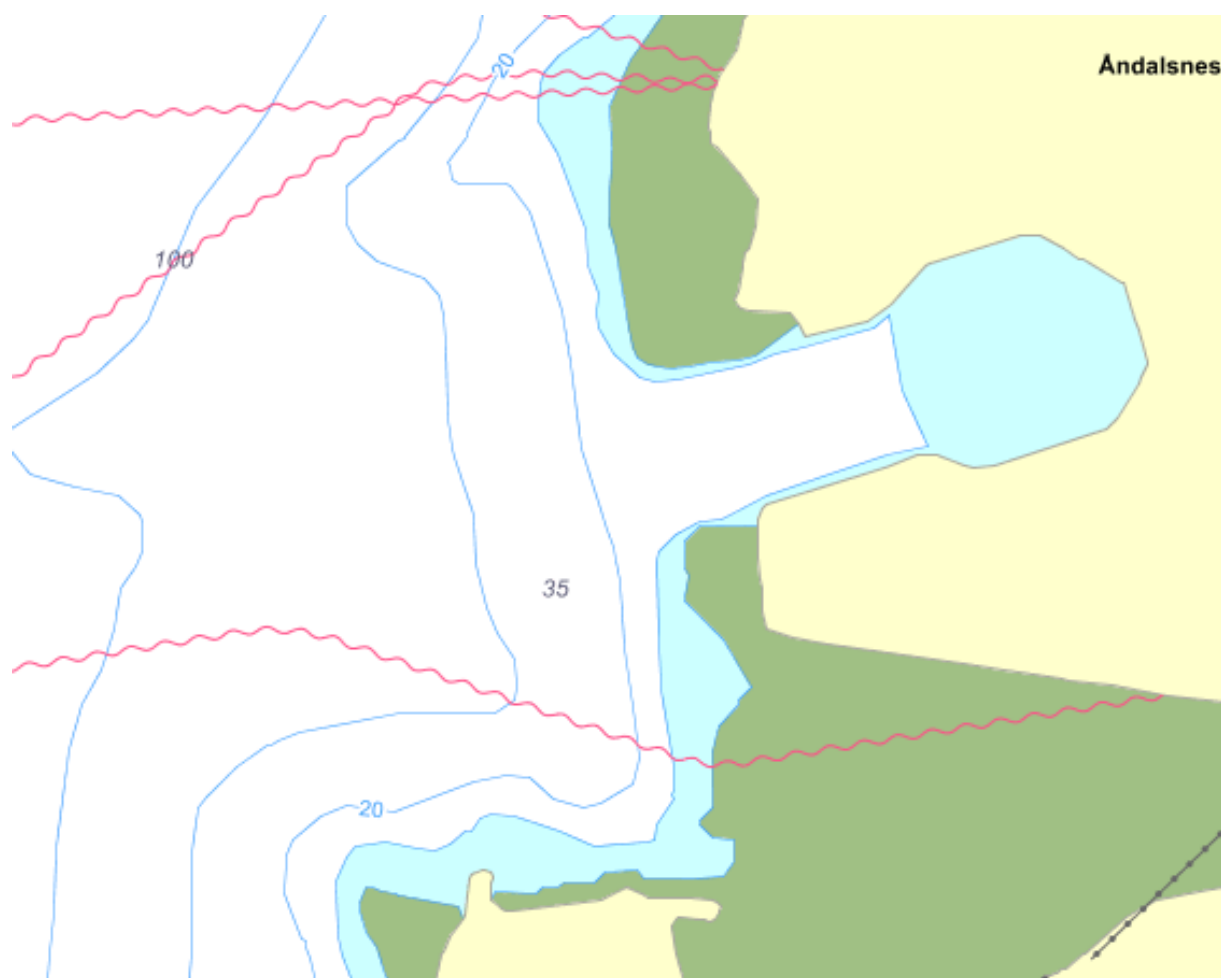
Figur 46. Siste del av sleperuten mot Åndalsnes



Figur 47. Rute til Åndalsnes fra knutepunkt



Figur 48. Endepunkt sleperute, hvitt område er over 150 m vanddyp



Figur 49. Dybdekonturer, Åndalsnes

8.3 Stord

Kværner Stord er et verft på Stord i Hordaland eid av Aker Solutions som siden 1975 har vært en stor aktør når det gjelder bygging av olje- og gassplattformer. Siden andre verdenskrig er det blitt bygget skip på Stord. Da oljekrisa kom på 1970-tallet ble det derimot en brå stopp for denne skipsindustrien, men samtidig hadde en så vidt begynt å bygge oljeplattformer. Den første innretningen som ble bygd på Stord var Statfjord A. Flere Condeep-plattformer fulgte, som Gullfaks-innretningene, Oseberg A og Troll A, det største menneskeskapte byggverket som noen gang er flyttet på.

Utover på 1990- og 2000-tallet har Aker Stord bygd en rekke halvt nedsenkbare plattformer som Snorre A og B, Njord og Kristin, i tillegg til produksjons- og lagringskipene Norne og Åsgard A

I 1996 begynte demontering av utrangerte plattformer. Den første var Esso Odin og i 2001-2003 ble den 110 000 tonn tunge britiske produksjonsinnretningen Maureen A demontert. Demonteringa foregår på Eldøyane ved Aker Stord, der kranen Ivan står, en av de største kranene i Nord-Europa med ei høyde på 137 meter og som kan ta løft på 240 tonn. I tillegg har Kværner Stord blitt en aktør på landanlegg. Kværner Stord har medvirka til både gassterminalen på Kårstø, Snøhvit LNG på Melkøya og Ormen Lange-anlegget på Aukra ved Molde. Kværner Stord ferdigstilte i 2009 de to største boreriggene i verden, Aker Spitsbergen og Aker Barents.

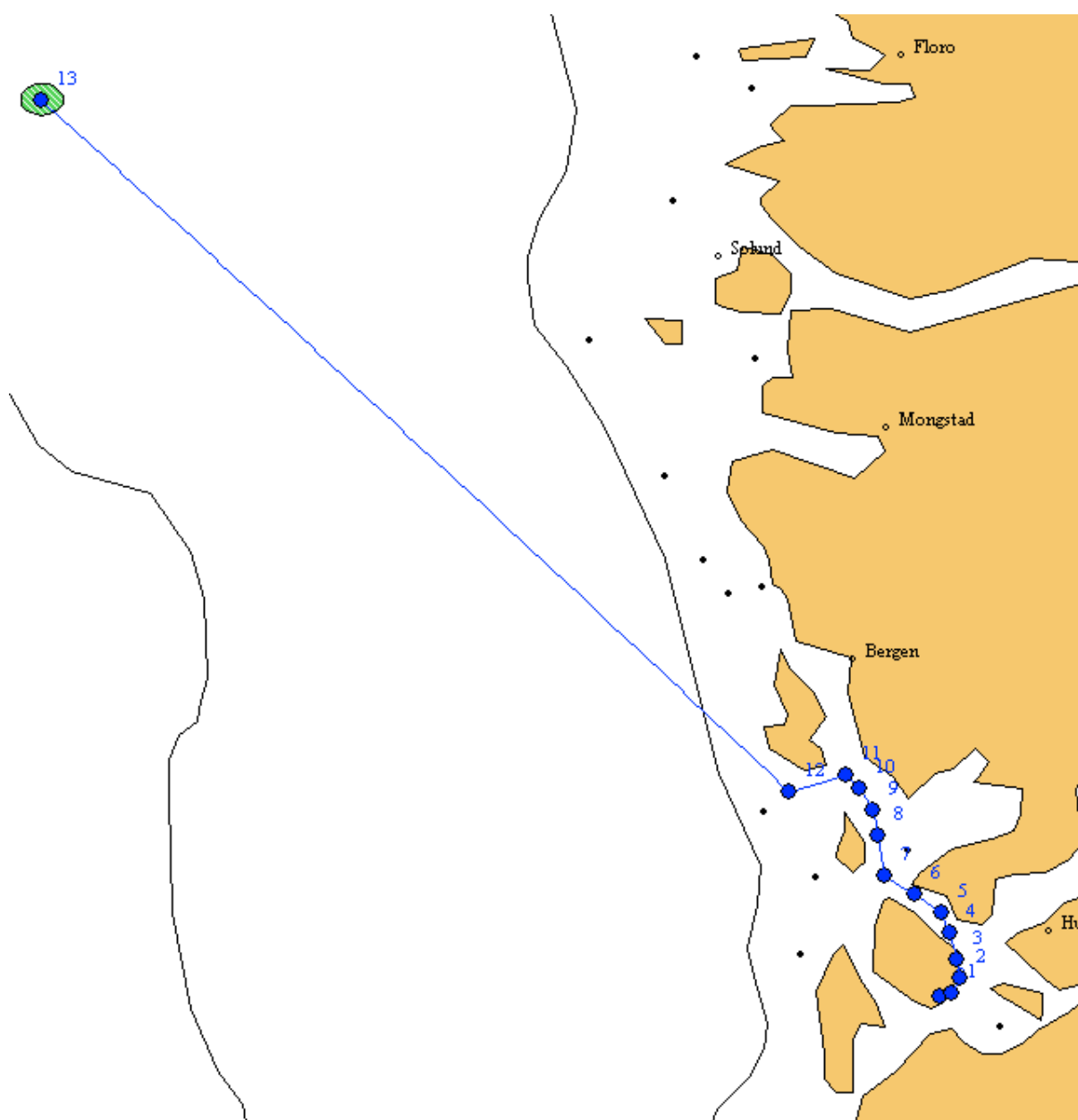


Figur 50. Kværner Stord

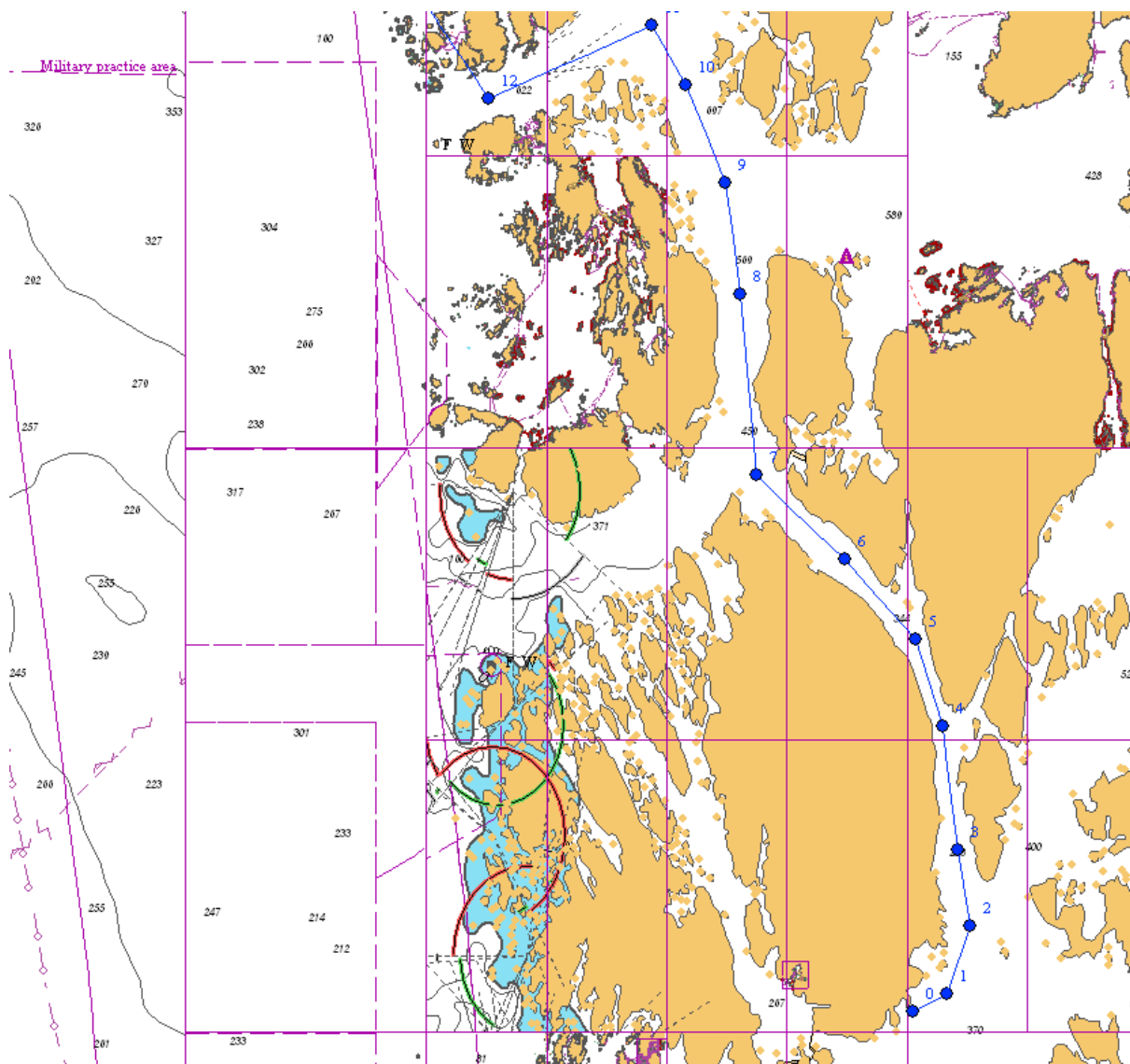
8.3.1 Sleperute fra knutepunkt

Ruten går inn mellom Viksøyna og Store Kalsøy, ned langs Huftarøy, inn mot Tysnesøya og ned forbi Leirvik. På vei inn til Stord må innretningene gjennom Langenuen.

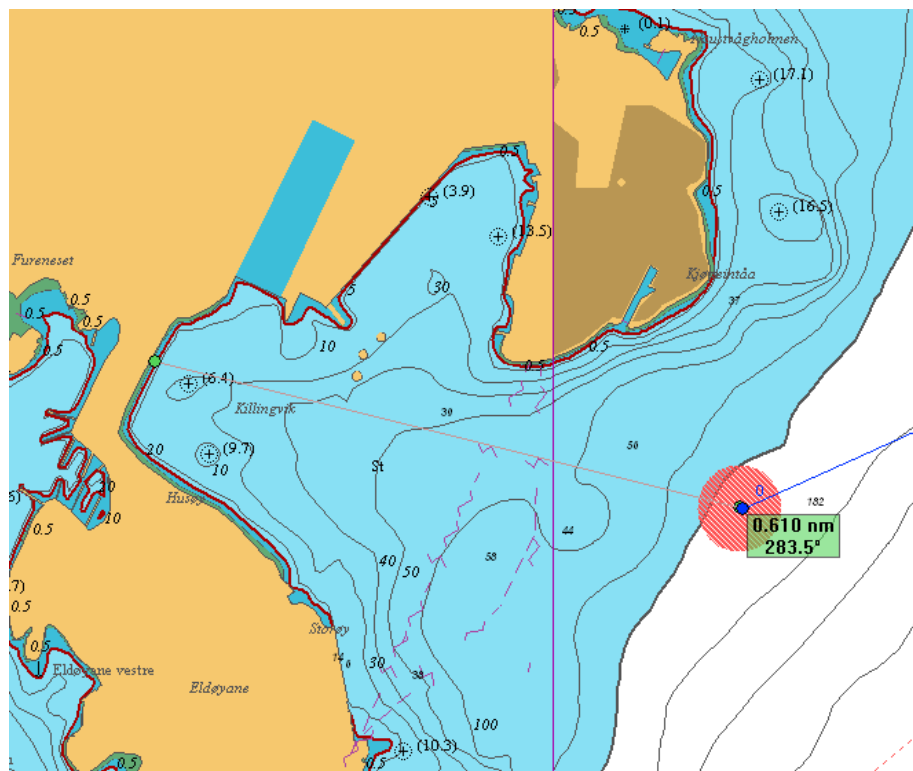
Minste vanddyb langs sleperute:	ca 220 m
Avstand til knutepunkt:	ca 140 NM
Avstand til Hanøytangen:	ca 90 NM
Avstand ut til 150 m vanddyb:	ca 1,1 km



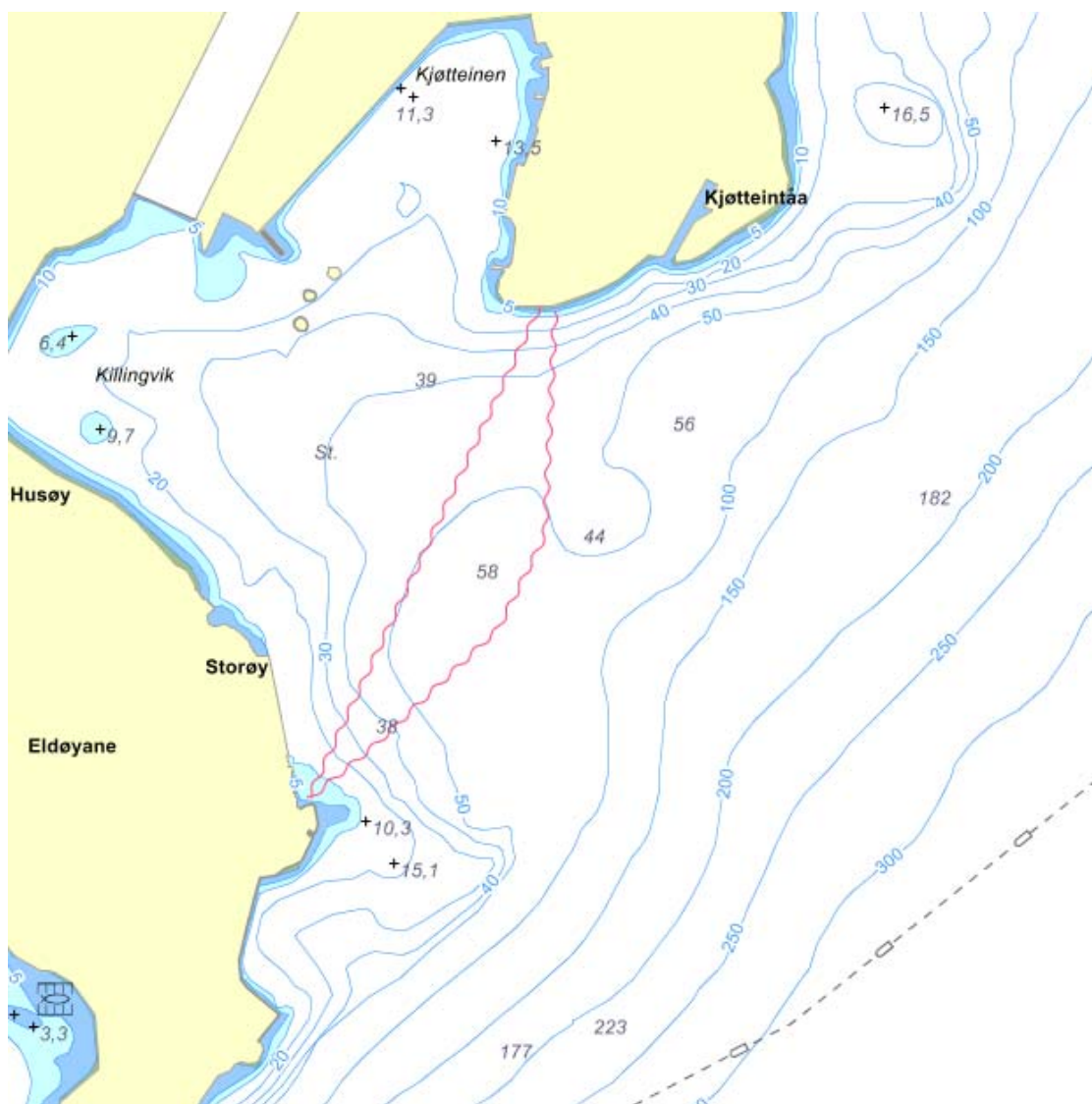
Figur 51. Rute fra knutepunkt til Kværner Stord



Figur 52. Kværner Stord, detaljer



Figur 53. Endepunkt sleperute, hvitt område er over 150 m vanddyb



Figur 54. Dybdekonturer, Kværner Stord

8.4 Vats

AF Miljøbase Vats ligger i Vatsfjorden innenfor Haugesund og er i dag en av fire godkjente anlegg i Norge for mottak og gjenvinning av utrangerte offshoreinnretninger. AF Gruppen innehar en leieavtale med kommunen om bruk av anlegget. Det ble gjort store investeringer og oppgraderinger av anlegget i perioden 2007-2009. Det tas i dag mot utrangerte offshore installasjoner, blant annet fra Ekofisk-feltet samt at anlegget blir benyttet av offshorefartøy og rigger til oppgradering og vedlikehold.

Grunnet den store sjødybden (300-400 meter) i hele seilingsleden fra Nordsjøen og inn til Vats, ble Yrkefjorden og Vats benyttet som sammenkoblingssted (deck mating) for Condeep betonginnretninger og tilhørende dekkskonstruksjoner (topside). Understellene til innretningene ble bygd av Norwegian Contractors. Innretningene ble deretter slept ut til feltet og satt på plass med dekkskonstruksjon ferdig installert.

Generell informasjon:

- Bygget spesielt for gjenvinning av offshoreinstallasjoner
- 68 000 m² fast dekke med membran under
- Alt overflatevann blir samlet opp og renset i fullskala renseanlegg
- Hovedkaaien er 182 m lang og har 23 m vanddybde. To andre kaier i tillegg.
- Nye maskiner og lagerhaller
- Administrasjonsbygg, kantine og overnatting etc
- Hele basen er inngjerdet og kameraovervåket
- Etablerte fortøyningsfester for betonginnretninger i Yrkefjorden



Figur 55. AF Miljøbase Vats

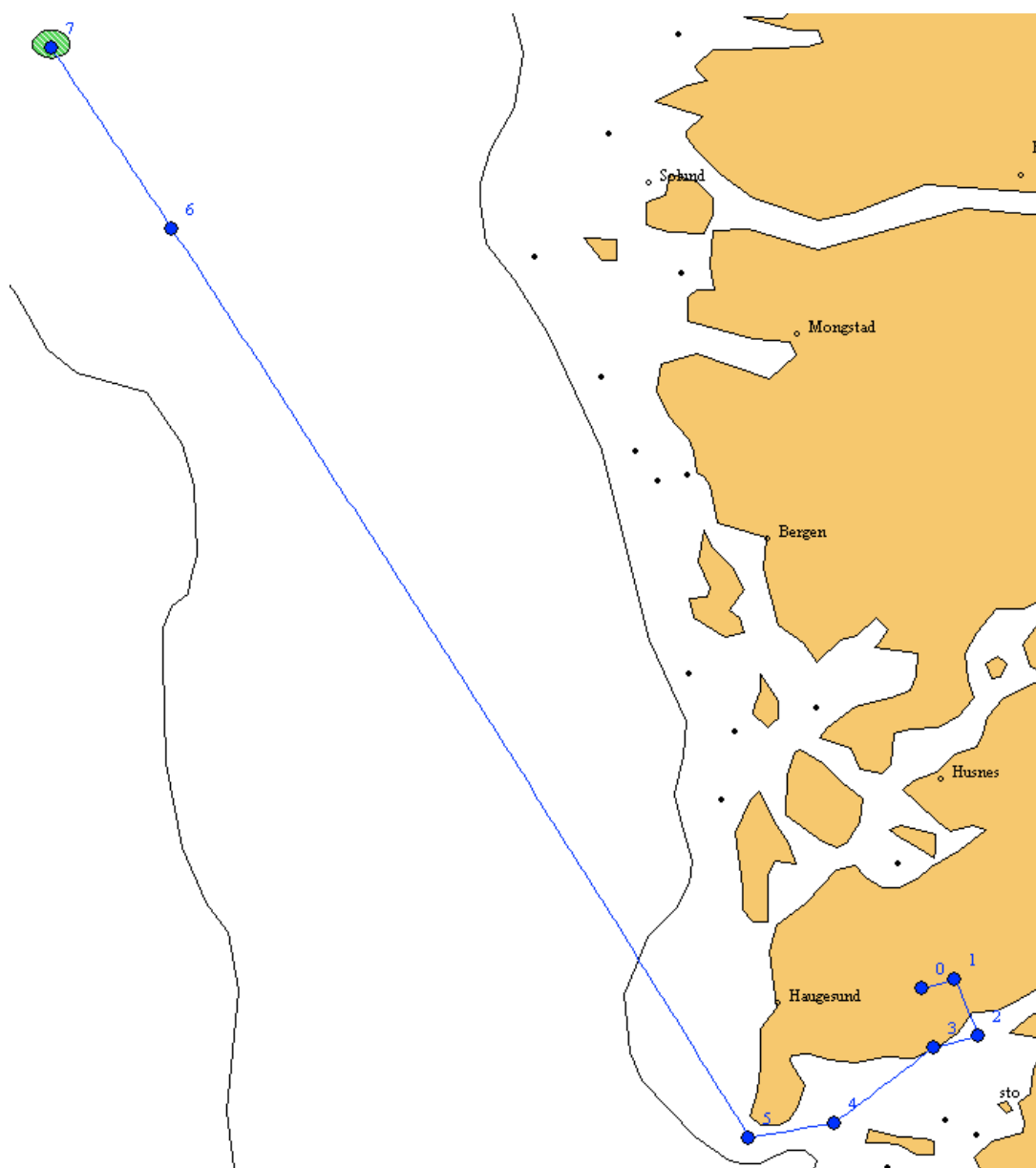


Figur 56. Condeep i Yrkefjorden

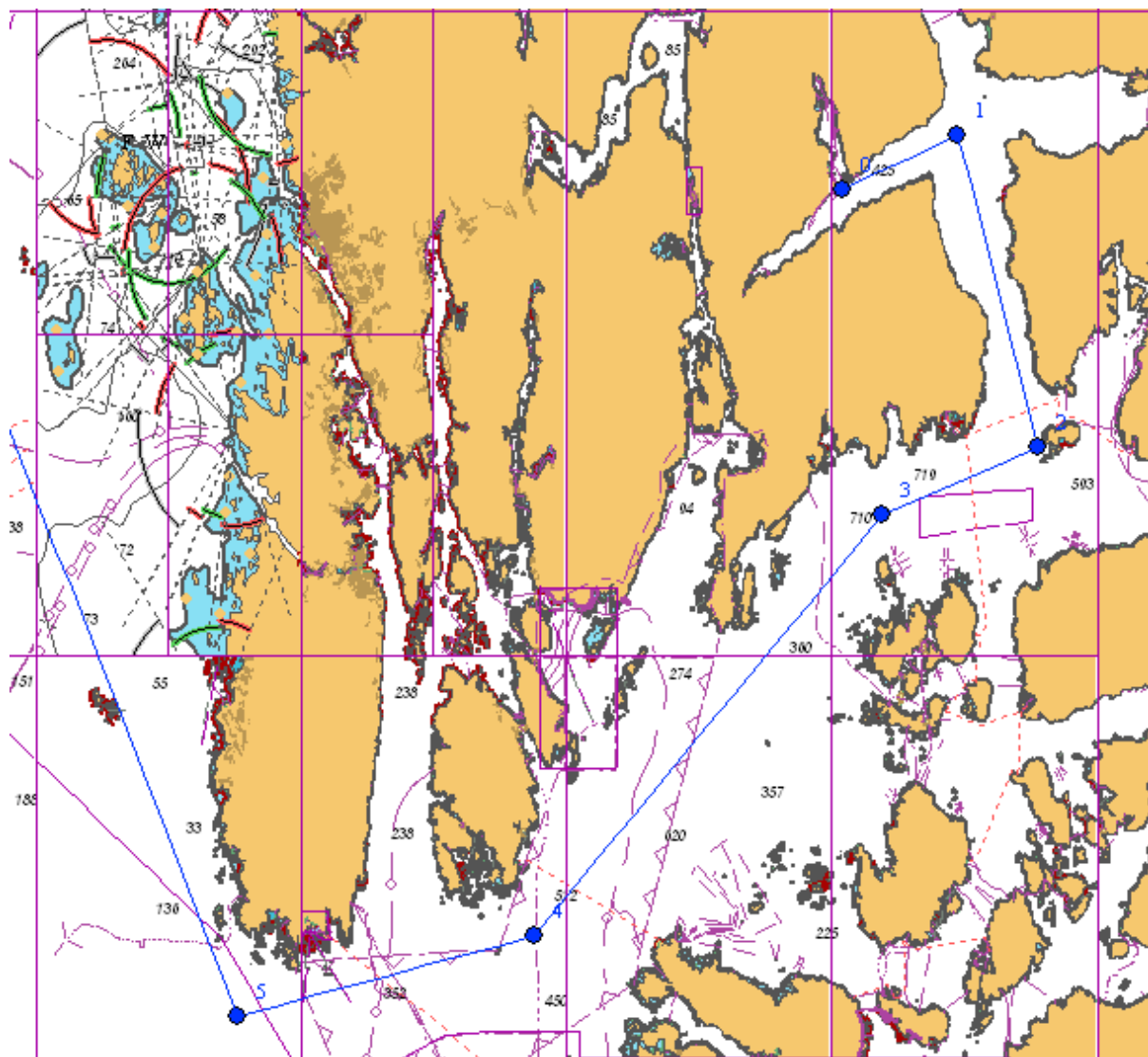
8.4.1 Sleperute fra knutepunkt

Sleperuten går inn ved Skudeneshavn før den snur nordover like før Foldøy og fortsetter inn mot Vatsfjorden.

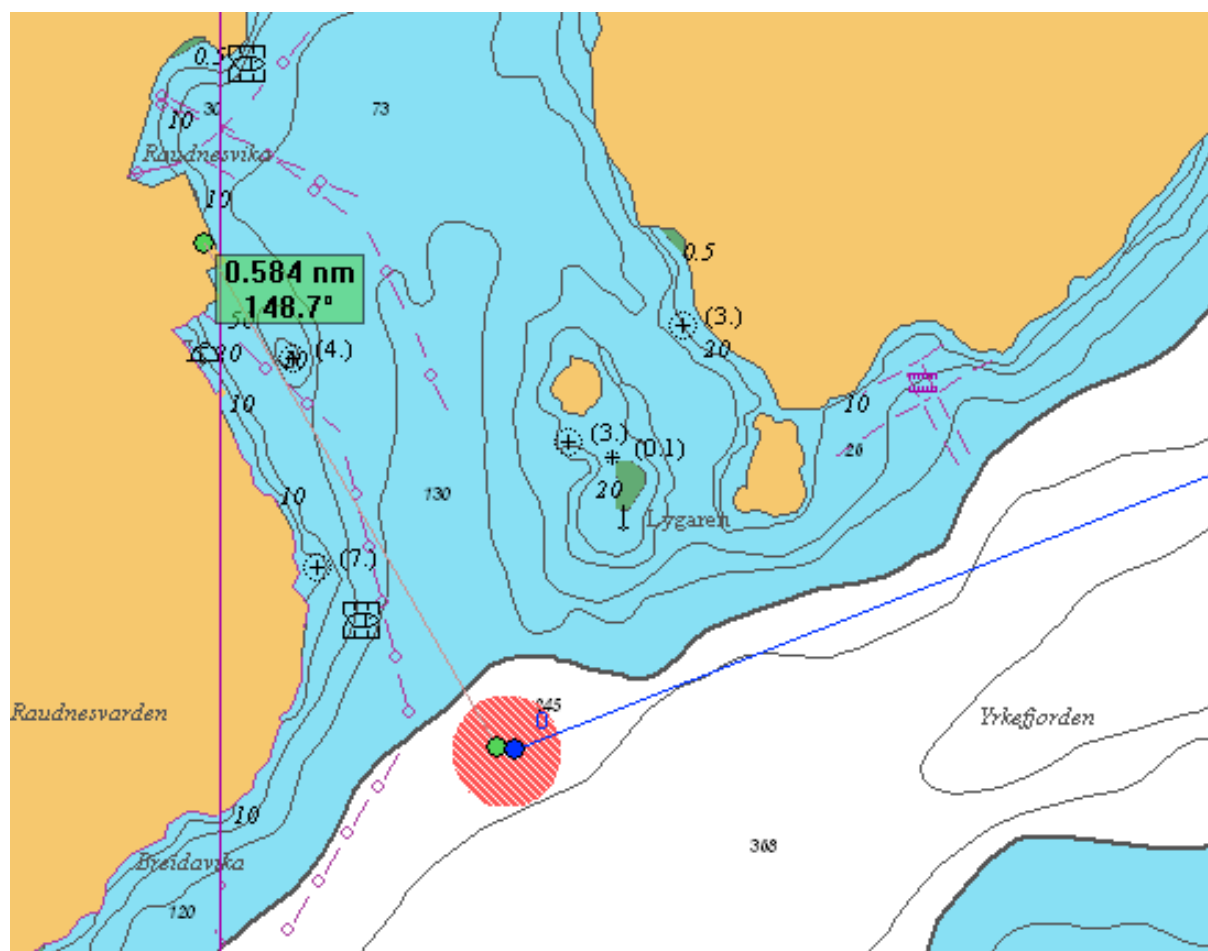
Minste vanndyp langs sleperute:	ca 220 m
Avstand til knutepunkt:	ca 200 NM
Avstand til Hanøytangen:	ca 170 NM
Avstand ut til 150 m vanndyp:	ca 1,1 km



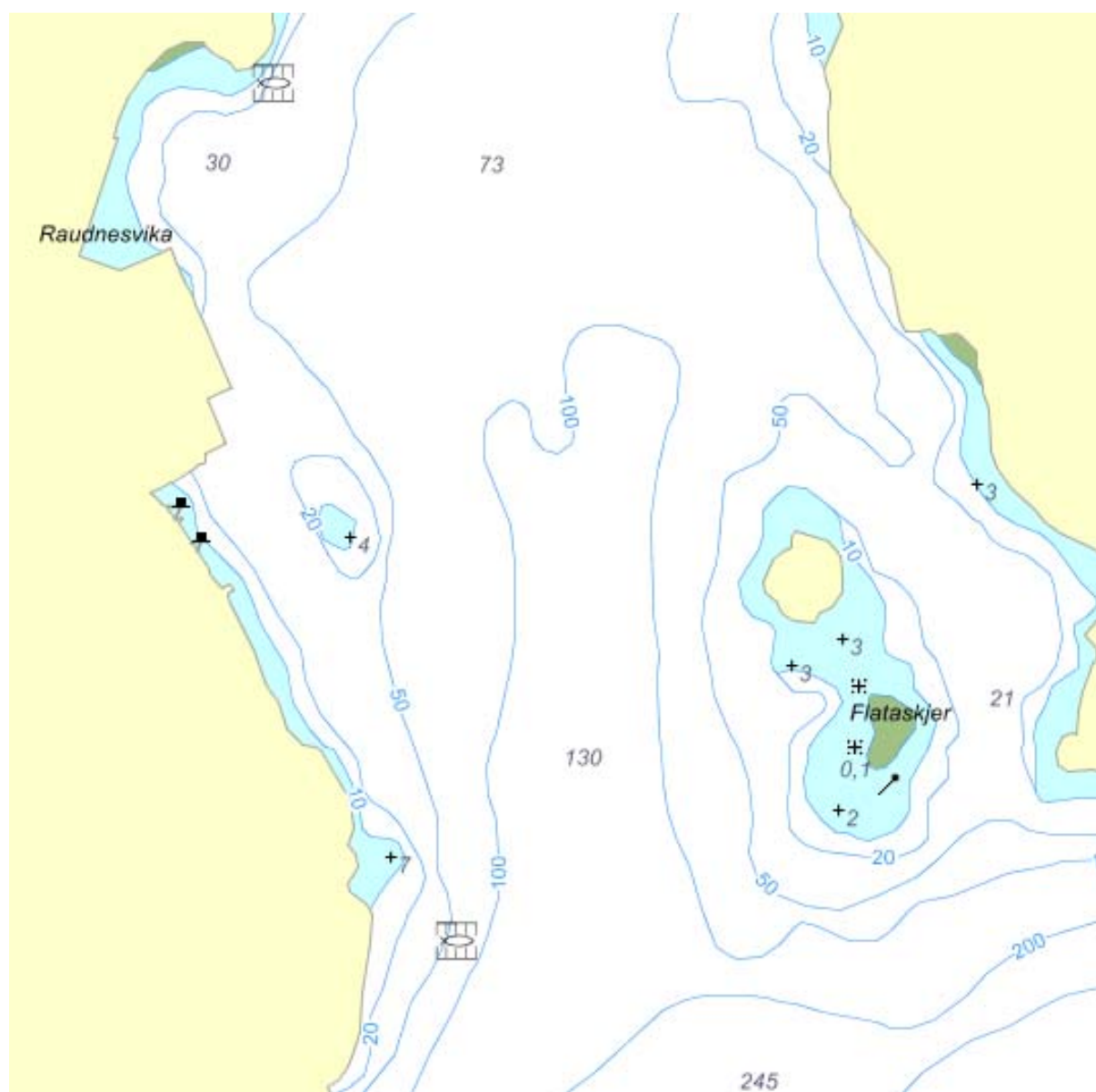
Figur 57. Rute fra Vats til knutepunkt



Figur 58. Vats, detaljer



Figur 59. Endepunkt sleperute, hvitt område er over 150 m vanddyb



Figur 60. Dybdekonturer, AF Miljøbase Vats

8.5 Ålfjorden/Dommersnes

Anlegget er mest kjent for å ha bygget Ekofisk-veggen på slutten av 80-tallet. På det meste var nesten 2000 mann i sving. Ettersom man hadde bygget ut industriområdet på Dommersnes, var det klare tanker om hvordan andre prosjekter kunne kapes. Anlegget var med i kampen om bygging av Draugen innretningen, men tapte kampen mot Vats. Etter dette har industriområdet ikke vært brukt til sammenlignbar offshorevirksomhet og infrastrukturen må derfor rustes opp ved bruk.



Figur 61. Ekofiskveggen ved Ålfjorden



Figur 62. Oversiktsbilde fra Ålfjorden/Dommersnes ved utslep av Ekofiskveggen



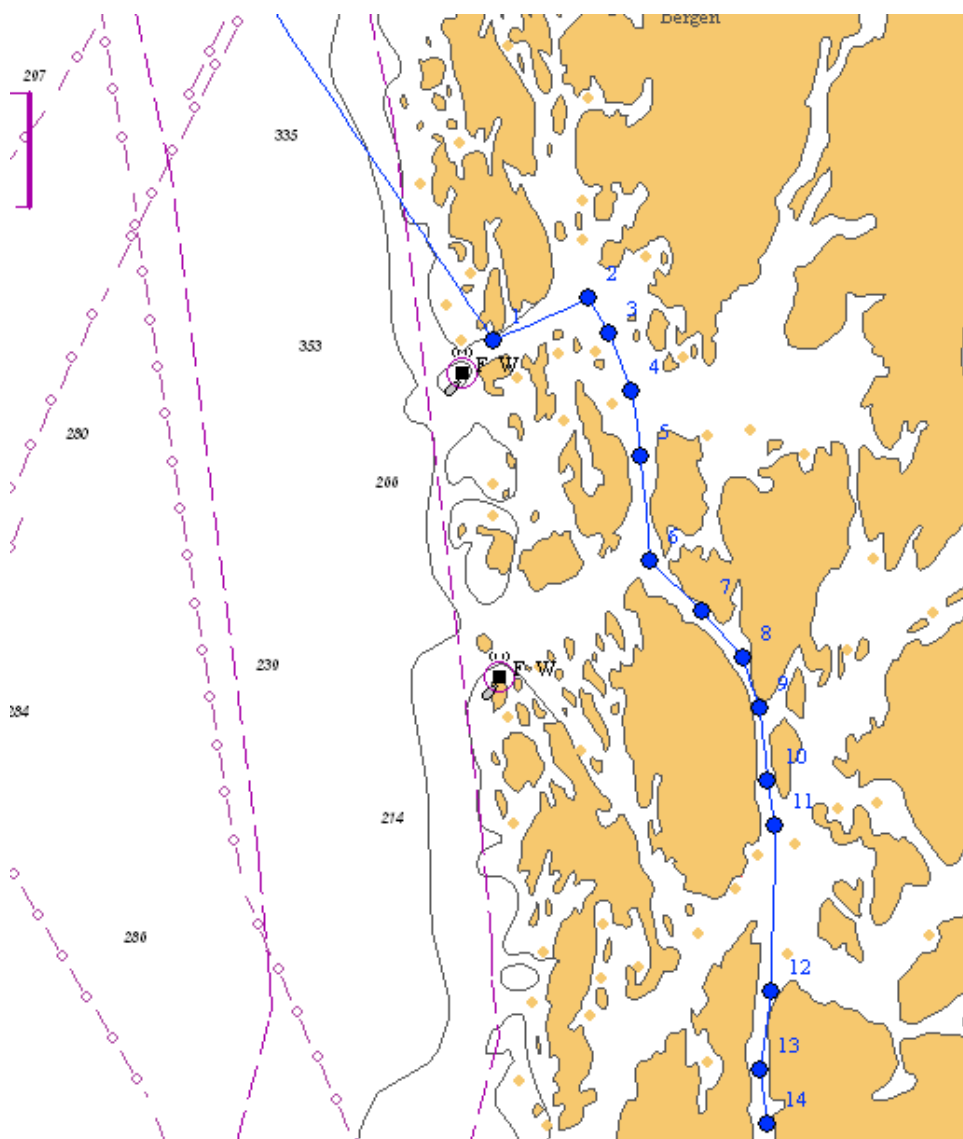
Figur 63. Dommersnes industriområde

8.5.1 Sleperute fra knutepunkt

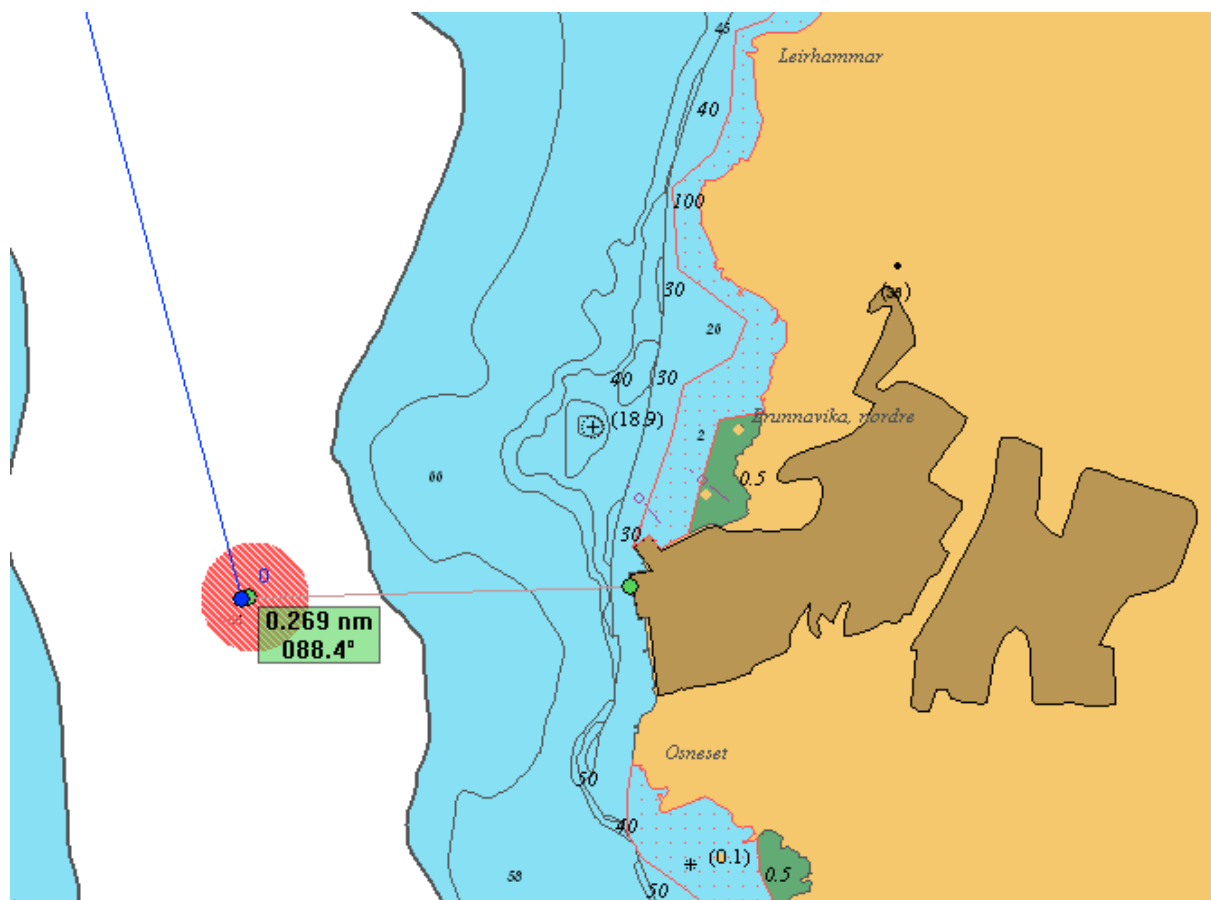
Ruten går inn mellom Viksøyna og Store Kalsøy, ned langs Huftarøy og deretter inn mot Tysnesøya. Ved Leirvik går ruten videre rett sørover og inn i Ålfjorden.

Minste vanndyp langs sleperute:	ca 160 m
Avstand til knutepunkt:	ca 150 NM
Avstand til Hanøytangen:	ca 100 NM
Avstand ut til 150 m vanndyp:	ca 1,1 km

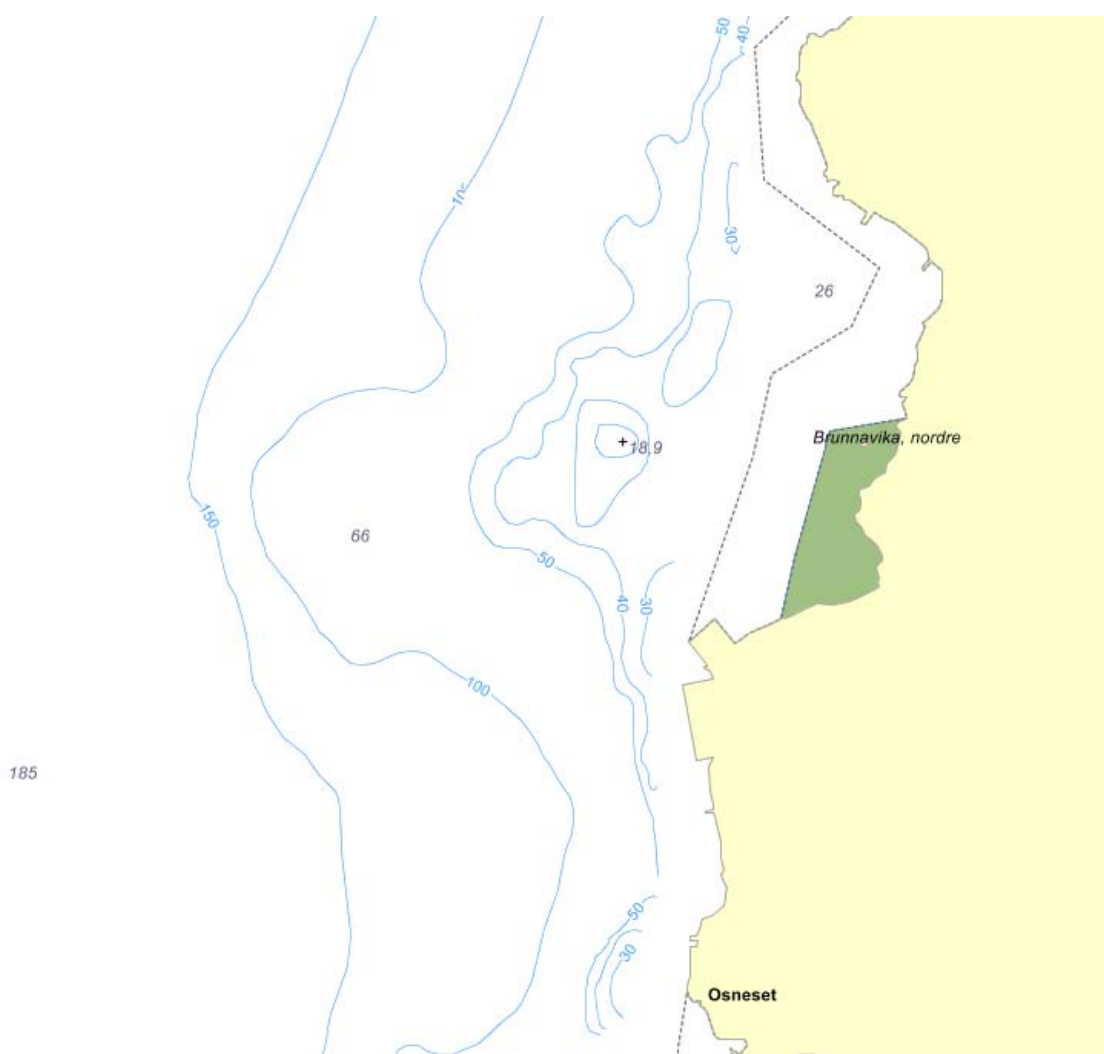
Oversiktsbilde over ruten ute i Nordsjøen kan sees i figur 49, da ruten til Dommersnes følger samme rute som til Stord.



Figur 64. Ålfjorden, detaljer



Figur 65. Endepunkt sleperute, hvitt område er over 150 m vanddyp



Figur 66. Dybdekonturer, Dommersnes

8.6 Lyngdal

Lyngdal Recycling ligger helt sør i Norge og er godkjent mottaksanlegg for sluttdisponering av offshore innretninger. Lyngdal Recycling ble etablert i Lyngdal i 1997 av Hellik Teigen AS og Brødrene Hansen Eiendom AS. Eierne investerte og oppgraderte anlegget for å kunne ta imot konstruksjoner fra sjøfart og olje-gassindustrien i Nordsjøen. Totalt tilgjengelig område er på 600 mål.

Generell informasjon:

- To kaier
- Tilrettelagt for midlertidig fortøyning utenfor kai
- 250 tonn mobil kran, samt 2 stk 75 tonns kraner
- Utstyr for å kutte stål og betong
- Tilrettelagt for å hindre utslipp med rensing eventuelle oljesøl
- System for kompostering av marin begroing
- Håndtering av annet avfall
- Kantine tilgjengelig. Overnattingsmuligheter innenfor en radius på 15 min kjøring

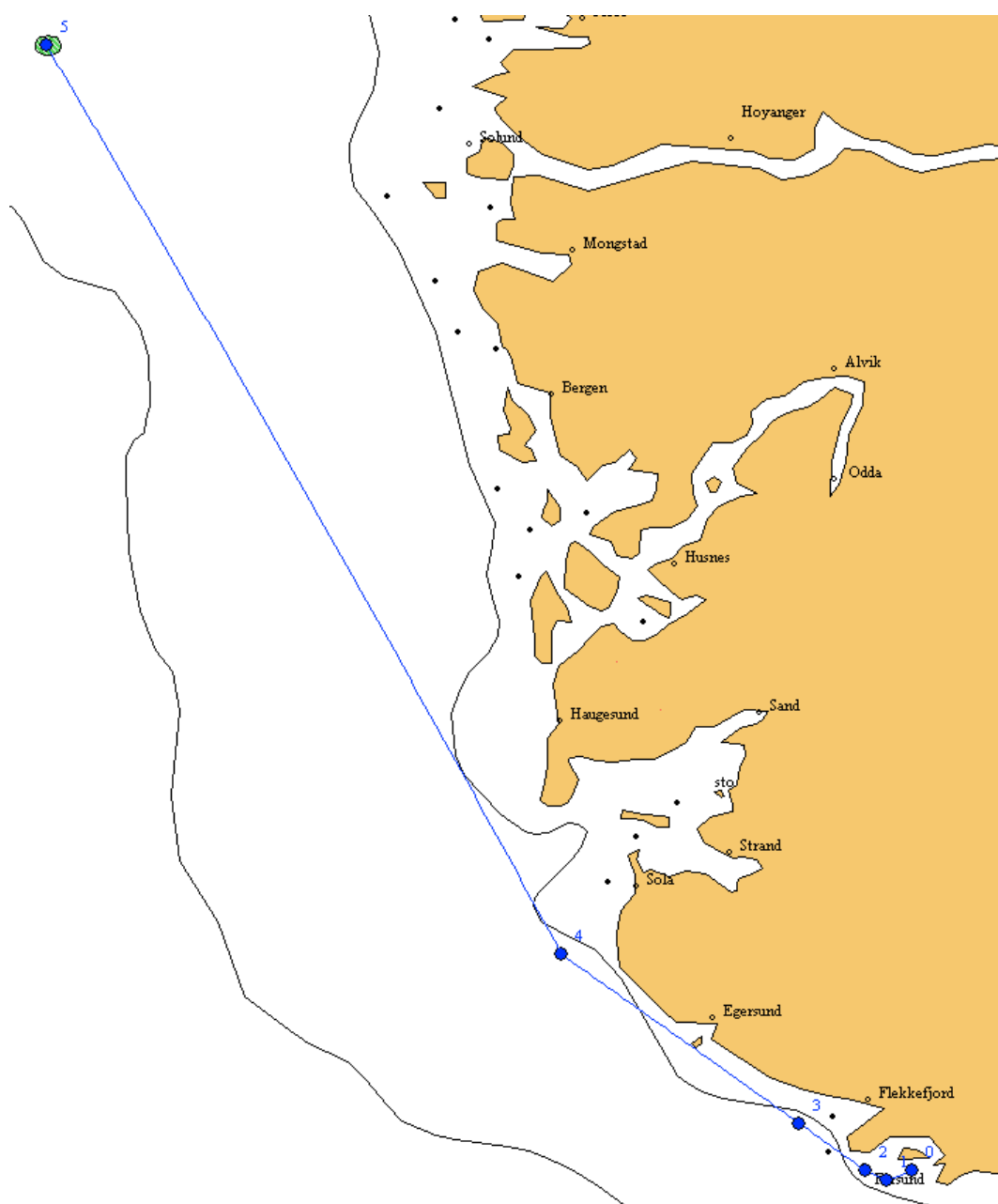


Figur 67. Lyngdal

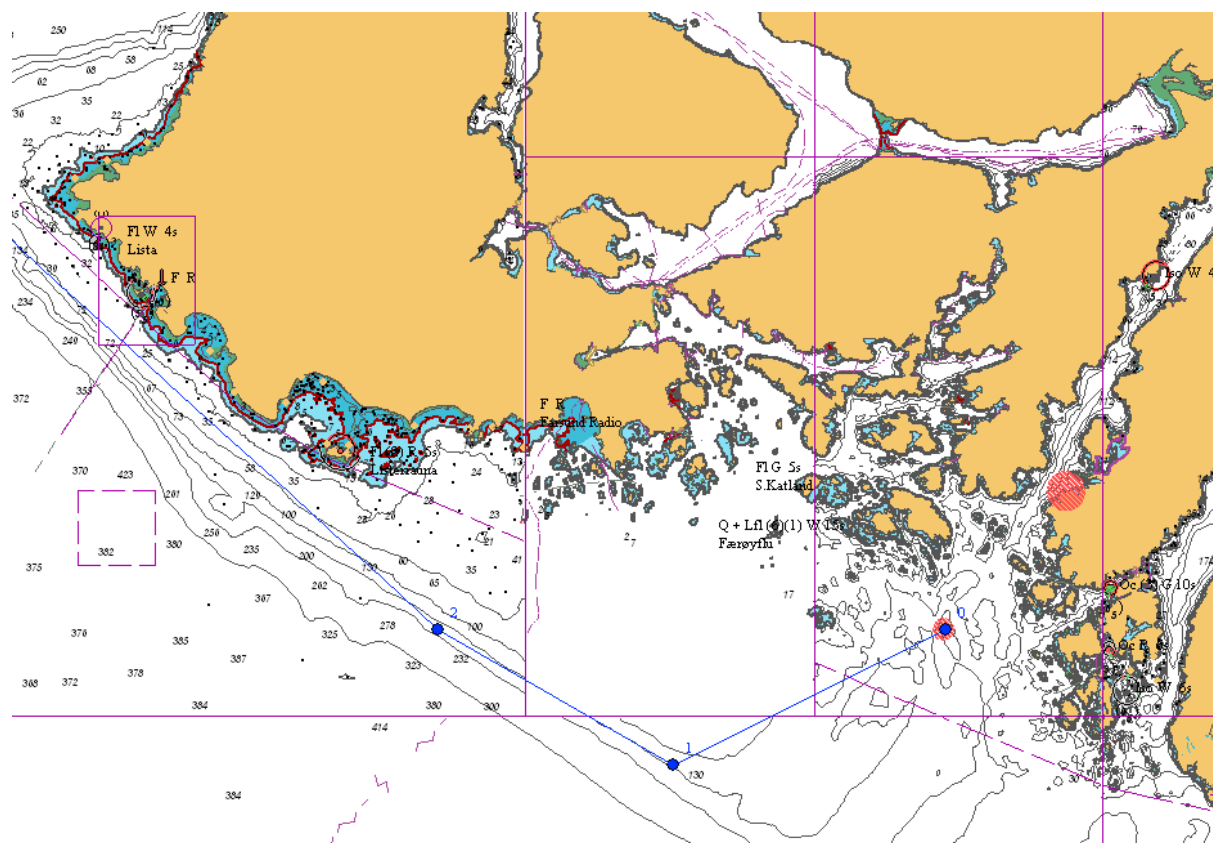
8.6.1 Sleperute fra knutepunkt

Sleperuten hit følger Nordsjøen inn forbi Børøy og frem til Lyngdal Recycling.

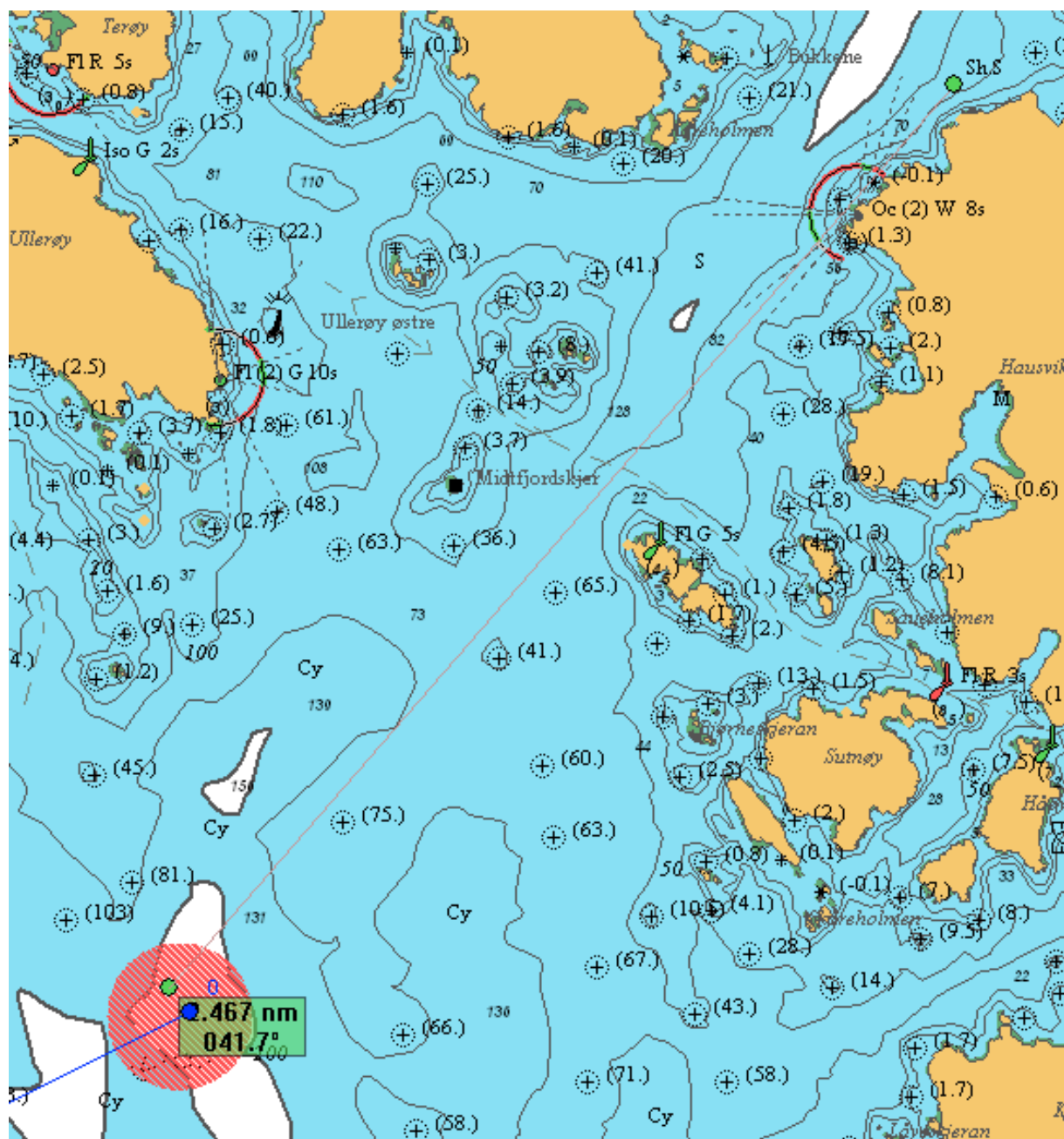
Minste vanddyb langs sleperute:	ca 75 m
Avstand til knutepunkt:	ca 250 NM
Avstand til Hanøytangen:	ca 220 NM
Avstand ut til 150 m vanddyb:	ca 4,6 km



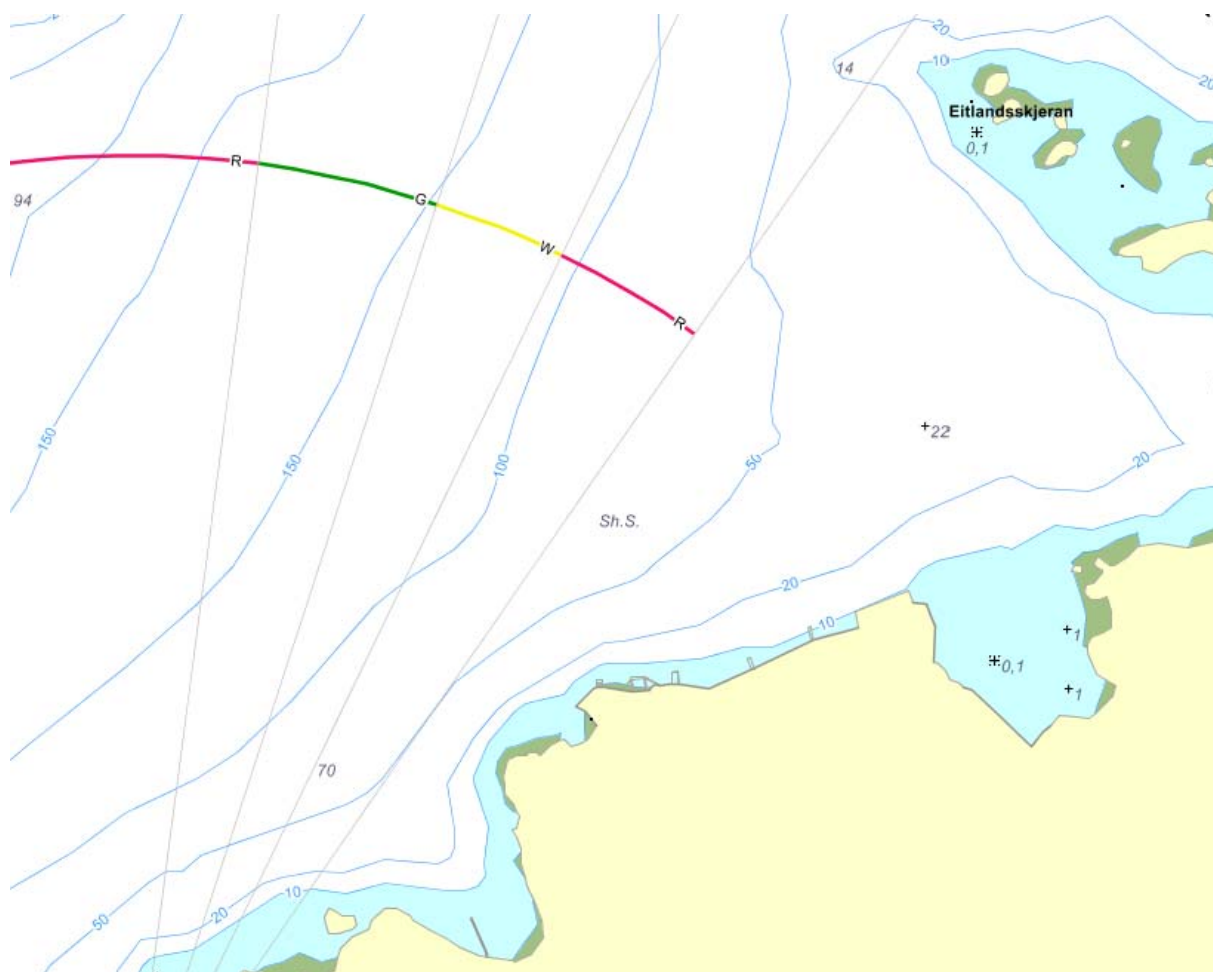
Figur 68. Rute fra knutepunkt til Lyngdal



Figur 69. Lyngdal, detaljer



Figur 70. Endepunkt sleperute, hvitt område er over 150 m vanddyb



Figur 71. Dybdekonturer, Lyngdal Recycling

Dypvannssted og innseilingsforhold til Lyngdal synes å være uegnet for så store og dypflytende konstruksjoner som en betonginnretning fra Nordsjøen på grunn av mye skjær og trange seilingsleder. Lyngdal er derfor vurdert å være dårlig egnet som dypvannssted for betonginnretninger og er derfor heller ikke vurdert videre i sammenligningen av mulige steder å ta innretninger til land.

8.7 Tørrdokk

Det vil på et tidspunkt etter at skaftene og deler av cellene er fjernet være nødvendig å dele opp restene av innretningen i en tørrdokk. Ved et prosjekt av denne størrelsen kan det forsvares å konstruere en ny dokk på ønsket lokasjon, men det finnes allerede noen lokasjoner som med enkle grep kan dekke dette behovet. Disse lokasjonene er nevnt under. Det kan også la seg gjøre å dele operasjonen i tre; i første del fjernes alt ned til toppen av domene. I andre del av operasjonen blir innretningen demolert et stykke ned i lagertankene, dog ikke lenger enn at bunnstruktur bibeholder nødvendig styrke for å innenskjærs slep til tørrdokk hvor tredje og siste del av operasjonen finner sted. Fordelen med en slik oppdeling er at det kan velges lokasjoner som er bedre tilpasset hver del av operasjonen, ulempen er at det blir en ekstra transportoperasjon. Hvis to lokasjoner velges, er det derfor ønskelig med så kort avstand mellom disse som mulig. Hvor mye av innretningen som må være igjen før den slepes til en tørrdokk må undersøkes nærmere i forhold til resterende oppdrift, hvor mye styrke det er igjen mellom domene samt andre praktiske hensyn i forhold til de valgte lokasjonene.

8.7.1 Hanøytangen

Hanøytangen ligger på Askøy utenfor Bergen. På slutten av 60-tallet ble planer om å bygge et skipsverft som skulle bygge større tankskip enn hva de eksisterende norske verftene kunne levere utarbeidet for Hanøytangen. Arbeidet med å bygge en tørrdokk av størrelse 100 x 500 meter ble påbegynt, men som en følge av krisen i skipsfarten på midten av 70-tallet ble prosjektet stanset. Imidlertid var dokken allerede utsprengt og tilstøtende områder planert før utbyggingen ble stanset. Området ble derfor benyttet som opplagsplass for skip som nå var uten oppdrag i et shipping-marked i krise. Etter at Hanøytangen hadde ligget brakk i mange år fattet Kværner interesse for området på begynnelsen av 90-tallet. De ønsket å bygge fundamenter til boreplattformer i betong og gikk inn med selskapet Kværner Concrete Construction i 1992. Her ble fundamentene til Heidrun-innretningen bygget og den flytende betonginnretningen Troll B. For å kunne gjennomføre disse oppdragene ble dokken forlenget til 320 meters lengde og 125 meters bredde, noe som gjorde den til verdens største den gang. På grunn av synkende etterspørsel i offshore-markedet måtte driften legges ned i 1996.

I 2005 investerte AS Hanøytangen i en stor kran med en løftekapasitet på 1000 tonn. Planene med investeringen var å betjene offshore-industrien i Nordsjøen med lossing og lagring av tunge installasjoner. I 2005 startet også Selmer Skanska og Arbeidsfellesskapet Bjørvika arbeidet på Hanøytangen med den nye senketunnelen i Bjørvika. Tunnelen ble produsert i 6 elementer som ble slept til Oslo hvor tunnelen sto ferdig i 2010. I 2007 ble Bergen Group etablert av Bergen Yards Holding og de videreførte da planene for Hanøytangen om å ta imot mobile borerigger for oppgraderinger og service. Dette har skapt mange nye arbeidsplasser på stedet.

Hanøytangen har et kaiområde og en tørrdokk. Denne dokken er litt for liten per i dag til å kunne håndtere hele den nederste delen av innretningen i en del. Modifikasjoner bør vurderes for å øke portåpningens bredde, eventuelt kan skjørt fjernes fra betonginnretningens bunnstruktur. Dypgang bør også vurderes, fast ballast må fjernes før slep til dokk.

Tørrdokk informasjon:

- Lengde: 125 m
- Brekke: 125 m
- Brekke portåpning: 115 m
- Dybde: 17 m



Figur 72. Hanøytangen

Generell informasjon:

- Gode ankringsmuligheter
- Mobilkraner fra 50-500 tonn
- Hjullaster og trucker
- Lasthåndteringsutstyr
- Spesialutstyr for kjettinghåndtering
- Store planerte områder for lagring av tunge strukturer
- Innendørs og utendørs lagringsareal
- Kort avstand til åpent hav
- Vann og strømforsyning for selv de største prosjekter
- Kontorer, møterom, konferanserom, kantine og overnatting

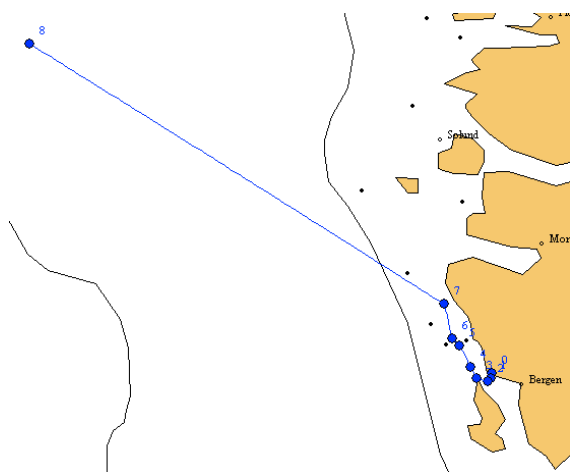


Figur 73. Hanøytangen, oversiktsbilde

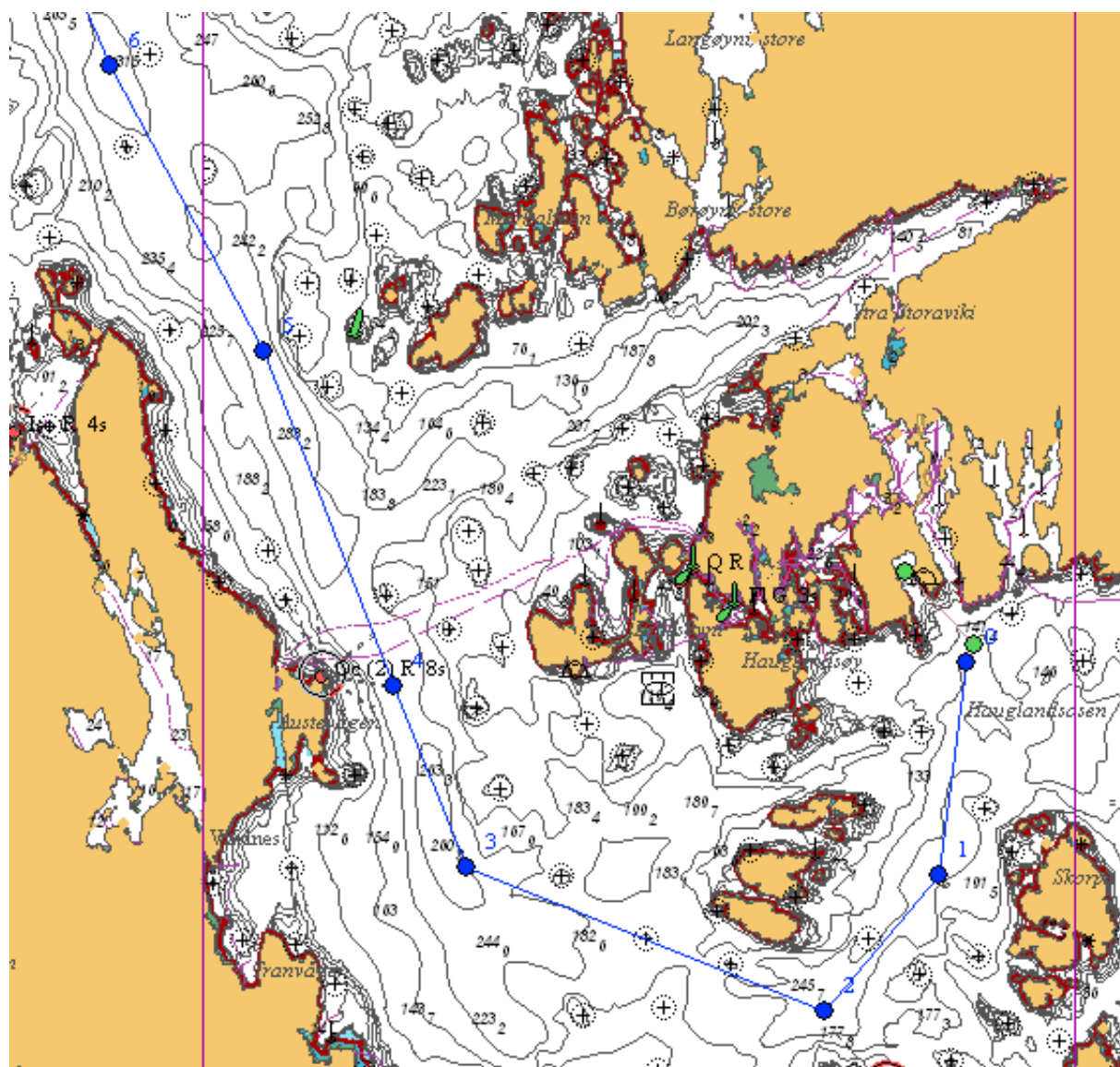
8.7.1.1 Sleperute fra knutepunkt

Ruten følger det vestligste løpet av Nordsjøen inn mot Bergen.

Minste vanndyp langs sleperute:	ca 140 m
Avstand til knutepunkt:	ca 100 NM
Avstand ut til 150 m vanndyp:	ca 0,7 km



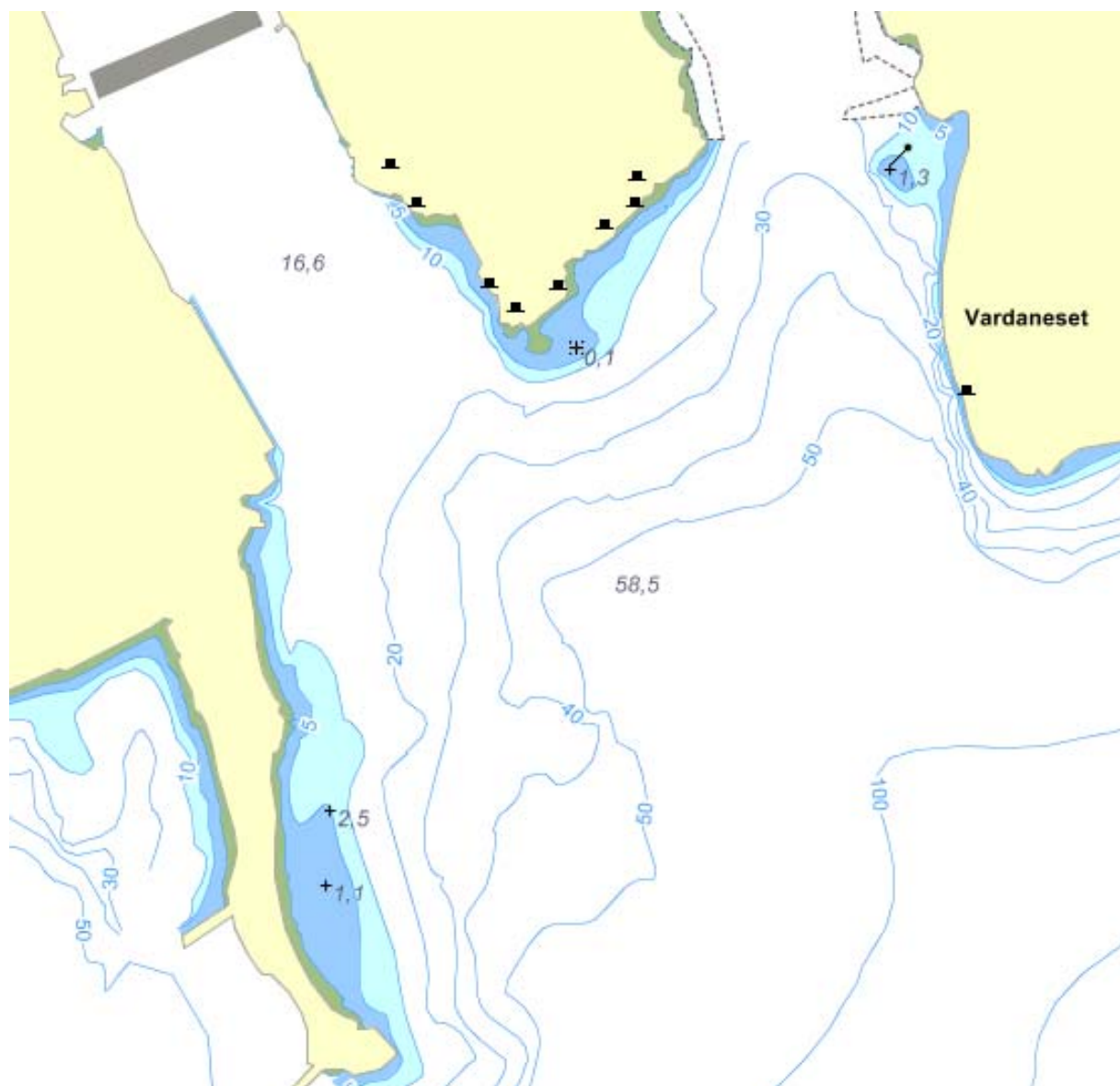
Figur 74. Rute fra knutepunkt til Hanøytangen



Figur 75. Sleperute til Hanøytangen



Figur 76. Endepunkt sleperute, hvitt område er over 150m vanndyp



Figur 77. Dybdekonturer, Hanøytangen

8.7.2 Loch Kishorn

Kishorn Yard ble nedlagt i 1987, men tørrdokken har vært brukt etter nedleggelsen, siste gang på 1990-tallet. Hvis denne dokken skal brukes, er det fordelaktig å gjøre hele operasjonen i Loch Kishorn ettersom det er såpass langt unna de andre lokasjonene i Norge. Da store deler av området har ligget ubrukt i lengere tid, må en del arbeid påregnes, for blant annet bedre sikkerhet mot utslipp, utbedring av veien samt ettersyn/reparasjon av tørrdokken. Dokken er for øvrig ca 150 meter i diameter og har en dybde på rundt 12 meter ved høyvann.



Figur 78. Kishorn Yard

Inne i Loch Kishorn, nordvest i Skottland, ligger Kishorn Yard. Det ble brukt til bygging av store betonginnretninger på 1970- og 80-tallet. Arbeidet startet på anlegget og dokken i 1975 med planer for å bygge oljeinstallasjoner. Den største jobben omfattet arbeidet med å bygge en tørrdokka, der den 600.000 tonn tunge Ninian Central plattformen ble bygd 1978. Anlegget ble lagt ned i 1987 og siden store deler av området har ligget ubrukt i lengere tid, må opprustning påregnes. Kishorn Yard har vært foreslått til bruk både for sluttdisponering av plattformer og til produksjon av vindmøller. Den 120 meter lange kaia er i dag eid av Ferguson Transport.

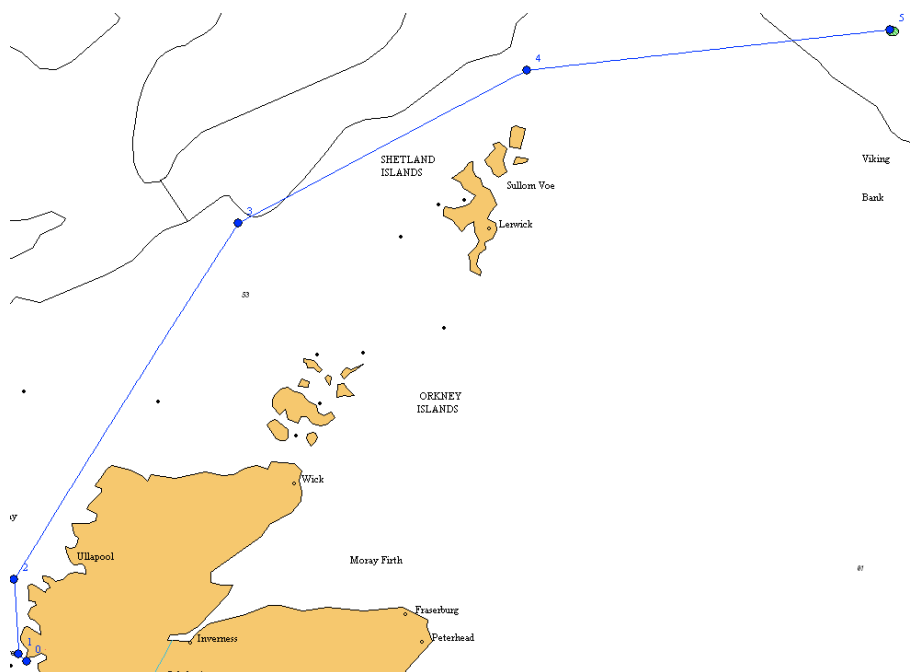


Figur 79. Kishorn Yard

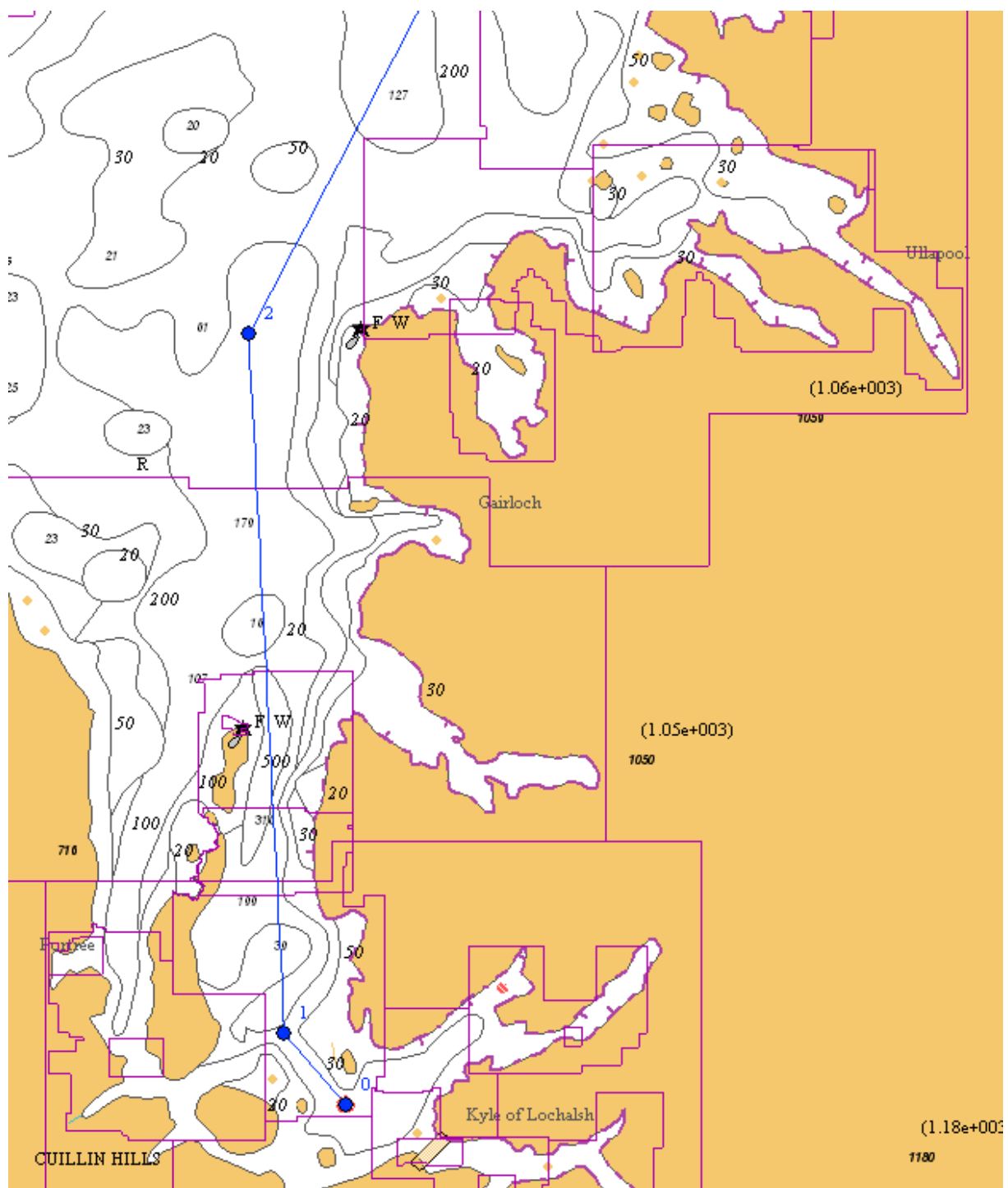
8.7.2.1 Sleperute fra knutepunkt

Sleperuten går ned langs nordvestkysten av Skottland og følger deretter Nordsjøen inn øst for Isle of Skye.

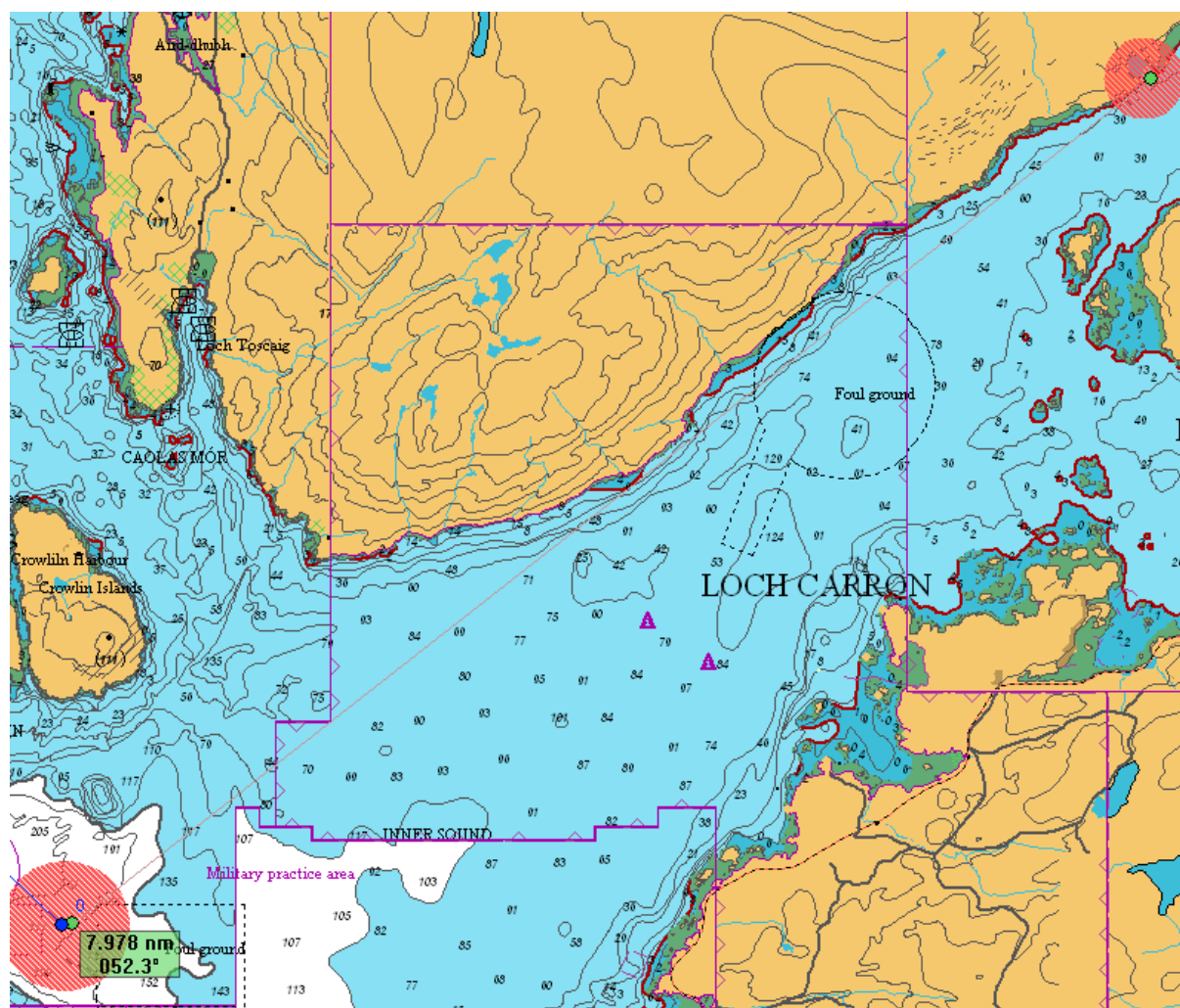
Minste vanndyp langs sleperute:	ca 80 m
Avstand til knutepunkt:	ca 410 NM
Avstand til Hanøytangen:	-
Avstand ut til 150 m vanndyp:	ca 15 km



Figur 80. Oversiktsbilde, Loch Kishorn



Figur 81. Kishorn Yard



Figur 82. Endepunkt sleperute, hvitt område er over 150 m vanddyp

9 Risikoanalyse

9.1 Generell risikoanalyse

Risikomatriksen lister de risikoelementer prosjektgruppen har ansett som de 10 høyeste i prosjektet. Matriksen beskriver risikoen og videre vurderes sannsynlighet for at risikoen inntreffer til H (høy), M (medium) eller L (lav). Konsekvensen vurderes ut fra påvirkning på K (kost), P (plan) og G (gjennomføring) i kategoriene H (høy), M (medium) og L (lav). H settes til score 3, M til 2 og L til 1 både for sannsynlighet og konsekvens. Snittet av risikoen for kost, plan og gjennomføring blir den totale risikoen for elementet. I verdimatriksen er de ulike risikoene definert og med tilhørende farge ut fra alvorlighetsgrad. Påvirkelighet er et mål for å se hvor stor påvirkningsgrad prosjektet har på risikoen eller om det er utenforliggende faktorer som avgjør utfall.

PROSJEKT RISIKO																
Deltagere: Bsj, PSU, EWO, EGO										Date: 29.11.2011						
Punkt	Beskrivelse av risikoelement	Sann.			Kons.			Value			RISIKO	Påvirkelighet	Kommentar/Beskrivelse av konsekvenser	Aksjon	Responsible	Status/Date
		K	P	G	K	P	G	K	P	G						
Slep til Land																
1	Dokumentasjon av grensesnitt mellom faser og aktører.	L	H	H	H	3	3	3	3	3	H	Manglende/utilstrekkelig dokumentasjon av alle grensesnitt fra reflyting til slep kan få alvorlige følger (strukturell integritet, mekaniske systemer, etc.).	God prosjektkoordinering og samarbeid mellom aktører, nødvendige godkjenninger og godkjenningsprosesser må være på plass.	Operatørselskap	Ikke relevant	
2	Avbrutt slepemobilisering pga værforhold	H	M	M	L	6	6	3	5	M	Konsekvensen blir å ligge på været og vente.	Definert klare prosedyrer med vær- og slepekriterier på hvordan ulike scenarier skal håndteres.				
3	Fall av løse gjenstander under slep og under oppankring på dypvannssted	L	H	L	L	3	1	1	2	H	Kan føre til skade på eksisterende olje-/gassrør eller annen infrastruktur på sjøbunn med store avbruddskostnader for operatør/eier.	Gjøre grundig inspeksjon av bunn under betonginstallasjon for skader eller løse gjenstander. Evt installere sikring.				
Dypvannssted/Sluttdisponering																
4	Konsekvenser på ytre miljø	M	L	L	L	2	2	2	2	H	Utslipp av hydrokarboner til sjø, støv ifm kutting og skjæring, støy	Oljelens, siltgardin. Kontrollert oppsamling av slam fra demoleringsoperasjoner. Rensing av cellene.				
5	Fallende tunge elementer/gjentander	L	M	L	M	2	1	2	2	H	Deler kan løsne under tunge løft og skade personer og struktur.	Gode løfte-/arbeidsprosedyrer, avsperrede områder under løfteoperasjoner				
6	Feil eller lekkasje i temporært ballasteringssystem	L	M	M	M	2	2	2	2	H	Manglende styring av stabilitet og dypgående.	Reserve pumpekapasitet, prosedyrer for nødsituasjon.				
7	Strukturell svikt på konstruksjon bla ved kutting av oppspente kabler	L	H	H	H	3	3	3	3	M	Skade/oppripping av struktur som kan føre til lekkasjer og deformasjoner	God sikkerhetsmargin ifm rivearbeidene, kontinuerlig tilstandskontroll av struktur. Detaljerte beregninger av konsekvenser ved avspenning.				
8	Teknikk og metoder viser seg å ikke være tilstrekkelig for oppgaven	H	H	H	H	9	9	9	9	M	Avbrutt demolering, utskifting av utstyr, mye vedlikehold/repasjoner Pkt gjelder også for sluttdisponering på land.	Fullskala-/mockup testing av utstyr og maskiner på land. Videreutvikling av kjente metoder for å tilpasse til oppgaven.				
9	Dårlig fungerende rigg og logistikk	M	H	H	H	6	6	6	6	H	Lite effektivt arbeid, vanskelig tilkomst, operasjonell risiko (arbeid i høyden, sikkerhetssoner), mye venting	God prosjektgjennomføringsplan, robust rigg, arbeidstillatelsessystem,				
10	Langvarig myndighetsklarering (lokasjon, miljøkrav, arbeidsoperasjoner, sikkerhetsfilosofi, etc)	H	L	H	M	3	9	6	6	L	Lang prosjektidd, mye forsinkelser	Godt planlagt tidligfaseinvestering.				
Process		H	3	6	9											
Adequate working processes		M	2	4	8											
Process requires improvement		L	1	2	3											
No process to manage risk		L	M	H												

9.2 Miljørisiko

For å redusere miljørisikoen vil det være avgjørende med grundig kartlegging av innretningene med hensyn til helse- og miljøfarlige stoffer før slep til land starter.

Under slep til land anses miljørisikoen å være begrenset, utover den risiko som er knyttet til involverte slepefartøy og andre fartøy.

Ved dypvannssted og landbaser er det viktig at arbeidene utføres av virksomheter med solid kompetanse i å kunne identifisere og håndtere ulike typer avfall og farlig avfall, som asbest, tungmetaller og andre miljøgifter, samt lavradioaktivt materiale. Både mottaks-/behandlingsanlegg på land og involverte fartøy/rigger på dypvannssted må ha en utforming som sikrer at slikt avfall blir forsvarlig håndtert uten fare for avrenning eller infiltrering til grunnen. I tillegg bør anlegget ha et effektivt oppsamlingssystem og eget renseanlegg for kontaminert vann, inklusive overflatevann. Alle utslipp må overvåkes gjennom et eget prøvetakings- og analyseprogram for de mest relevante utslippskomponenter. Et miljøovervåkningsprogram bør vurderes for å følge utviklingen i resipienten. Andre miljøaspekter som må følges nøye opp hos anleggene er støy, støvspredning, lukt og eventuelle andre utslipp til luft.

10 Konklusjon

Under forutsetning av at betonginnretningen kan frigjøres fra sjøbunnen offshore, og at overbygning helt eller delvis er fjernet, er det teknisk gjennomførbart å slepe installasjonen inn til et beskyttet dypvannssted.

Rapporten har pekt ut et antall dypvannssteder som alle har en fortid som senter for hel eller delvis fabrikasjon av betonginnretninger. Et unntak er Hinna og Gandsfjorden i Stavanger. Det som opprinnelig var et stort tørrdokkområde er i dag utviklet til bolig og forretningsformål, og kan ikke betjene et prosjekt for riving av betonginnretninger.

Riving av de høye skaftene på en Condeep er fullt mulig å gjennomføre på en kontrollert måte. Det er påkrevet med mobilisering av flytende tungløftfartøy/shearlegs og spesielt store tårnkraner for å løfte tunge seksjoner som blir skåret løs fra skaftene.

En av de aller største utfordringene ligger i å rive øvre kuleskall med tilhørende ringbjelke. Dette området er svært tett armert og tverrsnittene i betongkonstruksjonen er tykke. Her må oppgaven løses ved å anvende kombinasjoner av ulike rivemetoder.

En annen krevende oppgave som må underlegges detaljert planlegging er å rense lagercellene for resterende hydrokarboner. Oljerester vil fremtre som fri olje på bunn av cellene og som forurensning på, og i ytre lag av betongveggene. Forurensning i betongen må fjernes slik at demolering og senere knusing av betongen kan foregå på en miljømessig forsvarlig måte. Forurensninger må også fjernes i en slik grad at det muliggjør gjenvinning.

Det er en stor og meget omfattende oppgave å rive celleveggene. Det er i alt ca 1 150 løpemeter med vegger som varierer i tykkelse fra 700 til 1 400 mm. Det store arealet vil kreve flere angrepspunkter for å kunne oppnå en fornuftig fremdrift. Celleveggene kan rives ved å skjære ut store elementer som løftes ut med tårn- eller flytekranner.

Condeep'ene er konstruert for å bli slept ut fra tørrdokk med en viss høyde på celleveggene. I tilfellet Statfjord A var vegg høyden 17,5 meter. Dette resulterte i en dypgående på ca 9 meter med luftfylte rom under bunnen, og et fribord på 8,5 meter ved slep ut fra dokk. Dette fribordet og dypgående er til en viss grad styrt av rigg av kraner og annet utstyr ifm byggingen. I en reversert fase vil slikt utstyr ikke være montert, og dette gir noe mindre vekt og dypgående.

Det er gjort en vurdering av de miljømessige forhold ved ilandføring og gjenvinning av betonginnretningene i Nordsjøen, først og fremst med hensyn til arealbruk, støv, støy og utslipp ved ulike metoder. Utslipp av olje og andre stoffer vil kun ha relevans i forhold til uhellsutslipp. Riving av en betonginnretning vil ha ulike miljøeffekter ved anvendelse av forskjellige metoder, men ingen vil ha konsekvenser for naturmangfoldet. Arealbeslaget i fjordområdene er midlertidig. Det finnes kjente arbeidsmetoder og teknologi som kan tas i bruk for å unngå negative miljøeffekter av virksomheten.

Utover de rent tekniske utfordringene samt hensynet til kostnader og realistiske tidsaspekter for gjennomføring av et fjernings- og riveprosjekt, så er det grunn til å understreke betydningen slike prosjekter vil ha for norsk industrivirksomhet generelt og industri i lokalsamfunn som blir involvert. Prosjekter av denne størrelsesorden og omfang vil gi mange interessante og utfordrende oppdrag til norsk industrivirksomhet, både offshore og landbasert. Knuste materialer vil kunne eksporteres for å dekke ressursbehov på kontinentet. Arbeidene vil gi mange arbeidsplasser i lokalsamfunn. Disse forholdene må også belyses i fremtidige vurderinger.

11 Anbefaling av videre studier

Det herværende studiet har søkt å belyse teknisk gjennomførbarhet i å fjerne og demolere en betonginnretning. Som anført i denne rapporten er det behov for å se nærmere på flere forhold av ren teknisk karakter. Utover det tekniske må kostnads- og tidsaspektet evalueres. Gjenbruk av dypvannsted og landanlegg til flere plattformer kan være vesentlig i denne sammenhengen.

Følgende tekniske utfordringer som må gjøres til gjenstand for nærmere studier/vurderinger er identifisert:

- Definere grensegangen (interface) mellom reflyting og slep til land
- Foreta risikovurderinger ifm kryssing av eksisterende sjøledninger under slep av betongplattform.
- Etablere spesifikke vind- og bølgekondisjoner for slep til land. Disse vil variere fra den ene betonginnretningen til en annen pga ulike stabilitetsegenskaper.
- Nye tørrdokklokasjoner spesielt prosjektert for å ta inn flere plattformer med varierende bredde og dypgående.
- Etablering av temporære ballastingssystemer etter at det opprinnelige er satt ut av funksjon. Forhold som må detaljeres er:
 - a) Hvor stor ballastkapasitet er nødvendig
 - b) Hvilke ballastkamre vil egne seg
 - c) Type pumper
 - d) Styringsopplegg for pumpene
 - e) Lektertype og størrelse
 - f) Forankring av lekter til installasjon
 - g) Overføringslinjer (rør)
- Etablere et luftpute- og luftevakueringsystem på betonginnretningen ifm slep inn i dokk og nedsetting på dokkbunn.
- Uttesting av eksisterende teknikker for betongsaging , mekanisk og vannbasert, for å verifisere brukbarhet ifm tykke og sterkt armerte betongkonstruksjoner. Dagens metoder vil kunne fungere, men holdbarheten og effektiviteten er usikker.
- Utrede mer i detalj hvordan de største tårnkranene i markedet kan anvendes på betonginnretningen for nedløfting av store tunge betongseksjoner.
- Undersøke forurensningsgrad i cellevegger (inntrengning av olje i betongen)
- Detaljstudier av metoder for fjerning av oljeforurensning i cellevegger. Systemer for dette eksisterer i markedet, men anvendelsen på celleveggene er hittil uprøvd.

12 Referanser

- /1/ Avvikling av utrangerte offshoreinstallasjoner, 2010, Klif
- /2/ Avvikling og disponering av Statfjord A, Mars 2011, Statoil- Exxon Mobil- ConocoPhillips-Centrica
- /3/ Removal Offshore Concrete Structures Phase II – Dismantlement and Recycling, Juli 2000, Dr.techn. Olav Olsen A/S
- /4/ Statfjord A Cold Phase GBS Structural Integrity, Mars 2010, Aker Solution
- /5/ FIB Bulletin 18 Recycling of offshore concrete structures, April 2002, FIB Task Group
- /6/ Bilder fra Gullfaks B- Dokkfase, april 1986, Norwegian Contractors
- /7/ Bilder fra Gullfaks B- Fjordfasen og, januar 1987, Norwegian Contractors
- /8/ Disponering av betonginnretninger, Oktober 2010, Dr.techn. Olav Olsen
- /9/ Tegninger- Statfjord A, Statoil
- /10/ Rv. 834 Plattformbru over Mistfjorden – FoU-rapport, 2008, Rapport nr 10282-01 fra Aas-Jakobsen for Statens Vegvesen Region Nord.
- /11/ Plattformbru over Mistfjorden – Miljøaspekter og lovmessige utfordringer, SIB-rapport 3/2010 fra Handelshøgskolen i Bodø.

13 Vedlegg

01 - The sinking of the Sleipner A offshore platform

02 - Statfjord A – Draft During Decommissioning

03 – Sleperuter og disponeringsanlegg for Statfjord A

Vedlegg 01 - The sinking of the Sleipner A offshore platform

Excerpted from a report of SINTEF, Civil and Environmental Engineering:

The Sleipner A platform produces oil and gas in the North Sea and is supported on the seabed at a water depth of 82 m. It is a Condeep type platform with a concrete gravity base structure consisting of 24 cells and with a total base area of 16 000 m². Four cells are elongated to shafts supporting the platform deck. The first concrete base structure for Sleipner A sprang a leak and sank under a controlled ballasting operation during preparation for deck mating in Gandsfjorden outside Stavanger, Norway on 23 August 1991.

Immediately after the accident, the owner of the platform, Statoil, a Norwegian oil company appointed an investigation group, and SINTEF was contracted to be the technical advisor for this group.

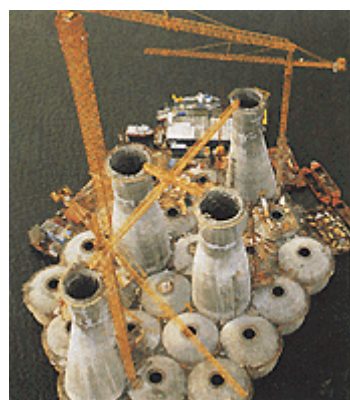
The investigation into the accident is described in 16 reports...

The conclusion of the investigation was that the loss was caused by a failure in a cell wall, resulting in a serious crack and a leakage that the pumps were not able to cope with. The wall failed as a result of a combination of a serious error in the finite element analysis and insufficient anchorage of the reinforcement in a critical zone.

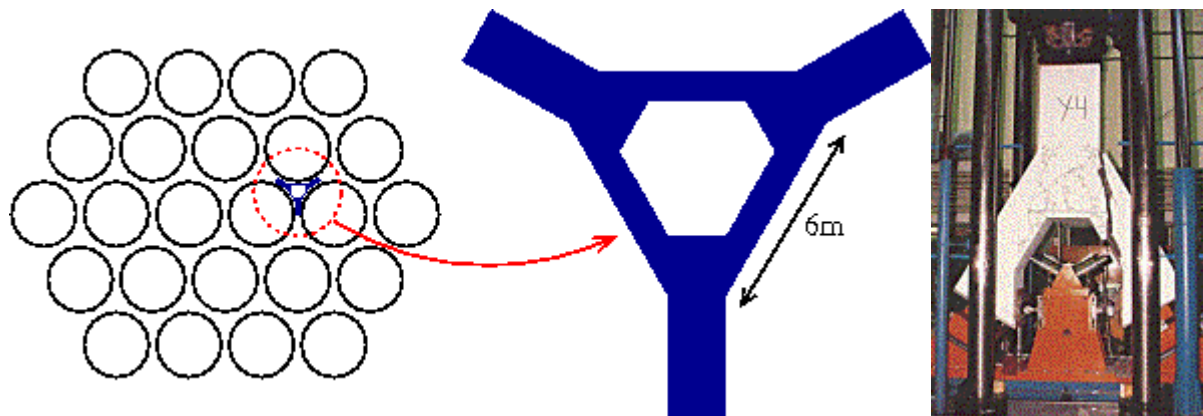
A better idea of what was involved can be obtained from this photo and sketch of the platform. The top deck weighs 57,000 tons, and provides accommodation for about 200 people and support for drilling equipment weighing about 40,000 tons. When the first model sank in August 1991, the crash



caused a seismic event registering 3.0 on the Richter scale, and left nothing but a pile of debris at 220m of depth. The failure involved a total economic loss of about \$700 million.



The 24 cells and 4 shafts referred to above are shown to the left while at the sea surface. The cells are 12m in diameter. The cell wall failure was traced to a tricell, a triangular concrete frame placed where the cells meet, as indicated in the diagram below. To the right of the diagram is pictured a portion of tricell undergoing failure testing.



The post accident investigation traced the error to inaccurate finite element approximation of the linear elastic model of the tricone (using the popular finite element program NASTRAN). The shear stresses were underestimated by 47%, leading to insufficient design. In particular, certain concrete walls were not thick enough. More careful finite element analysis, made after the accident, predicted that failure would occur with this design at a depth of 62m, which matches well with the actual occurrence at 65m.

Further information can be found in a series of reports available for purchase from SINTEF and in the following articles:

- The Sleipner Platform Accident, by B. Jakobsen and F. Rosendahl, *Structural Engineering International* 4(3), August 1994, pp. 190-193.
- The Failure of an Offshore Platform, by R. G. Selby, F. J. Vecchio, and M. P. Collins, *Concrete International* 19(8), August 1997, pp. 28-35.

Vedlegg 02 - Statfjord A – Draft During Decommissioning

Vedlegg 03 - Sleperuter og disponeringsanlegg for Statfjord A