Dr.techn.Olav Olsen

Structural and Marine Engineering Consultants
P.O. Box 139 - Dicks vei 10 - NO-1325 LYSAKER - NORWAY
Tel.: +47 67 82 80 00 - Fax.: +47 67 82 80 80
e-mail: firmapost@olavolsen.no - web: www.olavolsen.no

Prosjekt	Origi-nator	Dok. type	Sek. Nr.	Rev. Nr.
11318	OO	R	0001	B

Tittel:

REPORT

Disponering av betonginnretninger

Rev.	Dato:	Beskrivelse av endring:	Utarbeidet av:
B	19.10.10	Endelig rapport	AFJ/SF
A	29.09.10	Skisserapport – utsendt for kommentarer	AFJ/SF

RAPPORT

Dr.techn.Olav Olsen

Prosjekt: Disponering av betonginnretninger	Dokumentnr: 11318-OO-R-0001			
Dokumentets tittel: Disponering av betonginnretninger	Rev: B	Dato: 19.10.10	Utarbeidet av: AFJ/SF	Side:

INNHOLDSFORTEGNELSE

1. SAMMENDRAG 1

2. INNLEDNING 2

3. CONDEEP-PLATTFORMER 3
   - 3.1 Historie 3
   - 3.2 Condeep prinsipp 4
   - 3.3 Andre bunnfaste betonginnretninger 5

4. TIDLIGERE ARBEID OM FJERNING AV BETONGPLATTFORMER 6

5. TEKNOLOGISK UTVIKLING 8

6. REGELVERK 9
   - 6.1 OSPAR 9
   - 6.2 Anvendbare regelverk 9

7. STRUKTURELL TILSTAND 10
   - 7.1 Generelt 10
   - 7.2 Opprissing 10
   - 7.3 Skader 11

8. MEKANISK UTSTYR 12
   - 8.1 Generelt 12
   - 8.2 Nødvendig utstyr for fjerning 12
   - 8.3 Tilleggsutstyr for fjerning 12

9. GEOTEKNISKE ASPEKTER 13

9.1 Utforming av fundamentet 13
9.2 Grunnforhold 13
9.3 Frigjøring av plattformen 13
9.4 Neddykket vekt 14
9.5 Nødvendig kraft for uttrekking av skjørt og dybler 14
9.6 Vanntrykk under skjørtene 15
9.7 Framgangsmåte for frigjøring 16

10. REFLYTING 17
10.1 Prosedyre 17
10.2 Planlegging/forberedelser 17
10.3 Vekt 18
10.4 Tetting av conductoråpningene 19
10.5 Plattformdekk 20
10.6 Frigjøring av skjørtene fra havbunnen / ”pop-up” 21
10.7 Stabilitet under heving 22
10.8 Avbrutt operasjon 22
10.9 Risiko for personell og utstyr 22

11. TRANSPORT 24

12. REFERANSELISTE 26

1. SAMMENDRAG

Condeep-plattformen er en bunnfast gravitasjonsplattform i betong. I perioden 1975-1995 ble det installert 14 Condeep-plattformer, hvorav 11 på norsk sokkel. De eldste Condeep'ene er ikke designet for fjerning, noe som kan gjøre en eventuell reflyting mer utfordrende. Med dagens teknologi finnes det allikevel mye større muligheter enn hva som var tilfellet på installasjonstidspunktet.

Gjennom OSPAR-konvensjonen er Norge forpliktet til å fjerne offshoreinstallasjoner som ikke lenger er i bruk. Det har hittil blitt gjort to unntak på norsk sokkel, for Ekofisk-tanken og Frigg TCP2. Det ble gjort omfattende studier i forbindelse med disponering av disse innretningene, men konklusjonen var at risikoen for mislykket reflyting var for høy, og at det ville påløpe betydelige kostnader før man bedre kunne vurdere risiko.

Det finnes også en stål-GBS med 3.4 m skjørt, Maureen Alpha, som har blitt fjernet fra britisk sektor ved 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 svært nyttig å ta med seg.

Som forarbeid til reflytingsoperasjonen må man kartlegge plattformens tilstand. 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 osv.
3. Deballastering til nøytral oppdrift over en periode for å redusere effektivspenningene i jorda
4. Hydraulisk jekking og ytterligere deballastering til skjørtene er frigjort fra havbunnen
5. Deballastering til transportdypgang før plattformen 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 conductoråpningene.

2. INNLEDNING

Denne rapporten omhandler i hovedsak fjerning av Condeep-plattformene, de store bunnfaste betongplattformene på norsk sokkel. Prinsippene for fjerning av andre betonginnretninger kan være tilsvarende, men forskjeller i utforming gir andre utfordringer og begrensninger. Hensikten med denne rapporten er å utrede ulike faktorer som har betydning for reflyting og transport av plattformene sett fra en konstruksjonsteknisk side. Dette kan være med å gi et bedre beslutningsgrunnlag for hvordan man skal disponere Condeep-plattformene. Bakgrunnen er at flere av plattformene nå går mot slutten av sin levetid.

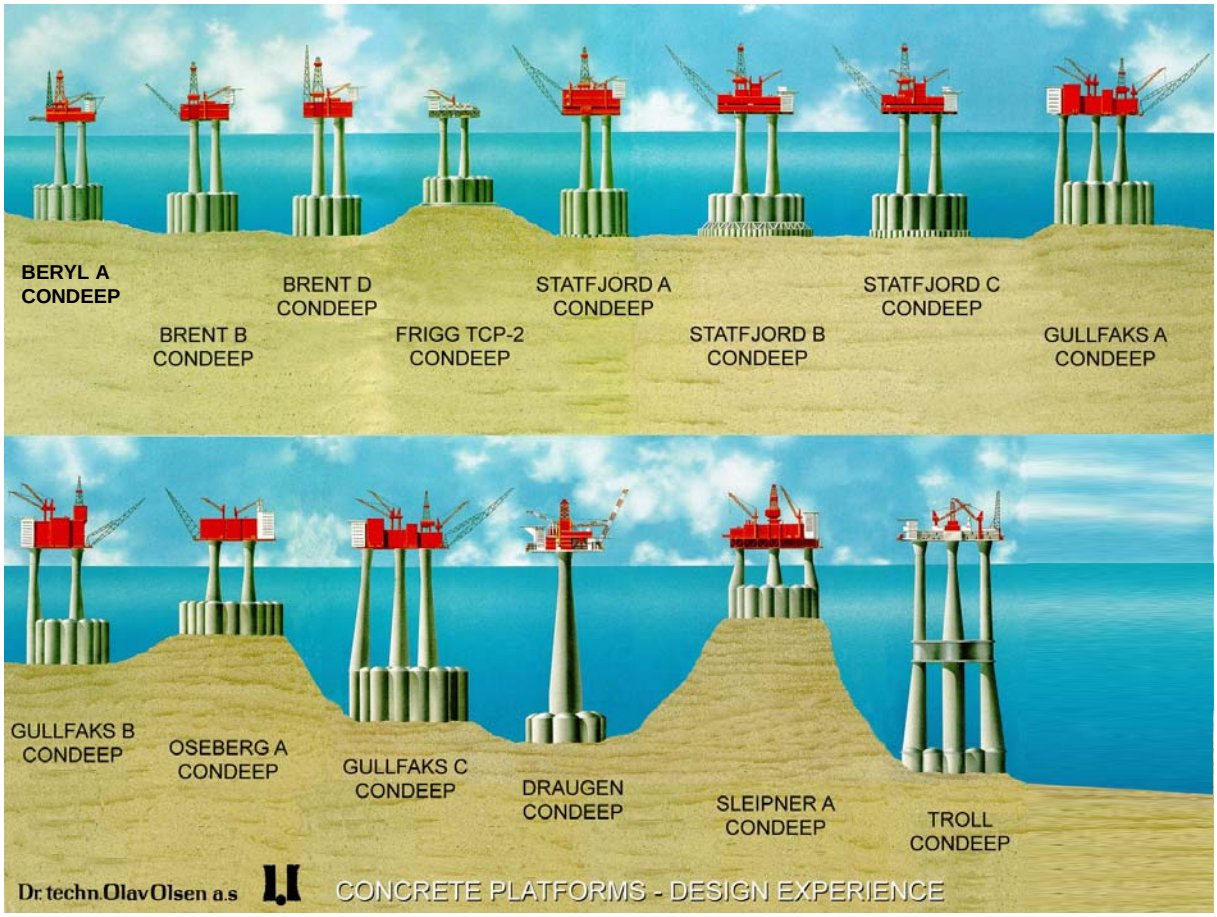
Hovedfokuset til rapporten er lagt på reflytingsoperasjonen, da dette er ansett for å være avgjørende for om fjerning er teknisk gjennomførbart. Utfordringer knyttet til transportfasen er også kort beskrevet. Bakgrunnsinformasjon er samlet i kapitlene om Condeep-plattformene, tidligere arbeid, teknologisk utvikling og regelverk.

Forut for de operasjoner som er drøftet i denne rapporten antas det at følgende aktiviteter har blitt gjennomført:

- Alle brønner har blitt plugget og forseglet
- Alle rør og kabler som sitter fast i havbunnen har blitt kuttet
- Alle systemer på plattformdekket har blitt stengt ned, ryddet, rengjort og bevart for ”kald” fase

3. CONDEEP-PLATTFORMER

3.1 Historie



Figur 3-1, Illustrasjon Condeep-plattformer

Condeep-plattformen fikk sitt gjennombrudd sommeren 1973. Da ble det inngått kontrakt mellom Norwegian Contractors (NC) og Mobil om byggingen av Beryl A og med Shell for Brent B. Det hadde ikke vært gjennomført så dristige byggeprosjekter i Norge siden Rjukan-utbyggingen. De norske Condeep-plattformene vakte internasjonal oppmerksomhet, og konstruksjonen ble tildelt premie for teknologisk nyskaping på verdens største oljemesse i Houston i 1975. Internasjonalt ble Condeep selve symbolet på oljevirksomheten i Nordsjøen. Condeep-plattformene har vært Norges viktigste selvstendige bidrag til offshore-industrien. Den siste og største Condeep-plattformen var Troll A, som ble overlevert Shell i 1995. Tabell 3-1 gir en oversikt over alle Condeep-plattformene bygget, 11 befinner seg i norsk sektor. De første betongplattformene på britisk sektor var Condeep-plattformer bygget av NC. Flere av de neste britiske betongplattformere hadde design som lignet på Condeep. Mer om andre betonginnretninger finnes i kapittel 3.3.

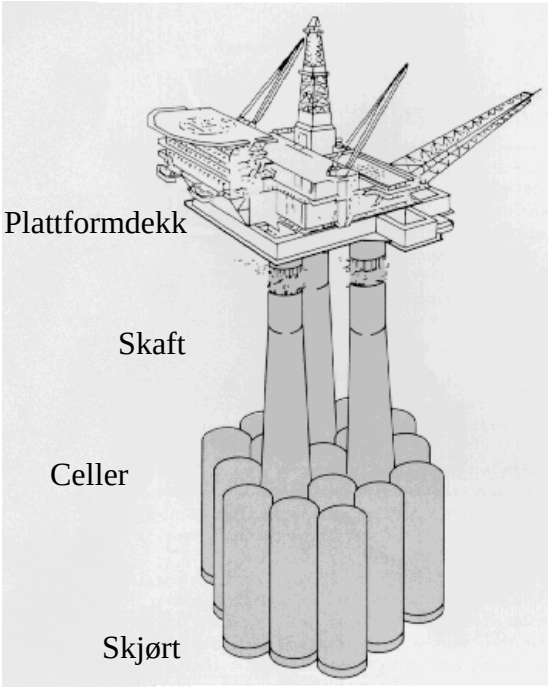
I 1978 kom det krav fra Oljedirektoratet om at plattformene også skulle designes for fjerning, så dette er inkludert for de ni Condeep-plattformene fra og med Statfjord B. Likevel, det fulle omfanget av fjerningsprosessen er generelt ikke behandlet i original design.

Tabell 3-1, Oversikt over Condeep-plattformer i Nordsjøen og Norskehavet

Installasjon	Vanndyp	Type	Levert	Sted
Beryl A	120 m	Condeep, 3 skaft	Mobil, 1975	Nordsjøen, UK
Brent B	140 m	Condeep, 3 skaft	Shell, 1975	Nordsjøen, UK
Brent D	140 m	Condeep, 3 skaft	Shell, 1976	Nordsjøen, UK
Frigg TCP2	104 m	Condeep, 3 skaft	Elf, 1977	Nordsjøen, N
Statfjord A	146 m	Condeep, 3 skaft	Mobil, 1977	Nordsjøen, N
Statfjord B	146 m	Condeep, 4 skaft	Mobil, 1981	Nordsjøen, N
Statfjord C	146 m	Condeep, 4 skaft	Mobil, 1984	Nordsjøen, N
Gullfaks A	135 m	Condeep, 4 skaft	Statoil, 1986	Nordsjøen, N
Gullfaks B	142 m	Condeep, 3 skaft	Statoil, 1987	Nordsjøen, N
Oseberg A	109 m	Condeep, 4 skaft	Norsk Hydro, 1988	Nordsjøen, N
Gullfaks C	216 m	Condeep, 4 skaft	Statoil, 1989	Nordsjøen, N
Draugen	251 m	Condeep, monotårn	Shell, 1993	Norskehavet
Sleipner A	82 m	Condeep, 4 skaft	Statoil*	Nordsjøen, N
Troll A	303 m	Condeep, 4 skaft	Norske Shell, 1995	Nordsjøen, N

*Betongunderstellet sank i Gandsfjorden den 23. august 1991. Nytt understell ble plassert på feltet i 1993

3.2 Condeep prinsipp



Condeep-plattformen er en bunnfast gravitasjonsplattform. Strukturen består av:

- Skjørt i stål eller betong. Skjørtene er en fortsettelse av celleveggene. Skjørtene skal sørge for tilstrekkelig forankring til havbunnen og ta opp horisontale vind- og bølgekrefter. Skjørtelengden varierer fra 1 m (Sleipner) til 36 m (Troll), og den har stor betydning for reflytingsprosessen.
- Betongkasse bestående av sirkulære celler med kuleskall i bunn og topp. Cellene kan være fylt med vann eller olje.
- Tre eller fire skaft (kun ett på Draugen) som går fra cellene til over havoverflaten. Det er som oftest to boreskaft, som er vannfylt, og ett serviceskaft, som er tomt. Skaftene er opplegg for en stålramme med plattformdekket.

Figur 3-2, Condeep-beskrivelse

Byggemåte:

I. Skjørtene, nedre kuleskall og nederste del av celleveggene støpes i tørrdokk
II. Bunnkonstruksjonen slepes ut av dokken, og så støpes resten av celleveggene, evt. fast ballast fylles i cellene, øvre kuleskall støpes og skaftene støpes.
III. Plattformen slepes inn i en dyp fjord der den blir senket ned til skaftene er like over overflaten sånn at plattformdekket kan plasseres over skaftene og deretter heves plattformen til slepedypgang.
IV. Plattformen slepes ut til feltet og senkes ned på havbunnen
V. Skjørtene penetrerer havbunnen ved at vann pumpes ut fra skjørterommene og det oppstår et undertrykk, eller et sug, som drar plattformen ned i havbunnen.

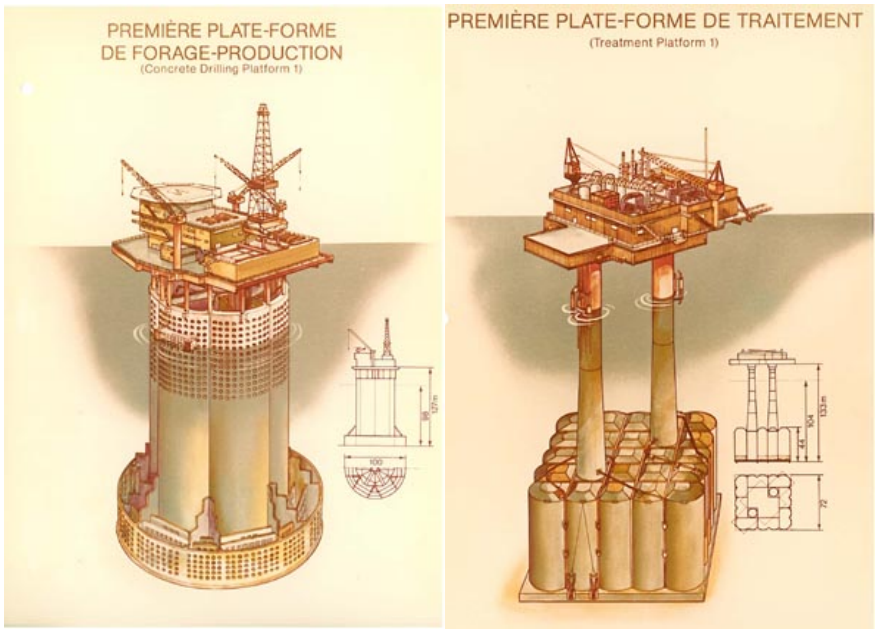
Fremgangsmåten for bygging skal i utgangspunktet være reversibel så lenge nødvendig mekanisk system er funksjonelt. Reflytingsprosessen er nærmere beskrevet i kapittel 10.

3.3 Andre bunnfaste betonginnretninger

Den første betonginnretningen i Nordsjøen var Ekofisk-tanken designet av det franske ingeniørfirmaet DORIS. Ekofisk-tanken ble installert i 1973 og nedstengt i 1998. Det har allerede blitt besluttet at Ekofisk-tanken etterlates rengjort på stedet. DORIS har designet flere gravitasjonsplattformer i Nordsjøen, blant annet på Frigg-feltet. Typisk for DORIS' design er en stor sirkulær bunnkasse med ett skaft og "Jarlan" bølgebrytervegg, se Figur 3-3.

En annen type gravitasjonsplattform i betong er McAlpine - Sea Tank. Konseptet ligner på Condeep, og Frigg TP1 (1976) Brent C (1978) er av denne typen. Sea Tank-plattformene står på britisk sektor, og var britisk byggindustri sin konkurrent til Condeep.

I senere tid har det blitt bygget flere gravitasjonsplattformer i betong, men ingen for norsk sokkel. Blant disse finner vi Hibernia (1997) i Canadisk sektor, og Sakhalin PA-B (2005) og Lunskoye A (2005) i russisk sektor.



Figur 3-3, Doris og Sea Tank plattform på Frigg

4. TIDLIGERE ARBEID OM FJERNING AV BETONGPLATTFORMER

Frigg TCP2 ble den første norske betongplattformen tatt ut av produksjon. I *"Frigg field Cessation Plan"*, ref. /1/ er forskjellige alternativer for hel eller delvis fjerning av betonginstallasjonene på Frigg-feltet beskrevet og vurdert. Denne avslutningsplanen ble sendt til norske og britiske myndigheter. Konklusjonen var at fjerning av betongstrukturen ville medføre en uakseptabel risiko for alvorlige personulykker og svært høye kostnader ved en alvorlig ulykke. Anbefalingen ble derfor å fjerne plattformdekk og tilgjengelig stålutrustning, og la betongunderstellet stå igjen. Dette ble tatt til følge av myndighetene, og Figur 4-1 viser Frigg-feltet slik det står i dag. Betongunderstellet til Frigg TCP2, som ligger på norsk sokkel, er de tre skaftene til venstre i bildet.

Figur 4-1, Frigg-feltet 2009

Flere andre Condeep-plattformer går nå mot slutten av sin levetid. Etter et forprosjekt i 2006-2007 ble et omfattende arbeid på muligheten av å fjerne Brent D Condeep i 2008-2009 utført av Dr.techn.Olav Olsen i samarbeid med eksterne konsulenter. Dette resulterte i rapporten *"Brent D- Refloat feasibility study"*, ref /2/. Rapporten tar for seg kritiske områder knyttet til reflyting av Brent D, men de fleste utfordringene her gjelder også andre Condeep-plattformer. Konklusjonen var at reflyting er mulig, men at risikoen for en mislykket operasjon er høy, og inntil man har utredet og eventuelt testet usikkerhetsmomentene er det vanskelig å gi en entydig anbefaling om fjerning. Her diskuteres også alternative metoder for å tette conductor-åpningene, en viktig forutsetning for vellykket reflyting.

Det har også blitt utført et fjernings- og disposisjonsstudie av Draugen-feltet, ref. /3/. Arbeidet ble utført av "Aker-Saipem field abandonment team", Aker Norwegian Contractors og Aker Marine Contractors på oppdrag fra Norske Shell. Denne rapporten kom så tidlig som i 1997, og konklusjonen her var at fjerning av installasjonene på Draugen-feltet er mulig. For reflytingsprosessen henvises det til plattformens fjerningsmanual, mens rapporten i hovedsak tar for seg fjerning av de andre installasjonene, og demontering/riving av plattformdekk og betongstruktur. Det ble også gjort en vurdering av kostnader og energiforbruk.

For å gi et bedre beslutningsgrunnlag for hva som skal skje med betongplattformer etter endt levetid ble det i 1997-1998 under ledelse av Dr.techn.Olav Olsen gjennomført et industrisamarbeidsprosjekt, Removal – Offshore Concrete Structures, betalt av Oljedirektoratet, Statoil, Norske Shell og Aker Marine Contractors. Fase to av prosjektet omhandlet demontering og resirkulering, og her var flere industriaktører involvert. I prosjektrapporten *"Removal Offshore Concrete Structures – Final report"*, ref. /4/, er fjerningsprosessen beskrevet, og et konkret tilfelle, fjerning av Gullfaks C plattformen, er inkludert. I ref. /4/ er det også beskrevet tidligere arbeid frem til 1998. Her opplistes noen rapporter, men ingen detaljerte studier har på dette tidspunkt blitt utført.

Etter økt fokus på fjerning av betonginnretninger ble det i 2002 utgitt en "state-of-the-art rapport", ref. /5/, av den internasjonale betongforeningen, *fib*, som omhandler fjerning og resirkulering av betongstrukturer. I denne rapporten gis det en oversikt over fjerningsprosessen, resirkulering og mulighetene for gjenbruk, enten som struktur eller gjenvunnet materiale.

Det finnes også en stål-GBS, Maureen Alpha, som har blitt fjernet fra britisk sektor ved reflyting. Plattformen bestod av 3 sirkulære tanker med et stålskjelett i mellom, og under tankene var det stålskjørt som gikk 3.4 m ned i jorda på det meste. 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 svært nyttig å ta med seg. Dette er beskrevet i to artikler presentert på Offshore Technology Conference i 2002, *"Refloat of Maureen Alpha Platform"*, ref. /6/, og *"Maureen Refloat Project: Challenges to control weight and stability through a decommissioning project"*, ref. /7/.

5. TEKNOLOGISK UTVIKLING

Det er nå over 30 år siden de første betongplattformene ble installert. Mye har skjedd siden den gang, og spesielt subsea-teknologien har utviklet seg enormt. Ved forberedelsene til reflyting er det nødvendig å utføre flere undervannsoperasjoner, og bruk av ROV'er (Remote Operated Vehicle) gir en betydelig reduksjon i risikoen for personulykker. ROV'er ble først utviklet til militært bruk, men på 1980-tallet ble ROV'er et uunnværlig verktøy for offshore-industrien ettersom mye av feltutviklingen foregikk på vanndyp utilgjengelig for dykkere. Moderne ROV'er kan i dag utføre en rekke oppgaver, alt fra inspeksjoner til sammenkobling av rørledninger, installasjon av utstyr, reparasjoner og vedlikehold.

Samtidig som at verktøyet har blitt bedre, har også utstyret blitt bedre. Dette gjelder for eksempel mekanisk utstyr som pumper og ventiler, målesystemer og brønnhoder som tåler stadig høyere trykk og temperatur. Oppdriftskuler som tåler høyt trykk er en annen nyvinning. Disse kan være nyttig å bruke for å deballastere en celle som ikke er tett.

I tillegg til utviklingen med det fysiske utstyret som brukes offshore, har det også skjedd mye på beregningsfronten. Regnekraften til datamaskinene som ble brukt til analyser på 70- og 80-tallet kan ikke sammenlignes med dagens maskinkraft. I dag kan man kjøre store, ikke-lineære FE-analyser som gjør det mulig å beregne for eksempel uttrekkskraften fra jorda og kapasiteten til opprisset betong med større nøyaktighet enn tidligere. Det må nevnes at resultatene man får ut av slike analyser er svært avhengig av parameterene som er forutsatt.

Det er vanskelig å forutsi hva som er teknisk mulig i fremtiden, men det skjer hele tiden en utvikling. Ved å sette sammen kjent teknologi, opprinnelig utviklet til andre formål, kan forholdene ligge til rette for en fjerningsoperasjon.

6. REGELVERK

6.1 OSPAR

OSPAR vedtak 98/3 paragraf 2 sier:

" The dumping, and the leaving wholly or partly in place, of disused offshore installations within the maritime area is prohibited."

Vedtakene fra OSPAR-konvensjonen er bindende for EU-land, Sveits. Island og Norge, og skal beskytte det maritime miljøet i nord-øst Atlanterhavet.

Det kan gjøres unntak fra vedtaket dersom det er signifikante grunner til å ikke fjerne plattformen, men heller disponere den til sjøs. Som nevnt tidligere er det foreløpig gjort unntak for Ekofisk-tanken og betonginstallasjonene på Frigg-feltet. For Frigg ble det gjort unntak på grunn av kompleksiteten og usikkerheten forbundet med fjerning av understellene. Et uhell under heving ville kunne få alvorlige konsekvenser. Dette ville innebære en stor sikkerhetsrisiko og høye ekstrakostnader.

6.2 Anvendbare regelverk

Når man skal vurdere strukturell kapasitet for plattformen vil det være naturlig å ta utgangspunkt i standarden brukt under design, Norsk Standard for prosjektering av betongkonstruksjoner, NS3473. Denne har blitt revidert flere ganger etter at Condeep-plattformene ble bygget, og siste gang i 2003. På noen områder har kravene i standarden blitt innskjerpet, som for eksempel skjærkapasitet, og ved kapasitetsberegning for reflyting må de nye kravene tas hensyn til.

Andre anvendbare standarder er blant annet NORSOK standardene. Disse er utviklet av den norske oljeindustrien, er basert på internasjonalt anerkjente standarder og gir tilleggsbestemmelser til bruk for oljeindustrien. De mest aktuelle er:

- NORSOK Standard N-001, Structural design
- NORSOK Standard N-003, Action and action effects
- NORSOK Standard N-006, Assessment of structural integrity for existing load-bearing offshore structures

Den siste, N-006, er et alternativ til N-001 for tilfeller der konstruksjoner skal opereres utover originale design krav og strukturell kapasitet er vanskelig å demonstrere ved ordinære kapasitetsberegninger, og hvor tilleggsinformasjon erfart gjennom konstruksjonens livsløp kan brukes for å demonstrere tilstrekkelig strukturell kapasitet.

For marine operasjoner kan man benytte det internasjonalt anerkjente regelverket "DNV Rules for planning and execution of marine operations".

Regelverk for geotekniske forhold finnes i ISO 19901-4:2003 (E) "Petroleum and natural gas industries – Specific requirements of offshore structures – Part 4: Geotechnical and foundation design considerations. ISO standardene 1990X er for øvrig med å danne grunnlaget for NORSOK standardene.

7. STRUKTURELL TILSTAND

7.1 Generelt

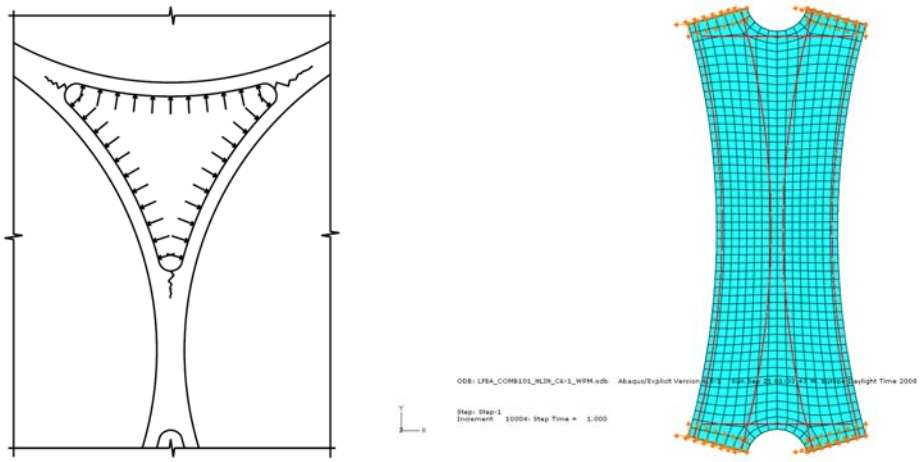
For å kunne gjøre en vurdering av kapasiteten til plattformen er det viktig å kjenne tilstanden til de forskjellige delene av strukturen. Tidligere lasthistorie og inspeksjonsrapporter er nyttig, men det er også nødvendig å gjøre flere inspeksjoner og tester på delene som påvirker reflytingsprosessen, blant annet i områder som er utilgjengelige under drift.

For reflyting er strukturell integritet en vesentlig suksessfaktor, så uforklarlige eller ukontrollerbare lekkasjer er noe som må unngås. Da plattformdekket ble installert ble betongstrukturen utsatt for et stort hydrostatisk differansetrykk, noe som også vil skje under reflyting. Installasjon av plattformdekket kan også være den største belastningen plattformen hittil har blitt utsatt for, så erfaringer fra den fasen vil være en hjelp for å vurdere om konstruksjonen har tilstrekkelig kapasitet for reflyting. Ganske ofte ble gasstrykk (ca 4-5 bar, tilsvarende 40-50 m vanndyp) brukt i cellene ved dekkinstallasjon for å redusere vanntrykksdifferansen på celleveggene. Det samme er også tenkt brukt ved reflyting.

Et positivt element å ta i betraktning er at betongfasthet øker med alder. I forhold til det som er brukt i opprinnelig design kan betongfastheten nå være ca 30 % høyere, avhengig av type betong.

7.2 Opprissing

Det er vanlig at høyt påkjente konstruksjoner risser opp, men Norsk Standard for prosjektering av betongkonstruksjoner, NS3473 setter krav til maksimal tillat rissvidde. Gjennomgående riss i betongen kan føre til tap av tetthet, men riss kan også gi økte laster i form av vanntrykk i riss. På flere Condeep'er må man anta at det kan ha oppstått riss i sammenføyningene ved tricellene, hulrommene mellom lagercellene, et område som er vanskelig tilgjengelig for inspeksjon Årsaken til dette er at tricellene er åpne til sjø, og dermed er det et stort differansetrykk til lagercellene som forsøker å presse cellene fra hverandre. Vanntrykk i risset bidrar til at risset åpner seg enda mer. Etter at dette problemet ble identifisert ble utformingen av cellesammenføyningene og tricellene endret, så dette er i mindre grad et problem for de senere plattformene (fra Statfjord B), selv om det fortsatt er et høyt belastet område.



Figur 7-1, Tricelle og sammenføyning

Da de første Condeep-plattformene ble bygget var vanntrykk i riss ikke inkludert verken i dimensjoneringsprogrammene eller i standarden, NS3473. For store deler av plattformen er ikke dette et problem, siden det er trykk i betongen på grunn av forspenning eller ytre laster. Der det kan være mulig at vanntrykk i riss har en effekt, som for eksempel i tricellene, bør dette undersøkes nærmere.

I mulighetsstudiet for reflyting av Brent D ble det gjennomført en ikke-lineær lokalanalyse av tricellesammenføyningen for å se hvordan rissene forplanter seg i konstruksjonen. To tilfeller ble analysert; dekkinstallasjon og reflyting. For dekkinstallasjonstilfellet ble i tillegg effekten av vanntrykk i riss undersøkt. Analysen viste at opprissing kan ha inntruffet under dekkinstallasjon, men ingen riss er gjennomgående. Inkludering av vanntrykk i riss øker tøyningsnivået med opptil 20 %, avhengig av lastnivå og eventuell flyting i armeringen. Den maksimale tøyningen er fortsatt lavere enn tillatt bruddtøyning. For reflyting er maksimal tøyning i tverrarmeringen 83 % av tøyningen under dekkinstallasjon.

7.3 Skader

Noen plattformer har fått skader under installasjon eller under drift. Omfanget av skadene må vurderes, sammen med kvaliteten på reparasjonene. Hvis det er skader som kan kompromittere en reflytingsoperasjon, kan det være nødvendig å omgå problemområdet med nye løsninger. Et eksempel på skade som gjør reflyting vanskeligere er lekkasje i betongkassen. Under dypvannstesten på Statfjord A ble det registrert opprissing og lekkasje i en celle. Etter reparasjon ble det brukt gasstrykk i cellene for å redusere spenningsnivået under dekkinstallasjon. Ved et annet tilfelle ble en lagercelle på Statfjord C ved uhell utsatt for et indre netto overtrykk på ca 3 bar, noe som resulterte i oppsprekking av betongen i øvre kuleskall og en begrenset oljelekkasje.

8. MEKANISK UTSTYR

8.1 Generelt

Som for strukturdelen er det også nødvendig med en full gjennomgang av det mekaniske systemet på plattformen. Spesielt fokus må rettes mot utstyr som ikke har vært benyttet siden installasjonen, og som trengs for reflyting. Dette gjelder for eksempel injeksjonssystem for påsetting av hydraulisk trykk og ballastsystemer. Ettersom de eldste plattformene ikke er designet for fjerning kan det være nødvendig å installere nytt injeksjonssystem eller modifisere det som ble brukt under installasjon. Det er sannsynlig at utstyr må skiftes ut eller repareres. I perioden fra nedstenging til reflyting må utstyret sikres og vedlikeholdes.

8.2 Nødvendig utstyr for fjerning

Det blir for omfattende her å beskrive hvordan nødvendig mekanisk utstyr fungerer i detalj, men følgende mekaniske system kreves for reflyting:

- System for deballastering/ballastering av cellene
- System for deballastering/ballastering av skaftene
- System for påsetting av hydraulisk trykk i skjørtekammerene / under skjørtespissen
- System for påsetting av gasstrykk i cellene

Systemene listet over har behov for tilhørende hjelpesystemer som elektrisk strøm, kontrollsystemer i form av pumper og ventiler og målesystemer for å overvåke vannivåer, trykk, strømning, helling osv.

8.3 Tilleggsutstyr for fjerning

Dersom lagercellene har vært brukt til oljelagring og disse ikke skal rengjøres offshore må forurenset vann samles i tanker på plattformdekket eller støttefartøy. Alt ettersom hvilke forutsetninger som legges til grunn for en reflyting kan det være nødvendig å rengjøre oljelagerceller før reflyting/transport av plattformen. Dette gjøres for å unngå forurensing i tilfelle havari under slep. Det er stor usikkerhet i forbindelse med mengde av olje i cellene, hovedsakelig på grunn av liten tilgjengelighet for undersøkelser. En metode for å komme inn i cellene er nødvendig. Flere forsøk er gjort på Brent i britisk sektor, blant annet med mini ROV gjennom eksisterende røropplegg, men ingen har vært helt vellykket. Mekanisk utstyr og metode for rengjøring av cellene omfattes ikke av denne rapporten. Likevel er det åpenbart at det vil være enklere å rengjøre eller behandle lagercellene på en annen forsvarlig måte hvis plattformen tas til land og overbygningen fjernes.

9. GEOTEKNISKE ASPEKTER

9.1 Utforming av fundamentet

Condeep-plattformene har fundament som vanligvis er bygget opp av 19 eller 24 sirkulære celler. Disse er avsluttet i den nedre enden med kuleskall ved sjøbunnen. Mellomrommet mellom sjøbunnen og kuleskallet er for de fleste plattformene fylt med sementmørtel med lav fasthet. Celleveggene er ført videre som skjørt noen meter ned i sjøbunnen til et nivå som gir akseptabel sikkerhet mot brudd i grunnen når plattformen blir utsatt for dimensjonerende miljøkrefter. Mange av plattformene er også utstyrt med noen få dybler med 2-3 m diameter som stikker noen få meter under skjørtespiss.
Ekofisktanken og Troll A har en noe annen utforming av fundamentet. Beskrivelsen gitt nedenfor passer derfor ikke fullt ut for disse plattformene.

9.2 Grunnforhold

Grunnforholdene varierer en del fra plattform til plattform. Noen plattformer står på sand eller leire til et nivå under skjørtespiss, men generelt kan man si at grunnen består av lag av fin sand og siltig overkonsolidert leire, ofte dekket av et øvre fast sandlag.

9.3 Frigjøring av plattformen

I prinsippet frigjør man plattformen som en reversering av installasjonen. Man reduserer vekten av plattformen ved å pumpe ut ballastvann til den får en positiv oppdrift og flyter opp. Men oppdriften må ikke være så stor at plattformen får ukontrollerte bevegelser og blir overbelastet etter at skjørtene løsner fra bunnen. For å unngå slike bevegelser må man i første omgang ikke deballastere mer enn at man er sikker på fortsatt å ha negativ oppdrift. Deretter pumper man vann inn under skjørtene så man får et hydrostatisk overtrykk som skyver plattformen opp. Men når plattformen får en slik bevegelse, faller trykket under skjørtene og man unngår at plattformen løsner ukontrollert. Man må pumpe inn mer vann for å opprettholde et trykk som presser plattformen videre opp. Summen av neddykket vekt av plattformen pluss kraften som skal til for å trekke skjørtene og dyblene ut av jorda er da lik det hydrauliske trykket under skjørtene. Når det ikke lenger er mulig å skape hydraulisk trykk under skjørtene må endelig frigjøring skje ved deballastering.

Dette ville vært en grei operasjon dersom en hadde kjent neddykket vekt av plattformen, nødvendig motstand mot uttrekking og vanntrykket under skjørtene med stor nøyaktighet. Man må under hele frigjøringsoperasjonen passe på at den positive oppdriften av plattformen ikke blir så stor at den får store og ukontrollerte bevegelser etter at den løsner. Dersom man setter på for stort vanntrykk under skjørtene kan det danne seg kanaler under skjørtene og det blir umulig å opprettholde noe trykk av betydning.

Alle disse størrelsene er svært usikre og frigjøringen av plattformen er derfor en operasjon som medfører stor risiko.

9.4 Neddykket vekt

Det er usikkert hvor mye av mørtelen i mellomrommet mellom nedre kuleskall og sjøbunnen som vil henge med når plattformen flyter opp. Avhengig av grunnforholdene kan også en del av jorda under plattformen følge med. Dette blir særlig uheldig dersom mørtelen/ jorda som følger med helt eller delvis faller av etter at plattformen løsner. Det kan da opptre store ukontrollerte bevegelser. Situasjonen kan bli særlig farlig dersom det er gjennomgående lag av jord med høy permeabilitet (sand) ved skjørtespiss og tettere jord (leire) mellom skjørtene. Jorda mellom skjørtene kan da følge med når plattformen løsner og falle av når plattformen er på vei opp. Dette kan gi stor positiv oppdrift og plattformen kan få bevegelser og flyte opp til et nivå som kan gi store skader. Dette faremomentet setter en øvre grense for hvor mye man kan deballastere plattformen. Når man skal bestemme største tillatte deballastering, er det viktig at man tar med usikkerhet i vekten av plattformen, både et øvre og et nedre estimat.

9.5 Nødvendig kraft for uttrekking av skjørt og dybler

I utgangspunktet kunne man tenke seg at nødvendig kraft for å trekke ut skjørtene vil være lik nødvendig penetrasjonskraft under installasjon. Men det er en rekke forhold som kompliserer dette bildet:

Drenasjeforhold
Under installasjon kan man forutsette at det var nær drenerte forhold. Når man skal fjerne plattformen flere tiår senere er jorda under plattformen konsolidert under et overtrykk som svarer til grunntrykket under plattformen. Dersom man trekker i skjørtene under udrenerte forhold vil mye av strekket bli tatt opp av negative poretrykk. Størrelsen av disse poretrykkene er dårlig definert. For å komme tilbake til drenerte forhold må man deballastere plattformen og la den stå med svært liten neddykket vekt til man oppnår noe nær drenerte forhold. Nødvendig tid er vanskelig å beregne. Avhengig av permeabiliteten av jorda den kan variere fra flere år for leire til få dager for sand. For mange plattformer er det gjort poretrykksmålinger etter installasjon. Disse kan gi en indikasjon på nødvendig dekonsolideringstid. Dekonsolideringen foregår hurtig i begynnelsen og avtar etter hvert, så det kan være akseptabelt med en ufullstendig dekonsolidering.

Stabilitet i drenasjefasen
I drenasjefasen har plattformen noe nær null effektiv vekt. En gravitasjonsplattform er avhengig av en minste vertikalkraft for å få nødvendig sikkerhet mot brudd i grunnen. Normalt må man akseptere vesentlig lavere sikkerhet i drenasjefasen og særlig dersom drenasjetida er så lang at plattformen må stå med neglisjerbar vertikalkraft over en vinter.

Beregnet uttrekkskraft
Det er gjort forsøk på å regne ut uttrekkskraften på grunnlag av alminnelig aksepterte formler for uttrekking av peler. Slike formler er satt opp med sikte på å gi en kraft til den sikre siden. Men forsøk med opptrekking viser stor spredning, og særlig for peler som går igjennom et sandlag og videre ned i fast leire. Resultatet av slike beregninger må man derfor være forsiktig med.

Man kan også beregne uttrekkskraften med store elementanalyser. Omfanget av beregningene kan virke imponerende, men resultatet blir ikke bedre enn kvaliteten av jordartsparameterne

som er forutsatt. Forholdet mellom horisontal og vertikal permeabilitet er en særlig usikker størrelse. Resultatene av slike beregninger har ikke vært brukt direkte i planlegging.

En tredje mulighet er å anslå uttrekkskraften på grunnlag av penetrasjonsmotstanden under installasjon. Men den målte penetrasjonskraften kan ikke brukes direkte. Foruten usikkerhet i drenasjeforhold må man gjøre antakelser om forholdet mellom spissmotstand og sidefriksjon under penetrasjon og om kavitasjon under uttrekking.

Det blir lavere uttrekkskraft dersom man trekker skjørtene langsomt ut. Men da uttrekksoperasjonen må være fullført innenfor et værvindu av størrelsesorden 72 timer er det ikke mulig å dra full nytte av denne effekten. Man må ha et sikkert og godt værvarsel for tidsrommet uttrekksoperasjonen skal gjennomføres, for i større bølger kan det oppstå en ukontrollert frigjøring med store bevegelser og fare for skade på plattformen.

Størrelsen av uttrekkskraften er svært usikker. For en betongplattform på engelsk sektor er det for eksempel antatt å være 10 % sannsynlighet for at uttrekkskraften er 30 % større enn "best estimate". For Maureen-plattformen var observert uttrekkskraft omtrent 4 ganger lavere enn beregnet uttrekkskraft.

Man må sette opp operasjonsprosedyrer som tar høyde for både øvre og nedre estimat for uttrekkskraften.

9.6 Vanntrykk under skjørtene

Hydraulisk splitting og kanaldannelse

Når vanntrykket som blir satt på under skjørtene kommer opp i en viss verdi vil vannet strømme gjennom jorda under skjørtene og ut til vannet utenfor. Får trykket stå på over lang tid kan det oppstå hydraulisk splitting eller kanaldannelse under skjørtene. Vanntrykket kan da ikke bli større enn effektivt overlagringstrykk utenfor plattformen i nivå med skjørtespiss.

Denne maksimalverdien gjelder ikke generelt, men kan avhenge av en rekke forhold. På enkelte plattformer er det montert vertikale dren på innsiden av skjørtene som kan kortslutte strømningsveien mellom et eventuelt sandlag på toppen og ved skjørtespiss. Mulig vanntrykk blir da vesentlig lavere. Et kortvarig vanntrykk satt på i et øvre sandlag under plattformen kan bli større. Mulig vanntrykk kan også variere med lokale forhold, for eksempel mellom vikene mellom to ytterceller eller i områder der utvendige skjørter er omgitt av lommer med mer grovkornete jordarter.

En tilsvarende trykkforskjell som over et ytre skjørt kan man oppnå mellom to innvendige naboskjørt. Man kan derfor oppnå betydelig større vanntrykk i innvendige celler uten kontakt med utvendig sjø.

Mulig vanntrykk under skjørtene er størst før plattformen tar til å røre på seg. Det avtar så etter hvert som plattformen blir presset opp. Når plattformen er presset opp til et visst nivå der bare nedre del av skjørtene står i jorda er mulig overtrykk neglisjerbart. Man må da øke effektiv oppdrift ved deballastering for å frigjøre skjørtene og dyblene.

Bruk av tilleggslast

Som nevnt kan vanntrykk som virker over lang tid inne i et skjørt komme opp i en verdi

tilsvarende effektivt overlagringstrykk ved skjørtespiss utenfor skjørtet. Derfor vil maksimalt mulig vanntrykk øke med effektivt overlagringstrykk på utsiden. Man kan øke vanntrykket under skjørtene ved å legge på et lag grus på sjøbunnen rundt plattformen. Nytten av slik utvendig tilleggslast er moderat, blant annet fordi en slik grusfylling også vil bidra til å øke uttrekkskraften.

Effekt av tap av undertrykk

Dersom man mister vanntrykket under en enkelt yttercelle i en Condeep med 19 uavhengige celler må man øke trykket i nabocellene med ca 20 %. Når man etter installasjonen injiserte mørtel under nedre kuleskall var det normalt å koble tre og tre celler sammen så mørtelen før den herdet kunne flyte fritt mellom cellene. Det er uklart om denne sammenkoblingen flere tiår etter installasjonen vil være tett. I motsatt fall vil tap av trykk i en celle forplante seg til de to tilkoblede cellene. Det vil da bli nødvendig å øke trykket i nabocellene med minst 50 %.

9.7 Framgangsmåte for uttrekking av skjørtene

Oppnå drenerte forhold

Deballaster plattformen til nøytral oppdrift og hold denne vekten i den perioden som er nødvendig for å oppnå drenerte forhold. En må ikke deballastere mer enn at plattformen står stabilt under en dimensjonerende storm.

Løsne skjørtene

Sett på vanntrykk under skjørtene. Dersom maksimalt vanntrykk ikke medfører at plattformen rører seg, deballaster til det oppstår bevegelser. Deballaster ikke så mye at positiv oppdrift av plattformen blir større enn vekten av jorda mellom skjørtene og opptrekksmotstanden på utsiden av utvendige skjørt. Dersom man ikke får bevegelse av plattformen med maksimalt mulig vanntrykk i skjørtene i kombinasjon med størst mulig positiv oppdrift av plattformen bør man gi opp å trekke ut skjørtene og disponere plattformen på annen måte. Ta høyde for usikkerheter når tillatt deballastering bestemmes.

Trekk skjørtene ut til kanaldannelse under skjørtene

Trekk skjørtene ut ved å sette på vanntrykk under skjørtene. Juster vanntrykket mens plattformen skyves opp så det holder seg under maksimalverdien for det aktuelle skjørtedypet. Ballaster plattformen så det hele tida blir minst mulig positiv oppdrift. På et tidspunkt vil det oppstå kanaler og det er ikke mulig å presse plattformen videre opp med vanntrykk i skjørtene. Videre uttrekking av skjørtene basert på vanntrykk nedenfra vil da være umulig.

Frigjøring av skjørtene

Plattformen henger nå i dyblene og nedre del av skjørtene. Man må frigjøre den ved deballastering. Denne siste operasjonen må man verifisere på forhånd ved å påvise at plattformen ikke får bevegelser eller flyter opp til nivåer som kan medføre skade.

10. REFLYTING

10.1 Prosedyre

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 osv.
3. Deballastering til nøytral oppdrift over en periode for å redusere effektivspenningene i jorda
4. Hydraulisk jekking og ytterligere deballastering til skjørtene er frigjort fra havbunnen
5. Deballastering til transportdypgang før plattformen slepes til et beskyttet område hvor demonteringen skal foregå

Frem til et visst punkt, sannsynligvis rett før skjørtene er frigjort fra havbunnen, vil det være mulig å avbryte reflytingsoperasjonen. Man må kontinuerlig vurdere om forholdene ligger til rette for å fortsette reflytingsprosessen.

10.2 Planlegging/forberedelser

Det er mange elementer og risikofaktorer som må utredes før offshorearbeidene starter, både strukturelt, geoteknisk og mekanisk. Det er nødvendig å gjennomføre en del undersøkelser og tester for å redusere usikkerhetene i de beregningsmessige forutsetningene. I tidligfase engineering defineres hvilke undersøkelser og tester som må gjøres umiddelbart. Informasjonsinnhenting er også en stor del av denne fasen.

Aktuelle områder for offshore undersøkelser:

- Mengden avfall og borekaks på øvre kuleskall og havbunnen
- Sedimentnivå i cellene
- Mengden borekaks i boreskaftene
- Vekt og posisjon av elementer på plattformdekket
- Marin gjengroing
- Opprissing av betongen
- Tilstanden til slepe- og fortøyningsfester
- Mekanisk utstyr og rørledninger
- Trykksonderinger av havbunnen rundt plattformen (CPT, Cone Penetration Test)

Aktuelle (full)skala tester:

- Test av tettemetode for forsegling av conductoråpninger
- In-situ test av trykkpåsetting i alle skjørtekammerene
- Test av uttrekkingsmotstanden i høyt overkonsolidert jord

Med informasjon gitt av innledende undersøkelser og tester kan detaljering av reflytingsoperasjonen begynne. Noe av det viktigste er å få kontroll på vektberegningen. Utfordringer knyttet til vektberegningen er nærmere beskrevet i kapittel 10.3. Sammen med uttrekksmotstanden har plattformvekten stor betydning for hvilke andre tiltak som må iverksettes for å gjennomføre en vellykket reflyting.

Aktiviteter som inngår i detaljeringsfasen:

- Fastsettelse av gjeldene regelverk og standarder
- Vektberegning
- Utarbeidelse av plan for fjerning av borekaks og annet rusk
- Verifikasjon av strukturell integritet. Nye analyser for lastsituasjonen ved reflyting
- Verifikasjon av mekanisk system. Utarbeidelse av plan for installering av nytt / utskifting av gammelt utstyr
- Fastsettelse av geotekniske forhold
  - Beregne uttrekksmotstanden
  - Vurdere plattformstabiliteten i deballastert tilstand
  - Anslå dekonsolideringperiode
  - Bestemme tillatt hydrostatisk basetrykk under reflyting
  - Vurdere behov for eventuell tilleggslast på havbunnen rundt plattformen
- Planlegging av marine operasjoner

Avhenging av resultatet for vektberegningen, kan det være nødvendig å fjerne ytterligere vekt fra plattformen. Vekten som må fjernes kan komme fra plattformdekkelementer, sedimenter i cellene eller borekaks i skaftene.

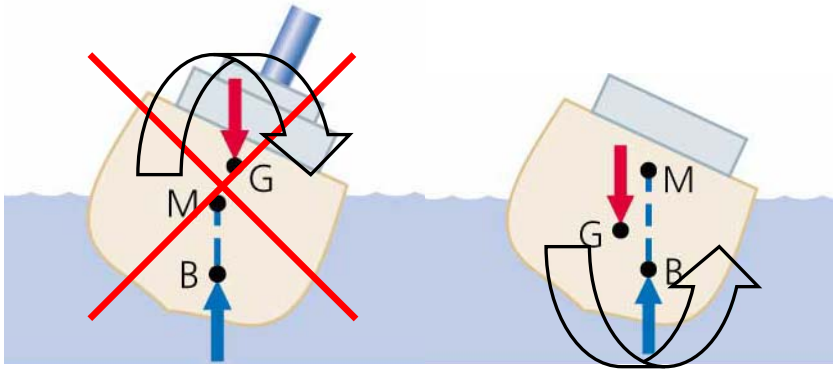
10.3 Vekt

Betydelig vekt har kommet til siden plattformen ble installert. Dette omfatter blant annet sementmørtel under nedre kuleskall, conductorrør, J-rør, mekanisk utstyr og plattformdekkelementer. Etter de innledende undersøkelsene kan man fastslå vekten med større sikkerhet, men det vil fortsatt være noen usikkerhetsmomenter som ikke kan elimineres. De to viktigste er hvor mye sementmørtel under nedre kuleskall som henger på og størrelsen på en eventuell jordplugg i skjørtekammerene.

Elementer i vektberegningen:

- Betong
- Mekanisk utstyr
- Solid ballast i cellene
- Vannballast i cellene
- Sedimenter i cellene
- Borekaks i boreskaftene
- Debris på øvre kuleskall
- Marin groing
- Sementmørtel under nedre kuleskall
- Jordplugg
- Vannabsorpsjon i betongen

Plattformvekten er avgjørende for både stabiliteten og nødvendig oppdrift. For stabiliteten er det gunstig med lavt tyngdepunkt i konstruksjonen slik at den metasentriske høyden, avstanden mellom tyngdepunktet og metasenteret, blir positiv. Mye vekt på plattformdekket er dermed negativt i en stabilitetssammenheng. I stabilitetsberegningen fastsettes en minimum metasentrisk høyde. Her må man beregne stabilitet med og uten sementmørtel og jordplugg. Se illustrasjon av stabilitetsprinsippet på Figur 10-1.



Figur 10-1, Stabilitet, G=tyngdepunkt M=metasenter B=oppdriftstyngdepunkt

Tigjengelig oppdrift er avhengig av antall funksjonelle celler og om boreskaftene kan tettes, og dernest hvor lavt disse kan deballasteres. Tillatt ballastnivå bestemmes ut i fra betongkapasiteten. Lavt ballastnivå gir et stort differansetrykk, som delvis kan kompenseres ved å øke gasstrykket i cellene. Dersom det er for lite tilgjengelig oppdrift i forhold til ønsket plattformvekt kan det være aktuelt å undersøke bruk av eksterne flytelegemer.

Tilgjengelig oppdrift setter begrensninger på total vekt, mens stabiliteten setter begrensninger for vektfordelingen.

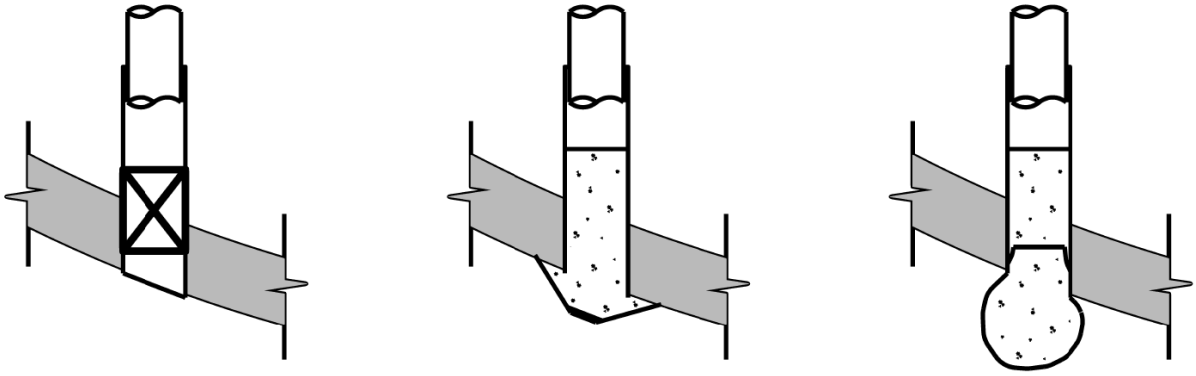
10.4 Tetting av conductoråpningene

En av de viktigste og praktisk mest utfordrende oppgavene er tetting av conductoråpningene. Conductorene er lederør til borestrenger, og disse går fra toppen av boreskaftene, ned og gjennom nedre kuleskall. Antall conductoråpninger varierer, men på flere plattformer ligger det i området 40-50 fordelt på to skaft. Det er altså et betydelig antall åpninger som må tettes, og de ligger i et vanskelig tilgjengelig område. Mesteparten av arbeidet foregår under vann, og dersom conductorrørene skal fjernes innebærer dette mange tunge løft. Hvis ikke det er en kran med tilstrekkelig kapasitet tilgjengelig, er det en tidkrevende jobb å kutte opp og løfte bort alle rørdelene.

I tidligere studier om fjerning av betongplattformer er det foreslått mange forskjellige løsninger for tetting av conductoråpningene. De kan i hovedsak deles inn i tre kategorier:

I. Plugging inne i conductorrøret
II. Plugging utenfor conductorrøret
III. Konstruksjon av ny bunn

Det er fordeler og ulemper ved alle løsningene, men uansett hva som velges er det nødvendig med omfattende testing. Tettingen må tåle et vanntrykk på over 300 m (Troll A), og det kan være alvorlige konsekvenser ved lekkasje. Figur 10-2 på neste side viser en mekanisk plugg i mansjettrøret til conductoråpningen og to alternativer for å støpe en betongplugg under domen.

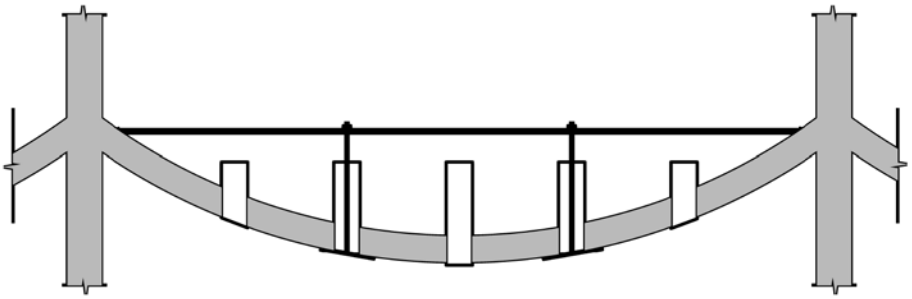


Figur 10-2, Mekanisk plugg, plugg fra "paraplyforskaling" og betongpose

Hvis tilstanden til mansjettrøret er tilfredsstillende, finnes det i dag mekaniske plugger som tåler høyt trykk.

En av fordelene med å ha pluggen på utsiden er at vanntrykket utenifra sørger for at pluggen holder seg på plass så åpningen forhåpentligvis blir tett. Det krever imidlertid utgraving under domen, og hver conductoråpning må tettes for seg.

Figur 10-3 viser et eksempel på konstruksjon av ny bunn. Her dekker en stålplate hele domen, forankret gjennom conductoråpningene. Før installasjon av platen må borekaks fjernes og det kan være vanskelig å lage en tett forbindelse med betongen. Fordelen er at det kun blir en tetteoperasjon og test per skaft.



Figur 10-3, Tetting med stålplate

Det er flere elementer som må tas med i vurderingen av valg av løsning. Hvis det er vektproblemer kan det være hensiktsmessig å velge en løsning der conductorene fjernes ettersom hvert rør veier omtrent 650 kg/m. For Statfjord-plattformene og Gullfaks A og B med 42 brønnplasser blir den totale conductorvekten omtrent: $0.65\,\mathrm{t/m} \cdot 150\,\mathrm{m} \cdot 42 = 4095\,\mathrm{t}$
Dette er i størrelsesorden 8-10 % av plattformdekkvekten.

10.5 Plattformdekk

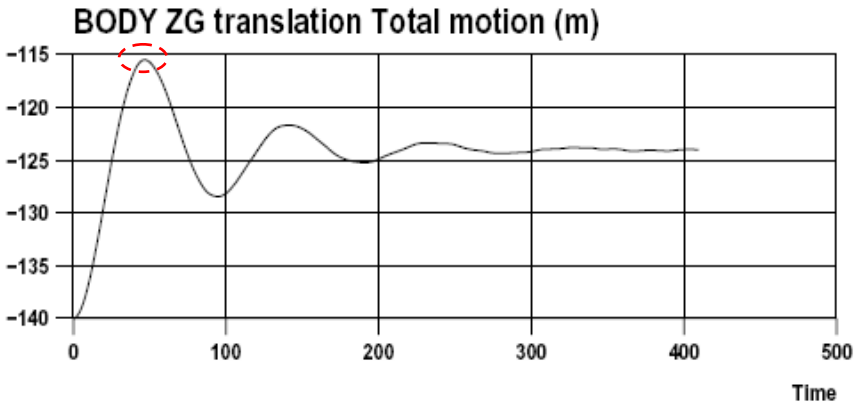
Hvis man skal gjennomføre en reflyting er det rimelig å anta at den billigste måten å frakte mest mulig av plattformdekket inn til land på er ved hjelp av betongunderstellet. Ettersom det har blitt lagt til betydelig vekt ved installasjon av mekanisk utstyr og moduler offshore, kan det være nødvendig å fjerne en del at dette før en reflyting. De fleste plattformene har et

plattformdekk av typen ”Module Support Frame”, MSF, der en stålramme hviler på betongskaftene og danner opplegg for de forskjellige plattformdekkmodulene. Det er fullt mulig å løfte av moduler og transportere dem inn til land ved hjelp av egnede løftefartøy. Noen plattformer har imidlertid et integrert plattformdekk. Det innebærer at prosessutstyret er en integrert del av dekkonstruksjonen, noe som gir en lavere plattformdekkvekt. Det gjør også demontering mer tidkrevende.

Uansett dekktype vil det være hensiktsmessig å ha tyngdepunktet for plattformdekket mest mulig sentrisk over skaftene, og i tillegg lavest mulig. Man må skaffe en detaljert oversikt over all vekt som er på plattformdekket og plassering. Etter at tillatt totalvekt er bestemt kan man vurdere hva som eventuelt skal fjernes fra plattformdekket. Noen moduler vil være nyttig å beholde gjennom fjerningsprosessen, dette gjelder for eksempel boligkvarteret. Det er også gunstig å ha et arbeidsdekk med kraner og annet utstyr, alt ettersom hvilke jobber som planlegges offshore.

10.6 Frigjøring av skjørtene fra havbunnen / ”pop-up”

Som beskrevet i kapittel 9.3 er den mest kritiske fasen av reflytingsoperasjonen det øyeblikket hvor skjørtene frigjøres fra havbunnen. Siden det blir vanskelig å skape trykk i skjørtekammerene når det er lite igjen av skjørtene i havbunnen, må den siste uttrekkskraften skapes ved positiv oppdrift. Det er dermed viktig å ha kontroll på vekten av plattformen, sånn at den positive oppdriften ved frigjøring ikke fører til en ukontrollert oppstiging. Det er høyden på den første bevegelsen opp som er kritisk, før plattformen stabiliserer seg på et likevektsnivå, se Figur 10-4.



Figur 10-4, Eksempel på vertikal dynamisk bevegelse av plattform

Hvis det er blir påsatt gasstrykk i cellene for å redusere differansetrykket mot tricellene er det avgjørende at dette trykket ikke blir så høyt at man får et innvendig overtrykk når plattformen stiger opp. For å beregne oppstigingen må man hovedsakelig ta hensyn til tre faktorer:

I. Gjenværende uttrekkingskraft når det ikke lenger er mulig å skape hydraulisk trykk
II. Vektusikkerhet for plattformen
III. Hvis sementmørtelen faller av rett etter frigjøring

For betongen i de øvre kuleskallene er det ikke gunstig hvis det oppstår strekk over hele tverrsnittet, noe som kan skje ved et innvendig overtrykk. Avhengig av størrelsen på overtrykket vil skadene være alt fra opprissing til tap av plattformen.

Et tiltak for å begrense en for høy positiv oppdrift er å "veie" plattformen underveis i uttrekkingen av skjørtene. Det kan i grove trekk gjøres ved å stoppe den hydrauliske jekkingen og måle trykkendring og vertikal bevegelse.

10.7 Stabilitet under heving

Helt fra deballastering til nøytral oppdrift i dekonsolideringsfasen har plattformen mindre motstand mot vind og bølgelaster. Dette må tas hensyn til ved fastsettelse av værvindu for operasjonen. Her bestemmes tillatt bølgehøyde og vindhastighet for forskjellige deler av operasjonen. Dekonsolideringsfasen kan for eksempel foregå fra starten av sommersesongen, mens selve frigjøringen har kortere varighet og utføres i en periode med sikkert og godt værvarsel.

For tilfellet når plattformen er frigjort fra havbunnen må flytestabiliteten beregnes. I DNV's regler for marine operasjoner står det blant annet *"metacentric height (GM) corrected for free surface effect should be at least 1 m. The stability should be positive to a heel angle of 15º beyond equilibrium."* Det kan gjøres unntak fra dette kravet for transiente faser, og reflyting ble godkjent som unntak for Maureen Alpha.

I feltavslutningsstudiet for Draugen er det beskrevet modellforsøk utført ved Dansk Maritimt Institutt (DMI), nå en del av Force Technology. En 1:50 modell av Draugen GBS ble testet i tauetanken for å vurdere flytestabilitet under reflyting. Konklusjonen her var at plattformen har tilstrekkelig flytestabilitet, også hvis hele eller deler av sementmørtelen faller av underveis. Tanktestene viste også at plattformen var mer stabil under reflyting enn forventet på grunn av energitap fra turbulens rundt betongkassen ved en vertikal bevegelse gjennom vannet.

10.8 Avbrutt operasjon

I forberedelsene til reflytingsoperasjonen må man definere et "point of no return", der man er nødt til å gjennomføre reflytingen hvis man har kommet så langt. Frem til dette punktet må man kontinuerlig vurdere om forholdene ligger til rette for en vellykket reflyting. Det er flere steg underveis hvor det kan vise seg at man må avbryte operasjonen. Dersom dette skjer under selve reflytingen må det finnes en "plan B" for videre handling etter avbrutt operasjon.

10.9 Risiko for personell og utstyr

Før man skal ta en avgjørelse angående disponering av en plattform etter endt levetid vil det ha blitt gjennomført et omfattende planleggingsarbeid med utredelse av aktuelle fjerningsscenarioer. Avgjørelsen må være forankret i en risikoanalyse, der man definerer hva som er uakseptabel sannsynlighet for forskjellig grader av mislykket operasjon. Gradene av fiasko kan grovt deles inn i:

I. Total havari

II. Mislykket reflyting, men fortsatt mulig å disponere plattformen på andre måter
III. Delvis mislykket reflyting. Mulighet for å prøve igjen etter visse modifikasjoner

Alle farer og usikkerhetsmomenter som kan påvirke risikoen for en mislykket operasjon må identifiseres, en såkalt HAZID. HAZID er en kvalitativ analyse, mens man etterpå utfører en kvantitativ analyse ved å beregne sannsynlighetene for en mislykket operasjon. Det vil alltid være usikkerheter ved vurdering av sannsynlighetene i analysen, men det er allikevel svært nyttig å gjennomføre en slik analyse. Da kan man identifisere områdene med størst risiko, og hvor det er størst potensial for å redusere risikoen.

Det skjer arbeidsulykker regelmessig på norske oljeplattformer, og det er heller ikke risikofritt å skulle fjerne dem. I verste fall kan en ulykke under forberedelsesoperasjonene, reflyting, tauing eller riving ha alvorlige konsekvenser som tap av liv og miljøpåvirkning. I tillegg kommer de økonomiske konsekvensene.

11. TRANSPORT

Forberedelser

Etter at plattformen er frigjort fra havbunnen er det naturlig å gjøre noen undersøkelser av plattformen før slepet starter. Det viktigste er å foreta en besiktigelse hele plattformen, og da spesielt undersiden for å kunne vurdere betydningen av gjensittende sementmørtel/jord. Det er også aktuelt med vekt og stabilitetskontroller. Når plattformen er deballastert til slepedypgang, nødvendig utstyr er koblet fra, slepebåtene er koblet på og kontrollen over plattformsystemene er overført til lederbåten kan slepet begynne. Det antas at de gamle slepefestene kan brukes eller skiftes ut, og i så fall kan det være mulig å benytte samme slepekonfigurasjon som under utslepet. Det antas at plattformen er ubemannet under slepet.

Værforhold

Ut i fra stabilitetshensyn er det nødvendig å definere tillatte værforhold for slepet. Plattformhelningen øker når slepefarten øker, og dette gjør plattformen mer ustabil. Ettersom slepet tar flere dager i tillegg til dagene som er brukt på reflyting, kan det komme dårlig vær underveis. Det kan da være aktuelt å ankre opp plattformen ved å ballastere den dypere for å øke stabiliteten.

Lekkasjer

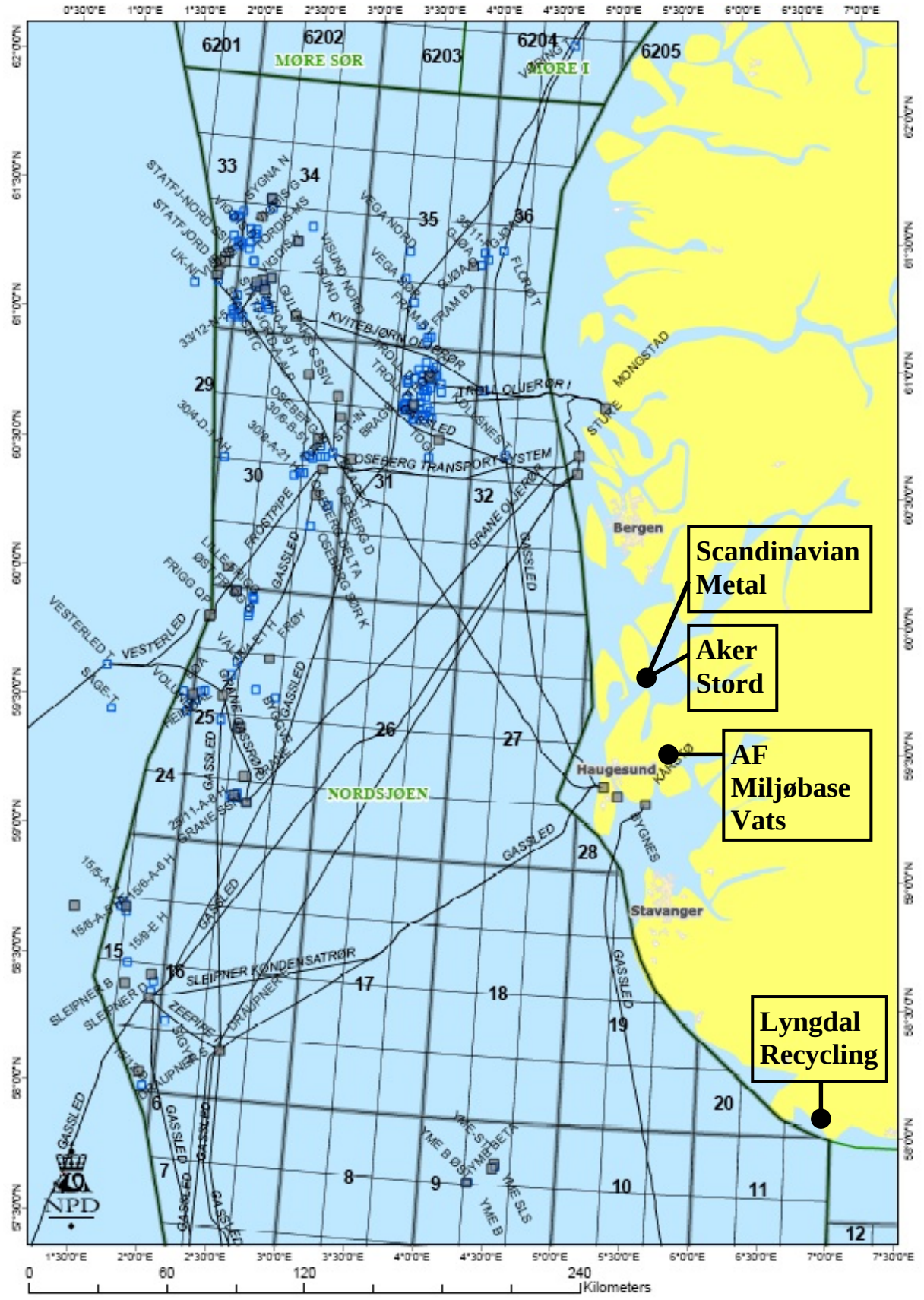
De fleste Condeep-plattformene er designet for å holde seg flytende selv med oversvømmelse av en celle. Oversvømmelse i et skaft kan føre til at plattformen synker, og store skader. Til sammenligning er det flere andre typer offshore betongkonstruksjoner som ikke tåler oversvømmelse av noe rom, og dette ble ansett for å være akseptabelt for installasjon i henhold til deres originale design spesifikasjoner. Risiko for oversvømmelse kan skyldes funksjonsfeil på mekanisk anlegg, sammenbrudd i penetrasjonsforseglinger, kollisjon med et annet fartøy eller grunnstøting.

Mottaksanlegg

Det er i dag fire mottaksanlegg i Norge for sluttdisponering av offshore innretninger; AF Miljøbase Vats, Aker Stord, Scandinavian Metal og Lyngdal Recycling, se plassering på kartet i Figur 11-1. Det finnes også flere mottaksanlegg på britisk side. Uansett hvilket mottaksanlegg som skal benyttes må rørledninger og andre offshore installasjoner passeres underveis. I planleggingen av marine operasjoner og valg av rute må konsekvensene ved mistet sementmørtel eller plattformhavari utredes.

Seilingsrute

Dersom plattformen skal inn til Stord for avhending må den passere Langenuen, et grunt sund ved innseilingen til Stord. Under utslepet av Gullfaks C ble plattformen deballastert 8 m gjennom Langenuen i forhold til offshore dypgang. Grunner som må passeres under transport er noe som må tas hensyn til i stabilitetsberegningen i planleggingsfasen. Dette kan sette en begrensning på dekksvekten.



Figur 11-1, Oversiktskart, mottaksanlegg

12. REFERANSELISTE

1. Total E&P Norge AS — "Frigg Field Cessation Plan", 9. mai 2003
2. Dr.techn.Olav Olsen a.s — "Brent D- Refloat feasibility study", Rapport 10766-101, mai 09
3. Aker Saipem — "Draugen – Removal and disposal study", Rapport DA.2.GEN.GEN/GS.T.2760.01, 15 november 97
4. Dr.techn.Olav Olsen a.s — "Removal Offshore Concrete Structures – Final report", Rapport 2362, august 98
5. fédération international du béton (*fib*) — "Recycling of offshore concrete structures", *fib* bulletin 18, april 2002
6. P. Broughton og E. Andenæs — "Refloat of Maureen Alpha Platform", OTC 14226, Offshore Technology Conference 2002
7. K. Røed, K. Karlsen og R. Davies — "Maureen Refloat Project: Challenges to control weight and stability through a decommissioning project", OTC 14227, Offshore Technology Conference 2002