

MÆRSK OLIE OG GAS AS



MÆRSK

**VURDERING AF VIRKNINGEN PÅ MILJØET
FRA YDERLIGERE OLIE OG GAS
AKTIVITETER I NORDSØEN**

AUGUST 2010

SAMMENFATNING

Vurdering af virkning på miljøet i perioden 2011 til 2015

Denne redegørelse for miljøpåvirkninger forbundet med drifts- og udbygningsaktiviteter i driftsområderne i perioden 2011 - 2015, "Vurdering af virkningen på miljøet fra yderligere brønde, juni 2010" (VVM 2010), planlægges at træde i kraft fra 2011.

VVM 2010 forudsætter, at der i femårsperioden 2011 – 2015 kan bores og idriftsættes op til yderligere 150 brønde i Nordsøen samt foretages de tilhørende udvidelser af de eksisterende anlæg, tilføjelser af nye samt lokale tilpasninger af kapaciteter.

Redegørelsen giver en samlet oversigt over igangværende og mulige nye aktiviteter i området og de heraf følgende mulige påvirkninger af miljøet. Dermed opnås et helheds overblik og indsigt, som sikrer, at de samlede påvirkninger af miljøet kendes og vurderes. Samtidig giver det mulighed for at prioritere indsatsen fremover for at forbedre miljøet. I redegørelsen findes således:

- En samlet beskrivelse af eksisterende og mulige fremtidige udbygninger;
- Skøn over udbygninger, produktion og udledning i perioden 2011-2015;
- En opdateret og detaljeret kortlægning af natur og miljø i området;
- Gennemgang af anvendte metoder til vurdering af virkning på miljøet;
- Vurderinger af den samlede effekt på miljøet fra eksisterende og fremtidige udbygninger, omfattende boring og drift af brønde samt bygning og drift af anlæg;
- Vurderinger af alternative drifts- og udbygningsteknologier;
- Vurderinger af mulige konsekvenser af ikke-planlagte hændelser.

Aktiviteter, der måtte komme til i perioden 2011-2015, og som i omfang eller art ikke kan udføres inden for rammerne af nærværende redegørelse, vil medføre, at vurderingen opdateres, eller at aktiviteterne dækkes af separat miljøvurdering.

Beskrivelse af installationer og driftsforhold

De eksisterende og mulige fremtidige udbygninger er beskrevet, og sikkerhedsforanstaltninger med henblik på forebyggelse mod udslip og mod eskalation af mindre uheld til større er belyst.

Driften af de nye installationer forventes at foregå som en integreret del af de eksisterende anlæg.

Produktion og udledning

Rammer for produktion og udledninger associeret med hvert af de beskrevne eksisterende og mulige fremtidige udbygninger, opdelt på boring og drift af brønde og anlæg, er blevet evalueret.

Monitering og rapportering af aktiviteter, kemikalieanvendelse, udledninger, emissioner og spild er kort beskrevet, og etablerede styresystemer er gennemgået.

Kortlægning af natur og miljø i området

I forbindelse med udarbejdelsen af denne VVM har Mærsk Olie og Gas AS indsamlet den seneste information om miljø- og naturforhold i den centrale del af Nordsøen. Informationerne stammer bl.a. fra de nyeste publicerede artikler og rapporter samt anerkendte databaser som opdateres løbende.

Mærsk Olie og Gas AS' regelmæssige monitoringer af bundfauna og fysiske/kemiske forhold foretaget omkring udvalgte offshoreinstallationer er ligesom data fra undersøgelser af fisk anvendt i VVM'en til beskrivelse af forholdene i aktivitetsområdet.

Disse oplysninger er blevet samlet i et omfattende kortmateriale (Mærsk 2005), som danner en del af grundlaget for at vurdere eventuelle effekter forbundet med offshore olie og gas produktion.

Miljøbeskrivelsen fokuserer på området omkring udbygningerne, men inddrager hele Nordsøen inklusive kystområderne i Danmark, Norge, Tyskland, Holland og Storbritannien. Det påvises, at udbygningsområdet er typisk for den centrale Nordsø. Hydrografiske og meteorologiske forhold samt havbund og de biologiske karakteristika er beskrevet.

Biologisk set ligger det vurderede område i den mellemproduktive centrale Nordsø, hvilket kommer til udtryk bl.a. i fiskeristatistikker for området og i områdets begrænsede betydning for havfuglebestande. Bundfaunaen er karakteristisk for store dele af den centrale Nordsø med en sammensætning, der hovedsagelig bestemmes af vanddybden. Der er ikke blevet identificeret specielt følsomme naturtyper i området, men det udgør en del af det naturlige gydeområde for flere betydningsfulde fiskearter.

Metoder til vurdering af virkning på miljøet

Hvor det har været relevant, er forskellige vurderingsmetoder af mulige påvirkninger af miljøet anvendt. Som eksempler kan nævnes:

- Tilgængelige metoder og data fra offentligt tilgængeligt materiale.
- Erfaringer fra daglig drift af eksisterende anlæg.
- Laboratorie- og feltskalaforsøg af nye teknologier.
- Laboratorieafprøvning og feltmålinger af indvirkning af produktion og kemikalier på dyr and planter.
- "Pre-screening" til bestemmelse af enkelte kemikaliers giftighed.

- Hydrodynamiske beregninger til bestemmelse af udbredelse af udledninger.
- Beregninger til bestemmelse af enkelte elementers forholdsmæssige påvirkning af miljøet ud fra en miljøvurderingsmodel. De mest markante påvirkninger analyseres derefter i detaljer, men også de mindre påvirkninger vurderes.

Prioritering af mulige tiltag til forbedringer

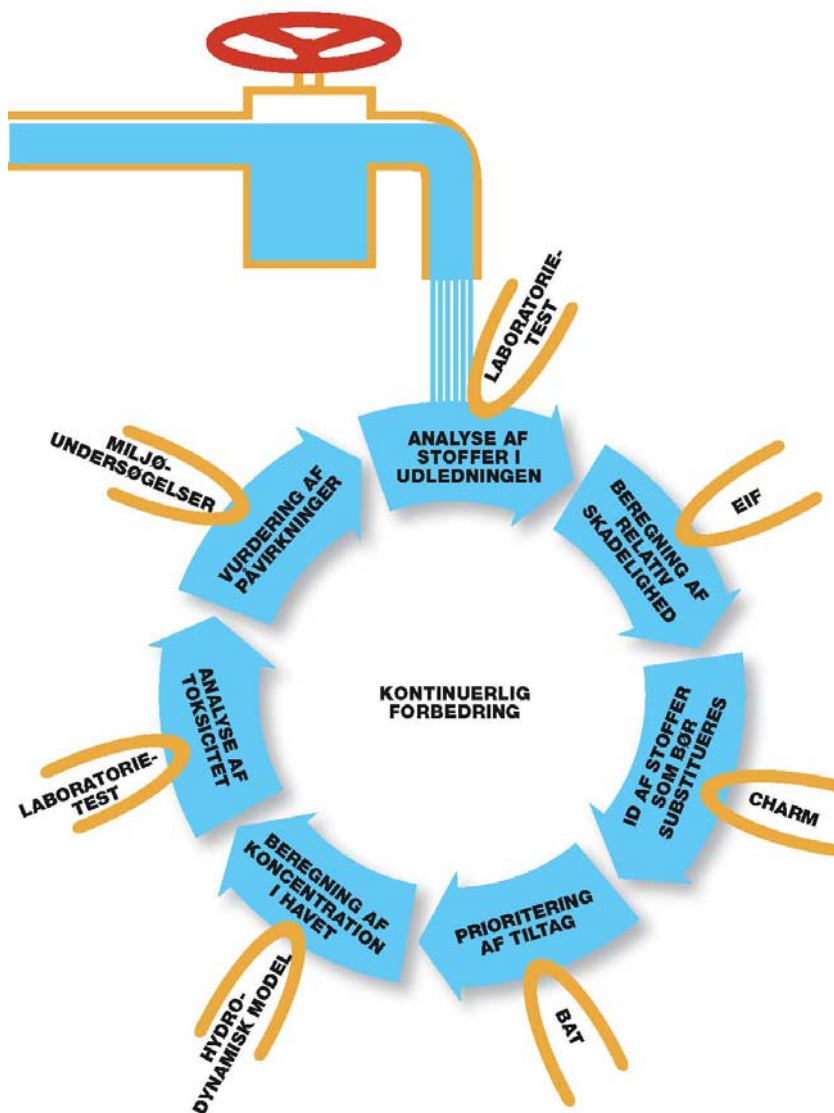
Som nævnt ovenfor har Mærsk Olie og Gas AS anvendt flere metoder til vurdering af påvirkningerne af miljøet fra de igangværende og mulige yderligere aktiviteter. Hensigten har været at:

- få et samlet overblik over påvirkningerne,
- identificere de mest kritiske påvirkninger,
- prioritere den fremtidige indsats, hvor der er bedst mulighed for at mindske en eventuel påvirkning af miljøet.

Som et eksempel kan nævnes udledning af produceret vand, hvor vurderingsproceduren er, som følger:

- 1 For de enkelte udledningssteder er indhold/koncentration af naturligt forekommende stoffer bestemt ved laboratorieanalyse og tilsatte kemikalier baseres på doseringsraten.
- 2 Ved en særlig beregningsmetode bestemmes den relative skadelighed af de enkelte stoffer og kemikalier i det udledte vand. Beregningsmetoden (Environmental Impact Factor, EIF) bruges til at identificere stoffer/kemikalier, som i særlig grad påvirker miljøet.
- 3 Parallelt hermed gennemføres vurdering og kategorisering af de enkelte stoffer/kemikalier (i henhold til pre-screening kriterier) for at vurdere toksicitet, biodebrydelighed og en eventuel risiko for ophobning i marine organismer. Hermed er det muligt at identificere stoffer/kemikalier som relativt set ikke optræder i særlig store mængder, men som alligevel kan være skadelige.
- 4 På baggrund af ovenstående vurderes muligheden for at eliminere, reducere og/eller substituere brug af de mest skadelige stoffer/kemikalier.
- 5 Fortyndingsberegninger for resterende udledning foretages ved brug af 3-dimensionale strømningsmodeller for området omkring udbygningerne. Derved bestemmes koncentrationen af udledningerne omkring udledningsstederne.
- 6 Som kontrol gennemføres laboratoriemålinger af udledningernes skadelighed for miljøet, herunder særligt for indvirkning på standard fauna-typer.
- 7 Yderligere kontrol opnås gennem regelmæssig miljømonitoring offshore.
- 8 Såfremt effekten af den resterende udledning ikke vurderes acceptabel, vil vurderingsproceduren blive gentaget.

Nedenstående figur illustrerer ovennævnte fremgangsmåde og konceptet om kontinuerlig forbedring.



Udviklingskoncepter

Der er Mærsk Olie og Gas AS målsætning gennem principperne om BAT (Best Available Technique) og BEP (Best Environmental Practices) til stadighed at søge at minimere påvirkningerne af miljøet.

Det vil sige, at der ved etablering og udvidelser af anlæg anvendes den til enhver tid bedste til rådighed værende, praktisk anvendelige teknologi således, at fremtidige anlæg i miljømæssig henseende vil være lige så gode eller bedre end tidligere anlæg. Effekten af miljøforbedrende tiltag som stadig er i udviklingsstadiet og endnu ikke implementeret, er i miljøvurderingen ikke taget med i betragtning, men vil på sigt kunne reducere miljøbelastningen.

Konsekvenser af ikke-planlagte hændelser

Store oliespild vil kunne påvirke områder, hvor der på forskellige tidspunkter på året optræder følsomme bestande af havfugle og fisk. Påvirkningsområdet kan i et lidet sandsynligt værste tilfælde strække sig til dele af en af de omkransende kyster, hvor følsomme naturområder og visse kommercielle interesser ville kunne blive påvirket. Risikoen er højst, om end stadig meget lille, for den jyske vestkyst, men der er også en lille sandsynlighed for påvirkning af tyske, norske og britiske kyster.

Konsekvenserne af et eventuelt større oliespild gennemgås for virkninger på økosystemet, ligesom sundhedseffekter og socioøkonomiske effekter vurderes. Effekterne antages at optræde i begrænsede områder afhængigt af spildets drivretning og varighed. Risikoen for, at olie driver i land, betragtes som meget lille. I en sådan situation kan de socioøkonomiske konsekvenser være store i den pågældende lokalitet, men ubetydelige på regionalt/nationalt niveau.

Eventuelle kumulative effekter

Der er relativt store afstande mellem platformene i Mærsk Olie og Gas AS aktivitetsområde i Nordsøen, og da de beregnede potentielle påvirkningsafstande for udledningerne fra de enkelte platforme maksimalt er 4.000 meter for henholdsvis produceret vand og 3.000 meter for boreoperationer, vurderes der ikke at være risiko for kumulative effekter som følge af samtidige påvirkninger fra flere felter. Øvrige aktiviteter indenfor disse afstande af de nævnte udledninger, såsom skibstrafik er af kortere varighed og vurderes derfor ikke at have nogen betydelig kumulativ miljøeffekt.

Grænseoverskridende påvirkninger

Et stort olieudslip vil potentielt kunne have grænseoverskridende påvirkninger. Således vil olie kunne ramme norske, tyske og engelske kyster, dog med en meget lav sandsynlighed ($<1/320$ år) og olien vil have en meget lang drivtid med tilsvarende lavere skadepåvirkning pga. ændringer i oliens sammensætning. I forbindelse med et stort olieudslip er der risiko for, at olien spredes ind i det tyske Natura 2000 område "DE 1003-301 Doggerbank", der ligger umiddelbart syd for den danske sektor. Ved et stort udslip fra en platform i den sydlige del af Mærsk's aktivitetsområde, som beskrevet i DHI 2010, er der op til 68 % sandsynlighed for, at olien vil nå det nævnte Natura 2000 område. Udpegningsgrundlaget for det tyske Natura 2000 område er naturtype 1110 (sandbanker med lavvandet vedvarende dække af havvand) samt de to arter 1351 (marsvin) og 1365 (spættet sæl). Medmindre olien dispergeres med dispergeringsmidler forventes ingen eller kun en ringe del af den spildte olie at nå havbunden. Det forventes ikke, at en eventuel oliefilm på havoverfladen vil have konsekvenser for naturtype 1110. Det kan ikke udelukkes, at enkelte individer af marsvin og spættet sæl kan blive påvirket, hvilket dog ikke vil have målelige effekter på Nordsøbestandene.

Vurdering af langsigtede miljøeffekter

For at vurdere eventuelle langsigtede miljøeffekter forbundet med olie og gas produktionen, er de forventede emissioner for aktiviteterne i Nordsøen fremskrevet til 2040.

De langsigtede miljøeffekter vil, som følge af faldende emissioner, reduceres i forhold til i dag og vurderes således også på lang sigt at være meget begrænsede.

Konklusion

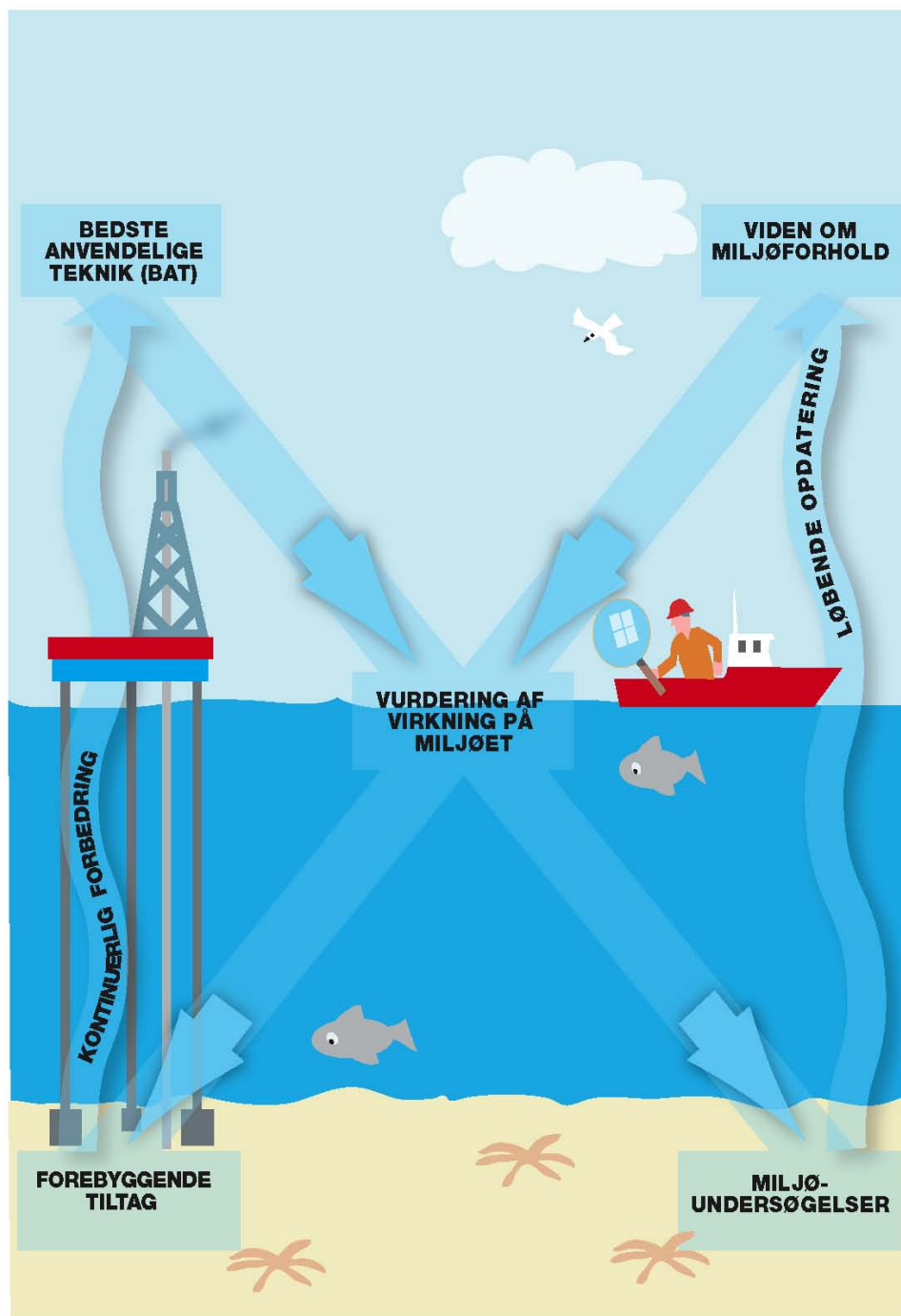
Det kan med baggrund i de foretagne miljøvurderinger konkluderes, at de planlagte aktiviteter med boring af brønde, etablering af anlæg, bortskaffelse af anlæg, udledninger til havet, emissioner til atmosfæren vurderes at medføre en begrænset belastning af miljøet. Eventuelle påvirkninger begrænser sig til områder umiddelbart omkring udledningspunkter og har ikke betydning for økosystemet i den centrale Nordsø.

Kun uplanlagte hændelser med meget lille sandsynlighed for at indtræffe – f.eks. et større oliespild - kan give en væsentlig, om end midlertidig, miljøpåvirkning i større afstand fra de eksisterende og planlagte installationer.

Mærsk Olie og Gas AS vil virke for, at arbejdet med at forbedre indvindingen fra udbygningerne vil fortsætte, samtidig med at den fortsatte drift og udbygning i perioden 2011 – 2015 tilrettelægges og udføres indenfor rammerne af nærværende vurdering, således at påvirkningerne af miljøet kan forventes at blive tilsvarende eller mindre end rammerne vurderet heri.

Hvor det skønnes relevant, vil Mærsk Olie og Gas AS iværksætte eller deltage i tiltag, som kan forebygge og/eller begrænse en eventuel påvirkning af miljøet.

Det er Mærsk Olie og Gas AS' langsigtede målsætning gennem anvendelse af principperne om BAT og BEP at sikre miljøet bedst muligt mod skadelige påvirkninger. Målet søges nået over tid gennem en prioriteret indsats med reduktion af udledninger af de til enhver tid mest skadelige stoffer. Løbende monitoring af miljøforhold skal samtidig verificere vurderingen af miljøpåvirkninger og sikre, at eventuelle uforudsete påvirkninger bliver detekteret.



INDHOLDSFORTEGNELSE

1.	INDLEDNING.....	6
1.1	Generelt	6
1.2	Gældende regler.....	8
1.3	Anden relevant national lovgivning.....	8
1.4	Natura 2000	9
1.5	Internationale aftaler.....	9
1.6	Eventuelle ændringer af gældende regler.	10
2.	KONCESSIONS- OG OPERATØRFORHOLD.....	11
3.	BESKRIVELSE AF UDBYGNINGERNE	12
3.1	Beliggenhed.....	12
3.2	Beskrivelse af reservoirerne	14
3.3	Generel beskrivelse af produktionsanlæggene	16
3.4	Beskrivelse af de enkelte behandlingsanlæg	21
3.5	Dan F	23
3.5.1	<i>Dan F behandlingscenteret.....</i>	<i>23</i>
3.5.2	<i>Bemandede satellitplatforme</i>	<i>26</i>
3.5.3	<i>Ubemandede satellitinstallationer</i>	<i>27</i>
3.5.4	<i>Rørledninger</i>	<i>28</i>
3.6	Halfdan	28
3.6.1	<i>Halfdan behandlingscenteret.....</i>	<i>28</i>
3.6.2	<i>Ubemandede satellitinstallationer</i>	<i>30</i>
3.6.3	<i>Rørledninger</i>	<i>31</i>
3.7	Gorm.....	32
3.7.1	<i>Gorm behandlingscenteret.....</i>	<i>32</i>
3.7.2	<i>Bemandede satellitplatforme</i>	<i>36</i>
3.7.3	<i>Ubemandede satellitinstallationer</i>	<i>36</i>
3.7.4	<i>Rørledninger</i>	<i>38</i>
3.8	Behandlingsanlæggene på Tyra.....	39
3.8.1	<i>Tyra Vest.....</i>	<i>39</i>
3.8.2	<i>Rørledninger</i>	<i>41</i>
3.8.3	<i>Tyra Øst</i>	<i>41</i>
3.8.4	<i>Bemandede satellitplatforme</i>	<i>44</i>
3.8.5	<i>Ubemandede satellitplatforme</i>	<i>46</i>
3.8.6	<i>Rørledninger</i>	<i>47</i>
3.9	Nye anlæg siden VVM2005	48
3.10	Olieeksportsystem	48
3.10.1	<i>Generelt</i>	<i>48</i>
3.10.2	<i>Udlastning offshore.....</i>	<i>48</i>
3.10.3	<i>Bøjeforankret lagertanker (FSO).....</i>	<i>49</i>

4.	BORING AF BRØNDE	52
4.1	Generel beskrivelse	52
4.2	Boret teknik	54
4.2.1	Brøndmønstre og brøndtyper	60
4.2.2	Fordeling af brøndtyper	64
4.3	Stimulering	65
4.3.1	Zonestimulering	66
4.3.2	CAJ Liner stimulering	67
4.3.3	Planlagt stimulering	67
4.4	Prøveproduktion	69
4.5	Udledninger	69
4.5.1	Boremudder	69
4.5.2	Borespåner ("cuttings")	71
4.5.3	Cement	72
4.5.4	"Brine"	73
4.5.5	Stimuleringsvæske	73
4.5.6	"Completion Fluid" (ibrugtagingsvæske)	74
4.5.7	Andre kemikalier	74
4.5.8	Prøveproduktion af brønde	74
4.5.9	Sikring af brønde mod udslip	74
5.	PRODUKTION OG INJEKTION.....	79
5.1	Forventet fremtidig produktion og injektion	79
5.2	Yderligere faciliteter	87
5.3	Demontering af faciliteter	88
6.	BESKRIVELSE AF DET OMGIVENDE MILJØ.....	89
6.1	Indledning	89
6.1.1	Afgrænsning af miljøvurderingsområdet	89
6.1.2	Videngrundlaget	89
6.2	Hydrografiske og meteorologiske forhold	91
6.2.1	Kyster	92
6.2.2	Dybder, bølgehøjder	92
6.2.3	Cirkulation	92
6.2.4	Strøm	93
6.2.5	Vind	93
6.2.6	Saltholdighed	93
6.2.7	Temperatur	94
6.2.8	Lagdeling og fronter	94
6.2.9	Nedbør	95
6.2.10	Ilt forhold	95
6.2.11	Næringssalte	95
6.3	Havbundsforhold	95
6.4	Bundfauna	96

6.4.1	<i>Bundfaunasamfund i Aktivitetsområdet</i>	96
6.5	Plankton	99
6.6	Blæksprutter	99
6.7	Fisk	100
6.7.1	<i>Fiskesamfund</i>	100
6.7.2	<i>Bestandenes tilstand</i>	108
6.7.3	<i>Gyde og opvækstpladser</i>	108
6.8	Havpattedyr	110
6.9	Fugle	111
6.10	Natura 2000 områder	113
6.11	Sammenfatning: Miljøet i Aktivitetsområdet	113
6.12	Socioøkonomiske forhold	115
7.	MILJØPÅVIRKNINGER AF DE PLANLAGTE AKTIVITETER	119
7.1	Fremgangsmåde ved miljøvurdering	119
7.2	Vurdering af mulige miljøeffekter i forbindelse med boringer	122
7.2.1	<i>Udledning af boremudder og borespåner</i>	122
7.2.2	<i>Udledning af restprodukter i forbindelse med brøndcementering</i>	126
7.2.3	<i>Stimulering og færdiggørelse af brønd</i>	127
7.2.4	<i>Prøveproduktion af brønd</i>	128
7.2.5	<i>Efterladelse af brønde</i>	129
7.3	Vurdering af mulige miljøeffekter som følge af produktionsaktiviteter	130
7.3.1	<i>Behandling af produceret olie, udledning af produktionsvand</i>	130
7.3.2	<i>Behandling af produceret gas</i>	134
7.3.3	<i>Indjektion af havvand og produceret vand</i>	135
7.4	Miljøpåvirkninger, som er fælles for bore- som produktionsaktiviteter	136
7.4.1	<i>Drænvand</i>	136
7.4.2	<i>Udledning af spildevand</i>	137
7.4.3	<i>Kraft produktion og transport</i>	137
7.4.4	<i>Generering af fast affald</i>	141
7.5	Anlæg og fysisk tilstedeværelse af offshore installationer	142
7.5.1	<i>Forstyrrelser af havbunden</i>	144
7.5.2	<i>Støj</i>	145
7.5.3	<i>Udledninger i forbindelse med trykprøvning af rørledninger</i>	153
7.5.4	<i>Sikkerheds- og beskyttelseszoner</i>	153
7.5.5	<i>Fysiske strukturer på havoverfladen</i>	154
7.6	Oliespild	156
7.7	Sammenfatning af miljøpåvirkninger	157
8.	BETYDNINGSFULDE MILJØPÅVIRKNINGER	160
8.1	Udledning af borespåner og boremudder	160
8.1.1	<i>Art og mængde af udledningerne</i>	160
8.1.2	<i>Påvirkning af havmiljøet</i>	161
8.2	Udledning af produktionsvand	166

8.2.1	Art og mængde af udledningerne	167
8.2.2	Påvirkning af havmiljøet.....	170
8.2.3	Forebyggende tiltag	172
8.3	Vurdering af miljøpåvirkninger i forhold til produktionsanlæggene.....	180
8.3.1	Dan F behandlingscenteret (alle Dan platforme).....	180
8.3.2	Dan satellitinstallationer - Kraka	183
8.3.3	Dan satellitinstallationer - Regnar	183
8.3.4	Dan satellitinstallationer - Alma.....	183
8.3.5	Halfdan behandlingscenteret	184
8.3.6	Halfdan satellitinstallationer – Halfdan Nordøst	186
8.3.7	Gorm behandlingscenteret.....	187
8.3.8	Gorm satellitinstallationer - Skjold.....	189
8.3.9	Gorm satellitinstallationer - Rolf.....	189
8.3.10	Gorm satellitinstallationer - Dagmar	189
8.3.11	Tyra behandlingscentret	190
8.3.12	Tyra satellitinstallationer - Tyra Sydøst	193
8.3.13	Tyra satellitinstallationer - Roar	193
8.3.14	Tyra satellitinstallationer - Valdemar Nord/Jens	194
8.3.15	Tyra satellitinstallationer – Harald/Lulita.....	195
8.3.16	Tyra satellitinstallationer - Svend.....	196
8.3.17	Tyra satellitinstallationer - Adda.....	197
8.3.18	Tyra satellitinstallationer - Elly.....	197
8.3.19	Tyra satellitinstallationer - Luke.....	198
8.3.20	Tyra satellitinstallationer - Freja	199
8.3.21	Tyra satellitinstallationer - Bo og Boje (Valdemar)	200
8.3.22	Andre nye prospekter/satellitinstallationer.....	200
8.4	Eventuelle kumulative effekter.....	201
8.5	Grænseoverskridende påvirkninger	201
9.	MILJØPÅVIRKNINGER FRA UFORUDSETE UDLEDNINGER.....	203
9.1	Kemikaliespild.....	203
9.2	Oliespildscenarier	203
9.2.1	Omfang og vurdering af småspild.....	204
9.3	Beskrivelse af spildt olie.....	204
9.3.1	Store olieudslip	208
9.3.2	Vurdering af anvendelse af simuleringen	211
9.3.3	Oliens spredning og nedbrydning på havet	212
9.3.4	Karakteristika ved råolierne	213
9.3.5	Olietypernes forskellige opførsel	213
9.3.6	Udbredelse af olie på overfladen og i vandsøjlen.....	214
9.4	Påvirkede naturressourcer.....	215
9.5	Påvirkninger af dyrelive	217
9.5.1	Påvirkning af havfugle.....	217
9.5.2	Betydning af områderne.....	221

9.5.3	<i>Påvirkninger af vandlevende organismer</i>	223
9.5.4	<i>Fiskeyngel og æg</i>	225
9.5.5	<i>Planteplankton</i>	225
9.5.6	<i>Dyreplankton</i>	226
9.5.7	<i>Bundlevende organismer</i>	226
9.5.8	<i>Havpattedyr</i>	227
9.6	Socioøkonomiske konsekvenser	227
9.6.1	<i>Kystfiskeri og havbrug</i>	228
9.6.2	<i>Havfiskeri</i>	228
9.6.3	<i>Turisme</i>	228
9.7	Grænseoverskridende påvirkninger	228
9.8	Forhold, der kan begrænse virkningerne af et oliespild	229
9.8.1	<i>Olieberedskab</i>	229
10.	VURDERING AF LANGSIGTEDE MILJØEFFEKTER	230
11.	KONTROLSYSTEMER	234
11.1	Miljøsikring	234
11.2	Kontrol og indberetning af kemikalieforbrug og udledning samt emissioner	237
11.3	Miljøvurdering af kemikalier	238
11.4	Energiledelsessystem	239
11.5	Overvågning af natur og miljøforhold	239
12.	DATAKVALITET, TEKNISKE MANGLER OG MANGLENDE VIDEN	241
12.1	Behandlede emner	241
12.2	Miljøvurdering	241
12.2.1	<i>Beskrivelse af det omgivende miljø</i>	241
12.2.2	<i>Miljøpåvirkninger i forbindelse med de planlagte aktiviteter</i>	242
12.2.3	<i>Miljøeffektvurderinger</i>	243
12.2.4	<i>Modellering af aflejringer på havbunden</i>	244
12.2.5	<i>Kort- og langtidseffekter</i>	244
12.2.6	<i>Miljøpåvirkninger i forbindelse med uheldssituationer</i>	245
12.3	Socioøkonomisk vurdering	245
13.	REFERENCER	246

1. INDLEDNING

1.1 Generelt

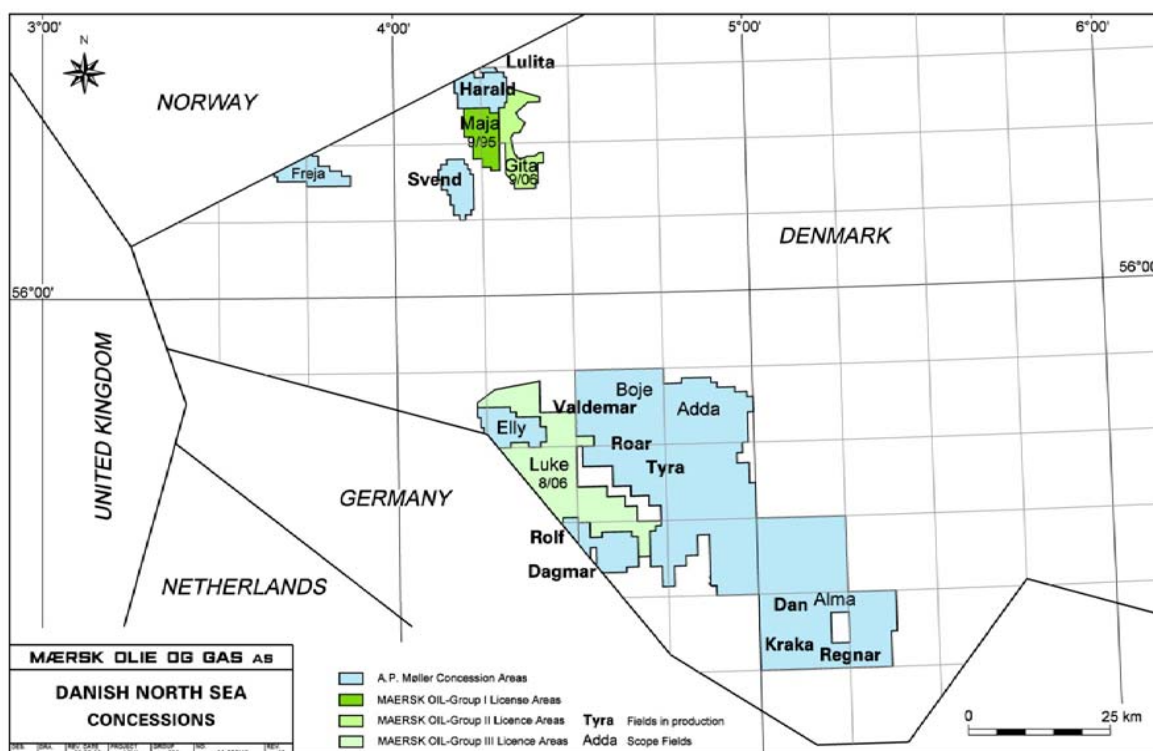
I 1999 udsendtes miljøredegørelsen ”Vurdering af virkningen på miljøet fra yderligere brønde, juni 1999” (VVM 1999) for de af Mærsk Olie og Gas AS opererede områder i Centralgravsområdet i Nordsøen for perioden til 2006. Efterfølgende viste fundet af Halfdan samt yderligere studier, at tidligere antagelser om, at reservoirerne under de enkelte felter var adskilte, ikke var korrekte. Dette gav anledning til opjustering af indvindingspotentialet i det centrale område, og i 2001 blev VVM 1999 suppleret med ”Vurdering af virkningen på miljøet ved udbygning af Halfdan området - april 2001” (VVM 2001).

VVM 1999 omfattede boring af op til 69 brønde, hvoraf 4 var antaget at være efterforskningsbrønde med øget prøveproduktion. VVM 2001 omfattede yderligere boring af op til 80 brønde i området i og omkring Halfdan. Samlet omfatter de to VVM'er således 145 udbygningsbrønde, hvoraf 26 brønde fra VVM 1999 og de 80 brønde fra VVM 2001 er henført til området i og omkring Halfdan. Ved udgangen af 2004 var der boret 131 brønde i forbindelse med udbygninger med reference til nævnte miljøredegørelser. VVM 2005, som lå i umiddelbar forlængelse af VVM 1999 og VVM 2001, omfattede yderligere boring af op til 151 nye produktions- og injektionsbrønde. Til denne miljøvurdering blev der i forbindelse med Halfdan Fase 4 udbygningplanen lavet et tillæg dækkende 8 yderligere brønde, installation af HBD proces platformen og ændring af for de eksisterende platforme (HBA og HBB) fra ubemandet til bemanded status. Ved udgangen af 2010 forventes der boret 90 brønde i forbindelse med udbygningerne omtalt i VVM 2005. De udestående boringer er ikke fundet rentable og dermed blevet udskudt eller opgivet.

Mærsk Olie og Gas AS forudser fortsat drift af eksisterende anlæg og videreudbygninger i de opererede områder i Nordsøen for at forbedre indvindingen af olie og for at opfylde indgåede kontrakter vedrørende salg af gas. Det forventes, at aktivitetsniveauet vil fortsætte nogenlunde på niveau med tidligere år, hvilket svarer til, at der i femårsperioden 2011 - 2015 vil være behov for at bore op til 150 nye produktions- og injektionsbrønde i de af Mærsk Olie og Gas AS opererede områder.

Nærværende ”Vurdering af Virkningen på Miljøet (VVM), juni 2010” (VVM 2010) omfatter disse aktiviteter. VVM 2010 ligger således i forlængelse af VVM 2005 som udgår, når VVM 2010 træder i kraft.

VVM 2010 dækker som de øvrige VVM'er de af Mærsk Olie og Gas AS opererede koncessions- og licensområder i Centralgravsområdet af Nordsøen beliggende vest for 6 grader og 15 sekunder østlig længdegrad af den danske del af Nordsøen. Dette Aktivitetsområde fremgår af Figur 1.1.



Figur 1.1 Maersk koncessionskort

Vurderingen omfatter boring af yderligere brønde, ændringer af eksisterende anlæg, tilføjelse af nye anlæg og drift af både eksisterende og nye brønde og anlæg. Dermed opnås et helhedsoverblik som sikrer, at de samlede påvirkninger af miljøet kendes og vurderes. Samtidig giver det mulighed for at prioritere indsatsen fremover for at begrænse påvirkningen af miljøet.

Der er også medtaget vurdering af mulige miljøkonsekvenser af uforudsete udledninger under boring og drift.

Som ansvarlig operatør er det Mærsk Olie og Gas AS' langsigtede målsætning gennem anvendelse af principperne om "Best Available Technology" (BAT) og "Best Environmental Practices" (BEP) at sikre miljøet bedst muligt mod skadelige påvirkninger. Målet søges nået over tid gennem en prioriteret indsats med reduktion af udledninger af de til enhver tid mest skadelige stoffer.

I øjeblikket pågår der for at sikre miljøet bedst muligt en lang række initiativer for reduktion af flaring, VOC emission, NO_x emission, energiforbrug, røde/gule kemikalier samt udledning af dispergeret olie.

Det er i vurderingen af mulige udvidelser af anlæg antaget, at der anvendes teknologi svarende til minimum den anvendte i de nuværende anlæg. Det er hensigten til enhver tid at anvende den bedste til rådighed værende, praktisk anvendelige teknologi således, at fremtidige anlæg miljømæssigt vil være lige så gode eller bedre end eksisterende anlæg. Dette medfører, at nogle af vurderingerne må anses for at give et for pessimistisk billede af påvirkningerne af miljøet.

Anlæggene planlægges bortskaffet, når der ikke mere er anvendelse for dem, og demonteringen vil blive udført i henhold til relevante nationale og internationale forskrifter. I de senere år er andre operatører begyndt at demontere udtjente anlæg, og der gøres en del erfaringer hermed. Mærsk Olie og Gas AS følger udviklingen og vil til sin tid, hvor relevant, benytte den viden og erfaring, der oparbejdes. Der planlægges i perioden 2011 – 2015 demontering af enkelte anlæg. Nogle brønde forventes permanent nedlukket (dekommissioneret) og få andre genboret.

Flere projekter med tilpasning af anlæggene til de fremtidige behov vurderes i øjeblikket, hvilket kan resultere i en reduktion af installationer, udstyr og bemanning offshore og dermed også en reduktion i påvirkningen af miljøet. Længst fremme i planlægningen er vurderingen af Tyra Øst som forventes effektueret i 2014/15. Hvorledes en evt. fjernelse af installationer vil foregå er ikke endeligt fastlagt på nuværende tidspunkt, men der forventes ikke være nogen nævneværdig påvirkning af miljøet i den forbindelse.

VVM 2010 dækker aktiviteter over en femårsperiode. Opstår der undervejs væsentlig ny viden, som vurderes at kunne påvirke beslutninger relateret til VVM 2010, eller ændres aktivitetsplanerne, således at aktiviteterne ikke med rimelighed kan indeholdes inden for VVM 2010's rammer, er det hensigten at opdatere eller supplere vurderingen.

1.2 Gældende regler

Kravet om at udarbejde en VVM-redegørelse for kommerciel indvinding af olie og naturgas på havområdet er baseret på EU's VVM-direktiv (85/337/EØF). Direktivet er for offshoreaktiviteters vedkommende implementeret i dansk lov via Undergrundsløven (Lovbekendtgørelse nr. 889 af 04/07/2007), § 28 a og den dertil hørende Bekendtgørelse nr. 359 af 25/03/2010 om VVM, konsekvensvurdering vedrørende internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter ved projekter om kulbrinteindvinding, rørledninger, m.v. på søterritoriet og kontinentalsoklen.

Energistyrelsen er den ansvarlige myndighed.

1.3 Anden relevant national lovgivning

Lov om ændring af visse miljølove (Lov nr. 447 af 31/4/2000), §3 som ændrer Havmiljøloven til at indeholde regler om indsigelsesret for offentligheden ved implementering af nye virksomheder eller væsentlige ændringer af en virksomhed.

Lov om CO₂-kvoter (Lovbekendtgørelse nr. 348 af 09/05/2008) om reduktion af udledningen af drivhusgasser.

Havmiljøloven (Bekendtgørelse af lov om beskyttelse af havmiljøet nr. 929 af 24/09/2009). Den tilhørende Bekendtgørelse nr. 394 af 17/07/1984 om udledning i havet af stoffer og materialer fra visse havanlæg specificerer, hvilken information der kræves for at opnå udledningstilladelser og Bekendtgørelse nr. 508 af 18/06/2005 om forebyggelse af luftforurening fra skibe og platforme regulerer emissioner til atmosfæren. I henhold til bekendtgørelsen må der ikke udledes stoffer og materialer til havet uden tilladelse fra Miljøstyrelsen. Bekendtgørelsen foreskriver formen og indholdet af den nødvendige udledningsansøgning.

Andre relevante bekendtgørelser under Lov om beskyttelse af Havmiljøet (Havmiljøloven) er:

- Bekendtgørelse nr. 573 af 18. juni 2008 om indberetning i henhold til lov om beskyttelse af havmiljøet.
- Bekendtgørelse nr. 395 af 17. juli 1984 om beredskab i tilfælde af forurening af havet fra visse havanlæg.

Begge bekendtgørelser omhandler håndtering af oliespildssituationer.

Havstrategidirektivet 2008/56/EF af 17/06/2008 er implementeret i dansk ret ved Lov om Havstrategi (Lov nr. 522 af 26/5/2010). Heri beskrives reglerne for fastlæggelse af god miljøstandard i form af 11 deskriptorer, der som første led i implementeringen skal fastlægges af myndigheden senest 15. juli 2012.

1.4 Natura 2000

I 1979 vedtog EU-landene *EF-fuglebeskyttelsesdirektivet* med det formål at sikre levesteder for udvalgte fuglearter. I 1992 blev *EF-habitatdirektivet* vedtaget med det formål at sikre den biologiske mangfoldighed i form af bestemte naturtyper og beskyttelseskrævende arter udover fugle. Disse to direktiver betegnes i forvaltningen samlet som *Natura 2000*. Natura 2000-direktiverne er implementeret i dansk lov bl.a. gennem bestemmelser i *Miljømålsloven*, *Skovloven* og *Naturbeskyttelsesloven*.

EF-habitatdirektivet kræver, at det forud for enhver beslutning om en aktivitet i et Natura 2000-område skal dokumenteres, at den pågældende aktivitet ikke medfører negativ indvirkning på den gunstige bevaringsstatus for de arter eller naturtyper, der indgår i udpegningsgrundlaget, eller påvirker områdets integritet i negativ retning. Dokumentation gælder både påvirkninger af den aktuelle bevaringsstatus for arter og naturtyper samt muligheden for opnåelse af gunstig bevaringsstatus ved forskellige tiltag. Aktiviteter som foregår udenfor området og som har en negativ indvirkning på biologiske forhold inde i Natura 2000-området skal også afværges.

I Danmark er der udpeget 113 fuglebeskyttelsesområder og 254 habitatområder som led i de internationale forpligtelser i forhold til direktivet. Der er ingen Natura 2000 områder udpeget på dansk territorium i umiddelbar nærhed af Mærsk Olie og Gas AS' aktivitetsområder.

1.5 Internationale aftaler

Havmiljøloven og tilhørende bekendtgørelser giver vide rammer til miljøministeren eller hans bemyndigede, i de fleste tilfælde Miljøstyrelsen, til at fastsætte nærmere bestemmelser for lovens håndhævelse. Administrationen af bekendtgørelserne sker bl.a. under hensyntagen til en række internationale aftaler og konventioner, som Danmark har tilsluttet sig.

I OSlo og PARis Konventionen (Konventionen for beskyttelse af det marine miljø i Nordøstatlanten), i daglig tale forkortet til OSPAR, er der vedtaget en række anbefalinger og beslutninger, der bl.a. pålægger medlemslandene følgende:

- At stille nærmere bestemte krav til udledninger fra offshoreaktiviteter. Fra udgangen af 2006 har kravene for henholdsvis mængden af dispergeret olie i udledt produceret vand været 30 mg/l som månedligt gennemsnit og 85 % af niveauet for den totale mængde olie udledt til havet med produceret vand i 2000.
- At rapportere om anvendelse og udledning af produkter og kemikalier offshore.
- At sørge for at produkter og kemikalier, der anvendes offshore, er vurderet med hensyn til deres miljømæssige virkninger.
- At operatørerne skal anvende "Bedst Tilgængelig Teknik" (Best Available Technology, BAT) og "Bedste Miljømæssig Praksis" (Best Environmental Practice, BEP), under iagttagelse af forsigtighedsprincippet, i deres bestræbelse på at reducere eventuelle påvirkninger på miljøet.
- Målet for år 2020 er, at udledning af produceret vand ikke giver anledning til uønskede effekter i havmiljøet.

NEC direktivet 2011/81/EF af 23 oktober 2001 om nationale emissionslofter for visse forurenende stoffer, herunder Svovldioxid (SO₂), Nitrogenoxider (NO_x), flygtige organiske forbindelser (VOC), samt ammoniak (NH₃).

1.6 Eventuelle ændringer af gældende regler.

Mærsk Olie og Gas AS er opmærksom på, at der kan forventes ændrede grænseværdier for SO₂, NO_x, VOC og NH₃ under NEC direktivet, samt et nyt regelsæt for vurdering af udledning af produceret vand. De forventede ændringer er endnu ikke klar defineret, og derfor ikke inkluderet i denne VVM. Mærsk Olie og Gas AS forholder sig løbende til internationale og nationale forpligtigelser og forventer at disse vil indgå i handlingsplaner med de relevante myndigheder om løbende miljø forbedringer. På nuværende tidspunkt foreligger der følgende handlingsplaner:

- Handlingsplan for en mere energi-effektiv indvending af olie og gas i Nordsøen.
- Handlingsplan for beskyttelse af miljøet i forbindelse med olie- og gasoperatørernes aktiviteter i den danske del af Nordsøen 2009.

Desuden er der aktiviteter relateret til rationaliseringsprojekter på Tyra, Dan og Gorm, samt relateret til CO₂ injektion.

2. KONCESSIONS- OG OPERATØRFORHOLD

Koncessionsområdet under A.P. Møllers Eneretsbevilling af 8. juli 1962 udgøres af "Det Sammenhængende Område" bestående af de danske offshore blokke 5504/7, 8, 11, 12, 15 og 16 samt 5505/13, 17 og 18, samt af Harald-feltafgrænsningen i blokkene 5604/21 og 22, Freja-feltafgrænsningen i blokkene 5603/27 og 28, Svend-feltafgrænsningen i blok 5604/25, Elly-feltafgrænsningen i blokkene 5504/5 og 6 samt Rolf-feltafgrænsningen i blokkene 5504/10 og 14 uden for "Det Sammenhængende Område". Felterne under Eneretsbevillingen udvikles af Dansk Undergrunds Consortium (DUC), et partnerskab etableret mellem A.P. Møller (39 %), Shell (46 %) og Chevron (15 %) med henblik på gennemførelse af aktiviteter under Eneretsbevillingen. Derudover er A.P. Møller rettighedshaver sammen med Shell, Chevron og DONG i tilladelse 9/95 (Maja) og tilladelse 5/99 (Kraka udvidelse), hvor Mærsk Olie og Gas AS er operatør. Fra 2012 vil partnerskabet bestå af A.P. Møller (31.2 %), Shell (36.8 %), Chevron (12 %) og den danske stat (20 %)

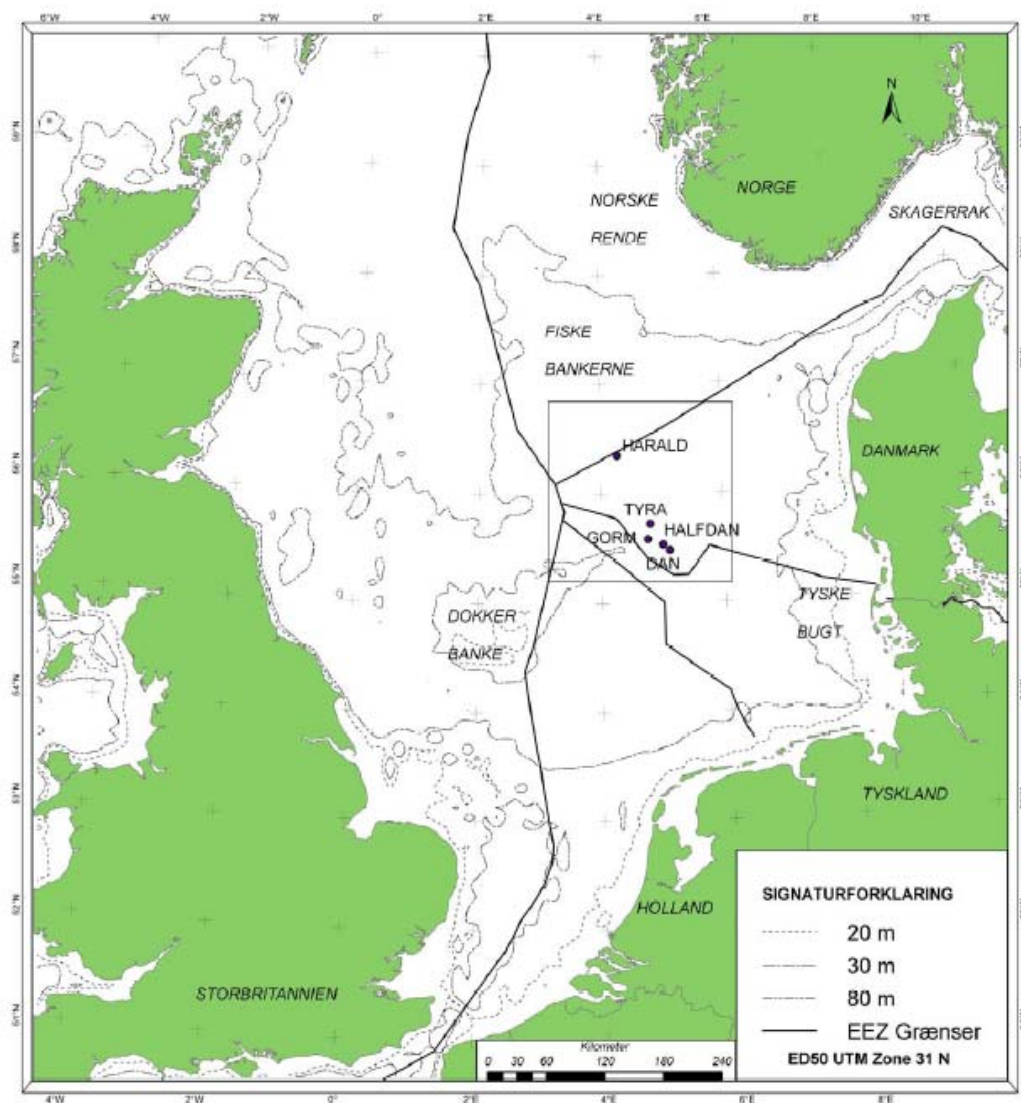
Endvidere er Mærsk Olie og Gas AS operatør for det samlede Lulitafelt, der dels er beliggende inden for Harald-feltafgrænsningen, dels er beliggende i tilladelserne 1/90 og 7/86, hvori også deltager firmaer uden for DUC. Luke 1-X (Licens 8/06) blev boret i 2009 med 23 % DUC ejerandel og Mærsk Olie og Gas AS som operatør. Desuden forventes desuden Trym feltet sat i drift i 2010 med Mærsk Olie og Gas AS operatør og DONG E&P Norge samt Bayerngas Norge som rettighedshavere. A.P. Møllers og DUC's nuværende tilladelsesområder fremgår af figur 1.1.

I løbet af femårsperioden for aktiviteterne under VVM 2010 vil ændringer af koncessionsforhold og licenser, herunder eventuelt tilføjelse af yderligere licenser for A.P. Møller og/eller DUC partnerne kunne ske. VVM 2010 forventes ikke påvirket heraf under forudsætning af at operatør og aktivitetsområde, som defineret i Kapitel 1, består.

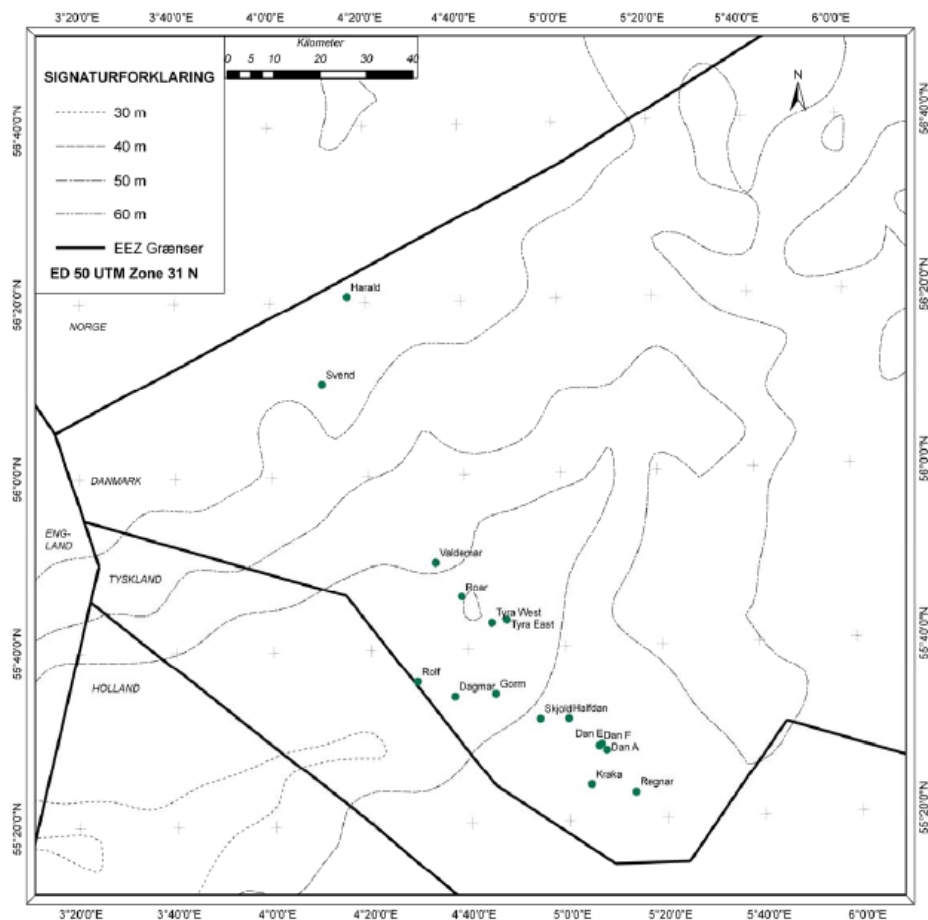
3. BESKRIVELSE AF UDBYGNINGERNE

3.1 Beliggenhed

Udbygninger drevet af Mærsk Olie og Gas AS findes alle i Centralgravsområdet af Nordsøen ca. 220 km vest for Esbjerg (se Figur 3.1 og 3.2). Området betegnes Aktivitetsområdet.



Figur 3.1 Området der indgår i beskrivelsen af denne rapport. Aktivitetsområdet er markeret med firkant.



Figur 3.2 Mærsk Aktivitetsområdet.

Eksisterende udbygninger blev idriftsat fra 1972 og fremover. I tabellen nedenfor er angivet første idriftsættelse af et felt. De fleste felter har siden været omfattet af en eller flere videreudbygninger.

	Første idriftsættelse
Dan	1972
Gorm	1981
Skjold	1982
Tyra	1984
Rolf	1986
Kraka	1991
Dagmar	1991
Regnar	1993
Valdemar	1993
Roar	1996
Svend	1996
Harald	1997
Lulita	1998
Halfdan	2000
Tyra Sydøst	2002
Halfdan Nordøst	2004

I perioden 2011-2015 kan idriftsættelse af nedenstående felter blive aktuel:

	Muligt idriftsættelses-tidspunkt
Trym	2010
Alma	2011
Valdemar Boje	2011
Adda*)	2013
Elly	2013
Luke	2014
Freja	Endnu ikke fastlagt
Hejre	Endnu ikke fastlagt
Lucy	Endnu ikke fastlagt
Valdemar Bo Syd	Endnu ikke fastlagt

* forventes sat i drift i 2010 via TEB-23, mens en satellitudbygning tidligst forventes i 2013.

Mulig produktion fra felterne er omtalt i sektion 5.1.

3.2 Beskrivelse af reservoirerne

De fleste af de af Mærsk Olie og Gas AS drevne felter er kalkreservoirer beliggende i en dybde af omkring 1.500 m til 2.500 m. Kalkreservoirerne er typisk fra Danien og Maastrichtien perioden. Sammenlignet med de i den øvrige Nordsø typisk forekommende sandstensreservoirer, har kalkreservoirerne en ringe gennemtrængelighed (permeabilitet). Det betyder, at det er nødvendigt at bore relativt mange brønde i felterne. Ved udvikling og indførelse af følgende nye teknologier er det gradvist lykkedes Mærsk Olie og Gas AS at forbedre indvindingsgraden fra reservoirerne:

- lange, horisontale brønde
- anvendelse af vandinjektion
- Perforate, Stimulate and Isolate (PSI)
- Fracture Aligned Sweep Technology (FAST)
- Controlled Acid Jetting (CAJ)

Enkelte felter, fortrinsvis beliggende i den nordlige del af aktivitetsområdet (Harald Vest og Lulita) samt endnu ikke udbyggede Freja, Elly og Alma er jurassiske sandstensreservoirer.

Reservoirerne indeholder forskellige mængder og blandinger af olie og gas. Følgende er fortrinsvis olieletter: Dan, Regnar, Kraka, Halfdan, Skjold, Gorm, Rolf, Dagmar, Valdemar, Svend, Freja og Lulita, mens andre fortrinsvis er gasletter: Alma, Halfdan Nordøst, Tyra Sydøst, Tyra, Roar, Elly, Harald, Adda og Boje. Produktionen fra alle felterne er en blanding af olie, gas og vand. Under kulbrinterne i reservoirerne findes normalt vandførende lag. Det ligger derfor i felternes natur, at produktionens sammensætning ændrer sig over tid. Efter et indledende højere produktionsniveau vil olie- og gasproduktionen gradvist falde over en længere tid samtidigt med, at vandproduktio-

nen fra de vandførende lag og fra mulig vandinjektion vil stige. Således forventes vandmængden til sidst at kunne udgøre mere end 90 % af den samlede produktion fra en brønd. Da vand er tungere end olie og gas, tilføjes gas ofte til væskesøjlen i brønden for at gøre denne lettere således at produktionen kan løftes til overfladen. Dette behov forstærkes yderligere af, at trykket i reservoirerne samtidig falder over tid.

Udbygningerne er opbygget således, at behandling af produktionen fortrinsvist foregår centralt på fem behandlingscentre. Dan, Halfdan og Gorm behandler olieproduktion væsentligst fra felterne selv og fra satellitudbygningerne. Olien har typisk en massefylde på omkring 860 kg/m^3 og har et gasindhold på typisk omkring $100 \text{ (Nm}^3 \text{ gas pr. m}^3 \text{ olie)}$. CO_2 -indholdet er typisk omkring 1 %, men de nye felter Elly og Luke har et betydelige højere indhold. Bortset fra Dagmar er der ingen felter med væsentligt indhold af naturligt forekommende H_2S . Tyra Øst og Vest centrene behandler især gas fra Tyra, Tyra Sydøst, Roar, Halfdan Nordøst og Harald Øst og Vest og olie fra Valdemar, Svend og Lulita. Der er dog også produktion af olie fra flanken af Tyra og Tyra Sydøst. Gas fra Tyra, Tyra Sydøst og Roar er relativ tør med et kondensat-gasforhold på omkring $250 \text{ (m}^3 \text{ pr. mio. Nm}^3\text{)}$. Kondensat fra Tyra og Roar har en massefylde på omkring 760 kg/m^3 .

Harald Øst kalkreservoir indeholder en væsentligt rigere gas (med større indhold af tunge kulbrintekomponenter) end gassen fra Tyra og Roar. Harald Øst gassen har således et kondensat-gasforhold på omkring $600 \text{ (m}^3 \text{ pr. mio. Nm}^3\text{)}$. Det jurassiske sandstensreservoir Harald Vest har ligeledes en rig gas med et kondensat-gasforhold på omkring $400 \text{ (m}^3 \text{ pr. mio. Nm}^3\text{)}$. Harald Vest kondensat og olie fra Lulita er meget voksholdig med en massefylde på omkring 860 kg/m^3 og et gas-olieforhold på omkring $300 \text{ (Nm}^3 \text{ pr. m}^3\text{)}$. Harald Øst, Harald Vest og Lulita har et CO_2 indhold på omkring 3 % og et lille naturligt indhold af H_2S .

Dagmar feltet er det højest beliggende reservoir i det danske sokkelområde i en dybde på 1.200-1.300 m.

Som anført i afsnit 3.1 har en del af felterne nu været i produktion i mange år. Som en naturlig konsekvens heraf er vandproduktionen blevet høj og stiger fortsat. Injektion af vand har været anvendt i en årrække i Skjold, Gorm, Dan og Halfdan for at forbedre indvindingen af olie. Det injicerede vand er fortrinsvist rensat havvand; kun på Gorm og Skjold injiceres også produceret vand. I 2010 er der dog planlagt en test med nedpumpning af produceret vand i første omgang 2 Dan brønde.

På grund af naturligt forekommende urenheder i havvand har injektion heraf resulteret i vækst af sulfatreducerende bakterier (SRB) og dannelse af H_2S i reservoirerne. H_2S er observeret i Skjold, Gorm og Dan. H_2S dannelsen har været mest udpræget i det stærkt opsprækkede Skjold reservoir, noget mindre i det mindre opsprækkede Gorm reservoir og væsentlig mindre i det lidt opsprækkede Dan reservoir. Der er endnu ikke målt væsentlig H_2S dannelse i Halfdan.

Typisk H_2S produktion for felter, som har udviklet H_2S er:

- Skjold 610 kg/dag
- Gorm 480 kg/dag
- Dan 730 kg/dag
- Halfdan 150 kg/dag

Typisk naturligt forekommende H₂S produktion fra de øvrige felter:

- Dagmar*) 0 kg/dag
- Lulita 1 kg/dag
- Harald Øst 4 kg/dag
- Harald Vest 19 kg/dag

*) Dagmar producerer ikke i øjeblikket.

I Tyra reinjiceres gas for at øge indvindingen af olie/kondensat. Også i Gorm feltet kan gas reinjiceres, men gasreinjektion foretages normalt ikke, da vandinjektion skønnes mere effektiv.

3.3 Generel beskrivelse af produktionsanlæggene

Produktionen fra brøndene må behandles før eksport til land. Produktionen skal separeres i gas, olie og vand. Gassen dehydreres, behandles for kulbrintedugpunkt og komprimeres. Olie stabiliseres ved sænkning af trykket, så der sker en afgangning. Vandet renses (jf. afsnit 8.2.3) før udledning.

Udbygningerne er på vanddybder fra 33 m til omkring 65 m. Vanddybden er omkring 40-45 m i Dan, Halfdan, Gorm og Tyra og stiger til 65 m ved Harald. På disse vanddybder kan brønde bores ved brug af mobile jack-up borerigge i stedet for at anvende platformbaserede eller semi-submersible borerigge, som normalt anvendes i den britiske og norske del af Nordsøen, hvor vanddybden er større. Jack-up borerigge står midlertidigt på havbunden ved platformene, mens der bores.

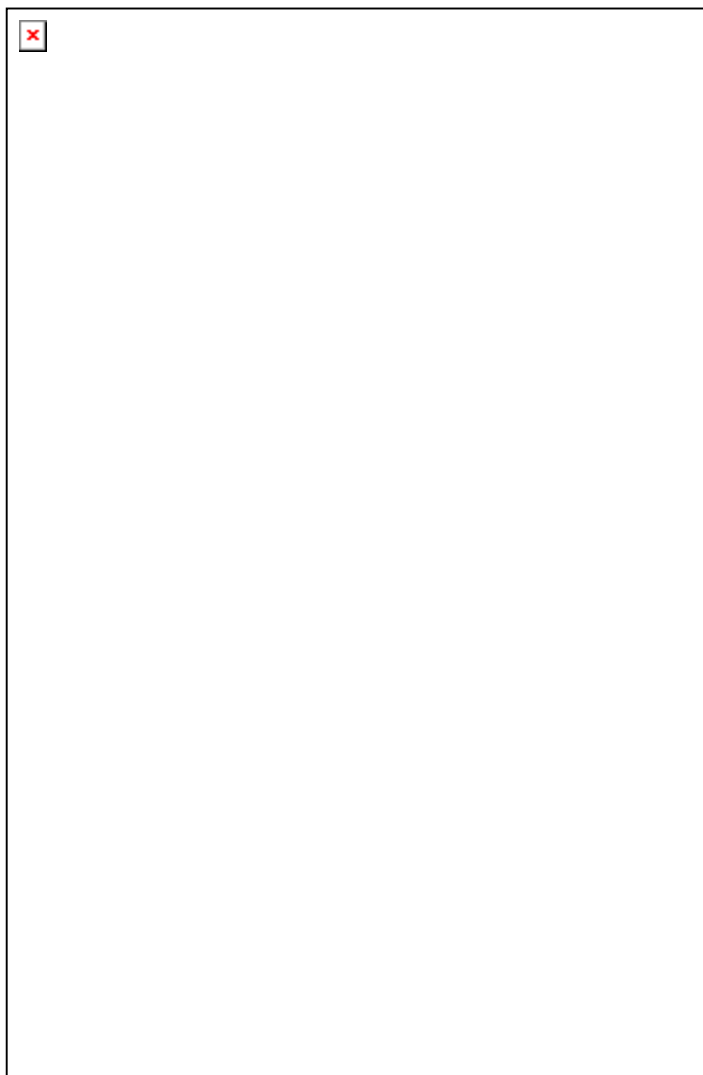
Alle øvrige anlæg er placeret på platforme, der er fastgjort til havbunden. Platformene understøtter:

- brøndstyr, hvor igennem brønde bores
- behandlingsanlæg til olie, gas og vand
- gasafbrændingstårne
- beboelse
- broer med rørforbindelser mellem nærtstående platforme
- stigrør forbundet til undervandsrørledninger med forbindelse til fjerne platforme eller land.

Anlæggene omfatter udstyr til produktionsbehandling, samt hjælpeudstyr såsom nød-nedlukningssystem, nødnedblæsningssystem, brand- og gasdetektionssystem, brand-vandssystem m.m.

Platformene er udført som gitter-konstruktioner af stål med rørformede elementer, som har et gunstigt forhold mellem styrke og lastmodstand fra bølgepåvirkningen. Platformene forankres typisk i havbunden med stålpæle, som rammes ned i havbunden.

Behandlingsudstyr og beboelse anbringes på platformen over bølgerne. Figur 3.3 viser en STAR type platform med funderingspæle, som er udviklet af Mærsk Olie og Gas AS til anvendelse specielt på satellitfelter.

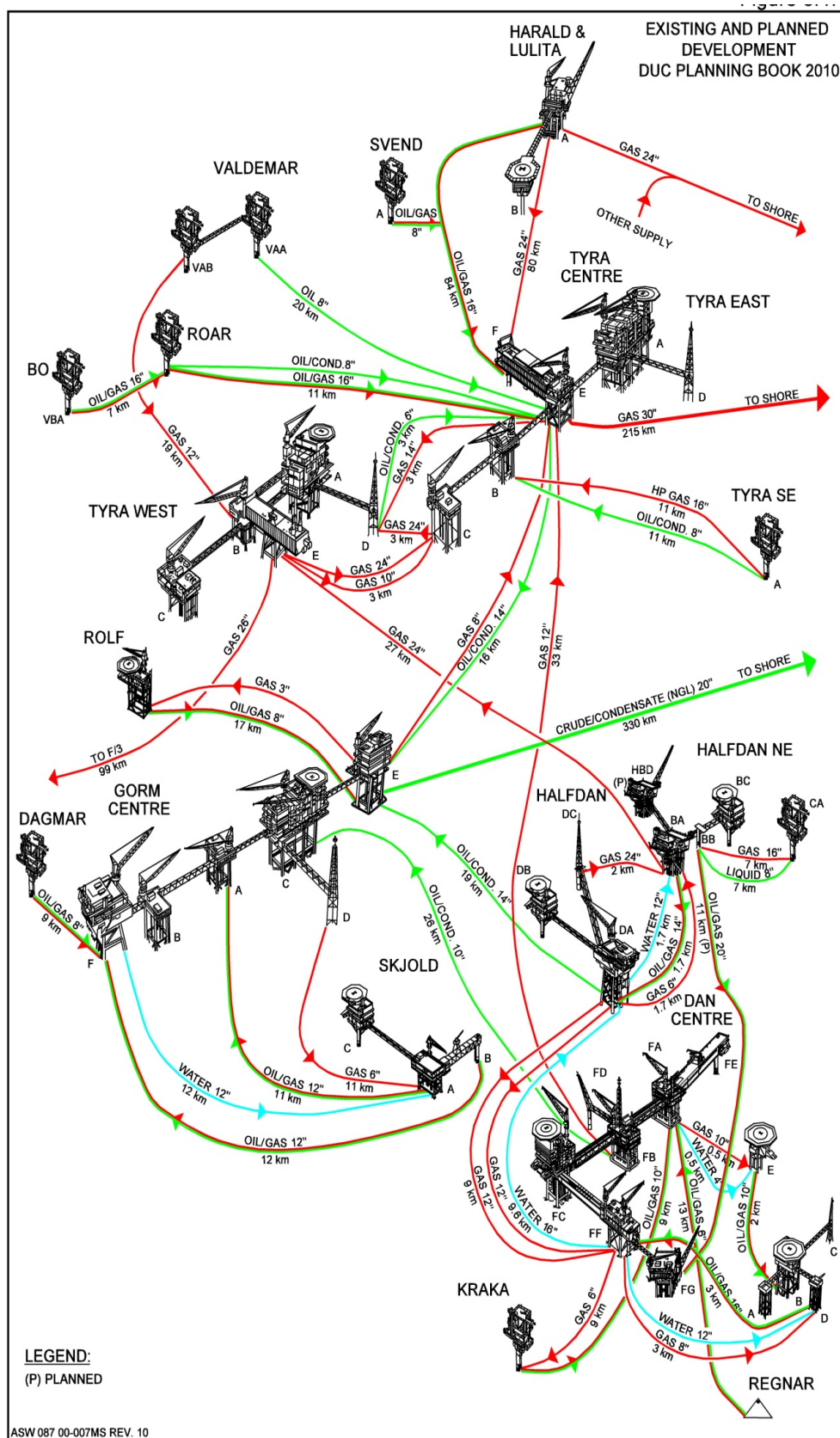


Figur 3.3 STAR platform

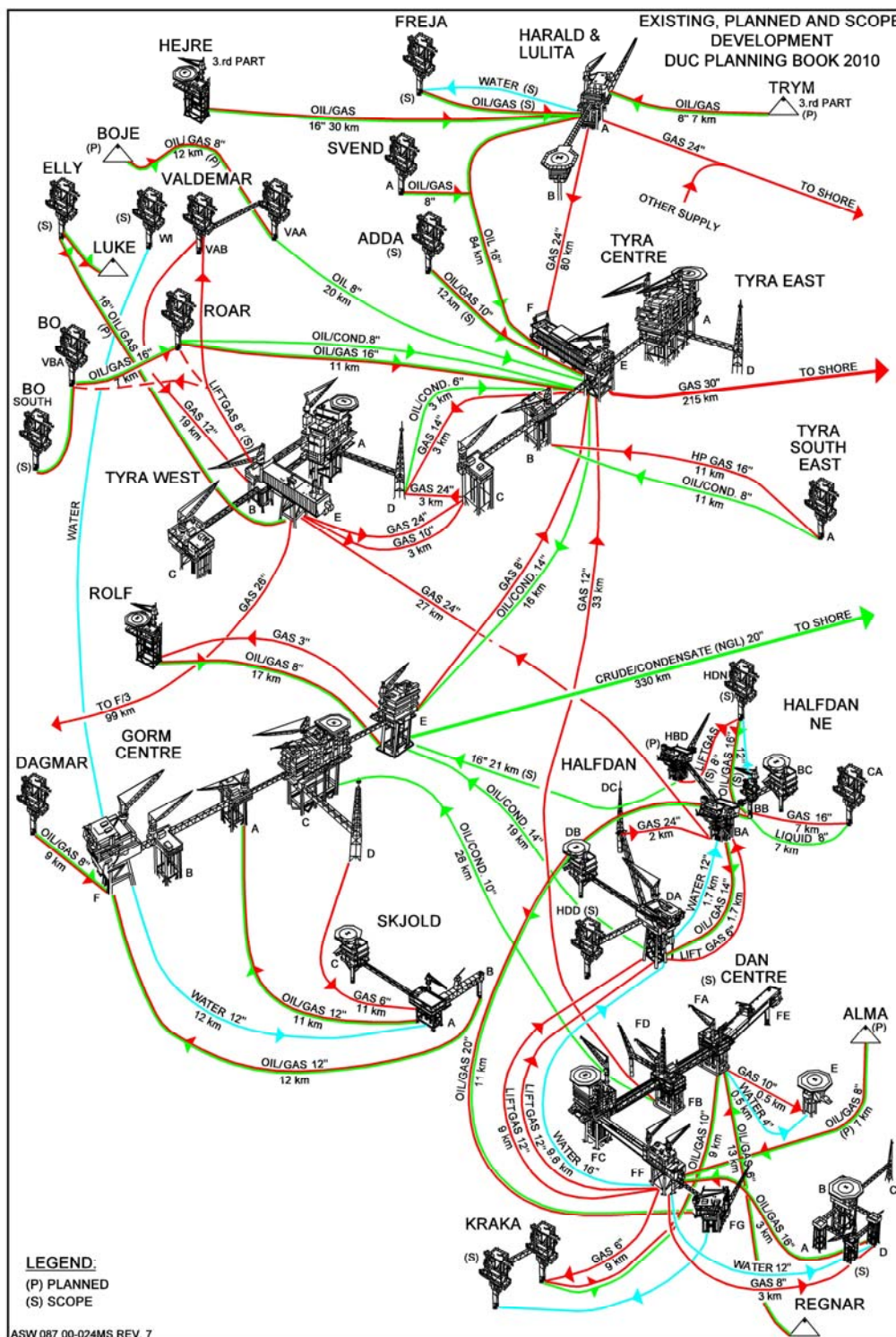
Platformene beskyttes i bølgezonen og derover mod korrosion med et malingssystem, medens beskyttelsen mod korrosion under vandet normalt sker ved en katodisk beskyttelse bestående af offeranoder og evt. maling.

For nuværende eksisterer en enkelte undervandsudbygning. Det er Regnar, hvor der produceres til Dan anlægget fra et brøndhoved placeret på havbunden.

En oversigt over de eksisterende og planlagte felter er vist på Figur 3.4, mens potentielt fremtidige felter på Figur 3.5.



Figur 3.4 Oversigt over eksisterende samt planlagte felter.



Figur 3.5 Oversigt over eksisterende, planlagte samt potentielt fremtidige felter.

I nærværende vurdering er det antaget, at nye platforme ligeledes bygges som stålgi-ter-konstruktioner eller som undervandsudbygninger. Det er muligt i stedet at anvende

jernbetonplatforme, for eksempel som sænkekonstruktioner. Jernbeton er dog ikke fundet hensigtsmæssig på de relativt lave vanddybder i aktivitetsområdet. På tilsvarende vanddybder i andre dele af Nordsøen anvendes ligeledes stål.

Undervandsrørledninger transporterer produktionen mellem platforme og til land. Enten transporteres produktionen ubehandlet (multifase), delvis behandlet (f.eks. væske, våd gas, gas ved lavt tryk) eller færdigbehandlet (stabiliseret råolie, løftegas, gas til salgsspecifikation, injektionsvand). Rørledningerne nedgraves normalt i havbunden, både af hensyn til rørledningernes stabilitet og af hensyn til beskyttelse mod fiskeri med bundsløbende trawl og lignende. Rørledningerne er beskyttet mod korrosion med et malingssystem og yderligere katodisk med offeranoder. For at hindre opbuling ("upheaval buckling") af varme rørledninger ved termisk ekspansion overdækkes dele af rørledningerne desuden med sten. Indvendig korrosionsbeskyttelse af rørledningerne sker ved tilsætning af korrosionsinhibitor til den transporterede væske. Rørledninger, som transporterer vandvåd gas, tilsættes hydratinhibitor. Rørledningernes stigrør på platformene er i de tilfælde, hvor de ikke er placeret mellem platformenes ben, beskyttet af fendere mod sammenstød med forsyningskibe eller andre både ved platformene. Alle rørledningerne forsynes med trykalarmer til registrering af eventuelle rørbrud og med ventiler til isolering af rørledningerne fra platformene.

De centrale behandlingsanlæg til færdigstabilisering af olie omfatter Dan F, Gorm og Tyra Øst. Disse anlæg omfatter også gasbehandling. På Tyra Øst og Tyra Vest komprimeres gassen til det fastsatte eksporttryk. Det er ligeledes muligt at færdigbehandle gas på Gorm (denne mulighed planlægges udfaset inden 2015), men normalt efterbehandles og komprimeres Gorm gassen på Tyra Øst før eksport, da kulbrintedugpunktet her kan sænkes yderligere. På Dan F sker en delvis behandling af gassen (komprimering og afvanding), mens kulbrinte-dugpunktsbehandling og komprimering før eksport sker på Tyra. På Halvdan er en del af gassen behandlet på platformen, og resten sendes ubehandlet til Dan, hvor behandlingsfaciliteter er tilgængelige. På Harald behandles gassen færdig, men komprimering til eksport finder sted på Tyra.

De forskellige behandlingsanlæg og deres satellitter udgør således et integreret system sammenbundet af rørledninger. På Gorm samles al olie/kondensat produktion og sendes via rørledning til Filsø pumpestationen på Vestkysten af Jylland og videre over land til udskibning i Fredericia. Tilsvarende samles den færdigbehandlede gas på enten Tyra Øst for at kunne blive eksporteret til Nybro i Vestjylland, hvorfra den føres ind i landledningsnettet i Danmark, eller på Tyra Vest, hvorfra den i rørledning til hollandsk sektor ledes ind i NOGAT systemet, som er forbundet med det hollandske landledningsnet.

Mærsk Olie og Gas AS' centrale produktionsanlæg er bygget med henblik på at adskille de forskellige aktiviteter på separate platforme for at mindske risikoen for, at ulykker kan brede sig, hvilket er meget væsentligt for sikring af miljøet mod forurening og for personsikkerheden.

Typisk er f.eks. brønde og stigrør med gas eller ustabiliseret olie placeret på separate platforme. Hermed opnås størst mulig adskillelse mellem reservoirer og undersøiske rørledninger - som i uheldssituationer udgør de væsentligste kilder til udslip af kulbrinter - og de behandlingsanlæg og beboelser, hvor de fleste mennesker befinder sig.

Produktionsbrønde med høj vandproduktion må ofte tilføjes injektion af gas (gasløft) for at fastholde produktiviteten af brøndene. Ved gasløft injiceres gas ned i produktionsrøret gennem en gasløftventil for at mindske vægten af væskesøjlen i produktionsrøret til overfladen. Løftegassen føres ned i brønden gennem rumfanget i ringen mellem det inderste foringsrør og produktionsrøret.

Til transport mellem platforme og borerigge og land benyttes forsyningskibe, mens persontransport normalt varetages med helikopter. Ubemandede satellitplatforme, som f.eks. Dagmar, Kraka, Roar, Svend og Valdemar bemannes dog med båd fra permanent bemandede platform (med helikopterdek).

Platforme og borerigge serviceres endvidere lejlighedsvis af vagtskibe samt dykker- og stimuleringsfartøjer. I forbindelse med flytning af borerigge og ved konstruktionsarbejde anvendes ankerhåndteringsfartøjer. Desuden kan der ved konstruktionsarbejder blive anvendt fartøjer til beboelse (rig), konstruktionsarbejde, kranoperationer, rørlægning, ”rock dumping” m.m.

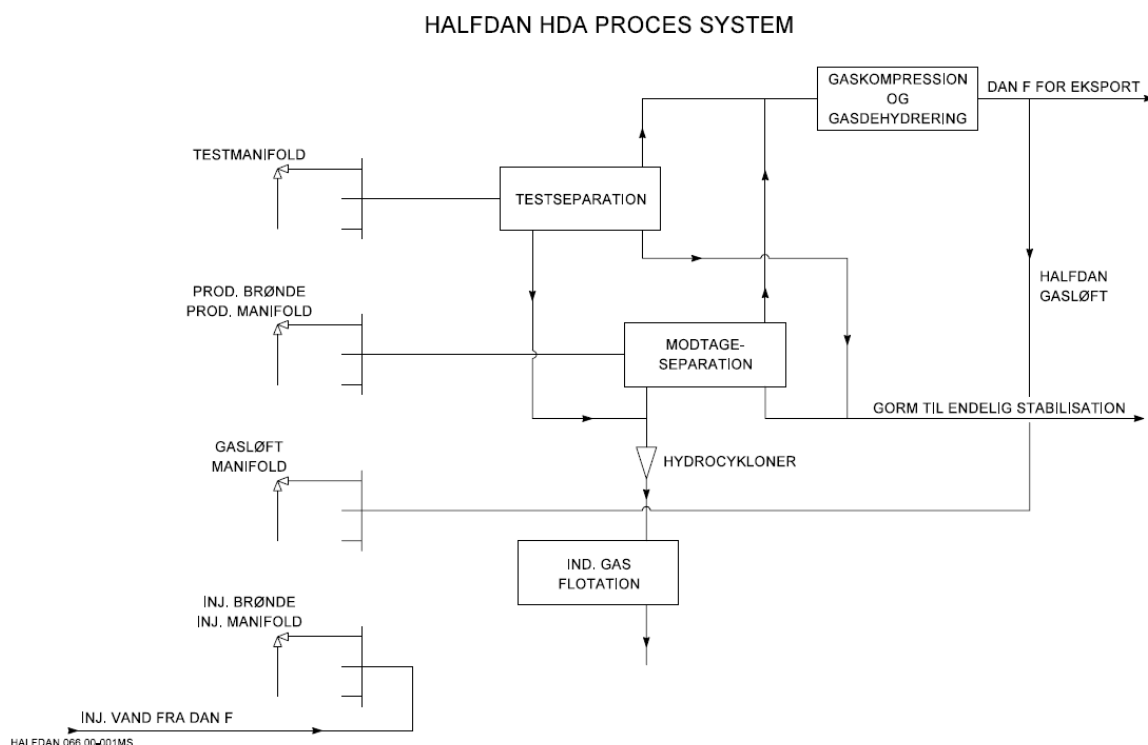
Behandlingscentre har pt. følgende satellitbygninger tilknyttet, jf. Figur 3.4:

- Dan F: Platformene omkring Dan B, Dan E, Kraka og Regnar
- Halfdan: Halfdan B og Halfdan C
- Gorm: Skjold platformene, Rolf og Dagmar
- Tyra: Harald platformene, Valdemar platformene, Tyra Sydøst, Roar og Svend.

Satellitfelterne er typisk ubemandede brøndplatforme uden behandlingsudstyr eller med en separering i gas og væske (ved overvejende gasproduktion). Hvor antallet af brønde er stort, eller hvor omfanget af forbehandling nødvendiggør det, er satellitplatformene bemandede (Dan B, Skjold, Harald), jf. Appendiks 1.

3.4 Beskrivelse af de enkelte behandlingsanlæg

Behandlingscentre med oliestabilisering og gasbehandling, Dan F, Halfdan, Gorm og Tyra, omfatter brøndhovedplatforme, i visse tilfælde også med behandlingsudstyr, broforbundne til kombinerede behandlings-, hjælpefunktions- og beboelsesplatforme. Hvert center har typisk også en broforbundet gasafbrændingsplatform. Procesanlægene har trinvis stabilisering af olie og kondensat i separatorer, behandling af produktionsvand i hydrocykloner og afgasningsbeholdere samt gasbehandling med afvanding og komprimering. En simpliceret separationsproces er vist i Figur 3.6, ofte anvendes der flere separationstrin. Da kulbrintedugpunktbehandlingen kun findes på enkelte anlæg og kun har minimal emissionsmæssig betydning, er denne udeladt på figuren.



Figur 3.6 Halfdan HDA processystem

Behandlingsanlæggene er sikret mod overtryk, dvs. mod kulbrinteudslip med to uafhængigt virkende beskyttelsessystemer: Et sikkerhedsventilsystem mod overtryk og et nødnedlukningssystem for brønde, stigrør og behandlingsanlæg. Nødnedlukningssystemet omfatter desuden et trykaflastningssystem, således at gas i behandlingsanlægget kan fjernes, og systemerne trykaflastes. Gas fra sikkerhedsventiler og trykaflastningen afbrændes i gasafbrændingstårn. Afbrændingstårnene har typisk soniske brændere for at opnå den bedst mulige forbrænding.

På alle anlæg stabiliseres olie og kondensat til 12 Reid Vapour Pressure (RVP) før eksport til land, hvorved eksport videre med tankskibe kan ske uden yderligere behandling (afgasning).

Den eksporterede gas fra Tyra Øst og Tyra Vest til land må ikke have et H_2S -indhold over 5 mg/Nm^3 . H_2S fjernes på Skjold, Gorm, Dan og i mindre grad på Halfdan og Harald ved en kemisk reaktion med et tilsat kemikalie (såkaldt H_2S scavenger) samt ved opblanding med H_2S -fri gas fra felter uden H_2S (primært Tyra og Roar).

Der er gasbehandlingsanlæg på Harald, medens Tyra Øst og Vest både har gas- og olie/kondensatbehandling.

Der er vandinjektionsanlæg på Dan F og på Gorm F som forsyner henholdsvis Dan, Halfdan, Gorm og Skjold reservoirerne. Vandinjektionsanlæggene tager injektionsvandet fra havvandet i kølevandssystemet, således at vandet har den højest mulige temperatur. Vandet pumpes typisk igennem et grovfilter til et finfilter, hvor partikler i vandet fjernes fra injektionsvandet. Derefter afiltres injektionsvandet i en afiltningssbe-

holder, hvorefter vandet injiceres med højtrykspumper. På Gorm reinjiceres produktionsvandet fra Gorm og Skjold, og der suppleres med vand fra kølesystemet.

Behandlingscentrene med tilhørende satellitinstallationer gennemgås i det følgende. Kapaciteter er oplyst som de foreligger ultimo 2009, og hvor kapacitet under etablering er medtaget er dette nævnt specifikt. Fremtidige anlæg, som er nødvendige for at behandle den stigende produktion, er omtalt i kapitel 5.

3.5 Dan F

3.5.1 Dan F behandlingscenteret

Dan F behandlingscenteret omfatter i alt 7 broforbundne platforme (se Appendiks 1, figur 1).

Platformene omfatter:

- Dan FB Brøndhovedplatform
- Dan FA Brøndhovedplatform, som også understøtter et bromodul
- Dan FE Brøndhovedplatform, som også understøtter et bromodul
- Dan FC Beboelses- og behandlingsplatform med helikopterdæk
- Dan FD Afbrændingsplatform
- Dan FF Brøndhoved- og behandlingsplatform
- Dan FG Behandlings- og afbrændingsplatform

Tabel 3.5.1. Brøndhovedplatformene omfatter følgende brøndstyr og brønde:

	Styr	Brønde
Dan FA	25	25
Dan FB	24	24
Dan FE	7	7
Dan FF	40	34

Behandlingsanlæggene på Dan FC, Dan FF, Dan FG og i bromodulet mellem Dan FA og Dan FE omfatter:

- Tre oliestabiliseringstog hver med separering i to trin til 12 RVP. Dan FF og Dan FG har en inlet separator, og en fælles andettrinsseparator på Dan FF. Dan FC har både inlet separator og andettrinsseparator.
- Olieeksportpumper og måler for eksport fra Dan FB til Gorm med videreeksport til land.
- Tre gaskomprimerings- og gasafvandingssystemer for komprimering og vandtørring af gas. Gassen transporteres fra Dan FB til Tyra eller bruges til løftegas.
- Komprimering af lavtryksgas fra lavtryksseparatoren.

- Fem vandinjektionsanlæg med havvandsbehandling og injektionspumper for injektion af vand i Dan og Halfdan reservoirerne. H₂S scavenger reaktionsprodukterne kan isoleres og injiceres i reservoiret med injektionsvandet.
- Tilsætning af et strømningsforbedrende additiv til olien for at minimere strømningsmodstanden.
- Tre anlæg til behandling af produktionsvand.
- Nødvendigt hjælpeudstyr og sikkerhedsudstyr, herunder redningsbåde.
- Beboelse til 86 personer og helikopterdæk.

På Dan F er installeret en samlet gasturbineeffekt på omkring 150 MW.

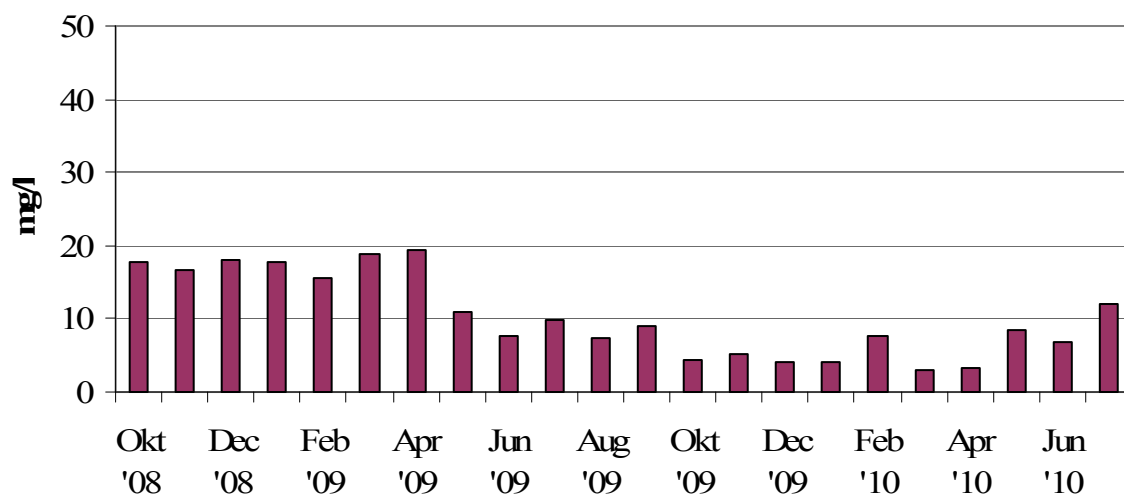
Udledning af produceret vand og spildevand til havet sker fra Dan FC, Dan FF og Dan FG. Emission til atmosfæren fra kraftfremstilling sker fra Dan FC, Dan FF, Dan FG og fra bromodulet mellem Dan FA og Dan FE. Fra Dan FD og Dan FG sker emission til atmosfæren som følge af sikkerhedsbetinget gasafbrænding.

Tabel 3.5.2. Eksisterende behandlingskapaciteter på Dan F (inklusive Dan FG)

Funktion	Enhed	Kapacitet
Separation – gas	Mio. Nm ³ /d	14
Separation – væsker	m ³ /d	84.000
Vandinjektion	m ³ /d	126.000
Behandling af produceret vand	m ³ /d	54.000
Gasafvanding	Mio. Nm ³ /d	14
Gaskomprimering	Mio. Nm ³ /d	14
Olieeksport	m ³ /d	22.000

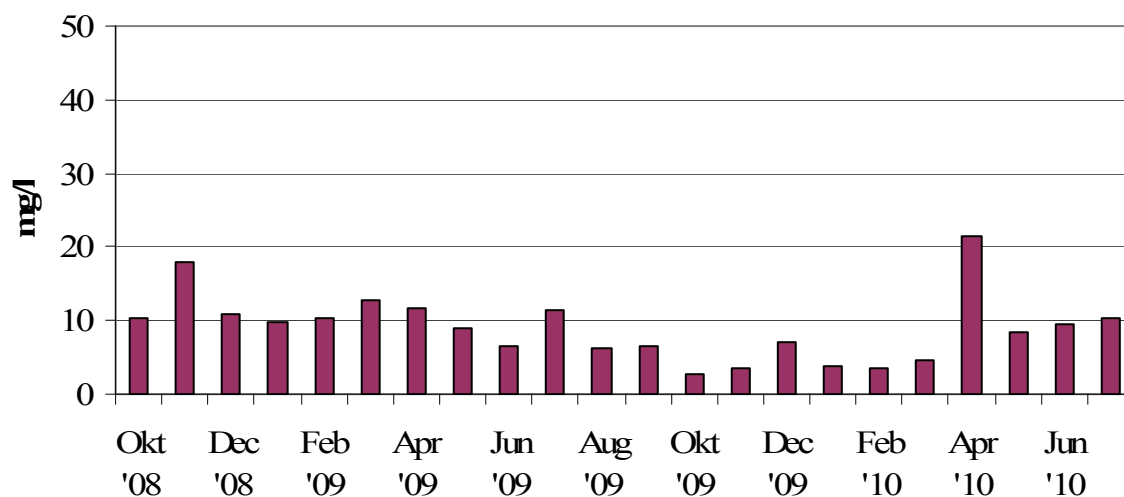
Injektionsvand til Halfdan føres gennem rørledning fra Dan F til Halfdan. Produktionsvandet udskilles i separatorerne. Restindholdet af olie i produktionsvandet udskilles i et rensningsanlæg, som på Dan F består af hydrocykloner med efterfølgende afgasning og på den nye Dan FG platform af hydrocykloner og Induced Gas Flotation (IGF).

Dispergeret olie i udledt produceret vand - Dan FC



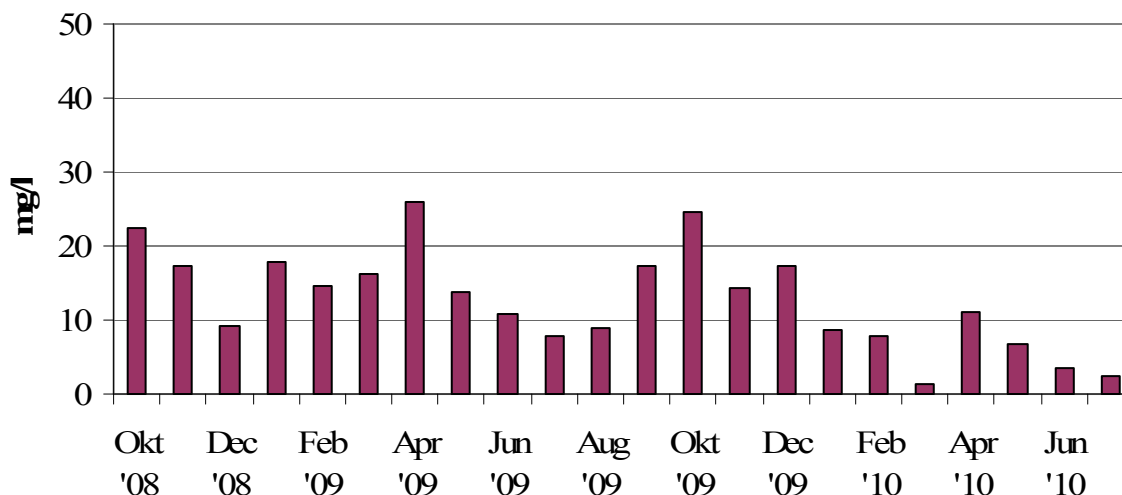
Figur 3.7 Restolieindhold i udledt produktionsvand fra Dan FC

Dispergeret olie i udledt produceret vand - Dan FF



Figur 3.8 Restolieindhold i udledt produktionsvand fra Dan FF

Dispergeret olie i udledt produceret vand - Dan FG



Figur 3.9 Restolieindhold i udledt produktionsvand fra Dan FG

Den nuværende udledning fra Dan F er vist i figur 3.7, 3.8 og 3.9. For den i figurerne viste periode er det gennemsnitlige restolieindhold:

- Dan FC ca. 10 mg/l
- Dan FF ca. 9 mg/l
- Dan FG ca. 13 mg/l

Månedsgennemsnittet på 30 mg pr. liter vand gældende fra 2006 er overholdt i hele perioden.

3.5.2 Bemandede satellitplatforme

Dan A, Dan B, Dan C og Dan D platformene udgør det oprindelige produktionsanlæg på Dan feltet. Platformene er broforbundne og omfatter (se Appendiks 1, figur 2):

- Dan A Brøndhovedplatform
- Dan B Beboelses- og udstyrsplatform med helikopterdek
- Dan C Afbrændingsplatform
- Dan D Brøndhovedplatform

Produktionen transporteres ubehandlet via en rørledning til Dan FF for behandling.

Tabel 3.5.3. Brøndhovedplatformene omfatter følgende brøndstyr og brønde:

	Styr	Brønde
--	------	--------

Dan A	6	6
Dan D	10	10

Der er emission på Dan B fra gasmotordrevne generatorer svarende til en effekt på omkring 140 kW. Der er udledning af spildevand fra Dan B.

Der forefindes det nødvendige hjælpeudstyr og sikkerhedsudstyr, og der er beboelse for maksimalt 8 personer på Dan B.

3.5.3 Ubemandede satellitinstallationer

En række ubemandede satellitinstallationer producerer til Dan F centeret:

- Dan E på Dan feltet
- Kraka A platformen på Kraka feltet
- Undervandsbrøndsinstallationen Regnar A på Regnar feltet

De ubemandede satellitinstallationer er forsynet med det nødvendige hjælpe- og sikkerhedsudstyr.

Dan E

Dan E platformen er en ubemandet brøndhovedplatform. Platformen har 6 brøndstyr, hvoraf 5 anvendes. Der er ingen behandlingsanlæg på platformen. Dan E drives kun for vandinjektion, og ikke for olie- eller gasproduktion. Rørledning fra Dan E til Dan B er taget ud af drift (se Appendiks 1, figur 3).

Der er emission på Dan E fra små generatorer svarende til en effekt på omkring 40 kW.

Der er helikopterdek på Dan E.

Kraka A

Kraka platformen er en ubemandet STAR type brøndhovedplatform med 7 brøndstyr, som alle anvendes. Der er ingen behandlingsanlæg på platformen. Produktionen fra Kraka transporteres til Dan FA (se Appendiks 1, figur 4).

På Kraka er der emission fra en generator med en effekt på omkring 12 kW.

Der er ikke beboelse eller helikopterdek. Platformen bemannes fra båd i roligt vejr og under tilstrækkelige belysningsforhold.

Regnar

Regnar udbygningen er et undervandsbrøndhovedanlæg som producerer til Dan FB gennem en rørledning (se Appendiks 1, figur 5). Brøndhovedet kontrolleres via radio fra Dan F til en forankret flydende bøjle med kabelforbindelse til brøndhovedet. Regnar har 1 brøndstyr, som benyttes.

Fra bøjlen er der emission fra en generator med en effekt på omkring 3 kW.

3.5.4 Rørledninger

Dan F behandlingscenteret omfatter en række rørledninger for transport af produktionen til Dan F centeret og videre af færdigbehandlet olie til Gorm samt af gas til Tyra for endelig behandling.

Tabel 3.5.4. Oversigt over rørledninger i drift:

Diameter, Tommer	Funktion	Fra	Til	Længde, km
10	Multifaseeksport	Kraka A	Dan FA	9
6	Løftegasimport	Dan FF	Kraka	9
6	Multifaseeksport	Regnar	Dan FA	13
16	Multifaseeksport	Dan D	Dan FF	2
4	Vandinjektion	Dan FA	Dan E	0,5
12	Vandinjektion	Dan FF	Dan D	2
8	Løftegas	Dan FF	Dan D	2
12	LP gas	Dan FB	Tyra EE	33
12	LP gas	Halfdan DA	Dan FF	9
16	Injektionsvand	Dan FF	Halfdan DA	9
12	Gaseksport	Halfdan DA	Dan FF	9
10	Råolie	Dan FB	Gorm C	26
20	Multifaseeksport	Halfdan BA	Dan FG	11

Desuden er installeret en servicerørledning ("umbilical"), hvorigennem der føres kemikalier såsom korrosionsinhibitor til injektion i produktionen fra Regnar.

3.6 Halfdan

3.6.1 Halfdan behandlingscenteret

Halfdan behandlingscenteret omfatter tre broforbundne platforme (se Appendiks 1, figur 6):

- Halfdan DA Brøndhovedplatform og behandlingsplatform
- Halfdan DB Beboelsesplatform med helikopterdek
- Halfdan DC Stigrørs- og afbrændingsplatform

Tabel 3.6.1 Brøndhovedplatformen omfatter følgende brøndstyr og brønde:

	Styr	Brønde
Halfdan DA	34	34

Behandlingsanlæggene på Halfdan DA omfatter:

- Et oliestabiliseringstog med separering i et trin, olieeksportpumper for eksport til Gorm for endelig stabilisering til 12 RVP og videreeksport til land.

- Et gaskomprimerings- og gasafvandingssystem for komprimering og vandtørring af gassen før eksport via Dan F til Tyra for færdigbehandling og eksport til land eller til brug som løftegas på Halfdan feltet.
- Et anlæg til behandling af produktionsvandet.
- Hjælpeudstyr og sikkerhedsudstyr, inklusive redningsbåde.
- Beboelse til 32 personer.

Injektionsvand til Halfdan leveres fra Dan F gennem rørledning.

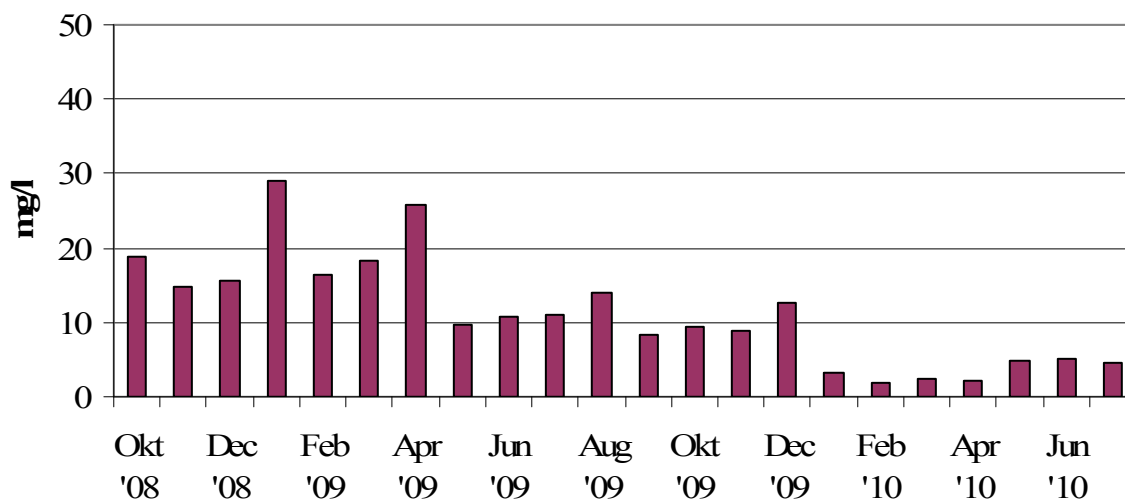
På Halfdan DA behandlingsplatformen udledes rensset produktionsvand og spildevand til havet, og der er emission til atmosfæren fra Halfdan DA samt i mindre målestok fra Halfdan DB fra elfremstilling, samlet er gasturbineeffekten omkring 25 MW. Der er emission til atmosfæren fra Halfdan DC som følge af sikkerhedsbetinget gasafbrænding.

Tabel 3.6.2. Nuværende behandlingskapaciteter for behandlingsanlæggene på Halfdan DA

Funktion	Enhed	Kapacitet
Separation – gas	Mio. Nm ³ /d	5,4
Separation – væsker	m ³ /d	32.000
Gaskomprimering	Mio. Nm ³ /d	2,9
Gasafvanding	Mio. Nm ³ /d	2,9
Behandling af produceret vand	M ³ /d	18.000

Rensningsanlægget for produceret vand består af hydrocykloner med efterfølgende Induced Gas Flotation (IGF) enhed.

Dispergeret olie i udledt produceret vand - Halfdan



Figur 3.10. Restolieindhold i udledt produktionsvand fra Halfdan DA

Den nuværende udledning fra Halfdan er vist i figur 3.10. I perioden er det gennemsnitlige restolieindhold af olie ca. 11 mg/l. Det fremgår også, at der på grund af procesforstyrrelser har været forhøjet udledning i januar måned.

Månedsgennemsnittet på 30 mg pr. liter vand gældende fra 2006 er overholdt i hele perioden.

3.6.2 Ubemandede satellitinstallationer

Den ubemandede satellitinstallation Halfdan BA, BB og BC producerer i øjeblikket til Halfdan centret. I løbet af 2010 vil satellitstationen blive udvidet med installation af Halfdan BD og skifte status til bemandet. Halfdan CA forbliver ubemandet.

Halfdan BA

Halfdan BA platformen er en brøndhovedplatform, se figur 3.3. Platformen har 30 brøndstyr som alle anvendes. Bortset fra en testseparator og en to-fase gas-væske separator er der ingen behandlingsanlæg på platformen. Produktion fra oliebrønde på Halfdan BA transporteres til Halfdan DA til behandling, medens produktion fra gasbrønde på Halfdan BA transporteres til Tyra Vest til behandling.

Halfdan BA platformen forsynes med strøm gennem et undervandskabel fra Halfdan DA. Der er derfor ikke normalt emission fra Halfdan BA.

Halfdan BB

Halfdan BB platformen er en brøndhovedplatform. Platformen har 10 brøndstyr men med mulighed for indplacering af yderligere 5, der anvendes i øjeblikket 5. Bortset fra en testseparator er der ingen behandlingsanlæg på platformen. Produktion fra oliebrønde på Halfdan BB skal behandles på en ny platform (Halfdan BD). I mellemtiden transporteres produktionen til Dan FG til behandling.

Halfdan BC

Halfdan BC er en beboelsesplatform med helikopterdæk

- Beboelse til 80 personer.

Halfdan BD (forventes at blive sat i drift Q2 2011)

Halfdan BD er en behandlings- og afbrændingsplatform. Behandlingsanlægget omfatter:

- Et oliestabiliseringstog med separering i et trin, olieeksportpumper for eksport til Gorm via Halfdan DA for endelig stabilisering til 12 RVP og videreeksport til land.
- Et gaskomprimerings- og gasafvandingssystem for komprimering og vandtørring af gassen før eksport til Tyra Vest for færdigbehandling og eksport til land eller til brug som løftegas på Halfdan feltet.
- Et anlæg til behandling af produktionsvandet.
- Hjælpeudstyr og sikkerhedsudstyr, inklusive redningsbåde.

3.6.3 Rørledninger

Halfdan DA behandlingscenteret omfatter en række rørledninger for transport af olieproduktion til Gorm til endelig stabilisering samt for transport af gas til Dan F og til Tyra.

Tabel 3.6.3. Rørledningerne omfatter:

Diameter, Tommer	Funktion	Fra	Til	Længde, km
12	HP gas	Halfdan DA	Dan FF	9
12	LP gas	Halfdan DA	Dan FF	9
16	Injektionsvand	Dan FF	Halfdan DA	9
14	Ustabiliseret råolie	Halfdan DA	Gorm C	19
14	Multifaseeksport	Halfdan BA	Halfdan DA	2
12	Injektionsvand	Halfdan DA	Halfdan BA	2
6	Løftegas	Halfdan DA	Halfdan BA	2
24	IP våd gas	Halfdan DC	Tyra WE	27
16	Våd gas	Halfdan CA	Halfdan BB	7
8	Væske	Halfdan CA	Halfdan BB	7
20	Multifaseeksport	Halfdan BB	Dan FG	11

Desuden er installeret en service rørforbindelse ("umbilical") til at føre hydratinhibitor fra Halfdan DA til Halfdan BA til injektion i vådgasledningen til Tyra WE.

Gas fra Halfdan BA er ned et 16" stigrør forbundet til LP vådgas rørledningen (24") fra Halfdan DC, således at vådgas fra Halfdan Nordøst brøndene på Halfdan BA platformen kan eksporteres til Tyra til behandling.

3.7 Gorm

3.7.1 Gorm behandlingscenteret

Gorm A, B, C og D platformene udgør det oprindelige produktionsanlæg for Gorm feltet. Senere er platformene Gorm E og F kommet til (se figur 3.4 og Appendiks 1, figur 8).

Platformene er broforbundne og omfatter:

- Gorm A Brøndhovedplatform
- Gorm B Brøndhovedplatform
- Gorm C Behandlings- og beboelsesplatform med helikopterdek
- Gorm D Afbrændingsplatform
- Gorm E Pumpe- og stigrørsplatform
- Gorm F Behandlings- og brøndhovedplatform

Olieeksportørledningen til terminalen i Fredericia udgår fra stigrørsplatformen Gorm E, hvor også olieeksportpumperne er installeret. I modsætning til alle øvrige platforme omtalt i denne vurdering, ejes Gorm E platformen af DONG Olierør AS, men drives af Mærsk Olie og Gas AS.

Gorm F behandler produktionen fra Dagmar (ikke produceret regelmæssigt siden 2005), Skjold og Gorm felterne. Produktionen fra Rolf behandles på Gorm C, ligesom olieproduktionen fra Halfdan stabiliseres på Gorm C. Gorm har således to adskilte behandlingsanlæg. Derved kan H₂S-beredskabet på Gorm begrænses til platformene Gorm A, B, D og F, mens Gorm E og C med hjælpeudstyr og beboelse ikke har H₂S-beredskab.

Tabel 3.7.1. Brøndhovedplatformene omfatter følgende brøndstyr og brønde:

	Styr	Brønde
Gorm A	15	15
Gorm B	15	15
Gorm F	22	22

Behandlingsanlæggene på Gorm omfatter:

Gorm C

- Olieseparations- og stabiliseringstog for Rolf samt separator for slutstabilisering for Gormcentrets olieproduktion.
- Oliepumper til viderepumpning af olieproduktionen til Gorm E med målestation for olie.
- Lavtrykskompressor og tre mellemtrykskompressorer
- Gasafvanding i glykoltårn med tilhørende regenerering af brugt glykol. Kulbrintedugpunktsskontrol ved køling af gassen med freon forventes udfaset inden udgangen af 2012.
- To højtrykskompressorer til gas til eksport til Tyra og til løftegas på Gorm samt to stempelkompressorer til højtryksløftegas til Gorm, Skjold og Rolf.
- Behandling af produktionsvand fra Rolf.
- Tilsætning af H₂S scavenger til gassen.
- Beboelse til 98 personer og helikopterdæk.

Gorm E

- Syv olieeksportpumper, som via en 20" olieeksportrørledning pumper stabiliseret olie til pumpestationen i Filsø, nord for Esbjerg.
- En målestation, som indgår i lækagekontrollen af rørledningen til land.
- Tilsætning af additiv til mindskelse af strømningsmodstanden i rørledningen til land.
- Stigrør for rørledninger til land, til Rolf og til Tyra.

Gorm F

- Fire olieseparations- og stabiliseringstog (et til Gorm, to til Skjold og et andet som normalt ikke anvendes). Separering i henholdsvis et eller to trin, og med oliepumper til enten Gorm C eller E.
- Lavtryksgaskompressor til transport af gas fra separationstogene til komprimering og gasbehandling på Gorm C.
- Tilsætning af H₂S scavenger til gassen.
- Tre vandinjektionstog til vandinjektion i Gorm- og Skjoldreservoirerne. Det producerede vand fra Gorm- og Skjoldreservoirerne reinjiceres pt., og der suppleres med behandlet havvand (filtreret og afiltet) for at fremskaffe de nødvendige vandmængder til injektion. Reaktionsprodukterne fra H₂S scavenging (afsvovling) reinjiceres i reservoirerne med injektionsvandet.

- En kondensat/spent scavenger separator er installeret for at inddrive kondensat fra reinjektionsvand
- Fire tog til rensning af produktionsvand, uanset om det reinjiceres eller udledes til havet.
- Hjelpeudstyr og sikkerhedsudstyr, inklusive redningsbåde.

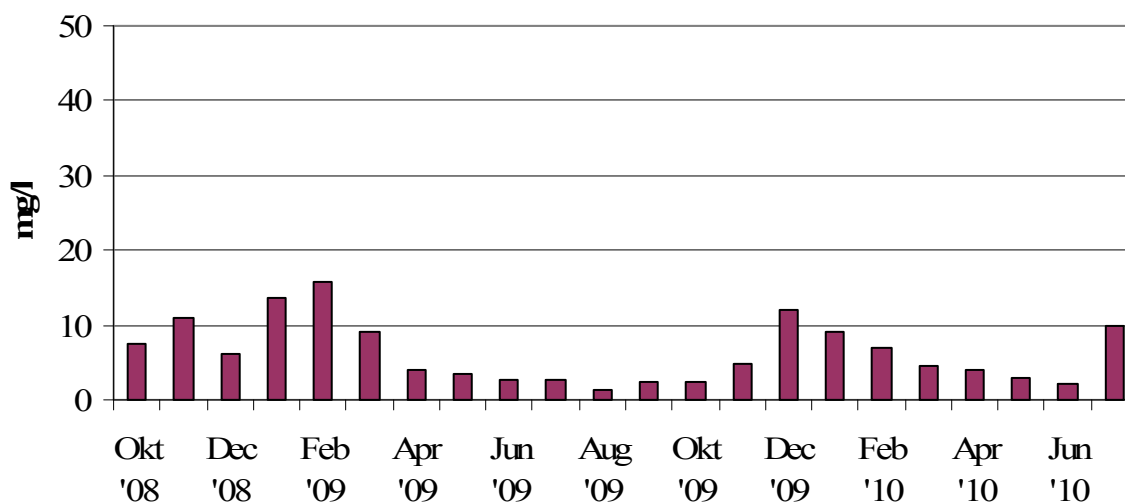
Tabel 3.7.2. Nuværende behandlingskapaciteter på Gorm F og C er:

Funktion	Enhed	Gorm F	Gorm C
Olie	m ³ /d	36,900	19,400
Gas	mio. Nm ³ /d	4	0,5
Produktionsvand	m ³ /d	33,400	6,500
Vandinjektion	m ³ /d	54,000	0

Rensningsanlæggene for produktionsvand på Gorm består af hydrocykloner med efterfølgende afgangning.

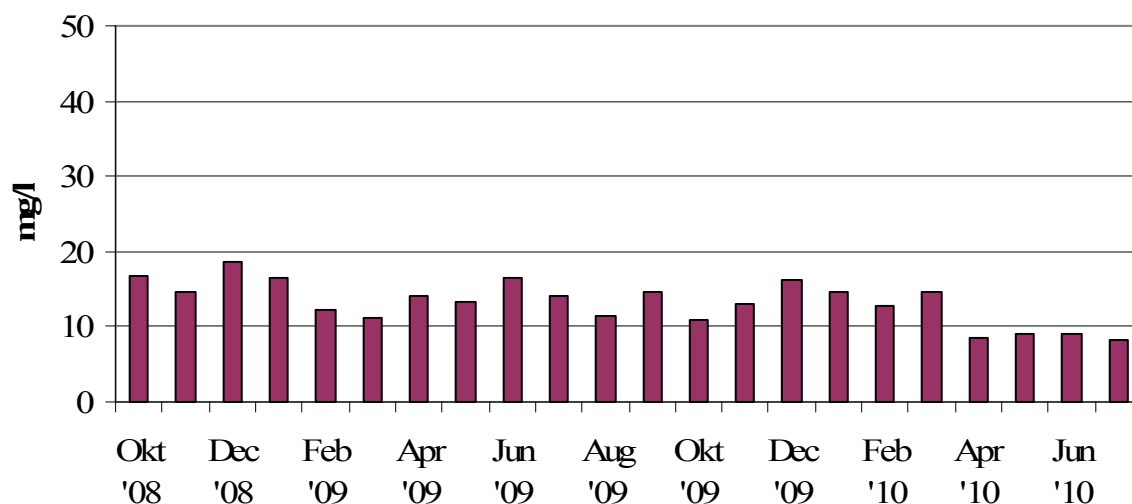
Ovennævnte behandlingsanlæg er suppleret med en Compact Flotation Unit (CFU) med en kapacitet på 9.600 m³/d, som blev installeret i 2008. Denne er pt. ikke i drift, fordi den giver anledning til ekstra afbrænding, og olieindholdet i det producerede vand er lavt nok til at det kan anvendes til vandinjektion.

Dispergeret olie i udledt produceret vand - Gorm C



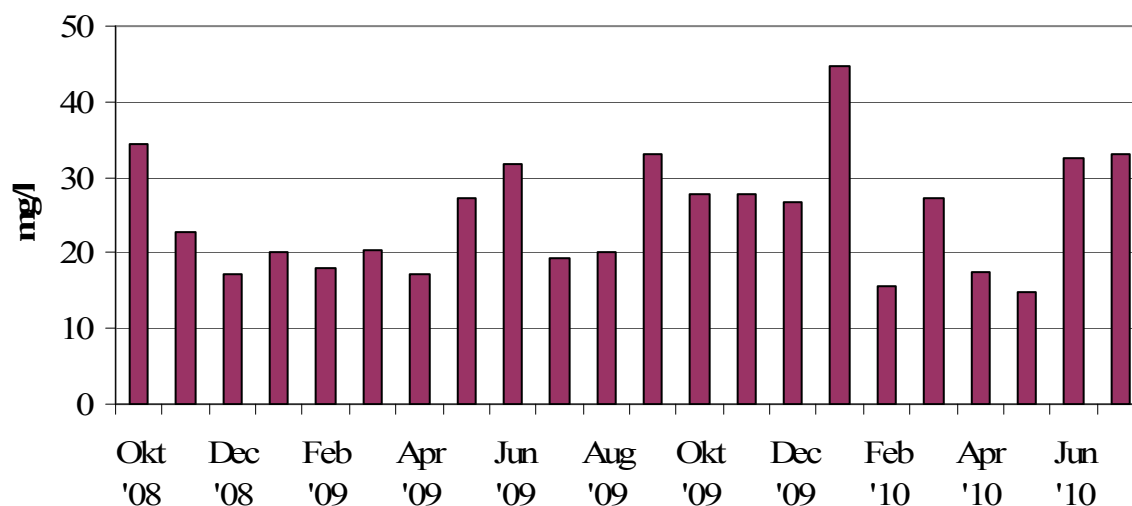
Figur 3.11. Restolieindhold i rensset produktionsvand fra Gorm C

Dispergeret olie i udledt produceret vand - Gorm F



Figur 3.12. Restolieindhold i rensset produktionsvand fra Gorm F

Dispergeret olie i udledt produceret vand - Skjold



Figur 3.13. Restolieindhold i rensset produktionsvand fra Skjold

Det aktuelle restindhold i produktionsvand fra Gorm er vist i figurerne 3.11, 3.12 og 3.13. Det gennemsnitlige restolieindhold var:

- Gorm C (Rolf produktion) ca. 6 mg/l
- Gorm F (Gorm produktion) ca. 13 mg/l
- Gorm F (Skjold produktion) ca. 25 mg/l
- Gorm F (Dagmar produktion): Dagmar har ikke produceret siden 2005

Rensningseffektiviteten lever som regel op til målsætningen om et månedsgennemsnit på 30 mg pr. liter vand. Skjold har enkelte overskidelser, men her skal det bemærkes, at i øjeblikket reinjiceres omkring 98 % af produktionsvandet fra Gorm/Skjold i Gorm- og Skjoldreservoirene.

Fra Gorm C og F sker udledning til havet af produceret vand, som ikke reinjiceres, og af spildevand. Der er desuden emission til atmosfæren fra Gorm C, E og F fra kraftfremstilling og fra Gorm D som følge af sikkerhedsbetinget gasafbrænding.

På Gorm er installeret en samlet gasturbineeffekt på ca. 85 MW.

3.7.2 Bemandede satellitplatforme

Skjold

Bortset fra en testseparator, har Skjold platformkomplekset ikke et behandlingsanlæg. Produktionen eksporteres ubehandlet via rørledninger til Gorm F til behandling (se Appendiks 1, figur 9).

Injektionsvand og løftegas leveres fra Gorm til Skjold.

Skjold platformkomplekset omfatter:

- Skjold A Brøndhovedplatform, hjælpe- og sikkerhedsudstyr
- Skjold B Brøndhovedplatform
- Skjold C Beboelse til 16 mand, helikopterdek og hjælpe- og sikkerhedsudstyr

Tabel 3.7.3. Brøndhovedplatformene omfatter følgende brøndstyr og brønde:

	Styr	Brønde
Skjold A	21	21
Skjold B	7	7

På anlægget sker emission fra Skjold A og Skjold C svarende til en effekt på omkring 220 kW. Der er udledning af spildevand fra Skjold C (se figur 3.19).

3.7.3 Ubemandede satellitinstallationer

Følgende ubemandede satellitter producerer til Gorm centralkomplekset:

- Rolf A platformen (til Gorm C)

- Dagmar A platformen (til Gorm F)

Rolf A

Rolf platformen er en ubemandet brøndhovedplatform med 9 brøndstyr, hvoraf 4 er anvendt. Der er helikopterdæk og ingen behandlingsanlæg på platformen (se Appendiks 1, figur 10).

Rolf modtager løftegas via rørledning og er forsynet med en diesel generator.

Rolf produktionen eksporteres til Gorm til behandling.

På Rolf A er der emission fra generatorer med en effekt på ca. 40 kW.

Dagmar A

Den ubemandede satellitplatform Dagmar producerer til behandlingsplatformen Gorm F (se Appendiks 1, figur 11).

Dagmar har ikke produceret siden 2005, men der er planer om at den kommer i produktion igen.

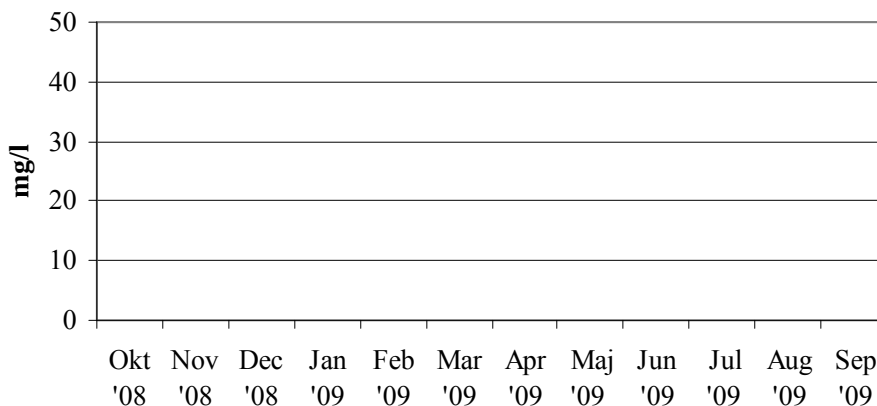
Dagmar er af STAR typen med et simpelt A-type dæk med 6 brøndstyr og 2 brønde.

Der er ikke behandlingsanlæg på Dagmar, og produktionen eksporteres ubehandlet gennem en undersøisk multifaseledning til Gorm F. Der er mulighed for injektion af korrosionsinhibitor.

Der vil være emission fra en generator med en effekt på ca. 25 kW.

Der er ikke beboelse eller helikopterdæk. Platformen bemandes fra båd i roligt vejr under tilstrækkelige belysningsforhold.

**Dispergeret olie i udledt produceret vand -
Dagmar 2008/2009**



Figur 3.14. Restolieindhold i rensset produktionsvand fra Dagmar i 2008/2009

I løbet af den kommende 5-års periode er der overvejelser om, at Dagmar skal producere igen. Dette vil kræve boring af 3 nye brønde, samt eventuelle nye anlæg for at håndtere den H₂S produktion, som vil være forbundet med olie og/eller gas produceret fra Dagmar. De tre potentielle producere i dette felt er følgende:

1 Dagmar Vest udvikling

Undervandsudstyr vest for Dagmar platforme. Rørledning og tilkobling til enten Dagmar, Gorm F eller undervands tilkobling på rørledningen mellem Dagmar og Gorm.

2 Dagmar Øst udvikling

Brønd bores fra eksisterende Dagmar platform.

3 Dagmar Syd prøveboring

Her er det planen at etablere en prøveboring. Hvis der findes kulbrinter nok til at producere, vil der sandsynligvis blive installeret undervandsudstyr i kombination med pkt. 1.

Projekterne er stadig ret usikre og specielt H₂S indholdet kan volde problemer. Et amin anlæg kan blive nødvendigt for at rense gassen for H₂S. Det kræver en vurdering af, hvad man stiller op med den koncentrerede H₂S-holdige gas, som typisk enten ledes til flaren, hvorved der kommer en emission af SO₂, eller afbrændes i en incinerator med efterfølgende absorption af SO₂ i havvand, hvilket medfører en tilsvarende udledning af sulfat.

3.7.4 Rørledninger

Behandlingscenteret på Gorm omfatter en række rørledninger for transport af produktion til centeret og for eksport af færdigbehandlet olie til land samt for eksport af gas til Tyra, hvor gassen viderebehandles og eksporteres til land:

Tabel 3.7.1. Oversigt over rørledninger, behandlingscenter Gorm.

Diameter, Tommer	Funktion	Fra	Til	Længde, km
20	Råolie	Gorm E	Filsø	225
8	Gas	Gorm E	Tyra EE	16
14	Råolie/kondensat	Gorm E	Tyra EE	16
12	Multifase	Skjold A	Gorm A	11
12	Multifase	Skjold B	Gorm F	12
12	Injektionsvand	Gorm F	Skjold A	12
6	Løftegas	Gorm D	Skjold A	11
8	Multifase	Rolf A	Gorm E	17
3	Løftegas	Gorm E	Rolf A	17
10	Råolie	Dan FB	Gorm C	26
14	Ustabiliseret råolie	Halfdan DA	Gorm C	19

3.8 Behandlingsanlæggene på Tyra

Behandlingscentrene på Tyra omfatter Tyra Vest med fem broforbundne platforme og Tyra Øst med seks broforbundne platforme. Tyra Vest og Tyra Øst er forbundne med fem undersøiske rørledninger (se henholdsvis Appendiks 1, figur 12 og figur 13).

3.8.1 Tyra Vest

Tyra Vest omfatter:

- TWA Behandlings- og beboelse med helikopterdæk
- TWB Brøndhoved og understøtning af bromodul
- TWC Brøndhoved
- TWD Afbrænding
- TWE Stigrør og understøtning af bromodul

Tabel 3.8.1. Brøndhovedplatformene omfatter følgende brøndstyr og brønde:

	Styr	Brønde
TWC	24	23
TWB	12	12

Behandlingsanlæggene på Tyra Vest omfatter:

- Tre separationstog
- En testseparator
- Tre gasafvandingstog med cirkulerende glykol
- To turboekspandertog
- To gasturbinedrevne to-trins kompressortog til transport af færdigbehandlet gas til Tyra Øst for videre eksport til land, eksport til det europæiske marked via NOGAT systemet, reinjektion af gas i Tyra Vest eller Tyra Øst eller en kombination heraf.
- Et gasturbinedrevet lavtryksskubestog for komprimering af gas fra Tyra Sydøst, Roar, Valdemar, Svend, Harald og Lulita samt udvalgte brønde på Tyra.
- To anlæg til rensning af produktionsvand. Det ældste består af en enhed for udskillelse af opløst gas og større oliepartikler, efterfulgt af fire centrifugeanlæg for udskillelse af små oliepartikler. Det andet består af hydrocykloner med efterfølgende rensning ved afgasning.
- Nødvendigt hjælpe- og sikkerhedsudstyr, inklusive redningsbåde.

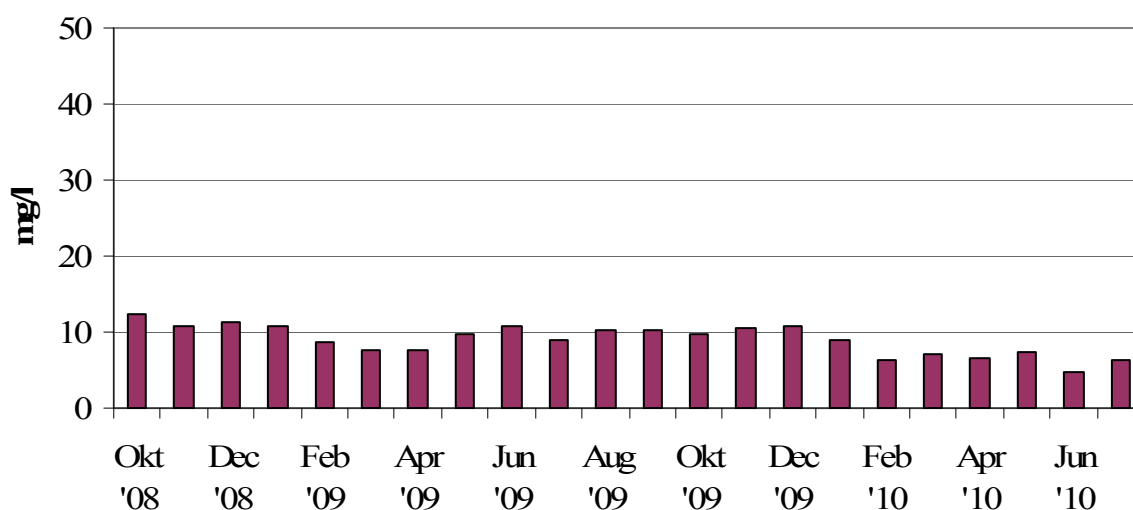
- Beboelse til 80 personer og helikopterdæk.

De nuværende behandlingskapaciteter på Tyra Vest er:

Funktion	Enhed	Tyra Vest
Væskeseparering	m ³ /d	19,000
Gasseparering	mio. Nm ³ /d	17
Behandling af produceret vand	m ³ /d	13,100
LP gaskomprimering	mio. Nm ³ /d	13
Afvanding	mio. Nm ³ /d	25
HP gas komprimering	mio. Nm ³ /d	25

På Tyra Vest er der to behandlingsanlæg til produktionsvand. Det ene er et centrifugeanlæg (4 stk. med en kapacitet på i alt 6.650 m³/d). En CPI-separator (Corrugated Plate Interceptor) indgår som buffer for centrifugerne. Da centrifugerne i sin tid blev valgt, var hydrocykloner ikke tilstrækkeligt udviklede til at give den ønskede renseeffekt for de mindre oliedråbestørrelser, i det producerede vand fra Tyra. Erfaringer med centrifugerne har været tilfredsstillende mht. renseeffekt, men de har vist sig meget vedligeholdelseskrevende. Siden er hydrocykloner videreudviklet og har opnået højere effektivitet også ved mindre oliedråbestørrelser. Derfor er det andet og nyere anlæg forsynet med hydrocykloner med efterfølgende afgasning. På Tyra Vest indeholder vandet tilstrækkeligt opløst gas, således at yderligere gastilsætning, og dermed anvendelse af IGF-enhed (Induced Gas Flotation), ikke er nødvendig.

Dispergeret olie i udledt produceret vand - Tyra Vest



Figur 3.15. Restolieindhold i udledt produktionsvand fra Tyra Vest

Den aktuelle udledning fra Tyra Vest er vist i figur 3.15. Det gennemsnitlige restolie-indhold er ca. 9 mg/l. Månedsgennemsnittet på 30 mg pr. liter vand gældende fra 2006 er overholdt i hele perioden. Udledning til havet sker fra Tyra Vest A.

Emission til atmosfæren sker fra elfremstilling på Tyra Vest A og Tyra Vest E og fra sikkerhedsbetinget gasafbrænding på Tyra Vest D.

På Tyra Vest er der installeret en gasturbineeffekt på omkring 72 MW.

3.8.2 Rørledninger

Rørledninger transporterer gas og væske mellem Tyra Øst og Vest. Dertil kommer rørledninger med våd gas fra Halfdan og Valdemar og eksport af gas til det europæiske marked via NOGAT systemet.

Tabel 3.8.2. Rørledningerne omfatter:

Diameter, Tommer	Funktion	Fra	Til	Længde, km
6	Olie/kondensat	Tyra Vest D	Tyra Øst E	3
14	IP gas	Tyra Vest D	Tyra Øst E	3
24	LP gas	Tyra Vest D	Tyra Øst C	3
24	Eksportgas	Tyra Vest E	Tyra Øst C	3
10	HP gas	Tyra Vest E	Tyra Øst C	3
12	Vådgas	Valdemar B	Tyra Vest B	19
26	Eksportgas	Tyra Vest E	F3-FB	99
24	Vådgas	Halfdan D/BA	Tyra Vest E	27

Rørledningen til gaseksport fra Tyra Vest E til NOGAT-systemet ejes sammen med DONG (50 % / 50 %) med Mærsk Olie og Gas AS som operatør. Rørledningen blev taget i drift i 2004.

3.8.3 Tyra Øst

Tyra Øst omfatter:

- TEA Behandling og beboelse med helikopterdæk
- TEB Brøndhoved
- TEC Brøndhoved
- TED Afbrænding
- TEE Stigrør og understøtning af bromodul
- TEF Stigrør og understøtning af bromodul

Tabel 3.8.3. Brøndhovedplatformene omfatter følgende brøndstyr og brønde:

	Styr	Brønde
TEC	12	12
TEB	24	22

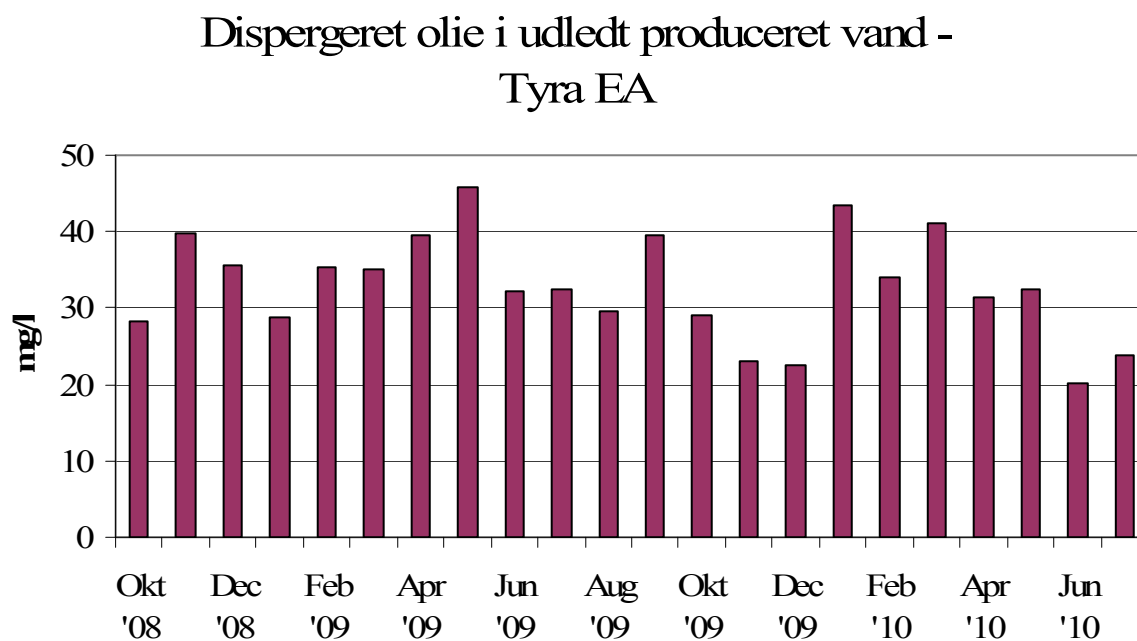
Behandlingsanlæggene på Tyra Øst omfatter:

- Tre separationstog
- Et anlæg til stabilisering af olie med tilhørende lav- og mellemtrykskomprimering, samt pumper til transport af olien til Gorm.
- Modtageanlæg for undersøiske multifaserørledninger fra satellitfelter bestående henholdsvis af beholdere til adskillelse af gas fra olie og kondensat fra vand, begge kondenseret i rørledningen (gas ”slug catcher”), samt til adskillelse af gas og væske (væske ”slug catcher”).
- Tre afvandingsanlæg.
- To køleanlæg baseret på køling med freon.
- Seks komprimeringstog.
- Tilsætning af strømningsforbedrende additiv til olien.
- Tre anlæg til rensning af produktionsvand. Det ene er baseret på centrifuger mens de to andre baseret på hydrocykloner og afgasser. Nødvendigt hjælpe- og sikkerhedsudstyr, inklusive redningsbåde.
- Beboelse til 96 personer og helikopterdæk.

Tabel 3.8.4. De nuværende behandlingskapaciteter på Tyra Øst er:

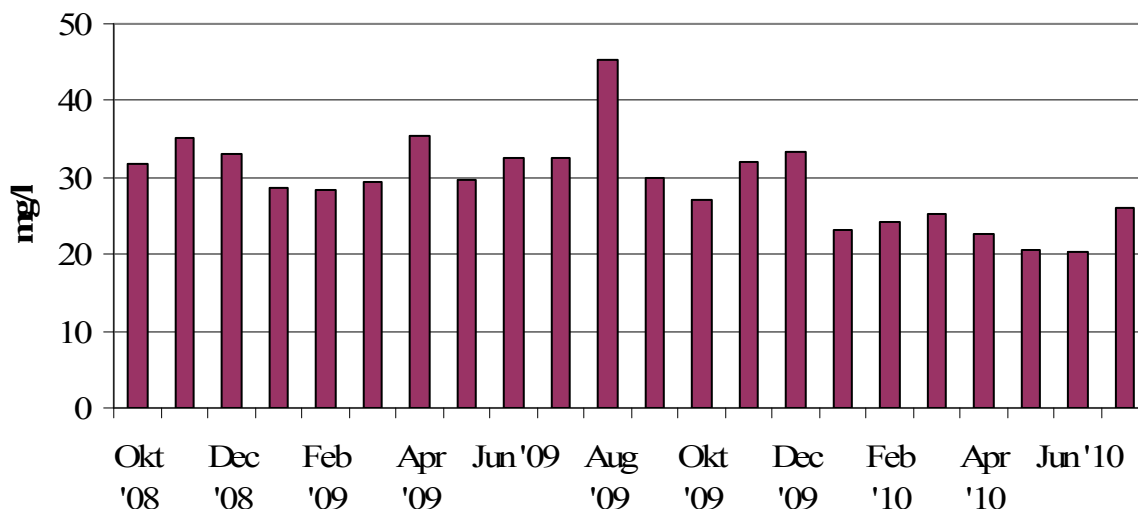
Funktion	Enhed	Tyra Øst
Væskeseparering	m ³ /d	29,000
Gasseparering	mio. Nm ³ /d	25
Produktionsvandbehandling	m ³ /d	14,000
Afvanding	mio. Nm ³ /d	19
Komprimering af højtryksgas	mio. Nm ³ /d	16
Kulbrintedugpunktsbehandling	mio. Nm ³ /d	16
Stabilisering (af kondensat)	m ³ /d	12,720

Vandbehandlingsanlæggene på Tyra Øst består af et anlæg er med centrifuger (3 stk.) samt to anlæg med hydrocykloner og afgasser.



Figur 3.16. Restolieindhold i udledt produktionsvand fra Tyra EA

Dispergeret olie i udledt produceret vand - Tyra EF



Figur 3.17. Restolieindhold i udledt produktionsvand fra Tyra EF bromodule

Den nuværende udledning fra Tyra Øst er vist i figur 3.16 og 3.17. Det gennemsnitlige restolieindhold er:

- Tyra Øst A ca. 33 mg/l
- Tyra Øst F ca. 29 mg/l

Rensningseffektiviteten fra netop disse platforme har således haft svært ved at leve op til målsætningen om et restindhold på under 30 mg pr. liter vand per måned. Årsagen er primært ustabile produktionsforhold relateret til operationen af den lange rørledning til Harald/Svend. Som følge heraf arbejdes der på at forbedre proces kontrol samt vandbehandlingssystemerne. Produktionsvand og spildevand udledes fra Tyra Øst A og F.

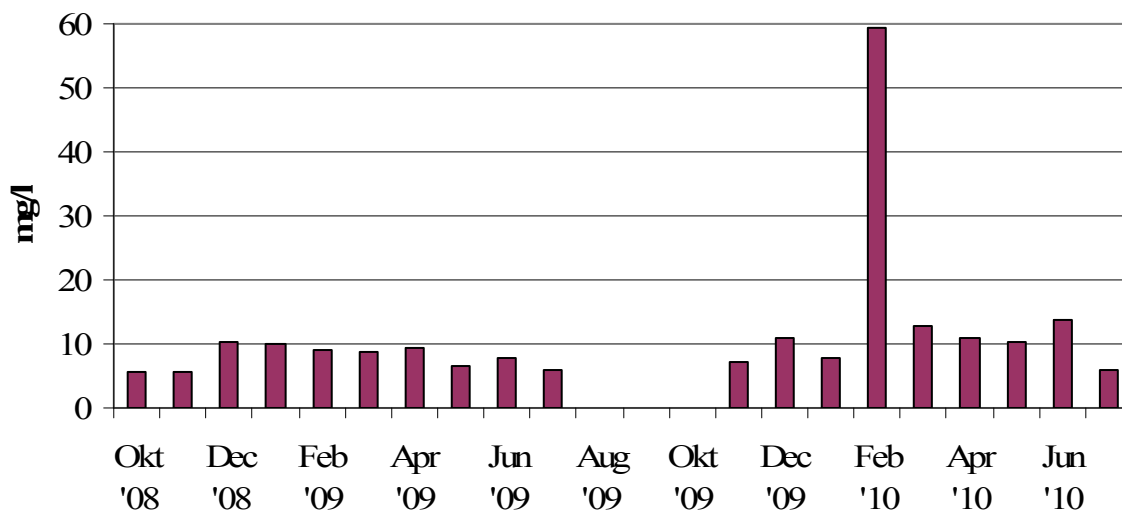
Emission til atmosfæren sker fra Tyra Øst A fra elfremstilling og fra Tyra Øst D som følge af sikkerhedsbetinget gasafbrænding.

På Tyra Øst er der installeret en samlet gasturbineeffekt på ca. 62 MW.

3.8.4 Bemandede satellitplatforme

Harald feltet er et bemandet satellitfelt knyttet til Tyra centeret. Der er behandling af gas, væske og produceret vand på Harald (se Appendiks 1, figur 14).

Dispergeret olie i udledt produceret vand - Harald



Figur 3.18. Restolieindhold i udledt produktionsvand fra Harald A

Det gennemsnitlige restolieindhold er 10 mg/l. Kun i et enkelt tilfælde er målsætningen om 30 mg pr. liter vand per måned overskredet.

Platformkomplekset på Harald omfatter:

- Harald A brøndhoved og behandling
- Harald B Beboelse til 16 personer med helikopterdæk

Harald A omfatter 8 brøndstyr med pt. 6 brønde (4 i Haraldreservoiret og 2 i Lulitareservoiret).

Behandlingsanlægget på Harald A omfatter:

- Højtryksgasseparator til adskillelse af gas og kondensat.
- Turboekspanderanlæg til kontrol af gassens vand- og kulbrintedugpunkt med tilsætning af metanol for at forebygge dannelsen af hydrater.
- Lavtryksseparator med kompressor.
- Anlæg til genindvinding af metanol.
- Nødvendigt hjælpe- og sikkerhedsudstyr.
- Et anlæg til behandling af produceret vand baseret på hydrocykloner og en afgasser.

- Siden 2010 drives Harald ved lavt tryk, så en ny kompressor og et turboeksperanderanlæg er blevet installeret.
- I forbindelse med det kommende Trym projekt ændres Harald tilbage til højtryksdrift.

Gassen eksporteres til Tyra Øst til komprimering og videre eksport til land. Fra-separeret væske eksporteres ligeledes til Tyra Øst, hvor den færdigbehandles til eksport.

Tabel 3.8.5. Den nuværende og planlagte behandlingskapacitet på Harald er:

Funktion	Enhed	Kapacitet
Olie	m ³ /d	6,300
Gas	Mio. Nm ³ /d	8
Produktionsvand	m ³ /d	2,400

Udledning til havet af spildevand og produceret vand sker fra Harald A. Emission til atmosfæren sker fra Harald A og B fra kraftfremstilling samt fra Harald A som følge af sikkerhedsbetinget gasafbrænding.

På Harald er der installeret en samlet gasturbineeffekt på omkring 14 MW.

3.8.5 Ubemandede satellitplatforme

Følgende ubemandede satellitplatforme producerer til Tyra Øst:

- Valdemar AA og AB
- Valdemar BA
- Svend A
- Roar A
- Tyra Sydøst A

Platformene er vist på Appendiks 1, figur 15, 16, 17 og 18. Ovennævnte platforme er alle af STAR typen med et A-type dæk omfattende følgende brøndstyr og brøndhoveder:

	Styr	Brønde
Valdemar AA	6	6
Valdemar AB	10	8
Valdemar BA	10	7
Svend A	7	4
Roar A	7	4
Tyra Sydøst A	7	7

Der er ikke behandlingsanlæg på de ubemandede satellitter.

Platformene er i vid udstrækning ens. På Valdemar AA findes alene en produktionsmanifold og multifasemåler til måling af produktionen, som i en enkelt undersøisk multifaserørledning eksporteres til Tyra Øst. På Valdemar BA findes alene en produktionsmanifold og multifasemåler til måling af produktionen, som i en enkelt undersøisk multifaserørledning eksporteres til Tyra Øst via Roar. På Svend A er tilsvarende faciliteter samt en søvandskøler til køling af produktionen, inden den eksporteres via multifaserørledningen mellem Harald og Tyra Øst. På Roar A, Valdemar AB og på Tyra Sydøst separeres gas og væske. Gas og væske transporteres i separate rørledninger til Tyra Øst. Til forebyggelse af dannelse af hydrater i gasrørledningerne tilsættes hydratinhibitor, som importeres fra Tyra Øst til Roar og Tyra Sydøst via rørledninger.

Der er ikke installeret beboelse eller helikopterdek på disse platforme. Bemanding foretages fra båd i roligt vejr under tilstrækkelige belysningsforhold.

Med undtagelse af emission fra de installerede dieselgeneratorer (max. 60 kW per enhed) sker der ikke udledning til miljøet fra satellitplatformene.

Valdemar AB og Valdemar BA, er bygget med et enklere dæk og med strømforsyning fra Tyra Øst via et undervandskabel, hvorved der ikke er lokale emissioner til atmosfæren.

Valdemar AB forsyner også Valdemar AA med strøm fra undervandskablet.

3.8.6 Rørledninger

Tabel 3.8.6. Tyra behandlingscentret omfatter følgende rørledninger, der alle er forbundet til Tyra Øst:

Diameter, tommer	Funktion	Fra	Til	Længde, km
30	Gaseksport	Tyra Øst E	Nybro	215
12	IP gas	Dan FB	Tyra Øst E	33
8	IP gas	Gorm E	Tyra Øst E	16
14	Råolie	Tyra Øst E	Gorm E	16
16	Våd gas	Tyra Sydøst	Tyra Øst B	11
8	Væske	Tyra Sydøst	Tyra Øst B	11
24	IP gas	Harald A	Tyra Øst F	80
16	Væske	Harald A	Tyra Øst F	85
8	Væske	Valdemar AA	Tyra Øst E	20
16	Våd gas	Roar A	Tyra Øst E	11
8	Væske	Roar A	Tyra Øst E	11
6	Olie/kondensat	Tyra Vest D	Tyra Øst E	3
14	IP gas	Tyra Vest D	Tyra Øst E	3
24	LP gas	Tyra Vest D	Tyra Øst C	3
24	Eksportgas	Tyra Vest E	Tyra Øst C	3
10	HP gas	Tyra Vest E	Tyra Øst C	3
16	HP gas	Valdemar BA	Roar A	7

Note: IP står for mellemtrykgas

IP gasledningen fra Harald A til Tyra Øst F ejes af DONG med Mærsk Olie og Gas AS som operatør.

Desuden er installeret servicerørledninger ("umbilicals"), hvorigennem der føres kemikalier såsom korrosionsinhibitor til injektion i produktionen fra Roar, Svend, Valdemar AA og AB samt Tyra Sydøst.

3.9 Nye anlæg siden VVM2005

Siden VVM 2005 blev udsendt er der kommet en række udbygninger til. Størst er udbygningen af Halfdan procescenteret med satellitplatformene (BA, BB og CA). Halfdan BD er ved at blive installeret og forventes i drift i 2Q2011. Derudover er Valdemar BA installeret og sat i drift.

Endvidere er de eksisterende behandlingsfaciliteter på Dan F, Gorm, Skjold, Tyra Vest og Tyra Øst samt på Harald tilpasset de ændrede produktionsforhold som følge af boring af yderligere brønde.

En række nye rørledninger er anlagt mellem platformene i forbindelse med de nye platforme. I alt er installeret 8 nye rørledninger.

3.10 Olieeksportsystem

3.10.1 Generelt

DUC's samlede olieproduktion eksporteres gennem det af DONG ejede olieeksportsystem: Gorm E platformen, undervandsrørledningen til Filsø pumpestation på Jyllands vestkyst samt landrørledningen fra Filsø til terminalen i Fredericia. Herfra lastes olien til tankskibe i Fredericia havn via Shells lastesystem. Der anvendes typisk tankskibe i størrelsesordenen 50.000-120.000 tons dødvægt. Olien sejles oftest til raffinaderier i Baltikum, Nordsøområdet og Canada.

Kapaciteten af olierørsystemet er omkring 60.000 m³/døgn ved tilsætning af friktionsreducerende additiv ("Drag Reduction Agent") til olieeksporten på Gorm E og i Filsø.

Såfremt der skulle opstå behov for alternativ olieeksportkapacitet, f.eks. som følge af midlertidige hindringer for brug af det eksisterende eksportsystem, kunne supplerende kapacitet etableres ved udlastning via bøjle offshore nær platformene. Udlastning offshore er antaget at kunne få en kapacitet i størrelsesordenen 20.000 m³/døgn.

3.10.2 Udlastning offshore

Der er følgende muligheder for afskibning med tankbåd:

- fra en fast lagertank placeret på havbunden
- fra en flydende lagertanker

Den førstnævnte løsning involverer meget store etableringsomkostninger, og vil kun være attraktiv såfremt behovet for offshore udlastning er meget langvarigt. Da dette

imidlertid ikke forventes, anses sidstnævnte løsning for mest hensigtsmæssig. Denne løsning vil endvidere kunne etableres med forholdsvis kort varsel.

Flydende lagertank kunne etableres ved:

- Eksport over lastebøje med tankbåd liggende, indtil denne er fyldt, hvorefter den afgår, og ny tankbåd overtager pladsen.
- En bøjeforankret lagertanker, "Floating Storage and Offloading" (FSO), hvortil transporttankere fortøjes, og olien overføres.
- En "turret"-forankret lagertanker, hvor tankbåden er forankret gennem en fast forbindelse (turret) til havbunden. Transporttankere fortøjes, og olien overføres.

Førstnævnte metode involverer nedlukning af produktion i forbindelse med udskiftning af tankbåden og anses derfor ikke som hensigtsmæssig undtagen ved meget kort tids drift.

En bøjeforankret FSO involverer relativt små etableringsomkostninger og kan etableres rimeligt hurtigt. En "turret"-forankret tanker vil involvere større etableringsomkostninger med væsentlige investeringer i ombygning af FSO'en; desuden er etableringstiden relativt lang. Alle løsninger anses for at have en høj driftssikkerhed.

I miljømæssig henseende vurderes de tre løsninger stort set ens. På denne baggrund forventes bøjeforankret lagertanker for at være det mest sandsynlige valg, såfremt behovet skulle opstå for ekstra olieeksportkapacitet.

3.10.3 Bøjeforankret lagertanker (FSO)

Fra den faste platform føres olien gennem undersøisk rørledning til et punkt tæt ved bøjen, hvor FSO'en er fortøjet.

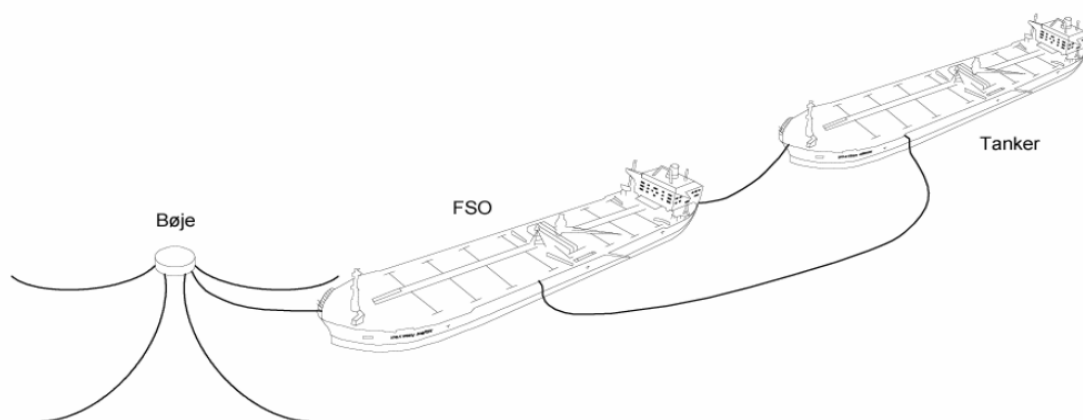
Bøjen kan være:

- Flydende på havoverfladen
- Flydende i vandet mellem havbunden og havoverfladen
- På havbunden

En løsning med en bøje flydende mellem havbunden og havoverfladen er ikke anvendelig på de lave vanddybder i Centralgraben.

Med flydende lastebøje slutter lasterørledningen på havbunden under bøjen med et overgangsstykke til en fleksibel stigrørsslange, som forbindes til lastebøjen (Figur 3.19).

LASTNING AF TANKER FRA LAGERTANKER (FSO)



Figur 3.19 Lastning af tanker fra lagertanker (FSO)

Stigrørsslangen er typisk fastgjort til underdelen af bøjen. Bøjen forankres normalt ved anvendelse af kæder udlagt i stjerneform, typisk 3, 6 eller 9 kæder. Kæderne danner en blød kurve fra bøjen ned til havbunden. Da kæderne er omkring 500-600 m lange, ligger de på havbunden fra kontaktpunktet ud til et forankringspunkt, som kan være enten et anker eller en pæl nedrammet i havbunden. Forankringsformen gør, at bøjen ved påvirkning fra den forankrede lagertanker og fra bølger kan give efter ("excursion") med udvisning af stadig større modstand ("restoring force"). På den øverste del af bøjen er normalt monteret et stort leje ("turntable"), som tillader bøjens overdelen at dreje i forhold til underdelen. FSO'en er fortøjet til overdelen af bøjen med en fortøjnings-trosse. En flydeslange fører olien fra overdelen af bøjen til FSO'en. Olien føres fra underdelen af bøjen, hvortil stigrørsslangen er forbundet til overdelen via en drejesamling ("swivel"), som tillader overførsel af olie under rotation af overdelen i forhold til underdelen.

Såfremt bøjen er fast på havbunden, vil undervandsrørledningen være forbundet til denne, og den fleksible stigrørslange vil forbinde bøjen direkte med FSO'en.

Transporttankbåde fortøjer til FSO'en, og olien pumpes gennem en flydeslange fra FSO'en til tankbåden. Når tankbåden er fyldt, afgår den, og en ny tankbåd kan overtage pladsen når nødvendigt.

Lækage i bøjesystem kan ske ved:

- Fra og tilkobling af slanger. Slangesystemet for tilkobling er udstyret med ventiler til at forhindre sådanne lækager. Ved svigt af ventilerne kan spild af små mængder olie ske.
- Fysisk beskadigelse af flydeslangerne fra FSO til tankskib og fra bøje til FSO. Ved anvendelse af dobbeltvæggede flydeslanger, som har to-lagsbeskyttelse med indikation af lækage allerede ved første lag. Ventiler vil ved tryktab lukke for yderligere olietilførsel.

- Overførselsslangen belastes i træk til lækage. Ved installation af en "Anti Pollution Marine Break Away Coupling" i slangen kan risiko for spild reduceres væsentligt.
- Tætningerne i drejesamlingen til overførsel af olie mellem den roterende del og den forankrede del af bøjen kunne lække. Lækagen vil være begrænset og let at observere, hvorefter lækagestedet kan isoleres ved lukning af ventiler.
- Svigt af en eller flere kæder i forankringssystemet, som kan medføre overlast af stigrørsslangeforbindelsen mellem den fastforankrede del af bøjen og rørledningen til platformen. Ventiler vil sikre, at kun olieindholdet i rørledningen bliver spildt.
- Påsejling af lagertankeren enten af forbisejlende skib eller fra transport-tankeren. Førstnævnte kan lede til større oliespild, da en tank i FSO'en i værste tilfælde kan få hul til søen. Med "tandem" fortøjning af transporttankeren til FSO'en vil sidstnævnte normalt kun kunne beskadige FSO'en agterende, hvilket ikke forventes at kunne forårsage et større oliespild. Desuden skal alle skibe over 300 bruttoregister tons have et AIS (Automated Identification System) system installeret således at der færdes kan registreres.

Følgeligt vurderes størrelsen af et evtuel oliespild fra en lastebøje at være i størrelsesordenen 200 m³ svarende til volumet af rørledningen til lastebøjen.

Med fastforankret bøje på havbunden vurderes risikoen for oliespild stort set at være tilsvarende. Med en karakterskala fra 1 til 3, hvor 3 er god og 1 mindre god er sammenligningen:

	Flydende bøje	Havbunds- forankret bøje
Driftbarhed	2	2
Sårbarhed (lækage)	3	2
Omkostninger	2	2
Driftssikkerhed	2	2
Sum	9	8

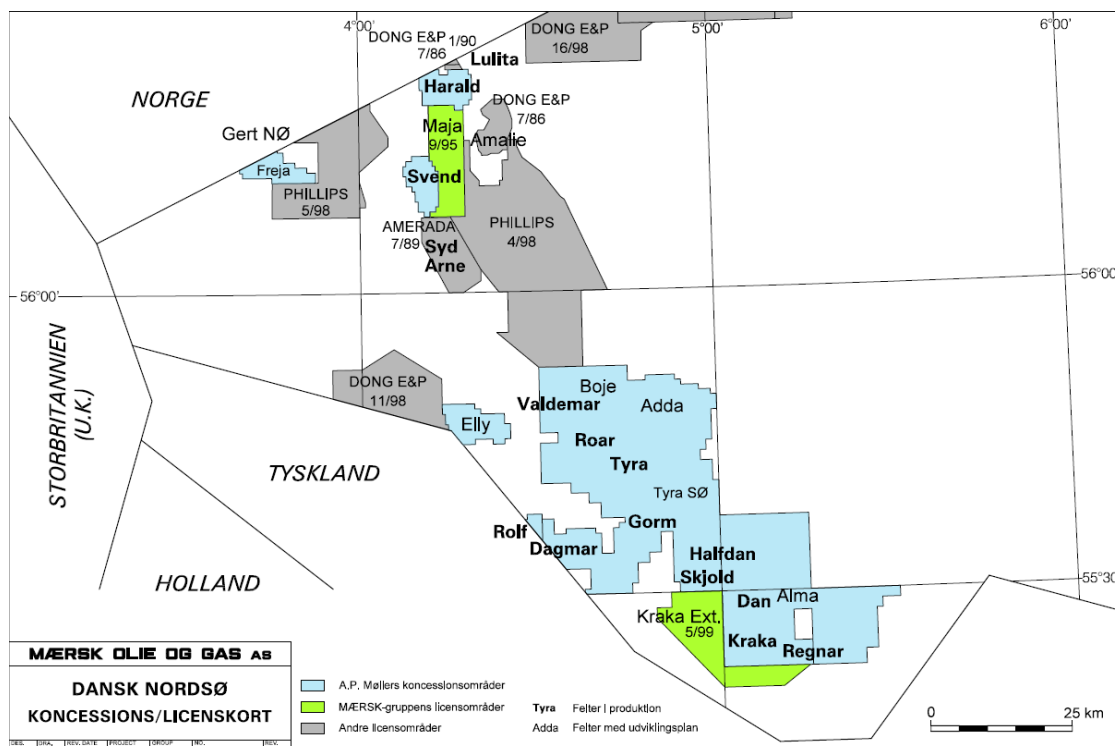
Driftbarheden af flydebøjen er vurderet til at være god med mulighed for overvågning og let adgang for vedligehold. For en havbundsforankret bøje vurderes sårbarheden at være større end for en flydebøje, da stigrørsslangen vil kunne blive beskadiget under oversejlingen af bøjepositionen. Driftstiden, hvor systemet er i funktion, er ikke væsentligt forskellig for de to systemer, men vurderes at kunne blive lidt højere for en flydebøjeforankring.

Lastebøjen vil kunne placeres ved Gorm, hvor der fra tidligere brug allerede er udlagt kæder til forankring af lastebøje og eksportørledning til bøjestedet, eller ved Dan F. Overordnet vurderes det at sandsynligheden for at det skulle blive nødvendigt med anvendelse lastebøje systemet er meget begrænset.

4. BORING AF BRØNDE

Siden 2005 er der boret 84 brønde med henvisning til VVM 2005. Forventningerne til aktivitetsniveauet i de kommende år på samme niveau som tidligere. Nærværende miljøvurdering omfatter således yderligere 150 brønde, som forventes boret fremover i aktivitetsområdet.

Placeringen af nuværende og allerede planlagte udbygninger fremgår af figur 4.1.



Figur 4.1 Felternes placering i Aktivitetsområdet

4.1 Generel beskrivelse

Det kan ikke på forhånd nøjagtigt fastsættes, hvor inden for aktivitetsområdet de 150 brønde vil blive boret. Nedenfor er præsenteret en skønnet fordeling baseret på den nuværende viden om felterne og de eksisterende og planlagte udbygninger.

Som det senere vil fremgå, er de miljømæssige forhold i aktivitetsområdet ganske ensartede (Kapitel 6), og det gør derfor ikke en væsentlig miljømæssig forskel, hvor brøndene til sin tid etableres.

Tabel 4.1 Skønnet fordeling af nye brønde.

Antal brønde fordelt på Center	
Dan Center	
Dan	18, heraf 6 multilaterale
Kraka	4
Alma	1
Halfdan Center	
Halfdan	19, heraf 5 multilaterale
Halfdan Nordøst	0
Gorm Center	
Gorm	6, heraf 5 nye og 1 genboring
Dagmar	3
Tyra Center	
Tyra	13
Svend	1
Bo (Valdemar BA)	13
Boje (Valdemar)	2
Valdemar N. Jens	12
Lulita	2, heraf 1 genboring
Adda	5, heraf 4 multilaterale
Elly	2
Luke	2
Harald	11
Freja	6
Nye prospekter	30, heraf 5 multilaterale
I alt	150

Ovennævnte brønde er at betragte som en ramme, inden for hvilken behovet for brønde de kommende år skønnes at kunne indeholdes. Brøndantallet og fordelingen må forventes at blive justeret undervejs. Brøndene kan være olie- og gasproduktionsbrønde og vand- og gas (inkl. CO₂) injektionsbrønde.

De felter i Centralgravsområdet af den danske del af Nordsøen, der opereres af Mærsk Olie og Gas AS, udgør et veludbygget produktionsområde med faldende produktionsrater fra de eksisterende brønde. Boring af yderligere produktions- og injektionsbrønde kan bibeholde det eksisterende produktionsniveau over en længere periode. Der forventes dog en faldende olie- og gasproduktion med årene, mens den totale vandproduktion og vandinjektion øges.

4.2 Boreteknik

Konventionel boring

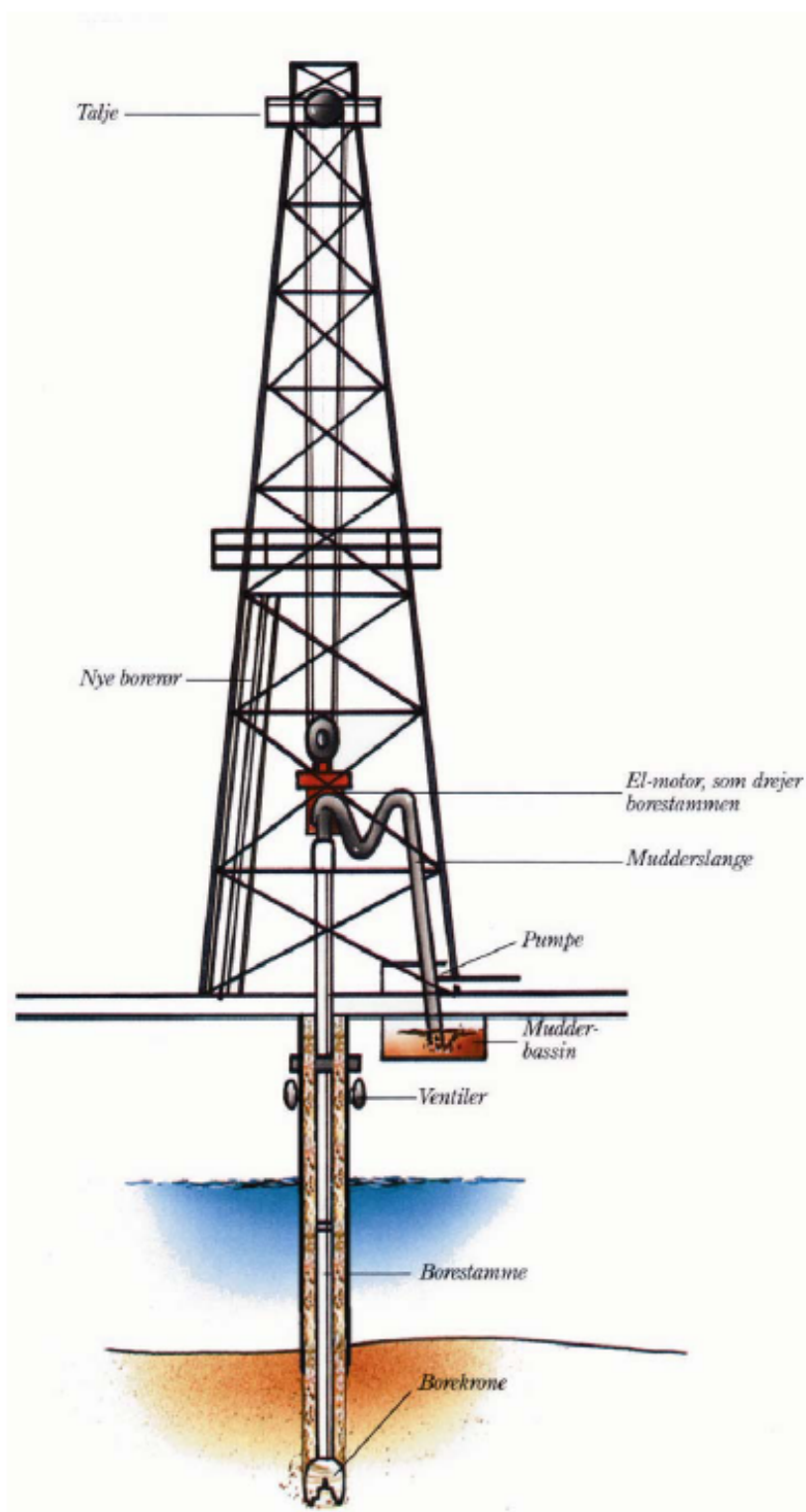
Brønde i havområder bores fra faste platforme, jack-up borerigge, semi-submersible borerigge eller boreskibe. I den danske sektor, hvor vanddybden er forholdsvis lav, anvendes normalt jack-up borerigge, som består af et skrog med boreudstyr, hjælpeudstyr, helikopterdæk og beboelse, understøttet af 3 eller flere ben. Benene er gitterkonstruktioner med fortanding i hjørnerne på benene, hvorved benene ved hjælp af tandhjul fastgjort til skroget kan hæves og sænkes. Nederst på hvert ben er monteret ”spud cans”. Jack-up riggen kan flyde på skroget, når benene er trukket helt op, og flyttes fra sted til sted på denne måde. Under boring står riggen på sine ben med ”spud cans” funderet i havbunden, og skroget hæves ud af vandet, fri af bølgerne. En typisk jack-up borerig er vist på figur 4.2; foran boreriggen ses en STAR platform (Kraka).



Figur 4.2 Typisk jack-up borerig (Mærsk Endeavour), ved Kraka STAR platformen

Figur 4.3 er en principskitse af en boreoperation. En borekrone er fastgjort til et stål-rør, som er ophængt i boretårnet og kan roteres. Boringen indledes ved, at borekronen sænkes ned gennem et kraftigt forerør, som i forvejen er rammet ned i havbunden. Bo-

restrengens vægt på bunden af brønden og borekronens rotation får boret til at arbejde sig ned gennem de geologiske formationer.



Figur 4.3 Skematisk oversigt over brøndboring

Hver gang der er boret en vis dybde, typisk 28 meter, stoppes boreoperationen, og en ny længde borerør skrues på, før boringen fortsættes. De sammenskruede rør kaldes borestammen. Figur 4.4 viser typiske borekroner.



Figur 4.4 Typiske borekroner

Borekronen slides under brug og udskiftes med mellemrum. Hele borestammen hejses da op samtidig med, at rørene skrues fra hinanden, indtil borekronen når op til overfladen. Når ny borekrone er monteret, skrues borestammen sammen igen og nedsænkes i borehullet, og boring kan genoptages. Figur 4.5 viser sammenføjning af borerør.



Figur 4.5 Sammenføjning af borerør

Under boring pumpes en blanding af vand og ler (boremudder) ned gennem borestammen og ud gennem borekronen. Da borekronen, og dermed borehullet, har større diameter end borerørene, kan boremuddet passere op langs brønden på ydersiden af borestammen og tilbage til riggen. Her renses det bl.a. i sigter med forskellige hulstørrelser, som udskiller knust udboret materiale (borespåner eller "cuttings"). Det rensede boremudder genanvendes.

Boremudder har flere funktioner:

- Det afkøler og smører borekronen.
- Det skyller og løfter udboret materiale ("cuttings") fra bunden af borehullet op til overfladen.
- Det skaber et hydrostatisk tryk i borehullet, der forhindrer, at olie eller gas strømmer ind i borehullet, således at ukontrolleret udblæsning af olie og gas ("blow-out") kan undgås.
- Det modvirker, at borehullets vægge falder sammen, når der bores i løse bjergarter.
- Det forseglar borehulsvæggen, således at borevæske ikke tabes til formationen.

Borehullet fores med stålrør, når boringen når bestemte dybder. Disse vælges på baggrund af geologiske overvejelser (f.eks. ustabile lag) og trykforhold i de gennem-borede lag. Foringsrørene cementeres fast til formationen. Når boring af brønden er afsluttet, er brønden foret ned til toppen af reservoiret med cementerede stålrør. Reservoirsektionen af brønden vil i mange tilfælde også blive helt eller delvist foret, afhængigt af reservoirforholdene og den valgte stimuleringsteknik. Der sættes op til fem sådanne foringsrør i brønden, hver gang med en mindre diameter end den foregående. Figur 4.6 viser klargøring foringsrørene.



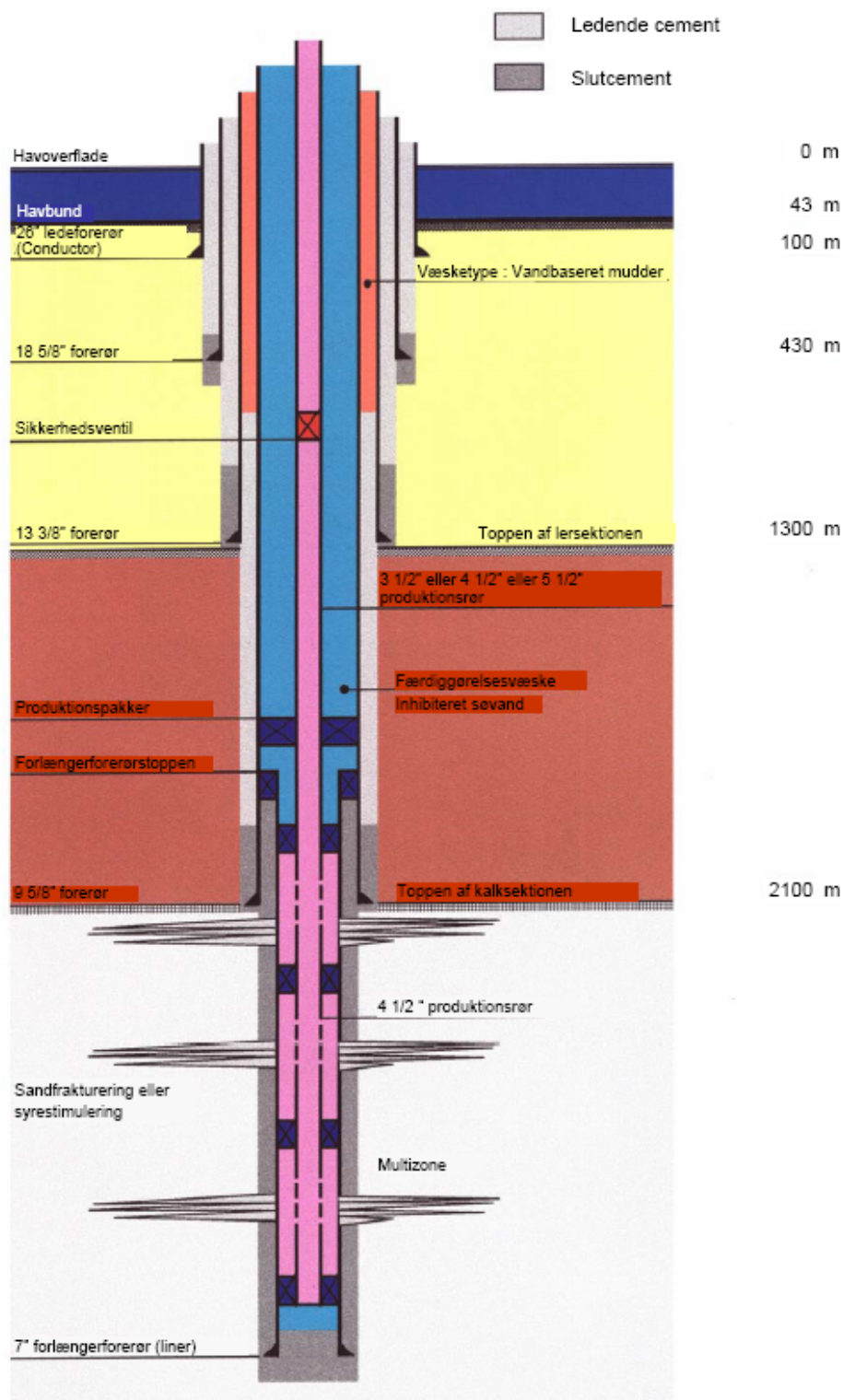
Figur 4.6 Klargøring af foringsrør

Når boret har nået den fastlagte dybde, renses brønden ved at cirkulere alt det udborede materiale ud, og brønden færdiggøres, enten ved at cementere foringsrør i hele eller dele af reservoirsektionen eller ved at installere et ucementeret og præ-perforeret foringsrør (CAJ liner).

I de tilfælde, hvor der er installeret et cementeret forerør i reservoirsektionen, udskiftes boremudderet med tungt saltvand ("brine") som forberedelse til at installere produktionsudstyr i brønden. Forerøret perforeres ved hjælp af små sprængladninger, hvorved der etableres adgang til formationen. Til sidst udskiftes det tunge saltvand med ibrugtagningssvæske ("completion fluid"), som er korrosionsinhiberet havvand, og det endelige produktions- eller injektionsrør inkl. "downhole" sikkerhedsventil installeres, se figur 4.7. Herefter installeres et sikkerhedsventilsystem på overfladen, så brønden altid kan lukkes, et såkaldt "juletræ" (Christmas tree) øverst på brønden, se afsnit 4.5.9. Herigennem føres produktionen til behandlingsanlægget.

I de tilfælde, hvor der foretages CAJ liner stimulering, udskiftes boremudderet i CAJ liner sektionen som regel ikke før stimulering. Som forberedelse til at installere produktionsudstyret i brønden udskiftes boremudderet i den øvre del af brønden med tungt slat vand (brine). CAJ liner stimulering er nærmere beskrevet i afsnit 4.3.

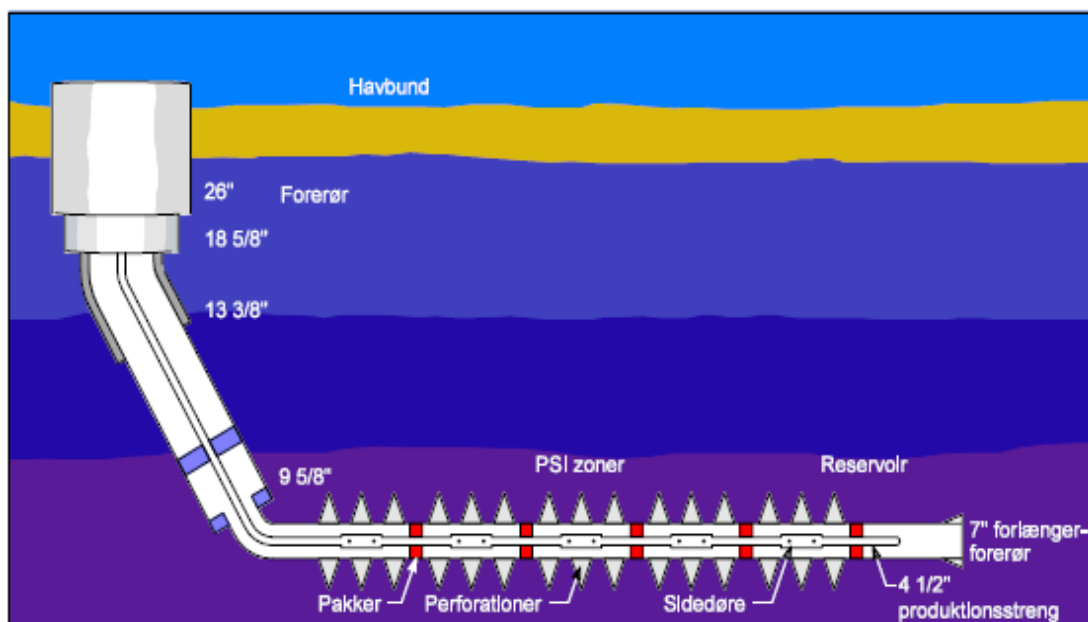
Efter stimulering og installation af produktions- eller injektionsrør er brønden klar til brug. Figur 4.7 viser en skematisk opbygning af en typisk produktionsbrønd med tre perforerede zoner.



Figur 4.7 Typisk brønddiagram for udviklingsbrønd

Mærsk Olie og Gas AS borer ofte brønde, som gradvist afbøjes, så brønden i reservoiret er vandret og kan perforeres over en større længde ved anvendelse af teknologierne: individuelle zoner (figur 4.8), CAJ liner eller en kombination af begge færdiggørelsesmetoder, se afsnit 4.3. Vandrette boringer anvendes specielt i tynde kalkreser-

voirer med lav gennemtrængelighed. Den vandrette del af brønden kan være mere end 5.000 m lang.



Figur 4.8 Færdiggørelse af en typisk horisontal brønd

Såfremt en brønd ikke bores fra en platform og dermed ikke umiddelbart skal sættes i produktion, vil dele af brønden typisk blive sikret med cement, og foringsrøret vil ved overfladen blive monteret med tryktætte låg. Det største foringsrør (conductoren) vil blive efterladt skåret af 1-2 m over havbunden, og en deflektor vil virke som afviser af fiskenet m.m.

Hvis en brønd ikke skal anvendes mere, vil brønden blive sikret med cement og forrørene skåret af 1-2 m under havbunden, og havbunden reetableres.

Mærsk Olie og Gas AS anvender i forbindelse med boring af brønde moderne teknologi og for lange horisontale brønde med mange individuelle zoner er Mærsk Olie og Gas AS blandt de førende. Mærsk Olie og Gas AS arbejder fortsat på at forbedre teknologien. Ny forbedret teknik og metoder, som måtte blive udviklet, såsom placering af brønde efter "Fracture Aligned Sweep Technology" (FAST) princippet og brøndstimulering med CAJ liner, vil blive anvendt til boring og færdiggørelse af brønde, når dette skønnes hensigtsmæssigt.

4.2.1 Brøndmønstre og brøndtyper

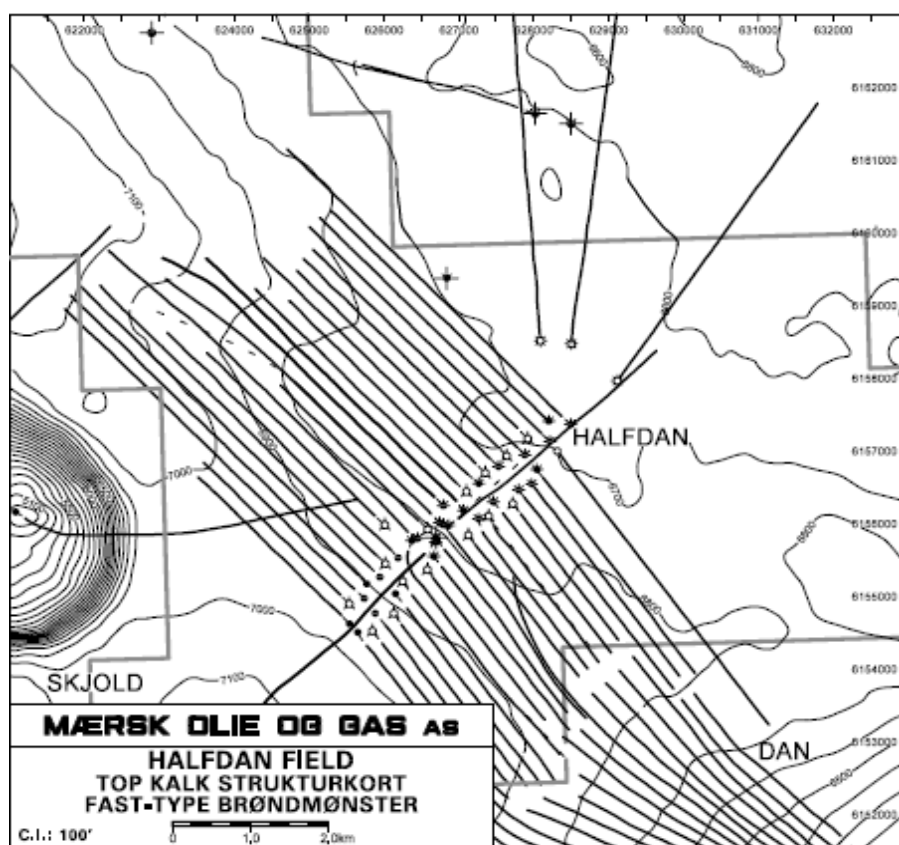
Efterhånden som reservoirerne udbygges mere og viden om olie- og gasudbredelsen øges, kan senere brønde placeres under hensyntagen hertil. Dette har gennem tiden ført til udvikling af forskellige typer af brønde og mønstre i henhold til, hvilke brønde placeres bedst de enkelte steder.

Mærsk Olie og Gas AS har blandt andet arbejdet meget med opsprækning af reservoirformationen for at øge brøndens forbindelse med reservoiret og mindske tryktabet tæt ved brønden. Det foretages ved at pumpe vand ned i brønden ved et tryk, der overstiger formationens styrke.

I de seneste fem år er der arbejdet meget med at udvikle nedenstående tre nye koncepter, hvoraf særligt det først beskrevne er blevet udviklet og anvendt af Mærsk Olie og Gas AS.

FAST brøndmønster

I bl.a. Halfdanområdet er produktions- og vandinjektionsbrøndene boret skiftevis som lange parallelle, vandrette produktions- og injektionsbrønde, se figur 4.9. Brøndene er placeret parallelt med den oprindelige hovedspændingsretning i reservoirformationen. Derved opnås, at opsprækning af brøndene så vidt muligt vil forløbe parallelt med brønden. Denne udbygningsteknik kaldes ”Fracture Aligned Sweep Technology” (FAST) og er først anvendt i Halfdanområdet. Herved opnås bedst mulig fortrængning af olie fra vandinjektionsbrønde mod produktionsbrønde, og indvindingsgraden forbedres. Samtidig forventes risikoen for vandgennembrud mindsket med lavere mængde produceret vand til følge.

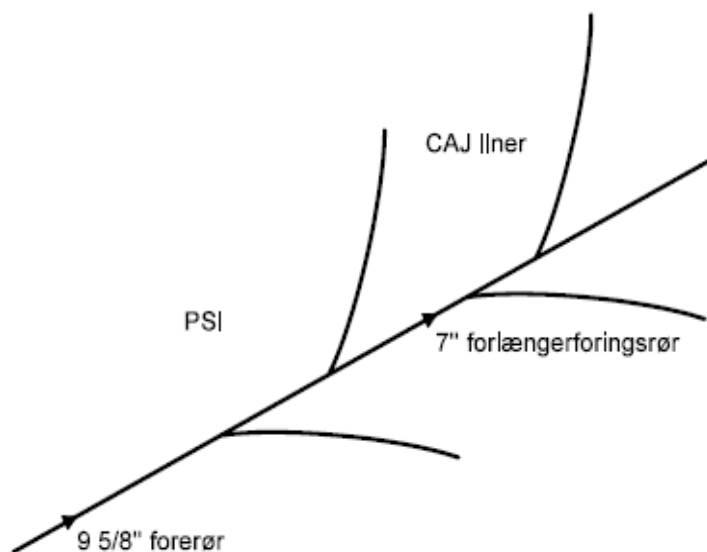


Figur 4.9 FAST-type brøndmønster

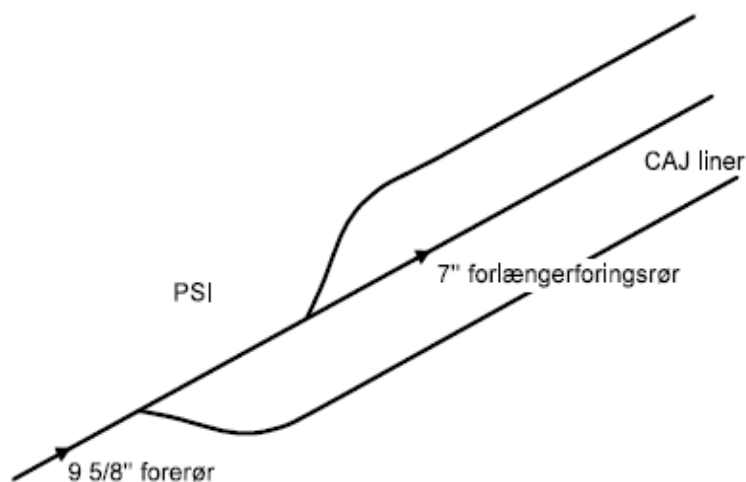
Planlagte sidespor – Multilaterale brønde

I nogle reservoirer kan det i forbindelse med boring af en horisontal brønd være en fordel at bore et eller flere sidespor i reservoiret for derved at dræne et større område for kulbrinter. Herved opnås, at der kun skal bores ét tophul med deraf følgende reducerede kemikalieforbrug og udledning.

Sidespor kan enten bores i en vinkel bort fra den oprindelige brønd – i et fiskebensmønster, som Kraka A-6 - eller orienteres parallelt med denne og danne et gaffelmønster (se figur 4.10).



Figur 4.10a Fiskebenstype multilaterale brøndmønster



Figur 4.10b Gaffeltype multilaterale brøndmønster

Forgrenede brønde etableres ved først at bore en (horisontal) brønd. En afbøjningsanordning føres ned i brønden til den dybde, hvor det yderste sidespor skal laves, og der skæres et hul i foringsrøret med specielle fræsehoveder. Et sidespor bores horisontalt ud i reservoiret. Boreværktøjet trækkes ud af brønden, afbøjningsanordningen fjernes eller flyttes længere op i den oprindelige brønd, hvor et eller flere yderligere sidespor etableres.

Sidesporene kan enten have samme hul diameter som moderbrøndsporet, typisk 8-1/2", eller lidt mindre f.eks. 6", hvorved kemikalieforbruget og udledningen under boreprocessen mindskes.

Sidesporene kan eventuelt stabiliseres med foringsrør og samplingsanordninger mellem grene og hovedrør i brønden. Eventuelt cementeres foringsrørene. Sidespor kan også færdiggøres med CAJ liner.

I de seneste 5 år er der boret 7 multilaterale brønde på Halfdan, og det forventes at der fremover vil blive boret multilaterale brønde flere steder, f.eks. på Dan og Svend.

Monobore - "Expandable casing"

Tophulssektionen i en typisk brønd bores først med en stor diameter borekrone, typisk 22" – 16". Hver gang der sættes forerør, må den efterfølgende borekrones diameter mindskes, og huldiameteren reduceres således gradvist til typisk 8-1/2" i reservoiret. En ny foringsrørsteknik er imidlertid under udvikling, hvor tophulssektionen bores med en huldiameter på måske kun 10-3/4". Foringsrørene installeres som ved en traditionel boring, men diameteren er kun 8-1/2", når de føres ned i brønden, hvorefter de med specialværktøj udvides til 9-1/2".

Teknologien for monobore brønde er stadig under. Mærsk Olie og Gas AS har anvendt "expandable casing" (foringsrør der kan udvides) på en specifik hulsektion på i alt 6 brønde. På sigt kan Monobore teknikken mindske udledningen og kemikalieforbruget under boringen af de øverste sektioner af brønden.

"Drilling with liner"

I særlige tilfælde kan det være nødvendigt at anvende en teknik, hvor et foringsrør anvendes i stedet for borerør til at bore den sidste del af en brøndsektion. Det kan for eksempel være ved boring i overgangen mellem en formation med højt tryk og en formation med lavere tryk og dermed høj risiko for tab af boremudder til formationen samt risiko for at gøre hullet ustabil. Ved at bore med foringsrør bliver sektionen foret så snart den er boret, og brøndhulssammenstyrtning kan dermed forhindres.

Underbalanceret boring

I konventionel boring anvendes en muddervægt, der som minimum giver en hydrostatisk kolonne i brønden der modsvarer brøndens tryk. Når boremudderet pumpes rundt, ser brønden et højere tryk, der svarer til det tryktab, der sker på grund af friktion når mudderet cirkuleres på ydersiden af borestrengen. Dette tryk er den ækvivalente cirkulations massefylde ("ECD" – "Equivalent Circulation Density"). I nogle tilfælde overstiger mudderets "ECD" det tryk hvor formationen revner (fraktureringstryk), og det kan derfor være nødvendigt at anvende en lavere muddervægt, således at den resulterende ECD bliver lavere end formationens fraktureringstryk. Dette kaldes underbalanceret boring, idet muddervægten dermed resulterer i en hydrostatisk kolonne, der giver et lavere tryk end formationens. For at undgå at brøndvæske eller gas trænger ind i brønden, er det nødvendigt at anvende et roterende ventilsystem på toppen af borestammen for at holde brøndens modtryk.

"Coiled Tubing" boring

Hvor en hultørrelse på ca. 3-1/2" i diameter er tilstrækkelig, kan "coiled tubing" boreteknikken anvendes, eventuelt som et eller flere sidespor til en eksisterende konventionel brønd.

"Coiled tubing" er et langt kontinuert stålrør med en diameter på typisk 2" til 2-3/8", som er spolet op på en tromle. Tromlen anbringes på platformen eller på en forsyningsbåd, hvorfra stålrøret via en injektionsanordning på platformen føres ned i brøn-

dens øverste styrerør eller en eksisterende brønd. I enden af stålrøret er monteret en mudderdrevet motor med en 3-1/2" borekrone.

Boremuddertanke og cirkulationssystem, som i princippet svarer til systemerne på en borerig, men med mindre kapacitet, etableres på platformen og forbindes med "coiled tubing" systemet.

Sidespor bores typisk med boremudder bestående af havvand eller andet saltvand tilsat smøremidler og polymerer, men der kan forekomme tilfælde, hvor almindeligt vand-baseret boremudder foretrækkes. De udledte mængder er væsentligt mindre end for konventionel boring.

Coiled tubing boring har været anvendt på Kraka, Gorm og Tyra felterne, desværre med begrænset succes, idet det med "coiled tubing" boring er vanskeligt at styre boret i den ønskede retning, og det tynde borehul ikke kan stabiliseres med foringsrør.

Brøndreparationsarbejde

Enten for at bibeholde brønd sikkerheden eller for at optimere henholdsvis produktion eller injektion kan det være nødvendigt at reparere en brønd efter den har produceret eller injiceret i flere år. I nogle tilfælde er det nødvendigt at placere en borerig over brønden for at muliggøre udtrækning af produktions- og/eller foringsrør. I andre tilfælde kan det være tilstrækkeligt at foretage reparationen direkte fra platformen ved at anvende værktøjer, der føres ned i brønden på en stålline, "wireline" eller "coiled tubing". Ved mellemstore brøndreparationer kan man endelig anvende en hydraulisk reparationsenhed, hvor et boretårn med hejseværk placeres direkte over brønden og muliggør udtrækning og installation af produktionsrør. Ved anvendelse af en hydraulisk reparationsenhed er brønden typisk hele tiden under tryk og al væske og gas fra brønden føres direkte til platformens produktionsfaciliteter.

4.2.2 Fordeling af brøndtyper

Tabel 4.2 nedenfor giver oversigt over de brøndtyper, der forventes anvendt fremover. Den forventede fordeling fremgår af tabel med stimuleringstyper i afsnit 4.3.

Brøndtyperne 1, 3 og 4 har 18-5/8" tophulsforingsrør, der hindrer, at eventuel gas i øvre jordlag trænger ind i boringen. 18-5/8" tophulsforingsrør udelades ved boring i områder, hvor der ikke forekommer gas i disse øvre jordlag (brøndtype 2). Brøndtype 1 og 2 færdiggøres med CAJ liner i reservoiret, mens reservoiret i brøndtyperne 3 og 4 har dels en zone sektion og dels en CAJ liner sektion. Yderligere er brøndtype 4 en multi-lateral brønd med to sidespor, hver med CAJ liner.

Tabel 4.2 Oversigt over brøndtyper

Hul diameter, Tommer	Foringsrør, Tommer	Sektion/ dybde, m	Brøndtyper			
			1	2	3	4
22	18- ⁵ / ₈	0-500	x		x	x
16	13- ³ / ₈	0-1.500	x	x	x	x
12- ¹ / ₄	9- ⁵ / ₈	0-5.000	x	x	x	x
8- ¹ / ₂	7	2.500-6.000			x	x
8- ¹ / ₂	CAJ	2.500-12.000	x	x	x	x
8- ¹ / ₂ / 6	CAJ Sidespor	2.500-12.000				x

Det antages, at der vil blive boret et 22" tophul i tre af de fire brøndtyper, ligesom tophulssektionen og reservoirsektionen er antaget at være henholdsvis 1.000 og 2.000 m længere end nogen hidtidig brønd i aktivitetsområdet. Dette giver en konservativ (maksimal) vurdering af kemikalieforbrug og udledninger under boreprocessen, cementering og stimulering.

Afhængigt af formationerne i det pågældende område kan vurdering- og efterforskningsbrønde være designet med andre typer foringsrør og huldiametre end specificeret i tabel 4.2.

4.3 Stimulering

Som det sidste kan det være nødvendigt at forbedre forbindelsen mellem reservoirformation og brønd. Det kaldes stimulering:

- Syrestimulering (Matrixsyrestimulering af PSI zoner og CAJ liner)
- Syrefrakturering (Syreopsprækning)
- Væske/sandfrakturering (Sprækkedannelse og sandfyldning)

Stimulering med syre foregår ved pumpning af typisk 15 % saltsyre ned i brønden. Syren ætser grænselaget, der er aflejret på borehulsvæggen under boreprocessen og ætser et stykke ind i kalkformationen ved dannelse af et system af små gennemstrømningskanaler og skaber derved en bedre kontakt til formationen.

Ved syrefrakturering pumpes syren ned under så højt tryk, at formationen revner, og syren derved trænger længere ud i formationen og ætser kanaler.

Væske/sandfrakturering foregår ligeledes ved pumpning af væske, evt. vand, ned under højt tryk, hvorved revner dannes i formationen. Undertiden anvendes en geléagtig væske med en høj koncentration af grovkornet sand til at indføre sand i de dannede revner for at forbedre muligheden for at sprækkerne forbliver åbne. Sandfrakturering anses ikke at forøge miljøpåvirkningen i forhold til syrefrakturering.

Efter en stimulering forbliver størstedelen af de forbrugte kemikalier i formationen, se afsnit 4.5.5. Overskydende reaktionsprodukter forventes over tid at blive tilbageproduceret gennem produktionsbehandlingsanlægget sammen med olien og gassen.

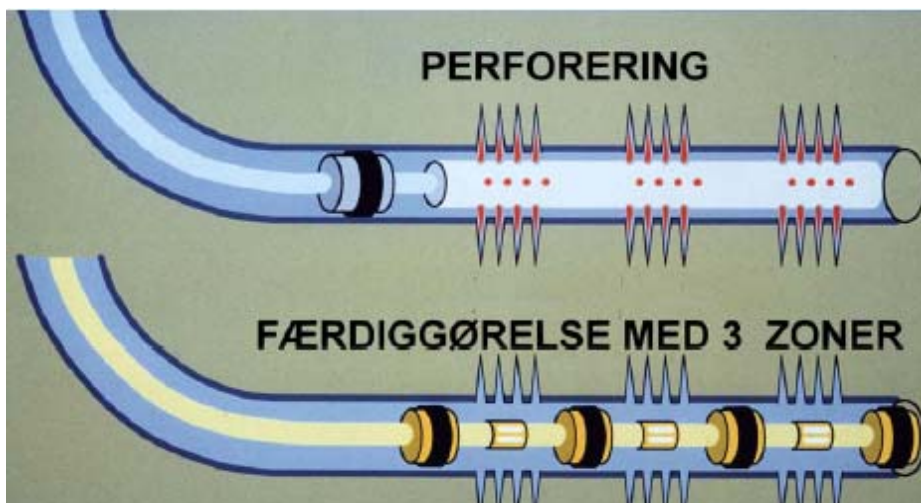
Stimuleringsoperation offshore foretages ofte ved udstyr placeret på specielt indrettede stimuleringsbåde, se figur 4.11. De lange horisontale brønde stimuleres enten i enkelte zoner ad gangen, flere ad gangen eller over store brøndlængder ved CAJ liner stimulation. Kombinationer af disse metoder anvendes også.



Figur 4.11 Stimuleringsbåd klar til at rigge op til stimuleringsarbejde

4.3.1 Zonestimulering

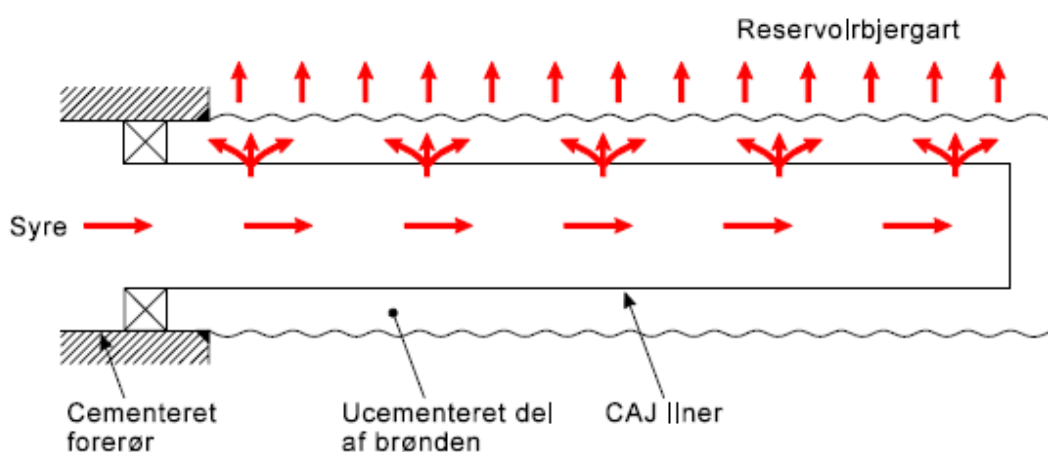
Ved zonestimulering af enkelte eller få zoner ad gangen opdeles brønden i sektioner ved hjælp af pakningselementer. Der skabes adgang til de enkelte sektioner gennem sidedøre i produktionsrøret, som kan åbnes og lukkes. Figur 4.12 viser princippet med individuel styring af de enkelte sektioner. Figur 4.11 viser en stimuleringsoperation. Jack-up riggen Mærsk Endeavour er placeret ved en brøndhovedplatform, og figuren viser en stimuleringsoperation udført fra en stimuleringsbåd.



Figur 4.12 Perforering og færdiggørelse af brøndsektion

4.3.2 CAJ Liner stimulering

Kontrolleret syrestimulering med CAJ (Controlled Acid Jetting) liner er en stimuleringssteknik, der er udviklet af Mærsk Olie og Gas AS. En CAJ liner er en lang perforeret liner i reservoirsektionen, hvorigennem syren fordeles effektivt langs hele reservoirsektionen. Perforeringerne i lineren er fordelt således, at syren fordeles ensartet langs hele CAJ lineren. Ved CAJ stimulering er det muligt at etablere meget lange horisontale brønde med god kontakt til reservoirformationen også i de yderste sektioner, hvor det ikke er muligt af nå ud med sædvanligt coiled tubing udstyr. Figur 4.13 illustrerer CAJ liner syrestimulering.



Figur 4.13 CAJ liner syrestimulation

4.3.3 Planlagt stimulering

Nedenstående Tabel 4.3 præsenterer en oversigt over, hvorledes de fremtidige 150 brønde forventes stimuleret. Brøndantal på de enkelte felter samt stimuleringsmetode kan dog ændres i takt med yderligere produktions- og stimulerings erfaring fra felterne

indhentes. Det skønnes dog, at de resulterende mængder og udledninger samlet set er forsigtigt (højt) sat.

Tabel 4.3 Oversigt over forventede brøndtyper.

Færdiggørelse Stimulering		Brønd-type				
		1 & 2	3	3	3	4
Center / felt	Brønde i alt	CAJ	Zone & CAJ Matrixsyre	Zone & CAJ Syrefrac	Zone & CAJ Sandfrac	Zone & CAJ Multilateral Matrixsyre
Dan						
Dan	18		11	1		6
Kraka	4					4
Alma	1				1	
Halfdan						
Halfdan	19	5	9			5
Halfdan Nordøst	0	0				
Gorm						
Gorm	6		6			
Dagmar	3		3			
Tyra						
Tyra	13		13			
Valdemar N. Jens	12		9		3	
Svend	1		1			
Bo (Valdemar BA)	13		2		11	
Boje (Valdemar BA)	2		1		1	
Adda	5		1			4
Elly	2				2	
Luke	2		2			
Harald	11				11	
Lulita	2		2			
Freja	6		6			
Nye prospekter	30	7	13	3	2	5
Ingen stimulering						
Brønde totalt	150	12	79	4	31	24

4.4 Prøveproduktion

Vurderings- og afgrænsningsbrønde prøveproduceres ofte for at bestemme produktionskapaciteten i forlængelse af færdiggørelse af brønden.

Bores der fra en eksisterende platform, vil produktionsudstyret på platformen blive anvendt. Olie, gas og vand fra prøveproduktionen vil sædvanligvis blot blive ført sammen med den øvrige produktion på platformen.

Prøveproduktion af brønde boret fra borerig placeret væk fra en platform gennemgås i afsnit 4.5.8.

4.5 Udledninger

Under etableringen af en brønd udledes normalt følgende materialer:

- Boremudder
- Borespåner ("cuttings")
- Cement
- Adskillelsesvæske ("Spacer")
- Tungt saltvand ("Brine")
- Forbrugt stimuleringsvæske
- Ibrugtagningssvæske ("Completion Fluid")
- Andre kemikalier
- Olieudløb i forbindelse med produktionstest

Heraf udgør boremudder og borespåner de største mængder.

For de 150 brønde i nærværende vurdering er anført forsigtige (høje) skøn over udledninger, jf. også afsnit 4.2-4.3. Skønnet er blandt andet forsigtigt idet brøndene antages at blive længere og mere komplicerede end normalt, se afsnit 4.2.2.

4.5.1 Boremudder

Der anvendes forskellig type boremudder afhængigt af, hvilken hulsektion der bores. I den øverste del af brønden (20" til 22" hulsektionen) anvendes tophulsmudder, som hovedsagelig består af præhydreret bentonit i ferskvand. Der tilsættes kaustisk soda for at holde pH-værdien på 9,5 til 11,5. Dette bevirker, at leret i formationen nedbrydes. Kalk tilsættes for at sikre, at muddret får den ønskede viskositet til f.eks. at løfte borespåner op.

Tophulsmudder genanvendes til næste hulsektion (typisk 16"). Det udborede ler nedbrydes og bliver en del af muddersystemet. Der tilsættes mere kalk, kaustisk soda og havvand for at opretholde den rette viskositet og muddervægt. Når denne sektion er boret færdig, udledes muddret, da indhold af faste partikler ikke mere tillader genbrug.

12-1/4" hulsektionen bores typisk gennem dybder med ler fra Tertiærtiden. For at modvirke, at leret optager vand fra boremuddret og svulmer op, anvendes vandbaseret KCl/glykolmudder. Desuden tilsættes kemikalier, som:

- Smører
- Opbygger en filterkage ind mod formationen
- Tilpasser viskositet og reologi
- Tilpasser borevæskens massefylde
- Mindsker opsvulmning af leret
- pH stabilisator

Baryt anvendes til at øge borevæskens massefylde i 12-1/2", 8-1/2" og 6" hulsektionsmuddersystemerne.

De 150 brønde, som denne VVM omfatter, forventes boret delvist med anvendelse af olie eller syntetisk baseret mudder i 12-1/4", 8-1/2" og 6" hulsektionerne.

Olie- eller syntetisk baserede muddersystemer kan i særlige tilfælde komme på tale ved teknisk komplicerede brønde med høj vinkel, lange sektioner, eller hvis friktionen mellem borestammen og formationen bliver et problem. Anvendelse af olie- eller syntetisk baserede muddersystemer kan også finde sted ved boring af dybe brønde med højt tryk og/eller høj temperatur. I de seneste 3 år har det været nødvendigt at anvende oliebaserede muddersystemer på flere brønde på grund af en højere grad af teknisk vanskelige boringer. Olie eller syntetisk baseret mudder bringes til land til genindvin-
ding.

Ved anvendelsen af olie såvel som vandbaseret borevæske sker der en fordampning, som i høj grad er afhængig af borevæske temperaturen. Ved anvendelse af olie baseret bore-mudder er det i alt overvejende grad vandfasen af boremuddet der fordamper.

Vandbaseret boremudder fra 12-1/4" sektionen genanvendes normalt i den næste hulsektion (8-1/2"), hvor de gennemborede lag typisk består af kalk. I disse tilfælde tilsættes der ikke yderligere KCl og glykol, da kalk ikke på samme måde som leret svulmer op ved påvirkning af vand. Andre gange udledes muddet fra 12-1/4" sektionen efter cementering af foringsrøret og der fremstilles nyt mudder til 8-1/2" sektionen for eksempel på grund af stor forskel i den nødvendige muddervægt eller krav til reologiske egenskaber. Vandbaserede muddersystemer til 8-1/2" sektionen består fortrinsvis af lerpartikler, baryt og polymerer. De tilsatte lerpartikler bruges til at regulere viskositeten og forbedre muddrets smøreevne. Polymererne tilsættes som et filterreducerende middel, der tætnet borehulsvæggen. Når brøndens endelige dybde er nået, udledes det vandbaserede boremudder.

Ved boring af særligt lange brønde eller ved boring af multilaterale brønde kan det være nødvendigt at fortsætte med yderligere en hulsektion (6"). I det tilfælde anvendes samme muddersystem som ved 8-1/2" hulsektionen.

Det vurderes, at op til 90 % af det vandbaserede boremudder udledes til havet, mens ca. 10 % presses ud gennem borehulsvæggen og ud i formationen.

Den største mængde af de kemikalier, der udledes med muddet er på den såkaldte OSPAR PLONOR-liste (Pose Little Or No Risk to the environment) og kategoriseres som "grønne" kemikalier. Der foretages løbende udskiftning af andre kemikalier med mere miljøvenlige kemikalier, når disse bliver til rådighed, jf. Afsnit 9.

I nærværende vurdering antages, at der i gennemsnit udledes 12.560 m³ vandbaseret boremudder pr. brønd. Til sammenligning var den faktiske udledning af vandbaseret

boremudder ca. 7.295 m³ pr. brønd i 2009, hvor der blev boret 12 brønde og heraf 10 med vandbaseret mudder. Det væsentligt lavere faktiske mudderforbrug skyldes dels, at der kun blev boret få store 22" diameter tophulssektioner, at der blev anvendt olie-baseret mudder på flere brønde samt at gennemsnitsbrøndlængden var ca. 25.400 fod (ca. 7.700 m) mod 30.000 fod (ca. 9.140 m) og de fleste er i denne vurdering med 22" diameter tophulssektion. For de forventede multilaterale brønde må påregnes et øget mudderforbrug, og derfor er det høje skøn fastholdt.

I tilfælde, hvor boringen giver anledning til særlige problemer, såsom manglende hulstabilitet, ekstraordinært tab af mudder i formationen, gas og olie i mudderet, uplanlagt fastlåsning af borestammen i hullet, m.v. kan brug af følgende produkter blive nødvendig:

- Midler til at mindske tab af mudder til formationen
- Opskumningsreducerende midler
- pH justerende midler
- Midler til udfældning af kalcium
- Baryt til øgning af densiteten
- Korrosionshæmmende midler
- Biocid – midler til at hæmme bakterievækst
- Midler til stabilisering af leret
- Fortyndingsmidler
- Alternative midler til styring af viskositeten og reologien
- Midler til at frigøre borestammen ved fastlåsning i borehullet
- Midler til behandling af cement i muddersystemet

Vurdering af de miljømæssige konsekvenser ved anvendelse af disse produkter behandles i afsnit 7.2 og 8.1.

4.5.2 Borespåner ("cuttings")

Borespåner ("cuttings") fra formationen, udboret ved anvendelse af et vandbaseret boremuddersystem, udledes til havet.

I denne vurdering regnes i gennemsnit med udledning af ca. 1140 m³ borespåner pr. brønd, hvilket anses som et forsigtigt skøn. Til sammenligning var den faktiske udledning af borespåner ca. 420 m³ pr. brønd i 2008, hvor der blev boret 18 brønde.

Borespåner, udboret ved anvendelse af et olie- eller syntetisk baseret boremudder, bringes til land, renses og restprodukter deponeres forsvarligt i henhold til tilladelser fra myndighederne. Alternativt bortskaffes borespånerne ved at knuse og efterfølgende reinjicere dem i undergrunden. Denne metode har dog ikke været anvendt af Mærsk Olie og Gas AS i Danmark endnu, men er en af de bortskaffelsesmetoder der vil blive kigget nærmere på fremover.

En ny teknologi der har været anvendt i nogle år i engelsk farvand muliggør udledning af borespåner fra oliebaseret mudder, og denne teknologi overvejes at blive anvendt i dansk sektor. Denne teknologi baseres på en stor knusemølle der kværner borespånerne hvorved temperaturen i møllen stiger og vand og olie afdamper og separeres efter-

følgende i en olie- og vandfase. De efterladte borespåner indeholder typisk mindre end 0,1 % olie og kan efterfølgende udledes til havet.

Prognoserne for udledning af olie, kemikalier og borespåner til havet er udelukkende baseret på anvendelsen af vandbaseret mudder. Idet de udledte borespåner fra reservoirsektioner med en porøsitet på f.eks. 30% kan indeholde residual olie, vurderes det, at anvendelsen af boremudder samt knusemølle-teknologien i disse hulsektioner alt andet lige vil medføre en reduktion af den totale oliemængde, der udledes.

Selv ved vandbaseret boremudder kan borespåner og -mudder blive svagt olieholdige af olie fra formationen. Olieindholdet i borespåner og -mudder måles løbende.

Boreriggens system til fraseparering af borespåner fra boremudderet ("solids handling") forbedres løbende (bedre mekaniske rystemaskiner, med flere og mere fintmaskede sigter), således at boremudders egenskaber kan opretholdes i længere tid, med færre udskiftninger af boremudder til følge, og dermed mindre udledning af boremudder.

4.5.3 Cement

Foringsrørene 18- $\frac{5}{8}$ " og 13- $\frac{3}{8}$ " til henholdsvis 22" og 16" hulsektionerne cementeres på ydersiden mod formationen fra bunden af røret op til havbunden. Overskydende cement udledes til havet. Foringsrøret 9- $\frac{5}{8}$ " til 12- $\frac{1}{4}$ " hulsektionen cementeres mindst op til ca. 700 m ind i 13- $\frac{3}{8}$ " foringsrøret og om fornødent til havbunden. Udledning af cement forekommer normalt kun, hvis hullet er blevet væsentligt mindre end forventet, eller hvis cementen ikke fordeles jævnt i rumfanget i ringen mellem foringsrør og formation. En "spacer" (se nedenstående), som pumpes mellem mudder og cement for at hindre opblanding af cement i muddret, pumpes ofte tilbage til overfladen, hvor den udledes.

Det næste foringsrør på 7", som sættes i 8- $\frac{1}{2}$ " hullet, føres ikke til overfladen, men afhænges nederst i 9- $\frac{5}{8}$ " foringsrøret, hvortil 7" foringsrøret cementeres. Det er vigtigt, at 7" foringsrøret cementeres i den fulde omkreds mellem rør og formation. Derfor pumpes rigeligt med cement og serier af "spacere" foran cementen, og overskydende cement og "spacer" udledes. Samme forhold gør sig gældende for 5" foringsrøret i 6" hulsektionen, hvis denne bores.

Anvendes præ-perforeret foringsrør (f.eks. CAJ liner) i brønden vil dette ikke blive cementeret.

Det vurderes at cementering medfører udledning af mindre end 20 % af de anvendte kemikalier, mens de resterende ca. 80 % eller mere bindes mellem foringsrør og formation omkring brønden. I gennemsnit svarer det i denne vurdering til udledning af mindre end henholdsvis 75 m³ og 70 m³ cement og spacer, hvilket anses som et forsigtigt skøn. Ved beregningen er taget hensyn til, at borehullet kan være større end den nominelle diameter. Til sammenligning var udledningen af cement ca. 9 m³ og af spacer ca. 10 m³ pr. brønd i 2009, hvor der blev boret 12 brønde.

Cementblandingen er en API klasse G cement med additiver, der blandt andet styrer hærkningstiden, temperaturstabiliteten, udfældningsstabiliteten gasisolerende egenskaber samt pumpe-egenskaberne af cementen. "Spacer" består af havvand med enkelte additiver, typisk salte, overfladeaktive stoffer og polymerer samt additiver til at regulere massefylden.

4.5.4 "Brine"

Når 7" foringsrøret er installeret, bliver brønden rensed med havvand og muddet erstattes med tungt saltvand ("brine"). Massefylden af brinen er afstemt med trykket i reservoiret. I nogle tilfælde vil der blive anvendt en "spacer", der ligeledes er tung brine, til at rense mudder ud af brønden. Spacer bliver normalt udledt til havet. Det vurderes at op til 65 % af brinen bliver udledt til havet mens de resterende 35 % brine enten står tilbage i hulrummet mellem 7" forerøret og produktionsrøret (tubing) eller blive opsamlet og bragt i land med henblik på genanvendelse. Udledningen skønnes at være mindre end 795 m³ for en gennemsnitsbrønd, hvilket anses som et forsigtigt skøn. Til sammenligning var udledningen af brine ca. 445 m³ pr. brønd i 2009, hvor der blev boret 12 brønde.

4.5.5 Stimuleringsvæske

Når brønden er færdiggjort, er det ofte nødvendigt at forbedre forbindelsen fra formationen til brønden. Der anvendes tre typer af stimulering, se afsnit 4.3.

Efter en stimulering forventes en væsentlig del af de forbrugte kemikalier - mere end 80 % - at forblive i formationen. Den anvendte syre vil være reduceret til reaktionsprodukter og overskydende kemikalier produceres ind i produktionsbehandlingsanlægget.

Følgende typer af kemikalier bliver brugt ved brøndstimulering:

- Gelé
- Syre
- Korrosionshæmmere
- Gelénedbrydere
- Emulsionsopbyggere
- Emulsionsnedbrydere
- Sand eller keramisk fremstillet korn
- pH reguleringsmidler
- H₂S-hæmmende midler
- Overfladespændingsmidler

Efter stimuleringsarbejdet udledes en del af den væske, der står i stimuleringsrøret. Denne udledning udgør i gennemsnit 200 m³ per brønd. Den samlede udledning, inklusive tilbageproduktion af reaktionsprodukter fra stimuleringsprocessen, forventes i denne vurdering i gennemsnit at være mindre end 1.200 m³ per brønd.

Vurdering af de miljømæssige konsekvenser ved anvendelse af disse produkter er beskrevet i afsnit 7.2.3.

4.5.6 "Completion Fluid" (ibrugtagingsvæske)

Når produktionsstrengen bliver installeret, fyldes det ringformede rumfang mellem denne og forerøret med inhiberet havvand for at beskytte mod korrosion. Mindre tilbageblevne mængder af overskydende inhiberet havvand i tanke og rør vil blive udledt. Udledningen skønnes i denne vurdering i gennemsnit at være mindre end 238 m³ pr. brønd eller 65 % af den totale mængde, mens over 35 % vil blive i brønden. Det inhiberede havvand indeholder afltningsmiddel ("oxygen scavenger"), korrosionshæmmer (korrosionsinhibitor), bakterievæksthæmmer (biocid), antiskumningsmiddel ("defoamer") og kaustisk soda.

Til sammenligning var udledningen af inhiberet havvand 75 m³ pr. brønd i 2008, hvor der blev boret 18 brønde.

4.5.7 Andre kemikalier

Efter stimuleringsjobbet anvendes af og til "coiled tubing" til at udføre diverse operationer nede i brønden. For at sikre, at "coiled tubing" røret vil nå så langt ud i brønden som muligt, kan der blive behov for at anvende friktionsreducerende midler. Desuden anvendes metanol eller glykol, hvis der er fare for hydratdannelser (is-lignende forbindelser mellem vand og kulbrinter) i brønden. Disse kemikalier udledes normalt ikke, men produceres tilbage med olien og gassen.

4.5.8 Prøveproduktion af brønde

Prøveproduktion af brønd fra borerig foretages om nødvendigt for at vurdere brøndens produktionskapacitet, og om der er behov for at foretage yderligere brøndoperationer, mens boreriggen er til rådighed. På boreriggen installeres i så fald midlertidigt testudstyr, som i princippet svarer til et lille produktionsanlæg. Prøveproduktionen separeres i olie, gas og vand, der måles. Olie og gas afbrændes fra afbrændingsbom/tårn, der monteres på boreriggen. Vand udledes til havet. Brænderen er af en højeffektiv type, der sikrer en så fuldstændig afbrænding af strømmene som muligt. Ved opstart af processen kan der dog forekomme oliedråber, som falder ned på havoverfladen.

Som nævnt i afsnit 4.4 vil prøveproduktion fra brønd boret fra en eksisterende platform blive ledt ind i produktionsudstyret på platformen.

4.5.9 Sikring af brønde mod udslip

For at sikre sig at der ikke sker ukontrollerede udslip fra reservoiret, så opererer Mærsk altid med to uafhængige barrierer. Dette gælder både i borefasen og i produktionsfasen. Hvis en barriere svigter så må operationen ikke fortsætte før barrieren er genoprettet. Der anvendes forskellige barrierer afhængig af hvilken fase man er i. En barriere består af flere del komponenter. En barriere skal være afprøvet og overvåget for at tælle som en barriere.

Barrierer mod udslip under borefasen

Første barriere – boremuddret (med en massefylde som giver overtryk inde i borehullet. Der siver således lidt mudder ud i formationen, men ikke olie og gas den modsatte vej).

Anden barriere:

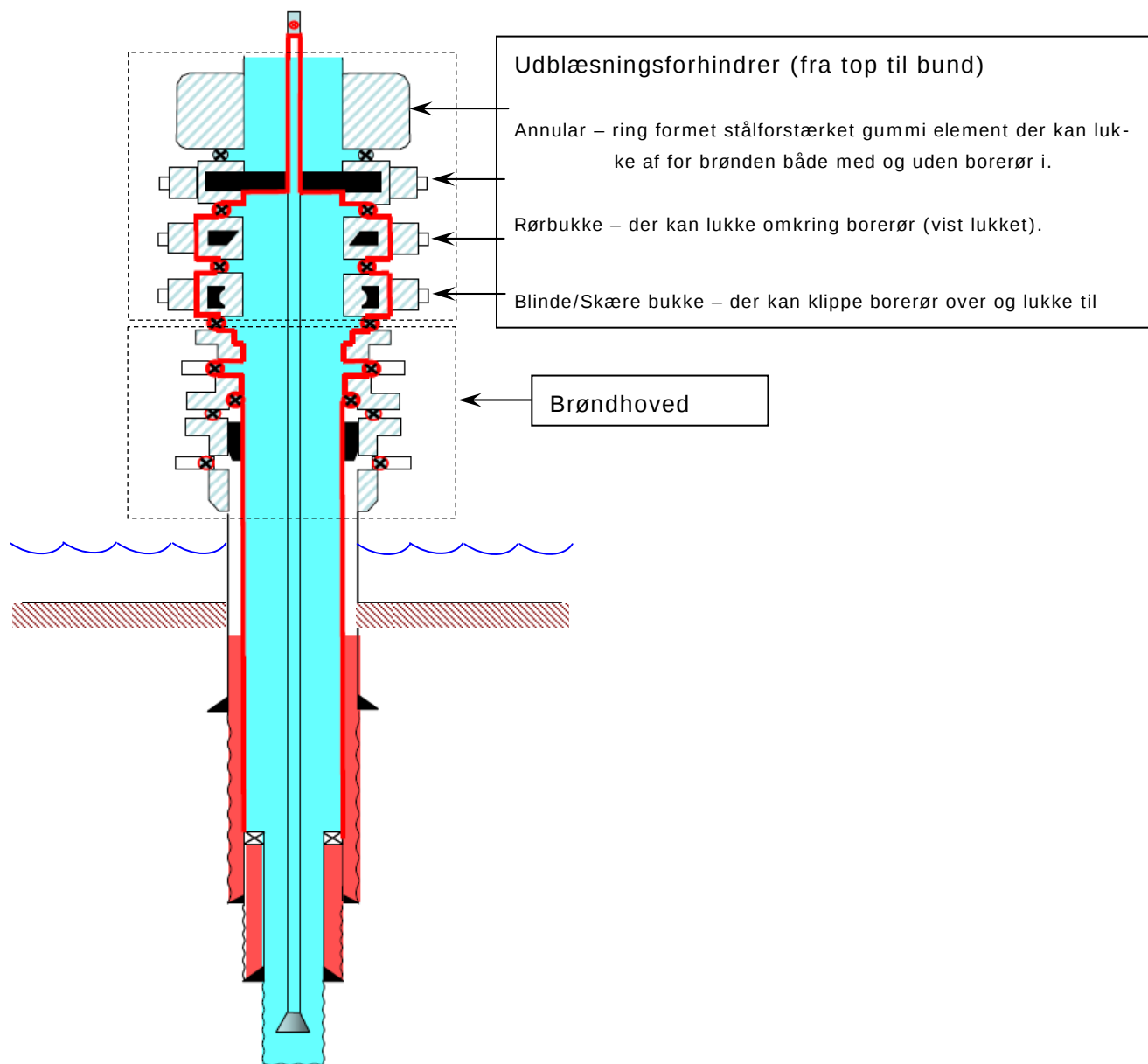
Forerørne

Cementen

Brøndhovedet

Udblæsningsforhindrerer (på Engelsk Blow-Out Preventer omtalt som BOP).

Ventil på toppen af borestrengen



Figur 4.14 Barrierer under borefasen

Billede nedenfor viser en såkaldt BOP på ENSCO 71



Figur 4.15 BOP på ENSCO 71

Barrierer mod uønsket udslip under produktionsfasen

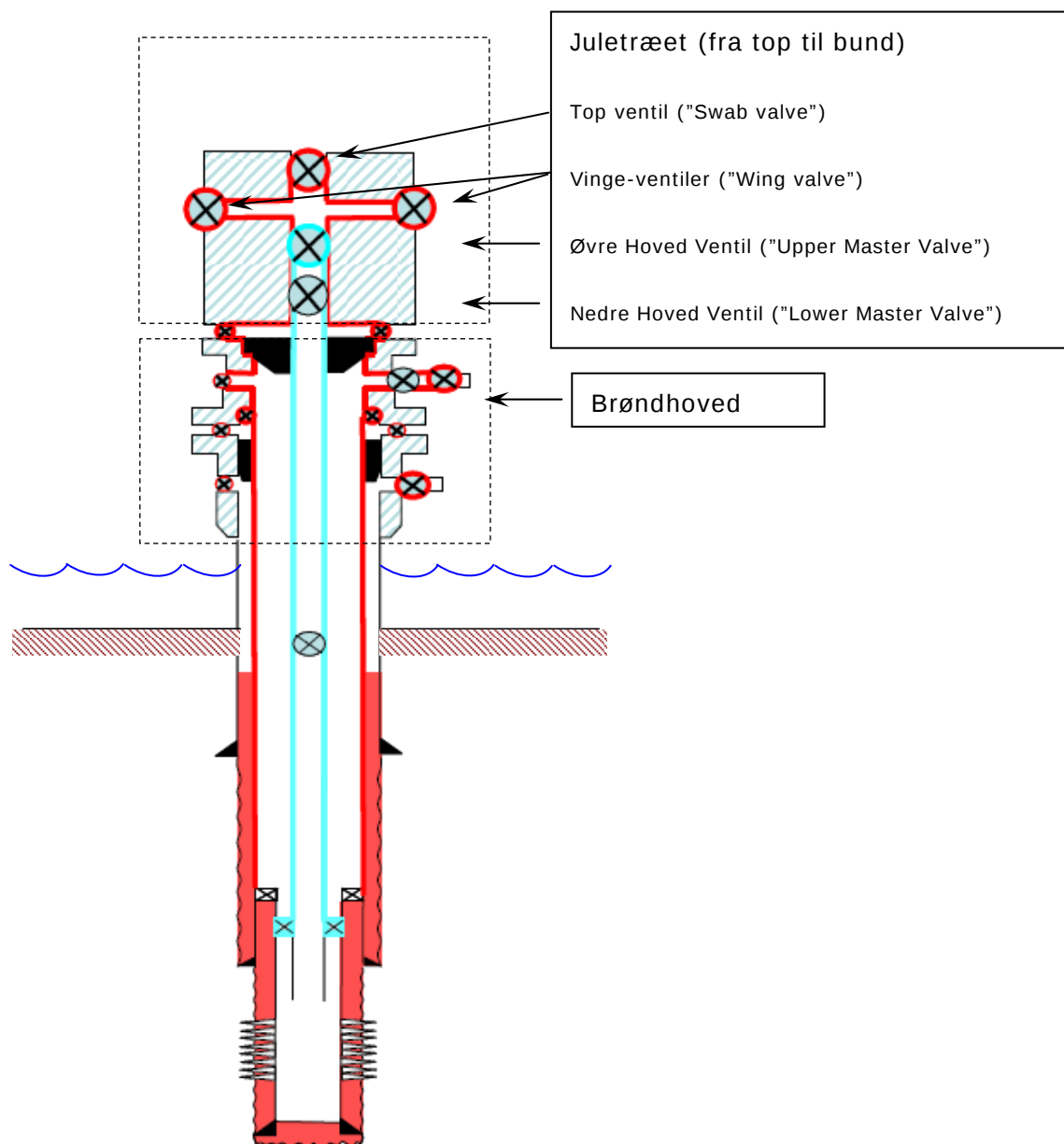
Nogle af barriererne er blevet skiftet siden borefasen og ser principielt ud som nedenunder. Under produktionen flyder den producerede væske og op gennem produktionsrøret, forbi nødlukningsventilen og forbi den nedre og øvre hovedventil samt vingeventilen. Den første barriere er altså åben, idet man netop ønsker at brønden skal produce. Nødlukningsventilen, hovedventilen og vingeventilen er alle forbundet med et hydrauliksystem som lukker dem ved tryk-fjernstyret signal eller i tilfælde af brand.

Første barriere

- Produktionspakkeren
- Nødnødlukningsventilen ("Sub-Sea Safety Valve")
- Den nedre hovedventil

Anden barriere:

- Forerørne
- Cementen
- Brøndhovedet
- Juletræet



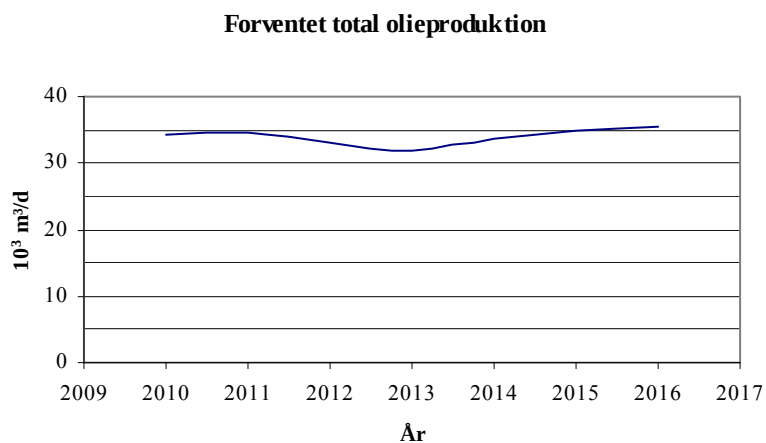
Figur 4.16 Barrierer under produktionsfasen

5. PRODUKTION OG INJEKTION

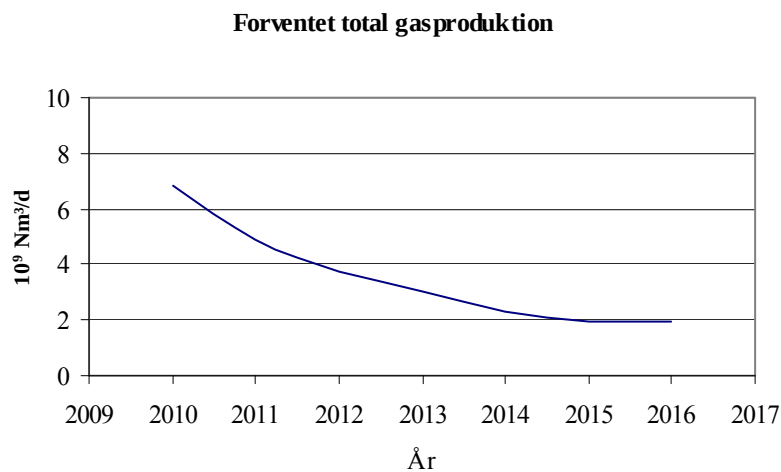
5.1 Forventet fremtidig produktion og injektion

Som omtalt i afsnit 3 udgør de af Mærsk Olie og Gas AS drevne områder af Nordsøen et fuldt integreret produktionssystem. De eksisterende produktionsbrønde producerer stigende mængder vand, og olieproduktionen fra disse er nu faldende. Som det fremgår af det forrige kapitel er der planlagt et større antal brønde som i bedste fald vil kunne ændre denne trend fra 2013.

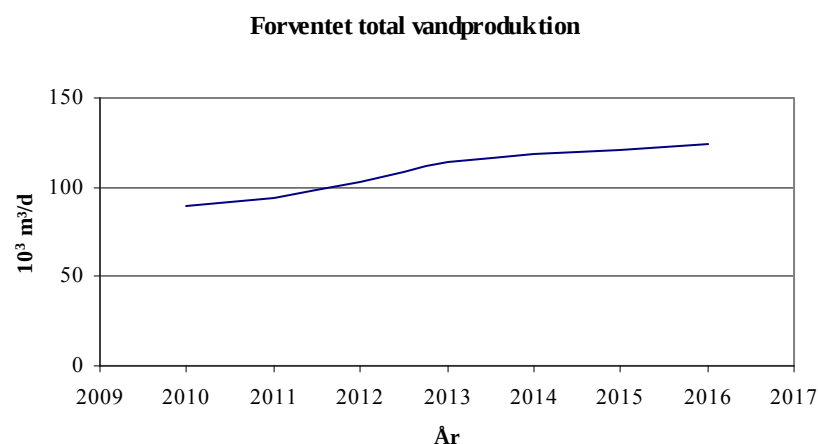
En skønnet fremskrevet produktion, både fra de eksisterende brønde og fra de yderligere brønde, fremgår af figurerne 5.1, 5.2, 5.3 og 5.4, opdelt på produktion af olie, gas og vand samt vandinjektion. Mulig fremtidig injektion af gas er ikke medtaget, da der i øjeblikket ikke er planer herom og da injektion af gas ikke i sig selv påvirker miljøet



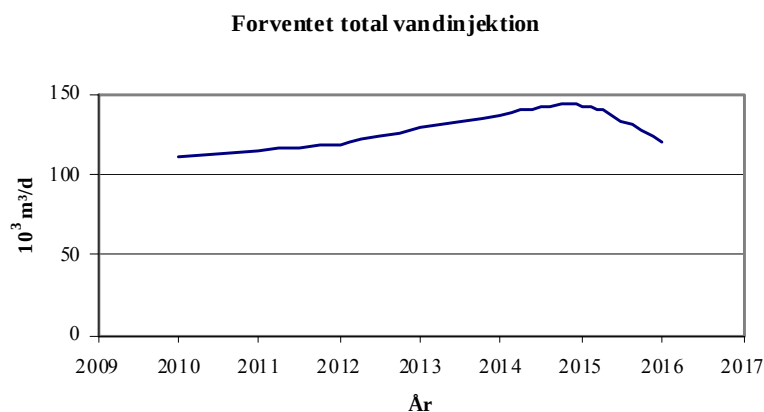
Figur 5.1. Forventet total olieproduktion



Figur 5.2. Forventet total gasproduktion



Figur 5.3. Forventet total vandproduktion

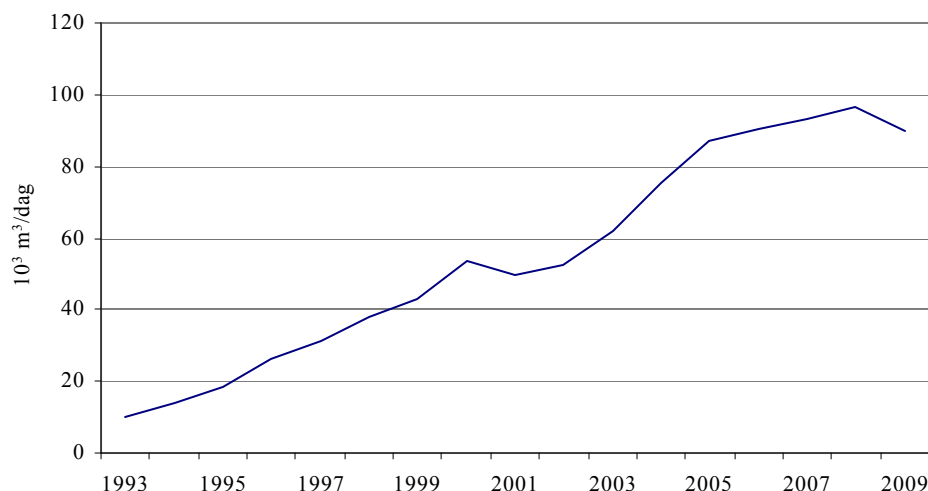


Figur 5.4. Forventet total vandinjektion

Den viste fremskrivning udgør således en ramme for produktionen fra aktiviteter under denne vurdering.

- Olieproduktion har tidligere været stabiliseret omkring det nuværende niveau og forventes at falde i de kommende år. Fremskrivningen af olieproduktionen efter 2013, som vist i figur 5.1, viser at olieproduktion forventes at stige igen til nuværende niveauer.
- Gasproduktionen, som er vist i figur 5.2, er antages i perioden at falde jævnt fra det nuværende niveau. Afhængigt af det fremtidige salg af gas kan gasproduktionen dog både blive noget større eller mindre end angivet. Dette anses imidlertid ikke i sig selv at have væsentlige miljømæssige konsekvenser, og nærværende vurdering anses derfor også for værende gyldig både for en øget eller en mindsket gaseksport.
- Som nævnt i afsnit 3.2 har mange af felterne nu produceret op i over 25 år, og produktionen af formationsvand er stigende, se figur 5.5.

Vandproduktion 1993 - 2009



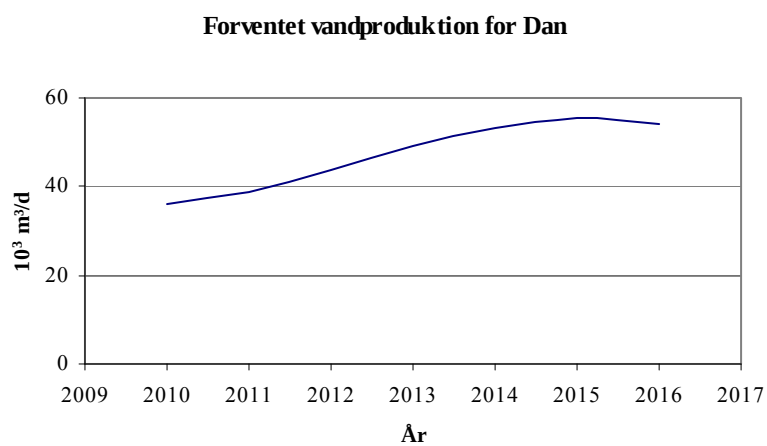
Figur 5.5. Vandproduktion 1993 - 2009

I 1993 var den samlede vandproduktion 10.000 m³/d og udledningen var 8.500 m³/d. I 1999 var den samlede vandproduktion og udledning henholdsvis 38.000 m³/d og 18.000 m³/d. Da den foregående vurdering blev udarbejdet i 2003 var vandproduktion og -udledning henholdsvis 62.000 m³/d og 40.000 m³/d

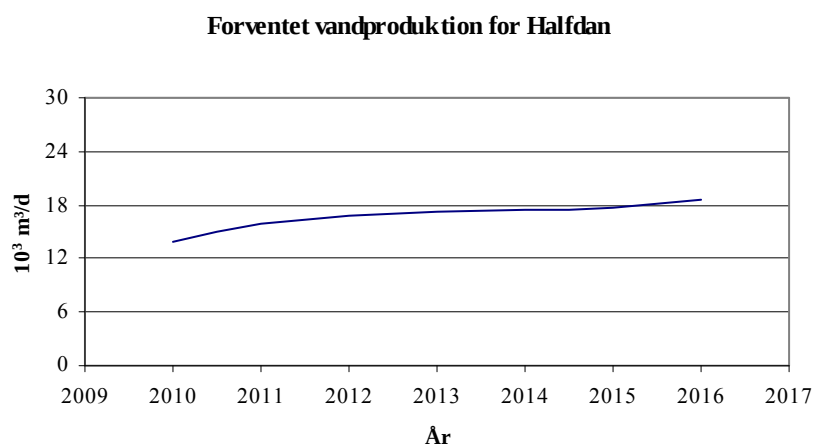
Produktion og udledning af produceret vand for 2010 forventes at være henholdsvis 90.000 og 77.000 m³/d. For 2015 er de tilsvarende tal 119.000 m³/d og 93.000 m³/d, sidstnævnte dog under forudsætning af, at det nuværende niveau af reinjektion kan opretholdes.

Stigningen produktionsvand er både en følge af de gradvist faldende mængder af olie i formationen omkring brøndene, som erstattes af naturlig tilstrømning af vand i undergrunden, og af øget injektion af vand jf. figur 5.4 for at forbedre indvindingen af olie i visse oliereservoirirer (Dan, Halfdan, Gorm og Skjold), som gradvist tilbageproduceres.

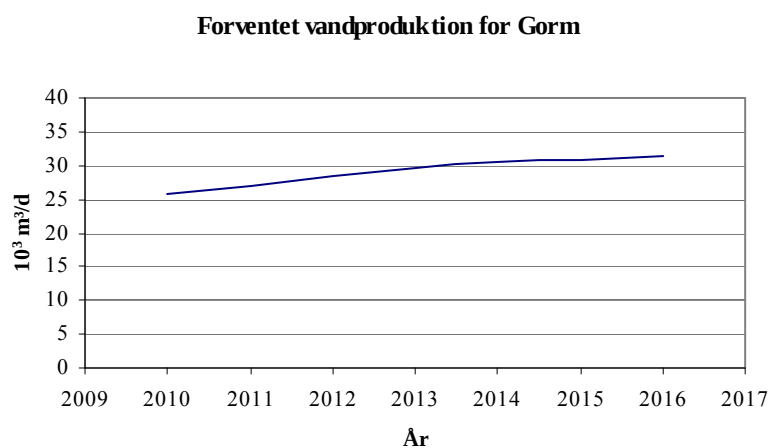
Den fremskrevne fordeling på de enkelte installationer med vandbehandling Dan, Halfdan, Gorm, Harald (inkl. Hejre) og Tyra fremgår af figurerne 5.6 - 5.10.



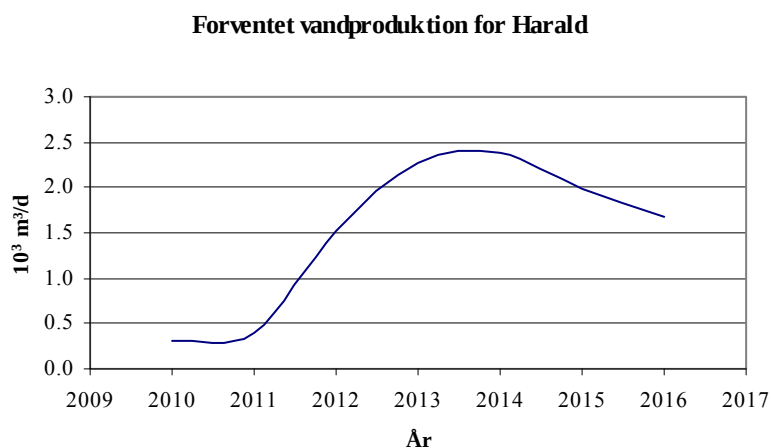
Figur 5.6. Forventet vandproduktion fra Dan



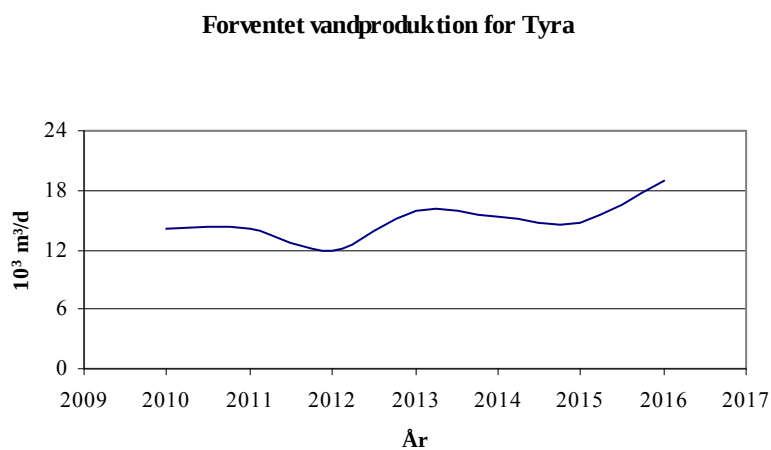
Figur 5.7. Forventet vandproduktion fra Halfdan



Figur 5.8. Forventet vandproduktion fra Gorm

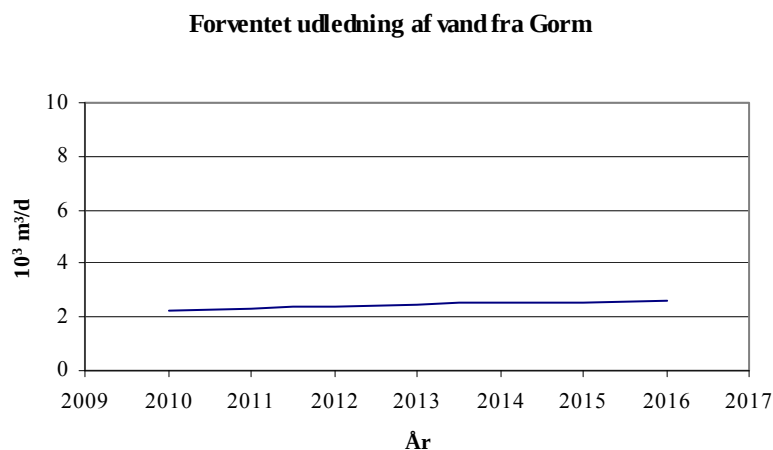


Figur 5.9. Forventet vandproduktion fra Harald



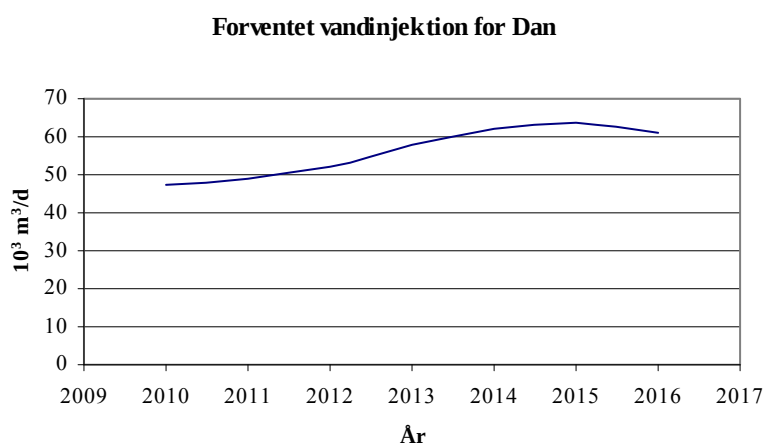
Figur 5.10. Forventet vandproduktion fra Tyra

På Skjold og Gorm har produktionsvand i reservoirerne været reinjiceret siden 1992, men det er imidlertid stadig muligt, at reinjektionen i Gorm-brøndene ikke kan opretholdes, således at det bliver nødvendigt at udlede det producerede vand. Såfremt den nuværende reinjektionen opretholdes viser Figur 5.11 den forventede udledning fra Gorm. For de øvrige felter vil udledningen af produceret vand være svarende den producerede mængde.

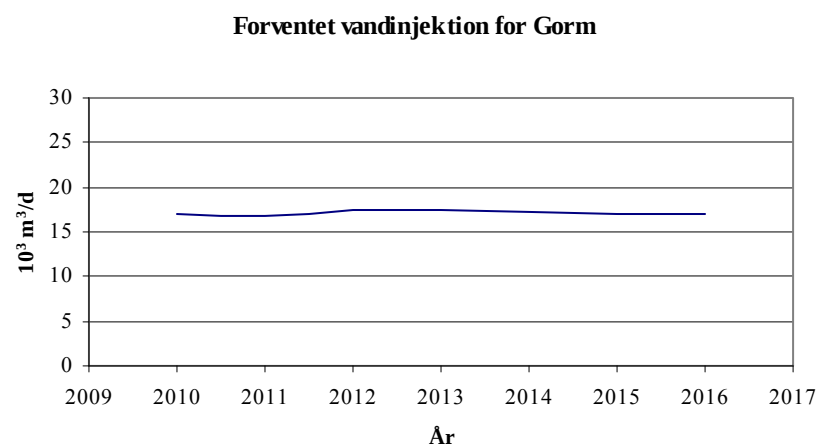


Figur 5.11. Forventet vandudledning fra Gorm

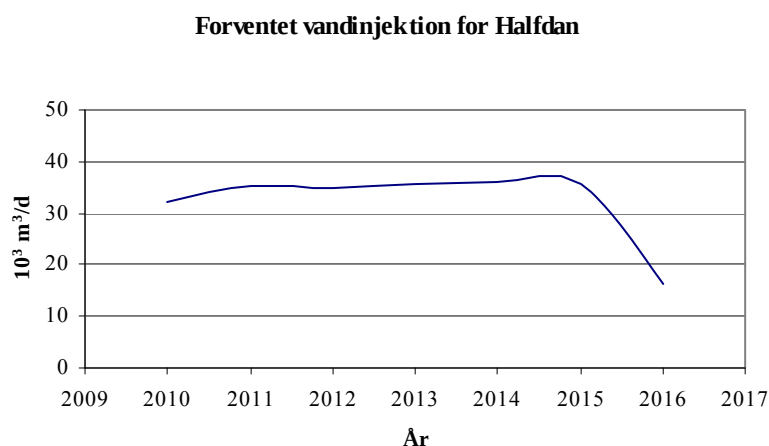
Vurderingerne for de enkelte behandlingscentre er baseret på, at produktion fra nye prospekter helt eller delvist føres til Dan, Halfdan, Gorm, Harald eller Tyra. Udvidelse af vandinjektionskapacitet og eventuelt ny vandinjektion på andre felter forventes ligeledes at udgå fra Gorm og/eller Dan, hvilket der er taget højde for i fremskrivningerne vist i Figur 5.12, 5.13, 5.14 og 5.15.



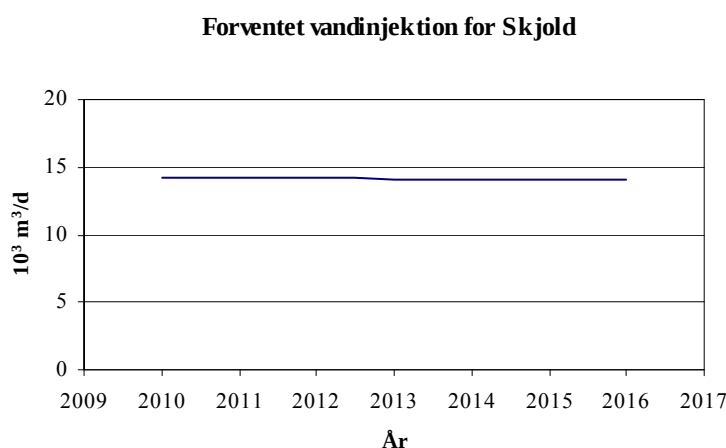
Figur 5.12. Forventet vandinjektion for Dan



Figur 5.13. Forventet vandinjektion for Gorm



Figur 5.14. Forventet vandinjektion for Halfdan



Figur 5.15. Forventet vandinjektion for Skjold

Der er mange usikkerheder forbundet med fremskrivning af produktionen. Produktionen kan blive større eller mindre end forventet. Mulige fremtidige projekter som ikke er identificeret for nærværende kan ændre fremskrivningen. Ny teknologi, først og fremmest på reservoirsiden eller inden for brøndteknologi men også på anlægssiden, kunne give anledning til ændringer i produktionen. Der kunne komme endnu ikke identificerede udfordringer med produktionen. Den fremtidige oliepris samt den fremtidige udvikling i omkostninger specielt for ændringer og nyanlæg kan være afgørende for, om projekter gennemføres.

Endelig vil de fremtidige demonteringstidspunkter for de enkelte anlæg afhænge af samme forhold som nævnt ovenfor og vil derfor være forbundet med en vis usikkerhed. Demonteringstidspunkterne vil derfor være en yderligere betydelig usikkerhed i fremskrivningen af produktionen.

5.2 Yderligere faciliteter

Som omtalt i afsnit 3.1 omfatter denne miljøvurdering fortsat drift af eksisterende faciliteter samt etablering og drift af yderligere 150 brønde og tilhørende udvidelser og tilpasning af eksisterende anlæg og nye anlæg. Som omtalt i afsnittene 3.5 til 3.8 er der for nuværende et begrænset antal ledige brøndstyr på de eksisterende brøndhovedplatforme. Yderligere brønde på de eksisterende anlæg forventes derfor etableret ved genanvendelse af eksisterende brøndstyr for brønde med ringe olieproduktion eller nye brøndstyr ved de eksisterende platforme. Ligeledes vil yderligere produktionsbehandlingskapacitet kun i nogen grad kunne indeholdes eller opnås ved opgradering af eksisterende anlæg, hvorfor tilbygninger, eventuelt på separate platforme må forventes.

På basis af afsnit 5.1 kan visse generelle forhold omkring den fremtidige udbygning anføres.

Den stadigt stigende vandproduktion vil afstedkomme behov for ombygning af eksisterende anlæg samt tilføjelse af yderligere anlæg. Det er specielt yderligere anlæg til behandling af produktionsvand, for vandinjektion og gas til løfteformål i brøndene, der forventes behov for. Disse aktiviteter vil finde sted ved de eksisterende anlæg.

En del af den forventede yderligere udbygning vil jf. Figur 3.5 finde sted omkring felterne Dan og Kraka, Gorm, Harald, Halfdan og Tyra samt endnu ikke udbyggede felter. Det yderligere udstyr, som måtte blive nødvendigt i denne forbindelse, forventes placeret på eksisterende platforme (først og fremmest på Halfdan, men også på Harald, Dan og Tyra).

For de ikke udbyggede felter vil det blive nødvendigt at etablere nye brøndhovedplatforme eller undervandsbrøndhoveder:

- Elly
- Freja
- Luke og Lucy
- Hejre og Trym (3. part)
- Eventuelle nye prospekter

Nye satellitudbygninger forudses at ske med platforme af STAR-typen med et simpelt A-type dæk, som allerede anvendt på f.eks. Dagmar, Kraka, Valdemar, Roar og Svend, eller som undervandsanlæg, som på Regnar. En større fire-benet brøndhovedplatform kan dog komme på tale i tilfælde af udbygning af Freja.

Ligeledes kan det blive nødvendigt at etablere nye rørledninger fra nye satellit-udbygninger til behandlingsanlæggene på Dan, Gorm, Halfdan, Harald eller Tyra. Nye rørledninger kunne også blive nødvendige mellem eksisterende anlæg for at tilvejebringe yderligere kapacitet.

Nye satellitplatforme af STAR-typen kunne blive forsynet med strøm gennem et undervandskabel og behøver derfor i udgangspunktet ikke generator. Bortset fra et atmosfærisk aftræksrør fra dræntanken forventes der ingen lokale udledningspunkter.

Udover de nævnte aktiviteter kan det komme på tale at foretage CO₂ injektion på både Dan og Halfdan for at øge indvindingsgraden samt at bruge Harald i naturgas opbevarings øjemed.

For mulige nye fund er usikkerheden væsentlig større. Mindre fund udbygget som satellitudbygninger til eksisterende centre anses for mest sandsynligt, og udbygningerne vil da følge ovennævnte mønster. Skulle et større fund blive gjort, kan mere selvstændige anlæg komme på tale

Det er generelt i denne vurdering forudsat, at udbygninger og nyt udstyr teknologisk vil være som det eksisterende udstyr. Mærsk Olie og Gas AS vurderer løbende udviklingen af ny teknologi, f.eks. indenfor kulbrintebehandlingsudstyr, kemikalietilsætninger og behandlingsudstyr til produktionsvand.

Ved fremtidige installationer af yderligere behandlingsudstyr, f.eks., til behandling af produceret vand vil den på tidspunktet bedste til rådighed værende praktisk anvendelige teknologi blive valgt. Eksisterende installationer opgraderes løbende i den udstrækning, det vurderes at være påkrævet

I forbindelse med installation af nyt energiforbrugende maskineri, såsom gasturbiner, tilstræbes valg af udstyr med en høj virkningsgrad.

5.3 Demontering af faciliteter

Gasproduktionen er kraftigt faldende, hvilket betyder, at der fremover vil opstå en overkapacitet for gasbehandling. Det overvejes derfor at demontere Tyra Øst A og D platformene fra omkring 2015. Der er ingen rørledninger eller brønde forbundet til disse platforme. Fjernelsen af platformene vil blive udført i henhold til IMO resolution A.672 og OSPAR 98/3.

Den eksakte metode for fjernelse ligger ikke fast endnu, og det er desuden tænkeligt, at ny teknologi opstår inden 2015 da der vil forekomme lignende projekter i de øvrige dele af Nordsøen. På nuværende tidspunkt forventes det at anvende den såkaldte "reverse hook-up" metode, hvor modulerne er separeret igen og størstedelen materialet sendes i land for regenerering. Erfaringer fra andre operatører viser, at omkring 98 % af materialerne kan genanvendes eller regenereres,

Alle beholdere, rør etc. vil blive rensat offshore og sendt onshore til endelig rengøring. Der er på Tyra ikke fundet forekomster af radioaktivt materiale. Instrumentering indeholdende radioaktivt materiale vil blive deponeret i henhold til gældende lovgivning. Håndtering af affald vil være i henhold til den seneste lovgivning for affaldshåndtering (nr. 48 af 13. januar 2010) eller, hvis platformene transporteres uden for landets grænser, i henhold til EU regulativ nr. 1013/2006 af 14. juni 2006.

Lignende tilpasningsprojekter bliver i øjeblikket vurderet for både Gorm og Dan, men omfanget er her ikke endeligt defineret. Princippet vil følge det ovenfor skitserede.

6. BESKRIVELSE AF DET OMGIVENDE MILJØ

6.1 Indledning

6.1.1 Afgrænsning af miljøvurderingsområdet

Denne miljøvurdering omhandler aktiviteter, der foregår i et nærmere afgrænset område af den centrale Nordsø. Beskrivelsen af miljøet tager udgangspunkt i forholdene i Nordsøen generelt indenfor et område afgrænset af 51 ° N og 59 ° N samt 5 ° W og 11 ° E strækkende sig fra Skagerrak i øst til den britiske kyst i vest og fra Kanalen i syd til Viking i nord. Mærsk Olie og Gas AS' Aktivitetsområde er afgrænset af EEZ- (Exclusive Economic Zone) grænserne til Norge i nord, Storbritannien i vest og Holland og Tyskland i syd samt af længdegraden 06 ° 15 E i øst. Som det vil fremgå af vurderingerne i Kapitel 7 og 8, vil effekterne fra de omtalte aktiviteter være reduceret til et nærområde, som hovedsageligt vil være op til nogle få hundrede meter fra den pågældende aktivitet. Større oliespild kan i værste fald medføre påvirkninger over et større område af Nordsøen og dennes kyster, men har en meget lav sandsynlighed (Se Kapitel 9). Miljøbeskrivelsen i dette afsnit omfatter derfor Nordsøen som helhed, men med særlig vægt på den centrale Nordsø og Aktivitetsområdet. For kort, som illustrerer miljø- og naturforhold i Nordsøen og Aktivitetsområdet, henvises til Atlas over miljø og naturforhold i Nordsøen (VVM, 2005).

6.1.2 Videngrundlaget

Samarbejdet mellem Nordsølandene om indsamling og vurdering af viden om Nordsøens miljøforhold udvides løbende. Dette sker igennem forskellige mellemstatslige institutioner, af hvilke de vigtigste er ICES (International Council for the Exploration of the Sea) og OSPAR. Der er, med 3 - 5 års mellemrum mellem 1984 og 2006, afholdt en række Nordsøkonferencer for de Nordsøansvarlige ministre i kyststaterne omkring Nordsøen og i Nordsøens opland. Disse konferencer har fokuseret på Nordsøens tilstand, som udgangspunkt for bedre miljøbeskyttelsesforanstaltninger. Det miljøkoordinerende arbejde er nu overtaget af OSPAR, der bl.a. udarbejder samlede præsentationer omkring miljøforholdene i de forskellige regioner af Nordatlanten, inklusive Nordsøen. Seneste oversigt over forholdene i Nordsøen findes i OSPAR's Quality Status Report fra 2000, sektionen om Nordsøen (OSPAR 2000). En opdatering af denne rapport er under udarbejdelse, og forventes publiceret i løbet af 2010.

Plankton

Oplysninger om plante- og dyreplankton i Nordsøen stammer især fra den såkaldte Continuous Plankton Records (CPR, Sir Allister Hardy Foundation for Ocean Science), der kontinuerligt indsamler plankton langs bestemte faste skibsruter i Nordatlanten og Nordsøen.

Bundfauna og sedimentkemi

Der er gennemført mange undersøgelser af bunddyrssamfundene i Nordsøen dækkende omtrent 100 år, men langt hovedparten af undersøgelserne er udført i begrænsede, ofte kystnære områder. For den centrale Nordsø med fokus på Dogger Banke er der gennemført undersøgelser siden 1950-erne (Birkett 1953; Ursin 1952; Kirkegård 1969;

Kröncke 1990, 1992, 1995; Kröncke & Rachor 1992). Det Internationale Havforskningsråd (ICES) gennemførte i 1986 en kortlægning af bundfaunaen i Nordsøen dækkende området fra Den Engelske Kanal i syd til Shetlandsøerne i nord. Det var den første bundfaunaundersøgelse der dækkede hele Nordsøen på en gang og med anvendelse af de samme indsamlings og analysemetoder. Undersøgelsen er publiceret i en række rapporter og videnskabelige artikler (Duineveld et al. 1991; Künitzer et al. 1992; Heip & Craeymeersch 1995; Craeymeersch et al. 1997). I 2000 blev der gennemført en tilsvarende kortlægning dog med en ændret fordeling af stationer. Resultaterne af denne undersøgelse blev publiceret i 2007 (ICES 2007b).

Desuden har Mærsk Olie og Gas AS gennemført en lang række bundfaunaundersøgelser omkring specifikke platforme i Nordsøen (Tabel 6.1). Disse undersøgelser omfattede også analyser af sedimentets indhold af en lang række miljøfremmede stoffer (Kulbrinter, Poly-Aromatiske Hydrocarboner (PAH) og udvalgte tungmetaller). Beskrivelsen af bundfaunaen og sedimentkemi i denne VVM er fortrinsvis baseret på ICES 2007b og de undersøgelser af bundfauna og kemi som Mærsk Olie og Gas AS har gennemført omkring platforme i Nordsøen.

Tabel 6.1 Oversigt over bundfaunaundersøgelser som Mærsk Olie og Gas AS har gennemført omkring platforme i Nordsøen

Felt	Undersøgt	Reference
Harald	1996, 1997 2002	Mærsk Olie og Gas AS 1997a, 1997b, 1997c, 1998a, 2002c
Valdemar	2009	Mærsk Olie og Gas AS 2009b
Tyra øst	2006, 2009	Mærsk Olie og Gas AS 2006a, 2009d
Gorm	1990, 1992, 1995, 1998, 2002, 2006, 2009	Mærsk Olie og Gas AS 1990a, 1992, 1995, 1998b, 2002a, 2006c, 2009a
Halfdan	1999, 2002	Mærsk Olie og Gas AS 1999, 2002
Dan F	2006, 2009	Mærsk Olie og Gas AS 2006b, 2009c
Kraka	1989, 1990, 1991, 1993, 1996, 2002	Mærsk Olie og Gas AS 1989, 1990b, 1991, 1993a, 1996, 2002b

Fisk og fiskeri

Udbredelsen af fisk i Nordsøen er beskrevet ud fra en analyse af data fra ICES International Bottom Survey som er gennemført af Callaway et al. 2002.

Beskrivelsen af udbredelsen af gyde pladser for fisk er fortrinsvis baseret på en omfattende undersøgelse af udbredelsen af fiskeæg og fiskelarver i ICES regi dækkende hele Nordsøen (ICES 2007a) og en undersøgelse af forekomsten af fiskeæg som Mærsk Olie og Gas AS gennemførte omkring Halfdan (Mærsk Olie og Gas AS, 2003a). Der

blev i den forbindelse også gennemført beregninger på driften af fiskeæg i Aktivitetsområdet (Mærsk Olie og Gas AS, 2003b). Beskrivelsen af fiskeriet er baseret på informationer fra Fiskeridirektoratets database.

Havpattedyr

European Seabirds At Sea databasen (ESAS) version 4.0 (2004) indeholder det mest omfattende materiale vedrørende hvalers udbredelse i Nordsøen Disse data blev analyseret i forbindelse med den tidligere VVM (Mærsk 2005). Beskrivelsen af hvalernes udbredelse i Nordsøen er baseret på denne tidligere analyse suppleret med informationer fra SCANS (Small Cetaceans in the European Atlantic and North Sea) studier fra hhv. 1994 (Hammond et al. 1995) og 2006 samt observationer fra Zoologisk Museums Projekt Hval (Carl Kinze Pers. Comm.).

Beskrivelsen af havpattedyr er desuden baseret på rapporter fra større kortlægninger af havpattedyr i den tyske del af Nordsøen i forbindelse med planlægning af havvindmølleparker konsulteret (Scheidat et al., 2003) og studier gennemført af Mærsk Olie og Gas AS har således registreret observationer af havpattedyr omkring installationer eller fra standby- og forsyningsbåde siden 2001 og i 2006 indledtes et treårigt kortlægningsstudie af fugle og havpattedyr i et repræsentativt område omkring de faste installationer i Nordsøen (Mærsk, 2009f).

Fugle

Hovedparten (> 90 %) af de eksisterende kvalitetssikrede data på udbredelsen af havfugle i Nordsøen er samlet i ESAS, der udover informationer fra forskningstogter også indeholder data fra kommercielle projekter i relation til olie og gas og vindenergi. Data fra den centrale del af Nordsøen dækker årrækken fra 1979 til 2004.

Fugledata fra ESAS blev analyseret i forbindelse med den tidligere VVM (Mærsk 2005), dels på artsniveau for forskellige sæsoner og dels på tværs af arterne til vurdering af Aktivitetsområdets sårbarhed over for olie i relation til fugle. Resultaterne af disse analyser er anvendt i nærværende VVM. Fugletrækket gennem den centrale del af Nordsøen er kortlagt i forbindelse med strategiske studier omkring havvindmøller i Tyskland (Knust et al., 2003). Resultaterne herfra er anvendt til beskrivelse af trækforholdene i området.

Mærsk Olie og Gas AS udførte i perioden 2006-2009 (Mærsk 2009f) en serie flybase-rede optællinger af havfugle og havpattedyr omkring de faste installationer i Nordsøen. Formålet med kortlægningen var at give information omkring artssammensætning, tætheder, fordelings- og fænologiske mønstre i en repræsentativ del af produktionsområdet på ca. 80x30 km. Resultaterne fra denne undersøgelse er beskrevet nedenfor.

Samlet vurderes det foreliggende datagrundlag på miljøforholdene at være tilfredsstillende til at beskrive de generelle tendenser og lokale variationer i bundforhold, oceanografi, bundfauna, fisk, fugle og havpattedyr i Aktivitetsområdet samt danne grundlag for vurdering af eventuelle påvirkninger.

6.2 Hydrografiske og meteorologiske forhold

Nordsøen er et afgrænset, omtrent kvadratisk, bassin med relativt lav gennemsnitsvanddybde. Fra en lavvandet sydlig halvdel, hvor gennemsnitsdybden er omkring 30

m, skråner havbunden nedad mod en dybere nordlig del med en gennemsnitsdybde omkring 200 m, som fører videre ud til Atlanterhavets dybder mod nordvest. Norske rende, med dybder op til 700 m, udgør den nordøstlige del af Nordsøen. Andre tilstødende havområder er den engelske kanal med en vanddybde på ca. 30 m i det sydvestlige hjørne og Skagerrak/Kattegat mod nordøst med en vanddybde på ca. 50 m ved Skagen, faldende sydover til 10 m på tærsklerne til Bælthavet og Østersøen. Nordsøens samlede areal med estuarier og fjorde er på ca. 750.000 km² (OSPAR 2000).

6.2.1 Kyster

Nordsøens kyster varierer stærkt. I nord findes klippekyst gennemskåret af dybe fjorde. Længere mod syd på den engelske side findes klintekyster med eller uden sten- og/eller sandstrande foran, og med sandede/mudrede estuarier ved flodmundingerne. Længst mod syd på den engelske kyst findes mere lavtliggende mudrede kyster. På østsiden er kysterne overvejende sandede med bagvedliggende klitter, med Vadehavet som et mere mudret og tidevandsdomineret indslag. Hver kysttype har sin specielle flora og fauna. Især mod syd er kysterne stærkt prægede af menneskelige aktiviteter med byer, havne, kystbeskyttelsesarbejder og industriområder. Disse områder præger mange hundrede kilometer af Nordsøens kystlinje.

6.2.2 Dybder, bølgehøjder

Aktivitetsområdet befinder sig i overgangszonen fra Nordsøens lavvandede sydlige halvdel til den dybere nordlige del. Vanddybden varierer fra ca. 40 m i syd til ca. 70 m i nord. Området ligger i "åbningen" mellem to mere lavvandede områder, det vest for liggende Flamborough Head/Doggerbanke område, og det øst for liggende Blåvands Huk/Horns Rev område. Den østlige del af Aktivitetsområdet gennemskæres af forlængelsen af Tyske Bugt og Elbe-mundingen, med dybder ned til 50 m. På trods af en dybdeforskel indenfor Aktivitetsområdet på 30 m mellem de højeste partier mod syd og de laveste mod nord fremstår området som relativt fladt med en dybdegradient på mindre end 0,2 %. Områder med større relief findes mod øst og vest for den sydlige del af Aktivitetsområdet og mod vest for den nordlige del.

Vandstanden påvirkes i den centrale Nordsø kun i ringe grad af tidevandet. Vindstuvninger i forbindelse med nordvestlige storme kan øge vandstanden i området med 1 - 2 m (50-års hændelse) som følge af indtrængende Atlanterhavsvand. Bølgehøjderne er normalt fra 1 - 5 m, men kan gå helt op til ca. 20 m under nordvestlige storme (50-års maksimum) (OSPAR 2000).

6.2.3 Cirkulation

Vandcirkulationen i Nordsøen påvirkes især af de indtrængende vandstrømme, havbundens topografi, Corioliskraften og vinden. Atlanterhavsvand trænger ind i Nordsøen, først og fremmest fra nord rundt om Skotland, men også fra syd via den Engelske Kanal. De store floder bidrager med væsentlige ferskvandstilførsler som nedsætter den gennemsnitlige saltholdighed i de sydlige og kystnære dele af Nordsøen, og det indstrømmende Østersøvand fra Kattegat/Skagerrak har også en lavere saltholdighed på grund af de mange floder, der munder ud i Østersøen.

Cirkulationen i den vestlige del af Nordsøen sker overvejende sydover langs den engelske kyst og nordover langs kontinentalkysten, dvs. i en cirkel mod uret med en udstrømning gennem Norske Rende bestående af mindre saltholdigt Østersø- og kystvand øverst, og mere saltholdigt Atlanterhavsvand nederst (OSPAR 2000).

Cirkulationen i den centrale del af Nordsøen, inklusive Aktivitetsområdet, er svag og domineres primært af tidevandsbevægelserne og sekundært af vindinducerede overfladestrømme. Vandets opholdstid i denne del af Nordsøen skønnes at være 2 - 3 måneder, men estimerer på helt op til 1-2 år har været fremsat (OSPAR 2000).

6.2.4 Strøm

Cirkulationsmønsteret i Nordsøen medfører, at strømforholdene i den centrale Nordsø er variable, præget først og fremmest af tidevandsbevægelserne i hele vandsøjlen og tidevand og vindforhold i de øvre lag (DHI, 1991). Hastighederne er moderate, dvs. sjældent over 0,2 m/s. Strømforholdene måles løbende i forskellige vanddybder på udvalgte offshore installationer. En statistisk analyse af strømfordelingen ved Gormplatformen for perioden 1983-1985 viste en overvejende øst-vest rettet strøm med strømhastigheder sjældent over 0,2 m/s (DHI, 1991). De hyppigste strømretninger er V-VSV og Ø-ØSØ svarende til tidevandsbevægelserne og nettostrømmen er svag nordøstlig eller østlig. Medianhastigheden ved den øverste strømmåler (5 m under havoverfladen) er ca. 0,1 m/s, og på 50-års basis har den maksimale strømhastighed været 0,7 m/s.

6.2.5 Vind

Vindforholdene måles løbende på flere af Mærsk Olie og Gas AS' faste installationer i Aktivitetsområdet. På 50-års basis forventes en maksimum 1-times gennemsnitshastighed på 34,8 m/s. De stærkeste vinde er målt i november måned, mens april og juli er de mest vindsvage måneder. Vindene blæser overvejende fra vest, nordvest og sydvest, med en del sydøstlige og østlige vinde i forårsperioden. De sjældnest forekommende vindretninger er syd, nord og nordøst.

6.2.6 Saltholdighed

Saltholdigheden i Nordsøen påvirkes af de tilførte mængder af ferskvand fra floderne, brakvand fra Østersøen og saltvand fra Atlanterhavet. I vandmasserne i den centrale Nordsø er påvirkningen fra floder og Østersøen beskeden, og her varierer saltholdigheden kun lidt i årets løb, fra 34,5 til 35,0‰ (OSPAR 2000). Som følge af ferskvandstilførslerne forekommer der i Skagerrak og i områderne ud for de store flodmundinger en salinitetsrelateret lagdeling i vandsøjlen, med det tungere saltholdige Atlanterhavsvand nederst og det lettere flod- eller Østersøvand øverst. De ferskvandspåvirkede vandmasser, med saltholdighed lavere end 34 ‰, når i overfladen ud til Aktivitetsområdets østlige del. Lagdeling som følge af temperaturopvarmning af overfladelagene forekommer i sommerhalvåret over store dele af den nordlige og centrale del af Nordsø (se nedenfor). De Atlanterhavspåvirkede vandmasser med saltholdigheder over 35 ‰ er udbredt i den dybere del af vandsøjlen over hele den nordlige del af Nordsøen, og når i bundlaget mod syd til nordkanten af Dogger Banke.

6.2.7 Temperatur

Den gennemsnitlige fordeling af vandtemperaturer i Nordsøen svarer for de dybere dele af vandsøjlen til fordelingen af saltholdighed, hvorimod udbredelsen af overfladetemperaturerne typisk afviger fra udbredelsen af saltholdighed i overfladen. Dette skyldes stor år til år variation i overfladen som følge af variationen i graden af solopvarmning fra år til år. Temperaturrelateret lagdeling er beskrevet nedenfor. Vandtemperaturen ved overfladen i Nordsøen varierer fra 1,3 °C (vinterminimum) til 21 °C (sommermaksimum) med et gennemsnit omkring 10 °C. Bundtemperaturen falder dog sjældent under 5 °C.

6.2.8 Lagdeling og fronter

Temperaturlagdeling af vandet med dannelse af termokliner mellem lag med forskellig temperatur forekommer i sommerperioden, idet det af solen opvarmede overfladevand er lettere end det køligere bundvand (termoklin). Dette forekommer over store dele af den nordlige og centrale Nordsø mellem maj og oktober (OSPAR 2000). Salinitetsbetinget lagdeling (haloklin) forekommer igennem hele året i Skagerrak og nær de store flodmundinger (se ovenfor). I den sydlige og vestlige del af Nordsøen og på den centrale del af Dogger Banke er tidevandskræfterne stærkere og vandsøjlen holdes opblandet hele vejen ned til bunden.

Grænserne mellem det lagdelte og det opblandede vand kan være ganske smalle. Her dannes de såkaldte fronter, som betegner skarpe overgange mellem to forskellige vandmasser med hver sin oprindelse og egenskaber. Der kan være tale om forskelle f.eks. i saltholdighed og temperatur. I mange fronter vil lokaliserede ophobninger af næringssalte forårsage ændringer i planktonsamfundet og øget produktivitet, som vil tiltrække dyreplankton og højere organismer som fisk og havfugle. Processerne relateret til såvel horisontale som vertikale fronter mellem to vandmasser kan også give basis for en koncentration af passivt drivende organismer som plankton og fiskeæg/-larver fra de to vandmasser. Den store udbredelse af fronter i Nordsøen er en af de vigtigste grunde til den store fiskebiomasse og forekomsten af de større bestande af topprædatorer som fugle og havpattedyr.

I mange regioner med store ferskvandsinput dannes typisk salinitetsstyrede frontkomplekser, hvor op til flere fronter med forskellige karakteristika og biologisk betydning findes. Sådanne frontkomplekser ses ved den vestlige del af Dogger Banke, i Tyske Bugt, i Skagerrak og ud for de norske og britiske floder. Forekomsten af fronter er permanent i disse regioner, men fronternes placering kan variere fra år til år og er afhængig af årstiden. Frontkomplekset vest for Dogger Banke når ikke så langt mod øst, at det påvirker Aktivitetsområdet. Den sydøstlige ende af Aktivitetsområdet bliver marginalt og uregelmæssigt berørt af frontsystemet i Tyske Bugt. Positionen i dette frontkompleks er primært styret af vindforholdene, og fronten er derfor meget dynamisk selv over korte tidsperioder. Det vurderes derfor, at frontsystemet kun befinder sig i Aktivitetsområdet i kortere perioder.

Aktivitetsområdet er sandsynligvis påvirket af en i sommerhalvåret aktiv temperatur- og tidevandsstyret front på nordkanten af Dogger Banke mellem de opblandede vandmasser over banken og den lagdelte vandmasser nord for banken. Kombinationen af tidevandsstrøm og markant bundrelief giver anledning til topografisk styret opvæld, som antages at have stor biologisk betydning i dette område (se planteplankton). Syd

for Dogger Banke findes der også en front mellem det opblandede bankevand og lagdelt vand syd for banken, men denne front forventes ikke at påvirke Aktivitetsområdet.

6.2.9 Nedbør

Nedbøren over Nordsøen er lavere end over de omkringliggende landmasser; i Aktivitetsområdet ligger den normalt på omkring 400 mm på årsbasis (North Sea Task Force/OSPAR and ICES, 1993).

6.2.10 Ilt forhold

Under rolige vejrforhold med lagdeling i vandet kan der i visse områder opstå iltmangel, hvis der foregår en stor omsætning af organisk materiale på havbunden. Sådanne situationer kendes fra de indre danske farvande i sensommeren, og nogle få forekomster af iltsvind eller nedsatte ilt koncentrationer har også været observeret i Nordsøen, især i Tyske Bugt og tæt ved den hollandske kyst, i forbindelse med algeopblomstringer (North Sea Task Force/OSPAR and ICES, 1993).

Vandsøjlen i den centrale Nordsø er mættet med ilt ned til havbunden (North Sea Task Force 1993a). I Aktivitetsområdet har undersøgelser ved flere platforme vist, at havbunden normalt er iltet ned til 5 - 10 cm's dybde, hvilket er typisk for sandede sedimenter (Mærsk Olie og Gas AS. Chemical and Biological Monitoring, 1989-2009).

6.2.11 Næringssalte

Indstrømmende vand fra Atlanterhavet indeholder en "baggrundskoncentration" af næringssalte på omkring 12 $\mu\text{mol/l}$ nitrat, 0,8 $\mu\text{mol/l}$ uorganisk fosfat og 6 $\mu\text{mol/l}$ silikat (North Sea Task Force 1993a). Meget højere værdier måles om vinteren i de kystnære dele af Nordsøen, især langs den østlige kyst, på grund af bidrag fra floderne og kystnære byer og industri samt forekomst af hydrografiske fronter, der bevirker at næringssalte bringes til overfladen i den centrale del af Nordsøen svarer nærings-saltkoncentrationerne i vintermånederne til baggrundskoncentrationerne for Atlanterhavsvand. Høje koncentrationer af nitrat ($>20 \mu\text{mol/l}$) og fosfat ($>3 \mu\text{mol/l}$) findes i de ferskvandsprægede vandmasser i Tyske Bugt med en kraftig faldende gradient mod frontkomplekset i Tyske Bugt. Næringssaltkoncentrationerne falder om foråret, når stigende lysindfald og temperatur sætter gang i planteplanktonets primærproduktion, og niveauet forbliver lavt sommeren og efteråret igennem, idet planktonet optager stort set alle de næringssalte, der er tilgængelige i denne periode, hvad enten næringssaltene stammer fra indstrømmende vand fra andre dele af Nordsøen (især fra flodernes næringssalttilførsel), eller frigives fra havbunden, hvor dødt organisk materiale nedbrydes (North Sea Task Force/OSPAR and ICES, 1993).

6.3 Havbundsforhold

Nordsøens havbund består af kvartære aflejringer præget af påvirkningerne under seneste istid, hvor vandstanden var væsentlig lavere end nu. Gletscherpåvirkningerne kan spores langt ud i den nuværende Nordsø. Under havbunden findes overvejende tertiære/kvartære sandaflejringer, som i løbet af de første 500 m nedefter går over i mere udprægede leraflejringer. Leraflejringerne bliver mere kompakte nedefter og an-

tager mere en karakter af lersten nær overgangen til kridtaflejringerne i 1.500-2.500 m dybde, hvor olie- og gasforekomsterne fortrinsvis er beliggende..

Bølgeenergien i vandsøjlen i Aktivitetsområdet medfører væsentlige omlejringer af sedimentet, specielt under nordvestlige storme med stor bølgeaktivitet. Havbunden kan derfor ikke karakteriseres som udpræget depositionsområde eller erosionsområde. Fine partikler (ler/silt) vil overvejende blive resuspenderet og ført bort fra området, større partikler (fint sand og opefter) aflejres under roligere forhold, men kan under stærk bølgeaktivitet også resuspenderes til en vis grad.

I tilgift til de naturlige kræfter, der bidrager til omlejring af havbundssedimenterne, bidrager fiskeriet også hertil. Især fiskeri med bomtrawl er påvist at gennemtrænge sedimenterne til en dybde af 6 cm eller mere (North Sea Task Force/OSPAR and ICES, 1993). I Aktivitetsområdet skønner man, at 1-2 % af det samlede havbundsareal gennemtrawles hvert år, og i den nordlige del af Aktivitetsområdet kan andelen være væsentligt højere med væsentlig påvirkning af havbunden til følge (North Sea Task Force, 1993a).

Analysen af overfladesedimentet ved danske offshore installationer i forbindelse med den løbende miljømonitoring viser, at havbunden her består af fint sand. Fragmenter af muslingeskaller forekommer. Mediankornstørrelsen ligger mellem 0,13 og 0,19 mm med et ler/silt indhold på max. 6 %. Der er generelt tale om en homogen havbund uden væsentlige strukturer. Det organiske indhold (total organisk kulstof) ligger mellem 1,5 og 4 gram pr. kilogram tørstof (Mærsk Olie og Gas AS; Chemical and Biological Monitoring 1989-2009; NSOC-D, 1999). Analyser af overfladesedimentet i Aktivitetsområdet foretaget i forbindelse med efterforskningsaktiviteter viser ligeledes, at havbunden veksler mellem silt/ler og fint til medium sand.

6.4 Bundfauna

Bundfaunaen omfatter bundlevende invertebrater, der lever på eller nedgravet i havbunden. Den del af bundfaunaen som lever på sedimentoverfladen kaldes epifauna, mens dyrene som lever nedgravet i sedimentet kaldes infauna. Bundfaunaen omfatter især forskellige arter af børsteorme, muslinger, snegle, pighude og krebsdyr.

De fleste bundfaunaarter yngler om foråret, hvorefter der følger et planktonisk larvestadium, indtil de større larver eller umodne voksne dyr slår sig ned på havbunden i sensommeren. Bunddyrsamfundet er fødegrundlaget for bundlevende fisk som rødspætte og ising og udgør en stor del af torskens fødegrundlag.

Nordsøen er et højproduktivt område og det afspejles også i bunddyrenes antal og biomasse (vægt). Den samlede biomasse (af alle arter) er højest i den sydlige del af Nordsøen, især grundet en lavere vanddybde og en stor primærproduktion. Også på Dogger Banke og i et område øst for det danske aktivitetsområde er biomassen høj.

6.4.1 Bundfaunasamfund i Aktivitetsområdet

Bundfaunaen kan grupperes i en række samfund, der adskiller sig i artssammensætning og antal individer pga. forskelle i arternes præferencer for specifikke habitater og

miljøforhold (temperatur, strøm, salinitet, dybdeforhold, bundtype, forekomst af egne de fødeemner osv.)

ICES 2007b identificerede flere forskellige bundfaunasamfund i Nordsøen. I Mærsk Olie og Gas AS Aktivitetsområder blev der identificeret to forskellige bundfaunasamfund:

- *Amphiura/Spiophanes* samfund
- *Myriochele/Paramphinome* samfund

Tabel 6.2 viser de bundfaunasamfund man, ifølge ICES 2007b, finder omkring hhv. Mærsk Olie og Gas AS producerende felter og felter, der kan blive sat i drift i perioden 2011-2015.

Tabel 6.2 Karakteristik af de to bundfaunasamfund der findes i Aktivitetsområdet (ICES 2007b)

Karakteristika	<i>Amphiura /Spiophanes</i> samfund	<i>Myriochele/Paramphinome</i> samfund
Område hvor samfundet findes	Omkring Doggerbanken og Pleistocene Elbe Valley	Nordlige og centrale Nordsø
Fremherskende vanddybde	35-50 m	> 50 m
Dominerende sedimenttype	Let mudret sand	Mudret sand og fint sand
Dominerende arter	<i>Spiophanes bombyx</i> ; <i>Amphiura filiformis</i> ; <i>Mysella bidentata</i>	<i>Myriochele</i> spp; <i>Amphiura filiformis</i> ; <i>Spiophanes</i> spp
Karakteriserende art	<i>Magelone filiformis</i>	<i>Paramphinome jeffreysii</i>

***Myriochele/Paramphinome* samfundet**

Bundfaunaen omkring de nordlige platforme (Harald, Lulita og Svend) kan ifølge ICES 2007b karakteriseres som et *Myriochele/Paramphinome* samfund, mens de øvrige, sydligere beliggende platforme ligger i et område, hvor bundfaunaen kan karakteriseres som et *Amphiura/Spiophanes* samfund.

Tidligere undersøgelser omkring Harald feltet fandt at *Amphiura filiformis* og *Spiophanes* var blandt de dominerende arter, som tilfældet var i ICES 2007b. Derimod forekom *Myriochele* spp og *Paramphinome jeffreysii* ikke (Mærsk Olie og Gas 2005). Det er i overensstemmelse med ICES 2007b, der sammenlignede resultaterne af Nordsø-bundfaunaundersøgelsen fra 1986 med undersøgelsen fra 2000. Det kunne påvises, at bundfaunaen på de 14 år havde ændret sig markant på dybder over 50 m. Her var der sket en markant stigning i tætheden af børsteormene *Paramphine jeffreysii*, *Myriochele* spp og *Spiophanes bombyx* (ICES 2007b).

Mærsk Olie og Gas AS's bundfaunaundersøgelser omkring platformene i det sydlige aktivitetsområde frem til 2006 er i overensstemmelse med ICES 2007b kortlægning og klassificering af faunaen ved Kraka, Harald, Gorm og Halfdan som *Amphiura*-/*Spiophanes* samfund med *Amphiura filiformis*, *Mysella bidentata* og *Spiophanes bombyx* blandt de dominerende arter (Mærsk Olie og Gas 2005).

Efterfølgende har bundfaunasamfundenes sammensætning i det sydlige aktivitetsområde tilsyneladende ændret sig. I 2009 var forekomsterne af *Amphiura filiformis* og *Mysella bidentata*, som lever i symbiose med *Amphiura*, faldet dramatisk omkring Gorm. *Spiophanes bombyx* er dog stadig dominerende. Man vil således ikke længere kunne karakterisere faunaen omkring Gorm som et *Amphiura*/*Spiophanes* samfund som defineret i ICES 2007b (Mærsk Olie og Gas 2009a). Det gælder også for Dan F, Tyra E og Valdemar (Mærsk Olie og Gas 2009b, 2009c 2009d), som ligger i et område som ICES 2007 b definerede som *Amphiura*/*Spiophanes* samfund. Årsagen til disse nedgange kan ikke umiddelbart forklares. Der er tilsyneladende ikke tale om en effekt af udledninger fra platformene, idet der ikke var nogen sammenhæng mellem nedgang i forekomsterne af *Amphiura filiformis* og *Mysella bidentata* og afstanden til platformene. Selv på referencestationerne i op til 10 km fra platformene observeredes ingen eller meget få individer. Det vides heller ikke, om der er tale om en midlertidig nedgang (DHI, 2008).

Tabel 6.3 Bundfaunasamfund man ifølge ICES 2007b kan finde omkring Mærsk Olie og GAS AS's producerende felter i Nordsøen

Felt	<i>Myriochele</i> / <i>Paramphinoe</i> samfund	<i>Amphiura</i> / <i>Spiophanes</i> samfund
Harald	X	
Lulita	X	
Svend	X	
Valdemar		X
Roar		X
Tyra		X
Tyra sydøst		X
Rolf		X
Gorm		X
Dagmar		X
Halfdan nordøst		X
Halfdan		X
Skjold		X
Dan		X
Kraka		X

Regnar		X
--------	--	---

Tabel 6.4 Bundfaunasamfund man ifølge ICES 2007b kan finde omkring Mærsk Olie og Gas AS' felter der kan blive sat i drift i perioden 2011-2015

Felt	<i>Myriochele/Paramphinoe</i> samfund	<i>Amphiura /Spiophanes</i> samfund
Freja	X	
Boje		X
Elly		X
Alma		X
Luke		X
Adda		X

6.5 Plankton

Planteplankton i Nordsøen domineres af diatomeer og dinoflagellater. I den åbne Nordsø, som er sommerlagdelt, ses typisk en opblomstring af alger om foråret, når vandmasserne er opblandet og der er tilgængelige næringssalte. Om sommeren falder planteplanktonbiomassen pga. lagdelingen og den deraf følgende næringssaltbegrænsning og om efteråret sker der ofte en mindre opblomstring igen når vandmasserne blandes og der tilføres næringssalte til de øverste vandlag (OSPAR 2000).

Fordelingen af planteplankton afspejler den overordnede fordeling af næringssalte i Nordsøen med høje koncentrationer mod syd og øst i de områder hvor der opstår hydrografiske fronter der bevirker at næringssalte bringes til overfladen (Mærsk 2005). Den centrale Nordsø og Aktivitetsområdet kan karakteriseres som mellem til højproduktivt med store lokale variationer. Planteplanktonproduktionen anslås til ca. 150-250 g kulstof pr. kvadratmeter havoverflade pr. år, og fra 200 til 1400 mg kulstof pr. kvadratmeter havoverflade pr. dag (Skogen & Moll 2000; North Sea Task Force 1993a).

Nordsøens dyreplankton domineres af vandlopper (copepoder). Vandlopper kan findes i store koncentrationer og er det vigtigste fødeemne for fisk og andre organismer højere oppe i fødekæden, herunder larver, yngel og kønsmodne individer af mange kommercielt vigtige fiskearter som f.eks. brisling og sild (Brander 1992). De største koncentrationer af dyreplankton findes langs de hydrografiske fronter, hvor primærproduktionen er størst.

6.6 Blæksprutter

Blæksprutter er kortlevende rovdyr med en meget hurtig vækst. De spiller en vigtig rolle i det marine økosystem i Nordatlanten, idet de spiser store mængder fisk, krebsdyr og andre blæksprutter, medens de selv er det vigtigste bytte for havpattedyr og

havfugle. I Nordsøen er blæksprutterne mindre vigtige, men findes især almindeligt i den nordlige del. Kendskabet til blæksprutter i Nordsøen stammer især fra kommercielle fangster, hvor de tages som bifangst. I alt 24 blækspruttearter kendes fra Nordsøen. De vigtigste arter i Nordsøen synes at være *Loligo forbesi*, *L. vulgaris*, *Todarodes sagittatus*, *T. eblanae*, *Illex coindetii*, *Sepia officinalis*, *Octopus vulgaris* og *Eledone cirrhosa* (Pierce & Guerra 1994).

6.7 Fisk

Fisk lever af en bred vifte af marine organismer, og nogle arter lever tæt ved eller på havbunden (demersale arter), andre lever i vandsøjlen (pelagiske) mens andre igen lever tæt ved havbunden men søger deres føde i de overliggende vandmasser. De tidlige livsstadier og de voksne fisk foretrækker tit forskellige tilholdssteder.

Mange fiskearter af kommerciel betydning udgør også et vigtigt fødegrundlag for havfugle og havpattedyr, heriblandt tobis, brisling, sild, blåhvilling, glyse, sperling, torsk, makrel og sardin (Tasker & Furness, 1996).

6.7.1 Fiskesamfund

Der er registreret over 230 fiskearter i Nordsøen (Daan et al. 1990). Disse arter kan grupperes i en række fiskesamfund, der adskiller sig i artssammensætning og antal individer pga. forskelle i arternes præferencer for specifikke habitater og miljøforhold (temperatur, strøm, salinitet, dybdeforhold, bundtype, forekomst af egnede fødeemner osv.)

På baggrund af statistisk analyse af data fra ICES International Bottom Survey Database inddelte Callaway et al. 2002 fiskefaunaen i Nordsøen i seks fiskesamfund med hver deres karakteristiske fiskefauna:

- Fiskesamfund 1 i den nordligste del af Nordsøen, nord for Shetlandsøerne på dybder mellem 100 og 200 m
- Fiskesamfund 2 i den Nordlige Nordsø på dybder mellem 100 og 200 m
- Fiskesamfund 3 i den mellemste Nordsø på dybde mellem 50 og 100 m
- Fiskesamfund 4 i den centrale Nordsø (Farvandet ved og omkring Doggerbanke og langs den jyske vestkyst) på dybder under 50 m
- Fiskesamfund 5 i den sydlige Nordsø på dybder under 50 m
- Fiskesamfund 6 i den sydligste del af Nordsøen, ved indgangen til den Engelske Kanal på dybder under 50m.

Tabel 6.5 viser de fiskearter, der karakteriserer de forskellige samfund.

Tabel 6.5 Art sammensætningen af de seks fiskesamfund i Nordsøen, som blev identificeret af Callaway et al. 2002 vha. clusteranalyse af data fra International Bottom Trawl Surveys (IBTS). Arter der i en multivariabel stati-

stisk analyse (clusteranalyse) bidrager mest til similariteten af fiskefaunaen i de forskellige samfund er vist.

Samfund 1 Nordligste Nordsø (100-200m)	Samfund 2 Nordlige Nordsø (100-200 m)	Samfund 3 Mellemste Nordsø (50-100 m)	Samfund 4 Centrale Nordsø ¹⁾ (<50 m)	Samfund 5 Sydlige Nordsø (<50m)	Samfund 6 Indgang til Engelske Kanal (<50m)
Sild Kuller Hvilling Sperling Sølvorsk	Slimål Sild Kuller Hvilling Sperling Håising	Sild Kuller Hvilling Grå Knurhane Håising Ising Rødspætte	Hvilling Hestemakrel Stribet fløjfisk Makrel Sandkutling Grå Knurhane Ising Rødspætte Glastunge	Sild Brisling Hvilling Hestemakrel Stribet fløj- fisk Sandkutling Grå Knurha- ne Ising Glastunge	Ising Rødspætte Lille fjæsing Glastunge Hestemakrel Makrel Stribet fløjfisk Sandkutling Hvilling

1) Farvandet ved og omkring Doggerbanken og langs den jyske vestkyst

Det fremgår at:

- Arter som sild og hvilling findes over hele Nordsøen.
- Arter som sølvorsk, sperling, kuller, håising og slimål har en mere nordlig udbredelse
- Arter som rødspætte, ising, glastunge, grå knurhane, stribet fløjfisk, hestemakrel, brisling og sandkutling har en mere sydlig udbredelse

Det bør bemærkes, at en for fiskeriet så vigtig art som torsk, ikke optræder som karakteristisk art i nogle af samfundene. Torsken findes over hele Nordsøen, men i mindre mængde i forhold til de arter der er karakteristiske.

Mærsk Olie og Gas AS gennemførte en undersøgelse af fiskefaunaen omkring Halfdanfeltet i 2002/2003 (Mærsk Olie og Gas 2003 a). Som det fremgår af Tabel 6.5 var de dominerende arter sild, brisling, grå knurhane, ising og hvilling i nævnte rækkefølge. Der blev også fanget en mindre mængde håising, makrel, rødspætte, tobis og hestemakrel og ubetydelige mængder af torsk, kuller, stribet fløjfisk, stenbider, almindelig panserulk og rødtunge.

Ising, grå knurhane og håising forekom hele året, mens sild *Clupea harengus* og brisling *Sprattus sprattus* var mest hyppige om efteråret og makrel og hestemakrel var almindelige om sommeren. De tre førstnævnte, stationære arter fiskes kun i mindre omfang, og fiskefaunaen i Aktivitetsområdet kan derfor siges at være domineret af arter med begrænset kommerciel betydning.

Fiskefaunaen omkring Halvdan har mest lighed med Callaway et al. 2002's Fiskesamfund 5 (sammenlign Tabel 6.5 og

Tabel 6.6).

Beliggenheden af Mærsk Olie og Gas AS felter er sammenlignet med Calloway et al. 2002s udbredelseskort for de forskellige fiskesamfund.

Tabel 6.7 og Tabel 6.8 viser resultatet af denne sammenligning. I tabellen er de sydligste felter (fra Halfdan nordøst til Regnar) karakteriseret som fiskesamfund 4/Fiskesamfund 5. Årsagen er, at Calloway et al. 2002 karakteriserer fiskefaunaen i dette område som Samfund 4, mens resultaterne fra Halfdan 2002/2003 nærmere indikerer, at der er tale om Fiskesamfund 5. De sydligste felter ligger, iflg. Calloway et al. 2002's kort, i Fiskesamfund 4 men ganske tæt på Fiskesamfund 5, så der er formodentlig tale om en overgangszone mellem de to samfund.

Tabel 6.6 Resultater af undersøgelse af fiskefaunaen omkring Halfdan-feltet. Fangster af forskellige arter udtrykt som Catch per unit effort (Cpue), defineret og beregnet som fangsten i et trawlsløb over en strækning på 1000 m.

Art	November 2002 (Cpue)	Februar 2003 (Cpue)	Juli 2003 (Cpue)
Sild	10874.5	6.2	0.3
Brisling	761.5	4.9	0
Grå knurhane	89.5	0.6	36.0
Ising	106.4	3.6	13.7
Hvilling	1.3	0	66.6
Håising	6.8	0.3	6.0
Makrel	0	0	11.9
Rødspætte	9.3	0.1	1.2
Tobis	0	0.4	6.2
Hestemakrel	1.5	0	2.8
Torsk	0.7	0.4	0
Kuller	0	0	0.4
Stribet fløjfisk	0.3	0	0
Stenbider	0.2	0	0
Alm panserulk	0	0	0.1
Rødtunge	0	0.1	0

Fiskefaunaen ved felterne i den nordlige del af Mærsk Olie & Gas AS' Aktivitetsområde, der ligger på dybder større end 50 m (Svend, Harald og Lulita), kan karakteriseres som Fiskesamfund 3, mens de øvrige felter (hvor vanddybden er under 50 m) ligger i et område, hvor fiskefaunaen kan karakteriseres som Fiskesamfund 4 eller en overgangszone mellem Fiskesamfund 4 og 5 (

Tabel 6.7 og Tabel 6.8).

Forskellen mellem de to grupper af samfund er større forekomst af sild, kuller og håising og mindre forekomst af hestemakrel, stribet fløjfisk, makrel, sandkutling og glas-tunge i Fiskesamfund 3 i forhold til Fiskesamfund 4/5.

Tabel 6.7 Fiskesamfundene omkring Mærsk Olie og Gas AS' producerende felter (baseret på Calloway et al. 2002)

Felt	Fiskesamfund 3	Fiskesamfund 4	Fiskesamfund 4/5
Harald	X		
Lulita	X		
Svend	X		
Valdemar		X	
Roar		X	
Tyra		X	
Tyra sydøst		X	
Rolf		X	
Gorm		X	
Dagmar		X	
Halfdan nordøst			X
Halfdan			X
Skjold			X
Dan			X
Kraka			X
Regnar			X

Tabel 6.8 Fiskesamfundene omkring Mærsk Olie og Gas AS' der kan blive sat i drift i perioden 2011-2015 (baseret på Calloway et al. 2002)

Felt	Fiskesamfund 3	Fiskesamfund 4	Fiskesamfund 4/5
Boje		X	
Elly		X	
Alma		X	
Freja	X		
Luke		X	
Adda		X	

Det er velkendt, at fisk optræder i store koncentrationer omkring vrage på havbunden. Omkring offshoreplatforme i Nordsøen tyder observationer på, at de kan være hjem-

sted for store mængder af fisk (Picken G.B., 1989; Kingston, 1992; Cripps, S.J. & Aabel, J.P., 2002). Flere forhold formodes at spille ind her. Platformene kan tjene som levested for fødeorganismer, som skjulested for fiskene, som strømlæ eller blot som referencepunkt i et ellers ensformigt leveområde. På grund af sikkerhedszonen omkring platformene fungerer disse som et "reservat", hvor fiskene beskyttes mod kommercielt fiskeri.

6.7.2 Bestandenes tilstand

Aktivitetsområdet er ikke vigtigt for dansk fiskeri (se Kapitel 6.11). Af de kommercielt udnyttede arter der trods alt findes i området, er bestanden af torsk faretruende lav. Gydebestanden er kritisk lav og bestanden er overfisket. Sild er også overfisket og gydebestanden for lav, mens det for rødspætte og makrel gælder at bestandene er overfiskede men gydebestandene er tilstrækkelig store til at bestandene kan opretholdes (ICES 2009, Munch-Petersen 2005).

6.7.3 Gyde og opvækstpladser

De fleste fiskearter i Nordsøen er pelagiske gydere (gyder i de frie vandmasser). Gydeområderne for pelagiske gydere er ofte ganske udstrakte og kan variere fra år til år, især som følge af variationer i strøm og temperatur. Selvom gydepladsernes beliggenhed kan variere, er der dog for de fleste arter et fast overordnet mønster mht. gydning. For eksempel gyder kuller altid i den nordlige del af Nordsøen og rødspætten i den sydlige del. Andre arter lægger deres æg på bunden (demersale gydere). Gydeområderne for de demersale gydere er mere velafgrænsede idet fiskene fasthæfter deres æg på ålegræs, alger eller specielle bundsedimenter. Af de kommercielt udnyttede arter er kun sild og tobis demersale gydere, de øvrige kommercielle arter gyder i de frie vandmasser (Worsøe et al., 2002).

I perioden december 2003 - april 2004 gennemførtes i ICES regi en omfattende undersøgelse af gydepladser for vigtige kommercielle fiskearter med speciel fokus på torsk og rødspætter. Undersøgelsen dækkede hele Nordsøen med deltagelse af Holland, Tyskland, England, Norge og Danmark. Det er første gang, at der er gennemført en så omfattende undersøgelse dækkende hele Nordsøen, indsamlet på samme tid og ved anvendelse af de samme metoder (ICES 2007b). Tidligere er kortlægningen af udbredelse af gydepladser for fisk i Nordsøen blevet sammenstykket af resultater fra undersøgelser dækkende mindre områder af Nordsøen, indsamlet forskellige år.

Tabel 6.9 viser en sammenligning mellem beliggenheden af Mærsk Olie og Gas AS' Aktivitetsområdet og udbredelsen af fiskeæg og larver observeret i ICES 2007b undersøgelsen. Det fremgår, at der er gydepladser for torsk, rødspætte, håising og fløjfisk i aktivitetsområdet. Beliggenhed af gydepladser for torsk og rødspætte i Aktivitetsområdet er i overensstemmelse med tidligere undersøgelser. Tidligere undersøgelser har desuden vist at makrel har gydt i Aktivitetsområdet (Worsøe et al., 2002).

Tabel 6.9 Resultater af ICES 2004 ichthyoplankton survey. Forekomst af fiskeæg og larver i og udenfor Mærsk Olie og Gas AS' Aktivitetsområde i perioden december 2003- april 2004 (Data fra ICES 2007a).

Forekom i aktivitetsområdet	Forekom ikke i aktivitetsområdet
-----------------------------	----------------------------------

Torskeæg ¹⁾	Torskelarver ²
Rødspætteæg og -larver	Brislingeæg og larver ³⁾
Håisingæg	Sardinæg og larver ⁴⁾
Fløjfiskeæg	Strømsildeæg og larver ⁵⁾
	Laksesilde æg ⁶⁾
	Kuller æg og larver ⁷⁾
	Sperling æg og larver ⁸⁾
	Sej larver ⁹⁾
	Tobis larver ¹⁰⁾
	Hårhvarreæg
	Tunge æg ¹⁰⁾

1) Det er vanskeligt at skelne mellem æg af torsk, kuller og hvilling, men baseret på udbredelsen af larver af disse arter samt historiske data har der først og fremmest, hvis ikke udelukkende, været tale om torskeæg.

2) Forekom især i Tyskebugten og udfør vestkysten af Jylland

3) Forekom i den sydlige del af Nordsøen (syd for 55oN) og langs den Britiske kyst

4) Forekom i den sydlige del af Nordsøen (syd for 55oN)

5) Forekom i den nord-nordvestlige del af Nordsøen

6) Forekom i den nord-østlige del af Nordsøen (ved Norske rende)

7) Forekom i den nord og nordvestlige del af Nordsøen

8) Forekom i den nordlige del af Nordsøen

9) Forekom i den nordlige del af Nordsøen

10) Forekom i den sydligste del af Nordsøen og den Engelske Kanal

Mærsk Olie og Gas AS gennemførte i 2002/2003 en undersøgelse af forekomsten af fiskeæg ved Halfdan feltet i den sydlige del af Aktivitetsområdet. Æg af følgende arter dominerede i prøverne (Mærsk Olie og Gas AS, 2003a): torsk, rødspætte, ising, håising, grå knurhane. Det er i ganske god overensstemmelse med ICES 2007a. I lighed med ICES 2007a fandt Mærsk Olie og Gas AS 2003a også æg af sribet fløjfisk.

Sammenfattes resultaterne af de to undersøgelser og sammenlignes med historiske data kan det konkluderes, at der er gydepladser for torsk, rødspætte, håising, ising, grå knurhane og sribet fløjfisk i aktivitetsområdet.

De nævnte arter gyder på følgende tidspunkter (Daan et al. 1990; Muus & Dahlstrøm 1985):

- Torsk (januar-april)

- Rødspætte (december - maj)
- Ising (januar-august)
- Håising (januar-maj)
- Grå knurhane (april-august)
- Stribet fløjfisk (januar-august).

Efter klækning føres de planktoniske larver med havstrømmene først mod øst og senere mod nord langs den jyske vestkyst. ICES 2007a, Munk et al. 1995, Munk et al. 1999 og Munk et al. 2002 fandt de største koncentrationer af torskelarver i de næringsrige og produktive hydrografiske fronter i den østlige del af Nordsøen (i Tyske Bugt, langs den Jyske Vestkyst, Jyske rev, Store og Lille Fiskebanke og langs med Norske rende ind i Skagerrak). Rødpættelarver findes i de samme frontområder, dog især koncentreret lidt sydligere (i Tyskebugt og farvandet langs den Jyske vestkyst) (ICES 2007a; Munk et al. 2002). Larver af ising findes i samme område (ICES 2007a).

6.8 Havpattedyr

Der kan træffes adskillige hvalarter i Nordsøen. Marsvin (*Phocoena phocoena*) er den hyppigst forekommende art og hvidnæse *Lagenorhynchus albirostris*, forekommer hyppigt om sommeren. Bestandene af marsvin og hvidnæse er estimeret til henholdsvis 231.000 og 8.000 (Teilman et al. 2008; Hammond et al. 2002). Desuden findes der en bestand af vågehval *Balaenoptera acutorostrata* som er estimeret til 8.500 individer (Hammond et al. 2002). Hvaler er såkaldte bilag IV arter, der i henhold til EF - Habitatdirektivets artikel 12 kræver særlig beskyttelse (Artikel 12 af Rådets direktiv 92/43/EØF af 21. maj 1992).

Marsvin er den eneste kendte art der yngler i danske farvande. De største koncentrationer af marsvin forekommer i de indre danske farvande, Skagerrak samt farvandet ud for Blåvandshuk, mens der er færre dyr som opholder sig i den centrale Nordsø (Teilman et al., 2008). Mærsk Olie og Gas AS iværksatte i 2006 et treårigt overvågningsstudie af fugle og havpattedyr i Aktivitetsområdet. Optællingerne foregik ved linjetransekt optællinger fra fly, i alt 11 i løbet af den treårige periode (Mærsk, 2009f). Undersøgelserne bekræfter eksisterende data som viser, at marsvin forekommer i Aktivitetsområdet men mindre hyppigt end i andre danske farvandsområder.

Hvidnæsen er udbredt i store dele af Nordsøen, men er fåtallig i Norske Rende, i den estuarine vandmasse langs kontinentalkysten og i dele af den centrale Nordsø, inklusive Aktivitetsområdet. Langt den største del af bestanden findes koncentreret i tidevandsfrontzonen fra nordvestkanten af Dogger Banke til Aberdeen. Mindre områder med høje tætheder af hvidnæse findes i den hollandske sektor og i den dansk-norske sektor ved Jyske Rev og Lille Fiskerbanke. I løbet af det treårige studie nævnt ovenfor, blev der i alt observeret to hvidnæser (Mærsk, 2009f).

Vågehvalen findes stort set i de samme områder som hvidnæse, men ses sjældent i hollandsk sektor, og udbredelsen indikerer en endnu kraftigere koncentration ved tidevandsfronten udfor den centrale del af den britiske østkyst. Arten optræder regelmæs-

sigt i den nordøstlige del af Aktivitetsområdet, der ligger nærmest en mindre zone med mellemhøje tætheder ved Jyske Rev og Lille Fiskebanke.

Gråsæl *Halechoerus grypus* yngler på øerne langs den engelske østkyst og er fåtallig i Vadehavet, hvorimod spættet sæl yngler i stort tal i Vadehavet, men er mindre almindelig langs den britiske kyst. Begge arter iagttages i Aktivitetsområdet, og enkelte dyr opholder sig i dagevis ved enkelte platforme. Bestandene af spættet sæl *Phoca vitulina* i Nordsøen er vokset igen efter et stort sygdomsudbrud i 1988, og to mindre i 2000 og igen i 2002. Den samlede bestand i Vadehavet er i 2009 opgjort til 32.000 individer (Wadden Sea Secretariat, 2010). Nye satellitmærkninger af spættede sæler fra den danske del af Vadehavet viser, at sælerne synes at vandre over store afstande ud i Nordsøen. De følger ofte en nordvestlig retning mod områder på Store Fiskerbanke nord for Aktivitetsområdet, og synes derfor ikke som hidtil antaget at fouragere nær Vadehavet (Tougaard et al. 2003). Mærkninger af spættet sæl i Storbritannien indikerer, at dyrene ikke bevæger sig over større afstande ud i Nordsøen. Gråsælen, derimod, vandrer over store afstande fra de britiske kolonier (McConnell et al. 1999).

Da gråsæler og spættede sæler er beskyttet jfr. EF-habitatdirektivets bilag II skal specielle opvækst- og yngleområder for disse arter beskyttes i videst mulige omfang. Det første dokumenterede opvækstområde for marsvin er udpeget i det kystnære farvand ud for Vadehavsoerne Amrum og Sylt (Sonntag et al. 1999), og det er generelt antaget at de kystnære lavvandede farvande, som for eksempel området omkring Horns Rev ud for Blåvands Huk, er foretrukne opvækst- og yngleområder for marsvin (Skov et al. 2000). Da sæler samtidig yngler og opfostrer deres unger på land, er der ingen indikationer for, at olieudvindingsområderne i den danske del af Nordsøen er specielle opvækstområder, og som sådan nyder de ikke speciel beskyttelsesstatus i forhold til EF-habitatdirektivet.

6.9 Fugle

Nordsøen er et meget vigtigt område for havfugle, hvilket er betinget af den høje produktivitet. Desuden passerer Nordsøen af trækkende vand- og landfugle på vej imellem yngleområder i nord og vinterområder i syd.

Havfuglearter har generelt en relativt lang levetid og en lang opvækstperiode (fra et til flere år), inden de bliver kønsmodne, og en relativt langsom formeringsrate. Derfor foregår ændringer i bestandsstørrelsen langsomt, og en given bestand vil være adskillige år om at overvinde større tab f.eks. på grund af en isvinter eller en stor olieforurening (North Sea Task Force/OSPAR and ICES, 1993).

Aktivitetsområdet er ikke særlig vigtigt for havfugle. Områder af international betydning for havfugle er sammenfaldende med de højproduktive front områder, hvor der er rigeligt med føde.

I Skagerrak/Norsk Rende-området ligger et område af international betydning for havfugle, der benyttes af 6 fuglearter med et skønnet individantal på 850.000, som benytter området på forskellige tidspunkter af året (Skov et al. 1995). Området benyttes som fourageringsområde, ikke som yngleområde. Den talrigeste fugleart er søkongen, som i et antal på op til 700.000 overvintrer i området; dette er ca. en fjerdedel af den nordøsteuropæiske bestand. Lomvier benytter området til at skifte fjerdragt i juli-august.

Da de ikke kan flyve i denne periode, er de yderst sårbare over for olieforurening. Storkjoven gæster også området i denne periode.

Indre Tyske Bugt og Vadehavet øst for Aktivitetsområdet er ligeledes af stor international betydning for fugle. Muslingeforekomsterne på vaderne og i de tilstødende kystvande, tilsammen med store forekomster af fiskeyngel i området, giver gode næringsressourcer for strand- og havfugle. Internationalt betydningsfulde koncentrationer (over 20 % af den europæiske ynglebestand) af sort- og rødstrubet lom overvintrer her, og sortand opholder sig her i store koncentrationer igennem lange perioder af året, bl.a. i fjerfældningstiden.

Nordvest for Aktivitetsområdet langs tidevandsfronten udfor den britiske østkyst findes et andet område af stor international betydning. Området huser i store dele af året over en million fiskespisende havfugle.

Det er karakteristisk at forekomsten af havfugle i Aktivitetsområdet er yderst beskednen. Der kan forekomme lave eller endog meget lave tætheder af havfugle der æder stime fisk som f.eks. alk, lomvie, søkonge og ride. Der kan ligeledes findes medium-høje tætheder af de større mågearter og mallemuk. Ved midvinter forekommer der en moderate stigning i tæthederne af lomvie på selve Dogger Banke, og dette berører den sydvestlige del af Aktivitetsområdet, og i det sene efterår er der registreret en moderat stigning i tæthederne af alk og lomvie i den østlige del af Aktivitetsområdet.

Såvel under forårs- som under efterårstrækket bevæger over 10 millioner landfugle sig mellem ynglepladser i Skandinavien og Rusland og vinterområder i det sydlige og vestlige Europa og Afrika. Fugletrækket foregår generelt over en bred front (Jellmann 1977; Alerstam 1990). Hos enkelte arter og under specielle vejrforhold foregår trækket langs bestemte ledelinjer, f.eks. langs den Jyske Vestkyst og langs kysterne af Tyske Bugt (Alerstam 1990). Radarundersøgelser i forbindelse med de planlagte vindmøller i Tyske Bugt har vist, at såvel land- som vandfugletrækket over Nordsøen foregår over en bred front og ikke koncentrerer langs bestemte ruter (Knust et al., 2003). De eksisterende data tyder således ikke på at fugletrækket under normale omstændigheder koncentrerer i Aktivitetsområdet.

Mærsk Olie & Gas udførte i perioden 2006-2009 (Mærsk 2009f) en serie flybaserede optællinger af havfugle og havpattedyr omkring de faste installationer i Nordsøen. Formålet med kortlægningen var at give information omkring artssammensætning, tætheder, fordelings- og fænologiske mønstre i en repræsentativ del af produktionsområdet på ca. 80x30 km. Resultaterne fra denne undersøgelse viser, at artsdiversiteten i Aktivitetsområdet er lav sammenlignet med de indre danske farvande, men typisk sammenlignet med de øvrige dele af Nordsøen. Dette bekræfter beskrivelsen i miljøatlasset (Mærsk 2005). Aktivitetsområdet domineres af Mallemuk *Fulmarus glacialis* og Ride *Rissa tridactyla* og der ses også Sule *Sula bassanus*, Alk *Alca torda* og Lomvie *Uria aalge* i mellemhøje tætheder. Disse er alle arter tilknyttet de åbne farvande. Undersøgelsen viste, at tæthederne er knyttet til dybdeforholdene i området, nærmere bestemt til et plateau af lavere vanddybde, som strækker sig nordøst-sydvest på tværs af den centrale og nordlige del af Aktivitetsområdet. Resultaterne i undersøgelsen er i overensstemmelse med tidligere konklusioner som viser, at aktivitetsområdet er af væsentlig mindre betydning for havfugle end omkringliggende områder, såsom Dogger Banke, Tyske Bugt samt området ved Norske Rende. Samtidig er der intet i undersøgelsen som tyder på,

at platformenes tilstedeværelse påvirker fuglenes overordnende udbredelsesmønster i aktivitetsområdet.

6.10 Natura 2000 områder

I 1979 vedtog EU-landene EF-Fuglebeskyttelsesdirektivet med det formål at sikre levesteder for udvalgte fuglearter og i 1992 blev EF-habitatdirektivet vedtaget for at sikre den biologiske mangfoldighed i form af bestemte naturtyper og beskyttelseskrævende arter udover fugle. I den daglige forvaltning betegnes de to direktiver samlet som Natura 2000.

I Danmark er der udpeget 113 fuglebeskyttelsesområder og 254 habitatområder som led i de internationale forpligtelser i forhold til direktivet. Det nærmeste Natura 2000-område er "DE 1003-301 Dogger Bank", som ligger i den tyske sektor af Nordsøen, og hvor udpegningsgrundlaget er naturtype 1110 (sandbanker med lavvandet vedvarende dække af havvand) samt de to arter 1351 (marsvin) og 1365 (spættet sæl). De nærmeste Danske Natura 2000 områder er DK00VA347 (Sydlige Nordsø) samt DK00VA257 (Jyske Rev, Lillefiskerbanke). Udpegningsgrundlaget for Sydlige Nordsø er arterne 1351 (marsvin) og 1365 (spættet sæl) samt naturtype 1110 (sandbanker med lavvandet vedvarende dække af havvand) mens udpegningsgrundlaget for Jyske Rev, Lillefiskerbanke er naturtype 1170 (rev).

Havstrategidirektivet

EU's direktiv 2008/56/EF af 17. juni 2008 har sat mål for fremtidens havmiljø. Formålet med direktivet er at fastholde eller etablere god miljøtilstand i alle europæiske havområder senest i 2020. For at nå dette mål vil der blive udarbejdet havstrategier med målsætninger, overvågningsprogrammer samt indsatsprogrammer. Første skridt i arbejdet med havstrategier er udarbejdelse af basisanalyser, hvilket skal være afsluttet senest 15. juli 2012, hvorefter følger overvågningsprogrammerne i 2014 samt indsatsprogrammer i 2015. Offentlige myndigheder vil ved udøvelsen af deres opgaver i henhold til lovgivningen være forpligtet til ikke at handle i modstrid med de mål og indsatser, der fastlægges i havstrategierne.

6.11 Sammenfatning: Miljøet i Aktivitetsområdet

Mærsk Olie og Gas AS Aktivitetsområde ligger i del af Nordsøen hvor den biologiske produktion er lav til moderat. Området ligger generel relativt langt fra de dele af Nordsøen, hvor der dannes højproduktive, hydrografiske fronter, der bl.a. er opvækstområder for fiskelarver og et vigtigt fourageringsområde for havfugle. Der er dog eksempler på observationer af en temperaturstyret tidevandsfront på nordkanten af Doggerbanken, hvor produktionen har været høj pga. opvæld af næringsrigt vand, men hypigheden kendes ikke.

Bundfauna

Der er identificeret to bunddyrssamfund i Aktivitetsområdet:

- Et sydligt på relativt lavt vand (35-50 m) hvor Valdemar, Roar, Tyra, Rolf, Gorm, Dagmar, Halfdan, Skjold, Dan, Kraka og Regnar ligger. Dette samfund er blevet karakteriseret som et *Amphiura/Spiophanes* Samfund

- Et nordligt på større vanddybde (<50m) hvor Harald, Lulita og Svend felterne befinder sig. Dette samfund er blevet karakteriseret som et *Myriochele/Paramphinome* samfund.

Fisk

Der er forskel på fiskefaunaen når man bevæger sig fra de dybere nordlige dele af Aktivitetsområdet til de mere lavvandede sydlige dele. Der er identificeret tre forskellige fiskesamfund:

- Et samfund ved de nordligste platforme Harald, Lulita og Svend der er karakteriseret ved forekomst af arter som sild, kuller, hvilling, grå knurhane, håising, ising og rødspætte.
- Et samfund ved de mellemste platforme (Valdemar, Roar, Tyra, Rolf, Gorm og Dagmar), der er karakteriseret ved forekomst af arter som hvilling, hestemakrel, stribet fløjfisk, makrel, sandkutling, grå knurhane, ising, rødspætte og glastunge.
- Et samfund ved de sydligste felter Halfdan, Skjold, Dan, Kraka og Regnar, hvor der, udover de fisk, der er karakteristiske for de mellemste platforme, også kan forekomme sild og brisling.

Vurderet ud fra en nyere undersøgelse af udbredelse af fiskeæg og -larver dækkende hele Nordsøen og en undersøgelse af forekomsten af fiskeæg omkring Halfdan feltet er der gydepladser for torsk, rødspætte, håising, ising, grå knurhane og stribet fløjfisk i området. Fiskelarverne føres med havstrømmene først mod øst og senere mod nord til områder med højproduktive hydrografiske fronter hvor larverne har deres opvækstpladser.

Fugle

Aktivitetsområdet ligger langt fra de vigtigste fugleområder i Nordsøen. Forekomsten af havfugle i området er yderst beskedet. Der kan dog forekomme lave eller endog meget lave tætheder af alk, lomvie, søkonge og ride samt medium til høje tætheder af måger og mallemuk.

Havpattedyr

Der vil kunne findes strejfende gråsæl og spættet sæl i Aktivitetsområdet.

Hvaler vil også kunne forekomme. Især marsvin kan observeres ved platformene i den centrale Nordsø. Der er også observeret hvidnæse og vågehval omkring platformene.

Hvaler er såkaldte bilag IV arter, der i henhold til EF-habitatdirektivets artikel 12 kræver særlig beskyttelse.

Natura 2000 områder

Den sydlige del af Aktivitetsområdet grænser op til det Tyske Natura 2000 område "DE 1003-301 Dogger Bank".

6.12 Socioøkonomiske forhold

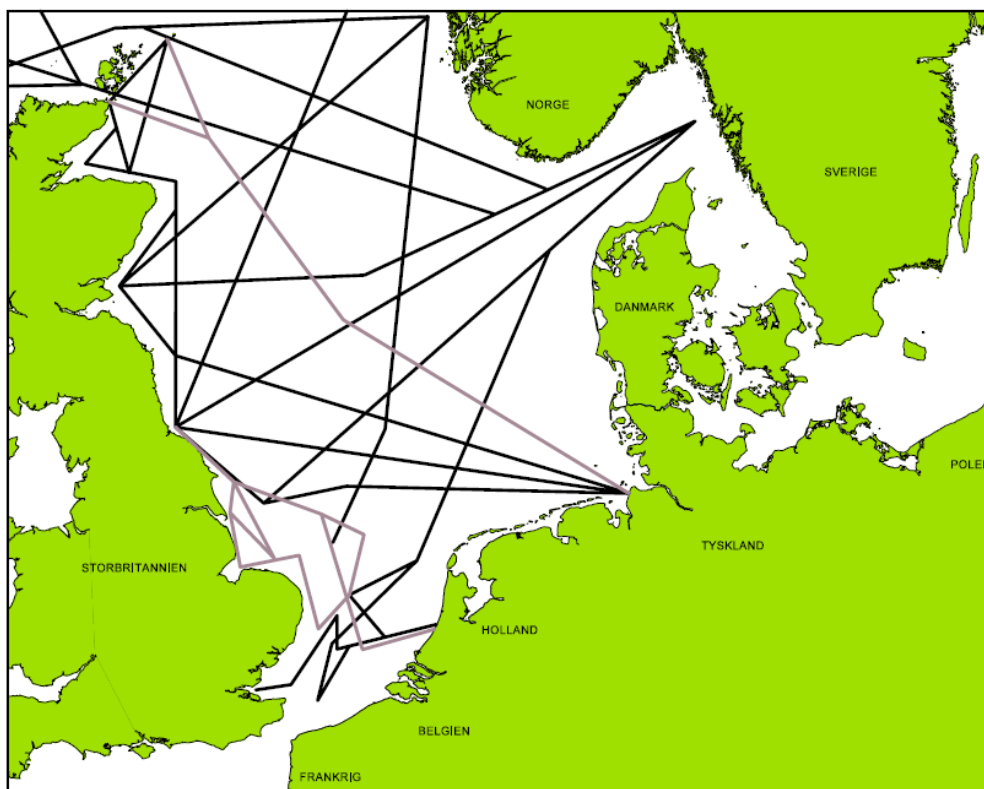
Råstoffer

I historisk tid blev havsalt udvundet ved kysterne omkring Nordsøen, men denne aktivitet er ikke længere kommercielt rentabel, og med undtagelsen af olie- og gasforekomster langt under havbunden er sand, ral, grus og sten de eneste råstoffer, der i dag hentes fra Nordsøen.

Den overvejende del af Nordsøens sandsugning, stenfiskeri m.v. foregår tæt ved kysterne for at reducere transportomkostningerne. Der er ingen aktiviteter af denne art i Aktivitetsområdet.

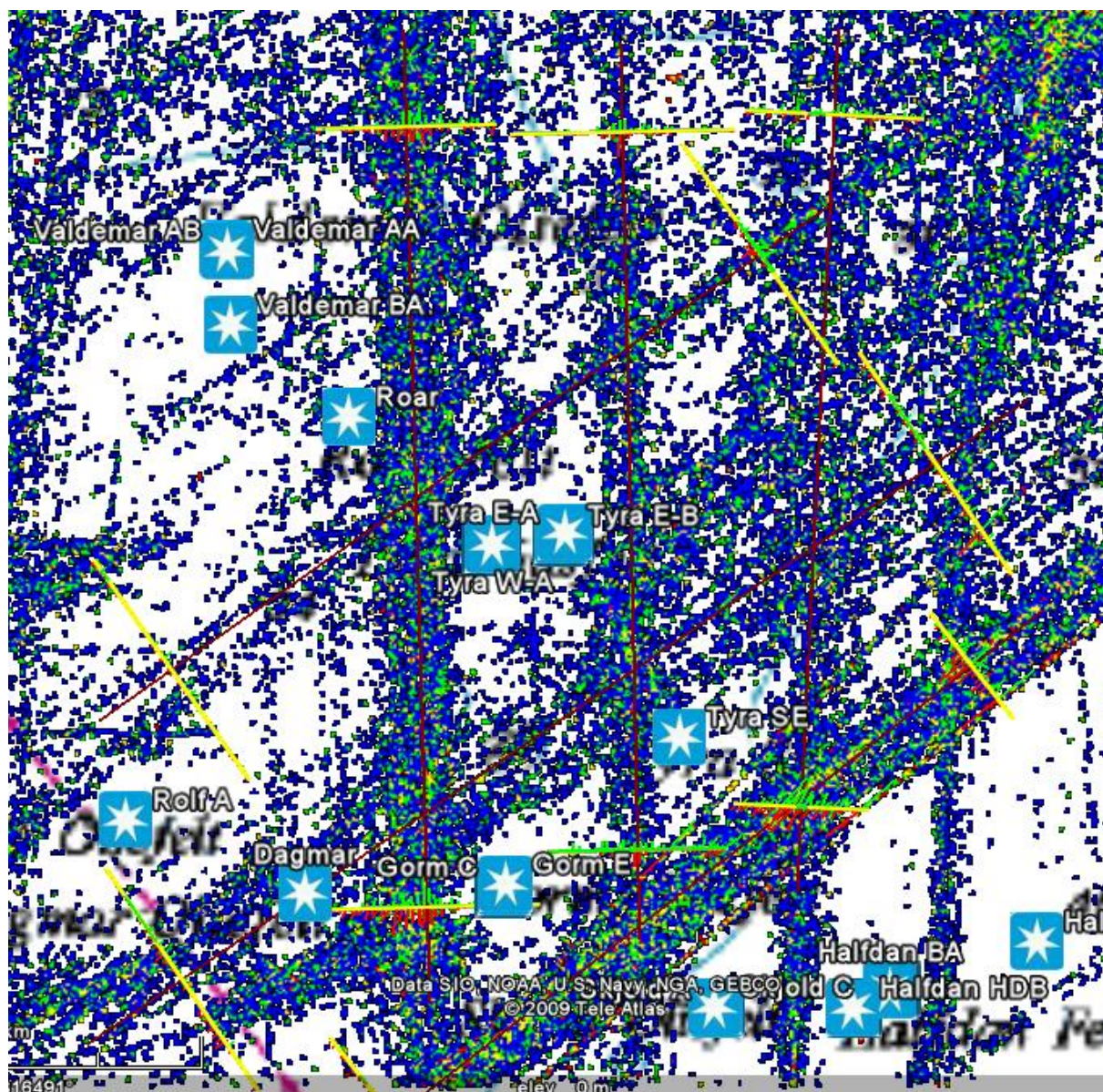
Trafik

Nordsøen er et vigtigt trafikområde for skibstrafik til og fra de store europæiske havne på Nordsøens kyster og for transittrafik til og fra Østersøen. Det skønnes, at der på et hvilket som helst tidspunkt befinder sig mindst 500 skibe på over 100 bruttoregister-ton i fart på Nordsøen (Lange, R. (ed.), 1991). En oversigt over de vigtige skibsruter vises i figur 6.3 (Miljøministeriet, 1993).



Figur 6.3 Vigtige skibsruter i Nordsøen

De vigtigste skibruter ændrer sig hele tiden, hvilket fremgår af AIS (Automatic Identification System) densitetsbilledet nedenfor.



Figur 6.4 AIS densitetsbillede omkring Mærsk Olie og Gas AS opererede installationer..

I 2009 blev der, på basis af registrering af skibstrafikken via AIS over en 4 måneders periode, etableret en model til bestemmelse af kollisionsfrekvensen. Resultatet af den pågældende registrering viste en kollisions frekvens på 20.6×10^{-4} per år og en skadesfrekvens på 5.2×10^{-4} per år, idet ikke alle skibe vil være i stand til at forårsage væsentlige skader (Mærsk 2009g).

Informationerne fra modellen bruges af Mærsk Olie og Gas AS sikkerheds- og sundhedsregørelser, hvor en kollisions frekvens for de enkelte anlæg er angivet. På trods af den beskedne kollisionsfrekvens har Mærsk Olie og Gas AS altid stand-by

skibe i aktivitetsområder, som i nogen tilfælde vil være medvirkende til at afværge en kollision.

Fiskeri

Nordsøen som helhed er et vigtigt fiskeriområde, og har fra historisk tid givet livsgrundlaget for flere menneskesamfund på de omkringliggende kyster. Fiskeriaktiviteten varierer over området afhængig af fiskeforekomsterne, bundforholdene m.v. Fiskerimæssigt er de vigtigste arter målt i tonnage tobis, sild, sperling, kuller og torsk. Målt efter fangstens værdi er torske-, kuller- og sildefiskeri vigtigst.

Danske fiskeres samlede landinger fra Nordsøen i danske havne i 2008 udgjorde ca. 450.000 tons (opgjort indtil 01/01 2009). Alle fiskefartøjer med en længde på 10 meter og derover er forpligtet til at føre logbog (Fiskeridirektoratets logbogsregister). Fangsten af danske fisk i de ICES-kvadrater, som overlapper med Aktivitetsområdet, udgjorde ca. 18.800 tons.

Tobis og brisling udgør mængdemæssigt den største del af de landede fangster. Der blev fanget ca. 11.150 tons tobis i de ICES-kvadrater, som overlapper med Aktivitetsområdet, hvilken udgjorde ca. 4 % af den samlede mængde tobis landet af danske fiskere fra Nordsøen i 2008. De største mængder tobis blev fisket på vestkanten af Dogger Banke og i den vestlige del af Tyske Bugt (Kort 104).

Der blev landet ca. 6.700 tons brisling i de ICES-kvadrater, som overlapper med Aktivitetsområdet, hvilket udgjorde ca. 10 % af den samlede mængde brisling landet af danske fiskere fra Nordsøen i 2008 (kort 108).

Der blev landet ca. 500 tons og 210 tons af rødspætter og sild i de ICES-kvadrater, som overlapper med Aktivitetsområdet, hvilken udgjorde hhv. 4 % og 0,4 % af den samlede mængde landet af danske fiskere i 2008 (kort 105 og 106). Fangsten af torsk udgjorde ca. 51 tons og dermed ca. 1 % af den samlede mængde torsk landet af danske fiskere fra Nordsøen i 2008 (Kort 107).

Fangsten af jomfruhummer udgjorde ca. 85 tons og dermed ca. 6 % af den samlede mængde landet af danske fiskere fra Nordsøen i 2008.

Hovedparten (over 90 %) af fangsterne gøres med trawl. Tallene for de enkelte arter varierer stærkt fra år til år.

Tabel 6.9.1. viser de kommercielt vigtigste arter, der gyder eller fiskes i Aktivitetsområdet. Arter, der er afmærket med "x" i gydetidskolonnerne, gyder uden for Aktivitetsområdet. Arter, der er afmærket med "xx", gyder i Aktivitetsområdet. Arter, der er afmærket med "(x)", gyder muligvis i Aktivitetsområdet. Væsentlig fiskeri mærkes med "xx", mindre væsentlig fiskeri med "x".

Tabel 6.10.1 De kommercielt vigtigste arter, der gyder eller fiskes i Aktivitetsområdet.

Art	Gyder				Fiskes
	Forår	Sommer	Efterår	Vinter	
Brisling	(xx)				xx
Jomfruhummer					xx
Hvilling	xx	xx			x
Kuller	x				x
Heste-makrel		xx			x
Pighvarre		x			x
Rødspætte				xx	xx
Sej				x	x
Sild			x	x	x
Tobis				(x)	xx
Torsk	xx			xx	x
Søtunge		xx			x

Turisme

Nordsøens kyster har over de sidste 200 år spillet en væsentlig rolle som rekreativt område for de omkringliggende landes befolkninger. Anvendelsesmønsteret har ændret sig i de senere år. Den klassiske badeferie er reduceret i betydning, men benyttelsen af kystområderne til andre rekreative formål har mere end opvejet dette. Sommerhusophold er den økonomisk set mest betydende anvendelsestype langs den danske Nordsøkyst. Tidsmæssigt har der været en tendens i de senere år til en mere udbredt anvendelse året rundt, således at det efterhånden er svært at definere en egentlig "sæson" for feriegæsterne. Den norske Nordsøkyst udnyttes også til feriehuse og fritidssejlsads. De tyske og hollandske kyster er mindre velegnede (Vadehavet), men på øerne og den hollandske kyst syd for Vadehavet er turiststrømmene også af væsentlig økonomisk betydning.

7. MILJØPÅVIRKNINGER AF DE PLANLAGTE AKTIVITETER

7.1 Fremgangsmåde ved miljøvurdering

Kapitel 3, 4 og 5 i denne VVM har beskrevet eksisterende og fremtidige installationer og operationer i den danske del af Nordsøen. Kapitel 6 har beskrevet relevante miljø- og natur forhold i Nordsøen generelt og for Mærsk Olie og Gas AS Aktivitetsområdet specifikt. Disse oplysninger vil blive anvendt i Kapitel 7, 8 og 9 til at vurdere om, og evt. i hvilket omfang, disse installationer og aktiviteter påvirker de omgivende miljø- og naturforhold.

For at systematisere analysen af de mulige miljøpåvirkninger benyttes en rangordningsmetode, som sætter fokus på de aktiviteter, som formodes at kunne have størst indvirkning på miljøet.

Analysen skelner mellem planlagte, rutinemæssige påvirkninger, og uplanlagte, pludseligt opståede påvirkninger eller ulykker. Rutinemæssige påvirkninger kan være kontinuerlige eller kan optræde med regelmæssig eller uregelmæssigt mellemrum, men de er forudsete. Forebyggelse af forudsete effekter af sådanne påvirkninger kan planlægges og er indbygget i aktiviteterne.

Uplanlagte påvirkninger eller uheld optræder med tilfældigt og uforudsigeligt mellemrum. Deres effekter vurderes baseret på forskellige uheldscenarier. Forebyggende tiltag foretages for at mindske risikoen for, at uheld kan opstå, og der er etableret beredskab til at håndtere nogle af de forventede effekter.

En sammenfatning af analysens resultater kan opstilles i matrix form, hvor samtlige påvirkninger optegnes og deres betydning indikeres.

Planlagte, rutinemæssige påvirkninger, som kan være betydningsfulde, bliver derefter vurderet mere indgående i Kapitel 8, hvor også mulighederne for at forebygge påvirkningerne diskuteres.

Uplanlagte påvirkninger eller uheld som kan være betydningsfulde bliver vurderet i Kapitel 9.

Potentielle påvirkninger i forbindelse med olie- og gasefterforskning og produktion

Rutinemæssige påvirkninger, udledninger til havet:

- Boremudder og borespåner
- Brøndcementering
- Stimulering og færdiggørelse af brønde
- Brøndtest
- Produktion og behandling af olie
- Produktion og behandling af gas
- Produktion og behandling af vand
- Drænvand
- Spildevand

Rutinemæssige påvirkninger, emissioner til atmosfæren:

- Forbrænding i forbindelse med kraftfremstilling og afbrænding af kulbrinter
- Brøndprøveproduktion
- Behandling af olie og gas
- Fartøjer

Rutinemæssige påvirkninger, fysiske påvirkninger:

- Installation samt tilstedeværelsen af borerigge, platforme og rørledninger

Uplanlagte påvirkninger, spild til havet:

- Oliespild fra borerig, platform eller FSO
- Spild/tab af kemikalier fra borerig eller platform
- Spild fra fartøjer

Kriterier, der anvendes i vurdering af påvirkninger

- Type og koncentration af udledte stoffer i affaldsstrømme, dels ved udslipspunktet, dels efter frigivelse i miljøet.
- Art og (om muligt) omfang og varighed af fysisk/kemiske, biologiske og socio-økonomiske påvirkninger forårsaget af udledningerne efter frigivelse i miljøet. I denne vurdering inddrages de samlede erfaringer fra forskningen i offshoreindustriens miljøpåvirkninger.
- Vurdering af miljøpåvirkningerne i relation til stedet og tidspunktet for de planlagte aktiviteter. Påvirkningen og dennes effekter kan variere i betydning afhængig af det omgivende miljøes følsomhed og årstiden, hvor aktiviteten foregår. Der skal også tages hensyn til andre påvirkninger af det omgivende miljø fra andre former for aktivitet, eller fra andre aktiviteter af samme type, der foregår indenfor påvirkningsområdet.
- En overordnet vurdering af betydningen baseret på forudbestemte signifikanskriterier (se efterfølgende tabel).

Signifikanskriterier for miljøpåvirkninger kan ikke fastlægges på fuldstændig objektivt grundlag. I den følgende tabel (7.1.1) er betegnelserne ("alvorlig", "moderat" osv.) vurderet i forhold til type af påvirkning for at skabe en rangordning, der tillader at skelne mellem mere eller mindre signifikante effekter. Definitionerne i kolonnerne 2, 3 og 4 er indikative, ikke udtømmende, og danner en ramme, hvori andre former for skader og påvirkninger vil kunne placeres.

Tabel 7.1.1 Fastlæggelse af signifikansniveauer for miljøpåvirkninger.

Niveau	Definition		
	Økosystem	Menneskesundhed	Socioøkonomisk
Alvorlig	Udbredte langtidsskader (>10 år) på økosystemet eller den biologiske aktivitet, med ringe udsigt til genopretning af normaltilstanden	Sandsynlig påvirkning af den menneskelige sundhed	Langvarige tab eller forandringer for brugere eller offentlige finanser
Større	Mellem-langtidsskader (>2 år) på større områder i økosystemet eller den biologiske aktivitet, med sandsynlighed for genopretning i løbet af 10 år	Mulig påvirkning af den menneskelige sundhed	Økonomisk tab for brugere eller det offentlige
Moderat	Kortvarige til mellemlange ændringer/skader på et lokaliseret område i økosystemet eller den biologiske aktivitet, med sandsynlighed for hurtig genopretning. Effekter svarer til eksisterende naturlig variabilitet	Potentiale for påvirkning af den menneskelige sundhed, men usandsynligt at det sker	Gener for nogle brugere
Mindre	Ændringer, der ligger indenfor eksisterende variabilitet, men kan iagttages/måles	Påvirker muligvis adfærd	Ikke til gene for brugere
Ubetydelig	Ændringer, der sandsynligvis ikke iagttages/måles i forhold til baggrundsaktiviteter	Ingen påvirkning	Ingen påvirkning af levestandard
Ingen	Ingen påvirkning	Ingen påvirkning	Ingen påvirkning
Gavnlig	Kan føre til forbedringer i økosystemet/aktiviteten	Kan gavne lokalbefolkningen	Kan gavne lokalbefolkningen

Evalueringerne præsenteres aktivitet for aktivitet i det følgende. Aktiviteter, der vurderes “moderat”, “stor” eller “alvorlig” gennemgås mere indgående i Kapitel 8 og 9, hvor forebyggelsesmuligheder også præsenteres.

Aktiviteter, som evalueres i det følgende:

Aktiviteter i forbindelse med boringer (*behandles i afsnit 7.2*):

- Udledning af boremudder og borespåner
- Udledning af restprodukter i forbindelse med cementering.
- Efterladelse af brønde
- Stimulering og færdiggørelse af brønd

- Prøveproduktion af brønd

Aktiviteter i forbindelse med produktion (*behandles i afsnit 7.3*):

- Behandling af produceret olie og udledning af produktionsvand
- Behandling af produceret gas
- Injektion af havvand og produceret vand

Aktiviteter, der er fælles for alle offshoreinstallationer (*behandles i afsnit 7.4*):

- Drænvand
- Spildevand
- Kraftfremstilling og transport
- Fast affald
- Installation og fysisk tilstedeværelse af anlæg

Uplanlagte påvirkninger (*behandles i afsnit 7.5 og Kapitel 9*):

- Kemikaliespild
- Oliespild

7.2 Vurdering af mulige miljøeffekter i forbindelse med boringer

7.2.1 Udledning af boremudder og borespåner

Boremudder og borespåner er gennemgået i afsnittene 4.5.1-2.

Koncentration/størrelse af udledning/aktivitet

De totale udledte mængder af borespåner og vandbaseret boremudder pr. gennemsnitsbrønd vurderes at være henholdsvis 1.140 m³ og 12.560 m³ ved anvendelse af vandbaseret boremudder. Der regnes med 100 % udledning af boremudder og -spåner ved vandbaserede boringer.

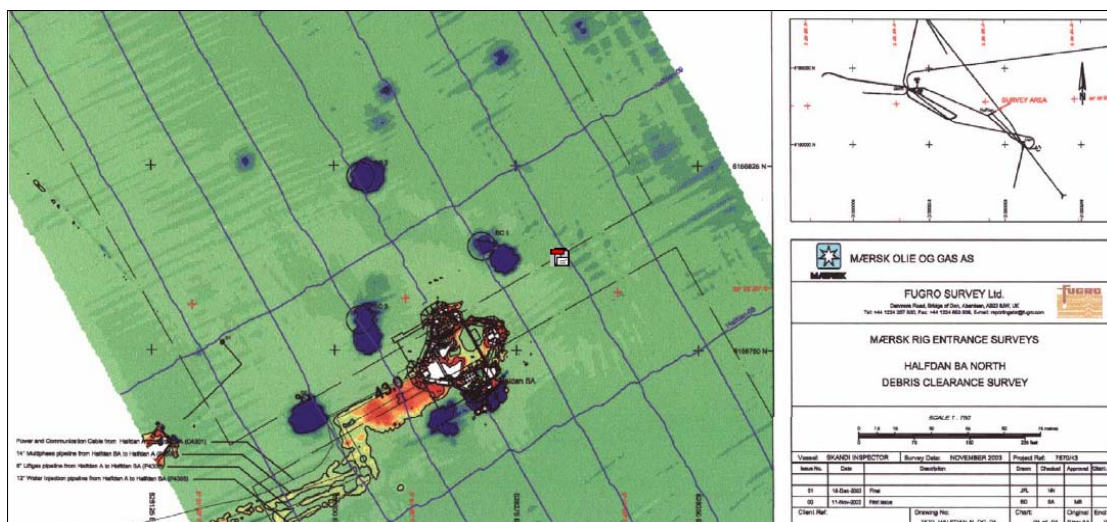
Borespåner består af sand og sandsten, ler og lersten, eller kalk og kalksten afhængigt af, hvilken sektion i brønden de stammer fra. Borespåner fra reservoirsektionen kan indeholde residual olie, dvs. olie som er bundet i borespånerens porerum, ligesom rester af reservoirolie i boremudder anvendt i reservoirsektionen kan være vedhæftet borespånerne.

De anvendte kemikalier i boremudderet vurderes i henhold til Miljøstyrelsens gældende retningslinjer for at undgå toksiske, bioakkumulerende eller persistente produkter. Udledningerne finder sted i henhold til tilladelse fra Miljøstyrelsen, som fastslår art, mængde og sammensætning af de udledte væsker. Materialet udledes ved havoverfladen.

Fysisk/kemiske effekter

Vandsøjlen og havbunden omkring udledningsstedet påvirkes af udledningerne i form af midlertidig stigning i vandets turbiditet. Opløselige komponenter i mudderet oplø-

ses og fortyndes i vandsøjlen. Borespåner og uopløselige komponenter i muddret fordeles sig over havbunden. Modellering på grundlag af "værst mulig" brønd og udledningsforhold viser, at der ikke dannes en egentlig tue af borespåner ved udledningsstedet (Mærsk Olie og Gas AS, 2004a). Dette bekræftes af undervandsobservationer foretaget ved Mærsk Olie og Gas AS' installationer. Side scan sonar undersøgelser foretaget omkring platforme i forbindelse med placering af borerigge har således ikke vist ophobning af borespåner på havbunden fra tidligere boreaktiviteter. Synlige ændringer i havbundens bathymetri er blevet observeret i forbindelse med nedgravning og til-dækning af rørledninger, og som følge af sedimentation umiddelbart omkring platformbenene samt i form af spor fra boreriggenes ben (Figur 7.1).



Figur 7.1 Side-scan sonar som viser ophobning af sediment omkring platform og rørledninger samt fordybninger i havbunden forårsaget af borerigge

Den eneste af de undersøgte miljøparametre, der findes væsentligt ændret i længere tid (> 2 år) i forbindelse med boring af brønde, er koncentrationen af tungmetallet barium i sedimenterne omkring udledningsstedet. Barium er et tungmetal, som stammer fra brugen af biologisk inaktivt baryt, som tilsættes boremuddret. Baryt er på OSPAR's såkaldte PLONOR-liste over stoffer, som medfører ingen eller kun ringe påvirkning af miljøet. Der er ikke signifikante længerevarende ændringer i sedimentets koncentration af de andre tungmetaller, som er blevet undersøgt (NSOC-D, 1999; Mærsk Olie og Gas AS, Biological and Chemical Monitoring, 1989-2009).

Der er ikke signifikante længerevarende ændringer i sedimentets PAH-koncentrationer, men en mulig kortvarig (6-12 måneder) forhøjelse af totalkulbrinteindholdet i sedimentet kan observeres. Lokalt omkring platforme, hvor der er foretaget gentagne boringer over en længere periode, er der dog observeret et forhøjet totalkulbrinteindhold i sedimentet i over 10 år (NSOC-D, 1999; Mærsk Olie og Gas AS, Biological and Chemical Monitoring, 1989-2000; DHI 2008).

Biologiske effekter

Bundfauna

Udledningerne påvirker det bentiske samfund på grund af sedimentaflejring. Påvirkningen er afhængig af arternes evne til at tilpasse sig ændringer i overfladesedimentet.

Effekten forventes at være størst ved Dan F-feltet, hvor de fleste brønde vil blive boret i perioden 2010-2015.

Biologiske undersøgelser omkring platforme i Nordsøen dokumenterer, at der ikke sker større forandringer i dyresamfundet. Signifikante påvirkninger på bundfaunasammensætningen forventes at begrænse sig til et område på mindre end 750 m fra udledningsstedet (DHI, 2008). I områder med særlig høj boreaktivitet vil der dog muligvis kunne observeres en reduktion i biomassen hos særligt følsomme arter, såsom pighudearter (slangestjerner og søpindsvin), op til et par kilometer fra udledningspunktet i en årrække (DHI, 2008).

De biologiske undersøgelser viser, at de påvirkninger, som stammer fra udledninger forbundet med boreaktiviteter, må betragtes som værende små i forhold til de naturligt forekommende variationer i bundfaunasammensætning. Samtidig viser undersøgelserne, at bundfaunaen i de påvirkede områder forventes at genetablere sin naturlige sammensætning i løbet af en periode på 2-10 år, efter at boreaktiviteterne er ophørt (NSOC-D, 1999; Mærsk Olie og Gas AS, 2002a-d; Mærsk Olie og Gas AS, 2009a-d; DHI, 2008).

Fisk

Gydepladser for fisk, der afsætter deres æg på havbunden (Demersale gydere) må formodes at være sårbare over for udledninger af borespåner og boremudder. De kommercielt vigtigste demersale gydere i Nordsøen er sild og tobis. Deres vigtigste gydeområder ligger imidlertid langt udenfor Aktivitetsområdet og vil ikke påvirkes.

Gydeområderne for de forskellige bestande af nordsøsild gyder således i følgende områder (Worsøe et al 2002, Daan et al 1990):

- Ud for kysten af det nordøstlige Skotland og Shetlandsøerne
- Ud for den nordøstlige kyst af England og
- I den Engelske Kanal og Southern Bight

Der er kendte gydepladser for tobis i følgende områder (Worsøe et al 2002):

- I den sydlige Nordsø
- Ud for Jyllands vestkyst
- Udfor Englands og Skotlands østkyst og
- ved Orkneyøerne

Det kan dog ikke helt udelukkes, at tobis gyder i Aktivitetsområdet men en eventuel øget dødelighed af tobisæg i nærheden af udledningssteder for borespåner og boremudder vurderes ikke på nogen måde at ville påvirke bestanden af tobis i denne del af Nordsøen.

Der er gydepladser for torsk, rødspætte, håising, ising, grå knurhane og stribet fløjfisk i aktivitetsområdet. Disse arter har pelagiske æg og vil kunne blive berørt af fanen af udledt borespåner og boremudder.

Udledningerne er imidlertid kortvarige og det meste af det udledte materiale synker hurtigt til bunden. Nedstrøms udledningsspunktet falder de tungere, større partikler og flokkulerede bestanddele hurtigt til bunds forholdsvis tæt ved platformen. Disse bestanddele udgør omkring 90 % af den samlede mængde fast stof. De resterende 10 % finere partikler føres med strømmen i en forholdsvis smal fane, hvor materialet fortyndes og til slut ender på havbunden (Neff 2005). Målinger omkring en boreplatform i den Mexicanske Golf har vist, at koncentrationen af suspenderet stof i vandsøjlen falder meget hurtigt pga. sedimentering og fortynding af materialet (jf. Tabel 7.2.1).

Fiskeæg og larver synes at være ganske tolerante over for suspenderet sediment. Laboratorieforsøg har således vist at overlevelsen af æg og larver for en lang række fiskearter ikke påvirkes af koncentrationer af suspenderet stof helt op til 100 – 500 mg/l (Auld & Schubel 1974, Kiørboe et al. 1981). Rönback & Westerberg (1996) påviste en øget dødelighed af torskeæg ved koncentrationer over 100 mg/l i laboratoriet. Cranfort et al. (1998) fandt desuden, at koncentrationer af suspensioner af vandbaseret boremudder på op til 50 mg/l ikke påvirkede æg og larver af kuller. Under boring vil koncentrationen af borespåner og boremudder typisk allerede være langt mindre end disse effektniveauer 45 – 150 m fra platformen selv ved udledning af meget store voluminer og meget høje udledningsrater (jf. tabel 7.2.1). Det vurderes derfor at udledning af borespåner og boremudder ikke vil påvirke fiskebestandene måleligt som følge af effekter på fiskeæg og larver.

Tabel 7.2.1. Koncentrationen af suspenderet stof i overfladevand i forskellig afstand fra en boreplatform i den Mexicanske Golf under udledning af borespåner og boremudder. Der var tale om situationer med udledning af meget store voluminer og en meget høj udledningsrate (Ayers et al. 1980).

Afstand fra udledning (meter)	Koncentration af suspenderet stof (mg/l) ved en udledningsrate på 275 barrels/time	Koncentration af suspenderet stof (mg/l) ved en udledningsrate på 1000 barrels/time
0	1.430.000	1.430.000
6	14.800	-
45	34	855
51	-	727
138	8,5	-
152	-	51
250	7,0	-

375	-	24
-----	---	----

Sundhedseffekter; socioøkonomiske effekter

Eventuelle påvirkninger på fisk begrænser sig til områder med fiskeforbud og er ubetydelige på bestandsniveau.

Følsomhed

Kortvarige stigninger i turbiditet og sedimentomlejring forekommer af naturlige årsager i forbindelse med stormvejr. Derfor er den naturlige bundfauna tilpasset resuspension af overfladesedimentet på havbunden, hvilket gør den mindre følsom for sedimentation i forbindelse med boreaktiviteter.

Bundfaunaen i området er udbredt over store dele af Nordsøen. Nykolonisering fra tilstødende områder erstatter derfor eventuelle tab forårsaget af overlejring. Den naturlige årlige variation i bundfaunaens artssammensætning og tæthed er betydelig.

Aktivitetsområdet er ikke kendt som et gydeområde for sild, men det kan ikke udelukkes at tobis gyder i området i vintermånederne.

Signifikansniveau

MINDRE (enkelt brønd) / **MODERAT** (flere brønde): Forhøjede koncentrationer af kulbrinter kan forekomme i sedimentet i nærheden af udledningspunkter i forbindelse med boreaktiviteter.

Forhøjede bariumkoncentrationer som følge af boremudderet vil forekomme i sedimentet i længere tid (muligvis mere end 10 år) i områder med høj boreaktivitet, men betydningen af dette for miljøet er ubetydelig.

Signifikante ændringer af det bentiske samfund kan forekomme på et område på mindre end 2 km², men genopretning forventes at finde sted inden for en periode på 2 - 10 år efter boringernes ophør.

7.2.2 Udledning af restprodukter i forbindelse med brøndcementering

Cementering af brønde er gennemgået i afsnittene 4.5.3-4.

Koncentration/størrelse af udledning/aktivitet

Det antages, at der i gennemsnit udledes mindre end ca. 20 % af de anvendte kemikalier (cement og spacer). Det svarer til henholdsvis 75 m³ og 70 m³ pr. gennemsnitsbrønd. Udledningen sker i vandsøjlen tæt ved havoverfladen. De anvendte kemikalier vurderes efter Miljøstyrelsens gældende retningslinjer for at undgå meget toksiske, bioakkumulerende eller persistente produkter. Udledningerne finder sted som minimum i henhold til tilladelse fra Miljøstyrelsen, som fastsætter art, mængde og sammensætning af de udledte væsker.

Fysisk/kemiske effekter

Cementeringskemikalier kan aflejres tæt ved brønden eller fordeles i vandsøjlen. Hærdede cementrester er aldrig påvist ved havbundsmonitoringer og derfor konkluderes, at det meste af udledningerne er finkornet og fordeles over et større område.

Biologiske effekter

En eventuel påvirkning af bundfaunaen vil kunne skyldes fysisk overlejring af bunddyrsamfundet umiddelbart omkring udledningsstedet med uopløselige komponenter, fortrinsvis sand. Visse tilsætningskemikalier, der anvendes i lave koncentrationer i cementen, er persistente, men på grund af små mængder og kortvarige eksponeringer forventes ingen effekter. Der er kun en ringe akkumulerende effekt ved cementeringen af flere brønde boret på samme lokalitet.

Sundhedseffekter; socioøkonomiske effekter

Ingen forventet.

Følsomhed

Det bentiske samfund i området er også udbredt over store dele af Nordsøen. Nykolonisering fra tilstødende områder erstatter eventuelle tab forårsaget af overlejring.

Signifikansniveau

MINDRE: Meget lokaliseret overlejring af bunddyrsamfundet kunne forekomme, men er ikke observeret. Cementmængderne beregnes nøje for at sikre, at mindst mulig overskudscement udledes. Anvendte kemikalier udvælges bl.a. på grundlag af miljøvurdering.

7.2.3 Stimulering og færdiggørelse af brønd

Stimulering af brønde er gennemgået i afsnittene 4.3 og 4.5.5.

Koncentration/størrelse efter udledning/aktivitet

Efter en stimulering (eller en restimulering) forventes en væsentlig del af de forbrugte kemikalier, mere end 80 %, at forblive i formationen. Overskydende reaktionsprodukter, der er vandopløselige, ledes tilbage til produktionsbehandlingsanlægget. Den samlede tilbageproduktion og udledning af reaktionsprodukter fra stimuleringsprocessen forventes i gennemsnit at være mindre end 1.200 m³ pr. brønd.

Mindre tilbageblevne mængder af overskydende inhiberet havvand i tanke og rør, såkaldt "completion fluid" eller "brine", vil blive udledt. Udledningen skønnes i gennemsnit at være mindre end 795 m³ pr. brønd eller 65 % af den totale mængde, mens over 35 % vil blive i brønden. Det inhiberede havvand indeholder afiltningmiddel, korrosionshæmmer, bakterievæksthæmmer (biocid), antiskumningsmiddel og kaustisk soda.

De anvendte kemikalier vurderes efter Miljøstyrelsens gældende retningslinjer for at undgå meget toksiske, bioakkumulerende eller persistente kemikalier. Udledningerne finder sted som minimum i henhold til tilladelse fra Miljøstyrelsen, som fastsætter art, mængde og sammensætning af de udledte væsker.

Fysisk/kemiske effekter

Midlertidig forhøjelse af koncentrationer af visse kemikalier i vandsøjlen omkring udledningsstedet. Forøget turbiditet kan forekomme i de 12 - 24 timer, aktiviteten foregår. Tilbageproduceret sand og/eller gelfragmenter kan aflejres kortvarigt på havbunden.

Biologiske effekter

Planktonorganismer i vandsøjlen i umiddelbar nærhed af udledningsstedet kan blive udsat for toksiske kemikaliekoncentrationer i tidsrummet, hvor udledningerne foregår (få timer), og få timer derefter, mens fortynding foregår.

Sundhedseffekter; socioøkonomiske effekter

Ingen forventet.

Følsomhed

Det berørte havområde er ikke specielt følsomt. Planktonsammensætningen i vandsøjlen udviser sæsonmæssige udsving.

Signifikansniveau

MINDRE: Lokal påvirkning i vandsøjlen i nogle timer eller få døgn. Eventuel aflejring af sand på havbunden i umiddelbar nærhed af udledningsstedet.

7.2.4 Prøveproduktion af brønd

Prøveproduktion af brønd er nærmere beskrevet i afsnit 4.4.

Koncentration/størrelse af udledning/aktivitet

Prøveproduktion, der ikke ledes til behandling i eksisterende produktionsanlæg, er sædvanligvis kun relevant for vurderings- og afgrænsningsbrønde boret væk fra eksisterende produktionsinstallationer, men skønnes at kunne blive relevant for ca. 5 af de 150 brønde, denne miljøvurdering omfatter.

Væsker fra brønden afbrændes via brænder installeret på riggen. Mængden varierer afhængig af forholdene i brønden, men kan typisk omfatte op til 600 m³/d olie afbrændt over 1½ døgn (olieproducerende brønd) og 0,5 mio. Nm³/d gas/kondensat i op til 1-2 uger (gas/kondensatproducerende brønd) pr. prøveproduktion. Dette gælder for en brønd med høj produktivitet over længere tidsrum. Eventuelt produceret vand, typisk i størrelsesordenen 10-50 % af den samlede væskemængde, separeres og renses op ved hjælp af for eksempel centrifuger og udledes derefter til havet.

Der anvendes højeffektive brændere, og med effektiv afbrænding omdannes kulbrinterne til CO₂ og vand. En ringe mængde NO_x dannes. Røgdannelse (kulpartikler) kan forekomme, og SO₂ udvikles, såfremt der er H₂S i reservoiret (normalt kun til stede i lave koncentrationer i Aktivitetsområdet). Hvis forbrændingen bliver ufuldstændig, f.eks. på grund af vand i de producerede væsker, kan små mængder af uforbrændte kulbrinter falde på havoverfladen. I sådanne situationer rapporteres dette som olie-spild.

Fysiske/kemiske effekter

Emission af CO₂, NO_x, eventuelle sodpartikler, SO₂. Mængderne pr. kg kulbrinter afbrændt svarer til mængderne udviklet i gasafbrændingstårnet på faste produktionsinstallationer (North Sea Task Force, 1993b). Samme rapport godtgør, at forekomsten af PAH og dioxiner i røggasserne er ubetydelig. Der er risiko for mindre oliespild (under 1 m³) på havet, hvis forbrændingen svigter.

Biologiske effekter

Kortvarig effekt på planktonorganismer tæt ved havoverfladen i tilfælde af olieforurening på havoverfladen. Emissioner til luften forårsager ubetydelige effekter relativt til påvirkningen fra andre kilder i de omgivende lande. Der er ingen akkumulerende effekt ved præveproduktioner, da de ikke udføres på samme tid og sted.

Sundhedseffekter; socioøkonomiske effekter

Effekterne forårsaget af de her beskrevne operationer er ubetydelige og kan ikke måles.

Følsomhed

Det omgivende havområde er ikke følsomt overfor denne aktivitet.

Signifikansniveau

UBETYDELIG: Effekterne kan ikke måles i forhold til andre aktiviteter

7.2.5 Efterladelse af brønde

Efterladelse af enkelte brønde, som ikke sættes i drift, kunne forekomme.

Koncentration/størrelse af udledning/aktivitet

Hvis en brønd skal efterlades permanent, cementeres den til og efterlades med alle forerør m.v. fjernet under havbunden. Havbunden renses efterfølgende for efterladte materialer og eventuel penetration over havbunden.

Dog, hvis der er mulighed for, at brønden skal anvendes igen på et senere tidspunkt, afskæres ledeforerøret ("conductor") 1-2 m over havbunden og forsegles. En trawlafviser på ca. 4 m² bliver monteret, således at der ikke dannes obstruktion for bundsløbende fiskeredskeer.

Fysisk/kemiske effekter

Ingen forventet, hvis brønden er afskåret ved havbunds niveau.

Såfremt der efterlades en trawlafviser, vil der være mulighed for en mindre påvirkning i form af sedimentaflejring i lokalområdet.

Biologiske effekter

Ingen forventet, hvis brønden er afskåret ved havbunds niveau.

Mindre forandringer på ca. 4 m² havbund, hvis brønden skal kunne genanvendes. Afviser fungerer som mindre refugium til beskyttelse af havbundssamfundet mod trawl eller andre bundsløbende fiskeredskeer.

Sundhedseffekter; socioøkonomiske effekter

Fiskeriaktivitet i området påvirkes ikke, da ingen genstande efterlades, som kan forhindre trawl eller andre bundsløbende fiskeriredskaber.

Følsomhed

Ingen.

Signifikansniveau

UBETYDELIG: Havbunden efterlades stort set i samme tilstand, som før boring fandt sted. Mulighed for små forandringer, både positive og negative, på et meget lille havbundsareal (få m²).

7.3 Vurdering af mulige miljøeffekter som følge af produktionsaktiviteter

7.3.1 Behandling af produceret olie, udledning af produktionsvand

Behandlingen af produceret olie og produktionsvand er beskrevet generelt i afsnit 3.4 og for de enkelte behandlingsanlæg som følger:

- Dan F i afsnit 3.5
- Halfdan i afsnit 3.6
- Gorm i afsnit 3.7
- Tyra i afsnit 3.8
herunder Harald i afsnit 3.8.4

Udledningspunkterne er defineret samme sted.

(Note: denne aktivitet behandles yderligere i afsnit 8.2)

Koncentration/størrelse af udledning/aktivitet

Den producerede olie adskilles fysisk/mekanisk fra medfølgende dråber af produktionsvand ved udnyttelse af olies og vands forskellige massefylde. Adskillelsen sker i flere trin, i de første trin i store beholdere, hvor opholdstiden er tilstrækkelig til, at olie flyder ovenpå vandet. I de efterfølgende trin anvendes f.eks. hydrocykloner til at forstærke gravitationseffekten for at få restolien ud af vandet. Kemikalier tilsættes om nødvendigt for at bryde eventuelle emulsioner og for at samle små vanddråber.

De anvendte kemikalier vurderes efter Miljøstyrelsens gældende retningslinjer for at undgå meget toksiske, bioakkumulerende eller persistente kemikalier.

Figurene 5.6 til 5.12 viser fremskrivninger af udledninger af produceret vand. Den forventede udledning af produceret vand fra Gorm er lavet under antagelse af, at det er muligt at opretholde den nuværende reinjektion af produktionsvandet.

Såfremt der etableres udledningspunkter på andre udbygninger end de ovenfor angivne, vil det typisk blot erstatte udledninger fra nuværende udledningspunkter, hvorfor det ikke vil ændre vurderingerne heri. Kun hvor den samlede udledning af produceret vand bliver ud over fremskrivningerne i figurene 5.6 til 5.12, falder det uden for rammerne af denne vurdering.

Fysiske/kemiske effekter

Det udskilte vand udledes normalt i ca. 20 m's vanddybde. Vandets temperatur og saltindhold sammen med udledningshastigheden afgør, om udledningsfanen stiger op mod overfladen eller ned mod havbunden, inden opblanding med det omgivende vand finder sted.

Biologiske effekter

Produktionsvand er moderat toksisk ifølge laboratorieundersøgelser på grund af bl.a. indholdet af organiske produkter fra reservoiret (hovedsageligt kulbrinter og fenoler) og tilsatte proceskemikalier. Produktionsvand indeholder også meget lave koncentrationer af naturligt forekommende kontaminanter, som er mistænkt for at have genotoksiske, carcinogene eller reproduktive effekter på levende organismer. Koncentrationerne er dog så lave, at de ikke udgør en signifikant risiko for miljøet. De enkelte komponenter er nærmere beskrevet i afsnit 8.2.

Påvirkningen fra tilsatte kemikalier kan forudsiges ved hjælp af standardberegninger (CHARM eller lignende) baseret på økotoksicitetsdata for de anvendte produkter (se afsnit 8.2).

Plankton

Planktonorganismer i vandsøjlen, der træffer udledningsfanen i nærheden af udledningsstedet, kan udsættes for toksiske koncentrationer af produktionsvandets indholdsstoffer. Størrelsesordenen af påvirkning på planktonorganismer i vandsøjlen, der træffer udledningsfanen i nærheden af udledningsstedet, afhænger af produktionsvandet toksicitet, udledningsmængden samt eksponeringstid.

Bundfauna

Påvirkning af bundfaunaen kan muligvis forekomme i forbindelse med udledning af produktionsvand, som synker mod bunden. Dette kan ske i forbindelse med udledning af produktionsvand med høj saltholdighed, specielt i perioder hvor der er lagdeling af vandsøjlen som følge af temperaturforskelle (termoklin). Termokliner vil kunne forekomme i Aktivitetsområdet om sommeren. Påvirkningen vil afhænge af produktionsvandet toksicitet og udledningsmængden samt termoklinens varighed.

Undersøgelser har ikke hidtil kunnet påvise biologiske effekter af udledt produktionsvand i områder med større vanddybde (> 10 m) og gode opblandingsforhold (E&P, 1994; Neff, 2002; OGP 2002).

Fisk

Det er fremført og generelt accepteret blandt forskere, at de vandopløselige fraktioner af PAH og alkylfenoler er de potentielt mest toksiske elementer i produceret vand (Ekins et al 2005).

Norske laboratorieforsøg har påvist, at gonadeudviklingen hos hunner og modning af testis hos hanner blev forsinket hos torsk som blev fodret med alkylfenoler (4-tert-butylfenol, 4n-pentylfenol, 4n-hexylfenol og 4n-heptylfenol). Fiskene blev fodret i en periode på 14 uger med en dosering, som blev vurderet til at svare til en koncentration på 0,032 ppb i havvand (Meier et al., 2002). Meier et al 2007 fandt også effekter på torsk eksponeret til alkylfenol i laboratoriet i form af forsinket gonadeudvikling, reduceret østrogen produktion og forsinket gydning med 17-28 dage.

En tredje laboratorieundersøgelse på torsk har vist, at alkylfenoler (4-tert-butylfenol, 4n-pentylfenol, 4n-hexylfenol og 4n-heptylfenol) hurtigt opkoncentreres i vævet hos fisk, som eksponeres for havvand med en koncentration på 0,008 µg/l alkylfenoler (BCF på 100-500). Samme undersøgelse viste, at alkylfenoler hurtigt nedbrydes i fisken med halveringstider på 10 til 18 timer (Sundt & Baussant, 2003).

Der er også påvist effekter af alkylfenoler på biologiske processer som glycolyse, apoptose, oxidativ stress og generel stress hos torsk (Lie et al 2009, Sturve et al 2006).

På baggrund af disse og lignende undersøgelser har man været bekymret for om re-produktionssystemet hos fisk der opholder sig i længere tid omkring udledningspunktet for produceret vand vil tage skade.

Myhre et al., 2004 gennemførte en evaluering af eventuelle effekter af alkylfenoler på torsk, sej og kuller på baggrund af de eksisterende undersøgelser. Det blev konkluderet, at der ikke er nogen risiko for fiskenes reproduktivitet på populationsniveau som følge af alkylfenoler i udledt produceret vand. Efterfølgende kunne Grøsvik et al 2007 ikke påvise alkylfenoler i lever af torsk og kød af sild, der var fanget ved oliefelter i Norge, hvilket understøtter Myhre et al 2004's konklusioner.

En undersøgelse af forurenende stoffer i fisk fra Sleipner og Tampen felterne i Norge som blev foranstaltet af det Norske Forskningsråd konkluderede:

- At indholdet af Poly-Aromatiske Hydrocarboner (PAH) i muskler, lever og galde hos udvalgte fiskearter var meget lave, tæt på detektionsgrænsen og endda lavere end koncentrationer observeret i referenceområdet.
- At indholdet af alkylfenoler i lever og muskler hos udvalgte fiskearter var tæt på detektionsgrænsen.
- At indholdet af PAH metabolitter i galden hos udvalgte fiskearter var tæt på detektionsgrænsen og indikerede, at fiskene indsamlet omkring platformene ikke havde et forøget indhold af PAH'er i forhold til fisk fra referenceområdet.
- At mængden af PAH-skabte abductorer på DNA fra leveren hos kuller var signifikant højere hos fisk fanget omkring platformene.

Ovenstående antyder, at fisk fanget i nærheden af udledningspunkter for produktionsvand ikke har et forhøjet indhold af PAH eller alkylfenoler i forhold til fisk fanget i områder uden udledning. Hos fisk, som f.eks. kulmule, der lever nær bunden og spiser bunddyr var der dog tegn på, at de opholder sig i et miljø med forhøjet PAH indhold. Undersøgelsen kunne ikke afgøre, om de PAH skabte abductorer på DNA fra leveren skyldtes en forhøjet koncentration af PAH i området som følge af udledninger af produktionsvand, udledninger fra boreaktiviteter eller en helt tredje kilde (Klunsøyr et al., 2003).

Grøsvik et al 2007 kunne heller ikke påvise øget forekomst af PAH i torsk sej og kuller fanget i områder, hvor der forekommer olieproduktion og i referenceområder. I samtlige områder var koncentrationen af PAH i fiskene under detektionsgrænsen.

Der er gennemført måling af EROD (ethoxyresorufin-O-deethylase) aktivitet i gæller af torsk udsat i bure i seks uger i afstande på 500-10000 m fra to olieplatforme i Norge. EROD-aktiviteten er indikator for effekter af udledning stoffer fra olieproduktion til søs. Der kunne ikke påvises effekter. Aktiviteten i alle fisk var lav, og der var ikke forskel på aktiviteten i disse fisk og i fisk fra referenceområder (Abrahamson et al 2008).

Siden 1990'erne er der gennemført feltundersøgelser af effekter af udledning af produktionsvand i den norske sektor af Nordsøen. Konklusionen af disse undersøgelser er:

- At med det nuværende kendskab er der kun en lille risiko for at produceret vand vil påvirke det marine miljø.
- At der ikke er observeret forhøjede koncentrationer af kulbrinter stammende fra produktionsvand i fisk fra nogen af de undersøgte regioner i norske farevande.

Modelberegninger antyder dog stadig, at miljøpåvirkninger i den umiddelbare nærhed af udledningspunkter (inden for en afstand af ca. 500 m) ikke kan udelukkes. De anvendte modeller må dog betegnes som konservative i deres beregningsmetoder (Johnsen et al., 2004).

Æg fra demersale gydere dvs. fisk, hvis æg klæber sig til havbunden, indtil de klækkes, kan være sårbare over for udledninger af produktionsvand, som synker mod havbunden. Aktivitetsområdet er ikke kendt som værende et gydeområde for demersale gydere, men det kan ikke helt udelukkes, at tobis gyder i området i vintermånederne. En eventuel øget mortalitet hos tobisæg i umiddelbar nærhed af udledningssteder for produceret vand må betragtes som havende ubetydelig indvirkning på bestanden af tobis i Nordsøen.

Sundhedseffekter; socioøkonomiske effekter

Ingen forventet.

Følsomhed

Det berørte havområde er ikke specielt følsomt. Sæsonmæssige udsving i plankton-sammensætningen forekommer.

Den årlige kolonisering af bunddyrslarver medvirker til, at eventuelle effekter på bundfaunaen er svære at identificere. Naturlig variation i bundfaunasammensætning formodes at overgå eventuelle effekter.

Signifikansniveau

MINDRE/MODERAT (afhængig af mængden og sammensætningen af udledt produktionsvand):

Selv om der ikke hidtil er blevet påvist biologiske effekter af udledt produktionsvand i områder med større vanddybde (> 10 m) og gode opblandingsforhold, udgør udledning af produceret vand en potentiel risiko for miljøpåvirkning alt afhængig af:

- produktionsvandets naturlige sammensætning

- koncentration af potentielt skadelige komponenter
- indhold af skadelige restprodukter fra kemikalietilsætning
- udledningsmængden
- fortyndningsgraden (afhængig af bl.a. udledningsmængden, dybde og strømforhold)
- lokale arters følsomhed for de udledte komponenter

Signifikansniveauet for de enkelte udledningpunkter for produktionsvand vil blive gennemgået i afsnit 8.3.

7.3.2 Behandling af produceret gas

Behandlingen af gas er beskrevet generelt i afsnit 3.3 og for de enkelte behandlingsanlæg som følger:

- Dan F i afsnit 3.5
- Halfdan i afsnit 3.6
- Gorm i afsnit 3.7
- Tyra i afsnit 3.8
- Harald i afsnit 3.8.4

(Note: denne aktivitet behandles yderligere i afsnit 8.2)

Koncentration/størrelse af udledningen/aktiviteten

Gassen afkøles, kondensat og vand fjernes og der behandles om nødvendigt med H₂S-scavenger (afsvovler) for at nedbringe H₂S-indholdet. Kondensat, vand og afreageret H₂S-scavenger føres til olie/vandbehandlingssystemet. Gas fra produktionen benyttes til kraftfremstilling på platforme og til vågeblus på gasafbrændingstårnene, hvor gassen kan afbrændes i tilfælde af forstyrrelser i produktionen (disse emissioner behandles i afsnit 7.4.3). Gastørring i glykolanlæg kan føre til emissioner af NMVOC (flygtige kulbrinter) til atmosfæren, i den udstrækning gasserne ikke kan føres til gasafbrændingstårnet. De anvendte kemikalier vurderes efter Miljøstyrelsens gældende retningslinjer for at undgå meget toksiske, bioakkumulerende eller persistente kemikalier. Udledningerne finder sted i henhold til tilladelse fra Miljøstyrelsen, som fastslår art, mængde og sammensætning af de udledte væsker.

Fysiske/kemiske effekter

Som for udledning af produktionsvand (se foregående side).

Biologiske effekter

Kemikalier, som anvendes i behandlingen af gas, udvælges efter samme retningslinjer og vurderinger som øvrige produktionskemikalier. Toksicitetseffekter kan forventes i nærheden af udledningsstedet.

Sundhedseffekter; socioøkonomiske effekter

Visse "scavengers" giver lugtgener, som forebygges ved at sikre god ventilation omkring lageret og brugsstedet og ved almindelig god kemikaliehusholdningsskik.

Følsomhed

Det berørte havområde er ikke specielt følsomt. Sæsonmæssige udsving i plankton-sammensætningen forekommer.

Signifikansniveau

MINDRE/MODERAT (afhængigt af mængden og sammensætningen af udledt vand): Vandsøjlen i området omkring udledningsstedet udsættes for en påvirkning som følge af det producerede vands toksicitet. Anvendte kemikalier udvælges for at undgå ikke-nedbrydelige stoffer, således at varige miljøpåvirkninger undgås.

Atmosfæriske emissioner (NMVOC) fra glykolanlægget udgør en forholdsvis ubetydelig øgning af den samlede påvirkning, men forårsager ingen forandringer i lokalområdet.

Signifikansniveauet for de enkelte udledningspunkter vil blive gennemgået i afsnit 8.3.

7.3.3 Injektion af havvand og produceret vand

Injektion af vand er beskrevet generelt i afsnit 3.4 og for de enkelte behandlingsanlæg som følger:

- Dan F i afsnit 3.5
- Gorm i afsnit 3.7

Koncentration/størrelse af udledningen/aktiviteten

Havvand pumpes op i platformens anlæg, tilsættes biocid, filtreres mekanisk og kemisk for partikler, behandles mekanisk og kemisk for at fjerne ilt, tilsættes korrosionsinhibitor og eventuelt "drag reducer", føres til brøndhovedet, og injiceres i formationen. På Gorm samles det behandlede havvand efter fjernelse af ilt med produceret vand og reinjiceres. I tilfælde af anlægsforstyrrelser udledes vandet, helt eller delvist, indtil genoptagelse af reinjektionen. Udledning af produceret vand fra Gorm udgør i 2010 ca. 2300 m³/d eller omkring 10 % af den reinjicerede vandmængde. Det er dog muligt, at en så høj grad af reinjektion ikke kan opretholdes.

De anvendte kemikalier vurderes efter Miljøstyrelsens gældende retningslinjer for at undgå meget toksiske, bioakkumulerende eller persistente kemikalier. Udledningerne finder som minimum sted i henhold til tilladelse fra Miljøstyrelsen, som fastslår art, mængde og sammensætning af de udledte væsker.

Fysiske/kemiske effekter

Mindre forøgelse af den kemiske påvirkning af det omgivende havmiljø.

Biologiske effekter

Kortvarige toksicitetseffekter i nærheden af udledningsstedet kan forekomme.

Sundhedseffekter; socioøkonomiske effekter

Ingen forventet.

Følsomhed

Det berørte havområde er ikke specielt følsomt. Sæsonmæssige udsving i plankton-sammensætningen forekommer.

Signifikansniveau

MINDRE: Tilstedeværelse af kemiske komponenter af injektionsvandet vil muligvis kunne spores ved udledningspunktet, men eventuelle biologiske effekter forventes ikke at være på et niveau, hvor de kan måles.

7.4 Miljøpåvirkninger, som er fælles for bore- som produktionsaktiviteter

7.4.1 Drænvand

Koncentration/størrelse af udledningen/aktiviteten

Platformene er udstyret med følgende drænsystemer i overensstemmelse med Energi-styrelsens Retningslinjer for design af faste offshoreanlæg 2009:

- Et lukket drænsystem for producerede væskeformige hydrocarboner (fra beholdere osv.).
- Et åbent drænsystem for klassificerede områder (spildbakker osv.).
- Et åbent system for uklassificerede områder.
- Et åbent system for helikopterdæk.

Systemerne er adskilt, således at gas ikke utilsigtet kan overføres mellem forskellige områder.

Alle drænsystemer fører til rensningsanlæg med følgende undtagelser:

- Dræn fra tag og lignende områder, der ikke kan medføre miljøforurening, udledes direkte (åbent drænsystem fra uklassificeret område).
- Det åbne dræn for helikopterdæk udledes
- Overløbsdræn i forbindelse med brandslukning udledes.

Fysiske/kemiske effekter

Udledningen fortyndes hurtigt.

Biologiske effekter

Eventuelle påvirkninger vil begrænse sig til planktonsamfundet i de øvre vandlag i området umiddelbart omkring udledningspunktet.

Sundhedseffekter; socioøkonomiske effekter

Ingen forventet.

Følsomhed

Sæsonmæssige udsving i planktonsammensætningen.

Signifikansniveau

UBETYDELIG: Udledningskoncentrationen af olie er lav, fortynding og nedbrydning finder hurtigt sted.

7.4.2 Udledning af spildevand

Koncentration/størrelse af udledningen/aktiviteten

Lejlighedsvis udledning til havet af behandlet spildevand fra installationernes beboelse. Spildevandet behandles efter MARPOL krav, svarende til mekanisk rensning (findelt men ikke yderligere behandlet spildevand) eller bedre. Påvirkningen udgør for samtlige installationer samt tilhørende fartøjer i størrelsesordenen 1.000 personækvivalenter på årsbasis.

Fysisk/kemiske effekter

Udledningen består af findelt/opløst materiale, som fortyndes og spredes hurtigt grundet de dynamiske forhold i vandsøjlen. Med fuldt iltet havvand skønnes en fortynding på 1:100 at være tilstrækkelig til at reducere iltforbruget (BOD) til baggrundsniveau.

Biologiske effekter

Svag organisk berigelse i nærheden af udledningsstedet. Ubetydelig indflydelse på dyre- og planteliv. Behandling (findeling, septiktankophold) inden udledningen øger nedbrydningen.

Sundhedseffekter; socioøkonomiske effekter

Smittepotentiale i vandet umiddelbart omkring udledningsstedet; usandsynligt at smitte kan finde sted.

Følsomhed

Påvirkninger vil ramme hovedsagelig planktonsamfundet i de øvre vandlag i området umiddelbart omkring udledningspunktet. Sæsonmæssige udsving i planktonsammensætningen.

Signifikansniveau

UBETYDELIG: Fortynding og nedbrydning finder hurtigt sted.

7.4.3 Kraft produktion og transport

Kraftfremstilling medfører kontinuerlige emissioner til atmosfæren fra gasturbiner (produktionsplatforme), dieselmotorer (borerigge og satellitplatforme), og gasafbrændingstårne (produktionsplatforme) som følge af forbrænding af gas og diesel.

Yderligere vil der være lejlighedsvis og midlertidige emissioner fra dieselmotorer for nødgeneratorer, brandpumper m.v.

Emissionerne er relateret til brændstofbrug. Af tabel 7.4.1 fremgår forbrug af brændstof på de forskellige installationer. Der er ikke taget højde for eventuelle reduktioner som følge af fremtidige tiltag for reduktion af energiforbruget.

Tabel 7.4.1. Forventet brændstofforbrug i forbindelse med drift og forsyning af off-shore installationer:

		2008	2010	2015	
Diesel		11,2	12	11	tons/d
Produceret gas	Kraftfremstilling	1.697.369	1.753.969	1.467.542	Nm ³ /d
	Gasafbrænding	323.779	202.695	202.695 ^{*)}	Nm ³ /d
Helikoptere, årsbasis		4.827	4.739	4.265	tons/år
Forsynings- og stand-by-både, årsbasis		12.794	11.895	10.706	tons/år

*) Der forventes i perioden ingen væsentligt reduktion af gasafbrænding, da afbrændingen allerede er reduceret til et minimum.

De primære emissioner fra de nævnte kilder er kuldioxid (CO₂) og metan (CH₄), Kvælstofoxider (NO_x) Svovldioxid (SO₂) og forskellige organiske forbindelser (NMVOC).

Opgørelse af emissionsmængder samt fremskrivninger for 2010 og 2015 fremgår af nedenstående.

Tallene for år 2008 er de aktuelt registrerede udledninger, medens værdierne for 2010 og 2015 er skønnet.

Kuldioxid (CO₂)

Danmark har i EU sammenhæng forpligtiget sig til at reducere mængden af drivhusgasser i forhold til udledningen i 1990. Ved drivhusgasser forstås kuldioxid f.eks. (CO₂) og metan (CH₄), lattergas (N₂O), hydroflourkarboner (HFC), perfluorkarboner (PFC) og svovlhexafluorid (SF₆).

For at begrænse udledningen af drivhusgasser er der i 2005 indført et kvotesystem for udledning af CO₂ i forbindelse med udvinding af olie og gas. Kvotesystemet er fastlagt i Lov nr. 493 af 09. juni 2004. Ethvert produktionsanlæg med en indfyret effekt på mere end 20 MW er underlagt kvotedirektivet. Dan, Halldan, Gorm, Tyra Vest og Øst samt Harald er derfor omfattet af kvotesystemet, men ikke Skjold eller de mindre sateletter.

Hver produktionsenhed har fået tildelt en mængde gratis kvoter først for perioden 2005-2007 og senest for perioden 2008-2012. Kvoterne er omsættelige og kan handles på det europæiske kvotemarked.

Produktionsenhederne skal derfor overvåge CO₂-udledningen i henhold til EU retningslinjer og hvert år i marts rapportere deres samlede udledninger for året til kvoteregisteret.

I sommeren 2008 blev EU's kvotehandelsdirektiv ændret, hvilket blandt andet betyder, at fra næste periode, gældende fra 1. januar 2013, bliver flere sektorer og drivhusgasser omfattet, mens der samtidig gives mulighed for at udlade anlæg med udledninger under 25.000 tons CO₂ årligt fra kvotesystemet. Herudover vil der i langt højere grad blive tale om auktion dvs. salg af kvoter på markedsvilkår frem for tildeling af gratis-kvoter.

Udvinding af råolie og naturgas er i henhold til kommissionens afgørelse af 24. december 2009 på listen over sektorer som anses for at være udsat for risiko for carbon leakage. Det vil sige, at man vil modtage 100 % gratis kvoter for carbon leakage ift. benchmarks i perioden 2013-2020. Det forventes, at der foreligger benchmarks for de forskellige sektorer ved udgangen af 2010.

CO₂ emission

De for år 2008 angivne tal er registreret forbrug til driften og fordelingen på installationer fremgår af nedenstående Tabel 7.4.2. Vist er også de forventede udledninger i 2010 og 2015.

Tabel 7.4.2. CO₂ udledning i forbindelse med drift af offshoreinstallationer (10³ ton/år)

År	2008	2010	2015
	10 ³ tons CO ₂	10 ³ tons CO ₂	10 ³ tons CO ₂
Dan	581	427	483
Gorm	401	301	258
Halfdan	106	88	51
Tyra	631	768	560
Harald	22	25	22
Andre	0	1	1
Sum	1.741	1.611	1.375

Desuden forekommer CO₂ emission som følge af boring af brønde. Boring af en enkelt brønd skønnes at medføre en CO₂-emission i størrelsesordenen 2.000 tons som følge af boreriggens energiforbrug, aktivitet af forsynings-, slæbe- og vagtbåde samt helikoptertransport af personel. Boring af vurderingens 150 brønde skønnes derfor at medføre en samlet CO₂-emission på omkring 300.000 tons, svarende til omkring 19 % af den årlige CO₂-emission fra produktionsinstallationerne (Tabel 7.4.2).

Danmarks samlede udledning af CO₂ i 2009 var omkring 100 millioner ton (eks. biobrændstof), udledningen fra kraftfremstillingen udgør således knap 2%.

Målet med kvotesystemet er at søge udledningen af CO₂ begrænset. Mulighederne for at implementere alternative brændstoffer, f.eks. dieselbrændsel, på offshoreplatforme vil ikke være miljømæssigt mere hensigtsmæssigt, og anden teknologi i forsøg på at nedbringe CO₂ udledningen vurderes ikke teknisk og økonomisk muligt i en overskuelig fremtid.

Kvælstofoxider (NO_x)

NO_x dannes ved forbrænding og er en blanding af kvælstofoxider, som hovedsageligt består af NO og nogle få procent NO₂. I den nedre del af atmosfæren sker en lang række kemiske reaktioner. Blandt andet kan NO ved reaktion med ozon danne NO₂, som er sundhedsskadeligt og som der er sat grænseværdier for. NO₂ kan ved yderligere kemiske reaktioner omdannes til blandt andet salpetersyre (HNO₃) og nitrat (NO₃) som kan medvirke til kvælstofbelastning og forurening ved afsætning på land og vand.

Danmark er forpligtet til at efterleve kravene i EU-direktivet om nationale emissionslofter (NEC-direktivet) i 2010 og videre frem.

I Miljøprojekt nr. 1104, 2006 "Analyse af Danmarks muligheder for at reducere emissionerne af NO_x i 2010" er offshore sektorens andel af den samlede danske udledning beregnet til knap 6% i 2004 og er fremskrevet til at stige for at udgøre ca. 30% i 2030.

Yderligere viser beregninger i samme rapport at tiltag vedr. offshore industrien ikke står først på prioriteringslisten når der tages hensyn til de samfundsøkonomiske omkostninger. Heller ikke opfølgningen Miljøprojekt nr. 1293, 2009 "En opdateret analyse af Danmarks muligheder for at reducere emissionerne af NO_x" vurderes de mulige tiltag på offshore installation samfundsøkonomisk rentable.

NEC direktivet og det efterfølgende analysearbejde har bl.a. dannet baggrund for en lov, der pålægger en generel NO_x-afgift på luftemissioner på 5 kr. pr. kg med virkning fra 1. januar 2010. Loven omfatter offshoresektoren og er et af flere tiltag, der skal sikre, at Danmark opfylder forpligtelserne i EU-direktivet

Herudover gælder for nye anlæg offshore, at nye maskiner er low-NO_x anlæg, og dermed følge principperne for Best Available Technology (BAT) og Best Environmental Practice (BEP).

NO_x og øvrige emissioner

Af nedenstående tabel 7.4.3 fremgår udledningen af NO_x, CH₄, NMVOC samt SO₂ i 2008 samt forventet udledning for 2010 og 2015.

Tabel 7.4.3. Forventede øvrige emissioner fra drift og forsyning af offshoreinstallationer

	2008	2010	2015	
NO _x	8.468	9.389	8.015	tons/år
CH ₄	4.265	3.450	3.687	tons/år
NMVOC	1.203	759	811	tons/år
SO ₂	86	46	405*	tons/år

* SO₂ emissionen bygger på en forudsætning om at Dagmar fortsætter produktionen og at gassen bliver enten afbrændt i flaren eller brugt i turbinen. Herudover forudsættes et H₂S indhold i gassen på 22.000 ppm.

Som det fremgår af tabellen forventes en svag stigende udledning af NO_x frem til 2010, hvorefter der sker et fald. Stigningen vurderes at skyldes konservative antagelse i forbindelse med fremskrivningerne.

NMVOC'erne inklusive metan forventes at falde kraftigt som følge af reduceret venting frem til 2010 hvorefter der sker en let stigning som følge af en forventet stigning i mængden af udledt produceret vand.

Af de øvrige emissioner er Metan (CH₄) den væsentligste. Der findes enkelte køleanlæg, primært på Tyra Øst og Gorm, hvor der anvendes genindvundet kølemiddel. Når det er nødvendigt, suppleres med kølemidlet Forane i systemerne. Øvrige drivhusgasser som lattergas, perflourkarboner eller svovlheksafluorid anvendes ikke offshore.

Fysisk/kemiske effekter

CO₂ og CH₄ er drivhus gasser, som bidrager til den globale opvarmning. NO_x, SO₂ og VOC bidrager til forurening (forsuring, eutrofiering, ozondannelse) i den lavere atmosfære, som kan påvirke omgivende land, vand og ferskvandsområder. Bidraget fra de beskrevne operationer vurderes som værende minimale/ubetydelige i forhold til påvirkningen fra landbaserede kilder samt skibstrafik i Nordsøen.

Optagelse af en del af emissionerne i havvandet har ingen betydning for den naturlige kemiske balance i havet, da mængderne er ubetydelige i forhold til de allerede forekommende mængder i havvandet.

Biologiske effekter

Klimaeffekter, forsurening og ozondannelse kan forårsage vidtrækkende biologiske forandringer, hvis omfang og betydning fortsat diskuteres. Effekterne forårsaget af de beskrevne operationer er ubetydelige og kan ikke måles.

Sundhedseffekter; socioøkonomiske effekter

Forsuring og ozondannelse er skadelige for personer med astma eller luftvejslidelser. Effekterne forårsaget af de beskrevne operationer er ubetydelige. Det er beregnet, at de samlede årlige emissioner af CO₂ fra Mærsk Olie og Gas AS' installationer forventes at være omkring 3 mio. tons. Fra disse installationer eksporteres gas til fastlandet, der erstatter andre brændselskilder (olie og kul) med en anslået besparelse af 8-12 mio. tons CO₂ pr. år til følge. Nettobesparelse ved Mærsk Olie og Gas AS' aktiviteter i Nordsøen er således i størrelsesordenen 5-12 mio. tons CO₂ pr. år.

Følsomhed

De beskrevne operationer foregår langt fra andre kilder til atmosfærisk forurening. Havorganismer ikke særlig følsomme overfor de her omhandlede forureningstyper.

Signifikansniveau

UBETYDELIG: Spredning finder hurtigt sted i atmosfæren, og eventuelle effekter hidrørende fra de beskrevne operationer vil ikke kunne måles i forhold til effekter hidrørende fra andre årsager.

7.4.4 Generering af fast affald

Koncentration/størrelse af udledningen/aktiviteten

Alt fast affald, inkl. madaffald, opsamles og tages til land til genanvendelse eller bortskaffelse. Genanvendelsesprocenten for affald fra Mærsk Olie og Gas AS' installationer i Nordsøen var i 2009 60 %, eller 98 % hvis affald leveret til forbrænding på kraft/varmeanlæg medregnes.

Fysiske/kemiske effekter

Ingen forventet offshore.

Biologiske effekter

Ingen forventet offshore.

Sundhedseffekter; socioøkonomiske effekter

Ingen forventet offshore. På land betyder den høje genanvendelsesprocent en ressourcibesparelse.

Følsomhed

Ikke relevant.

Signifikansniveau

UBETYDELIG: Alt fast affald returneres til land og indgår i etablerede og godkendte genanvendelses- og bortskaffelsesordninger.

7.5 Anlæg og fysisk tilstedeværelse af offshore installationer

Tilstedeværelsen af offshore installationer kunne påvirke det omgivne miljø både under installationsfase og under driftsfasen.

Jack-up borerig

Installation af jack-up rig i forbindelse med boring af brønde er normalt af midlertidig karakter og medfører en mindre indtrykning af havbunden, hvor "spud can" på hvert af riggens tre ben understøtter riggen. På grund af den relativt korte tid jack-up rigge normalt er placeret på et sted, er der ikke observeret effekter. Såfremt en jack-up bore-rig anbringes ét sted i længere tid, f.eks. til beboelse, forventes effekter på havbunden svarende til ved faste platforme.

Faste platforme

Installation af mulige nye platforme giver en mindre lokal ændring af havbunden, hvor platformens ben og pæle trænger igennem havbunden. Platforme fastgøres med 3 eller flere pæle, dog sjældent over 12. Tilstedeværelsen af faste platforme forårsager en vis lokal erosion i sedimentet omkring platformens ben på steder med stærk strøm ved havbunden. Påvirkningen er begrænset til et område få meter fra benene på platforme-ne. Der findes pt. 50 Mærsk Olie og Gas AS opererede installationer i den danske sektor i Nordsøen.

Stålplatformene beskyttes typisk i bølgezonen med et malingssystem baseret på to-komponent, termohærdende tyktlagsepoxy. Det er uopløseligt i havvand og forventes ikke at afgive stoffer til havvandet. Under bølgezonen beskyttes platformen med aluminiumsanoder, og i nogle tilfælde maling. Anoderne medfører en ubetydelig tilførsel af aluminiumsioner til havvandet. Dette anses at være uden betydning for havvandet, da aluminiumsioner naturligt er til stede i havvandet i betydelige mængder.

Rørledninger

Nye rørledninger lægges på havbunden, og nedgraves normalt som beskyttelse mod trawl. Nedgravningen foretages typisk ved at spule havbundsmaterialet væk under røret, hvorved det synker ned til den ønskede nedgravningsdybde (typisk omkring 1 m).

Det kan være nødvendigt at overdække dele af rørledningerne med sten, hvor høj temperatur af produktionen i røret ellers kunne medføre, at rørledningen arbejder sig op igennem sedimentet mod havbundsoverfladen (upheaval buckling). Efter lægning af en rørledning trykprøves den, typisk ved fyldning med inhiberet vand dvs. iltfrit vand som er tilsat korrosionsinhibitor og biocid. Ved idriftsættelse af rørledninger udledes vandet.

Den naturlige sedimenttransport i området genetablerer ifølge Mærsk Olie og Gas AS' erfaringer, havbunden inden for det eller de første år efter installationen, med undtagelse af de områder hvor det har været nødvendigt at overdække med sten.

Rørledninger er beskyttet mod korrosion med et "coating"-system samt med anoder, som yderligere beskyttelse i tilfælde af beskadigelse af coatingen. Coating-systemet er for ældre rørledninger et malingssystem baseret på tokomponent, termohærdende tyktlagsepoxy. Nyere rørledninger beskyttes med et trelags polypropylen system. Alternativt anvendes polyætylen. Aluminiumsanoder anvendes til den ekstra beskyttelse. Polypropylen, polyætylen og epoxy anses alle som uopløselige i havvand og derfor uden miljømæssig effekt. Aluminiumsanoder er omtalt ovenfor i forbindelse med beskrivelse af platformsbeskyttelsen.

Ved en ekstrem høj rørledningstemperatur på 80 °C og ved naturlig konvektion i søvandet over havbunden, vil havbundstemperaturen stige til 5,8 °C fra 4 °C, men til 15 °C, hvis havbundstemperaturen er 14 °C som følge af varmeledningen fra den varme rørledning. Da havbundstemperaturen har en naturlig variation mellem 16 °C og 5 °C anses denne temperaturstigning helt ubetydelig, og i praksis er der normalt en vis strømning i havvandet, som vil eliminere eller reducere denne temperaturstigning betydeligt. (Reference: Memorandum 0517-01, Valdemar BA Development Project, Assessment of Seabed Temperature, LICEngineering af 21 -06-2005).

FSO

Forankring af en FSO foretages enten til rammede pæle i havbunden eller til ankre (typisk 6) på havbunden. Ramning af pæle eller installation af ankre giver en mindre lokal ændring af havbunden.

FSO'en beskyttes mod korrosion med et malingssystem. I bølgezonen, hvor påvirkningerne er værst, anvendes f.eks. et tokomponent termohærdende tyktlagsepoxy coatingsystem. Malingssystemerne er sædvanligvis uopløselige i havvand og forventes ikke at afgive stoffer til havvandet. Under vandet beskyttes FSO'ens skrog også typisk med aluminiumsanoder. Anodebeskyttelsen medfører en ubetydelig tilførsel af aluminiumsioner til havvandet. Det anses at være uden betydning for havvandet, da aluminiumsioner naturligt er til stede i havvandet i betydelige mængder.

Vurdering af de listede påvirkninger vil blive gennemgået samlet i nedenstående afsnit:

- forstyrrelser af havbunden
- støj
- udledninger i forbindelse med trykprøvning af rørledninger
- forbudszoner som kan begrænse andre aktiviteter i området
- fysiske strukturer på havoverfladen.

7.5.1 Forstyrrelser af havbunden

Koncentration/størrelse af udledningen/aktiviteten

Tilstedeværelsen af faste installationer, såsom platforme, forårsager forstyrrelse af havbunden som følge af en vis lokal erosionseffekt i sedimentet omkring platformens ben på steder med stærk strøm ved havbunden. Påvirkningen er begrænset til et område få meter fra benene på platformene.

Som nævnt kan synlige ændringer i havbundens bathymetri også være forbundet med spor fra boreriggenes ben, hvor disse har været i aktivitet. Sporene viser sig i form af midlertidige fordybninger på max. ca. 1 meter i dybden og ca. 15 m i diameter (Figur 7.1).

Som nævnt ovenstående forventes havbunden genetableret inden for de første år efter installationen af rørledningen, med undtagelse af de områder, hvor det er nødvendigt at overdække dele af rørledningerne med sten.

Ved Tyra feltet er der sket en nedsynkning af havbunden i et område på 6-8 kilometer i diameter med en maksimal niveauforskel på op til 5 meter i et område. Nedsynkning skyldes, at lavtliggende gaslommer er forsvundet som følge af udsivning til vandsøjlen med efterfølgende gradvis konsolidering af sedimentet til følge. Nedsynkning kan i visse lokale områder medføre en ændring i bundfaunaens sammensætning, da dybdeforhold har vist sig at have betydning for koloniseringen. I så fald vil der dog sandsynligvis kun være tale om ændret dominans af naturligt forekommende arter, frem for en ændring i artsdiversiteten. Der er blevet foretaget undersøgelser af bundfaunaen omkring Tyra feltet, som viser, at artssammensætningen svarer til den i nærliggende områder (Mærsk Olie og Gas AS, 2004c og 2004d).

Biologiske effekter

Der forventes kun ubetydelige og midlertidige negative påvirkninger på miljøet som følge af forstyrrelser på havbunden.

De faste installationer, dvs. platformene og pæle, vil derimod oftest skabe en ”rev-effekt”. Platformbenene danner således mulighed for, at planter og dyr, som har behov for en fast struktur, vil kunne etablere sig. I forbindelse med rutinemæssige visuelle inspektioner af platformbenene vha. dykker eller ROV er der således blevet observeret en betydelig begroning på disse. Rev-effekten vil også muligvis tiltrække fisk (Picken, 1989; Løkkeborg et al., 2002; Jørgensen et al., 2002) og eventuelt fugle og pattedyr. På den måde introduceres arter lokalt i området som ellers ikke er naturligt forekommende. De arter, som er afhængige af en fast struktur for at kunne etablere sig, vil dog begrænse sig til platformbenene, og der er således ingen risiko for at deres tilstedeværelse vil kunne medføre signifikante negative påvirkninger på bundfaunasammensætningen omkring platformene. I tilfælde af, at begroningen på platformbenene udgør en sikkerhedsrisiko i form af øget påvirkning af bæreevnen eller øget risiko for korrosion, vil den blive fjernet (Whomersley & Picken, 2003).

I områder, hvor det er nødvendigt at overdække dele af rørledningerne med sten, kan der også opstå en ”rev-effekt”, som også vil kunne tiltrække fisk.

Selv om installationer vil kunne skabe en rev-effekt, så vil der være tale om en lokal påvirkning, som ikke har indflydelse på økosystemet i Aktivitetsområdet (Picken,

1989). En undersøgelse af fiskeforekomster omkring Halldan feltet kunne således ikke identificere væsentlige påvirkning på mængden af fisk i afstande mellem 500 – 5.000 meter fra platformen (Mærsk Olie og Gas AS, 2003).

Sundhedseffekter; socioøkonomiske effekter

Ingen forventet.

Følsomhed

Det bentiske samfund i området er udbredt over store dele af Nordsøen. Nykolonisering fra tilstødende områder erstatter eventuelle tab forårsaget af overlejring.

Signifikansniveau

MINDRE/GAVNLIG: Der forventes kun ubetydelige og midlertidige negative påvirkninger på bundfaunaen som følge af forstyrrelser på havbunden. De faste installationer, platformene, vil derimod oftest skabe en ”reveffekt”. Platformbenene danner således mulighed for, at planter og dyr, som har behov for en fast struktur, vil kunne etablere sig. Reveffekten vil også muligvis tiltrække fisk og eventuelt havfugle og pattedyr.

7.5.2 Støj

Undervandstøj og vibrationer fra menneskelig aktivitet kan potentielt forstyrre fauna på alle niveauer, men forventes at være mest relevant for fisk og havpattedyr, da disse ofte er direkte afhængige af lyd.

Fisk

Undervandsstøj kan påvirke de fisk, der opholder sig i nærheden af platformene. Bundfisk, som har en degenereret svømmeblære, og som ikke har en specialiseret hørelse, har relativt høje høretærskler og vil formodentlig ikke kunne høre støjfrekvenserne over 250 Hz (Westerberg, 1993). Ved frekvenser under 250 Hz er deres høretærskel typisk 90-100 dB. Denne gruppe af fisk, der formodentlig ikke vil udvise kraftige reaktioner på støj selv i umiddelbar nærhed af kilden, inkluderer arter som skrubbe, rødspætte, ising og tobis, der er almindelige i Aktivitetsområdet. Torsk derimod, har en svømmeblære, og kan formodentlig høre frekvenser op til 300-500 Hz. Ved frekvenser under 300-500 Hz er deres høretærskel på ca. 75-100 dB. Det formodes derfor, at de vil være mere sensitive over for kraftig støj og udvise reaktioner i umiddelbar nærhed af kilden (Westerberg, 1993, Popper, 2000; Hastings & Hopper, 2005).

Sild og brisling har en mere specialiseret hørelse med lave høretærskler over et bredt spektrum (50-75 dB ved 200 Hz - 3 kHz). Kraftige adfærdsreaktioner fra sild og brisling på støj i forbindelse med ramninger vil potentielt kunne ske over afstande på op til 500 m. Effekten forventes i værste fald at være kortvarig (Westerberg, 1993; Popper, 2000) idet der er eksempler på, at nedramning ikke påvirker fisk overhovedet (Nedwell et al., 2003; Abbott, 2004; Marty, 2004; Caltrans, 2004).

Havpattedyr

Studier af effekter af undervandsstøj på havpattedyr indikerer samlet, at denne dyregruppe er sensitiv over for en bred vifte af temporære og permanente støjkluder; det kritiske støjniveau synes både relateret til den pågældende arts høreevne og varigheden af støjen (Schustermann et al., 2000; Tougaard et al., 2006). Marsvin og delfiner

bruger lyd som deres primærsans, da de kommunikerer ved hjælp af lyd, samtidig med at de aktivt bruger sonar til at orientere sig og jage med.

Koncentration/størrelse af udledningen/aktiviteten

I forbindelse med stort set alle elementer af efterforskning og udvinding af olie og gas i den danske sektor i Nordsøen forekommer der en vis støjpåvirkning af det omgivende marine miljø.

De primære støjkluder, der findes i forbindelse med udvinding og efterforskning af olie og gas, er:

- støj fra produktionsplatforme
- støj fra skibe
- støj fra helikoptere
- støj fra seismiske undersøgelser
- støj fra borerigge
- støj fra nedramning af forankringspæle og ledeforingsrør

Støj fra produktionsplatforme

Produktionsplatforme er primært passive anlæg, hvorfor der normalt ikke forekommer andre støjende aktiviteter end driften af de gasturbiner, der producerer energi til driften af platformene og til drift af pumper og kompressorer. Den lavfrekvente støj fra produktionsplatformene ligger typisk i frekvensområdet under 500 Hz.

Da platformene er placeret på stålgytterkonstruktioner, vil energien i eventuelle vibrationer kun i begrænset omfang blive transmitteret ud i vandet på grund af det begrænsede overfladeareal.

Tidligere studier konkluderer, at denne type platforme generelt er meget lidt støjende, og på grund af den markante dæmpning af lydene, der spredes cylindrisk fra platformen, forventes fisk og havpattedyr ikke at kunne påvirkes, idet støjniveauet her forventes at ligge over deres høretærskel og vil blive overdøvet af baggrundsstøjen i området (Richardson et al., 1995; Mærsk, 2006d).

Generelt kan det konkluderes, at støjen fra produktionsplatforme ikke er et potentielt miljøproblem i forbindelse med olie-/gasaktiviteter.

Støj fra skibe

Et bredt udvalg af skibe bliver anvendt i forbindelse med efterforskning og udvinding af olie og gas.

I forbindelse med placering af rørledninger anvendes rørlægningsfartøjer, hvorfra de enkelte led af rørene samles og sænkes ned på havbunden. Rørstykkerne fragtes fra land til rørlægningsfartøjet med almindelige forsyningskibe.

Kranoperationer fra skibe bliver anvendt i forbindelse med placering af platforme.

Vagtskibe vil af sikkerhedsmæssige årsager altid befinde sig i nærheden af udvalgte installationer, som for eksempel aktive borerigge.

I forbindelse med flytning af bore- og beboelsesrigge og ved konstruktionsarbejde anvendes store slæbebåde og skibe til håndtering af ankre.

Forsyningsskibe vil ofte være i nærheden af installationerne, da helikoptere primært bruges til mandskabstransport.

Der vil ofte være mange meget forskelligartede fartøjer i nærheden af installationer og rørledninger.

Støjen fra fartøjer af den størrelse, der opererer i Nordsøen, vil være lavfrekvent motorstøj fra maskiner og primært støj fra propeller og positioneringsdyser (bovpropeller eller jets). Støjen vil typisk bestå af komponenter af bredbåndet motor- og propelstøj kombineret med højfrekvent kavitationsstøj og rentonet støj fra ”syngende” propeller.

Generelt er støjen fra disse typer fartøjer lavfrekvent, under 1-2 kHz, med rentoner fra de ”syngende” propeller liggende imellem 100 Hz og 1 kHz. Dertil kommer kavitationsstøjen, der kan have kraftige bredbandede komponenter op til omkring 5 kHz. Støjniveauet for et skib kan ikke beskrives i generelle termer, da det i høj grad er afhængigt af skibets alder, konstruktion, fart og specielt hvilke opgaver, det udfører. De mest støjende fartøjer er antageligt fuldt belastede forsyningsbåde, hvor kildestyrker på op til 170-180 dB re 1 µPa-1m imellem 1 og 5 kHz kan forekomme.

Vagtskibe, der ligger stille i umiddelbar nærhed af borerigge og andre bemandede platforme, vil hele tiden have aktive propeller eller positioneringsdyser til positionering af skibet. Men da positioneringen ikke belaster propellerne, vil der normalt ikke blive skabt kavitation, og støjniveauet herfra vil derfor være meget lavt.

Forsyningsbådene er kun i området i korte perioder ad gangen, og det er derfor ikke rimeligt at antage, at de bidrager væsentligt til støjniveauet omkring indvindingsområderne sammenlignet med den øvrige skibstrafik i Nordsøen. Målinger af støjen fra forsyningseskibet "North Vanguard" i 2006 viste, at i en afstand på 500 m fra skibet var den genererede støj på niveau med baggrundsstøjen for området (Mærsk, 2006d). Der er derfor ingen grund til at betragte disse som specielt belastende for det marine miljø generelt eller for fisk og havpattedyr i særdeleshed.

Vagtskibe, som ofte er til stede omkring de bemandede platforme og borerigge, vil være aktive døgnet rundt, og på trods af det lavere støjniveau vil de være et bidrag til støjen omkring en borerig eller en produktionsplatform. Det er dog værd at nævne, at støjen fra et vagtskib er stærk vejrafhængig, hvorfor den vil være meget lidt støjende i vindstille vejr, hvorimod de højeste niveauer vil forekomme i dårligt vejr, men hvor bølgestøjen på det relativt lave vand vil være altdominerende.

Støjpåvirkningen af det marine miljø fra skibstrafikken i forbindelse med olie-/gasaktiviteter må betragtes som begrænset i forhold til den massive skibstrafik, der i forvejen forekommer i Nordsøen.

Støj fra helikoptere

Helikopter er den primære transportform for personeltransport til og fra platforme og bore- og beboelsesrigge. Støj fra helikoptere stammer primært fra rotorerne, og frekvensen er afhængig af omdrejningshastighed og antallet af rotorblade. Den typiske helikopterstøj er en grundtone på 10-20 Hz og en række kraftige overtoner til op over

1.000 Hz. Støjen fra helikoptere gennemtrænger kun vandoverfladen umiddelbart under helikopteren, da lydbølger med en indfaldsvinkel på mere end 13 grader på vandoverfladen reflekteres stort set 100 %. Dette betyder, at selvom en helikopter er meget støjende og tæt på vandoverfladen, vil den stort set kun kunne høres direkte under den. Som et eksempel kan der nævnes en støjmåling af en Bell 214ST helikopter, hvor støjen i luften kunne registreres mere end fire minutter før overflyvningen, hvorimod støjen 18 meter under overfladen kun kunne registreres 11 sekunder før overflyvningen (Greene, 1985; gengivet i Richardson et al., 1995). Grundet dette forhold vil undervandsstøj fra helikoptere ikke blive spredt på samme måde som for eksempel skibsstøj, og der er derfor et meget begrænset område, hvor støjen potentielt vil kunne påvirke havpattedyr og fisk.

Støj fra seismiske undersøgelser

Seismiske undersøgelser udføres for at kunne identificere de geologiske strukturer under havbunden og er bl.a. essentielle for at kunne lokalisere, hvor eventuelle brønde skal bores. Der findes ikke en alternativ metode til at kunne lokalisere de olie- eller gasbærende lag, og seismiske undersøgelser bidrager væsentligt til at reducere risikoen for at bore ”tørre huller”, dvs. brønde som ikke producerer olie eller gas nok til at være økonomisk bæredygtige. Set i den sammenhæng bidrager seismiske undersøgelser til at reducere påvirkningen på miljøet, som er forbundet med boringer af disse brønde.

Varigheden af et seismisk survey varierer og er bl.a. afhængig af vejrforhold, men varer typisk kun nogle få dage. Et survey, som er relateret til en allerede eksisterende produktion, vil have en samlet længde på mellem 100-150 km med en daglige survey rate på 25-30 km². Da olie- og gasbærende lag befinder sig dybt nede i undergrunden, anvendes der lavfrekvent lyd (5 til 200 Hz). Omkring 98 % af den akustiske energi fra en seismisk puls befinder sig inden for dette frekvensområde.

Et fartøj, som udfører seismiske undersøgelser, slæber typisk lange kabler efter sig, såkaldte streamers, hvorpå der er monteret hydrofoner, som kan opfange den lavfrekvente lyd. Der kan være op til 16 streamers af en længde på typisk 2 km.

Den lavfrekvente lyd skabes ved at anvende såkaldte luftkanoner, som frigiver luft under højt tryk (2000 psi) ud i vandet, som derved skaber en luftboble, der umiddelbart efter kollapsede. Luftkanonerne er monteret på en eller to streamers, Luftkanonerne affyres med 10 til 15 sekunders mellemrum. En seismisk puls fra en luftkanon vil have en maksimal lydstyrke på 210 til 250 dB re 1 µPa at 1 m.

Der er gennemført studier på belugahvaler, hvor midlertidige tab af høreevnen hos disse dyr ikke blev observeret, før de blev udsat for lydstyrker på 226 dB p-p re 1 µPa at 1 m. De samme studier viste, at delfiner ikke viste tegn på midlertidige tab af høreevnen, når de blev udsat for selv det højeste testniveau på 228 dB p-p re 1 µPa at 1 m (Finneran et al. 2002). Disse støjniveauer vil kun opnås få meter fra de aktive luftkanoner. Hvaler, der er blevet forstyrret, genoptager imidlertid sædvanligvis deres normale adfærd inden for 48 timer efter forstyrrelsen er ophørt (Mosbeck 2000).

Risikoen for permanent fysisk skade på havpattedyr er således meget begrænset, men da der er en lille risiko for midlertidig nedsat hørelse hos individer, som befinder sig meget tæt på aktive luftkanoner, er det nødvendigt at gennemføre en såkaldt soft-start, dvs. at luftkanonerne affyres ved lav lydstyrke for at skræmme evt. havpattedyr, som

måtte befinde sig i områder, væk. Derefter øges lydstyrken gradvist, til det operationelle niveau er nået. Dette vil i sagens natur medføre ændret adfærd hos de havpattedyr, som befinder sig i området.

Seismiske undersøgelser forekommer dog kun få dage om året og i et begrænset område. Desuden befinder Aktivitetsområdet sig i den del af Nordsøen med relativt lave koncentrationer af havpattedyr, som ikke udgør et væsentlig kælte- eller fødeområde. De midlertidige ændringer i adfærdsmønstre, som måtte kunne forventes hos havpattedyr i områder, hvor der gennemføres seismiske undersøgelser, forventes således ikke at medføre en påvirkning, som påvirker bestanden i området på længere sigt.

Bl.a. i Nordsøen og Australien har der i mange år været stor fokus på eventuelle påvirkninger på marine pattedyr i forbindelse med seismiske undersøgelser. Der er blevet registreret ændringer i adfærd hos enkelte arter i form af bl.a. undvigelse og ændret dykkeadfærd i form af kortere overfladetid mellem dyk, men ændringer i adfærdsmønstret har vist sig at være kortvarige. Der er ikke eksempler på, at seismiske undersøgelser har resulteret i fysisk skade eller skade på hørelsen hos havpattedyr (APPEA, 2004).

Undersøgelser viser, at der ikke vil være væsentlige korttidseffekter på fisk eller fiskebestande som følge af seismiske undersøgelser (Dahlen et al., 2007; Sætre og Ona, 1996). Derimod kan det ikke udelukkes, at der lokalt sker en ændring i fiskenes fordeling. Der er ingen viden om langtidseffekter, men da undergrunden kun kortlægges seismisk med meget lange mellemrum, er disse effekter heller ikke sandsynlige (Danmarks Fiskeriundersøgelser, 2002).

Undersøgelser af tobis i Norge viste bl.a. at svømmemønstret hos fisken blev ændret i forbindelse med seismiske undersøgelser i området, men at der ikke kunne konstateres øget mortalitet eller reduktion i fangsten (Hassel et al., 2003).

Støj fra borerigge

Mærsk Olie og Gas AS har, gennem de seneste 5 år, iværksat omfattende undersøgelser af effekten af støj fra boreaktiviteter på marine pattedyr (Mærsk, 2006d; Mærsk, 2009f). Resultaterne fra disse undersøgelser er anvendt i vurderingen af støj fra borerigge.

Når boreriggene ikke borer, og der ikke er forsyningsbåde i nærheden, vil støj fra turbiner og pumpeudstyr være de væsentligste støjklender. Støjniveauet er derfor sammenligneligt med støjen omkring produktionsplatformene og beboelsesrigge.

I forbindelse med boring af en brønd vil rotationen af borestrengen i borehullet sammen med generatorer og det roterende maskinel på selve boreriggen bidrage til støjniveauet omkring boreriggen.

Der foreligger kun få støjmålinger af denne aktivitet, men resultaterne antyder, at selv i stille vejr vil støjen stort set være umålelig tæt på riggens ben (Gales 1982; Mærsk, 2006d). De kraftigste komponenter i støjen vil være infralyde omkring 5 Hz, som ikke vil være hørbare for de små havpattedyr, og samtidig bliver støjen dæmpet meget hurtigt i det relativt lave vand. Mærsk Olie og Gas AS foretog i 2006 undersøgelser af støj fra boringer ved boreriggen Mærsk Endavour (Mærsk, 2006d). Denne undersøgelse viste, at støjen fra boreaktiviteter lå på niveau med baggrundsstøjen 500 m fra borerig-

gen og samtidig lå de målte maksimale lydstyrker under niveauet for midlertidige ændringer i dyrenes hørelse. Samtidig konkluderes det, at baggrundsstøjen i et industrialiseret område som Nordsøen, med høj intensitet af skibstrafik, fiskeri samt olie- og gasinstallationer, ligger på et niveau som gør, at det er svært at pege på, om en bestemt adfærd er naturlig eller en reaktion på støj. Alle lyde fra boreaktiviteter ligger på niveau med baggrundsstøjen i en afstand af 500 m fra riggen, og det er derfor ikke sandsynligt, at der vil forekomme adfærdsmæssige ændringer som følge af borestøj (Mærsk, 2006d).

Selve borestrengen roterer med en hastighed på 60-120 omdrejninger i minuttet, hvilket vil medføre en ren grundtone i infralydsområdet på 1-2 Hz og en række overtoner. Den højeste tone, der blev målt af Gales (1982), var således omkring 500 Hz.

Undersøgelser har vist, at mange fisk kan opfange og blive påvirket af infralyd. Der findes undersøgelser som viser, at både pelagiske og bundlevende fisk, som for eksempel torsk (Sand et al 1986), laksefisk (Knudsen et al., 1997) og ål (Sand et al., 2000), reagerer på og flygter fra kraftig menneskeskabt infralyd. Dog viser det forhold, at offshore platforme generelt virker tiltrækkende på fisk og at mængden og diversiteten af fisk som regel er meget højere ved platformen end længere væk, at støjen fra platformene ikke synes at genere fiskene.

De meget lave infralyde, der kan fremkomme omkring borestrengen, kan muligvis blive registreret af bardehvaler. De eneste bardehvaler, der regelmæssigt forekommer i denne del af Nordsøen, er vågehvaler. Da støjen fra borestrengen hurtigt dæmpes, og hovedbestanden af vågehvaler, fortrinsvis forekommer i britiske farvande, er der ingen grund til at antage, at støjen fra borerigge i Aktivitetsområdet påvirker bestanden af vågehvaler i Nordsøen.

Mærsk Olie og Gas AS iværksatte i 2007 et treårigt akustisk overvågningsprogram af marsvin og hvidnæse i Nordsøen, med det formål at bestemme den akustiske aktivitet af småhvaler (som udtryk for tilstedeværelsen af dyr) og vurdere, om boreaktivitet har nogen indflydelse på denne tilstedeværelse. Programmet er baseret på akustiske dataloggere, udlagt ved Valdemar og Rolf. I statusrapporteringen fra august 2009 (Mærsk, 2009e) fremgår det, at der i perioden fra undersøgelsens start til statusrapporteringen har været boreaktivitet ved Valdemar men ikke ved Rolf. Resultaterne fra de hidtidige undersøgelser viser en højere tilstedeværelse af dyr omkring Rolf i 2009. Det har ikke været muligt at påvise en relation mellem tilstedeværelsen omkring platformene og støj fra boreaktivitet, idet boreaktiviteterne ved Valdemar ophørte i slutningen af 2008. Det forventes, at der kommer mere klarhed over eventuelle sammenhænge, når samle-rapporten for de treårige undersøgelser kommer senere i 2010.

Støj fra nedramning af ledeforingsrør og forankringspæle

Boring fra borerigge i den danske del af Nordsøen indledes ved, at en hydraulisk hammer hamrer et ledeforerør, en såkaldt conductor, ca. 50 meter ned i havbunden. Ledeforerøret er et rør på ca. 70 cm i diameter, der beskytter den øverste del af brønden. Ledeforerøret bliver rammet ned ved brug af en hydraulisk hammer, der er placeret på boreriggen ca. 30 meter over vandoverfladen.

Det tager omkring 8-12 timer at hamre et ledeforingsrør ned i havbunden, og i tilfælde af at der skal bores flere brønde i samme position gentages proceduren. Herefter sænkes borekronen ned gennem røret, og boring af brønden påbegyndes.

Der nedrammes cirka 30 ledeforingsrør årligt.

Under lydtryk svarende til det forventede under ramningen af forankringspæle og foringsrør er der registreret fysiologiske skader på høreorganet hos clupeider (Hastings et al., 1996). Ved afstande på under 50 m vil påvirkningen på sild og brisling således potentielt være letal. Ved afstande på over 50 m fra støjilden forventes dog ingen potentielle skadevirkninger på sild og brisling, idet støjniveauet forventes at være dæmpet med mere en 50 % ved denne afstand, men der kan optræde adfærdsreaktioner. Dette må betragtes som en konservativ vurdering, idet der er flere eksempler på studier, hvor nedramning ikke har nogen påvirkning på fisk (Nedwell et al., 2003; Abbott, 2004; Marty, 2004; Caltrans, 2004).

I forbindelse med byggeriet af Horns Rev Havmøllepark i farvandet ud for Blåvandshuk ved Esbjerg, er den relative tæthed af marsvin i selve mølleområdet og tre referenceområder blevet overvåget i forbindelse med ramning af møllefundamenterne ved hjælp af visuelle observationer af akustisk sporing af dyrenes sonaraktivitet. Data fra denne overvågning viser, at der var en signifikant effekt på den relative tæthed af marsvin i området omkring Horns Rev i forbindelse med nedramningen. I en afstand af 18 kilometer forsvandt marsvinene tilsyneladende i forbindelse med hver enkelt ramning, hvorefter de vendte tilbage igen 6-8 timer efter arbejdets ophør. Jo tættere på nedramningsstedet, jo længere tid gik der, før dyrene vendte tilbage til det normale niveau (Tougaard et al., 2003; Tougaard et al., 2006). De visuelle observationer af marsvin i mølleområdet aftog signifikant i anlægsperioden. En tilsvarende generel nedgang i den akustiske aktivitet hos dyrene i mølleområdet blev dog ikke iagttaget. Undersøgelserne viste desuden, at etableringen af vindmølleparken, ud over de nævnte effekter af nedramningsarbejder, ikke påvirkede marine pattedyr i nævneværdig grad (Tougaard et al. 2006a, Tougaard et al. 2006b, DONG Energy 2006, DONG Energy et al. 2006).

Der foreligger ingen tilsvarende observationer af sælers reaktion på nedramningerne.

Der findes ingen offentligt tilgængelige målinger af støjen fra nedramning af monopile møllefundamenter på Horns Rev, men målinger af støj fra tilsvarende ramninger af mono-pile møllefundamenter ved Utgrunden i Sverige viste maksimale lydtryk (peak sound pressure levels) på omkring 203 dB re 1 μ Pa ved 250-400 Hz i en afstand på 30 meter fra nedramningsstedet (Maxon, 2000). På grund af en ulineær spredning af lyden i området kunne disse målinger ikke omregnes til kildestyrker, men en grov antagelse er at der er tale om en kildestyrke med et maksimalt lydtryk på 217-218 dB re 1 μ Pa - 1m. Denne antagelse støttes af målinger foretaget under opførelsen af en forskningsplatform i den tyske del af Nordsøen, som viste kildestyrker på 228 dB re 1 μ Pa - 1m (Thomsen et al., 2006).

Registreringerne af marsvins reaktion på nedramning af monopiles ved Horns Rev er det eneste studie, der foreligger af denne type, for havpattedyrs reaktion på støj fra nedramning af forerør. Der findes ingen undersøgelser af hvidnæse og vågehvales hørevne, men de må formodes potentielt at være sensitive over for rammestøj på samme

niveau som marsvin. Det samme er tilfældet for både spættet sæl og gråsæl. Audio-grammer for spættet sæl viser, at deres høretærskel ligger på det samme niveau som hos marsvin (1 μ PA) i frekvensområdet imellem 1 kHz og 60 kHz (Dietz et al. 2000).

I forbindelse med installation af produktionsplatforme sænkes den bærende gitter-struktur, en såkaldt jacket, ned på havbunden. For at sikre, at jacket-strukturen bibeholder sin position, forankres den med pæle, der hamres ned i havbunden. Pælene kan have en diameter på op til 2 m, og den biologiske effekt af støjen fra disse nedramninger kan antages at være sammenlignelige med støjen fra nedramning af ledeforingsrør. Der går dog oftest år mellem installation af nye platforme.

Det kan generelt konkluderes, at støj fra nedramning af forankringspæle og primært ledeforingsrør kan have en kraftig, men kortvarig effekt på specielt marsvins adfærd. Tidligere studier har ikke påvist, at der sker en permanent langsigtet ændring i tætheden af marsvin inden for påvirkningsområdet.

Fisk forventes ligeledes at trække væk fra boreriggen i forbindelse med nedramning af forankringspæle og primært ledeforingsrør. Der forventes dog ikke en langsigtet ændring i fiskebestanden i lokalområdet, da der er tale om kortvarige påvirkninger.

Sundhedseffekter; socioøkonomiske effekter

Ingen forventet.

Følsomhed

Aktivitetsområdet formodes ikke at udgøre et vigtigt område for havpattedyr. Der er dog blevet observeret flere arter i området, som kan udvise ændret adfærd i forbindelse med intense støjpåvirkninger. Aktivitetsområdet udgør et vigtigt område for flere kommercielle fiskearter, men bl.a. ikke for sild.

Signifikansniveau

MINDRE: Generelt kan det konkluderes, at støjen fra produktionsplatforme, skibe, helikoptere og boreaktiviteter ikke vil medføre væsentlige påvirkninger på havpattedyr eller fiskebestande i området.

Seismiske undersøgelser kan forårsage fysiske skader på fisk, fiskeæg og fiskelarver i en afstand af få meter fra luftkanon, når denne affyres. Dette vurderes ikke at kunne påvirke fiskebestandene nævneværdigt, især når der tages højde for det begrænsede tidsrum, hvori der foretages seismiske undersøgelser.

Seismiske undersøgelser kan forårsage ændret adfærd hos havpattedyrarter i form af bl.a. undvigelse og kortere overfladetid mellem dyk. Ændringer i adfærdsmønstret har vist sig at være kortvarige. Der er ikke eksempler på, at seismiske undersøgelser har resulteret i fysisk skade eller skade på horelsen hos havpattedyr.

Nedramning af forankringspæle og primært ledeforingsrør kan have en kraftig, men kortvarig effekt på specielt marsvins adfærd. Tidligere studier har ikke påvist, at der sker en permanent langsigtet ændring i tætheden af marsvin inden for påvirkningsområdet.

Fisk forventes at trække væk fra boreriggen i forbindelse med nedramning af forankringspæle og primært ledeforingsrør. Der forventes dog ikke en langsigtet ændring i fiskebestanden i lokalområdet, da der er tale om kortvarige påvirkninger.

Både i forbindelse med seismiske undersøgelser og nedramning vil der blive anvendt soft-start procedurer.

7.5.3 Udledninger i forbindelse med trykprøvning af rørledninger

Koncentration/størrelse af udledningen/aktiviteten

Ved trykprøvningen og idriftsættelsen af rørledningerne vil mindre udledninger kunne forekomme. Havvand med tilsat korrosionsinhibitor og sporstof anvendes til trykprøvningen af rørene og vil blive udledt til havet. De anvendte mængder vil svare til rørledningens omfang (typisk nogle hundrede m³). Anvendelsen af korrosionsinhibitor og sporstof vil blive omhandlet som for andre rørledningsprojekter i forbindelse med ansøgningen om udledningstilladelsen til Miljøstyrelsen, både hvad angår koncentration og valg af produkt.

Fysisk/kemiske effekter

Trykprøvevandet vil være anoksisk og potentielt toksisk.

Biologiske effekter

I forbindelse med udledning af trykprøvevand kan der forekomme effekter på bundfauna og plankton i umiddelbar nærhed af udledningspunktet. Effekten vil være kortvarig og begrænse sig til et mindre område. Fisk forventes at fortrække fra områder, hvor iltindholdet i vandet er reduceret.

Sundhedseffekter; socioøkonomiske effekter

Ingen forventet.

Signifikansniveau

UBETYDELIG/MINDRE: Effekten på bundfauna og plankton vil være afhængig af størrelsen af udledningen, indholdet af kemikalier samt hastigheden for udledning. Påvirkninger er kortvarige og forventes kun i umiddelbar nærhed af udledningspunktet. Eventuelle påvirkninger på bundfauna og plankton vil ikke have betydning på populationsniveau eller have indflydelse på økosystemet i området. Eventuelle udledninger skal først godkendes hos Miljøstyrelsen.

7.5.4 Sikkerheds- og beskyttelseszoner

Koncentration/størrelse af udledningen/aktiviteten

Platformene giver anledning til en blokering af adgang til få km² havareal inden for installationernes sikkerhedszone (500 m radius). Inden for rørledningernes beskyttelseszone (200 m på hver side af rørledning) må der ikke kastes anker eller fiskes med trawl.

Visse rørledninger, for eksempel rørledningen fra Halfdan til Tyra Vest og Tyra Øst gasrørledningen til land, har relativt store diametre på henholdsvis 26" og 24". Disse rørledninger har derfor styrke til at modstå påvirkningen fra bomtrawlfiskeri, hvorfor der ikke er etableret fiskeforbud over dem.

De eksisterende anlæg tæller i dag 50 installationer med sikkerheds- og beskyttelses-zoner som i alt udgør et samlet areal på ca. 17 km². Dette er dog et meget konservativt estimat, da mange af installationerne er placeret tæt på hinanden, hvorved zonerne overlapper.

Det samlede areal af beskyttelseszoner forbundet med eksisterende rørledninger udgør ca. 250 km². Også her er der tale om et konservativt estimat, da flere rørledninger er placeret tæt på hinanden, hvorved zonerne overlapper.

Installeres en FSO, vil det være nødvendigt med en beskyttelseszone på omkring 5 km² for at sikre uhindret drift af FSO'en.

Sundhedseffekter; socioøkonomiske effekter

Andre retmæssige benyttere af havet (fiskere, skibsfarten) har ikke adgang til sikkerhedszonen omkring platforme. Effekten betragtes som ubetydelig i forhold til det samlede tilgængelige areal i Nordsøen. Forhåndsannoncering i søfartsefterretningerne, afmærkning på stedet og på søkort, og kontakt til/monitoring af fartøjer i nærheden af berørte områder begrænser generne til et minimum.

Følsomhed

Området udnyttes i mellemstor grad af fiskeriet. Skibsfarten i området er moderat med begrænsede sæsonmæssige udsving.

Biologiske effekter

Sikkerheds- og beskyttelseszonerne samt den mulige rev-effekt kan have en gavnlig indvirkning for økosystemet i området (Picken, 1989; Løkkeborg et al., 2002; Jørgensen et al., 2002; Whormersly & Picken, 2003).

Signifikansniveau

UBETYDELIG/GAVNLIG: Relativt lille område optages i form af beskyttelses-zoner. Da beskyttelseszonerne samtidig formodes at være gavnlig for fiskebestandene, vurderes de socioøkonomiske påvirkninger i værste fald at være ubetydelige.

7.5.5 Fysiske strukturer på havoverfladen

Koncentration/størrelse af udledningen/aktiviteten

Som nævnt i ovenstående eksisterer der pt. 50 Mærsk Olie og Gas AS opererede installationer af forskellig størrelse i den danske del af Nordsøen. Installationerne er flere steder forbundet til større komplekser som f.eks. på Gorm, Dan, Tyra og Halfdan felterne. De største af disse er op til 70 meter i højden og 300 meter i længden og er belyst om natten. Installationerne optager i alt et meget lille areal i Nordsøen. Eventuelle migrerende fugle i området vil kunne registrere installationerne både dag og nat.

På Tyra, Gorm, Dan, Halfdan og Harald er der installationer, hvor sikkerhedsbetinget afbrænding af gas forekommer (flaring). Afbrænding af gas sker i op til ca. 80 meters højde. Flammen fra flaren kan i perioder med klart vejr være synlig i flere kilometers afstand. Disse installationer kan under specielle forhold tiltrække fugle.

Sundhedseffekter; socioøkonomiske effekter

Ikke relevant.

Følsomhed

Der er ikke registreret væsentlige fugletrækruter i Aktivitetsområdet.

Biologiske effekter

Kollisioner med faste strukturer diskuteres ofte i relation til landfugletrækket i kystnære områder. Winkelman (1985, 1989, 1992) rapporterede daglige kollisionsfrekvenser med vindmøller i kystnære områder i Holland på mellem 0,04 og 0,09.

I forbindelse med anlæggelsen af vindmølleparken ved Horns Rev er bl.a. kollisionsrisikoen for trækkende fugle samt eventuelle ændringer i flyveruter blevet undersøgt. Der blev ikke observeret fugle som kolliderede med havvindmøllerne i den periode observationerne stod på. Undersøgelserne viste også, at flere af de vandfuglearter, der udnytter denne del af Nordsøen til fouragering, tilsyneladende undgik at opholde sig i området med havvindmøller. Med hensyn til trækkende landfugle viste tidligere undersøgelser, at de fugle som kom fra nord havde ændret kurs mere end 400 meter fra havvindmølleparken og passeret forbi i udkanten af denne. Senere undersøgelser viste ikke ændringer i flyveadfærd, hvilket kunne tyde på, at disse fugle havde tilpasset sig tilstedeværelsen af vindmølleparken. I området øst for havvindmølleparken blev der registreret tegn på ændret flyveadfærd mellem 300 og 1.000 meter fra denne, men observationen kunne ikke endelig bekræftes (Christensen & Hounisen, 2004).

Der findes ganske få beretninger om, at fugle er fløjet ind i flammen fra flaren. Disse observationer er dog yderst sjældne og er blevet foretaget i perioder med ekstreme vejrforhold med lavtryk og tågedannelser. Det kan ikke udelukkes, at enkelte fugle flyver ind i flaren, men antallet vil være ubetydeligt lavt i forhold til antallet af fugle som passerer området (Bourne, 1979).

Der findes også beretninger om at trækkende fugle cirkler omkring installationer med flare og kunstig belysning eller tager ophold på installationerne. Disse fugle vil muligvis dø som følge af afkræftning og sult. Beretningerne er få og ubekræftede, og der er sandsynligvis tale om fugle, som i forvejen er afkræftede eller desorienterede (Bourne, 1979).

Offshore installationer kan fungere som et tiltrængt hvilested for fugle, især småfugle, der er på træk over Nordsøen. Fuglene hviler sig som regel kun i et par timer, hvorefter de flyver videre. Der er dog eksempler på at fugle har opholdt sig på platformene i længere tid under hårdt vejr. I november 1993 opholdt der sig således omkring 3.000 småfugle på Maureenplatformen i den skotske del af Nordsøen i et par dage, mens en storm passerede (Friends of Scotland 2003).

Signifikansniveau

UBETYDELIG: Det kan ikke udelukkes, at der i perioder med ekstreme vejrforhold og dårlig sigt vil være enkelte fugle, som flyver ind i flaren eller tager ophold på de faste installationer. Frekvensen af sådanne vejrforhold er lav, og selv når de opstår, vil antallet af fugle, der påvirkes, være meget lille og uden betydning på populationsniveau.

Det kan heller ikke udelukkes, at trækkende fugle vil udvise ændret flyveadfærd, hvis de passerer forbi installationerne. Der findes ingen dokumentation for, at tilstedeværelsen af olie og gas installationer har en signifikant negativ påvirkning på trækken- de fuglebestande i Nordsøen. Endvidere har stor-skala radarundersøgelser i forbindelse

med de planlagte havvindmøller i den tyske sektor vist, at såvel land- som vandfugletrækket foregår over Nordsøen over en bred front og ikke koncentrerer langs bestemte ruter (Knust et al., 2003). Potentialet for massedød blandt trækkende landfugle (primært om natten) ved olie og gas installationerne vurderes derfor at være meget beskedent.

7.6 Oliespild

Koncentration/størrelse af udledningen/aktiviteten

Stort spild af råolie ("blow-out" eller lign.):

- Industrigennemsnit (bore- og indvindingsaktiviteter) frekvens: $0,69 \times 10^{-4}$ pr. brønd pr. år. Siden starten af olie- og gasindvinding fra Nordsøen, er der kun rapporteret ét stort oliespild i forbindelse med et "blow-out" i hele regionen (EKOFISK i 1982). Der er ikke hidtil rapporteret om større udslip i forbindelse med anvendelse af FSO noget sted. Sandsynligheden for et stort oliespild er derfor meget lille.

Småspild (diesel/andre olietyper):

- Forekommer hyppigere, men er oftest af et lille volumen og varighed. I 2009 blev der rapporteret 22 mindre spild fra Mærsk Olie og Gas aktiviteter i Nordsøen, hvilket udgjorde en samlet mængde på ca. 3 tons olie udledt til havet.

Fysisk/kemiske effekter

Afhænger af spildstørrelsen, olietypen, vejrforholdene. Råoliespild kan påvirke større havområder i en periode af dage-uger. Spild, som kontakter kysten, kan påvirke en længere kyststrækning i flere år afhængig af kysttype.

Dieselspild og spild af andre olietyper vil normalt påvirke et begrænset havområde i en kort periode (timer- dage), idet naturlig fordampning, opløsning og nedbrydning finder sted.

Biologiske effekter

Afhænger af spildstørrelsen, olietypen, vejrforholdene. Råoliespild forventes at have begrænsede effekter på marint liv (forgiftning af plankton og fisk, afsmag i fisk), mest i nærheden af spildstedet. Større skader (indsmøring af fjerdragt med hypotermi og døden til følge) kan forårsages på svømmende havfugle, som optræder talrigt i visse områder, f.eks. Skagerrak, i forbindelse med fjerskifte. Havpattedyr forventes ikke at blive påvirket direkte af et oliespild, idet en eventuel indsmøring ikke påvirker varmebalancen, som er betinget af spæklaget under huden. Indtagelse af kulbrinter i føden og indånding af flygtige kulbrinter er to mulige risici.

Biologiske effekter på olieramte kyststrækninger kan være alvorlige på kort og mellem-lang sigt, men forsvinder fuldstændigt på længere sigt (10 år).

Sundhedseffekter; socioøkonomiske effekter

Mulig effekt på fiskeri i det berørte område (risiko for afsmag i fisk med resulterende ringere afsætningsmuligheder for fangster fra området).

Olie på kysten påvirker turistindustrien negativt.

Følsomhed

Sårbare fuglekoncentrationer forekommer om efteråret og vinteren i områder nordøst, øst og nordvest for Aktivitetsområdet (se afsnit 6.2.7). Fiskeri foregår stort set året rundt.

Kyststrækninger er økonomisk mest sårbare op til og under feriesæsonen (sommerhalvåret).

Signifikansniveau

MODERAT/STØRRE: Effekter af mindre spild (under 100 tons) er begrænsede og lokale. Store spild (flere tusinde tons i flere døgn) kan berøre større dele af Nordsøen og muligvis nå kysten.

(Note: Denne aktivitet behandles nærmere i Kapitel 9.)

7.7 Sammenfatning af miljøpåvirkninger

Tabel 7.7.1 opsummerer signifikansniveauet af miljøpåvirkninger for aktiviteter, som er beskrevet i kapitel 7. Baggrunde for vurdering i signifikansniveauer er beskrevet i afsnit 7.1.1. For flere aktiviteter vil påvirkningsgraden være varierende afhængig af f.eks. mængden af udledninger og emissioner på en specifik lokalitet. Tabel 7.7.1 giver den realistisk værst tænkelige påvirkningsgrad, som de enkelte aktiviteter er blevet vurderet til. Aktiviteter, der vurderes “moderat”, “stor” eller “alvorlig” gennemgås mere indgående i Kapitel 8 og 9, hvor forebyggelsesmuligheder også præsenteres.

<i>Tabel 7.7.1: Oversigt over forventede miljøpåvirkninger og signifikans</i>									
Aktivitet	Påvirkningsområde								
	Menne- sker	Flora/ fauna	Hav- bund	Vand- søjlen	Atmos- færen	Fast- land	Mate- riale goder	Kul- tur- goder	Påvirkningsgrad
Boreaktiviteter									
Udledning af bore- mudder og borespå- ner		XX	XX	XX					Moderat
Udledning af ce- menteringskemika- lier		XX	XX	XX					Mindre
Efterladelse af ef- terforskningsbrønd			X						Ubetydelig
Stimulering og fær- diggørelse af brønd		XX							Mindre
Brøndtest				X	X				Ubetydelig
Produktionsaktivi- teter									
Produktion og be- handling af olie		XX	X	XX					Moderat
Produktion og be- handling af gas		XX	X	XX	X				Moderat
Vandinjektion		XX		XX					Mindre
Drænvand		XX		XX					Ubetydelig
Spildevand		XX		XX					Ubetydelig
Kraftfremstilling					X				Mindre
Fast affald						XX			Ubetydelig
Fysisk tilstedevæ- relse af installatio- ner									
Forstyrrelser af havbunden			XX						Mindre
Støj		XX							Mindre
Trykprøvning af rørledninger		XX	XX						Mindre
Forbudszoner	XX	X	X						Ubetydelig (Mennesker) /Gavnlig (hav- bund, flora og fauna)
Fysiske strukturer på havoverfladen		X							Mindre
Større oliespild	XX	XX		XX					Større
Signaturforklaring	XX = Effekt X = Mulig effekt								

De forventede miljøpåvirkninger, som er beskrevet i kapitel 7 samt i det efterfølgende kapitel 8, er baseret på en fremskrivning af de værst tænkelige udledningsscenarier for perioden 2011-2015. Som nævnt i afsnit 5.1 vil en vurdering af miljøpåvirkningerne efter udgangen af 2015 være behæftet med stor usikkerhed.

Produktionen kan blive både større eller mindre end forventet. Mulige fremtidige projekter, som ikke er identificeret for nærværende, kan ændre fremskrivningen. Ny teknologi, først og fremmest på reservoarsiden eller inden for brøndteknologi, men også på anlægssiden, kunne give anledning til ændringer i produktionen. Den fremtidige oliepris samt den fremtidige udvikling i omkostninger specielt for ændringer og nyanlæg kan være afgørende for, om projekter modnes.

Selvom produktionen således ikke kan fremskrives ud over 2015, er der dog disse generelle forventninger til udviklingen i produktionen. Af de i Afsnit 3.2 nævnte grundlæggende årsager forventes vandproduktionen at stige, medens olieproduktionen falder. Stigning i vandproduktion vil bl.a. medføre, at der formentlig anvendes flere kemikalier til at rense vandet for olie.

Gennem anvendelse af princippet om BAT og BEP samt anvendelse af anerkendte værktøjer til vurdering udledninger, såsom Environmental Impact Factor (EIF) modellen og pre-screening, vil Mærsk Olie og Gas AS fortsat søge at begrænse de omtalte påvirkninger. De mulige og forventede påvirkninger, som er beskrevet i denne VVM, formodes således at præsentere de værst tænkelige miljøpåvirkninger forbundet med de eksisterende anlæg også i tiden efter 2015.

8. BETYDNINGSFULDE MILJØPÅVIRKNINGER

I det foregående kapitel er der blevet identificeret aktiviteter, som kan resultere i moderate til store miljøpåvirkninger på mellemlang sigt (2-10 år). Disse aktiviteter skal derfor vurderes nærmere med henblik på muligheder for at reducere/forebygge miljøeffekterne:

- Udledning af boremudder og borespåner
- Behandling af produceret olie, gas og vand (udledning af produktionsvandet)
- Oliespild (behandles særskilt i kapitel 9)

Til sidst i dette kapitel følger en beskrivelse af de ovennævnte udledninger fra de enkelte felter samt evt. relaterede forventede påvirkninger i nærområdet og forebyggende foranstaltninger.

8.1 Udledning af borespåner og boremudder

8.1.1 Art og mængde af udledningerne

De totale udledte mængder af borespåner og boremudder pr. gennemsnitsbrønd vil være henholdsvis 1.140 m³ og 12.560 m³, når der anvendes vandbaseret boremudder. 90 % af den anvendte mængde af boremudder og hele den producerede mængde borespåner udledes.

De anvendte boremuddertyper er vandbaserede med forskellige opløste eller opslæmmede produkter til reguleringen af vægtfylde, pH, reologi og viskositet. I afsnit 4.5.1 beskrives den overordnede sammensætning af boremudderen. Mængderne af boremudder og borespåner i gennemsnit udledt pr. brønd er angivet i afsnit 4.5.1 og 4.5.2.

De anvendte kemikalier i boremudderen vurderes i henhold til Miljøstyrelsens gældende retningslinjer for at undgå toksiske, bioakkumulerende eller persistente produkter. Udledningerne finder sted i henhold til tilladelse fra Miljøstyrelsen, som godkendes art, mængde og sammensætning af de udledte væsker. Materialet udledes ved havoverfladen.

Materialet, der indgår med størst mængde i boremudder, når der ses bort fra tophulssektionen, er baryt, som er et naturligt forekommende, uopløseligt mineral med høj vægtfylde. Baryt, som er biologisk inaktivt, brydes i stenbrud i forskellige verdensdele og indeholder barium, men kan også indeholde varierende, men generelt meget små, koncentrationer af andre tungmetaller. Tungmetallerne er til stede i form af ikke-reaktive sulfider eller andre uopløselige salte og er påvist at være biologisk utilgængelige (Mærsk Olie og Gas, 1993c). Monitoringen omkring Mærsk Olie og Gas AS' installationer har påvist, at selvom en forøget bariumkoncentration kan spores i sedimenterne omkring borestedet, bliver andre tungmetalkoncentrationer ikke påvirket udover den stigning, som kan ventes i forbindelse med den øgede ler-/siltfraktion (NSOC-D, 1999), og i alle tilfælde ligger disse koncentrationer under det niveau, som giver effekter på bundfaunaen (DHI, 2008)

Baryt indgår ikke i 22" og 16" hulsektionerne, hvor borevæsken hovedsageligt består af vand og bentonitler.

Borespåner består af sand og sandsten, ler og lersten, eller kalk og kalksten afhængigt af, hvilken sektion de stammer fra. Olie kan forekomme på og i borespåner fra reservoirsektionen, som dels kan indeholde residual olie, dvs. olie som er bundet til porerummen i partiklerne, og dels kan være behæftet med boremudder anvendt i reservoirsektionen, som indeholder rester af reservoirolie.

8.1.2 Påvirkning af havmiljøet

Udledning af boremudder og borespåner kan forårsage tre slags påvirkning af miljøet:

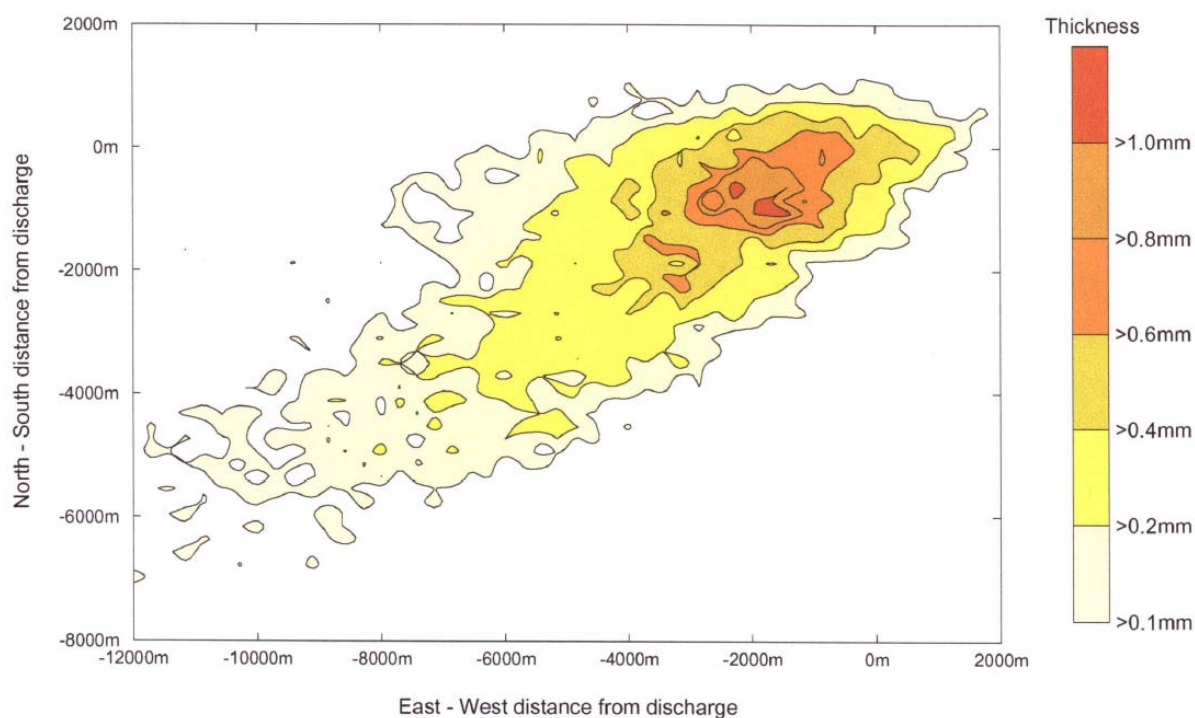
- "Kvælning" af havbundsorganismerne som følge af den fysiske overlejring med nyt materiale.
- Påvirkning af havbundssamfundet ved at forandre sedimentsammensætningen, idet visse dyr har markante præferencer til partikelstørrelsesfordeling, tilstedeværelse af organisk materiale, sedimentbelastningen i det overliggende vand, osv.
- Eventuel toksikologisk påvirkning forårsaget af kulbrinteindholdet i borespåner fra reservoirsektionen.

Det er derfor vigtigt at undersøge, hvordan de udledte materialer fra boreoperationerne forventes at fordele sig i miljøet.

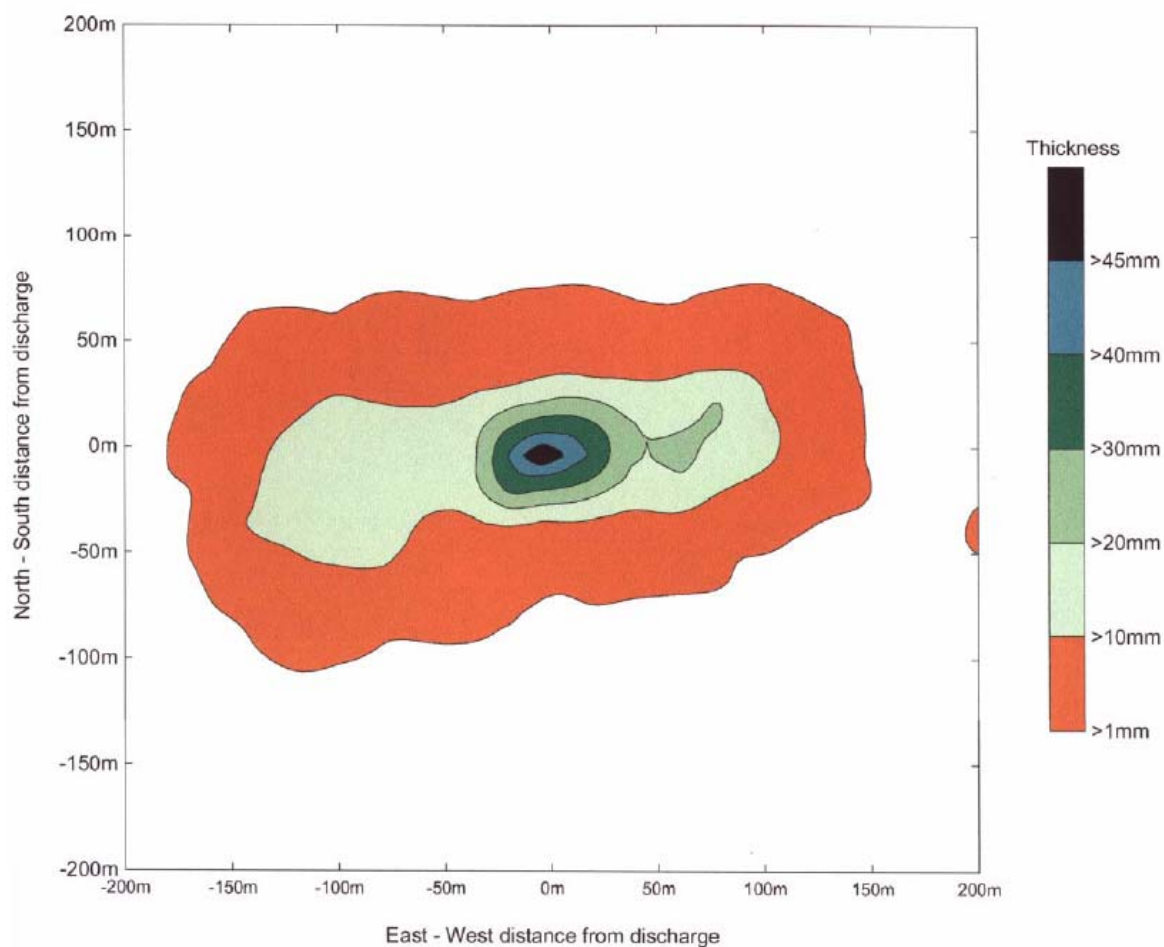
Der er foretaget modelberegninger af den forventede spredning af udledt boremudder og borespåner. Af de brønde, der omfattes af denne miljøvurdering, er der udvalgt en tænkt brønd, med udledninger i den øvre ende af de i tidligere afsnit nævnte udledningsmængder. Beregningerne er desuden baseret på en tid på året (sommer), hvor vandbevægelserne er små, og de gunstige effekter af vinden er ikke medtaget. Boretiden og dermed udledningsperioden er sat til 81 dage (Mærsk Olie og Gas AS, 2004a).

Modelberegninger er udtryk for en meget konservativ vurdering med maksimale udledninger/ udledningshastigheder, og minimal spredning af de udledte materialer. Der beregnes på grundlag af de faktiske vanddybder ved Dan feltet (43 m).

Beregningerne er foretaget med BMT Proteus, som er et kommercielt tilgængeligt modelsystem sponsoreret af olieselskaberne i den britiske del af Nordsøen sammen med de britiske miljø- og oliemyndigheder. Det bygger på et partikelsporingsprincip, hvor en udledning repræsenteres af et antal partikler, hvis spredning og skæbne følges trinvis igennem den beregnede tidsperiode. Partiklernes bevægelser beregnes fra kendte hydrodynamiske ligninger på grundlag af data trukket ud af en indbygget tidevands- og strømmodel for den pågældende position i Nordsøen og det pågældende tidspunkt. Den forventede fordeling af mudder og spåner er vist i hhv. Figur 8.1 og 8.2.



Figur 8.1 Modellering af sedimentation af udledt boremudder i forbindelse med boring af en fiktiv brønd ved Danfeltet



Figur 8.2 Modellering af sedimentation af udledte borespåner i forbindelse med boring af en fiktiv brønd ved Danfeltet

Figureerne viser den forventede øjeblikkelige aflejring af borespåner og mudder umiddelbart efter boreoperationens ophør. Når der ses bort fra aflejringen direkte omkring borehullet (se nedenfor), er der tale om et effektområde, der strækker sig i øst-vest retning, svarende til den fremherskende strømretning.

Den maksimale aflejring af borespåner er beregnet til 48 mm og modelleres i umiddelbar nærhed af boreriggen. En aflejring af borespåner på mere end 10 mm er modelleret i et område på ca. 80 x 200 m (16.000 m²). Inden for dette område kan der forventes en påvirkning af bundfaunaen bl.a. som følge af de fysiske ændringer i overfladesedimentet. En aflejring af denne størrelsesorden vurderes at være mindre betydningsfuld, især når der tages hensyn til de sedimenttransportprocesser, der i øvrigt foregår på havbunden i Aktivitetsområdet.

Boremudderet tegner sig for den mest udbredte aflejring, da partiklerne er væsentlig mindre end partikler fra udledningen af borespåner. Til gengæld er den akkumulerede aflejningsmængde væsentlig mindre. En aflejring på mere end 0,4 mm kan forventes i en afstand af op til 5 km fra udledningsstedet. Den øst-vestgående orientering er stadigvæk fremherskende, men med lidt større vægt mod sydøst.

Det beregnede aflejningsmønster på havbunden er udtryk for et øjebliksbillede, og en spredning og fordeling af de udledte materialer vil med tiden finde sted.

Havbundsundersøgelserne omkring Mærsk Olie og Gas AS' installationer bekræfter, at borespånerne ikke aflejres i en samlet bunke på havbunden men spredes, således at der kun kan påvises mindre forandringer i sedimentets beskaffenhed op til få hundrede meter fra udledningsstedet (NSOC-D, 1999; DHI, 2008).

På Kraka og Harald felterne har det været muligt at foretage havbundsundersøgelser umiddelbart inden feltudviklingen fandt sted, og derefter er felterne blevet fulgt med jævne mellemrum i overensstemmelse med retningslinjerne fastlagt af Miljøstyrelsen (Miljøstyrelsen, 1988).

Ændringerne i sedimentets beskaffenhed er relativt begrænsede. En mindre forøgelse af ler-/siltfraktionen og tungmetalkoncentrationer er konstateret tæt på platformene. Det organiske indhold (kulstofindhold målt som glødetab) steg også tæt på platformene; forøgelsen svarer til knap en tredobling af baggrundsværdien (NSOC-D, 1999). Ændringerne i disse 3 parametre hænger sandsynligvis sammen, idet tungmetalkoncentrationer i sedimenter typisk er knyttet til finpartikel-fraktionen og den organiske fraktion (North Sea Task Force/OSPAR and ICES, 1993).

Den totale kulbrintekonzentration øges markant, først og fremmest når boring foretages med oliebaseret boremudder, hvilke var tilfældet på Kraka i første fase af udbygningen i 1989. Senere undersøgelser har vist et hurtigt fald i kulbrintekonzentrationerne, og ved Kraka viste undersøgelserne, at koncentrationerne var i nærheden af baggrundsniveauet ca. 21 måneder efter den seneste boring.

I områder, hvor der foretages flere boringer over en kortere periode, vil der i områder mindre end 500 m fra udledningspunktet kunne måles kulbrintekonzentration i sedimentet på mere end 100 milligram totalkulbrinter pr. kilogram tørt sediment (Mærsk Olie og Gas AS, Biological and Chemical Monitoring, 1989-2002; DHI 2008).

Det naturlige niveau af kulbrinter er normalt under 5 milligram totalkulbrinter pr. kilogram tørt sediment. Heraf tegner polyaromatiske kulbrinter sig for 40 - 200 mikrogram pr. kilogram tørt sediment (NSOC-D, 1999; Mærsk Olie og Gas AS, Biological and Chemical Monitoring, 1989-2002).

Barium er som tidligere nævnt et biologisk inaktivt tungmetal, som indgår i baryt og kan betragtes som et sporstof for boreaktiviteter. Barium forekommer i lave koncentrationer i upåvirkede områder og udledes i relativt store mængder i forbindelse med boreoperationer. Koncentration af barium er blevet målt til at være op til 500 gange højere end baggrundsniveauet umiddelbart efter boringerne. Ved Kraka konstateredes et fald til max. 30 gange baggrundsniveauet i løbet af 3 år uden boreaktivitet (1993 - 1996). I 2002, efter 5 år uden boreaktivitet, var koncentrationen af barium på niveau med målingerne i 1996.

Bundfauna

Udledning af borespåner og boremudder påvirker bundfaunaen omkring udledningsstedet. Der ses hyppigt et fald i individtæthed, artsrigdom og biomasse.

I perioden 1989 - 2009 har Mærsk Olie og Gas AS gennemført 25 monitoringsrunder omkring i alt otte platforme i Nordsøen (Harald, Valdemar, Tyra Øst, Gorm, Halfdan, Dan F og Kraka (se referencer i tabel 6-1)

Multivariabel statistisk analyse (Cluster-analyse, Faktoranalyse og Flerdimensional Similaritetsanalyse) af alle disse data har påvist tilstedeværelsen af et påvirket bunddyrssamfund ved 100 m stationerne og enkelte 250 m stationer. Ved disse stationer er hyppighed og biomasse nedsat i forhold til et let påvirket område ved flere 250 og 750 m stationer. Påvirkningerne strækker sig længst i den dominerende strømretning, øst-vest. Et "upåvirket" samfund, hvor hyppighed, artsrigdom og biomasse er sammenlignelig med forholdene på referencestationerne, optræder allerede i en afstand af 250 m fra udledningsstedet i visse retninger. Analyse af data fra samtlige danske operatører viser det samme (NSOC-D, 1999).

Visse dyrearter, især slangestjerner, synes at være meget følsomme over for påvirkning af sedimentet af udledninger fra boreplatforme. I litteraturen er denne følsomhed blevet forklaret som en følsomhed over for forekomst af kulbrinter i sedimenterne baseret på undersøgelser i den hollandske del af Nordsøen, hvor der var udledt olieforurenede borespåner. I Mærsk Olie og Gas AS' undersøgelser kan denne årsagssammenhæng ikke direkte bekræftes, først og fremmest fordi oliekoncentrationerne er aftaget markant siden man har ophørt med at bruge oliebaseret mudder i 1990. I undersøgelser foretaget af Mærsk Olie og Gas AS for perioden 1989- 2006 observeres der ganske vist typisk en reduktion i slangestjernebiomassen i sedimenter, hvor kulbrintekonzentrationen var over 10 mg/kg, men samtidig kunne man i nærliggende områder, hvor der blev målt en lav kulbrintekonzentration, også observere en lav slangestjernebiomasse (NSOC-D, 1999; Mærsk Olie og Gas AS, Biological and Chemical Monitoring, 1989-2006) og i den seneste monitoringsrunde i 2009 faldt forekomsten af slangestjerner drastisk på alle stationer omkring Gorm, Dan, Tyra øst og Valdemar. Årsagen til disse nedgange kan ikke umiddelbart forklares. Der er tilsyneladende ikke tale om en effekt af udledninger fra platformene, idet der ikke var nogen sammenhæng mellem nedgang i forekomsten af slangestjerner og afstanden til platformene. Selv på reference stationerne i op til 10 km fra platformene observeredes ingen eller meget få in-

divider (Mærsk Olie og Gas AS 2009a, Mærsk Olie og Gas AS 2009b, Mærsk Olie og Gas AS 2009c, Mærsk Olie og Gas AS 2009d)

I sedimenter med forhøjede koncentrationer af barium (mere end 1.000 mg/kg tørt sediment) observeres der ligeledes typisk en reduktion i slangestjernebiomassen, men heller ikke koncentrationen af barium korrelerer signifikant med de observerede påvirkninger hos slangestjerner. Man må således konstatere, at høje koncentrationer af kulbrinter og barium afspejler typisk, at der har været en forhøjet boreaktivitet, og at den resulterende sedimentaflejring, ændring i sedimentstruktur, samt mulig toksicitet forbundet med høje kulbrintekoncentrationer og lavt iltindhold, kan medføre en påvirkning af bundfaunaen især hos følsomme arter som slangestjerner.

Den overordnede konklusion fra undersøgelserne er, at der tæt ved installationen sker en vis negativ påvirkning af havbundssamfundets biomasse og individhyppighed. Påvirkningsområdets udstrækning vil afhænge af antallet af borede brønde i de enkelte områder. Effekterne aftager over 2 - 10 år efter boreaktiviteternes ophør, efterhånden som der sker en naturlig omarbejdning af sedimenterne.

Fisk

Klynsøyr et al., 2003 undersøgte koncentrationen af udvalgte kontaminanter i fisk fra Tampen og Sleipner felterne i Norge. Undersøgelsen viste at kuller der blev fanget i nærheden af produktionsplatforme og som søger føde i havbunden, havde et signifikant højere antal af PAH-skabte abductorer på DNA fra leveren. Abductorer på DNA fungerer som biomarkører, dvs. de antyder om fisken har været udsat for høje koncentrationer af visse kontaminanter. De afspejler ikke nødvendigvis en reel påvirkning på fisken, men kan indikere en øget risiko for mutagene effekter. Undersøgelsen kunne ikke afgøre, om de PAH-skabte abductorer på DNA fra leveren skyldtes en forhøjet koncentration af PAH i området som følge af udledninger af produktionsvand, udledninger fra boreaktiviteter eller en helt tredje kilde. Hos de samme fisk blev der dog ikke observeret et forhøjet indhold af PAH i væv fra lever eller muskler. Det er derfor muligt, at der hos fisk, som igennem længere tid søger føde i havbunden omkring platforme hvor der er forhøjede koncentrationer af kulbrinter og PAH i sedimentet, vil kunne observeres tegn på dette. Der er observeret forhøjede koncentrationer, dvs. en forøgelse på mere end hundrede gange den naturlige baggrundsværdi, af kulbrinter få hundrede meter væk fra områder, hvor der har været intens boreaktivitet. De samme undersøgelser har dog også vist, at koncentrationen af kulbrinter i sedimentet reduceres væsentligt efter boreaktiviteternes ophør. Påvirkningen på fiskebestande i området forventes derfor at være ubetydelig.

Forebyggende foranstaltninger

Efter Miljøstyrelsens retningslinjer ansøges der om tilladelse til at udlede de materialer, der anvendes i boringen, med angivelse af såvel anvendte som forventede udledte mængder af borespåner, boremudder og samtlige produkter, der indgår i muddret.

I overensstemmelse med miljømyndighedernes retningslinjer gennemføres en vurdering og udvælgelse af de kemikalier, der anvendes i boremuddret. Størstedelen af de anvendte materialer i de her anvendte muddertyper er opført på den såkaldte PLONOR Liste, omfattende stoffer, der af OSPAR vurderes at udgøre ingen eller en meget lille risiko for miljøet.

Efter aftale med Miljøstyrelsen evalueres alle øvrige produkter, der påtænkes anvendt i offshore operationer, efter fastlagte retningslinjer. Problematiske produkter søges erstattet med mindre problematiske.

Der benyttes altid de mindst mulige mængder af kemikalier i forbindelse med boreoperationer.

Bortskaffelse af borespåner, der stammer fra boring med vandbaseret boremudder, udledes til havet hvilket betragtes som den for tiden bedste løsning. Alternativerne som kun anvendes, hvor der bores med oliebaseret mudder, er:

- Injektion af formalede borespåner enten i en disponibel brønd på samme sted, eller i porøse sektioner bag ved foringsrøret i den aktuelle brønd. Denne operation, når den er teknisk mulig, vil være omkostningsfuld og energikrævende.
- Transport af borespåner til land. Transporten til havs og på landjorden er energikrævende og trafikskabende, og deponeringen på landjorden forudsætter, at den nødvendige kapacitet kan afses til formålet.

Anvendelse af vandbaseret boremudder forebygger de kendte miljøskader forbundet med anvendelsen af oliebaseret mudder. I den danske sektor blev oliebaseret mudder benyttet i perioden 1982-1990, fordi det på det tidspunkt blev betragtet som en nødvendighed for at kunne gennembore de vand-reaktive tertiære lerstenslag (12" sektionen) sikkerhedsmæssigt forsvarligt. Udledning af borespåner behæftet med oliebaseret mudder førte til væsentlige, negative påvirkninger af havbundsmiljøet omkring udledningsstedet (Miljøstyrelsen, 1991).

Som en af de første operatører i Nordsøen afviklede Mærsk Olie og Gas AS i 1990 udledningen af oliebaseret mudder i sine boreoperationer.

Siden 1990 har det kun for enkelte brøndes vedkommende (f. eks. Valdemar 5) været nødvendigt at gennembore Nedre Kridt – Jura lersektionerne under anvendelse af et syntetisk, nedbrydeligt olieprodukt som væskefase. I den forbindelse blev det anvendte boremudder ikke udledt til havet, men transporteret til land til videre behandling, genanvendelse og sikker deponering af restprodukter.

For alle brøndene omfattet af denne miljøvurdering er det planlagt at anvende vandbaseret boremudder.

8.2 Udledning af produktionsvand

Disse udledninger finder sted fra produktionsinstallationerne i forbindelse med den løbende produktion af olie og gas.

Rammen for olie- og gasproduktion og -eksport er nævnt i afsnit 5.1 og vist på figur 5.2. Nye brønde etableres for at øge olieindvindingen og for at kunne opretholde de aftalte gasleverancer.

I forbindelse med den fortsatte produktion fra felterne producerer brøndene en stigende mængde vand (se produktionsrammen som vist på figur 5.3).

Da vandproduktionen forventes at stige væsentligt, vil det derfor være nødvendigt løbende at udvide kapaciteten til vandbehandling.

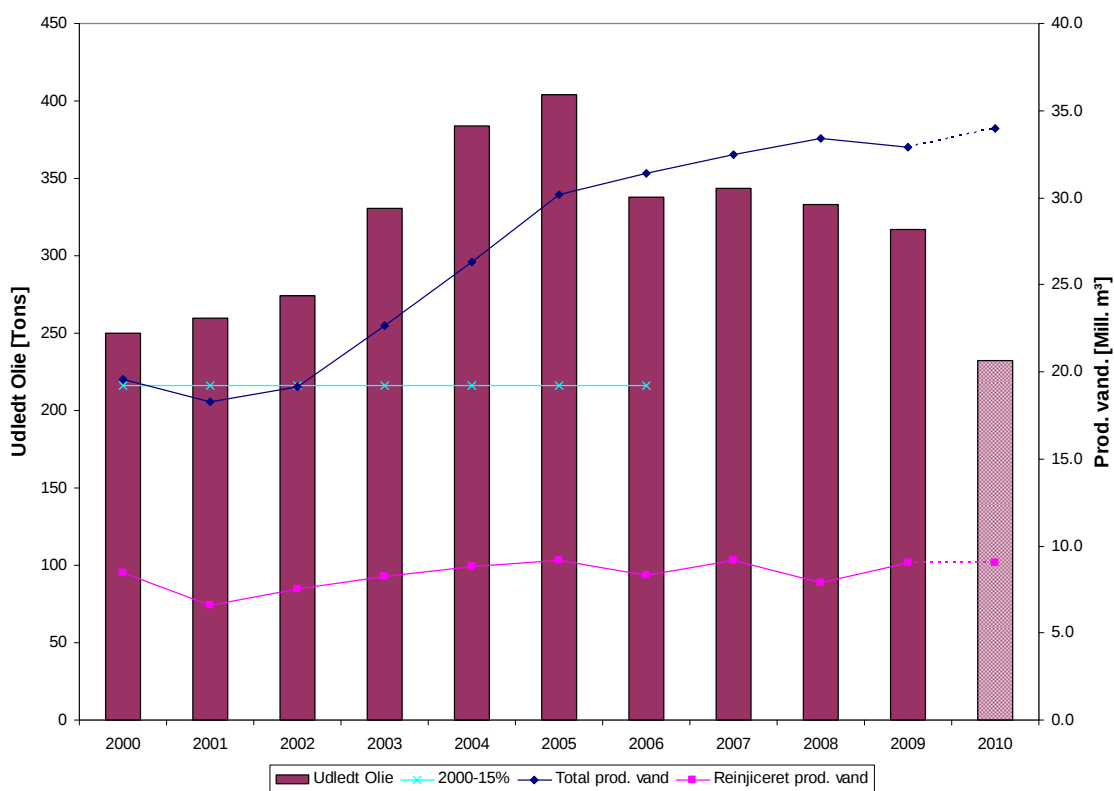
8.2.1 Art og mængde af udledningerne

Mængde

De nuværende og forventede fremtidige maksimale mængder af produktionsvand fremgår af figurerne 5.6 til 5.10 samt af bemærkningerne i afsnit 5.1. Den *nuværende* produktion svarer til den forventede mængde af produktionsvand i 2010. Den *maksimale fremtidige* forventede udledning svarer til den højeste forventede produktion af vand fra reservoirerne ved udgangen af 2015.

For tiden udledes behandlet produktionsvand på Dan F, Halfdan, Gorm og Tyra (Øst og Vest) og Harald. På Gorm injiceres det producerede vand, og der udledes derfor kun produktionsvand under procesforstyrrelse (ca. 5 % af det samlede volumen i 2010). Som nævnt i afsnit 5.1 er det dog muligt, at den nuværende reinjektion af det producerede vand i Gorm-brøndene ikke kan opretholdes, og som worst case antages derfor, at alt producerede vand fra Gorm med tiden må udledes til havet.

Som vist i Figur 5.5 er vandproduktionen tidligere steget stærkt og forventes at stige yderligere som illustreret Figur 8.1 nedenfor.

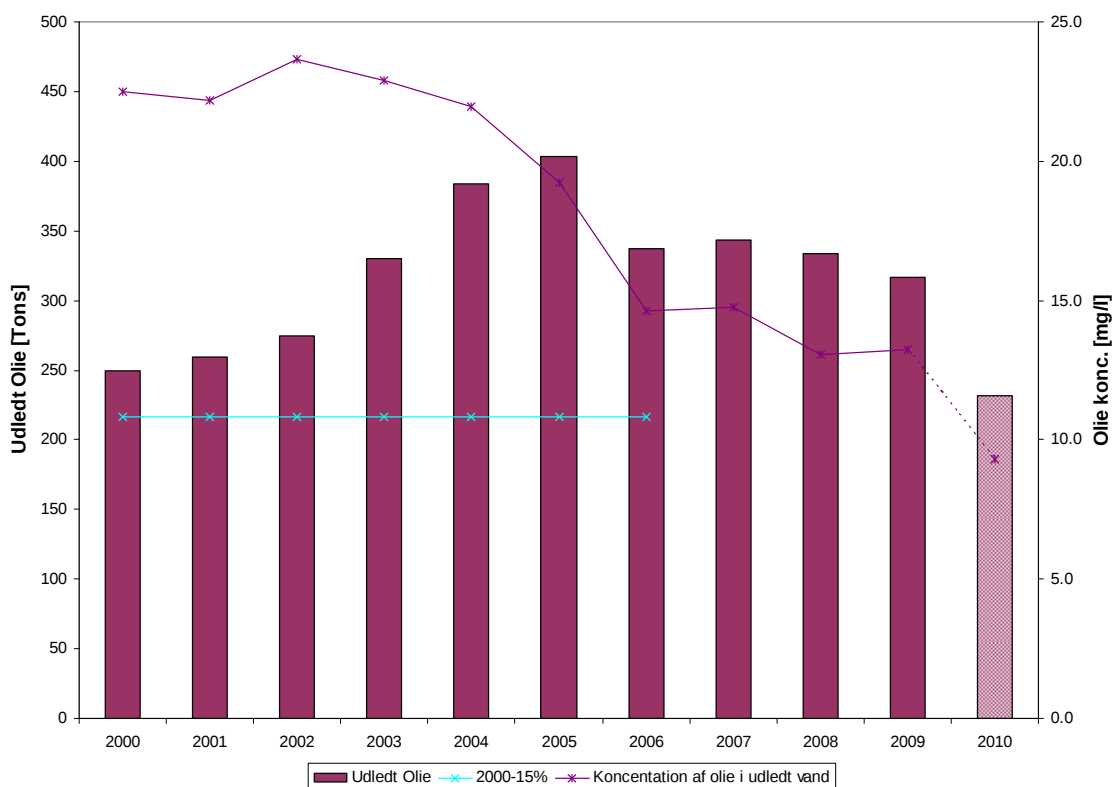


Figur 8.1 Mængde af olie udledt med det producerede vand i hele den danske sektor

Den større mængde produceret vand (PW) vil alt andet lige føre til en større udledning af olie, således som man også kan se på figur 8.1 frem til omkring 2005. Fra dette

tidspunkt følger de to kurver ikke længere hinanden, idet tiltagene for yderligere oprensning af det producerede vand er begyndt at vise deres effekt i form af et vist fald i de samlede udledte mængder.

Dette forhold fremgår tydeligere af Figur 8.2:



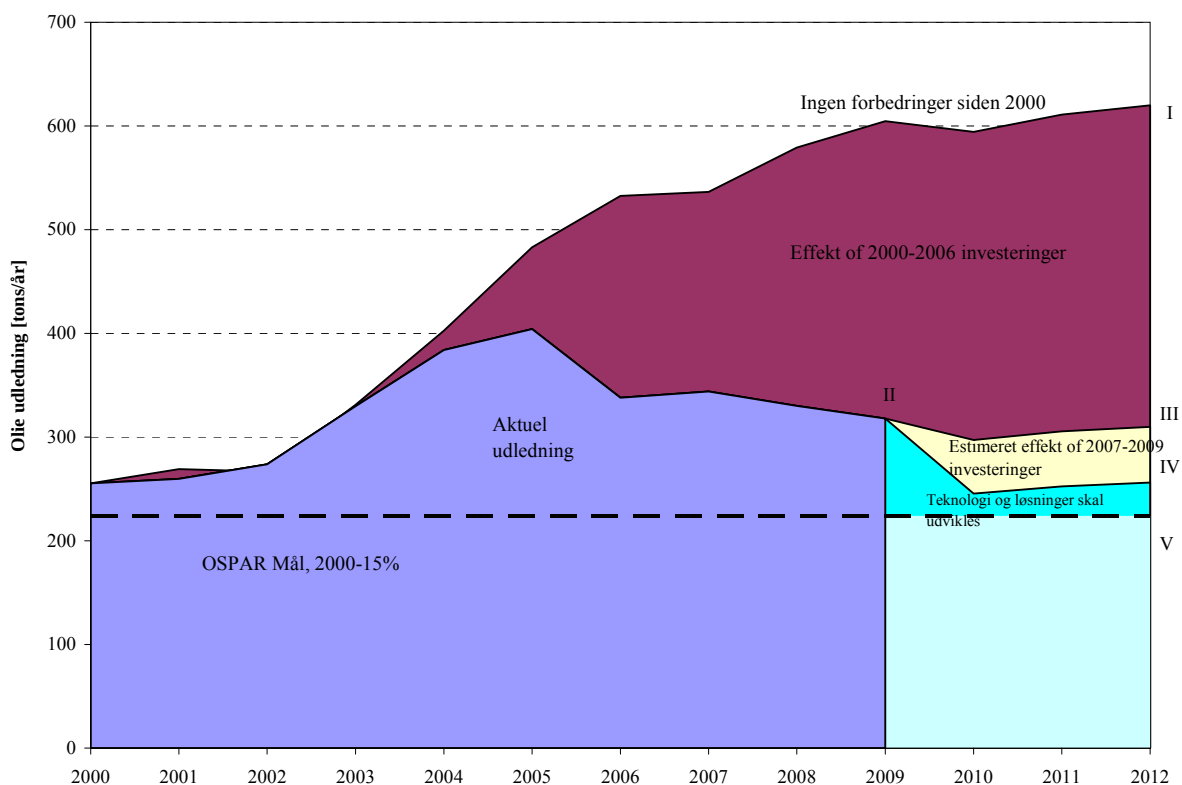
Figur 8.2 Mængde af olie udledt med det producerede vand samt koncentration af dispergeret olie i vandet.

Som det også fremgår af Figur 8.2, er OSPAR's mål om en 15 % reduktion i forhold til 2000 niveauet ikke nået endnu. Det er nødvendigt med yderligere tiltag, hvilket den efterfølgende beskrivelse handler om.

Figur 8.3 nedenfor viser, såfremt ekstra tiltag for at reducere oliekoncentrationen ikke var implementeret, ville udledningen af olie til havet have fulgt den øverste kurve. Det mørkeblå område viser effekten af tiltag for at mindske oliekoncentrationen i det producerede vand fra før 2000, og det røde område viser effekten af investeringerne i perioden 2000 til 2006. Endelig viser det gule område den forventede effekt af investeringerne fra 2006 til 2009.

Der er således allerede opnået signifikante resultater for at reducere koncentrationen af olie i det producerede vand, men der skal stadig implementeres yderligere tiltag for at nå OSPAR's målsætning. Figuren i afsnit 8.3 antyder, at det årlige fald i oliekoncentrationen er ved at flade ud. Det skyldes, at der endnu ikke er udviklet tilstrækkelige metoder til at komme væsentligt længere ned. Det ser således ud som om, at målet kun kan nås gennem en forøgelse af den mængde produceret vand, som reinjiceres i felter-

ne. Dette område får derfor megen opmærksomhed, som det også fremgår af beskrivelsen nedenfor.



Figur 8.3 Mængde af olie udledt med det producerede vand samt effekt af investeringer.

Sammensætning

Sammensætningen af produktionsvand er meget afhængig af reservoirforholdene og kan variere betydeligt afhængigt af lokale reservoirforhold. I produktionsvand fra felterne i Nordsøen er følgende naturligt forekommende indholdsstoffer fra reservoiret blevet identificeret:

Salte, bl.a.:

- natrium
- kalium
- magnesium
- kalcium
- barium
- klor
- sulfat
- karbonat

Olie, både dispergeret og opløst:

- dispergeret olie
- monocykliske aromatiske kulbrinter (BTEX)
- polycykliske aromatiske kulbrinter (PAH + NPD)

Andre organiske komponenter fra reservoiret (olienedbrydningsprodukter):

- fenoler
- alkylfenoler
- kresoler
- organiske syrer

Opløste uorganiske stoffer fra reservoiret bl.a. tungmetaller:

- arsen
- cadmium
- krom
- kobber
- kviksølv
- nikkel
- bly
- zink

Kemikalieprodukter, der tilføjes systemet og kan forekomme i produktionsvandet, har til formål at:

- beskytte anlægget og brønde mod korrosion (f.eks. korrosionsinhibitorer, "scale"-inhibitorer, biocider)
- opretholde produktionen (vandinjektionskemikalier)
- forbedre adskillelsen af olie og vand ("emulsionsbryder", "polisher", "water clarifier") bl.a. i forbindelse med rensning af produktionsvandet
- fjerne H₂S fra produceret gas (H₂S-scavenger)
- forebygge skumdannelse, hydratdannelse m.v. (skumdæmpere, hydrat-inhibitorer)

En detaljeret præsentation af de kemikalier, der typisk anvendes i produktionsoperationer i Nordsøen, findes i Neff (2002). Hvilke kemikalier der anvendes og doseringen af disse er meget feltspecifik og kan variere afhængigt af, hvilke brønde som er koblet til produktionen. Mængderne, der anvendes, begrænses til det mindst mulige, der opnår den krævede virkning.

8.2.2 Påvirkning af havmiljøet

Som nævnt i afsnit 7.3 er der kun i ganske få tilfælde verden over blevet konstateret miljømæssige effekter på grund af produktionsvandudledninger. Observerede påvirkninger er forekommet i områder med følgende forhold:

- begrænset vandudskiftning/lav vanddybde/kystnær beliggenhed

- høje vandtemperaturer med sænkede iltkoncentrationer
- følsomme fastvoksende organismer (koraller, muslingebanker)

Sådanne situationer findes ikke i Aktivitetsområdet, som er karakteriseret af en relativt stor vanddybde (>40 meter), god vandudskiftning og iltmættet vand. Direkte oven på havbunden findes kun et begrænset dyreliv, men mange organismer lever nedgravet i de øverste centimeter af sedimentet.

Produktionsvand fra olie- og gasinstallationer har i laboratorieforsøg vist sig at have en akut toksisk virkning på marineorganismer. Der er blevet målt EC50-værdier for alger, dvs. den koncentration hvor produktiviteten reduceres med 50 %, og LC50-værdier for krebsdyr, dvs. den koncentration hvor halvdelen af forsøgsdyrene dør i forsøgsperioden. Undersøgelserne udføres over en periode på henholdsvis 48 og 72 timer. Med de anvendte testmetoder er der fundet akutte LC50-værdier for produceret vand ved fortyndinger på mellem 1 til over 100 mg/l og tilsvarende EC50-værdier ved fortyndinger mellem 3 til over 80 mg/l (Mærsk Olie og Gas AS, 2005). Samme undersøgelser konkluderer, at den laveste fortynding af produceret vand, hvor der ikke forventes at være akut toksisk effekt (NOEC, No Observed Effect Concentration), ligger mellem 0,1 mg/l og over 100 mg/l for alger. Disse resultater antyder, at de eksisterende udledninger af produktionsvand skal fortyndes mellem 10 og 10.000 gange for at nå en koncentration, hvor der ikke forventes akutte toksiske effekter. Toksiciteten af det producerede vand bestemmes bl.a. af indholdet af dispergeret olie, BTEX, PAH og restprodukter fra anvendte kemikalier. Målinger for specifikke udledningspunkter er beskrevet i afsnit 8.3.

Udledning af miljøfremmede stoffer, som er persistente eller bioakkumulerende, vil i princippet bidrage til at hæve det generelle baggrundsniveau for de pågældende stoffer, men grundet de relativt små mængder forventes dette ikke at kunne måles i praksis. Eksempelvis viser undersøgelserne omkring Gorm, at indholdet af polyaromatiske kulbrinter (PAH) i sedimentet er på niveau med indholdet målt ved undersøgelsesreferencestationer, som ligger i 10-20 km's afstand fra installationerne og langt fra andre konstaterede forureningskilder (Mærsk Olie og Gas, 2009a). Alle målinger fra monitoringsundersøgelserne fra 1998 til 2009 viser, at indholdet af PAH ligger langt under værdien 0,3 mg/kg. Sediment med PAH koncentrationer over denne værdi karakteriseres som ikke-signifikant eller lavt kontamineret (Mærsk Olie og Gas, 2009a-d).

Der blev i 2001 indsamlet muslingeprøver fra Tyra Vest platformsben A1 og B2 i en dybde på 14 meter. Målingerne af tungmetaller og miljøfremmede stoffer i muslinger fra Tyra Vest antyder, at det er usandsynligt, at koncentrationen af tungmetaller og aromater/PAH'er i vandfasen vil forårsage væsentlige miljøpåvirkninger. Den samlede målte koncentration af aromater/PAH i muslinger fra Tyra Vest er generelt en faktor 10 lavere end målinger foretaget på muslinger fra indre danske farvande i 2001. Målinger af kviksølv, cadmium, kobber, zink og nikkel i muslinger fra indre danske farvande lå generelt væsentligt (faktor 3 eller mere) over koncentrationerne målt i muslingerne på Tyra Vest.

Det konkluderes derfor, at den vigtigste miljøpåvirkning fra udledningen af produceret vand fra Mærsk Olie og Gas AS' produktionscentre i Nordsøen er en toksisk påvirkning af organismer i vandsøjlen, som ikke kan flytte sig fra udledningsområdet. Fisk og andre fritsvømmende dyr vil ikke blive påvirket, idet de er i stand til at flytte sig

bort fra udledningsfanen. Feltundersøgelser i Norge har således ikke fundet tegn på signifikante påvirkninger af fisk i forbindelse udledning af produceret vand. Planktoniske organismer påvirkes i den udstrækning, de driver ind i udledningsfanen, og effekten vil variere afhængig af opholdstiden i fanen og koncentrationen af toksiske komponenter.

Påvirkningens omfang for de enkelte udledningspunkter vil således hovedsageligt være afhængigt af:

- mængden af udledt produktionsvand
- produktionsvandets fysisk/kemiske sammensætning (temperatur, salinitet, indhold af naturlige og tilsatte komponenter)
- produktionsvandets toksicitet
- hydrologiske forhold (dybde, strøm, lagdeling i vandsøjlen)
- følsomheden i det omgivende miljø

En vurdering af eventuelle potentielle påvirkninger for de enkelte udledningspunkter er beskrevet i afsnit 8.3

8.2.3 Forebyggende tiltag

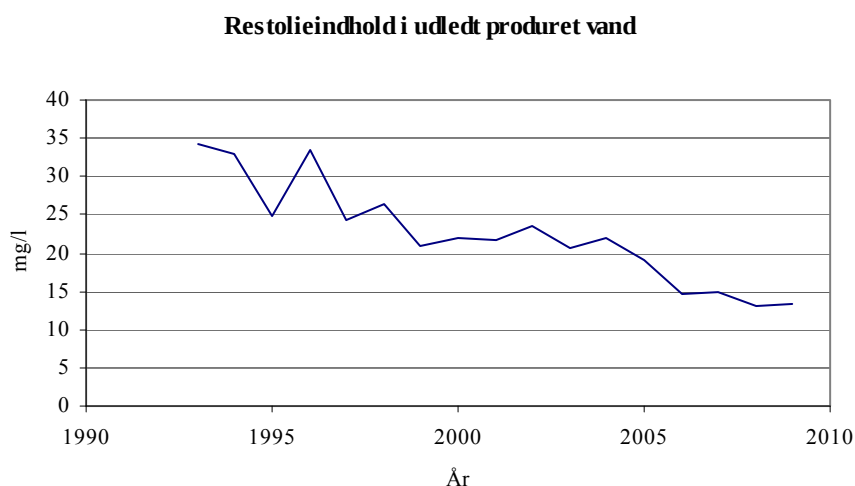
Mærsk Olie og Gas AS's strategi for at mindske risikoen for påvirkningen på miljøet i forbindelse med udledning af produktionsvand følger den i Kapitel 10 beskrevne fremgangsmåde.

Mærsk Olie og Gas AS har en målsætningen om at sikre havmiljøet bedst muligt mod skadelige påvirkninger. Denne målsætning efterfølges ved at anvende principperne om BAT og BEP samt vurdere udledningerne holistisk. Udledningerne analyseres og vurderes, således at den samlede miljømæssige påvirkning kan fastlægges med henblik på at identificere og prioritere de mest effektive praktisk mulige tiltag, som medfører den bedst mulige miljømæssige forbedring. Indsatsen for at sikre miljøforbedringer kan således koncentreres, hvor der opnås bedst mulige resultater.

Olie i produceret vand

Mærsk Olie og Gas AS har igennem en lang årrække arbejdet med at forbedre behandlingen af produktionsvand og mindske udledningen af restolie med produktionsvand til havet. I denne redegørelse præsenteres de seneste års arbejde og konklusioner. Mærsk Olie og Gas AS' tidligere arbejde med at definere den optimale behandling af produktionsvand er gennemgået i VVM 1999, VVM 2001 og VVM2005.

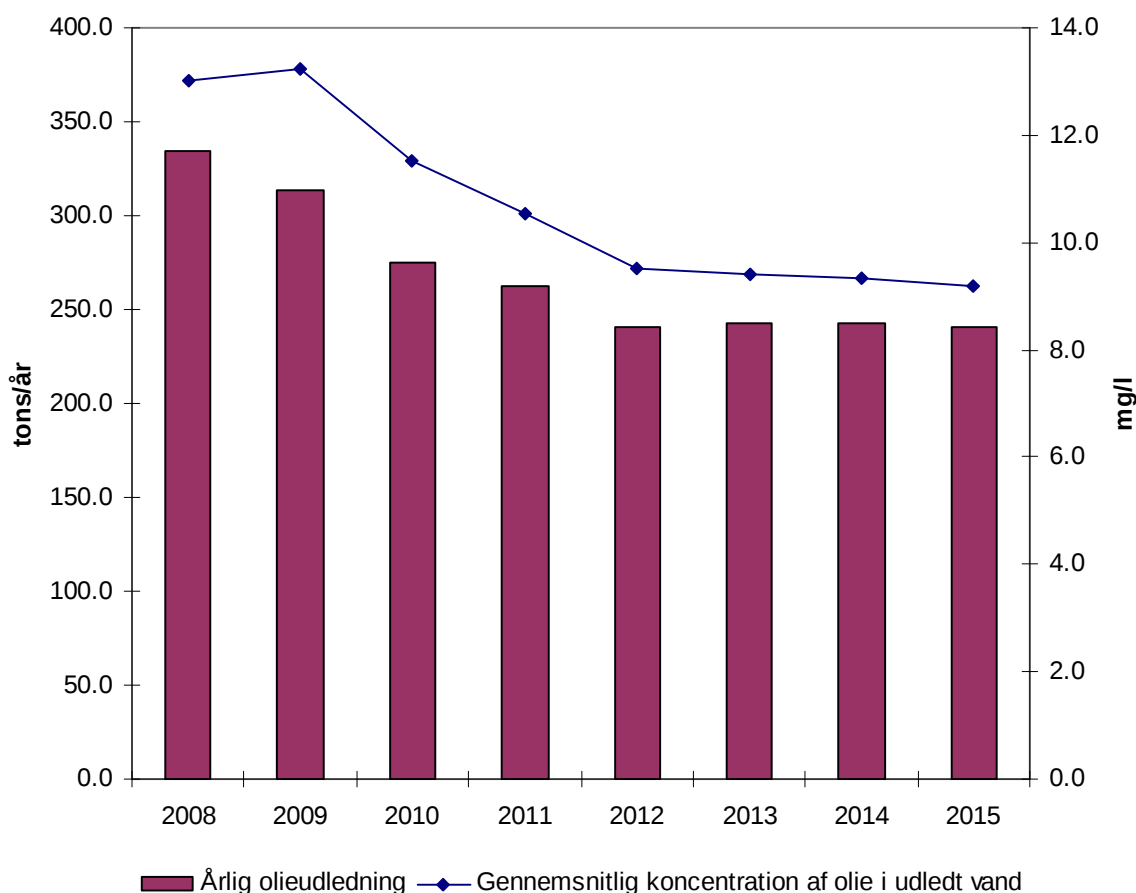
Gennem de seneste år er restindholdet af dispergerede oliepartikler i det udledte vand blevet reduceret betydeligt som følge af det omfattende arbejde med at forbedre behandlingen af det producerede vand. Resultatet af denne indsats fremgår af Figur 8.4.



Figur 8.4 Restolieindhold i udledt produceret vand.

Figuren viser, at det gennemsnitlige restolieindholdet er faldet fra knap 35 mg/liter til lidt over 20 mg/liter over en 10 års periode fra starten af 1990'erne og yderligere i de seneste år ned til lige over 10 mg/liter. Det har således vist sig muligt at opfylde OSPAR's krav om, at udledningen af produktionsvand fra udgangen af 2006 maksimalt må indeholde 30 mg/l dispergeret olie.

Som det fremgår af det efterfølgende er der en lang række initiativer i gang for at reducere udledningen af dispergeret olie. Effekten af disse tiltag er vanskelig at kvantificere og er derfor ikke inkluderet i nedenstående Figur 8.5 som viser en prognose for udledning af dispergeret olie til havet. Koncentration af dispergeret olie forventes at falde til under 10 mg/l, mens opnåelse af OSPAR's målsætning om en total udledning svarende til niveauet i 2000 minus 15%, højst sandsynligt kun vil opnås såfremt det lykkes at re-injicere en større andel af det producerede vand i undergrunden.



Figur 8.5 Prognose for udledning af dispergeret olie til havet.

Olie er normalt upolær og dermed næsten uopløselig i vand. Den suspenderede restolie i produktionsvandet består af oliefraktioner (alifater), som antages at være uopløselige i vand. Enkelte oliekomponenter som polycykliske aromatiske kulbrinteforbindelser (PAH), benzen, toluen, ætylbenzen og xylen (BTEX), naftalen, alkylfenoler og fenoler er polære og derfor delvis opløselige i vand. Disse komponenter antages for opløst i vand. Indholdet af opløselige oliekomponenter i produktionsvandet afhænger derfor af koncentrationen af disse komponenter i den producerede olie. For de olieproducerende felter synes indholdet af opløselig olie at være meget beskedent (normalt væsentligt under 10 mg pr. liter vand). For enkelte felter er indholdet dog højere og specielt for gasproducerende felter kan indholdet af opløst olie være i størrelsesorden 20 mg pr. liter vand.

En nyere undersøgelse (Faksness et al., 2004) for en række norske platforme (Statfjord B, Jotun A, Troll B) viste, at indholdet af komponenter i produktionsvandet, som regnes for opløselige, reduceres ved rensning af produktionsvandet for dispergeret olie. Undersøgelsen viste at indholdet af PAH i produktionsvandet reduceredes stort set proportionalt med reduktionen af dispergeret olie ved behandlingen. Naftalen, alkylfenol og fenolerne, specielt dem med højere molvægt, reduceredes betydeligt ved behandlingen af produktionsvandet for dispergeret olie. BTEX indholdet reduceredes derimod kun ubetydeligt. Behandlingen af produktionsvandet for dispergeret olie fjerner tilsyneladende PAH og i betydelig grad naftalen og fenoler med højere molvægt.

Eksisterende vandbehandlingssystemer

Funktionen af vandbehandlingssystemer afhænger af en lang række forskellige parametre. Disse omfatter:

- oliens sammensætning
- produktionsvandets sammensætning
- koncentration og dråbefordeling af olien i produktionsvandet som skal renses
- tilstedeværelsen af fast materiale i produktionsvandet (organisk materiale, kalkpartikler, sandpartikler (størrelsesdistribution og koncentration))
- tilsatte kemikalier i processen
- temperaturen i behandlingsanlægget.

Det er derfor ikke altid muligt at overføre erfaringer fra en operation til en anden, og succesfuld afprøvning af nye behandlingsmetoder offshore anses for nødvendig, før anvendeligheden af nye behandlingsmetoder kan bedømmes.

Mærsk Olie og Gas AS' udledning af produktionsvand finder sted fra procesplatformene. Procesplatforme med udledningspunkter for produceret vand omfatter som nævnt i afsnit 3.5 – 3.8:

- Dan (Dan FC, Dan FF og Dan FG)
- Halfdan (HDA)
- Gorm (Gorm C og Gorm F)
- Tyra Vest (TWA)
- Tyra Øst (TEA, TEF)
- Harald (HWA)
- Halfdan (HBD)

Gennem de seneste år har behandling af produktionsvandet i hydrocykloner med efterfølgende rensning i en "Induced Gas Floatation unit" (IGF) været anset for "Best Available Technique" (BAT) og "Best Environmental Practice" (BEP). Produktionsvandet renses først i hydrocykloner, og derefter afgasses det producerede vand i en IGF enhed. Resterende oliedråber i produktionsvandet søges løftet til væskeoverfladen i IGF'en med de udskilte gasbobler. Separeringen i IGF'en øges ved yderligere tilsætning af gasbobler. Disse typer anlæg anvendes på Halfdan og på Dan FG. For gasreservoirerne, hvor der separeres ved et relativt højt tryk, og vandet derfor indeholder mere gas, har det ikke været nødvendigt at tilsætte yderligere gas for at opnå flotation og samling (coalescing) af oliepartiklerne. BAT og BEP er således for nuværende hydrocykloner med afgasning for behandling af produktionsvand fra gasreservoirer. Sådanne anlæg er installeret på Tyra og på Harald.

Der anvendes følgende andre typer af behandlingsanlæg for produceret vand på produktionsplatformene:

- Hydrocykloner med efterfølgende afgasningsbeholder (Dan FC, Dan FF, Gorm C, Gorm F, Tyra Øst og Tyra Vest).

- Centrifuger (Tyra Øst og Tyra Vest) med anvendelse af de oprindelige CPI separatorer til forrensning og buffertanke.

Hydrocykloner med efterfølgende afgang blev tidligere anset som BAT og BEP, også for produktionsvand fra oliereservoirer. Udskiftning af de eksisterende afgassere med IGF type enheder anses at ville give en marginal forbedring af behandlingen for oliebehandlingsanlæg, men da IGF enheder er længere og smallere end den tilsvarende afgasser, er en udskiftning ikke umiddelbart mulig grundet de fysiske begrænsninger.

De ældste behandlingsanlæg på Tyra Øst og Vest er baseret på anvendelse af centrifuger. Selvom rensningen med centrifuger har givet tilfredsstillende resultater, er centrifugerne komplicerede at operere og kræver hyppig rensning for slam og kalk. Desuden er kapaciteten af centrifugerne lav, og de er forholdsvis pladskrævende. Centrifugerne er derfor ikke anset som et praktisk alternativ til store mængder produktionsvand. Senere behandlingsanlæg installeret på Tyra med større kapacitet er baseret på de nye mere effektive hydrocyclontyper med efterfølgende rensning i en afgasser.

Hydrocyklonerne er fundet effektive til at rense produktionsvandet i overensstemmelse med de stillede betingelser for udledning. Hydrocyklonerne er simple at operere, og deres gennemsnitlige effektivitet er høj. Hydrocyklonerne er desuden forholdsvis kompakte. Mærsk Olie og Gas AS har fra mange driftsår positiv erfaring med denne type udstyr. Hydrocyklonerne udvikles stadigt, således at effektiviteten bestandigt har kunnet øges og teknologien har derfor været den foretrukne rensning til produktionsvand.

Mærsk Olie og Gas AS' arbejde med at forbedre behandlingen af produktionsvand

Mærsk Olie og Gas AS har arbejdet indgående med at søge at reducere udledningen af olie med produktionsvandet og har i denne forbindelse gjort en række tiltag. Disse omfatter:

Minimering af vandproduktionen

I den løbende operation tilsigtes olieproduktionen og dermed udvindingen optimeret, medens vandproduktion søges minimeret.

- Mærsk Olie og Gas AS har således udviklet og anvendt et "Perforate, Stimulate and Isolate" (PSI) system, hvor den producerende del af brønden opdeles i en række sektioner (zoner), som individuelt kan stimuleres og derfor senere lukkes individuelt (og åbnes hvis nødvendigt). Såfremt vandproduktionen fra en enkelt sektion bliver uacceptabelt stor, kan denne lukkes ved hjælp af en "Coiled Tubing" operation, hvor et tyndt rør føres ned gennem produktionsstrengen for at afspærre den pågældende zone ved at lukke den tilhørende "Sliding Side Door" (SSD). Mærsk Olie og Gas AS har med betydelig succes anvendt denne metode til at reducere vandproduktionen og ofte samtidig øget olieproduktionen fra den pågældende brønd, når der ikke skal løftes så meget produktionsvand. PSI systemer har været brugt i de fleste reservoirer med undtagelse af Regnar, Rolf og Dagmar.
- "Fracture Aligned Sweep Technology" (FAST) har også været anvendt, hvor olieproduktionen søges optimeret ved hjælp af vandinjektion som et "Line drive", hvor vandet ideelt driver olien lineært fra en vandinjektionsbrønd til den parallelt

beliggende produktionsbrønd. Ved dette søges vandproduktionen som følge af vandinjektionen minimeret, men forhindrer naturligvis ikke, at vand fra det underliggende vandførende lag produceres. Denne fremgangsmåde har været anvendt på Dan Vest flanken og i Halfdan reservoiret.

- Endelig er der i 2010 udført test med et kemisk produkt kaldet ”Crystal Seal”, som pumpes ned i brønden for at blokere de områder, hvor der produceres vand. Resultaterne fra testen behandles stadig, og det kan ikke umiddelbart siges hvorvidt der vil blive udført yderligere forsøg.

Forbedret vandrensningsteknik

Mærsk Olie og Gas AS etablerer gradvist de nødvendige vandbehandlingsfaciliteter, således at der til enhver tid er kapacitet til at sikre, at betingelserne for udledningerne overholdes. Nyt udstyr til behandling af produktion vælges altid ud fra BAT og BEP.

Vandet behandles for at fjerne den suspenderede oliefraktion ned til den af OSPAR fastsatte grænseværdi eller bedre.

Teknologierne bygger på fysiske principper for at fjerne oliepartiklerne. To forskellige separationsforløb finder sted; først udskillelse af så meget vand som muligt fra olien af hensyn til olie kvaliteten, derefter udskillelse af restmængderne af olien fra vandet af hensyn til vandkvaliteten. Forskellige kemikalier (”emulsionsbryder”, ”polisher” og ”clarifier”) tilsættes for at optimere disse forskellige operationer.

Mærsk Olie og Gas AS har over en lang årrække nøje fulgt udviklingen inden for vandbehandling, og hvor metoder er fundet tilstrækkeligt lovende, er nyt udstyr afprøvet offshore. Det anses ikke for hensigtsmæssigt at indføre nye typer udstyr uden en afprøvning med forsøgsudstyr offshore, da resultater fra andre anvendelser af ovennævnte årsager ikke umiddelbart kan overføres.

Metoder til behandling af produceret vand kan kategoriseres efter procestypen. Forskellige principielle processer omfatter:

- konventionel gravitationsseparation anvendt i separatorer;
- forøget gravitationsseparation;
- coalescing;
- regenerativ absorption;
- ikke regenerativ absorption;
- flotation;
- kemisk separation; hvor kemikalier anvendes til at fremme partiklernes sammen-smeltning til større dråbestørrelser
- membranteknologi;
- stripning;

- andre.

Forøget gravitationsseparation kendes fra hydrocykloner eller centrifuger (stærkt forøget).

Coalescing, hvor mindre dråber samles til større, kendes fra afgassere hvor gasboblerne som dannes i vandet udnyttes til at løfte små oliedråber til overfladen, hvor disse samles.

Ved regenerativ absorption kan nævnes filtre, hvor den i filteret opsamlede olie skylles ud ved en speciel renseproces. Dette kendes fra mediafiltre, som anvendes til rensning af havvand for faststofpartikler og biologisk materiale.

Flotation anvendes i ovennævnte afgasser, hvor de udskilte gasbobler klæber til de små oliepartikler og løfter disse til overfladen (flotation).

Ikke regenerative metoder omfatter opsamling af olien, typisk i en beholder med patroner, som så udskiftes når de er mættet med olie.

Ved kemisk separation anvendes kemikalier for at sikre separationen. Kemisk adskillelse anvendes ofte sammen med andre metoder, for eksempel som emulsionsbryder i separatorer.

Ved hjælp af membraner adskilles f.eks. olie fra vand gennem membraner, som er gennemtrængelige for det ene medie (her vandet) men ikke for det andet.

Ved stripping fjernes olie fra vandet ved kontakt med en egnet gas, som absorberer olien fra vandet.

Ved andre metoder forstås processer, som ikke bygger på principper som kan kategoriseres i ovennævnte processer.

Der anvendes også kombinationer af ovenstående typer. Vægtfyldeadskillelse og kemisk adskillelse er allerede nævnt som eksempler, hvor udskillelsen af olie fra vandet fremmes ved tilsætning af klaringsmiddel.

Udstyr, som har været vurderet eller afprøvet siden VVM 2005, omfatter:

- Mare's tail Coalescer;
- Dissolved Gas Floatation Pump;
- "Compact Floatation Unit";
- Induced Gas Floatation;
- Keramiske filtre;

"Mare's tail Coalescer" er en teknik, hvor fibre forbedrer samlingen af mindre dråber til større og derved skal forbedre effektiviteten af hydrocyklonerne. Fibrene har dog

desværre dels vist sig at være følsomme overfor voks og dels uden målbar effekt på effektiviteten af hydrocykloner.

”Dissolved Gas Flotation Pump” teknologien udmærker sig ved at kunne installeres i eksisterende afgasningsbeholdere. Herved er det muligt at få en mulig gavnlig effekt af gas flotation. Det vurderes i øjeblikket hvorvidt det er muligt at installere en Dissolved Gas Flotation pump på Halfdan.

”Compact Floatation Unit” teknologien er en kombination af cyklonteknologi, flotation og flokkulering. Rensningen foregår i en enkelt beholder, Compact Floatation Unit (CFU). Beholderen er udformet med tangentielt indløb, ledeskovle og hvirvelbryder for at frembringe cycloneffekten til separeringen af oliedråber fra vandet. Separeringen øges med tilsætning af nitrogen og yderligere med flokkulant, hvis nødvendigt, i indløbet til behandlingen. Der er i øjeblikket installeret én CFU på Gorm F, som dog desværre har vist sig at være mindre effektiv end det traditionelle behandlingsudstyr i form af hydrocykloner og en afgasningsbeholder.

”Induced Gas Flotation” blev valgt i forbindelse med udbygningen af vandbehandlingen på Dan F. Enheden viste at give flere driftsmæssige udfordringer end en normal afgasningsbeholder uden at have en bedre effektivitet. Der pågår i øjeblikket overvejelser omkring, hvorledes driften af denne enhed kan forbedres.

”Keramiske filtre” til filtrering af partikler og olie fra det producerede vand vurderes i øjeblikket. Der er udført flere laboratorieforsøg og det er blevet besluttet at bygge en offshore enhed til test på Dan feltet.

Derudover foregår der en stor indsats for at reducere effekten af ”slugging” som giver forstyrrelser i processen og dermed reducerer effektiviteten af det installerede udstyr. Slugging håndteres typisk ved hjælp af slug beholdere og/eller omfattende styring af tryk og flow.

Anvendelse af andre metoder til reduktion af udledningen

Hvor det er teknisk muligt, vil reinjektion af en del af det producerede vand kunne reducere mængden af olie udledt til havet.

I 1992 igangsattes reinjektion af produktionsvand i Skjold og Gorm reservoirerne og der har været foretaget forsøg reinjektion af produceret vand i Dan. Det har i alle tilfælde givet anledning til en række problemer, både mekaniske og reservoirmæssige. Reinjektion giver betydeligt mekanisk slid på pumperne, ikke alene i pakdåser, men også på pumpernes roterende og statiske ledeskovle som følge af faststofpartikler i produktionsvandet. Faststofpartiklerne er sandpartikler fra udførte sandfraktureringer og kalkpartikler fra reservoirerne. Problemet har været størst på Dan, hvor der måtte installeres en dedikeret pumpe til reinjektionsforsøget. Ved hjælp af cykloner installeret i vandtilførslen til pumperne har det dog været muligt at reducere mængden af sandpartiklerne til et rimeligt niveau. De resterende meget små kalkpartikler, som det ikke har været muligt at fjerne, giver dog et kontinuerligt slid på pumpernes ledeskovle, hvorved pumpernes ydelse gradvist falder. De slidte dele må udskiftes med mellemrum for at fastholde kapaciteten. Ikke alene reduceres den gennemsnitlige pumpekapacitet, men driftstiden reduceres på grund af de regelmæssige udskiftninger af slidte dele.

For Skjold og Gorm reservoirerne påvirkes injektiviteten ikke væsentligt som følge af reinjektion af produktionsvandet, men det har dog været nødvendigt at restimulere Gorm brønde for at genoprette injektiviteten. I Dan reservoirer derimod viste reinjektionsforsøget af produceret vand, at injektiviteten af brøndene reduceres på grund af afsætninger i produktionsstrengen og i reservoirer. Selvom stimulering delvist har kunnet genetablere injektiviteten, er forbedringen kortvarig, og den gennemsnitlige injektivitet faldt betydeligt med tilsvarende negativ effekt på indvindingen til følge. Den afsatte belægning antages at bestå af olie/tjære blandet op med kalkafsætninger og jernsulfider.

For Dan feltet har det derfor været nødvendigt at afbryde forsøgsinjektionen af produceret vand og i stedet injicere søvand i en årrække. Vandkvaliteten er forbedret gennem de sidste år. Forsøgsinjektionen i to Dan brønde er genoptaget i 2010 på denne baggrund. Da Halfdan reservoirer er meget lig Dan reservoirer, men mindre gennemtrængeligt samt mindre fraktureret, er reinjektion forbundet med de samme vanskeligheder som i Dan reservoirer. Derfor afventes resultatet af den genoptagne forsøgsinjektion i Dan reservoirer før yderligere tiltag laves på Halfdan.

Det kan ikke udelukkes, at det kan blive nødvendigt at standse forsøget med reinjektionen af produceret vand i Dan reservoirer på grund af problemer med injektiviteten.

8.3 Vurdering af miljøpåvirkninger i forhold til produktionsanlæggene

Som beskrevet omfatter denne miljøvurdering produktion fra eksisterende brønde samt boring og efterfølgende produktion af yderligere 150 produktions- og afgrænsningsbrønde. I dette afsnit vil de forventede betydningsfulde miljøeffekter blive beskrevet i forhold til de berørte lokaliteter, dvs. de produktionsanlæg, hvor aktiviteterne foregår.

8.3.1 Dan F behandlingscenteret (alle Dan platforme)

Boreaktiviteter

Her antages boret i alt 18 nye brønde, hvoraf 6 multilaterale. 12 af brøndene vil være type 3, mens 6 vil være type 4.

Udledning ved boreoperationer

De forventede udledte mængder for samtlige brønde er beregnet til:

borespåner:	20.500 m ³
boremudder:	226.000 m ³
cement:	1.350 m ³
"Spacer":	1.260 m ³
"Brine":	14.300 m ³

Udledning af stimuleringsvæsker og produkter

syrereaktionsprodukter:	21.600 m ³	(18 brønde)
fortyknet havvand:	4.300 m ³	(18 brønde)

Anvendelsen og sammensætningen af disse væsker er forklaret i afsnit 4.

Miljøpåvirkning

Baseret på overvågningsresultaterne fra Gorm og Halfdan felterne, som afspejler situationen efter gentagne borer over en 2 - 3-årig periode, forventes den kombinerede effekt af boringen af de 42 brønde over en flerårig periode at være en påvirkning af dyresamfundet på havbunden omkring Dan feltet. Effekten forventes at være en reduceret biomasse hos følsomme bundfaunaarter i et aflangt område på 3.000 m x 1.000 m (Ændring baseret på at mængden af boremudder stiger fra 130.500 m³ til 528.000 m³). Størst påvirkning forventes hos slangestjerner og søpindsvin, idet biomassen af disse dyr forventes at være reduceret i påvirkningsområdet i en periode på 2 - 10 år.

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt. Boremudder og borespåner med et højt indhold af olie vil ikke blive udledt, men derimod fragtet til land til videre behandling og deponering.

Produktionsaktiviteter

Dan F behandlingscenteret behandler produktionen fra Dan feltet og fra satellitfelterne Kraka, Regnar, og eventuelle nye satellitfelter og eventuelle nye prospekter.

Udledning af produktionsvand og produktionskemikalier

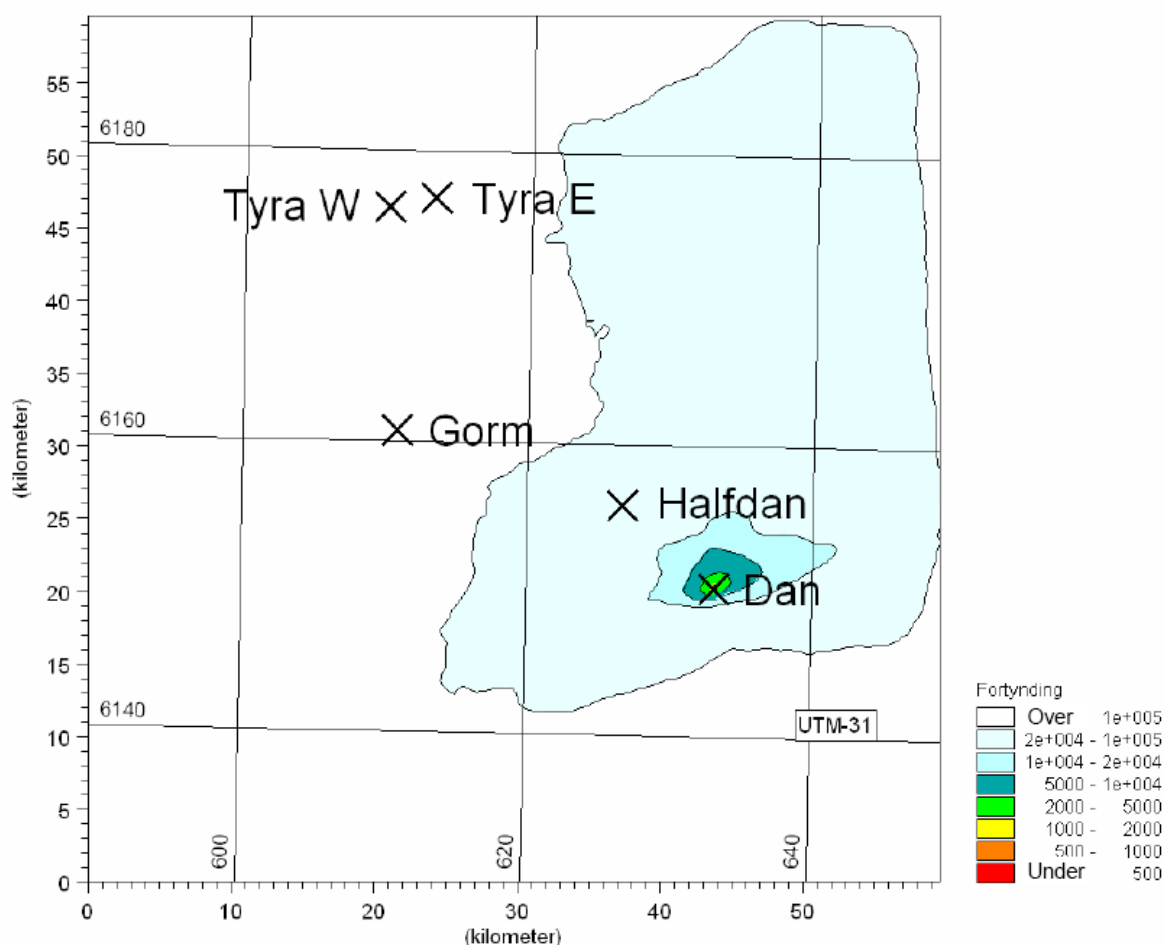
I forbindelse med den fortsatte produktion fra eksisterende og nye brønde forventes mængderne af behandlet vand at stige gennem perioden. Udledningerne foregår fra platformene Dan FC, Dan FF og Dan FG.

Den forventede vandproduktion på Dan fremgår af figur 5.6. Rammen for vandbehandling på Dan F vil i 2015 udgøre ca. 54.000 m³ pr. dag.

Miljøpåvirkning

Produktionsvandet indeholder en rest af kulbrinter samt kemikalier tilsat i produktionsprocessen (se afsnit 8.2). Det er blevet vurderet, at restprodukter fra de anvendte kemikalier bidrager væsentligt til toksiciteten af det producerede vand. Det drejer sig specielt om anvendelse af biocider til bekæmpelse af bakterier og H₂S-scavenger, som anvendes til at fjerne H₂S.

Den akutte NOEC-koncentration (No Observed Effect Concentration) er målt til at være 0,1 ml/l (Mærsk Olie og Gas AS, 2005a). Dvs. fortyndes det udledte producerede vand minimum 10.000 gange, vil der ikke være risiko for akut toksisk påvirkning af marine organismer (Mærsk Olie og Gas AS, 2005a). En daglig udledning af produceret vand på op til 54.000 m³ vil således medføre, at risiko for akut toksisk påvirkning af alger og zooplankton begrænses til et område mindre end 4,0 km fra udledningsstedet (se figur 8.6) (Mærsk Olie og Gas AS, 2004b).



Figur 8.6 Modellering af udledt produceret vand fra Dan

Forebyggende foranstaltninger

Restprodukter forbundet med anvendelse af H_2S -scavenger forventes reinjiceret og derved ikke udledt til havet under normale produktionsforhold. NOEC-koncentrationen i det udledte producerede vand stiger til 1 ml/l ved at reinjicere reaktionsprodukterne fra H_2S -scavenger. Dvs. at toksiciteten er faldet med en faktor 10, således at risiko for akut toksisk påvirkning af alger og zooplankton begrænses til et område mindre end 0,5 km fra udledningsstedet ved en daglig udledning af produceret vand på op til 54.000 m³.

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt. I 2005 blev der introduceret et nyt biocid-produkt, som er miljøvenligt i henhold til gældende retningslinjer.

Det forventes yderligere, at en del af de behandlede vandmængder vil blive reinjiceret i formationen, hvis dette er teknisk muligt og økonomisk bæredygtigt.

Der vil løbende være test af vandbehandlingssystemer, som kan reducere indholdet af kulbrinter i det udledte producerede vand.

8.3.2 Dan satellitinstallationer - Kraka

Boreaktiviteter

Her antages boret i alt 4 nye multilaterale brønde, som alle vil være brøndtype 4.

Udledning ved boreoperationer

De forventede udledte mængder for samtlige brønde er beregnet til:

borespåner:	4.600 m ³
boremudder:	50.000 m ³
cement:	300 m ³
"Spacer":	280 m ³
"Brine":	3200 m ³

Udledning af stimuleringsvæsker og produkter

syrereaktionsprodukter: 4.800 m³ (4 brønde)

fortyknet havvand: 950 m³ (4 brønde)

Anvendelsen og sammensætningen af disse væsker er forklaret i afsnit 4.

Miljøpåvirkning

Baseret på overvågningsresultater fra Kraka feltet (Mærsk Olie og Gas AS, 1989, 1990b, 1991, 1993b, 1996 og 2002b) forventes en begrænset yderligere påvirkning af dyresamfundet på havbunden omkring Kraka. Effekten forventes at være en reduceret biomasse hos følsomme bundfaunaarter i et aflangt område på 1.000 m x 300 m. Størst påvirkning forventes hos slangestjerne og søpindsvin, idet biomassen af disse dyr forventes at være reduceret i påvirkningsområdet i en periode på 2 - 10 år. Påvirkningsområdet vil ikke forøges i forhold til tidligere boreaktivitet.

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt. Boremudder og borespåner med et højt indhold af olie vil ikke blive udledt, men derimod fragtet til land til videre behandling og deponering.

Produktionsaktiviteter

Ingen (produktionen behandles på Dan).

8.3.3 Dan satellitinstallationer - Regnar

Boreaktiviteter

Ingen planlagte borer i perioden.

Produktionsaktiviteter

Ingen (produktionen behandles på Dan).

8.3.4 Dan satellitinstallationer - Alma

Boreaktiviteter

Der antages boret 1 brønd i perioden af brøndtype 3.

Udledning ved boreoperationer

De forventede udledte mængder for samtlige brønde er beregnet til:

borespåner:	1.140 m ³
boremudder:	12.560 m ³
cement:	75 m ³
"Spacer":	70 m ³
"Brine":	800 m ³

Udledning af stimuleringsvæsker og produkter

syrereaktionsprodukter:	1200 m ³	(1 brønd)
fortyknethavvand:	240 m ³	(1 brønd)

Anvendelsen og sammensætningen af disse væsker er forklaret i afsnit 4.

Miljøpåvirkning

Baseret på overvågningsresultater fra Gorm, Kraka, Halfdan og Harald felterne forventes boringen af en brønd at føre til en begrænset påvirkning af dyresamfundet på havbunden omkring stedet. Effekten forventes at være en reduceret biomasse hos følgende bundfaunaarter i et aflangt område på ca. 500 m x 200 m. Størst påvirkning forventes hos slangestjerne og søpindsvin, idet biomassen af disse dyr forventes at være reduceret i påvirkningsområdet i en periode på 2 - 10 år. Påvirkningsområdet vil ikke forøges i forhold til tidligere boreaktivitet.

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt. Boremudder og borespåner med et højt indhold af olie vil ikke blive udledt, men derimod fragtet til land til videre behandling og deponering.

Produktionsaktiviteter

Ingen (produktion planlægges behandlet på Dan).

8.3.5 Halfdan behandlingscenteret

Boreaktiviteter

Her antages boret i alt 19 nye brønde, hvoraf 5 multilaterale. 5 af brøndene vil være brøndtype 1 og 2, mens 9 vil være brøndtype 3 og 5 være brøndtype 4.

Udledning ved boreoperationer

De forventede udledte mængder for samtlige brønde er beregnet til:

borespåner:	21.700 m ³
boremudder:	239.000 m ³
cement:	1.425 m ³
"Spacer":	1.330 m ³
"Brine":	15.100 m ³

Udledning af stimuleringsvæsker og produkter

syrereaktionsprodukter:	22.800 m ³	(19 brønde)
fortyknethavvand:	4.560 m ³	(19 brønde)

Anvendelsen og sammensætningen af disse væsker er forklaret i afsnit 4.

Miljøpåvirkning

Baseret på overvågningsresultaterne fra Halfdan felterne, som afspejler situationen efter gentagne boringer over en 2 - 3-årig periode, forventes den kombinerede effekt af boringen af de 19 brønde over en flerårig periode at være en påvirkning af dyresamfundet på havbunden omkring Halfdan feltet. Effekten forventes at være en reduceret biomasse hos følsomme bundfaunaarter i et aflangt område på 1.500 m x 500 m. Størst påvirkning forventes hos slangestjerner og søpindsvin, idet biomassen af disse dyr forventes at være reduceret i påvirkningsområdet i en periode på 2 - 10 år. Påvirkningsområdet vil ikke forøges i forhold til tidligere boreaktiviteter.

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt. Boremudder og borespåner med et højt indhold af olie vil ikke blive udledt, men derimod fragtet til land til videre behandling og deponering.

Produktionsaktiviteter

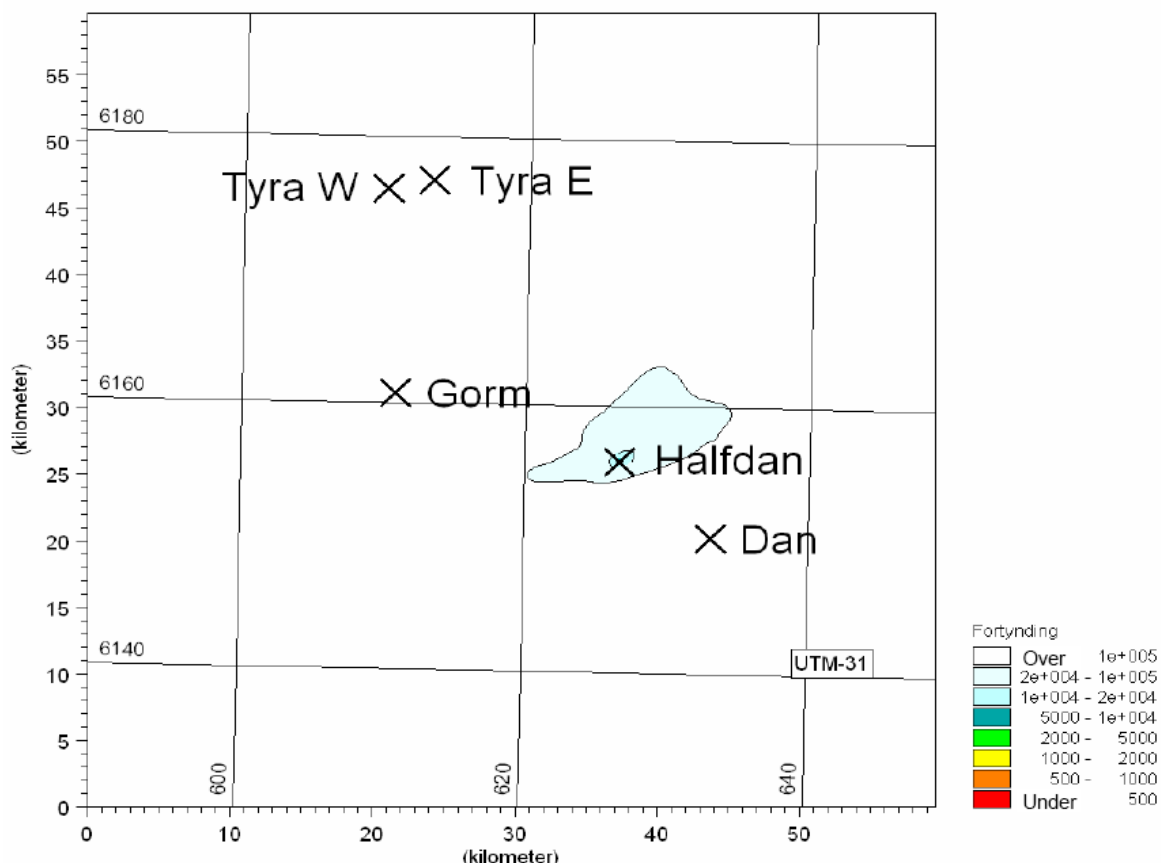
Udledning af produktionsvand og produktionskemikalier

I forbindelse med den fortsatte produktion fra eksisterende og nye brønde forventes mængderne af behandlet olie, vand og gas at stige gennem perioden. Udledningerne foregår fra Halfdan DA.

Den forventede vandproduktion på Halfdan fremgår af figur 5.7. Rammen for vandbehandling på Halfdan vil i 2015 udgøre ca. 18.000 m³ pr. dag.

Miljøpåvirkning

Den akutte NOEC-koncentration (No Observed Effect Concentration) er målt til at være 10 ml/l (Mærsk Olie og Gas AS, 2005a). Dvs. fortyndes det udledte producerede vand minimum 100 gange, vil der ikke være risiko for akut toksisk påvirkning af marine organismer (Mærsk Olie og Gas AS, 2005a). En daglig udledning af produceret vand på op til 18.000 m³ vil således medføre, at risiko for akut toksisk påvirkning af alger og zooplankton begrænses til et område, som er mindre end opløsningsgraden i den anvendte model dvs. mindre end 0,3 km fra udledningsstedet (se figur 8.7 – området med fortyndingsgrad på under 100 gange er så begrænset, at det ikke er markeret på figuren) (Mærsk Olie og Gas AS, 2004b).



Figur 8.7 Modellering af udledt produceret vand fra Halfdan

Produktionsvandet indeholder et restindhold af kulbrinter samt kemikalier tilsat i produktionsprocessen (se afsnit 8.2). Det er blevet vurderet, at restprodukter fra de anvendte kemikalier bidrager til toksiciteten af det producerede vand. Det drejer sig specielt om anvendelse af biocider til bekæmpelse af bakterier og H_2S -scavenger, som anvendes til at fjerne H_2S (Mærsk Olie og Gas AS, 2005b).

På grund af dybden, vandudskiftningsforhold og gode iltningsforhold, forventes udledningen af produktionsvand ikke at føre til væsentlige miljøeffekter, bortset fra kortvarige toksiske effekter i nærheden af udledningsfanen, inden produktionsvandet opblandes og fortyndes i det omgivende havvand.

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt. Det forventes, at en del af de behandlede vandmængder vil blive reinjiceret i formationen, hvis dette er teknisk muligt og økonomisk bæredygtigt.

Der vil løbende være test af vandbehandlingssystemer som kan reducere indholdet af kulbrinter i det udledte producerede vand.

8.3.6 Halfdan satellitinstallationer – Halfdan Nordøst

Boreaktiviteter

Ingen planlagte boringer i perioden.

Produktionsaktiviteter

Ingen (produktionen behandles på Halfdan eller Dan behandlingscenteret).

Fra 2011 vil forekomme udledning af produceret vand fra Halfdan BD.

8.3.7 Gorm behandlingscenteret

Boreaktiviteter

Her antages der boret 6 nye brønde af brøndtype 3.

Udledning ved boreoperationer

De forventede udledte mængder for samtlige brønde er:

borespåner:	6.800 m ³
boremudder:	75.400 m ³
cement:	450 m ³
"Spacer":	420 m ³
"Brine":	4.800 m ³

Udledning af stimuleringsvæsker og produkter

syrereaktionsprodukter: 7.200 m³ (6 brønde)

fortyknethavvand: 1.400 m³ (6 brønde)

Anvendelsen og sammensætningen af disse væsker er forklaret i afsnit 4.

Miljøpåvirkning

Baseret på overvågningsresultater fra Gorm feltet forventes ovennævnte udledninger at føre til en begrænset yderligere påvirkning af dyresamfundet på havbunden omkring stedet. Effekten forventes at være en reduceret biomasse hos følsomme bundfaunaarter i et aflangt område på ca. 1.000 m x 300 m. Størst påvirkning forventes hos slange-stjerne og søpindsvin, idet biomassen af disse dyr forventes at være reduceret i påvirkningsområdet i en periode på 2 - 10 år. Påvirkningsområdet vil ikke forøges i forhold til tidligere boreaktiviteter.

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt. Boremudder og borespåner med et højt indhold af olie vil ikke blive udledt, men derimod fragtet til land til videre behandling og deponering.

Produktionsaktiviteter

Gorm behandlingscenteret behandler produktionen fra Gorm feltet og fra satellitfelterne Skjold, Rolf, Dagmar og eventuelle nye prospekter.

Udledning af produktionsvand og produktionskemikalier

I forbindelse med den fortsatte produktion fra eksisterende og nye brønde forventes mængderne af behandlet olie, vand og gas at stige gennem perioden. Udledningerne foregår fra platformene Gorm C og Gorm F.

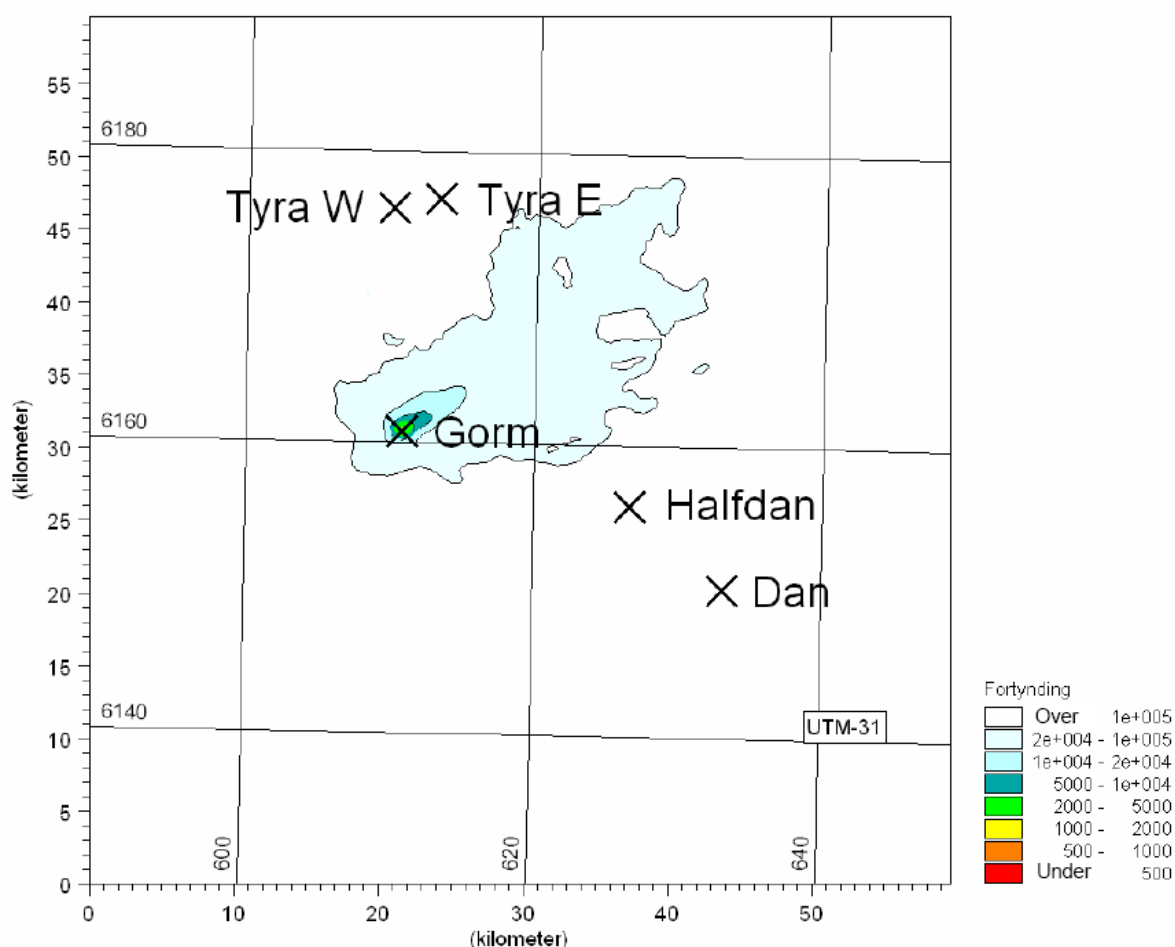
Den forventede vandproduktion på Gorm fremgår af figur 5.8, og den forventede udledning af figur 5.12. Rammen for vandbehandling på Gorm centeret vil i 2015 være

ca. 40.000 m³ pr. dag. Det er muligt, at man ikke længere kan fortsætte med at reinjicere en væsentlig del af de behandlede vandmængder i formationen. I nedenstående vil risikoen for miljøpåvirkning derfor blive vurderet på grundlag af en daglig udledning på 31.000 m³ pr. dag (svarende til den samlede daglige vandproduktion i 2015) i tilfælde af, at reinjektionen af produceret vand ikke kan opretholdes.

Miljøpåvirkning

Produktionsvandet indeholder et restindhold af kulbrinter samt kemikalier tilsat i produktionsprocessen (se afsnit 8.2). Det er blevet vurderet, at restprodukter fra de anvendte kemikalier bidrager væsentligt til toksiciteten af det producerede vand. (Mærsk Olie og Gas AS, 2005b).

Den akutte NOEC-koncentration (No Observed Effect Concentration) er målt til at være 0,1 ml/l (Mærsk Olie og Gas AS, 2005a). Dvs. fortyndes det udledte producerede vand minimum 10.000 gange, vil der ikke være risiko for akut toksisk påvirkning af marine organismer (Mærsk Olie og Gas AS, 2005a). En daglig udledning af produceret vand på op til 31.000 m³ vil således medføre, at risiko for akut toksisk påvirkning af alger, og zooplankton begrænses til et område mindre end 1,1 km fra udledningsstedet (se figur 8.8) (Mærsk Olie og Gas AS, 2004b).



Figur 8.8 Modellering af udledt produceret vand fra Gorm

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt. Det forventes fortsat, at langt størstedelen af de behandlede vandmængder vil blive reinjiceret i formationen. Det vil betyde, at den daglige udledning vil være begrænset til maksimalt 15.000 m³ og en akut toksisk påvirkning af alger og zooplankton begrænses til et område mindre end 0,3 km fra udledningsstedet (se figur 8.8 – området med fortyndingsgrad på under 10.000 gange er så begrænset, at det ikke er markeret på figuren) (Mærsk Olie og Gas AS, 2004b).

Der vil løbende være test af vandbehandlingssystemer, som kan reducere indholdet af kulbrinter i det udledte producerede vand.

8.3.8 Gorm satellitinstallationer - Skjold

Boreaktiviteter

Ingen planlagte boringer i perioden.

Produktionsaktiviteter

Ingen (produktionen behandles på Gorm).

8.3.9 Gorm satellitinstallationer - Rolf

Boreaktiviteter

Ingen planlagte boringer i perioden.

Produktionsaktiviteter

Ingen (produktionen behandles på Gorm).

8.3.10 Gorm satellitinstallationer - Dagmar

Boreaktiviteter

Her antages der boret 3 nye brønde af brøndtypen 3.

Udledning ved boreoperationer

De forventede udledte mængder for samtlige brønde er beregnet til:

borespåner:	3.400 m ³
boremudder:	37.700 m ³
cement:	230 m ³
"Spacer":	210 m ³
"Brine":	2.400 m ³

Udledning af stimuleringsvæsker og produkter

syrereaktionsprodukter:	3.600 m ³	(3 brønde)
fortyknet havvand:	720 m ³	(3 brønde)

Anvendelsen og sammensætningen af disse væsker er forklaret i afsnit 4.

Miljøpåvirkning

Baseret på overvågningsresultater fra Gorm, Kraka, Halfdan og Harald felterne forventes ovennævnte udledninger at føre til en begrænset påvirkning af dyresamfundet på havbunden omkring udledningspunktet. Effekten forventes at være en midlertidigt reduceret biomasse af bundfaunaen i et aflangt område på ca. 500 m x 200 m. Påvirkningsområdet vil ikke forøges i forhold til tidligere boreaktiviteter.

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt. Boremudder og borespåner med et højt indhold af olie vil ikke blive udledt, men derimod fragtet til land til videre behandling og deponering.

Produktionsaktiviteter

Ingen (produktionen behandles på Gorm).

8.3.11 Tyra behandlingscentret

Boreaktiviteter

Her antages boret 13 nye brønde af brøndtype 3.

Udledning ved boreoperationer

De forventede udledte mængder for samtlige brønde er beregnet til:

borespåner:	14.800 m ³
boremudder:	163.000 m ³
cement:	980 m ³
"Spacer":	910 m ³
"Brine":	10.300 m ³

Udledning af stimuleringsvæsker og produkter

syrereaktionsprodukter:	15.600 m ³	(13 brønde)
fortyknnet havvand:	3.100 m ³	(13 brønde)

Anvendelsen og sammensætningen af disse væsker er forklaret i afsnit 4.

Miljøpåvirkning

Baseret på overvågningsresultater fra Gorm, Kraka, Halfdan og Harald felterne forventes ovennævnte udledninger at føre til en begrænset påvirkning af dyresamfundet på havbunden omkring udledningspunktet. Effekten forventes at være en midlertidigt reduceret biomasse af bundfaunaen i et aflangt område på ca. 1.000 m x 350 m. Størst påvirkning forventes hos slangestjerne og søpindsvin, idet biomassen af disse dyr forventes at være reduceret i påvirkningsområdet i en periode på 2 - 10 år. Påvirkningsområdet vil ikke forøges i forhold til tidligere boreaktiviteter.

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt. Boremudder og borespåner med et højt indhold af olie vil ikke blive udledt, men derimod fragtet til land til videre behandling og deponering.

Produktionsaktiviteter

Tyra behandlingscenteret (Tyra Øst og Tyra Vest) behandler produktionen fra Tyra feltet og fra satellitfelterne Roar, Valdemar, Harald/Lulita, Svend, Bo, Boje, nye satellitfelter og eventuelle nye prospekter.

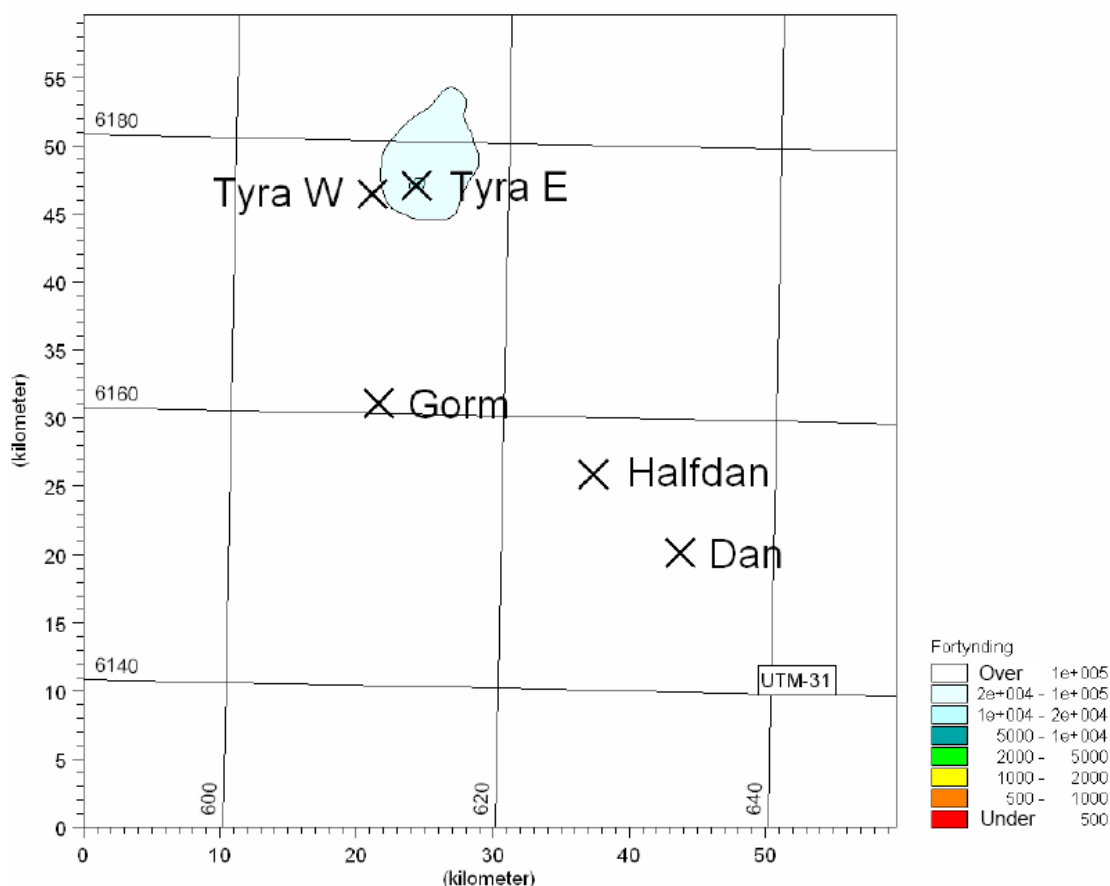
Udledning af produktionsvand og produktionskemikalier

I forbindelse med den fortsatte produktion fra eksisterende og nye brønde forventes mængderne af behandlet olie, vand og gas at stige gennem perioden. Udledningerne foregår fra platformene Tyra Øst A og Tyra Vest A.

Den forventede mængden af produceret vand fra hele Tyra fremgår af figur 5.10. Den samlede vandproduktion på Tyra vil ved udgangen af 2015 være 19.000 m³/d (fordelt med ca. 13.000 m³ på Tyra Øst og 6.000 m³ på Tyra Vest), hvilket samtidig er den maksimale forventede udledte mængde produceret vand.

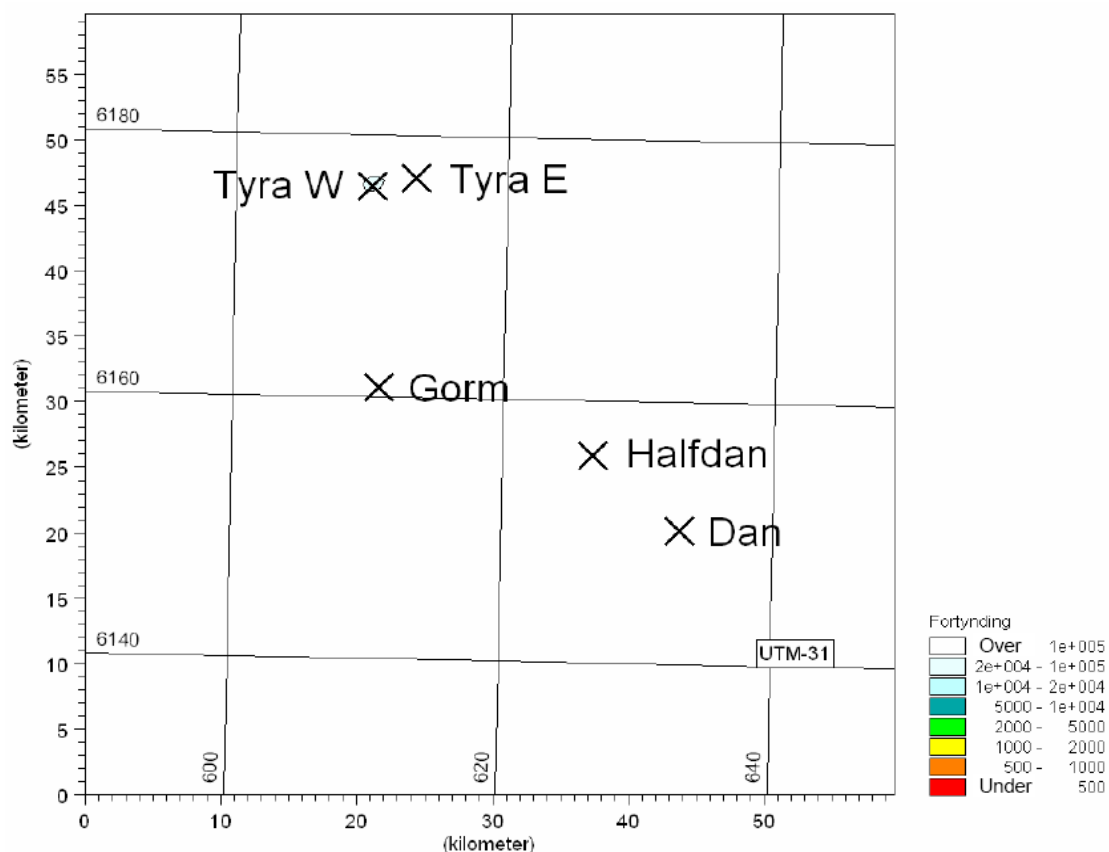
Miljøpåvirkning

Produktionsvandet har et restindhold af kulbrinter samt kemikalier tilsat i produktionsprocessen (se afsnit 6.10). Det er blevet vurderet, at restprodukter fra de anvendte kemikalier bidrager væsentlig til toksiciteten af det producerede vand. (Mærsk Olie og Gas AS, 2005b). Den akutte NOEC-koncentration (No Observed Effect Concentration) er målt til at være 1 ml/l (Mærsk Olie og Gas AS, 2005a) for Tyra Øst. Dvs. fortyndes det udledte producerede vand minimum 1.000 gange, vil der ikke være risiko for akut toksisk påvirkning af marine organismer (Mærsk Olie og Gas AS, 2005a). En tidligere modelberegning baseret på en daglig udledning af produceret vand på 26.000 m³ fra Tyra Øst (hvor der nu kun forventes 13.000 m³) viser, at risikoen for akut toksisk påvirkning af alger og zooplankton begrænses til et område mindre end 0,3 km fra udledningsstedet (se Figur 8.9. Området med fortyndingsgrad på under 1.000 gange er så lille, at det ikke ses på figuren) (Mærsk Olie og Gas AS, 2004b).



Figur 8.9 Modellering af udledt produceret vand fra Tyra Øst

Den akutte NOEC-koncentration (No Observed Effect Concentration) er målt til at være 1 ml/l (Mærsk Olie og Gas AS, 2005a) for Tyra Vest. Dvs. fortyndes det udledte producerede vand minimum 1.000 gange, vil der ikke være risiko for akut toksisk påvirkning af marine organismer (Mærsk Olie og Gas AS, 2005a). En daglig udledning af produceret vand på ca. 6.000 m³ fra Tyra Vest vil således medføre, at risikoen for akut toksisk påvirkning af alger og zooplankton begrænses til et område mindre end 0,3 km fra udledningsstedet (se Figur 8.10 – området med fortyndingsgrad på under 1.000 gange er så begrænset, at det ikke er markeret på figuren) (Mærsk Olie og Gas AS, 2004b).



Figur 8.10 Modellering af udledt produceret vand fra Tyra Vest

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt.

Det forventes fortsat at langt størstedelen af de behandlede vandmængder vil blive reinjiceret i formationen.

Der vil løbende være test af vandbehandlingssystemer som kan reducere indholdet af kulbrinter i det udledte producerede vand.

8.3.12 Tyra satellitinstallationer - Tyra Sydøst

Boreaktiviteter

Ingen planlagte boringer i perioden.

Produktionsaktiviteter

Ingen (produktionen behandles på Tyra Øst).

8.3.13 Tyra satellitinstallationer - Roar

Boreaktiviteter

Ingen planlagte boringer i perioden.

Produktionsaktiviteter

Ingen (produktionen behandles på Tyra Øst).

8.3.14 Tyra satellitinstallationer - Valdemar Nord/Jens

Boreaktiviteter

Der antages boret 12 nye brønde af brøndtype 3.

Udledning ved boreoperationer

De forventede udledte mængder for samtlige brønde er beregnet til:

borespåner:	13.700 m ³
boremudder:	150.700 m ³
cement:	900 m ³
"Spacer":	840 m ³
"Brine":	9.500 m ³

Udledning af stimuleringsvæsker og produkter

De forventede udledninger er baseret på maksimalt 20 % af forbruget i forbindelse med tilbageproduktion:

syrrereaktionsprodukter:	14.400 m ³	(12 brønde)
fortyknethavvand:	2.900 m ³	(12 brønde)

Anvendelsen og sammensætningen af disse væsker er forklaret i afsnit 4.

Miljøpåvirkning

Baseret på overvågningsresultater fra Gorm, Kraka, Halfdan og Harald felterne forventes ovennævnte udledninger at føre til en begrænset påvirkning af dyresamfundet på havbunden omkring udledningspunktet. Effekten forventes at være en midlertidigt reduceret biomasse af bundfaunaen i et aflangt område på ca. 500 m x 200 m. Påvirkningsområdet vil ikke forøges i forhold til tidligere boreaktiviteter.

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt. Boremudder og borespåner med et højt indhold af olie vil ikke blive udledt, men derimod fragtet til land til videre behandling og deponering.

Produktionsaktiviteter

Ingen (produktionen behandles på Tyra Øst).

8.3.15 Tyra satellitinstallationer – Harald/Lulita

Boreaktiviteter

Her antages boret 13 nye brønde af brøndtypen 3.

Udledning ved boreoperationer

De forventede udledte mængder for samtlige brønde er beregnet til:

borespåner:	14.800 m ³
boremudder:	163.000 m ³
cement:	980 m ³
"Spacer":	910 m ³
"Brine":	10.300 m ³

Udledning af stimuleringsvæsker og produkter

De forventede udledninger er baseret på maksimalt 20 % af forbruget i forbindelse med tilbageproduktion:

syrereaktionsprodukter:	15.600 m ³	(13 brønde)
fortyknethavvand:	3.100 m ³	(13 brønde)

Anvendelsen og sammensætningen af disse væsker er forklaret i afsnit 4.

Miljøpåvirkning

Baseret på overvågningsresultater fra Gorm, Kraka, Halfdan og Harald felterne forventes ovennævnte udledninger at føre til en begrænset påvirkning af dyresamfundet på havbunden omkring udledningspunktet. Effekten forventes at være en midlertidigt reduceret biomasse af bundfaunaen i et aflangt område på ca. 500 m x 200 m. Påvirkningsområdet vil ikke forøges i forhold til tidligere boreaktiviteter.

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt. Boremudder og borespåner med et højt indhold af olie vil ikke blive udledt, men derimod fragtet til land til videre behandling og deponering.

Produktionsaktiviteter

Produktionen behandles i øjeblikket på Tyra Øst. I forbindelse med stigende vandmængder i produktionen fra Harald og Lulita felterne er vandbehandling og produktionsvandudledning blevet etableret på Harald. Den forventede vandproduktion og udledning af produktionsvand på Harald vil i 2015 være 1.600 m³/dag (se figur 5.9).

Miljøpåvirkning

På grund af dybden, vandudskiftningsforhold og gode iltningsforhold, forventes udledningen af produktionsvand ikke at føre til væsentlige miljøeffekter, bortset fra kortvarige toksiske effekter i nærheden af udledningsfanen, inden produktionsvandet opblandes og fortyndes i det omgivende havvand.

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt.

Det forventes fortsat at langt størstedelen af de behandlede vandmængder vil blive reinjiceret i formationen.

Der vil løbende være test af vandbehandlingssystemer, som kan reducere indholdet af kulbrinter i det udledte producerede vand.

8.3.16 Tyra satellitinstallationer - Svend

Boreaktiviteter

Der antages boret 1 brønd af brøndtypen 3.

Udledning ved boreoperationer

De forventede udledte mængder for samtlige brønde er beregnet til:

borespåner:	1.140 m ³
boremudder:	12.600 m ³
cement:	75 m ³
"Spacer":	70 m ³
"Brine":	800 m ³

Udledning af stimuleringsvæsker og produkter

De forventede udledninger er baseret på maksimalt 20 % af forbruget i forbindelse med tilbageproduktion:

syrereaktionsprodukter:	1.200 m ³	(1 brønd)
fortyknethavvand:	240 m ³	(1 brønd)

Mængderne af stimulerings- og fraktureringsvæsker samt fracsand vil afhænge af det valgte stimuleringsprogram, som først kan afgøres, når brønden er boret.

Anvendelsen og sammensætningen af disse væsker forklares i afsnit 4.

Miljøpåvirkning

Baseret på overvågningsresultater fra Gorm, Kraka, Halfdan og Harald felterne forventes ovennævnte udledninger at føre til en begrænset påvirkning af dyresamfundet på havbunden omkring udledningspunktet. Effekten forventes at være en midlertidigt reduceret biomasse af bundfaunaen i et aflangt område på ca. 500 m x 200 m. Påvirkningsområdet vil ikke forøges i forhold til tidligere boreaktiviteter.

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt. Boremudder og borespåner med et højt indhold af olie vil ikke blive udledt, men derimod fragtet til land til videre behandling og deponering.

Produktionsaktiviteter

Ingen (produktionen behandles på Tyra Øst).

8.3.17 Tyra satellitinstallationer - Adda

Boreaktiviteter

Her antages boret 5 nye brønde, én af brøndtypen 3 og 4 af brøndtypen 4 (multilaterale).

Udledning ved boreoperationer

De forventede udledte mængder for samtlige brønde er beregnet til:

borespåner:	5.700 m ³
boremudder:	62.800 m ³
cement:	375 m ³
"Spacer":	350 m ³
"Brine":	4.000 m ³

Udledning af stimuleringsvæsker og produkter

De forventede udledninger er baseret på maksimalt 20 % af forbruget i forbindelse med tilbageproduktion:

syrereaktionsprodukter:	6.000 m ³	(5 brønde)
fortyknethavvand:	1.200 m ³	(5 brønde)

Anvendelsen og sammensætningen af disse væsker er forklaret i afsnit 4.

Miljøpåvirkning

Baseret på overvågningsresultater fra Gorm, Kraka, Halfdan og Harald felterne forventes ovennævnte udledninger at føre til en begrænset påvirkning af dyresamfundet på havbunden omkring udledningsspunktet. Effekten forventes at være en midlertidigt reduceret biomasse af bundfaunaen i et aflangt område på ca. 500 m x 200 m. Påvirkningsområdet vil ikke forøges i forhold til tidligere boreaktiviteter.

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt. Boremudder og borespåner med et højt indhold af olie vil ikke blive udledt, men derimod fragtet til land til videre behandling og deponering.

Produktionsaktiviteter

Ingen (produktionen planlægges behandlet på Tyra Øst).

8.3.18 Tyra satellitinstallationer - Elly

Boreaktiviteter

Her antages boret 2 nye brønde af brøndtypen 3.

Udledning ved boreoperationer

De forventede udledte mængder for samtlige brønde er beregnet til:

borespåner:	2.300 m ³
boremudder:	25.100 m ³
cement:	150 m ³
"Spacer":	140 m ³

"Brine": 1.600 m³

Udledning af stimuleringsvæsker og produkter

De forventede udledninger er baseret på maksimalt 20 % af forbruget i forbindelse med tilbageproduktion:

syrereaktionsprodukter:	2.400 m ³	(2 brønde)
fortyknet havvand:	480 m ³	(2 brønde)

Anvendelsen og sammensætningen af disse væsker er forklaret i afsnit 4.

Miljøpåvirkning

Baseret på overvågningsresultater fra Gorm, Kraka, Halfdan og Harald felterne forventes ovennævnte udledninger at føre til en begrænset påvirkning af dyresamfundet på havbunden omkring udledningspunktet. Effekten forventes at være en midlertidigt reduceret biomasse af bundfaunaen i et aflangt område på ca. 1.000 m x 350 m.

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt. Boremudder og borespåner med et højt indhold af olie vil ikke blive udledt, men derimod fragtet til land til videre behandling og deponering.

Produktionsaktiviteter

Ingen (produktionen planlægges behandlet på Tyra Elly).

8.3.19 Tyra satellitinstallationer - Luke

Boreaktiviteter

Her antages boret 2 nye brønde af brøndtypen 3.

Udledning ved boreoperationer

De forventede udledte mængder for samtlige brønde er beregnet til:

borespåner:	2.300 m ³
boremudder:	25.100 m ³
cement:	150 m ³
"Spacer":	140 m ³
"Brine":	1.600 m ³

Udledning af stimuleringsvæsker og produkter

De forventede udledninger er baseret på maksimalt 20 % af forbruget i forbindelse med tilbageproduktion:

syrereaktionsprodukter:	2.400 m ³	(2 brønde)
fortyknet havvand:	480 m ³	(2 brønde)

Anvendelsen og sammensætningen af disse væsker er forklaret i afsnit 4.

Miljøpåvirkning

Baseret på overvågningsresultater fra Gorm, Kraka, Halfdan og Harald felterne forventes ovennævnte udledninger at føre til en begrænset påvirkning af dyresamfundet på havbunden omkring udledningspunktet. Effekten forventes at være en midlertidigt reduceret biomasse af bundfaunaen i et aflangt område på ca. 1.000 m x 350 m.

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt. Boremudder og borespåner med et højt indhold af olie vil ikke blive udledt, men derimod fragtet til land til videre behandling og deponering.

Produktionsaktiviteter

Ingen (produktionen planlægges behandlet på Tyra Vest).

8.3.20 Tyra satellitinstallationer - Freja

Boreaktiviteter

Her forventes boret 6 nye brønde af brøndtypen 3.

Udledning ved boreoperationer

De antages udledte mængder for samtlige brønde er beregnet til:

borespåner:	6.800 m ³
boremudder:	75.400 m ³
cement:	450 m ³
"Spacer":	420 m ³
"Brine":	4.800 m ³

Udledning af stimuleringsvæsker og produkter

De forventede udledninger er baseret på maksimalt 20 % af forbruget i forbindelse med tilbageproduktion:

syrereaktionsprodukter:	7.200 m ³	(6 brønde)
fortyknethavvand:	1.400 m ³	6 brønde)

Anvendelsen og sammensætningen af disse væsker er forklaret i afsnit 4.

Miljøpåvirkning

Baseret på overvågningsresultater fra Gorm, Kraka, Halfdan og Harald felterne forventes ovennævnte udledninger at føre til en begrænset påvirkning af dyresamfundet på havbunden omkring udledningspunktet. Effekten forventes at være en midlertidigt reduceret biomasse af bundfaunaen i et aflangt område på ca. 1.500 m x 500 m.

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt. Boremudder og borespåner med et højt indhold af olie vil ikke blive udledt, men derimod fragtet til land til videre behandling og deponering.

Produktionsaktiviteter

Ingen (produktionen planlægges behandlet på Harald).

8.3.21 Tyra satellitinstallationer - Bo og Boje (Valdemar)

Boreaktiviteter

Her antages boret 15 nye brønde af brøndtype 3.

Udledning ved boreoperationer

De forventede udledte mængder for samtlige brønde er beregnet til:

borespåner:	17.000 m ³
boremudder:	188.000 m ³
cement:	1.100 m ³
"Spacer":	1.050 m ³
"Brine":	12.000 m ³

Udledning af stimuleringsvæsker og produkter

De forventede udledninger er baseret på maksimalt 20 % af forbruget i forbindelse med tilbageproduktion:

syrrereaktionsprodukter:	18.000 m ³	(15 brønde)
fortyknethavvand:	3.600 m ³	(15 brønde)

Anvendelsen og sammensætningen af disse væsker er forklaret i afsnit 4.

Miljøpåvirkning

Baseret på overvågningsresultater fra Gorm, Kraka, Halfdan og Harald felterne forventes ovennævnte udledninger at føre til en begrænset påvirkning af dyresamfundet på havbunden omkring udledningspunktet. Effekten forventes at være en midlertidigt reduceret biomasse af bundfaunaen i et aflangt område på ca. 1.500 m x 500 m.

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt. Boremudder og borespåner med et højt indhold af olie vil ikke blive udledt, men derimod fragtet til land til videre behandling og deponering.

Produktionsaktiviteter

Ingen (produktionen planlægges behandlet på Tyra Øst).

8.3.22 Andre nye prospekter/satellitinstallationer

Boreaktiviteter

Der antages boret 30 brønde på nye, unavngivne prospekter, hvoraf 5 multilaterale. 7 af brøndene vil være brøndtype 1 og 2, mens 18 vil være af brøndtype 3 og 5 af brøndtype 4.

Udledning ved boreoperationer

De forventede udledte mængder for samtlige brønde er beregnet til:

borespåner:	34.200 m ³
boremudder:	378.000 m ³
cement:	2.250 m ³
"Spacer":	2.100 m ³
"Brine":	24.000 m ³

Udledning af stimuleringsvæsker og produkter

De forventede udledninger er baseret på maksimalt 20 % af forbruget i forbindelse med tilbageproduktion:

syrereaktionsprodukter:	36.000 m ³	(30 brønde)
fortyknethavvand:	7.200 m ³	(30 brønde)

Anvendelsen og sammensætningen af disse væsker er forklaret i afsnit 4.

Miljøpåvirkning

Baseret på overvågningsresultater fra Gorm, Kraka, Halfdan og Harald felterne forventes ovennævnte udledninger at føre til en begrænset påvirkning af dyresamfundet på havbunden omkring udledningspunktet. Effekten forventes at være en midlertidigt reduceret biomasse af bundfaunaen i et aflangt område på ca. 1.500 m x 500 m.

Forebyggende foranstaltninger

Der vil foregå en løbende miljøevaluering af de anvendte kemikalier med det formål at identificere og anvende mere miljøvenlige kemikalier, hvor dette er teknisk muligt. Boremudder og borespåner med et højt indhold af olie vil ikke blive udledt, men derimod fragtet til land til videre behandling og deponering.

Produktionsaktiviteter

Det er antaget at de nye prospekter kan være satellitinstallationer til Dan, Gorm eller Tyra behandlingscentre. Da den præcise fordeling ikke er kendt, er deres forventede produktion derfor medtaget med 100 % i vurderingerne for Gorm, Dan og med 50 % i vurderingen for Tyra.

8.4 Eventuelle kumulative effekter

Der er relativt store afstande mellem platformene i Mærsk Olie og Gas AS aktivitetsområde i Nordsøen, og da de beregnede potentielle påvirkningsafstande for udledningerne fra de enkelte platforme maksimalt er 4.000 meter for henholdsvis produceret vand og 3.000 meter for boreoperationer, vurderes der ikke at være risiko for kumulative effekter som følge af samtidige påvirkninger fra flere felter. Øvrige aktiviteter indenfor disse afstande af de nævnte udledningerne, såsom skibstrafik er af kortere varighed og vurderes derfor ikke at have nogen betydelig kumulativ miljøeffekt.

8.5 Grænseoverskridende påvirkninger

Som beskrevet i kapitlerne 7 og i ovenstående, rækker påvirkningerne fra de planlagte aktiviteter ud til maksimum 5 kilometer fra platformene. Mærsk Olie og Gas' sydlige aktivitetsområde grænser op til Tysk territorium, men afstanden fra platformene i dette område til den Tyske grænse er større end 5 kilometer. Derfor forventes ingen grænseoverskridende påvirkninger i Tysk territorium af de planlagte aktiviteter.

9. MILJØPÅVIRKNINGER FRA UFORUDSETE UDLEDNINGER

De mulige miljøpåvirkninger fra uforudsete udledninger er blevet vurderet og der er to primære typer af uheld eller uforudsete hændelser, som kunne give anledning til effekter i miljøet:

- spild af kemikalier
- spild af olie

9.1 Kemikaliespild

De kemikalier, som anvendes og oplagres i størst omfang, er typisk triethylenglykol (TEG), metanol og diesel. Ved eventuel lækage fra en tank ombord kan der under særligt uheldige omstændigheder spildes begrænsede mængder direkte til havet gennem riste, men størstedelen vil normalt blive opsamlet i drænsystemet med mulighed for tilbageholdelse og uskadeliggørelse ved fortynding eller neutralisering.

Andre kemikalier til brug ved produktionen transporteres typisk til platformene i specialtanke, som er brudsikre eller via supplybåd som bulk. Disse kemikalier er ofte mere giftige for miljøet end TEG, diesel og metanol. Under boring anvendes også kemikalier, som kan være pakket i sække eller tønder og som transporteres samlet i containere eller leveres som bulk via supplybåd. Tab og/eller brud på en container kan medføre at hele containeren med indhold mistes overbord eller at der spildes dele af indholdet. Tabt last fra kraner er opgjort i OREDA (1992) til:

11 uheld pr. 106 kalendertimer (ca. $0,8 \times 10^{-3}$ pr. år) pr. kran

Denne sandsynlighed skal ganges med frekvensen af løft med kemikalier (anslås til 0,2) og med sandsynligheden for brud på beholderen (anslås til 0,01), hvorved den samlede sandsynlighed bliver:

$1,6 \times 10^{-6}$ pr. år pr. kran

Erfaring fra Mærsk Olie og Gas AS' egen produktion viser at ved betjening af samtlige DUC installationer sker der uheld med 1-2 containere pr. år under anduvning til platforme eller under løft. Det er dog langt fra alle containere, som indeholder kemikalier.

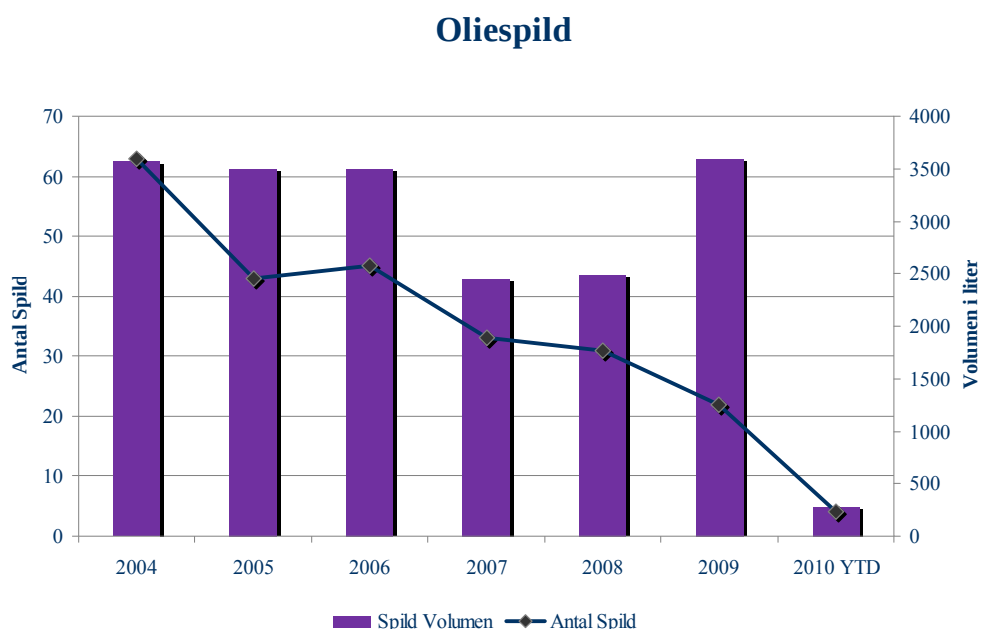
Effekten ved udledning af $2,2 \text{ m}^3$ kemikalier på én gang ved et kemikaliespild er opgjort i Statoil (1997). Området, hvor der kunne forventes toksiske effekter i en kortvarig periode (få timer) indtil kemikalierne var fortyndede til et ikke-skadeligt niveau, rakte ud til ca. 1.000 m fra platformen. I lyset af den begrænsede sandsynlighed og begrænsede effekt i miljøet foretages ingen yderligere vurdering af kemikaliespild.

9.2 Oliespildscenarier

9.2.1 Omfang og vurdering af småspild

Alle oliespild, der iagttages fra Mærsk Olie og Gas AS' installationer, registreres og rapporteres til myndighederne. Spildets mængde opgøres (hvis ikke det kendes) ved omregning baseret på observation af spildets udstrækning og farve. De seneste års udslipsdata for alle Mærsk Olie og Gas AS' faste og mobile installationer ses i Figur 9.1. Det årlige antal af spild de seneste år har svinget mellem 22 og 45 pr. år (gennemsnit 35 pr. år) og mængden varierer mellem 2 og 4 m³ på årsbasis (gennemsnit ca. 80 liter pr. spild. Det samlede antal registrerede spild i 2009 var 22 mod 31 i 2008 og 33 i 2007. Det forventes, at en midlertidig FSO, jf. afsnit 3.9.3, ikke vil bidrage væsentligt til omfanget af små spild.

Enkelte rapporterede hændelser i 2003 skyldtes udledninger af produktionsvand, som i havblikssituationer midlertidigt kan forårsage en tynd oliehinde på havoverfladen, selv når oliekoncentrationen ligger under de fra udgangen af 2006 tilladte 30 mg/l.



Figur 9.1 Oliespild 2004 - 2009

Den miljømæssige betydning af disse spild, som er fordelt på et stort antal platforme, vurderes som mindre eller ubetydelig, se afsnit 7.6. Dette afsnit giver en nærmere beskrivelse af oliespildenes skæbne samt påvirkninger forbundet med det enkelte spild og de akkumulerede påvirkninger.

9.3 Beskrivelse af spildt olie

Efter et oliespild flyder den uopløselige del af olien på havets overflade, hvor den udbreddes som et tyndt lag, der i forhold til oliemængden kan dække store områder. Vind og strøm er nøgelfaktorer i denne sammenhæng, idet disse faktorer hurtigt kan medvirke til spredning af olien.

Mens olien ligger på havoverfladen, sker der en fysisk/kemisk forandring, som først og fremmest skyldes fordampning. Størrelsen af fordampningen bestemmes af koge-

punkt og damptryk af de spildte oliekomponenter. Størst fordampning ses således for komponenter med lavt kogepunkt og højt damptryk. Temperaturen og det atmosfæriske tryk i området samt oliespildets overfladeareal har desuden betydning for fordampningen på den måde, at den totale fordampning stiger ved øgede temperaturer, lavere atmosfærisk tryk og ved større overfladeareal af spildet.

Op mod halvdelen af oliens bestanddele fordamper fra spild i de varmeste dele af året. Simulering af mindre oliespild fra Gorm feltet foretaget af DMI viser fordampninger på 40 - 50 % efter mindre end et døgn for simuleringer i september/oktober (DMI, 2005).

Hvis olien udledes under vandet eller i produceret vand, er en del opløst i vandfasen. Fra olielaget på havoverfladen opløses endvidere en mindre del af primært de lettere oliekomponenter i vandfasen. Størrelsen af spredning og fortynding af de opløste forbindelser afhænger af graden af opblanding i vandmassen, som reduceres af vertikale temperatur- og salinitetsforskelle.

Som følge af ovennævnte processer vil oliens sammensætning ændres. Andelen af større og lavt vandopløselige oliekomponenter stiger i den tilbageværende olie. Efter en vis tid på havoverfladen danner denne større og mindre klumper, som efterhånden får en tjæreagtig karakter (Miljøstyrelsen, 1978). Hastigheden af denne forvitring er afhængig af den enkelte olietypes fysisk-kemiske egenskaber, samt de ydre miljøforhold.

En del af olien kunne blive dispergeret som følge af mekanisk påvirkning fra havet. Dispersionsraten afhænger af vindpåvirkninger og oliens karakteristika. Dispersionen starter umiddelbart efter, olien er spildt og kan være signifikant efter et par timer. Oliespildssimuleringerne fra Gorm feltet viser maksimale dispersioner på op mod 40 % af den spildte olie.

Biologisk nedbrydning, iltning og emulgering er yderligere processer, som vil påvirke oliens skæbne. Omfang heraf vil dog være begrænset og over kortere tidsrum.

Modellering af mindre spild

Hver uge fortager Mærsk Olie og Gas AS en simulering af et oliespild fra en af platformene som en del af beredskabet til bekæmpelse af oliespild. Simuleringen udføres af Danmarks Meteorologiske Institut, Center for Marin Forecasting. I forbindelse med denne VVM er der blevet gennemført simuleringer af et mindre spild (300 liter råolie) fra Gorm platformen. Et spild af den størrelse er usædvanligt, men kan forekomme i forbindelse med f.eks. procesproblemer på platformene. Simuleringerne blev foretaget i den for fuglelivet følsomme efterårsperiode september-oktober (DMI, 2005).

Der går typisk et par døgn, dog op til fem-seks døgn i perioder med svag vind, før forekomster af olie i overfladen essentielt er forsvundet dvs. er under 10 liter pr. km² i overfladen (øverste halve meter i vandsøjlen) svarende til en koncentration på 0,00002 %.

Den maksimale udbredelse af olie i overfladen indtræder typisk inden for det første døgn fra udslipstidspunktet, dog halvdelen døgn i perioder med svag vind. Den maksimale udbredelse af olie i overfladen med koncentrationer over 10 liter pr. km² i overfladen dækker et areal på mellem 17-25 km² for de gennemførte simuleringer.

Olien driver med tidevandet og vinden. På tidspunktet for maksimal udbredelse, dvs. op til 30 timer efter udslippet, befinder olien sig tæt på, specifikt 8–13 sømil fra, udslippunktet.

Oliens forsvinden skyldes primært fordampning på ca. 40 – 50 % inden for det første døgn. Resten af olien dispergeres i vandsøjlen eller aflejres på bunden, men simuleringerne viser, at der på intet tidspunkt er forekomster af aflejringer på over 10 l/km².

Effekter af det enkelte spild

De biologiske effekter af et enkelt spild omfatter mulige effekter på bentiske og pelagiske organismer, som opholder sig omkring udledningspunktet samt fugle på havoverfladen omkring installationen.

Mulige effekter i vandsøjlen vil være større for spild, der foregår under havoverfladen (typisk udledning af produceret vand med forhøjet olieindhold) end for spild der foregår på havoverfladen (eksempelvis tab af olie fra platformen), da opløsningen af oliekomponenter i vandfasen er størst for den første type spild.

Effekter i vandsøjlen af oliespild kan vurderes ud fra eventuelle toksicitetstests af det spildte olies vand-akkumulerede fraktion (Water Accumulated Fraction, WAF), som er koncentrationen af oliekomponenter i vand, der er i ligevægt med olien. De mest kritiske komponenter udgøres af dem med høj toksicitet og samtidig høj vandopløselighed. Blandt de mest kritiske komponenter i spildt olie er:

Flygtige organiske forbindelser

- Benzen, Toluen, Ethylenbenzen og Xylen (BTEX)
- Fenoler
- PAH'er, specielt benz(a)pyren, som følge af meget høj giftighed.

De mindst udviklede organismer som fiskeæg og alger er de mest udsatte vandlevende organismer overfor akut toksiske effekter ved mindre spild.

Havfugle er særdeles sårbare overfor indre og ydre oliepåvirkninger. Havfugle udsættes for olie via:

- indtagelse af forurenede føde
- indtagelse af olie i forbindelse med fjerpudsning af olieindsmurte fjer
- direkte kontakt, hvor olien ødelægger fjerdragten vandafvisende og varmeisolerende egenskaber.

De to vigtigste effekter i forbindelse med mindre oliespild vil være de to sidstnævnte, som knytter sig til olieindsmøring af fuglenes fjerdragt.

Toksiciteten af olien overfor havfuglene er afhængig af oliens tilstandsform. Således vil de lettere dele af olien have størst toksisk effekt. Med tiden vil disse flygtige kulbrinte-forbindelser og vandopløselige komponenter forsvinde, og den resterende del af olien vil have en væsentligt reduceret toksisk effekt, omend den fortsat kan medføre uønskede effekter.

Jo længere tid der går, desto mindre klæbrig bliver olien, og desto mindre er muligheden for, at den klæber sig til fjerdragten. Tyktflydende olie og olieklumper med en relativ hård overflade, kan fuglene godt komme i berøring med, uden at olien absorberes ind i fjerdragten. Denne type olie vil ikke trænge længere ind i fjerdragten af sig selv. Måske vil fuglen selv fjerpudse olien ind i fjerdragten, men den tykke olie vil være mere tør og formentlig ikke have samme klistereffekt. Fuglene kan formentlig selv pudse denne olie væk fra fjerdragten. Oliekager er således ikke letale, men det er muligt at fuglenes kondition reduceres.

Havfugles fjerdragt er vandskyende men olieoptagende. Når fjerdragten kommer i berøring med olie, ophører den naturlige vandafvisning, og vandet trænger ind i fjerdragten normalt varmeisolerende lag. I koldt vand vil en 2-3 cm² plet uden varmeisolering på brystet af f.eks. en havdykand, hurtigt forvolde fuglens død, mens en kraftig tilsøling i varmere vand kan tynde fuglen så meget, at svømningen besværes og flyvning umuliggøres, så fuglen sluttelig omkommer. Resultatet af en olietilsølet fjerdragt er ofte en konflikt mellem et øget energibehov og en nedsat funktionsdygtighed. I et miljø med oftest lave temperaturer i både vand og luft og med periodevis dårlige vejr- og næringsforhold, er den olieskadede fugl relativt chanceløs. Selv let olieindsmurte fugle udviser en væsentlig stigning i stofskiftet. Olieindsmurte fugle bliver endvidere sårbar overfor rovdyr. Olie kan desuden medføre irritation eller sårddannelser af havfuglenes øjne, skind, mund eller næsehuller.

Akkumuleret effekt af små spild

Modellering af mindre olie spild viser, at olien relativt hurtigt når meget lave koncentrationer i vandsøjlen og kun aflejres på bunden i ubetydelige mængder.

Det samlede antal spild fra alle installationer har varieret mellem 22 og 129, men har de seneste 5 år ligget mellem 22 og 43. Langt de fleste af disse oliespild udgør mængder på mindre end 100 liter. Der er således kun en ringe sandsynlighed for, at oliespild overlapper hinanden i udbredelse.

Akkumulerede biologiske effekter vil kun være relevant for organismer, der er til stede i området omkring en installation i et tidsrum hvor der er flere på hinanden følgende spild. De fleste pelagiske organismer bevæger sig rundt i Nordsøen og er således ikke til stede omkring en installation i længere tid, hvorfor de ikke vil udsættes for akkumulerede effekter af små spild.

En del organismer er dog til stede i længere tid omkring installationer, omfattende fastsiddende organismer på installationen (muslinger etc.). Undersøgelser af muslinger fra platformbenene har dog ikke kunnet påvise forhøjede koncentrationer af kulbrinter (se afsnit 8.2.2).

Der er dog risiko for, at flere mindre oliespild i den for fuglene følsomme efterårsperiode kan medføre, at fugleforekomster ændres lokalt omkring installationerne. Fremtidig monitoring af fugle omkring platformene i Nordsøen skal bidrage med yderligere information til at vurdere evt. påvirkninger (se afsnit 10.4).

Mærsk Olie og Gas AS vil fortsat søge at minimere antallet og mængderne af spildt olie til havet.

9.3.1 Store olieudslip

Større spild fra offshore platforme, herunder "blow-out" og spild fra en FSO, forekommer relativt sjældent, se afsnit 6.8. Sandsynligheden for et offshore "blow-out" er større for efterforskningsbrønde end for boring af en produktionsbrønd. Ved en efterforskningsbrønd bores der ofte i ukendt undergrund. Risikoen for "blow-out" fra produktionsbrønde er derfor ca. 5 gange lavere (Miljøstyrelsen, 1991). Udslip fra en færdiggjort brønd i produktion har endnu lavere sandsynlighed bl.a. pga. nødnedlukningsventiler og "subsea safety valves" (SSSV). På grundlag af olieindustriens samlede erfaringer benytter Mærsk Olie og Gas AS følgende tal i sine sikkerhedsredegørelser (COWI, 2009):

- udviklingsboring: 3×10^{-3} pr. brønd
- producerende brønd: $0,95 \times 10^{-4}$ pr. brønd pr. år

Baseret på olieindustriens samlede erfaringer benytter Mærsk Olie og Gas AS i sine sikkerhedsredegørelser en sandsynlighed på 10^{-4} pr. år for en påsejling af en platform med et større skib. Det skønnes, at sandsynligheden for en påsejling af en FSO er i samme størrelsesorden. Det skønnes ligeledes, at det maksimale oliespild i en sådan situation svarer sammenlagt til indholdet af én wing tank, dvs. til omkring 20.000 tons.

Der fokuseres i næste afsnit på en "værst mulig" situation: udslip af store oliemængder efter et "blow-out". Et "blow-out" kan omfatte både olie og gas, mens udslip af store gasmængder vurderes ikke at have betydning for Nordsøens havmiljø. Beredskabsmæssige tiltag og afværgeforanstaltninger er omtalt sidst i kapitlet.

Modellering af udslip

Der er tidligere udført beregninger for et simuleret "blow-out" på Gorm feltet med et omfang af 900 tons olie pr. døgn i 25 døgn (Dansk Boreselskab A/S, 1984; Mærsk Olie og Gas AS, 1999). Simuleringen blev valgt som et "realistisk værst tænkeligt" tilfælde, hvor et meget stort spild ikke kan begrænses ved brug af olieopsamlingsudstyr. Det vurderes at denne simulering også er dækkende for forholdene ved andre felter.

For at verificere og supplere spredningsberegningerne fra Dansk Boreselskab (1984) er der yderligere gennemført beregninger af et stort spild fra Halfdan med en opdateret model (DHI 2010). Der blev anvendt en spildrate på 13.400 tønder/dag i 14 dage svarende til en total mængde på 29.826 m³. Modellen blev kørt for en periode på 120 dage. Resultaterne herfra bekræfter resultaterne fra Dansk Boreselskab A/S (1984) vedr. oliespildets spredning og stranding. Nedenstående er baseret på Dansk Boreselskab A/S (1984).

Historiske erfaringer med "blow-out" i perioden 1970-80 viser, at "bridging" (hel eller delvis kollaps og lukning af borehullet) normalt hurtigt finder sted og begrænser udstrømningen. Yderligere har mange produktionsbrønde gasløft, og produktionen understøttes ofte af vandinjektion. I en mulig "blow-out" situation forventes brønden derfor hurtigt at miste energi, således at produktionen ophører (brønden "dør"). Det modellerede udslip vurderes derfor til at være større end et reelt udslip i forbindelse med "blow-out" fra eksisterende brønde. Desuden forventes ca. 30 % af de borede brønde kompletteret som vandinjektorer. Sandsynligheden for et stort "blow-out" i forbindelse med boring af de planlagte 150 brønde og i forbindelse med boring af de nye brønde som anvendes i sikkerhedsredegørelsen er angivet i afsnit 7.1.2. Det eneste rapportere-

de store udslip i regionen (inklusive Nordsøen) er imidlertid det i afsnit 6.8 nævnte ”blow-out” fra Ekofisk i 1982. Med antallet af brønde i Nordsøen er sandsynligheden for et stort ”blow-out” således meget lille. De i sikkerhedsredegørelsen anvendte ”blow-out” risici anses derfor som konservative og sandsynligheden 44×10^{-4} pr. år som anvendt i VVM 1999 for ”blow-out” med et stort olieudslip anvendes i stedet.

Simuleringen benytter aktuelle data for residualstrømsforhold og faktiske vejrdata for Nordsøen udvalgt fra to forskellige perioder på i alt 5 år. Der er kørt simuleringer for de fire årstider for sig, forår, sommer, efterår, og vinter, idet de fremherskende vinde og strømforhold forandrer sig meget i årets løb.

Modelleringen inkluderer konservative antagelser vedrørende emulsionsdannelse, fordampning og forvitring af olien på havet. Resultaterne præsenteres i form af beregnede sandsynligheder for stranding i bestemte kystområder, drivtider til kyst og den strandede mængde.

Den maksimale strandede mængde og den mindste drivtid for hver periode på året er bestemt på baggrund af resultaterne for 100 simuleringer; dvs. i alt 400 simuleringer. Det er ikke nødvendigvis det samme oliespild, som resulterer i den korteste drivtid og den største strandede mængde.

Resultaterne af simuleringerne opsummeres i syv hovedtal for hvert kystafsnit (se figurerne 9.2–9.5), svarende til:

- relativt antal spild som giver stranding af olie (%)
- andel udgjort af strandet olie i forhold til samlet spild (%)
- minimum drivtid (dage)
- gennemsnitlig drivtid (dage)
- største mængde strandet olie (ton)
- 50 % fraktiler for strandet mængde ved 100 spild
- gennemsnitlig mængde olie strandet ved 100 spild

Ud fra den ovenfor angivne sandsynlighed for, at et udslip i det hele taget finder sted (44×10^{-4} pr. år anvendt i VVM 1999 og VVM2005), kan den absolutte sandsynlighed for et oliespild med efterfølgende stranding af olie på kysten beregnes.

Resultaterne er sammenfattet i nedenstående Tabel 9.2.1.

Tabel 9.2.1: Resultater af modellering af 400 olieudslip fordelt med 100 simuleringer på hver årstid af værste tænkelige spildsituation (900 tons/d i 25 dage). Tabellen giver en oversigt over risiko for, at olien når kysten, samt evt. hvor meget og hvornår.

	jan-mar	apr-jun	jul-sep	okt-dec
Absolut sandsynlighed for stranding på dansk kyst %	0,33	0,36	0,47	0,45
Relativt antal modellerede spild med stranding på dansk kyst %	68	72	94	91
Max. mængde (tons)	2.885	1.906	2.021	2.632
Gennemsnitlig drivtid (dage)	20	14	18	9
Min. dage til stranding	9	8	8	6
Absolut sandsynlighed for stranding på norsk kyst %	0,25	0	0,19	0,31
Relativt antal modellerede spild med stranding på norsk kyst %	50	0	37	63
Max. mængde (tons)	1.670	0	4.002	2.983
Gennemsnitlig drivtid (dage)	50	-	25	28
Min. dage til stranding	23	n.a.	16	14
Absolut sandsynlighed for stranding på tysk kyst %	0,01	0,39	0,24	0,06
Relativt antal modellerede spild med stranding på tysk kyst %	3	77	48	12
Max. mængde (tons)	92	1.360	2.825	892
Gennemsnitlig drivtid (dage)	101	56	20	10
Min. dage til stranding	93	16	11	8
Absolut sandsynlighed for stranding på hollandsk kyst	0	0	0	0
Relativt antal modellerede spild med stranding på hollandsk kyst %	0	0	0	0
Max. mængde (tons)	0	0	0	0
Gennemsnitlig drivtid (dage)	-	-	-	-
Min. dage til stranding	-	-	-	-
Absolut sandsynlighed for stranding på engelsk kyst	0,08	0,15	0	0
Relativt antal modellerede spild med stranding på engelsk kyst %	15	30	0	0
Max. mængde (tons)	958	825	0	0
Gennemsnitlig drivtid (dage)	60	56	-	-
Min. dage til stranding	34	31	-	-

Bemærk at det relative antal spild sammenlagt kan være mere end 100 % for et givet kvartal, idet flere landes kyster kan rammes af samme oliespild. Et oliespild vil dog ikke fordele sig jævnt over hele strækningen, men forekomme i højere koncentrationer lokalt.

Januar til marts

De fremherskende vindretninger betyder, at drivbaner med retning mod den engelske kyst ikke er særligt sandsynlige (0,07 %), og at den korteste drivtid til denne kyst er 34 dage. Olie når sandsynligvis ikke den hollandske Vadehavskyst, mens der samlet er 0,01 % risiko for stranding ved den tyske kyst. Den samlede risiko for stranding af olie på dansk og norsk kyst er hhv. 0,29 % og 0,22 %.

April til juni

Vindretningen er mere variabel i denne periode, og der beregnes højere sandsynligheder for stranding af olie især i sydlig og østlig retning (0,32 % på den danske kyst, 0,34 % på den tyske kyst). Drivtider er stadig min. 8-10 dage til kyst. Den norske Skagerrak kyst rammes sandsynligvis ikke i denne periode, mens Vadehavsområdet kan rammes efter min. 14 dage.

Juli til september

Sydvesten- og vestenvinden er fremherskende i denne periode, hvorfor der er højere risiko for stranding af olie på dansk kyst (0,41 %). Der er 0,16 % risiko for stranding af olie på den sydnorske kyst, mens risikoen for stranding i Vadehavsområdet er faldende (0,21 %). På den hollandske kyst strander ingen olie. Drivtiderne er generelt lidt kortere end i den foregående periode.

Oktober til december

Vindretningen er mere sydlig end i den foregående periode, og risikoen for stranding af olie på den norske kyst er 0,27 %, mens den på dansk kyst er 0,40 %. For den tyske kyst er sandsynligheden for stranding nu faldet til 0,05 %. Den korteste drivtid mod dansk kyst er den laveste i løbet af året (6-8 dage). Mod norsk kyst er den 14 dage.

9.3.2 Vurdering af anvendelse af simuleringen

Modellen regner med en stærkere emulsionsdannelse og langsommere fordampning af olien end kan forventes for DUC-olien. Desuden tager modellen ikke højde for, at stærk blæst, som formindsker drivtiden ind til kysten, samtidig øger oliens dispersion i vandsøjlen og derfor formindsker de ilanddrivende mængder.

Da produktionen fra de enkelte brønde mindskes med tiden, bliver bidraget fra den enkelte brønd gennemsnitligt mindre og det må derfor forudses, at den mulige mængde i forbindelse med et udslip vil blive mindre end antaget i dette afsnit.

Senere miljøvurderinger (Amerada Hess, 1997: Statoil, 1997) benytter andre beregningsmodeller og udledningsscenarier, der fører til lignende konklusioner som de i denne vurdering fremførte.

Simuleringen tager som nævnt udgangspunkt i Gorm feltet, men kan korrigeres for at tage højde for udslip, der finder sted fra andre installationer. På grund af den relativt korte afstand mellem Gorm og de andre felter vil drivtiderne til nærmeste kyst ikke blive påvirket med mere end +/- ½ døgn. På grund af de konservative aspekter af modellen forventes de ilanddrevne mængder af olie ikke at være væsentlig anderledes.

Som konklusion kan opstilles følgende overordnede nøgletal for spildmodelleringen:

Risiko for udblæsning med efterfølgende stort olieudslip:	44 x 10 ⁻⁴
Sandsynlighed for at udslippet medfører olie på dansk kyst:	0,41 %
Maksimum procentdel ilanddreven olie:	13 %
Gennemsnitsdrivtid til kysten:	15 dage
Sandsynlighed for at udslippet medfører olie på norsk kyst:	0,19 %
Maksimum procentdel ilanddreven olie:	18 %
Gennemsnitsdrivtid til kysten:	34 dage
Sandsynlighed for at udslippet medfører olie på tysk kyst:	0,17 %
Maksimum procentdel ilanddreven olie:	12 %
Gennemsnitsdrivtid til kysten:	40 dage
Sandsynlighed for at udslippet medfører olie på engelsk kyst:	0,05 %
Maksimum procentdel ilanddreven olie:	4 %
Gennemsnitsdrivtid til kysten:	58 dage
Sandsynlighed for at udslippet medfører olie på hollandsk kyst:	0

9.3.3 Oliens spredning og nedbrydning på havet

Efter et muligt, større spild vil et antal processer påvirke udbredelsen af olien:

- vind- og strømforhold
- opblanding i vandsøjlen
- emulsionsdannelse
- fordampning

Disse processer vil bestemme udbredelsen af oliespildet især på havoverfladen, hvor fugle kan blive ramt. Imidlertid vil andre processer have betydning for spredningen i vandsøjlen (Capuzzo, J.M., 1987; Connell, D. W., 1997):

- opløselighedspotential for oliens indholdsstoffer
- spredning af oliepartikler og opløste oliestoffer i vand
- fordeling af olien mellem oliepartikler og opløste oliestoffer
- sedimentation
- nedbrydning af olien i vand og sediment

Oliens indhold af forskellige komponenter og disses iboende egenskaber vil påvirke den samlede opløselighed, fordeling og nedbrydning af olien. Den samlede eksponering af miljøet vil dog især være påvirket af vind, strøm og vejr.

Fordampeligheden af den lette fraktion af olien, og over længere tidsrammer også de lidt tungere komponenter ("semi-volatiles"), vil især omfatte alkaner (kædelængder op til C₆-C₇) og monoaromater (inklusive de metylerede). Da disse er blandt de mere toksiske oliekomponenter, reduceres oliens akvatiske giftighed med tiden.

Det er især de korte alkaner (< C₇) og aromatiske forbindelser (mono- og diaromatiske), som kan opløses i vandet. Denne fraktion kaldes den vandopløselige fraktion (WAF) og står for hovedparten af den observerede toksicitet af olie (Capuzzo, J.M., 1987).

Oliens spredning i vandsøjlen bestemmes primært af miljøfaktorer som bølger, vind og strøm, der forårsager en opblanding af små oliedråber i den øverste vandsøjle. Det er

fundet, at med vindhastigheder på 7-10 m/s bliver 6-18 % af olien opblandet i vandsøjlen pr. døgn (Dansk Boreselskab A/S, 1984; Lange, R., 1984).

Vindhastigheden påvirker den videre udvikling af oliespildet på flere måder, primært ved at skabe bølgeaktivitet, som fremmer oppiskningen af olien til en emulsion med vandet og øger optagelsen af opløselige oliefraktioner i vandsøjlen. Desuden øger den fordampningen af de lette oliefraktioner til luften. Emulgeringen vil øge oliens opholdstid på overfladen og øger spildets samlede volumen. De andre effekter fjerner olie (eller dele af den) fra overfladen og reducerer spildets volumen. Disse effekter har vist sig vanskelige at modellere og kvantificere i laboratorieforsøg.

Nedbrydning ved fotooxidation med UV lys omdanner især stoffer med en aromatisk gruppe som benzen, toluen og andre mono- og polyaromatiske stoffer. De iltede forbindelser er ofte giftige men forekommer sjældent i større koncentrationer, da de kun dannes i tynde film og stærkt lys.

Bionedbrydelighed omdanner hurtigt ligekædede alkaner, mens nedbrydning af grene- de alkaner er betydeligt langsommere. Aromatiske forbindelser omdannes også ved biologisk nedbrydning både under aerobiske og anoxiske betingelser.

9.3.4 Karakteristika ved råolierne

De fleste råolier fra de af Mærsk Olie og Gas AS opererede felter er ikke væsentligt forskellige fra hinanden på en række nøgleparametre), som også kendetegner opførslen i miljøet (se tabel 9.2.2):

Tabel 9.2.2 Karakteristika for råolier

	Massefylde v/ 15 °C (kg/l)	Pour point °C	Viskositet v/20 °C (cSt)	Asfaltener % vægt
Rolf	0,8693	9	12,58	0,05
Skjold	0,8775	<-33	18,82	0,10
Gorm	0,8530	-27	8,89	0,05
Dagmar	0,8387	-12	7,33	0,05
Regnar	0,8505	-12	16,53	0,05
Kraka	0,8650	-24	15,88	0,05
Tyra Øst eksport	0,8136	<-33	3,43	0,05
Halfdan	0,8636	-27	12	NA
Dan F (uden Kraka)	0,8802	<-33	15,94	0,05
Valdemar	0,8366	-34	NA	0,02
Harald	0,7601	-39	NA	0,02
Roar	0,7580	<-54	NA	NA
Lulita	0,8670	27	26,7	0,23

9.3.5 Olietypernes forskellige opførsel

På grundlag af mangeårig erfaring i teknisk bistand til oprydning efter oliespild har ITOPF (International Tanker Owners' Pollution Federation) inddelt verdens råolier i fire grupper efter deres forventede skæbne i en spildsituation, hvor gruppe 1 rummer lette olier uden emulsionsdannelse, mens gruppe 4 omfatter tunge olier med meget høj

emulsionsdannelse og en lang levetid på havet. Olier fra de danske felter, Lulita undtaget, placeres i gruppe 2 (pour point <5°C) som har en relativt kort levetid på havet (4 dage) (ITOPF, 1998). Det skal nævnes, at olieproduktionen fra Lulita er meget beskedent.

Laboratorieemulsionstest på olie fra Gorm og Dan felterne bekræfter dette, idet olierne viser god faseadskillelse og ringe emulsionsdannelse (Klitte, P & L.H. Jensen, 1987).

Erfaringer fra tidligere oliespild, f.eks. Ekofisk spildet i 1982 viser, at oliens asfaltenindhold er bestemmende for oliens evne til at optage vand og danne en emulsion. Ekofisk-råolie danner en stiv emulsion ("mousse"), som resulterer i en netto volumenforøgelse på 360 % (efter 24 timer) og 220 % (efter 7 dage, hvor oliens lettere fraktioner er fordampet). Ekofisk-råolie angives at tabe 29 % (vægt) på 48 timer og 36 % (vægt) efter 120 timer i laboratorieforsøg, når der ikke dannes "mousse". Med undtagelse af Lulita olien har olien fra felterne opereret af Mærsk Olie og Gas AS et lavt asfaltindhold.

Tabet af oliekomponenter til luften efter en uge på havet svarer i grove træk til tab af alle komponenter med et kogepunkt under 200°C. Det aktuelle tab vil dog også påvirkes af temperaturen, emulsionsdannelse og vindhastighed. Gorm-olien, som har været anvendt ved oliespildsmodelleringen, blev antaget at have et indhold af flygtige komponenter på 29 % (Dansk Boreselskab A/S, 1984), hvilket i lyset af senere undersøgelser synes at ligge i underkanten af det normale (30-33 %). Råolier bl.a. fra Halfdan har et indhold af lette kulbrinter mellem 23 og 30 %.

9.3.6 Udbredelse af olie på overfladen og i vandsøjlen

Oliespildssimuleringen giver information om drivtider, drivretninger, risiko for strandning og strandet mængde, men ikke information om spildets forventede udbredelse. I reference 6 er angivet en enkel omregningsformel mellem spildstørrelse (V), radius (R) og det maksimale areal, spildet kan have (A) i en situation uden vind- og vandbevægelser (passiv spredning):

$$A_{\max} = \pi \times (R_{\max})^2 = 10^5 \times V^{0,75}$$

Herfra kan beregnes, at et spild på 900 tons/døgn (ca. 1.060 m³/døgn) i 25 døgn (i alt 26.400 m³) ved passiv spredning alene vil dække et areal på 208 km².

Beregningen er konservativ, hvad angår mængder, idet det forudsættes, at al olien forbliver på overfladen. Imidlertid påvirker vind og temperatur tabet af de letfordampelige fraktioner fra olie spildt på havet. Ved f.eks. Ekofisk udblæsningen var fordampningstab af olie 35-45 % i løbet af de første 24 timer (CONCAWE, 1981).

Beregningen kan anvendes til at anslå koncentrationer i vandfasen ("water accommodated fraction", WAF), idet den vandopløselige fraktion af olien kan medføre toksiske effekter. Et værst muligt scenario for toksiske effekter i vandsøjlen kan stilles op under følgende forudsætninger:

- i alt 45 % af olien fordamper

- anslået 20 % af råolien er aromatiske forbindelser, hvoraf halvdelen (10 % af råolien) opløses i vandet (begrænset fordampning og fuld opløselighed)
- olien spredtes kun passivt (areal ca. 200 km²)
- den vandopløselige fraktion fordeles i hele vandsøjlen (40 m dybde)
- der sker ingen fortynding eller nedbrydning under de 25 dages udledning

Under disse forudsætninger vil koncentrationen af den vandopløselige fraktion i vandsøjlen blive 0,15 mg/l, fordelt over hele arealet på 208 km² i hele vanddybden på 40 m. I praksis vil der dog i en passiv spredningssituation kunne forventes en koncentrationsgradient med højere koncentrationer nær overfladen og lavere koncentrationer ved havbunden. De beregnede 0,15 mg/l kan i så fald alene opfattes som en gennemsnitskoncentration.

På grundlag af disse tal kan miljøeffekterne i vandsøjlen vurderes nærmere, idet effektområdet faktisk udstrækning dog også vil være bestemt af den vind- og strøminducerede spredning og fortynding af oliespildet. En større spredning af spildet vil betyde en lavere koncentration i vandsøjlen. Spredningsretningen afhænger af de aktuelle vejrforhold på udslipstidspunktet.

9.4 Påvirkede naturressourcer

Effekter af olie i det marine miljø forårsages dels af oliens fysiske egenskaber, dels af dens kemiske sammensætning:

- Olien er klistret og kan indsmøre organismer, der kommer i berøring med den.
- Kemiske komponenter i olien kan være giftige. Visse stoffer kan også give afsmag i fisk og skaldyr.

Da oliens toksiske egenskaber reduceres under spredningen, jf. afsnit 7.2.4, vil effekter, som skyldes giftige komponenter, navnlig optræde i nærheden af udslipspunktet. I større afstand fra kilden vil der opstå effekter som følge af oliens fysiske egenskaber, som også forandres med tiden.

Under et oliespild vil de første organismer, der kan påvirkes, være de, der opholder sig på eller i umiddelbar nærhed af vandoverfladen (havfugle og planktoniske organismer). Senere kan noget af olien synke til bunds eller strande på kysten og påvirke organismene her.

I Nordsøen er havfugle generelt de mest sårbare organismer over for et oliespild. Visse kyststrækninger er også meget sårbare. I den følgende tabel 9.3.1 er vist hvilke effekter og følsomme områder, der befinder sig i risikoområdet for et "blow-out" fra installationer i Aktivitetsområdet.

Tabel 9.3.1 Effekter og følsomme områder i risikoområdet

Bestande og natur-områder	Områder med mulig påvirkning, bestande og organismer med risiko for effekt ved oliepåvirkning
Havfugle	• Bestandene af søkonger, alke og lomvier i fældningstiden juli-oktober og om vinteren (november-april) i Skagerrak og den sydvestlige del af Norske Rende. Området er af international betydning for havfugle. • Internationalt betydende forekomster af rød- og sortstrubet lom samt sortand (oktober-april) langs specielt den sydlige del af den jyske vestkyst
Kyst	• Skader forårsaget af olie, der strømmer ind i Ramsar og EU fuglebeskyttelsesområdet ved Harboøre /Agger Tange. • Skader på landskabsværneområder og naturreservater langs den norske kyst mellem 5° og 10° E. • Stranding af olie på sandstrandene langs den jyske vestkyst om sommeren, hvilket kan være til gene for turismen og forårsage økonomiske tab. • Stranding af olie langs den norske kyst fra 5° og 10° E kan skade rekreation/friluftaktiviteter og turismen. • Skader på akvakulturanlæg langs Norges sydkyst.
Vandområder	• Dogger Banke området, især skader på plankton og fiskeyngel.
Gydepladser	• Gydepladser for torsk og rødspætte ligger i områder som sandsynligvis kunne rammes i tilfælde af et "blow-out". Betydelige mængder æg og larver vil kunne dø i tilfælde af et "blow-out" i gydeperioden.

9.5 Påvirkninger af dyrelive

9.5.1 Påvirkning af havfugle

Havfugle er særdeles sårbare over for indre og ydre oliepåvirkninger. Havfugle udsættes for olie via:

- direkte kontakt, hvor olien ødelægger fjerdragts vandafvisende og varme-isolerende egenskaber
- indtagelse af forurenede føde
- indtagelse af olie i forbindelse med fjerpudsning af olieindsmurte fjer

Den direkte kontakt mellem olien og fuglenes fjerdragt er langt den hyppigst dokumenterede dødsårsag i forbindelse med olieforurening, især på fuldt udvoksede fugle. Langtidsvirkning fra toksiske effekter vil eventuelt kunne registreres som subletale effekter uden kendt indflydelse på bestandsstørrelsen af arten.

Der er ingen veldokumenterede kilder for sammenhængen mellem oliens forvittringsgrad og effekten på havfugle. Det er generelt accepteret, at forvitringen af olien på havet medfører, at olien bliver mindre klæbrig, og dermed er der mindre mulighed for, at olien klæber sig til fjerdragten. Tyktflydende olie og olieklumper med en relativt hård overflade kan fugle tilsyneladende tåle at komme i berøring med, uden at olien absorberes i fjerdragten (Oil Spill Response Ltd.). Den tykke olie er mere tør og har ikke de nødvendige klæbende egenskaber. Oliekager er således ikke nødvendigvis fatale, men det er muligt, at de kan være årsag til, at fuglenes generelle tilstand forværres.

Der synes ikke at være nogen entydig sammenhæng mellem størrelsen af et oliespild og det resulterende antal omkomne fugle, hvilket fremgår af tabellen herunder (Burger, A.E., 1993). Der er således ekstreme tilfælde, hvor mange fugle er fundet døde ved små oliespild, eller hvor få fugle er fundet døde ved store oliespild. Man ser således ikke en tydelig sammenhæng mellem oliespildenes geografiske udbredelse og mængden af døde fugle. Årsagen er bl.a., at der er betydelig variation i fuglenes faktiske udbredelse og tæthed i tid og sted. Der foreligger kun en enkelt oplysning om omkomne havfugle i relation til oliespild fra platforme i Nordsøen. Ved udblæsningen på Ekofisk i Nordsøen i april 1977 spildtes 20.000-30.000 tons råolie, men den blev hurtigt spredt af vind og hård sø. I forbindelse med denne udblæsning blev der kun registreret få omkomne fugle, formodentlig pga. det moderate antal havfugle i den centrale del af Nordsøen på dette tidspunkt.

Tabel 9.5.1. Eksempler på oliespild med spildvolumen og den beregnede faktiske Havfugledødelighed (Burger, A.E., 1993; *andre kilder).

	Tankskib	Sted	Spildvolumen (tons)	Estimeret dødelighed
	Prestige	Galicien, Spanien	74.000	65.000 -130.000
	Erika	Bretagne, Frankrig	10.000	120.000 - 300.000
	Sea Empress	Wales, England	72.000	6.900 -
	Braer	Shetlands øerne	85.000	1.600 -
	Exxon Valdez	Prince Williams Sund, Alaska	36.400	350.000 - 390.000
	Svensk tanker	Kattegat, Danmark	500	50.000
	Deivos	Helgoland, Norge	1.000	14.000
	Amoco Cadiz	Brittany, Frankrig	200.000	20.000

	Ikke op-lyst	Vadehavet, Hol-land	150	35.000 - 41.000
	Torrey Canyon	Den Engelske Ka-nal	119.328	30.000
	Gerda Mærsk	Elben, Tyskland	8.000	500.000

Den individuelle sårbarhed er særligt stor for de arter, der hovedsageligt ligger på hav-overfladen og dykker efter føde (lommer, lappedykkere og alkefugle), mens de mere mobile havfuglearter (stormfugle, suler, måger), som søger føden fra luften, er mindre udsatte. Sårbarheden er proportional med den tid, som fuglene tilbringer i kontakt med vandet. Arter, som dykker for at undgå en fare, har desuden større risiko for at komme i oliekontakt, end de som reagerer ved at flyve væk, ligesom arter, der har et lavt re-produktionspotentiale, vil være mere sårbare over for et oliespild. De havfugle, der vurderes at være de mest sårbare overfor olieuheld i Nordsøen, er lom, storkjove og alkefugle. Det skyldes primært, at disse arter tilbringer meget tid på vandoverfladen, samt at de har et lavt reproduktionspotentiale og således vil være lang tid om at genop-rette en bestandstilbagegang. Kønsmodne individer hos disse arter vil kunne påvirke effekten på bestandene langt mere end de ikke kønsmodne individer. Havdykænder og måger placerer sig lavest i et sårbarhedsindeks. Det skyldes arternes store bestande og deres høje reproduktionspotentiale.

Der er omkring 10 millioner havfugle i Nordsøen det meste af året, og mange arter findes i et antal, som udgør en væsentlig del af den totale verdensbestand. De vigtigste havfugleområder i Nordsøen omfatter bl.a. følgende 6 vigtige områder:

- 1 det nordlige Kattegat
- 2 havområdet omkring Orkney og Shetlandsøerne
- 3 Moray Firth-Aberdeen Bank-Tees
- 4 Skagerrak og den sydvestlige del af Norske Rende
- 5 Tyske Bugt
- 6 Cap Griz Nez-Schiermonnikoog.

Den centrale del af Nordsøen er ikke af afgørende betydning for havfugle (Skov, H., et al., 1995). Det er især ovennævnte områder 3, 4 og 5 som i sjældne tilfælde kan blive ramt af et eventuelt større oliespild fra felterne i Nordsøen.

De enkelte fuglearter har forskellig følsomhed for olie. Dette er udtrykt som et beregnet "sårbarhedsindeks" for fugle ("oil vulnerability index", OVI) (Carter, I. C., et al. 1993; NSOC-Denmark, 1992), som dog er udtryk for en gennemsnitssårbarhed, som kan dække over store variationer i årets løb, f.eks. i forbindelse med udskiftning af fjerdragten.

- Sårbarhedsindekser for den danske del af Nordsøen (OVI) og for Nordsøen som helhed (OVI(NS)) vises i tabel 9.4.2. Sårbarhedsindekserne udregnes på basis af 4 faktorer (kolonnerne a-d i tabel 9.4.2), som for hver art beskriver:
- den generelle sårbarhed overfor olieforurening, udtrykt som andelen af tiden, fuglen tilbringer på havoverfladen
- størrelsen af den biogeografiske (nordvesteuropæiske) artsbestand
- potentiale for bestandstilvækst efter en nedgang i antal
- afhængighed af det marine miljø

Den samlede sårbarhedsindeks (OVI) beregnes ved at kombinere disse faktorer:

$$OVI = 2a + 2b + c + d.$$

Indekset i NSOC-Denmark (1992) er udregnet for det danske Nordsøområde på grundlag af data gældende for dette område. Indekset i NSOC-Denmark (1992) er udregnet for hele Nordsøområdet og benytter en database, hvori de benyttede data fra NSOC-Denmark (1992) også indgår. NSOC-Denmark (1992) benytter dog en korregeret beregningsformel ($4a + 2b + c + d$) for lomvie i sensommerperioden, hvor fuglene taber svingfjerene og ikke kan flyve.

Som det ses fra Tabel 9.4.2 er der god overensstemmelse mellem de beregnede OVI i de to rapporter. Tabel 9.4.2 viser de benyttede værdier for faktorerne a, b, c, og d, som indgår i sårbarhedsindekset for den danske sektor.

Tabel 9.5.2. Sårbarhedsindeks (OVI) for de enkelte havfuglearter i den danske del af Nordsøen og i Nordsøen som helhed.

Art	Danmark				Nordsøen	
	a	b	c	d	OVI	OVI
Rødstrubet lom	5	5	5	5	30	29
Sortstrubet lom	5	5	5	5	30	29
Gråstrubet lap-	5	5	3	5	28	26
Storkjove	4	5	4	5	27	25
Tejst	5	4	4	5	27	29
Alk	5	3	5	5	26	24
Lomvie	5	2	5	5	24	22

Sule	4	3	5	5	24	22
Dværgmåge	3	5	3	4	23	24
Søkonger	5	1	5	5	22	22
Lunde	5	1	5	5	22	21
Mallemuk	4	1	5	5	20	18
Svartbag	2	4	4	4	20	21
Sildemåge	3	3	4	4	20	19
Sortand	4	2	1	5	18	19
Ride	4	1	3	5	18	17
Sølvmåge	2	2	4	3	15	15
Edderfugl	3	1	2	5	15	16
Stormmåge	2	2	3	2	13	13

9.5.2 Betydning af områderne

For at få en indikation af den rumlige variation i sårbarheden af den Centrale Nordsø og Aktivitetsområdet i relation til fugle blev OVI-indeksværdierne for de enkelte arter integreret til såkaldte AVV-værdier efter en metodik udviklet for Nordsøen og omgivende farvande, som kan implementeres i GIS (Williams et al. 1995; Skov et al. 2002). Sårbarheden modelleres geostatistisk på baggrund af summen af de artsspecifikke sårbarhedsindeks (såkaldte OVIs) ud fra formlen:

$$\text{Sårbarhed} = \sum \text{arter} \ln(d + 1) \times \text{OVI}.$$

Sårbarhedsværdierne blev midlet for fire sæsoner og interpoleret til grids med en opløsning på 30 km. Udbredelsen af de højsårbare områder reflekterer i høj grad udstrækningen af områder af international betydning for fugle i Nordsøen.

Skov, H., et al., (1995) vurderer de ovennævnte havfugleområder i Nordsøen i forhold til deres "internationale betydning", som afgøres efter, hvor stor en del af den nordvesteuropæiske vinterbestand af havfugle, der befinder sig i området; mere end 1 % af bestanden pr. 3.000 km² betragtes som betydningsfuld. Det skal understreges, at betydningen for den enkelte fugleart kan variere stærkt i årets løb, og den kan også variere i forhold til de øjeblikkelige og/eller sæsonmæssige vejrforhold. Vurderingen af områdernes betydning er derfor ikke udtømmende, og andre områder kan også være af betydning ved visse årstider.

Område 3 ved den britiske kyst er det meste af året af international betydning for lomvie og alk og en række andre havfuglearter. Områdets høje AVV-værdier ligger generelt i en afstand på mindst 200 km fra de vestlige platforme. Skagerrak og den sydvestlige del af Norske Rende (område 4) er af international betydning for sule, storkjove, sølvmåge, lomvie, alk og søkonger. I område 5 (den østlige del af Tyskebugten ud for Vadehavet) forekommer høje tætheder af rød- og sortstrubet lom, og området vurderes at være det vigtigste område for smålom i verden. Området huser endvidere høje tætheder af sortand. Endelig er området af international betydning for gråstrubet lappe-dykker, dværgmåge, sølvmåge og splitterne (Skov, H., et al., 1995). Både de højsårbare områder i Norske Rende og i Tyske Bugt ligger omkring 100 km fra nærmeste platforme i DUC-området.

Sårbarheden i selve Aktivitetsområdet kan generelt karakteriseres som lavsårbart med AVV-værdier ca. faktor 10 lavere end i de højsårbare områder i Skagerrak og Tyske Bugt. De nærmeste mediumsårbare områder ligger i trækperioderne forår og efterår umiddelbart øst for og vest for Aktivitetsområdet. Denne stigning af sårbarheden af naboområderne har baggrund i forekomster af især lomvie og alk.

For de nævnte højsårbare områder, som kan rammes af det ”værst mulige” oliespild fra "blow-out" i Aktivitetsområdet, er følgende arter med populationer af international betydning udsat for risiko (sårbarhedsindekset (OVI) angives for hvert område):

Tabel 9.5.2. Sårbarhedsindeks (OVI)

Art	Område 3	Område 4	Område 5
Rødstrubet lom	30		30
Sortstrubet lom	30		30
Gråstrubet lappedykker			28
Storkjove	27	27	
Tejst	27		
Alk	26	26	
Lomvie	24	24	24
Sule	24	24	
Dværghmåge			23
Søkonge		22	22
Svartbag	20		
Sortand			18
Sølvmåge		15	
Stormmåge			13

Note: Islom, topskarv og splitterne er ikke med i opgørelsen for dansk sektor og kan ikke angives med sårbarhedsindeks.

Påvirkning

De strandede mængder olie, som er beregnet i simuleringen, vil have deres største effekt på fugle, mens spildet driver på havet, idet vand- og vadefugle dog udsættes for risiko i forbindelse med strandet olie. Resultaterne fra simuleringen kan anvendes til at rangordne de mulige effekter i de enkelte områder. Den faktiske effekt vil afhænge af oliens opførsel og fordeling kombineret med fuglenes aktuelle fordeling og adfærd. En omfattende statistisk modellering af såvel oliespilds som fuglenes fordelinger i Nordsøen vil i teorien kunne give en indikation af, hvor mange fugle der i værste fald vil kunne forventes ramt, men resultaterne ville være behæftet med stor usikkerhed.

Den britiske kyst (følsomt område 3) kan rammes mellem januar og juni. Dette er den tid på året, hvor alkefugle er mere koncentreret i områderne omkring deres kolonier, og hvor de ikke tilbringer så meget tid på havet. Alk og lomvie forekommer i 14 og 30 % af den biogeografiske population i dette område, og populationen kunne rammes hårdt af et oliespild. Der skal dog gøres opmærksom på, at den største mængde strandet olie beregnes til 825 ton med en minimum drivtid på 31 dage. Efter så lang tid på havet forventes olien ikke at have væsentlige effekter på fuglene tæt under land.

Skagerrak og området ved Norske rende (område 4) er særlig vigtigt for søkonge, alk og lomvie, idet op mod en fjerdedel af Nordeuropas bestand befinder sig der på for-

skellige tidspunkter på året. Søkongen optræder i området året rundt, og i særlig stort antal (op til 25 % af den nordvesteuropæiske bestand) i december-februar. Lomvien er særligt sårbar i fjerfældningstiden (juli-oktober). I denne periode er der 37 % sandsynlighed for, at olie fra det modellerede spild rammer den norske kyst. Drivtiden i modelleringen er 16 dage til kysten, men området ligger ud for kysten, hvorfor risikoen for påvirkning af fuglebestanden forventes at være over 37 % og drivtiden ca. 12 dage.

Vadehavet kan især rammes mellem april og september. Rød- og sortstrubet lom og sortand forekommer i 22 og 15 % af den biogeografiske population. De maksimalt strandede mængder i denne periode ligger mellem 393 og 2.825 tons med en minimum drivtid på 11 dage fra udslipsstedet. Populationen af lom og sortand er derfor truet i tilfælde af et stort oliespild.

9.5.3 Påvirkninger af vandlevende organismer

Oliens vandopløselige fraktion (WAF) består især af lette aromatiske forbindelser, fortrinsvis en række fenolforbindelser, samt phenanthren, naftalen, benzen (og deres metylerede derivater). Alkaner med mindre end otte kulstofatomer og de alifatiske ringforbindelser har en vandopløselighed (>1 mg/l), der vil kunne give en målelig og eventuel toksisk koncentration i vandfasen, men de fordamper typisk meget hurtigere end de opløses og vil normalt ikke udgøre en væsentlig del af den opløste fraktion (Lange, R., 1984).

De aromatiske forbindelser i råolie repræsenterer en stor del af den samlede toksicitet i olien (Capuzzo, J.M., 1987). Især fenoler, benzen, toluen, xylener og naftalen kendetegnes ved akutte giftvirkninger i vandfasen overfor især plante- og dyreplankton. Det er imidlertid relativt få stoffer, som tegner sig for langt hovedparten af den akut-toksiske effekt. Det er små ringforbindelser, især phenanthren, naftalen, benzen (og deres metylerede derivater) samt en række fenoliske forbindelser. Generelt indeholder råolie maksimalt ca. 1 g (1 ‰) naftalen pr. kg olie, men hvis de metylerede naftalener medtages, kan der være ca. 5-10 g/kg. Naftalen kan udgøre op til 50 % af toksiciteten i WAF.

Komponenterne fra metan til hexan, fenoler og BTEX'er (benzen, toluen, xylen) kan vaskes helt ud af olien, mens ca. 70 % af naftalenen i en råolie kan vaskes ud ved et simuleret spild.

En test med WAF har vist, at den har en fatal virkning (udtrykt som LC_{50}) på de mest følsomme arter og livsstadier ved koncentrationer på 0,1 mg/l (se tabel 9.5.1 som bygger på resultater af tests med mange forskellige råolietyper). Toksiciteten varierer afhængigt af olietype, og arternes følsomhed er forskellig, hvorfor intervallerne for LC_{50} er temmelig brede. Det skal også bemærkes, at der ikke i forsøg med WAF foretages en kontrolleret forvitring af olie. En forvitring vil generelt medføre en formindsket toksicitet.

Tabel 9.5.3 Toksicitet (LC_{50}) af den vandopløselige fraktion af olie (WAF) (Connell, D. W., 1997).

Organismer	Interval af LC_{50} (mg/L)
Benfisk	1-50
Krebsdyr	0,1-10
Muslinger	1-50
Snegle	1-100
Larver (alle arter)	0,1-5
Juvenile (alle arter)	1-10

Påvirkning

Tabel 9.5.1 viser, at larver af fisk, bundlevende organismer og plankton samt krebsdyr er de mest følsomme overfor råoliens vandopløselige fraktioner. Den dødelige effekt-koncentration (LC_{50}), hvor halvdelen af testorganismerne omkommer, ligger i intervallet 0,1-10 mg/l. I forhold til denne koncentration kan man ifølge OECD's fremgangsmåde for kemikalievurderinger beregne, at den forventede laveste koncentration, hvor skadelige (men ikke dødelige) effekter vil optræde, er faktor 10 lavere, dvs. i intervallet 0,01-1 mg/l.

Disse koncentrationer skal sammenholdes med den forventede koncentration i vandsøjlen i forbindelse med det modellerede "værst mulig" spild, som blev beregnet (se afsnit 9.2.7) til 0,15 mg/l, såfremt hele oliemængden nedblandes i vandsøjlen over et forholdsvis begrænset område. I det påvirkede område kan der ved denne koncentration forventes både skadelige og dødelige effekter på larver af mange arter og på visse voksne krebsdyrarter. I praksis vil koncentrationerne i området variere, således at 0,15 mg/l er udtryk for en gennemsnitskoncentration.

Der er flere forhold som vil mildne effekten i miljøet:

- Beregningen tager ikke hensyn til nedbrydning, fortynding eller vinddreven spredning.
- Olien vil optræde i "lommer".

I afsnit 9.2.7 er spildets udbredelse antaget til at være 208 km², og den beregnede gennemsnitlige koncentration i vandfasen er 0,15 mg/l. Området svarer til en cirkel med en radius på ca. 8 km. En fortynding til det ovenfor beregnede "lavest effektniveau" på 0,01 mg/l vil kræve ca. 3.100 km². Når der iberegnes en sikkerhedsfaktor på 10, er der behov for 31.000 km² til at fortynde olien til et niveau, hvor ingen miljøskader kan forventes at opstå. Nordsøens samlede areal er ca. 500.000 km².

Et nærliggende følsomt område er Dogger Banke med et areal på ca. 26.000 km². Området (3.100 km²), i hvilket larver og følsomme krebsdyrarter kunne opleve en toksisk påvirkning, udgør ca. 15 % af det samlede areal, mens der vil kunne forventes mindre miljøeffekter over et areal svarende til hele Dogger Banke. En eventuel påvirkning af planteplanktonbestanden kan forventes at være udlignet på nogle uger og effekter på bestanden af dyreplankton på mindre end 1 år, idet den løbende udskiftning og opblanding af vandmasserne fører nye organismer til det påvirkede område.

9.5.4 Fiskeyngel og æg

Voksne fisk er ikke særligt følsomme overfor olieforurening, men kan optage oliekomponenter, som kan give afsmag. Fiskeyngel og -æg er følsomme livsstadier og kan lokalt rammes hårdt af forurening. Der er observeret effekter af en hovedkomponent af WAF (naftalen) på torskeæg i laboratoriet i koncentrationer ned til 0,01 mg/l, mens LC_{50} af den samlede WAF overfor torskeæg er ca. 0,1 mg/l, dvs. svarende til værdierne angivet i tabel 9.5.1

Påvirkning

Den laveste koncentration af WAF af Ekofisk råolie, der har påvirket torskeæg og -larver i laboratoriet, er 0,05 mg/l (Tilseth, et al., 1984), som derfor kan betragtes som laveste effektkoncentration, LOEC. Det antages, at toksiciteten af Ekofisk og DUC råolier er sammenlignelig. I forbindelse med "værst mulig" scenariet kunne derfor forventes sublethale effekter på torskeæg og -larver i et område på ca. 6.000 km², som er arealet, hvor koncentrationen i værste fald kunne ligge over det "sikre" niveau på 0,005 mg/l. I praksis forventes et væsentlig mindre område at blive påvirket, fordi de vind- og bølgekræfter, som kræves for at nedblande olien i vandsøjlen, samtidig vil øge fordampningen af lette oliefraktioner til luften, vil binde en yderligere del af olien i mousse-dannelser på overfladen og vil brede oliespildet over et større område, hvorved der opnås større fortyndinger og lavere koncentrationer, om end i et større samlet volumen.

Når det også tages i betragtning, at torsk (og fisk generelt) lægger et meget stort antal æg, og at der er stor geografisk spredning af gydepladsernes beliggenhed, er det usandsynligt, at der vil opstå mærkbare effekter på torskebestandene i området som følge af et oliespild af den simulerede størrelse. For andre fisk vurderes det, at der kun kan forventes effekter på larver af sild og på æg og larver af brisling, makrel, hvilling og rødspætte i nogle mindre spredte områder i influensområdet. Det forventes derfor, at sådanne effekter ikke vil kunne påvirke bestandenes størrelse væsentligt.

9.5.5 Planteplankton

Ud for kysten af Vestskotland er der udført forsøg i beholdere med naturligt forekommende alger og vandopløselig fraktion af nordsøolie. Her havde koncentrationer på 0,1 mg/l ingen markante effekter på den samlede primærproduktion af de mest hyppige arter, *Leptocylindricus danicus* og *L. minimus*, *Stephanopyxis turris*, *Eucampia zoodiacus*, *Chaetoceros* ssp., *Rhizosolenia* ssp. (Davies, J.M., et al., 1990).

Påvirkning

Ved det modellerede spild kan derfor forventes negative effekter på alger i et område på ca. 500 km² svarende til WAF koncentration på 0,05 mg/l, mens der forudses stimulering af algevækst i et større område, så længe næringsindhold og solindstråling ikke er begrænsende. For effekter overfor planteplankton er eksponeringstiden vigtig for omfanget af effekter, men der er også to forhold, som vil have betydning for genetablering af planteplanktonet efter en reduktion af algebiomassen: mikronæringsstoffer og næringsstoffer fra døde alger, der kan tænkes at stimulere algernes vækst ved genkomst. Hvorvidt nævnte næringsstoffer vil være til stede, afhænger af vandmassernes opblanding.

9.5.6 Dyreplankton

Ifølge Nielsen, T. G., et al. (1993) er den vertikale udbredelse af det mindste zooplankton (heterotrofe nanoflagellater og ciliater) om sommeren tæt koblet til forekomsten af fytoplankton, det vil sige ned til 30-40 m. For de større zooplanktonorganismer, som især er copepoder, kan konkluderes, at æg og de yngste stadier generelt forekommer i de øverste 30-50 m af vandsøjlen. Store arter af copepoder foretager mere udtalte vertikale vandringer end små copepoder. I lagdelte situationer vil æg, de yngste stadier, små arter af copepoder samt de mindste zooplanktonorganismer forekomme i eller omkring skillelaget.

Påvirkning

Tabet af en population af zooplankton i et området ramt af oliespild vil formodentlig relativt hurtigt blive opvejet af flere årsager:

- zooplankton har generelt en høj reproduktion
- tabet af konkurrence giver bedre levevilkår for de tilbageværende copepoder
- effekter optræder i realiteten i lokale lommer og der kan ske indvandring fra uforurenede områder
- meget zooplankton udviser flugadfærd
- der sker en fortynding og nedbrydning af olien

Mange arter af copepoder i Nordsøen producerer to til tre generationer om året. Hvis der er gode betingelser, vil copepoderne typisk producere tre generationer. I en situation, hvor bestandene reduceres i nogle områder, vil de copepoder, der overlever, have bedre betingelser.

9.5.7 Bundlevende organismer

Det konkluderes i lighed med konklusionerne i miljøvurderingerne for Syd Arne og Siri (Amerada Hess, 1997; Statoil, 1997), at det ikke er sandsynligt, at bundfaunaen på dybt vand (40 m) vil blive påvirket i nævneværdig grad i forbindelse med et oliespild af den simulerede størrelse, med mindre der ved oliebekæmpelsen anvendes dispergeringsmiddel eller andre midler, der fører olien til havbunden. Der er dog indikationer på en toksisk effekt på bundfaunaen, når koncentrationen af totale kulbrinter overstiger 50-60 mg/kg omkring boreplatforme, hvor der er udledt oliebaseret boremudder (Kingston P.F., 1992).

Ilanddrevet olie vil påvirke livet på vader og i strandzonen. En væsentlig effekt i sedimentet i vaden er tilsølingen/ forseglingen af overfladen, forbrug af ilt ved omsætning af olien, en mulig akkumulering af oliekomponenter i føden og eventuelt en toksisk effekt af WAF fra oliepletter i tidevandszonen. Sidstnævnte effekt er formodentlig mildnet af, at olien er forvitret gennem ca. en uge på havet og en stor del af WAF er vasket ud. Effekter af oliespild på kystfauna kendes især fra tankskibsforlis, hvor olien typisk er meget frisk ved stranding. Især krebsdyr er følsomme overfor olien og rammes hurtigt. Muslinger, snegle, pighude og børsteorme påvirkes af olien i varierende omfang. Det må formodes, at olie, som har drevet i minimum 7 dage, vil forekomme i

"patches", dvs. kvadratmeterstore områder, med strand eller vade imellem, som ikke er tilsølet. Generelt kan arter med pelagiske larver relativt hurtigt rekolonisere et tidligere påvirket område (indenfor et år), mens det tager længere tid for arter, hvis æg og larver er bentiske. Her kan rekoloniseringstiden være længere end 2 år.

Generelle erfaringer fra olieforureninger på de danske kyster er, at forureningens effekter på flora/fauna ikke er mærkbare efter 1 eller højst 2 vintre, selvom nedgravet og ikke-nedbrudt olie kan påvises.

9.5.8 Havpattedyr

Der er ikke dokumenteret alvorlige effekter af oliespild på havpattedyr. Sæler og hvaler har et varmeisolerende underhudsspæklag, hvis isolerende evne olie ikke påvirker. Ilanddrevet olie på ynglepladser vil sandsynligvis kunne give øjenbetændelse og hudirritation, ligesom føde forurenset med olie vil kunne give anledning til akkumulation af oliekomponenter. Oliekomponenter er biologisk nedbrydelige og der er ikke demonstreret effekter af en ophobning i fødekæden.

9.6 Socioøkonomiske konsekvenser

Modellering af udslippet (Dansk Boreelskab A/S, 1984) viser, at der er en lille risiko for stranding af olie på danske, norske, tyske og engelske kyststrækninger. I værste fald kan olien drive til den danske vestkyst på 6 dage og til de norske, tyske og engelske kyster på henholdsvis 14, 8 og 31 dage, men den gennemsnitlige drivtid i modelkørerne er betydelig længere.

Drivtiderne er så lange, at det ikke er realistisk, at olien vil drive ind på disse kyster, før olien er så påvirket af opholdet i vandet, at den let vil kunne opsamles og derfor ikke vil påvirke kysterne nævneværdigt.

En kvantitativ socioøkonomisk konsekvensvurdering baserer sig på to væsentlige delvurderinger:

- En kvantitativ vurdering af de miljømæssige effekter (f.eks. en kvantitativ vurdering af effekterne på fiskebestandene).
- En kvantitativ vurdering af de socioøkonomiske konsekvenser forårsaget af miljøeffekterne.

Der eksisterer ikke modeller, der kan beskrive sammenhængen mellem et oliespild og effekterne på fiskebestande og på de landbaserede aktiviteter. En meningsfyldt kvantificering af de socioøkonomiske konsekvenser kan kun gennemføres på baggrund af en række antagelser, både om størrelsen af de miljømæssige effekter og om den påvirkning, miljøeffekten forventes at påføre de landbaserede erhverv. Vind- og strømforhold vil endvidere diktere udbredelsen af oliespildet, hvorfor influensområdet er vanskeligt definerbart. De samlede usikkerheder, der opstår, når samtlige antagelser og influerede faktorer medregnes, er så store, at brugbare resultater ikke kan opnås. I det følgende præsenteres de mulige socioøkonomiske konsekvenser derfor kun i hovedtræk.

Der er ikke taget hensyn til olieberedskabets positive indvirkning på reduktionen af påvirkningerne fra et "blow-out" under vurderingen af de socioøkonomiske konsekvenser. Det er vanskeligt at forudse beredskabets effektivitet, da dette er stærkt afhængigt af vind- og strømforhold på tidspunktet for et eventuelt oliespild.

9.6.1 Kystfiskeri og havbrug

Værdien af fiskefangster ud for den danske vestkyst (i 1990) og af produktionen fra havbrug i det sydvestlige Norge (i 1993) er opgjort til henholdsvis 95 mio. DKK og 400 mio. DKK (Statoil, 1997).

Da disse kyster udsættes for størst forureningsrisiko fra det modellerede spild, er der risiko for tab for disse aktiviteter på den del af kysten, som berøres af oliespildet. Betydningen af tabet for kystfiskeriet og havbrugserhvervet kan i værste fald være markant for de specifikt berørte fiskerier, men ventes at være lokalt afgrænsede.

9.6.2 Havfiskeri

Miljøeffekterne på fiskebestandene forventes at omfatte tab af fiskeæg og -larver, midlertidigt tab af fiskepladser og, hvis oliespildet bekæmpes med kemikalier, skader på bestande af voksne fisk i dele af Nordsøen. Lokaliseringen af disse skader og deres omfang er stærkt afhængigt af spildets drivretning og årstiden.

Tabets overordnede betydning for havfiskeriet kan formodes at være relativt beskedent for den enkelte fisker og for sektoren i almindelighed. Mulighed for forbrugerboykot af fisk fra Nordsøen på grund af forurening er ikke omfattet af vurderingen, men kunne medføre større økonomiske effekter end nedgangen i selve fiskeriet.

9.6.3 Turisme

Olieudslip forekommende tidligt på turistsæsonen forventes at have de største socioøkonomiske konsekvenser. Påvirkningen vil afhænge af mængden af olie, der strander, og hvilke kyststrækninger, der rammes. Turisterhvervet i de pågældende områder fokuserer ikke udelukkende på strand- og badegæster, men der må forventes væsentlige lokale konsekvenser. Det konkluderes dog, at de socioøkonomiske konsekvenser for turisterhvervet i forbindelse med et oliespild vil være forbigående og begrænsede både nationalt og på sektorniveau.

9.7 Grænseoverskridende påvirkninger

Et stort olieudslip vil, som beskrevet i kapitel 9, potentielt kunne have grænseoverskridende påvirkninger. Således vil olie kunne ramme norske, tyske og engelske kyster, dog med en meget lav sandsynlighed ($<1/320$ år) og olien vil have en meget lang drivtid med tilsvarende lavere skadepåvirkning pga. ændringer i oliens sammensætning. I forbindelse med et stort olieudslip er der risiko for, at olien spredes ind i det tyske Natura 2000 område "*DE 1003-301 Doggerbank*", der ligger umiddelbart syd for den danske sektor. Ved et stort udslip fra en platform i den sydlige del af Mærskes aktivitetsområde, som beskrevet i DHI 2010, er der op til 68 % sandsynlighed for, at olien vil nå det nævnte Natura 2000 område. Udpegningsgrundlaget for det tyske Natura 2000 område er naturtype 1110 (sandbanker med lavvandet vedvarende dække af hav-

vand) samt de to arter 1351 (marsvin) og 1365 (spættet sæl). Medmindre olien dispergeres med dispergeringsmidler forventes ingen eller kun en ringe del af den spildte olie at nå havbunden. Det forventes ikke, at en eventuel oliefilm på havoverfladen vil have konsekvenser for naturtype 1110. Det kan ikke udelukkes, at enkelte individer af marsvin og spættet sæl kan blive påvirket, hvilket dog ikke vil have målelige effekter på Nordsøbestandene.

9.8 Forhold, der kan begrænse virkningerne af et oliespild

9.8.1 Olieberedskab

Mærsk Olie og Gas AS' oliespildberedskab er dimensioneret for et olieudslip på ca. 5.000 m³ pr. døgn, svarende til ca. 4.500 tons olie under rimelige vejrforhold. Denne dimensionering tager højde for et eventuelt udslip af store oliemængder i en kortvarig periode. Beredskabet er baseret på mekanisk opsamling med flydespærringer i slæb efter skibe, som indkredser og opsamler olien. Yderligere udstyr vil kunne inddrages i tilfælde af større spild via offshoreoperatørernes fælles internationale bistandsaftaler (Operators Co-operative Emergency Service, OCES). Skibene, hvorfra olieoptagerne opereres, er udstyret med tankkapacitet for midlertidig opmagasinering af olien. Herfra overføres olien til tankbåde for transport til en passende modtager, f.eks. raffinaderi eller tankfarm, hvor olien sandsynligvis kan genanvendes.

Opsamlingskapacitet med olieoptagere, pumper og slanger er dimensioneret til 400 m³ olie/time. Der er mulighed for anvendelse af dispergeringsmidler efter forudgående godkendelse hos myndighederne. Oliespildberedskabet mobiliseres i to tempi. Første indsatshold ("strike team") mobiliseres indenfor 20 timer og består af 1.200 m flydespærring og 200 m³/time opsamlingskapacitet. Andet indsatshold har samme kapacitet og kan mobiliseres indenfor 30 timer.

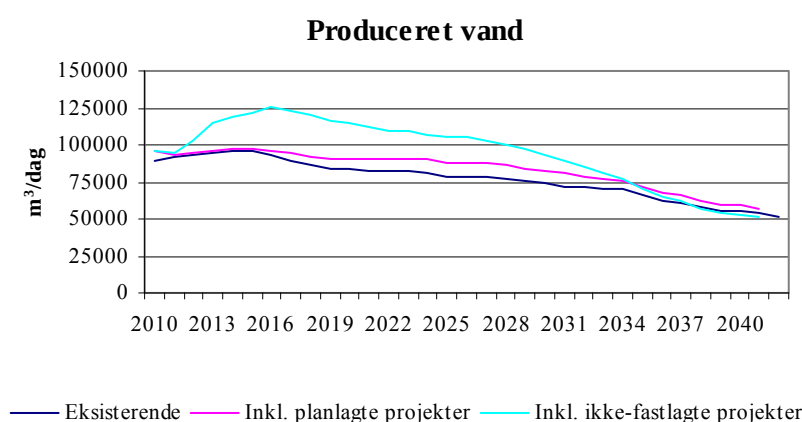
Det er almindeligt anerkendt, at effektiviteten af mekanisk bekæmpelse i høj grad afhænger af vejrforholdene. Stærk vind og store bølger vanskeliggør en effektiv opsamling, idet olien driver over eller under flydespærringen, inden den kan opsamles, og desuden opblandes olien med vand, således at den effektive olieoptagekapacitet nedsættes. På den anden side medvirker naturkræfterne i så tilfælde til en "naturlig" spredning og fordeling af oliespildet.

Anvendelse af dispergeringsmiddel for at sprede en olieforurening kan kun ske efter tilladelse fra Miljøstyrelsen, og det forventes, at en sådan tilladelse kun vil kunne komme på tale i tilfælde af en meget klar trussel mod havfuglekoncentrationer på havoverfladen. Dispergeringen driver olien ned i vandsøjlen, hvor dyre- og plantelivet rammes af den kombinerede toksiske effekt af olien og dispergeringsmidlet. Selv om der er udviklet nye og mere skånsomme dispergeringsprodukter, har disse stadigvæk en vis toksisk effekt.

10. VURDERING AF LANGSIGTEDE MILJØEFFEKTER

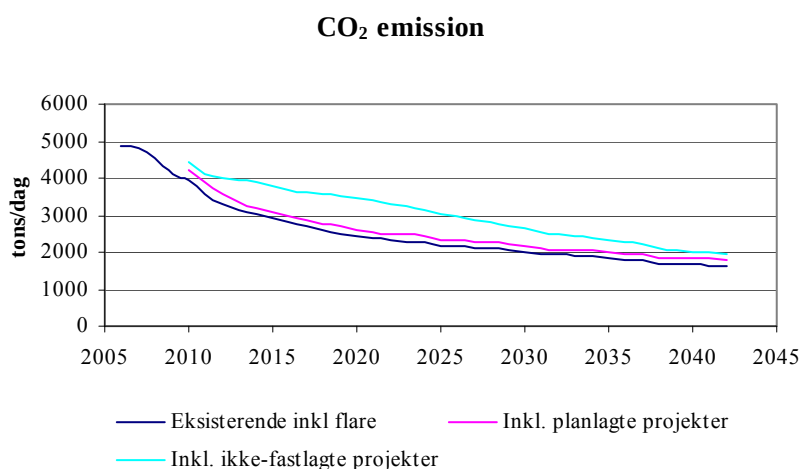
For at vurdere eventuelle langsigtede miljøeffekter forbundet med olie og gas produktionen, er de forventede emissioner for aktiviteterne i Nordsøen fremskrevet til 2040. Der er selvsagt store usikkerheder forbundet med genereringen af disse fremskrivninger og emissionerne må ikke betragtes som absolutte værdier. Fremskrivningerne inkluderer eksisterende faciliteter, planlagte aktiviteter samt aktiviteter som ikke er fast defineret endnu.

Med baggrund i de nævnte fremskrivninger og usikkerheder er det fundet passende at lave en kvalitativ vurdering af de eventuelle langsigtede miljøeffekter. Vurderingen tager afsæt i vurderingerne i kapitel 7.



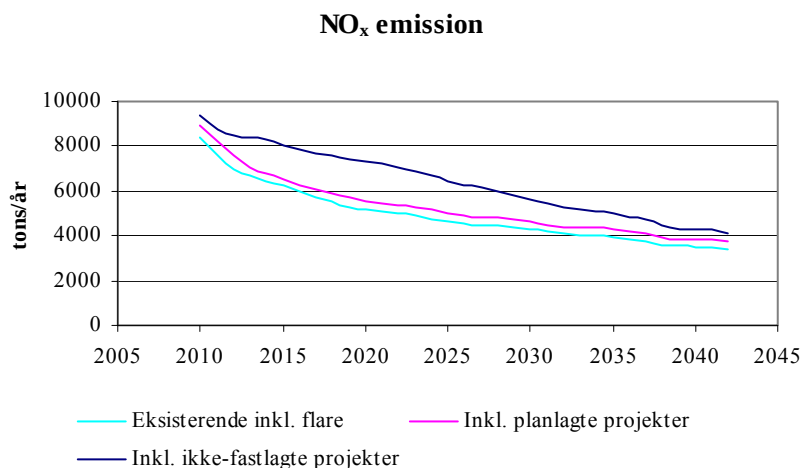
Figur 10.1 Fremskrivning af mængder af produceret vand.

Som det fremgår af Figur 10.1 vil mængderne af produceret vand stige frem til 2015 og forventes derefter at falde frem mod 2040.



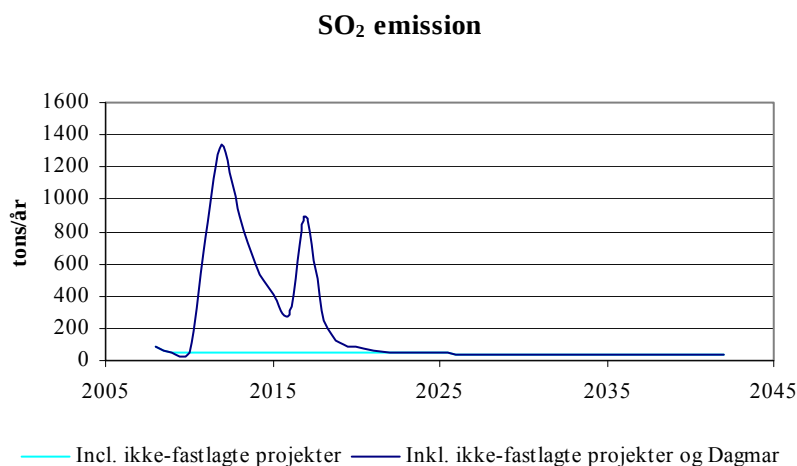
Figur 10.2 Fremskrivning af CO₂ emissionen.

Som det fremgår af Figur 10.2 forventes der en faldende udledning af CO₂ fra knap 5.000 ton/dag i 2008 til under 3.000 ton/dag i 2040. Udledningen falder i takt med at især energiforbruget til gas kompression vil være faldende.



Figur 10.3 Fremskrivning af NO_x emissionen.

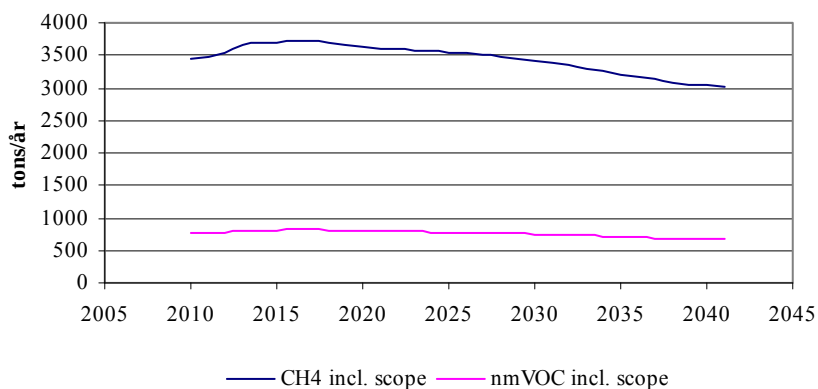
NO_x udledningen forventes ligeledes være faldende som følge af det faldende gas forbrug til gas kompression jf. Figur 10.3



Figur 10.4 Fremskrivning af SO₂ emissionen.

SO₂ emissionen er stærkt afhængig af, hvorvidt de planlagte brønde på Dagmar viser sig at være succesfulde. Dagmar gassen indeholder 22.000 ppm H₂S, og såfremt denne gas afbrændes i forbindelse med elproduktion, vil der sker en væsentligt forøgelse af SO₂ emissionen, som vist i Figur 10.4

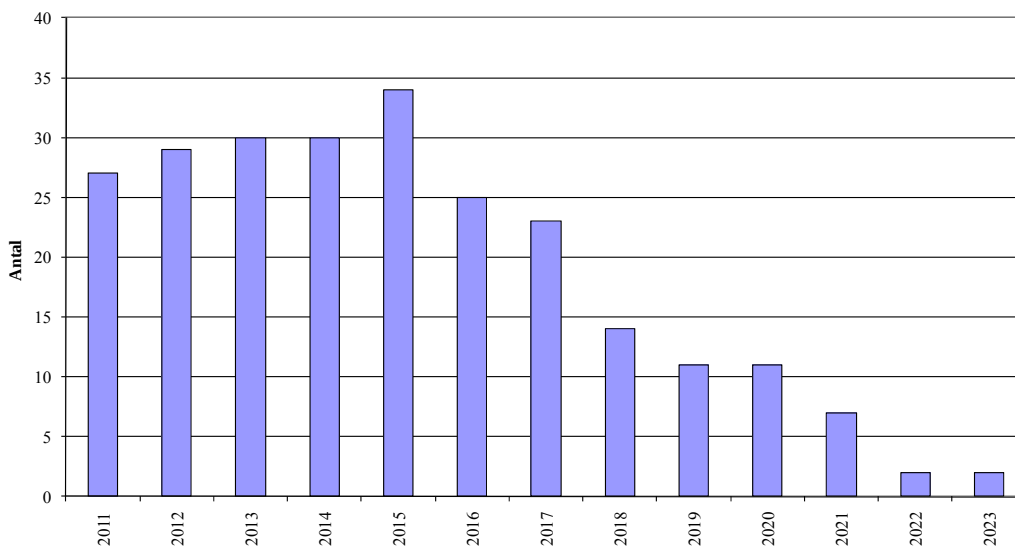
CH₄ og NMVOC



Figur 10.5 Fremskrivning af CH₄ og NMVOC emissionen.

Emissionen af CH₄ and nmVOC er primært en funktion af mængden af udledt produceret vand som forventes at stige indtil 2016, hvorefter den gradvist vil være aftagende jf. Figur 10.5.

Brønd program



Figur 10.6 Fremskrivning af brøndprogram

Antallet af brønde forventes at ligge relativt konstant med maksimalt 25 - 35 brønde per år. Fra og med 2016 vil antallet af forventede nye brønde gradvist aftage. Der foreligger på nuværende tidspunkt ingen konkrete planer for brønde efter 2023, men det

kan ændre sig, efterhånden som der opnåes mere erfaring med kommende nye felter eller ny teknologi udvikles.

De langsigtede miljøeffekter vil, som følge af faldende emissioner, reduceres i forhold til i dag og vurderes således også på lang sigt at være meget begrænsede eller ubetydelige, jf. afsnit 7.4.3. De stigende mængder af produceret vand frem til 2015 er indeholdt i vurderingen i Kapitel 7. Efter 2015 vil mængderne falde, og derfor vurderes miljøeffekterne også herefter at være meget begrænsede eller ubetydelige.

11. KONTROLSYSTEMER

Mærsk Olie og Gas AS har for at styrke processen med at håndtere udledninger, emissioner and andre miljøaspekter besluttet, at det eksisterende miljøledelsesystem skal certificeres i henhold til anerkendt standard (ISO 14001). Dette betyder, at det nuværende system vil blive revideret og struktureret så det efterlever kravene i den valgte standard.

I det følgende redegøres for de systemer, der er oprettet for at sikre overblik over og styring af arten og omfanget af Mærsk Olie og Gas AS' udledninger og emissioner samt for at overvåge eventuelle ændringer i miljøet, der kunne skyldes selskabets aktiviteter.

11.1 Miljøsikring

Det er Mærsk Olie og Gas AS målsætning gennem principperne om BAT (Best Available Techniques) og BEP (Best Environmental Practice) at sikre miljøet bedst muligt mod skadelige påvirkninger fra udledninger.

Ud fra denne målsætning vurderer Mærsk Olie og Gas AS risikoen for miljøpåvirkningerne holistisk, således at der kan sættes ind, hvor dette er praktisk gennemførligt og hvor der opnås størst mulig forbedring af miljøet. Dette gennemføres ved at anvende flere metoder til vurdering af påvirkningerne af miljøet fra de igangværende og mulige yderligere aktiviteter. Hensigten har været at skaffe:

- et samlet overblik over påvirkningerne
- identificere de mest kritiske påvirkninger
- prioritere den fremtidige indsats, hvor der er bedst mulighed for at mindske den skadelige påvirkninger af miljøet

Hvor tiltag kun vil give en beskeden forbedring for miljøet, anses det ikke i samme grad nødvendigt at søge forbedringer.

Som et eksempel kan nævnes udledning af produceret vand, hvor vurderingsproceduren er som følger:

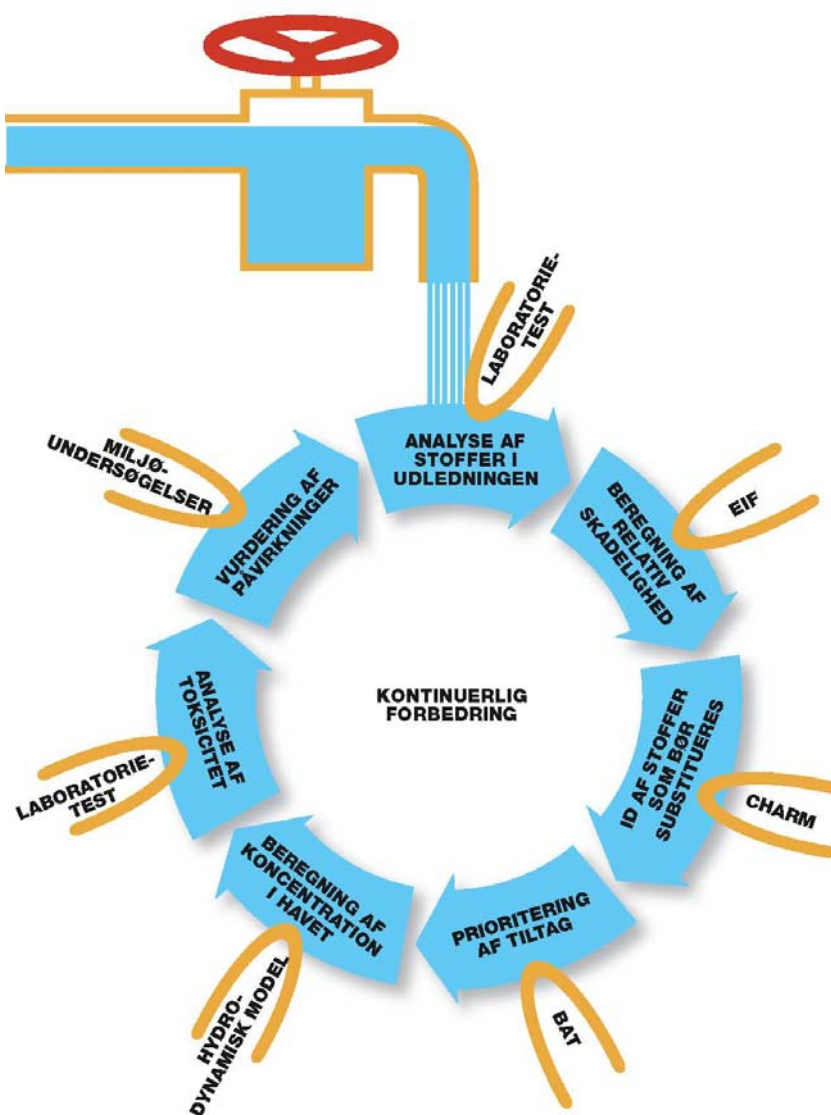
For de enkelte udledningssteder er indhold/koncentration af naturligt forekommende stoffer og tilsatte kemikalier bestemt ved laboratorieanalyse.

- 1 Ved en særlig beregningsmetode bestemmes den relative skadelighed af de enkelte stoffer og kemikalier i det udledte vand. Beregningsmetoden (Environmental Impact Factor, EIF) bruges til at identificere stoffer/kemikalier, som i særlig grad påvirker miljøet.
- 2 Parallelt hermed gennemføres vurdering og kategorisering af de enkelte stoffer/kemikalier pre-screening kriterier for at vurdere toksicitet, bionedbrydelighed og en eventuel risiko for ophobning i marine organismer. Hermed er det muligt at

identificere stoffer/kemikalier som relativt set ikke optræder i særlig store mængder, men som alligevel kan være skadelige.

- 3 På baggrund af ovenstående vurderes muligheden for at eliminere, reducere og/eller substituere brug af de mest skadelige stoffer/kemikalier.
- 4 Fortyndingsberegninger for resterende udledning foretages ved brug af 3-dimensionale strømningsmodeller for området omkring udbygningerne. Derved bestemmes koncentrationen af udledningerne omkring udledningsstederne.
- 5 Som kontrol gennemføres laboratoriemålinger af udledningernes skadelighed for miljøet, herunder særligt for indvirkning på standard fauna-typer.
- 6 Yderligere kontrol opnås gennem regelmæssig miljømonitoring offshore.
- 7 Såfremt effekten af den resterende udledning ikke vurderes acceptabel, vil vurderingsproceduren blive gentaget.

Ovennævnte fremgangsmåde er illustreret skematisk på Figur 11.1.



Figur 11.1 Oversigt over Mærsk Olie og Gas AS' fremgangsmåde til miljøforbedringer i forbindelse med udledninger.

I forbindelse med de aktiviteter der omtales i denne VVM redegørelse, betyder det bl.a. at:

- Udledningerne og dermed indvikningen på miljøet søges minimeret.
- Der vælges de bedst egnede anlæg til behandling af produktionsvandet.
- Maskineri med høj virkningsgrad vælges.
- CO₂ emissionen overvåges nøje.
- Anvendelse og udledning af kemikalier søges minimeret.

- Udviklingen af miljøvenlige kemikalier støttes aktivt.
- Ved valg af kemikalier til produktion og boringer vil miljømæssige krav blive prioriteret og kemikalier med uønskede indholdsstoffer eller miljøegenskaber substitueres løbende med mere miljøskånsomme produkter, når dette er praktisk muligt.
- Oliebaseret boremudder er ikke planlagt anvendt.
- Der planlægges anvendt højeffektive testbrændere ved brøndtest.
- Udstyr der ikke længere er behov for demonteres.

Mærsk Olie og Gas AS' indsats for blandt andet at sikre miljøet omfatter desuden anvendelse og tilstedeværelsen af:

- Internationalt anerkendte standarder for projektering af anlæg.
- Ansvar hos ledelse offshore.
- Procedurer for arbejdet offshore.
- Anvendelse af vedligeholdsprogrammer.
- Inspektionsprogrammer.
- Verifikation af anlæggene af en uafhængig tredjepart.
- Monitoring og overvågning.
- Systematisk rapportering om forbrug og udledninger af kemikalier og af eventuelle spild.
- Træning af personalet.
- Beredskabsplaner.
- Offshore audits.

Der er desuden oprettet systemer, der overvåger de aktiviteter, der kan føre til udledninger til havet eller emissioner til atmosfæren. Kombineret med daglig rapportering af kemikaliedosering og -forbrug kan man herfra beregne egentlige udledninger og verificere, at grænseværdier og andre myndighedskrav overholdes.

11.2 Kontrol og indberetning af kemikalieforbrug og udledning samt emissioner

På grundlag af de etablerede systemer indberettes detaljerede oplysninger om arten og omfang af udledninger til Miljøstyrelsen og til Energistyrelsen. De samme indberetninger benyttes til udarbejdelse af årlige rapporter over forbrug og udledninger, som benyttes af Miljøstyrelsen til videre rapportering til de internationale organer, i dette tilfælde OSPAR.

Produktionsvand

Olieindholdet i produktionsvand måles dagligt på et forud fastlagt tidspunkt. Forbrug af kemikalier til behandling af olie og gasproduktionen opgøres på daglig og månedlig basis. Baseret på mængderne af produktionsvand behandlet pr. dag og pr. måned beregnes de udledte kemikaliemængder.

Mærsk Olie og Gas AS analyserer indholdet af naturlige og tilsatte komponenter i det udledte producerede vand i henhold til gældende lovgivning og internationale retningslinjer.

Injektionsvand

Eventuelle udledninger af injektionsvand opgøres på daglig basis. På grundlag af daglige indberetninger om kemikaliedoseringer beregnes udledte kemikaliemængder. Oplysningerne rapporteres årligt til myndighederne.

CO₂-emission

Emission af CO₂ overvåges på månedlig basis og rapporteres til Energistyrelsen årligt. CO₂-emissionen bestemmes ud fra måling af fuelgasforbruget til de enkelte forbrugere. Der korrigeres for den aktuelle fuelgaskvalitet. CO₂-emissionen fra forbrænding af diesel bestemmes ud fra dieselforbruget.

Boremudder og borespåner

Daglige udledte mængder af mudderkemikalier og mængderne af udledte borespåner rapporteres fra boreriggen. De samlede udledninger opgøres pr. brønd, og en samlet rapport over kemikalieudledningerne for alle boreriger udarbejdes og fremsendes til Miljøstyrelsen på årsbasis. Rapporten omfatter desuden forbrugte og udledte mængder cementeringskemikalier. På grundlag af de udledte mængder barit og bentonit beregnes de udledte mængder af tungmetaller.

Olieindholdet i det udledte boremudder og borespåner måles løbende.

Stimuleringer

I forbindelse med hver zone i stimuleringsoperationen noteres de forbrugte mængder og visse nøgletal for operationens gennemførelse, hvorfra de udledte mængder kan beregnes, og en rapport udarbejdes og indsendes til Miljøstyrelsen på årsbasis.

Brøndoverhalinger

Fra alle brøndoverhalingsaktiviteter noteres mængderne af forbrugte og udledte kemikalier, og på årsbasis indberettes operationerne med angivelse af forbrug og udledning af hvert produkt.

Andre operationer

Alle andre operationer, der medfører udledning af stoffer og materialer til havet, foretages i henhold til udledningstilladelser fra Miljøstyrelsen, som fastslår vilkår for gennemførelse og rapportering.

11.3 Miljøvurdering af kemikalier

Alle kemikalier, der anvendes i operationer, der medfører udledning til havet, underkastes en vurdering i henhold til Miljøstyrelsens gældende retningslinjer:

Produkterne skal være registreret i Produktregistret.

Følgende kriterier forudsættes overholdt:

- bionedbrydelighed bedre end 20 % på 28 dage
- toksicitet (LC₅₀ eller EC₅₀) større eller lig med 1 mg/l eller
- bioakkumuleringspotentiale (log Pow) mindre end 3, eller molekylvægt over 600.

Produkter, der ikke overholder ovennævnte kriterier betragtes automatisk som kandidater til udfasning og søges erstattet af andre egnede produkter med tilfredsstillende tekniske egenskaber.

Ud over denne miljø screening af produkterne foretages mere detaljerede vurderinger af produkternes forventede miljøpåvirkninger på grundlag af EIF-faktor vurderings modellen eller en lignende vurderingsmetode. Produktets sandsynlige koncentration i miljøet efter udledning sammenholdes med den koncentration, hvor der ikke forventes at opstå miljøeffekter, den såkaldte NOEC (No Effect Concentration).

11.4 Energiledelsessystem

Der er implementeret et energiledelsessystem efter principperne i energiledelsesstandarden DS 2403. Formålet er at sikre fokus på de mest energikrævende enheder og operationer i forbindelse med Mærsk Olie og Gas AS' produktion af olie og gas fra aktivitetsområdet i Nordsøen.

Energiledelsessystemet formålsparagraf:

- Sætter ambitiøse og realistiske målsætninger for energieffektivitet.
- Måler og monitorerer data for energiforbruget og analyserer muligheder for forbedringer.
- Anvender energieffektivt design og energieffektivt indkøb
- Øger medarbejdernes opmærksomhed på energiforbrug og involverer dem i det løbende arbejde med energieffektivisering.

For perioden 2008-2011 er der overordnede specifikke mål at opnå en 3% reduktion i forhold til det totale energiforbrug i 2006. Herudover, at implementere energieffektiviseringstiltag med en tilbagebetalingsperiode på mindre end 4 år.

Der laves årlige energiprogrammer for at nå målsætningerne som bliver revideret hvert 3. år. Et eksempel på et konkret energieffektiviseringstiltag er den i 2010 forventede installation af et ventil arrangement i trykafastningssystemet på Tyra Vest for afprøvning et potentiel gasindvindingsanlæg.

11.5 Overvågning af natur og miljøforhold

Som sidste led i sikringen af miljøet udføres regelmæssige miljøundersøgelser på repræsentative installationer, hvor et omfattende kemisk og biologisk måleprogram forventes at afsløre forandringer i miljøet på havbunden omkring installationerne. Programmet er udarbejdet af Miljøstyrelsen og har kørt i over 20 år (jf. tidligere programmer som beskrevet i afsnit 6.7). Det har vist sig i stand til at afsløre eventuelle forandringer i havbunden og fastlægge disse forandringers omtrentlige udstrækning. Programmets resultater har desuden vist, at miljøet besidder en vis genoprettelsesevne, således at nogle af de mere omfattende miljøforandringer fra begyndelsen af 1990'erne efterhånden optager et mindre havbundsareal og afviger i mindre grad fra de upåvirkede områder i nærheden.

I de områder, hvor der skal foretages en udbygning af faciliteter eller udlægges rørledninger dokumenterer Mærsk Olie og Gas AS, hvilken naturtype der befinder sig i det

område. Dokumentationen skal være baseret på lokal-specifikke undersøgelser. Dette skal udføres for at lokalisere eventuelle naturtyper i henhold til bl.a. Habitatdirektivet.

I de områder, hvor der ikke foreligger tilgængelig dokumentation, vil der bl.a. blive anvendt side-scan sonar og taget bundprøver til beskrivelse af overfladesedimentets sammensætning. Der vil også blive anvendt fotooptagelser samt biologiske analyser af havbunden, hvis dette skønnes nødvendigt. Dette skal bl.a. udføres for at lokalisere eventuelle forekomster og udbredelse af naturtyper omfattet af Habitatdirektivet.

12. DATAKVALITET, TEKNISKE MANGLER OG MANGLLENDE VIDEN

Rapporten er udarbejdet af Mærsk Olie og Gas AS med rådgiverassistance fra COWI AS på specielle aspekter såsom Nordsøens miljømæssige beskrivelse.

Bekendtgørelse nr. 359 af 25/03/2010 om VVM, konsekvensvurdering vedrørende internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter ved projekter om kulbrinteindvinding, rørledninger, m.v. på søterritoriet og kontinentalsoklen og projekter til etablering af transitrørledninger, samt EU-direktivet for vurdering af virkninger på miljøet (97/11/EF, 3. marts 1997) beskriver kravene til miljøvurderingens indhold i Annex III. Som et sidste krav i Annex III er det specificeret, at vurderingen skal indeholde en oversigt over eventuelle vanskeligheder (tekniske mangler eller manglende viden), der er konstateret i forbindelse med indsamlingen af de nødvendige oplysninger. Da kravene til datagrundlaget er uspecifikke, kan oversigten over tekniske mangler eller manglende viden udarbejdes på forskellige niveauer.

I opdatering af miljøvurderingen er der tilføjet nye referencer i det omfang de har kunnet bidrage med ny viden med betydning for konsekvensvurderingen. Nyere litteratur vedr. biologiske parametre i den centrale del af Nordsøen er dog sparsom, men Mærsk har igangsat egne studier af havpattedyr, fugle og bundfauna, som er benyttet i rapporten.

I det følgende præsenteres de tekniske mangler og den manglende viden, som har haft væsentlig betydning for kvaliteten af de tekniske, miljømæssige og socioøkonomiske vurderinger, rapporten indeholder.

12.1 Behandlede emner

Denne miljøvurdering omfatter de miljømæssige virkninger af en række yderligere brønde. Antallet af brønde og fordelingen over installationerne opereret af Mærsk Olie og Gas AS angives, således at de identificerede brønde repræsenterer brønde, der kunne blive boret i Aktivitetsområdet inden for de kommende år, selv om der for den enkelte brønd endnu ikke foreligger en endelig beslutning om boring. Det ”alternative” i brøndvalget er ikke vurderet særskilt, og det skønnes heller ikke, at miljøpåvirkningerne fra de enkelte brønde vil variere væsentligt. Under ”forebyggende foranstaltninger” redegøres for alternativerne til udledning af boremudder og -spåner, med de respektive fordele og ulemper forbundet hermed, og det forklares, hvorledes den valgte løsning kan opfattes som et miljømæssigt positivt tiltag.

Mærsk Olie og Gas AS anvender, som beskrevet i kapitel 11, den bedste til rådighed stående praktiske teknologi, idet der tages hensyn til miljø, sikkerhed, operation og økonomi.

12.2 Miljøvurdering

12.2.1 Beskrivelse af det omgivende miljø

Nordsøen er grundigere kortlagt og undersøgt end mange andre havområder, men for både det nære og det fjerne miljø gælder, at de foreliggende beskrivelser gælder enkel-

te komponenter i økosystemet og ikke ”hele” økosystemet, som miljøkonsekvensvurderingen i princippet er rettet mod.

Til beskrivelse af Nordsømiljøet er der i denne VVM udført analyser af kvalitetssikrede og opdaterede fysiske og biologiske data fra en række internationale databaser som indeholder data for den centrale del af Nordsøen. Disse data er blevet anvendt til en digital kortlægning af miljø- og naturforhold i stor skala for hele Nordsøen såvel som i mindre skala for Aktivitetsområdet. Metoderne til overførsel, geo-referering og dataintegration er beskrevet i detaljer i VVM 2005.

De aktiviteter der er vurderet foregår i nærheden af allerede eksisterende felter, hvor der i en årrække har været gennemført en kemisk og biologisk overvågning af allerede gennemførte aktiviteter påvirkninger af nærmiljøet. Disse undersøgelser har omfattet sedimentkemi og en biologisk beskrivelse af bundfaunaen. Undersøgelser i vandsøjlen er ikke gennemført, fordi strømforholdene i Nordsøen bevirker, at eventuelle effekter vanskeligt lader sig måle og/eller iagttage i vandsøjlen.

Beskrivelsen af de forskellige fiskearters forekomster og biologi er begrænset for de ikke kommercielle arter. Viden om gydepladser er selv for de kommercielle arter ikke særlig omfattende.

Den viden om fugleforekomsterne, der er anvendt til miljøbeskrivelsen, er et resultat af et samarbejde mellem landene omkring Nordsøen.

Mærsk Olie og Gas AS gennemfører et undersøgelsesprogram, som bidrager med yderligere information til at beskrive økosystemet i Aktivitetsområdet. Undersøgelsesprogrammet indeholde bl.a. følgende:

- Undersøgelser af sammenhæng mellem observationer på forskellige fødekædeniveauer for dermed nærmere at kunne beskrive Aktivitetsområdets økologiske betydning under specielle hydrologiske forhold.
- Vurdering af årsvariation i tilstedeværelse af havpattedyr for repræsentative områder.
- Lokalspecifikke undersøgelser af fugleforekomster for repræsentative områder.

I de områder, hvor der skal foretages en udbygning af faciliteter eller udlægges rørledninger, vil Mærsk Olie og Gas AS foretage undersøgelser af havbunden som vil kunne dokumentere, hvilken naturtype der befinder sig i det område, der eventuelt påvirkes. Dokumentation skal være baseret på lokalspecifikke undersøgelser. Dette skal udføres for at lokalisere eventuelle naturtyper, der er prioriteret i henhold til bl.a. Habitatsdirektivet.

12.2.2 Miljøpåvirkninger i forbindelse med de planlagte aktiviteter

Miljøpåvirkningerne (fysisk/kemiske effekter, biologiske effekter, sundhedseffekter, socioøkonomiske effekter) er gennemgået for hver enkelt aktivitet på basis af et estimat af de koncentrationer eller størrelsen af udledninger, som aktiviteten giver anledning til. På baggrund af et sæt af kriterier (se afsnit 6.3) vurderes signifikansen af de

identificerede miljøpåvirkninger. Denne fremgangsmåde er taget i anvendelse for at identificere de aktiviteter, der er mest miljøbelastende, med henblik på at gennemføre miljøkonsekvensvurderingen for disse aktiviteter på et mere detaljeret grundlag. Både kort- og langtidseffekter er forsøgt identificeret og vurderet.

Hvor det er muligt, er der til effektvurderingen anvendt kvantitative metoder, f.eks. til modellering af aflejringer på havbunden af boremudder og borespåner.

Miljøeffektvurderinger og fortyndingsberegninger for udledning af produktionsvand er blevet foretaget ved hjælp af anerkendte metoder.

Effekten af udledningerne under bore- og brøndoperationer er vurderet i henhold til de opstillede kriterier for signifikans og er ikke forsøgt kvantificeret.

Massebalancer for anvendte, udledte og på anden måde bortskaffede kemikalier indgår i drøftelserne med Miljøstyrelsen i forbindelse med ansøgninger om udledningstilladelse.

12.2.3 Miljøeffektvurderinger

Der henvises i rapporten til miljøeffektvurderinger for kemiske produkter, som gennemføres i overensstemmelse med Miljøstyrelsens forskrifter. I offshore sammenhæng har der i en årrække været arbejdet på udviklingen af et værktøj kaldet "CHARM" ("Chemical Hazard and Risk Management"). De her anvendte metoder baserer sig på CHARMs metode til bestemmelse af den såkaldte PNEC ("Predicted No Effect Concentration"). Denne metode tager udgangspunkt i resultater fra økotoxikologiske laboratorietests for enkeltarter gennemført under standardiserede og kontrollerede forhold. PNEC skal dog fastsættes med henblik på at beskytte økosystemet og ikke enkeltarter. Der anvendes derfor en ekstrapolationsfaktor for at nå fra et beskyttelsesniveau for en enkelt art til et beskyttelsesniveau, der tager hensyn til den naturlige variation mellem økosystemets forskellige arters følsomhed. Der er en del debat om metoden. Blandt andet anvendes der ofte resultater for arter, som er særlig robuste under laboratorieforhold, og det er ikke en forudsætning, at de testede arter rent faktisk er til stede i nærmiljøet. Det er endvidere muligt, at de anvendte ekstrapolationsfaktorer er enten for høje eller for lave. Da biologisk monitoring i vandsøjlen har vist sig vanskelig at gennemføre i praksis, er dette et aspekt, der er vanskeligt at belyse, og metoden er derfor endnu ikke valideret. CHARM er dog indtil videre den bedst udviklede metode til vurderinger af kemikalieudledninger fra offshoreindustrien. Den er derfor, på trods af sine begrænsninger, anvendt i denne miljøvurdering.

For at identificere de komponenter som formodes at udgøre den største risiko for miljøet ved de enkelte udledningspunkter af produceret vand anvendes den såkaldte EIF-model. Modellen anvendes bl.a. i Norge til at identificere den mest effektive rensningsteknik for de individuelle behandlingsanlæg og den størst mulige reduktion i risikoen for en eventuel påvirkning af miljøet.

Der udføres samtidig toksikologiske målinger af det udledte producerede vand, for at vurdere den egentlige påvirkning på miljøet. Kombineret med hydrologisk modellering af de enkelte udledninger anvendes disse data til at angive områder, hvor der potentielt kan være risiko for påvirkninger. Vurderingen er konservativ, idet der ikke ta-

ges højde for nedbrydning af de komponenter, som indgår i det udledte producerede vand.

Som nævnt i ovenstående er undersøgelser i vandsøjlen ikke gennemført, fordi strømforholdene i Nordsøen bevirker, at eventuelle effekter vanskeligt lader sig måle og/eller iagttage i vandsøjlen.

12.2.4 Modellering af aflejringer på havbunden

Modelleringen er foretaget på grundlag af BMT Proteus modellen, som er et kommercielt tilgængeligt modelsystem, udviklet af BMT Cordah Limited og AEA forskningscenter på vegne af olieselskaberne i den britiske del af Nordsøen og de britiske miljø- og oliemyndigheder. Den bygger på det velkendte partikelsporingsprincip, hvor udledningen repræsenteres af et antal partikler, hvis spredning og skæbne følges trinvis igennem den beregnede tidsperiode. Partiklernes bevægelser beregnes fra kendte hydrodynamiske ligninger på grundlag af data trukket ud fra en indbygget tidevands- og strømmodel for den pågældende position i Nordsøen og det pågældende tidspunkt. Modellen betragtes af offshoreindustrien som tidssvarende og realistisk i forudsætningerne og nyder udbredt anvendelse. Modellen ser bort fra effekter af vind og variationer i havbundsforhold, forhold som normalt ville bidrage til et miljømæssigt gunstige resultat.

12.2.5 Kort- og langtidseffekter

Ovennævnte CHARM miljøeffektvurderingsmodel anvender ekstrapolationsfaktorer (minimum 10 og maksimum 1.000) for at tage højde for ekstrapolationen fra målte akutte effektkoncentrationer til forventede uskadelige koncentrationer under længere tids eksponering. Fremgangsmåden benyttet af CHARM er i overensstemmelse med vejledende principper udarbejdet af OECD og EU til brug i den løbende evaluering af nye og eksisterende stoffer og produkter.

Vurderingen af bore- og produktionskemikaliernes potentiale for bioakkumulering og bionedbrydning indgår i miljøeffektvurderingen, hvor der tages højde for kemikaliets forventede nedbrydning i miljøet, og kemikaliets forventede fordeling i vand- og oliefraktioner. Bioakkumulerings- og bionedbrydningsegenskaberne vurderes desuden løbende som en del af proceduren for pre-screeningen af kemikalier, der skal godkendes af Miljøstyrelsen inden brug.

Da denne miljøvurdering behandler aktiviteter på eller inden for et område tæt på allerede eksisterende installationer, er der for en række repræsentative felter allerede gennemført baseline- og monitoringsundersøgelser. Der eksisterer derfor i dag et vel-dokumenteret baggrundsmateriale for forudsigelsen af det videre forløb og effekten af de udledte materialer, der aflejres på havbunden (boremudder og borespånere). Denne viden er anvendt i effektvurderingen.

Der er store usikkerheder forbundet med fremskrivningen af forventede emissioner til 2040 og emissionerne må ikke betragtes som absolutte værdier. Fremskrivningerne inkluderer eksisterende faciliteter, planlagte aktiviteter samt aktiviteter som ikke er fast defineret endnu.

12.2.6 Miljøpåvirkninger i forbindelse med uheldssituationer

Der er identificeret to spildtyper:

- kemikaliespild
- oliespild

Kemikaliespild

Sandsynligheden for kemikaliespild er opgjort. En kvantificeret miljøeffektvurdering af et kemikaliespild er ikke gennemført, idet effekten af et spild vurderes at være begrænset.

Oliespild

Sandsynligheden for oliespild er præsenteret for efterforsknings- og udviklingsboring.

Omfanget af små oliespild fra Mærsk Olie og Gas AS' operationer er præsenteret og miljøeffekten vurderet.

En repræsentativ simulering af et "blow-out" er præsenteret, og en miljøeffektvurdering af aktiviteterne er gennemført på baggrund heraf. Den anvendte oliespilds-model (SLIKTRACK) er baseret på et princip om gentagelse af modelleringen af et antal oliespildscenarier og efterfølgende statistisk behandling af resultaterne. 100 simuleringer blev gennemført for hver årstid og lokalitet. Modelleringen har derved omfattet 1.200 simuleringer.

Modellens matematiske grundprincip svarer til dem, der anvendes i nyere modeller, men tager ikke detaljeret højde for oliens fordeling mellem overfladen, vandsøjlen og havbunden. Dette fører til en mere konservativ vurdering af oliespildets udbredelse. Ligeledes er den anvendte model for fordelingen af olien i vandsøjlen gennemført ud fra konservative forudsætninger, der giver en strengere vurdering end de forudsætninger, der anvendes i nyere modeller (OSCAR, DREAM).

Andre miljøvurderinger (Amerada Hess, 1997; Statoil, 1997; DHI 2010) er baseret på de nyere beregningsmetoder og har ikke givet anledning til konklusioner, som afviger fra de i denne vurdering fremførte.

12.3 Socioøkonomisk vurdering

Den socioøkonomiske vurdering er, i overensstemmelse med danske traditioner for udarbejdelse af miljøvurderinger, begrænset til at omfatte negative socioøkonomiske konsekvenser af de miljømæssige effekter af de vurderede aktiviteter. De positive socioøkonomiske konsekvenser af de beskrevne aktiviteter er ikke behandlet.

Den væsentligste begrænsning i den præsenterede socioøkonomiske vurdering ligger i manglen på prædikative metoder til kvantificering af en oliespildseffekt på fiskebestandene, sekundært beredskabets betydning for effekterne. Læringer og analyser fra Deepwater Horizon vil blive behandlet af Mærsk Olie og Gas AS, når undersøgelserne er tilendebragt.

13. REFERENCER

1. Alerstam (1990): Bird Migration. Cambridge University Press.
2. Amerada Hess (1997): South Arne: Environmental Assessment of Field Development and Operation. Amerada Hess A/S, February 1997.
3. Abrahamson A, I. Brandt, B. Brunström, R.C. Sund og E.H. Jørgensen (2008). Monitoring contaminants from oil production at sea by measuring gill EROD activity in Atlantic cod (*Gadus morhua*). Environ. Pollut. 153 (1): 169-75.
4. Auld A.H. & J.R. Schubel (1974). Effects of suspended sediments on fish eggs and larvae. Chesapeake Bay Institute spec. rep. 40
5. Australian Petroleum Production & Exploration Association Limited (2004): Seismic and the Marine Environment.
6. Ayers et al (1980) Ayers, R. C. Jr, T.C. Sauer Jr, D. O. Steubner and R. P. Meek (1980). An environmental study to assess the effect of drilling fluids on water quality parameters during high rate, high volume discharges to the ocean. In: Symposium Research on Environmental Fate and Effects of Drilling Fluids and Cuttings Jan 21-24, Lake Buena Vista FL. Vol. 1 pp. 351-381. (Refereret i UNEP 1985: The impact of water-based drilling mud discharges in the environment UNEP-Industry & Environment Overview Series.
7. Bergman, M.J.N. & van Santbrink, J.W. (2000): Fishing mortality of populations of megafauna in sandy sediments. I Kaiser MJ & de Groot SJ (Eds.) Effects of Fishing on non-target Species and Habitats. Blackwell Science, Oxford. pp. 49-68.
8. Beaugrand, G. (2004): Continuous Plankton Records. Plankton Atlas of the North Atlantic Ocean (1958-1999).I. Introduction and methodology. Supplement 3-10.
9. Birkett, L. (1953): Changes in the compositions of the bottom fauna of the Dogger Bank area. Nature 171: 265.
10. Bourne, W.R.P. (1979): Birds and gas flares. Marine Pollution Bulletin 10. pp. 124-125.
11. British Oceanographic Data Centre/Natural Environment Research Council (1998): United Kingdom Digital Marine Atlas (computer version only).
12. British Oceanographic Data Centre/Natural Environment Research Council (1992/1993): United Kingdom Digital Marine Atlas (computer version only).
13. Brockmann, U.H. & Wegner, G. (1985): Hydrography, nutrient and chlorophyll distribution in the North Sea in February, 1984. Arch. Fisch. Wiss. 36. pp. 27-45.
14. Burger, A.E. (1993): Estimating the mortality of seabirds following oil spills: Effects of spill volume. Marine Pollution Bulletin vol. 26, pp.140-143.
15. Callaway R. , J. Alsvåg, I. de Boois, J Cotter, A Ford, GH. Hinz, S. Jennings, I. Kröncke, J. Lancaster, G. Piet, P. Prince and As. Ehrich (2002). Diversity and community structure of epibenthic invertebrates and fish in the North Sea. ICES Journal of Marine Science 59: 1199-1214.
16. Capuzzo, J.M. (1987): Biological Effects of Petroleum Hydrocarbons: Assessments from Experimental Results, IN: Boesch, F.D. and Nancy N. Rabalais (eds.), 1987: Long-Term Environmental Effects of Offshore Oil and Gas Development, pp. 343-388.
17. Carter, I. C., et al. (1993): Seabird Concentrations in the North Sea: an atlas of vulnerabil-

- ity to surface pollutants. Joint Nature Conservation Committee 1993.
18. Christensen, T.K. & Hounisen, J.P. (2004): Investigations of migratory birds during operation of Horns Rev offshore wind farm: Preliminary note of analysis of data from spring 2004. Elsam Engineering A/S.
19. CONCAWE (1981): A field guide to coastal oil spill control and clean-up techniques. Report no. 9/81.
20. Connell, D. W. (1997): Basic concepts of environmental chemistry. pp. 510.
21. COWI (2009): Handbook – Facilities, Section H2.1, Issue 4.
22. Craeymeersch, J.A., Heip, C.H.R. & Buijs, J. (1997): Atlas of the North Sea benthic fauna. ICES cooperative research report 218, p. 86.
23. Cranford, P., K. Querbach, G. Maillet, J. Grant, C. Taggard and K. Lee (1998). Effect of water based drilling mud on early life stages of haddock, lobster and sea scallop.
24. Cripps, S.J., & J.P. Aabel, (2002): Environmental and socio economic impact assessment of Ekoreef, a multiple platform rigs-to-reef development. ICES Journal of Marine Science, 59: pp. 300-308.
25. Daan, N. et al., (1990): Ecology of North Sea Fish. Netherlands Journal of Sea Research, 26 (2-4): pp. 343-86.
26. Danish Hydraulic Institute (1991): Gorm Field. Current distribution 1983-1985. Report to Mærsk Olie & Gas. p. 88.
27. Danmarks Fiskeriundersøgelser (2002): Udvalget om Miljøpåvirkninger og fiskeriressourcer. Delrapport vedr. Habitatpåvirkninger, DFU-rapport nr. 112-02.
28. Dansk Boreselskab A/S (1984): Simulation of oil spills from blow-out and pipeline rupture. COWIconsult for Dansk Boreselskab A/S.
29. Dansk Undergrunds Consortium (DUC) (1992): Oliespildsberedskabsplan. (1992 med senere opdateringer til 16. oktober 1998).
30. Davies, J.M., et al. (1990): Some effects of oil-derived hydrocarbons on a pelagic food web from observations in an enclosed ecosystem and a consideration of their implications for monitoring. Rapp. P.-v. Reün. Cons. int. Explor. Mer. vol. 179, pp. 201-211.
31. DHI (2008): Analyses and assessment of biological and chemical monitoring data from offshore platforms in the Danish sector of the North Sea in 1989-2006.
32. DHI (2010): Oil Spill Modelling - DUC Installations. Final Report, April 2010.
33. DMI (2005): Simulering af mindre oliespild fra Gorm feltet. Center for Marin Forecasting, Danmarks Meteorologiske Institut for Mærsk Olie og Gas AS.
34. Dietz, R., Teilmann, J. & Henriksen, O.D. (2000): VVM-redegørelse for havmøllepark ved Rødsand. Teknisk rapport vedrørende sæler. Danmarks Miljøundersøgelser. p. 45.
35. Duineveld, G.C.A., Künitzer, A, Niermann, U, de Wilde, P.A.W.J. & Gray, J.S. (1991): The macrobenthos of the North Sea. Neth J Sea Res 28: pp. 53-65.
36. Ekins P, R. Vanner og J. Firebrace (2005). Management of produced water on offshore oil installations; A comparative Assessment using flow analysis. Final Report psi (Policy Studies Institute. Case studies provided by the UK Offshore Operators Association and its member companies.
37. E&P Forum (1994): North Sea Produced Water: Fate and Effects in the Marine Environment. Report No. 2.62/204.

38. Faksness, L-G., Darling, P.S. & Grini, P.G.: Partitioning of semi-soluble organic compounds between the water phase and oil droplets in produced water from platforms in the North Sea, Int. Conf. On Produced Water, Stavanger, 14 – 15 January 2004
39. Finneran, J.J. et al. (2002): Temporal shift in masked hearing threshold in odontocetes after exposure to single underwater impulses from seismic watergun. J. Acoust. Soc. Am. 111 (6)
40. Friends of Scotland (2003). Wait, there's more. January 2003.
<http://www.friendsofscotland.gov.uk/business/northsea.html>
41. Grøsvik, B.E., S. Meier, K. Westheim, H. Skarphedinsdottir, B. Liewenborg, L. Balk and J. Klungsøyr (2007). Condition monitoring in the water column 2005: Oil hydrocarbons in fish from Norwegian waters IMR Report No. 2-2007. 33 pp.
42. Hammond, P.S. et al (1995): Distribution & Abundance of the Harbour Porpoise & Other Small Cetaceans in the North Sea & Adjacent Waters. LIFE 92-2/UK/027, Final Report October 1995.
43. Hammond, P.S. et al. (2002): Abundance of harbour porpoise and other cetaceans in the North Sea and adjacent waters. Journal of Applied Ecology, 39; 361-376.
44. Hassel, A. et.al (2003): Reaction of sand eel to seismic shooting: A field experiment and fishery statistics study, Institute of Marine Research, Bergen, Norway
45. Hastings, M.C., Popper, A.N., Finneran, J.J. & Lanford, P.J. (1996): Effects of low-frequency underwater sound on hair cells of the inner ear and lateral line of teleost fish *Astronotus ocellatus*. Journal of the Acoustic Society of America 99(3): pp. 1759-1766.
46. Heip, C.H.R. & Craeymeersch, J.A. (1995): Benthic community structures of the North Sea. Helgoländer Meeresuntersuch. 49: pp. 313-328.
47. ICES 2004. ICES Advice (2004). ACFM/ACE Report
48. ICES (2009). Fishery Advice. www.ices.dk/icesadvice.asp
49. ICES (2007a). Results of the spring 2004 North Sea Ichthyoplankton surveys. The distribution of fish eggs and larvae from the international ichthyoplankton survey. ICES Cooperative Research No 285. 59 pp.
50. ICES (2007b). Structure and dynamics of the North Sea benthos. ICES Cooperative Research Report No. 288. September 2007.
51. ITOPF (1998): Fate of Marine Oil Spills. ITOPF Home Page (www.itopf.com), 9. dec. 1998.
52. Jellmann, J. (1977): Radar Untersuchungen zum Frühjahrszug über Nordwestdeutschland und die südliche Nordsee im April und Mai 1971. Vogelwarte 29: 135-149.
53. Johnsen, S., et al. (2004): Environmental fate and effect of contaminants in produced water. Society of Petroleum Engineers Inc., 2004. SPE Paper Number 86708.
54. Jones, N.S., (1950): Marine bottom communities. Biol. Rev 25: pp. 283-313.
55. Jørgensen T., S. Løkkeborg og A.V. Soldal (2002). Residence of fish in the vicinity of a decommissioned oil platform in the North Sea. ICES Journal of Marine Science. Vol 59, Supplement 1, October 2002, pp S288-S293.

56. Kingston (1992): Impact of offshore oil production installations on the benthos of the North Sea. ICES J. Mar. Sci., vol. 49, pp. 45-53.
57. Kirkegård, J.B. (1969): A Quantitative Investigation of the Central North Sea Polychaeta. Spolia zool. Mus. haun 29, p. 285.
58. Kiørboe T., Frantsen, C. Jensen & G. Sørensen (1981). Effects of suspended sediment on development and hatching of herring (*Clupea harengus* eggs). Estuarine, Coastal and Shelf Science 13, 107-111.
59. Klitte, P & Jensen, L.H. (1987): Olier - fysiske og kemiske egenskaber. Esbjerg Teknikum.
60. Klunsøyr, J., et al. (2003): Contamination of fish in the North Sea by the offshore oil and gas industry. Report to Norwegian Research Council (NFR). Report No. 152231/720.
61. Knudsen, F.R., Schreck, C.B., Knapp, S.M., Enger, P.S. & Sand, O. (1997): Infrasound produces flight and avoidance responses in Pacific juvenile salmonids Journal of Fish Biology, vol. 51, no. 4, pp. 824-829(6).
62. Knust, R. et al. (2003). Untersuchungen zur Vermeidung und Verminderung von Belastungen der Meeresumwelt durch Offshore – Windenergieanlagen im küstenfernen Bereich der Nord- und Ostsee. Texte 62/03 ISSN 0722-186X. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
63. Krog, C. (1993): Fiskeri og Havmiljø. pp. 200.
64. Kröncke, I.(1990): Macrofauna standing stock of the Dogger Bank. A comparison: II 1951-1952 versus 1985-87. Are changes in the community of the northeastern part of the Dogger Bank due to environmental changes? Neth J Sea Res 25: pp. 189-198.
65. Kröncke, I. (1992): Macrofauna standing stock of the Dogger Bank. A comparison: III 1950-54 versus 1985-87. A final summary. Helgoländer Meeresuntersuch. 46: pp. 137-169.
66. Kröncke; I. (1995): Long-term changes in the North Sea Benthos. Senckenbergiana Maritima. 26: pp. 73-80.
67. Kröncke, I & Rachor, E. (1992). Macrofauna investigations along transects from the inner German Bight towards the Dogger Bank. Mar Ecol. Prog Ser 91: pp. 269-276.
68. Künitzer, A., Basford, D., Craeymeersch, J.A., Dewarumez J.M., Dörjes, J., Duineveld, G.C.A., Eleftheriou, A., Heip, C., Herman, P., Kingston, P., Niermann, U., Rachor, E., Rumohr, H. & de Wilde, P.A.J. (1992): The benthic infauna of the North Sea: species distribution and assemblages. ICES Journal of Marine Science 49, pp. 127-143.
69. Lange, R. (1984): The fate and significance of oil in the sea. Final report from the Norwegian Marine Pollution Research and Monitoring Programme (FOH) 1976-84. pp. 75.
70. Lange, R. (ed.) (1991): Environment Northern Seas. pp. 63.
71. Lie K.K., S. Meier, PA Olsvik (2009). Effects of environmental relevant doses of pollutants from offshore oil production on Atlantic cod (*Gadus morhua*). Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol Pharmacol 150(2): 141-9

72. Løkkeborg, S, O.B. Humborstad, T. Jørgensen og A.V. Soldal (2002). Spatio-temporal variations in gillnet catch rates in the vicinity of North Sea oil platforms. ICES Journal of Marine Science Vol 59, Supplement 1 October 2002 pp S294-S299.
73. McConnell, B.J., Fedak, M.A., Lowell, B. & Hammond, P.S. (1999): Movements and foraging areas of grey seals in the North Sea. Journal of Applied Ecology 36: pp. 573-590.
74. Maxon, C.M. (2000): Offshore wind turbine construction. Offshore pile driving underwater and above-water noise measurements and analysis. Teknisk rapport til SEAS Distribution A.m.b.a. og Enron wind GmbH, Ødegaard & Danneskiold-Samsøe.
75. Miljøstyrelsen (1978): Olieforurening i det marine miljø. En rapport fra Miljøstyrelsens fagkyndige udvalg.
76. Meier, S., et al. (2002): Hormonal effects of C4-C7 alkyl phenols on cod (*Gadus morhua*). Institute of Marine Research, Bergen April 2002.
77. Meyer S, TE Andersen, B Norberg, A. Thorsen, GL Taranger, O.S Kjesbu, R. Dale, H.C. Morton, J. Klungsøyr, A. Svardal (2007). Effects of alkylphenols on the reproductive system of Atlantic cod (*Gadus morhua*). Aquat. Toxicol. 81 (2): 207-18.
78. Memorandum 0517-01, Valdemar BA Development Project, Assessment of Seabed Temperature, LICEngineering af 21 -06-2005.
79. Mensink, B.P., Fischer, G.C., Cadée, G.C., Fonds, M., Ten Hallers-Tjabbes, C.C. & Boon, J.P. (2000): Shell damage and mortality in the common whelk *Buccinum undatum* caused by beam trawl fishery. J Sea Res. 43: pp. 53-64.
80. Miljøstyrelsen (1988): Retningslinjer for Monitoring omkring Offshoreplatforme i Danmark. Miljøstyrelsen, Internationalt kontor, og Miljøstyrelsens Havforureningslaboratorium, 1988.
81. Miljøstyrelsen (1989): Miljøstyrelsens krav til beredskab til bekæmpelse af forurening af havet fra visse havanlæg samt krav til udledning fra disse. Miljøstyrelsen, Internationalt kontor, 1. februar 1989 (J.nr. M21-0033).
82. Miljøstyrelsen (1991): National aktionsplan vedrørende oliebehæftede borespåner.
83. Ministry of Environment (1993): The North Sea. Environmental Indicators 1993.
84. Munk, P. (1993): Differential growth of larval sprat *Sprattus sprattus* across a tidal front in the eastern North Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 99: pp. 17-27, 1993.
85. Munk P et al. (1995). Larval and small juvenile cod *Gadus morhua* in the highly productive areas of a shelf break front. Marine Ecology Progress Series 125:21-30.
86. Munk P. et al (1999). Variability of frontal zone formation and distribution of gadoid fish larvae at the shelf break in the northeastern North Sea. Marine Ecology Progress Series 177:221-233.
87. Munk, P. et al. (2002): Distribution of the Early Larval Stages of Cod, Plaice and Lesser Sand eel across Haline Fronts in the North Sea. Estuarine, Coastal and Shelf Science (2002) 55, pp. 139-149.
88. Munk, P. & Nielsen, T. G. (1994): Trophodynamics of the plankton community at Dogger Bank: predatory impact by larval fish. Journal of Plankton Research, Vol. 16 no. 9. pp. 1225-1245, 1994.

89. Munch-Petersen (2005). Fiskebestande og fiskeri i 2005. Danmarks Fiskeriundersøgelser. DFU-rapport 142-05.
90. Muus B.J. og P. Dahlstrøm (1985). Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa. GAD.
91. Myhre et al. (2004): Risk Assessment of reproductive effects of alkyl phenols in produced water on fish stocks in the North Sea. AM – Akvamiljø, Report AM-2004/018.
92. Mærsk Olie og Gas AS (1984): Atlas of Biological and Environmental Conditions of the North Sea. The Danish sector and the Wadden Sea.
93. Mærsk Olie og Gas AS (1989): Chemical and Biological Baseline Survey around Kraka, April 1989. COWI for Mærsk Olie og Gas AS.
94. Mærsk Olie og Gas AS (1990a): Chemical and Biological Monitoring around Gorm, May 1990. COWI for Mærsk Olie og Gas AS.
95. Mærsk Olie og Gas AS (1990b): Chemical and Biological Monitoring around Kraka, May 1990. COWI for Mærsk Olie og Gas AS.
96. Mærsk Olie og Gas AS (1991): Chemical Monitoring around Kraka, May 1991. COWI for Mærsk Olie og Gas AS.
97. Mærsk Olie og Gas AS (1992): Chemical and Biological Monitoring around Gorm, May 1992. COWI for Mærsk Olie og Gas AS.
98. Mærsk Olie og Gas AS (1993a): Chemical and Biological Monitoring around Kraka, June 1993. COWI for Mærsk Olie og Gas AS.
99. Mærsk Olie og Gas AS (1993b): DUC oil analyses (internal reports and database).
100. Mærsk Olie og Gas AS (1993c): Heavy metals discharged with baryte in drilling mud. COWI for Mærsk Olie og Gas AS.
101. Mærsk Olie og Gas AS (1995): Chemical and Biological Monitoring around the Gorm Field, May 1995. VKI for Mærsk Olie og Gas AS.
102. Mærsk Olie og Gas AS (1996): Chemical and Biological Monitoring around Kraka Field, May 1996. VKI for Mærsk Olie og Gas AS.
103. Mærsk Olie og Gas AS (1997a): Biological and Chemical Monitoring around the Harald Field in April 1997. VKI for Mærsk Olie og Gas AS.
104. Mærsk Olie og Gas AS (1997b): Chemical and Biological Baseline Study around Harald, March 1996 (Revised and expanded version of the August 1996 report). COWI for Mærsk Olie og Gas AS.
105. Mærsk Olie og Gas AS (1997c): Chemical and Biological Monitoring around the Harald Field, June 1996 (Revised and expanded version of the August 1996 report). COWI for Mærsk Olie og Gas AS.
106. Mærsk Olie og Gas AS (1998a): Biological and Chemical Monitoring around the Harald Field in September 1997. VKI for Mærsk Olie og Gas AS.
107. Mærsk Olie og Gas AS (1998b): Chemical and Biological Monitoring around Gorm, May 1998. VKI for Mærsk Olie og Gas AS.
108. Mærsk Olie og Gas AS (1998c): Oversigt over det danske nordsøfiskeri med speciel fokus på udvalgte ICES-kvadrater. C. Krog for Mærsk Olie og Gas AS.

109. Mærsk Olie og Gas AS (1999): VVM 1999. Vurdering af Virkninger på Miljø fra Yderligere Brønde, November 1999.
110. Mærsk Olie og Gas AS (1999): Chemical and Biological Monitoring around the Halldan Field, in May 1999. Rambøll for Mærsk Olie og Gas AS.
111. Mærsk Olie og Gas AS (2002a): Chemical and Biological Monitoring around the Gorm Field, May 2002. DHI for Mærsk Olie og Gas AS.
112. Mærsk Olie og Gas AS (2002b): Chemical and Biological Monitoring around Kraka Field, May 2002. DHI for Mærsk Olie og Gas AS.
113. Mærsk Olie og Gas AS (2002c): Biological and Chemical Monitoring around the Harald Field. May 2002. DHI for Mærsk Olie og Gas AS.
114. Mærsk Olie og Gas AS (2002d): Biological and Chemical Monitoring around the Halldan Field. May 2002. DHI for Mærsk Olie og Gas AS.
115. Mærsk Olie og Gas AS (2003a): Registrering af fiskesamfund og fiskeæg omkring Halldan feltet. Hovedrapport, december 2003. Carl Bro for Mærsk Olie og Gas AS.
116. Mærsk Olie og Gas AS (2003b): Modellering af oprindelsesområdet til vandmasserne ved Halldan og Dan felterne. Endelig rapport, oktober 2003. DHI – Institut for Vand og Miljø for Mærsk Olie og Gas AS.
117. Mærsk Olie og Gas AS (2004a): Proteus Drilling Discharge Dispersion Modelling. BMT Cordah Limited for Mærsk Olie og Gas AS.
118. Mærsk Olie og Gas AS (2004b): Produktionsplatforme i Nordsøen. Fortyndingsberegninger for procesvand. DHI – Institut for Vand og Miljø for Rambøll for Mærsk Olie og Gas AS.
119. Mærsk Olie og Gas AS (2004c): Tyra West E to FO3-FB-1 Pipeline route survey, Danish sector, Environmental Report, February-March 2003.
120. Mærsk Olie og Gas AS (2004d): Pipeline route survey, Proposed 12” Gas pipeline Valdemar B to Tyra West B, August–September 2004, Volume 3a – Environmental Report.
121. Mærsk Olie og Gas AS (2005a): Økotoksikologisk undersøgelse af produktionsvand fra Nordsøen. DHI – Institut for Vand og Miljø for Mærsk Olie og Gas AS.
122. Mærsk Olie og Gas AS (2005b): Environmental Impact Factor evaluations for selected Mærsk installations in the Danish sector of the North Sea. RF – Akvamiljø for Mærsk Olie og Gas AS.
123. Mærsk Olie og Gas A/S (2005c). VVM 2005. Vurderingen af virkningen på miljøet fra yderligere brønde. Juni 2005.
124. Mærsk Olie og Gas AS (2006a): Chemical and Biological Monitoring around Tyra East, 2006. December 2006. COWI for Mærsk Olie & Gas.
125. Mærsk Olie og Gas AS (2006b): Chemical and Biological Monitoring around Dan F, 2006. December 2006. COWI for Mærsk Olie & Gas.
126. Mærsk Olie og Gas AS (2006c): Chemical and Biological Monitoring around Gorm, 2006. December 2006. COWI for Mærsk Olie & Gas.

127. Mærsk Olie og Gas A/S (2006d). Underwater sound from offshore drilling activities. Marine mammals impact assessment. DDH Consulting A/S og Ødegaard & Danneskiold-Samsøe A/S for Mærsk Olie og Gas A/S.
128. Mærsk Olie og Gas AS (2009a): Chemical and Biological Monitoring of the Seabed around the Gorm Platform in May 2009. DHI for Mærsk Olie og Gas AS.
129. Mærsk Olie og Gas AS (2009b): Chemical and Biological Monitoring of the Seabed around the Valdemar BA Platform in May 2009. DHI for Mærsk Olie og Gas AS.
130. Mærsk Olie og Gas AS (2009c): Chemical and Biological Monitoring of the Seabed around the Dan F Platform in May 2009. DHI for Mærsk Olie og Gas AS.
131. Mærsk Olie og Gas AS (2009d): Chemical and Biological Monitoring of the Seabed around the Tyra E Platform in May 2009. DHI for Mærsk Olie og Gas AS.
132. Mærsk Olie & Gas A/S (2009e). Akustisk overvågning af småhvaler i Nordsøen. Statusrapport 2. August 2009 DHI for Mærsk Olie og Gas A/S.
133. Mærsk Olie og Gas A/S (2009f). Kortlægning af havfugle og havpattedyr i Nordsøen 2006-2008. Rapport over flytællingsresultater. Oktober 2009. DHI for Mærsk Olie og Gas A/S.
134. Mærsk Olie og Gas A/S (2009g). Ship impact risk due to passing vessels. July 2009. COWI for Mærsk Olie og Gas A/S
135. Neff, J.M. (2002): Bioaccumulation in Marine Organisms: Effect of Contaminants from Oil Well Produced Water. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. P.452.
136. Neff J.M. (2005). Composition, environmental fates and biological effects of water based drilling muds and cuttings discharged to the marine environment: A synthesis and Annotated Bibliography. Prepared for Petroleum Environmental Research Forum (PERF) and American Petroleum Institute.
137. Nielsen, T. G., et al. (1993): Structure of plankton communities in the Dogger Bank area (North Sea) during a stratified situation. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 95, pp. 115-131.
138. North Sea Task Force/OSPAR and ICES (1993): North Sea Quality Status Report 1993.
139. North Sea Task Force (1993): North Sea Subregion 7a Assessment Report 1993.
140. North Sea Task Force (1993): North Sea Subregion 7b Assessment Report 1993.
141. NSOC-Denmark (1992): Atlas of Seabird Vulnerability to Oil Pollution in the Danish Sector of the Open North Sea. Ornis Consult for NSOC-Denmark.
142. NSOC-Denmark (1999): Analysis of Impact on Sediment and Bottom Fauna in Relation to Offshore Activities in the Danish Sector of the North Sea 1989-1998. VKI for NSOC-Denmark.
143. OGP (2002): International Association of Oil and Gas Producers. Aromatics in produced water: Occurrence , fate & effects, and treatment. Report No. 1.20/324. January 2002.
144. OREDA (1992): Offshore Reliability Data, 2nd edition. Prepared by SINTEF for OREDA.
145. OSPAR (2000). Quality Status Report 2000 for the North-East Atlantic.

146. Petersen, C.G.J. (1913/14): Valuation of the sea. II. The animal communities of the sea-bottom and their importance for marine zoogeography. Report of the Danish Biological Station 21, pp. 1-44 & 1-67.
147. Picken, G. B. (1989): UK fisheries research around offshore oil installations. Fisheries and offshore petroleum exploration 1. Petropiscis Scanews Bergen of Commerce and Industry, Bergen 23-25 October 1989, p. 18.
148. Pierce, G.J. & Guerra, A. (1994): Stock assessment methods used for cephalopod fisheries. Fisheries Research 21, pp. 255-285.
149. Popper, A.N. (2000): www.life.umd.edu/biology/hearingthresholds.htm.
150. Reid, C.P., Edwards, M., Hunt, H.G. & Warner, J. (1998): Phytoplankton change in the North Atlantic. Nature 391: p. 546.
151. Remane, A. (1940): Einführung in die Zoologische Ökologie der Nord- und Ostsee. I: Grimpe G & E Wagler (eds.) Die Tierwelt der Nord- und Ostsee. Becker & Erler, Leipzig, p. 238.
152. Richardson, K et al. (2000): Subsurface phytoplankton blooms fuel pelagic production in the North Sea.
153. Richardson, W.J., Greene Jr., C.R., Malme, C.I., Thomson, D.H. (1995): Marine Mammals and Noise, Academic Press, San Diego, CA, USA.
154. Rönback P & Westerberg H (1996). Sedimenteffekter på pelagiska fiskägg och gulesäckslarver. Fiskeriverket, Kustlaboratoriet, Frölunda, Sweden. Refereret i Engell-Sørensen & Skyt (2000). Evaluation of the effect of sediment spill from Offshore Wind Farm Construction on Marine Fish. SEAS Doc. no. 1980-1-03-2-rev1.
155. Salzwedel, H., Rachor, E. & Gerdes, D. (1995): Benthic macrofauna communities in the German Bight. Veröff Inst Meeresforsch. Bremerhafen 20: pp. 199-267.
156. Sand, O., Karlsen, H.E. (1986): Detection of infrasound by the Atlantic Cod Journal of Experimental Biology, Vol 125, no 1, pp 197-204.
157. Sand, O., Enger, P.S., Karlsen, H.E., Knudsen, F., Kvernstuen, T. (2000): Avoidance Responses to Infrasound in Downstream Migrating European Silver Eels, *Anguilla anguilla*, Environmental Biology of Fishes, Volume 57, Issue 3, March 2000, pp. 327 – 336.
158. SCANS-II, Life Project: Small Cetaceans in the European Atlantic and North Sea (2006).
159. Scheidat, M., Gilles, A., Lehnert, K. & Siebert, U. (2003): Erfassung von Meeressäugertieren in der deutschen AWZ der Nordsee. Endbericht für das Bundesamt für Naturschutz. Bundesamt für Naturschutz.
160. Schustermann, R., Kastak, D., Southhall, B. & Kastak, C. (2000): Underwater temporary threshold shifts in pinnipeds: tradeoffs between noise intensity and duration. Journal of the Acoustical Society of America 108(5, Pt. 2): pp. 2515-2516.
161. Skov, H., et al. (1995): Important Bird Areas for Seabirds in the North Sea. BirdLife International, Cambridge.
162. Skov, H., et al. (2002): Dispersion and vulnerability of marine birds and cetaceans in Faroese waters. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough. p.106.

163. Sonntag, R.P., Benke, H., Hiby, A.R., Lick, R. & Adelung, D. (1999): Identification of the first harbour porpoise calving ground in the North Sea. *Journal of Sea Research* 41, pp. 225-232.
164. Statoil (1997): Siri feltet. Vurderinger af virkninger på miljøet. Statoil Efterforskning og Produktion A/S, København, Danmark.
165. Statoil (1998): VVM-tillæg Siri-feltet. Udarbejdet af COWI. April 1998.
166. Sturve J. L. Hesselberg, H. Fälth, M. Celander, L. Förlin (2006). Effects of North Sea oil and alkylphenols on biomarker responses in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*).
167. Sundt, R.C. & Baussant, T. (2003): Uptake, tissue distribution and elimination of C4-C7 alkylated phenols in cod. Dietary vs. waterborne exposure. RF-Akvamilj. Report AM-2003/001.
168. Tasker, M.L. & Furness, R.W. (1996): Estimation of food consumption by seabirds in the North Sea. Pp. 6-42 in ICES Cooperative Research Report, No. 216.
169. Teilmann, J., Sveegaard, S., Dietz, R., Petersen, I.K., Berggren, P., & Desportes, G. 2008: High density areas for harbour porpoises in Danish waters. National Environmental Research Institute, University of Aarhus. 84 pp. - NERI Technical Report No. 657.
170. Thorson, G. (1957): Bottom Communities. *Mem Geol Soc Am.* 67: pp. 461-534.
171. Tilseth, S., Solberg, T.S. & Westerheim, K. (1984): Sublethal effects of the water-soluble fraction of Ekofisk Crude Oil on the early Larval Stages of Cod (*Gadus morhua*). *Marine Environmental Research* vol.11, pp. 1-16.
172. Tougaard, J. et al. (2003a): Satellite tracking of Harbour Seals on Horns Reef. Use of the Horns Reef wind farm area and the North Sea. Report to Techwise A/S March 2003. Syddansk Universitet.
173. Tougaard, J., Carstensen, J., Henriksen, O.D., Skov, H. & Teilmann, J. (2003b): Short-term effects of the construction of wind turbines on harbour porpoises at Horns Reef. Technical report to TechWise A/S. HME/362-02662, Hedeselskabet.
174. Wadden Sea Secretariat (2004): Counting Harbour Seals in the Wadden Sea in 2004 – and Unexpected Results. Seals 2004. Common Seals in the Wadden Sea in 2004. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhemshaven.
175. Westerberg, H. (1993): Öresundskonsortiet, miljökonsekvensbeskrivning for Öresundsforbindelsen. Effekter fra lys og vibrationer på fiskvandring i området kring Öresundsbroen. Fiskeriverket. Udredningskontoret i Jönköping.
176. Whomersley, P. & Picken, G.B. (2003): Long-term dynamics of fouling communities found on offshore installations in the North Sea. *J. Mar. Biol. Ass. U.K* (2003), pp. 83, 897-901.
177. Wieking, G. & Kröncke, I. (2003): Benthic communities of the Dogger Bank (central North Sea) in the late 90s: Spatial distribution, species composition and trophic structure. *Helgoland Marine Research*, 57: pp. 34-46.
178. Williams, J.M., Tasker, M.L., Carter, I.C. & Webb, A. (1995): A method of assessing seabird vulnerability to surface pollutions. *Ibis* 137: pp. 147-152.

179. Winkelman, J.E. (1985): Impact of medium-seized wind turbines on birds: a survey on flight behavior, victims and disturbance. *Neth. J. Agric. Sci.* 33: 75-77.
180. Winkelman, J.E. (1989): Vogels en het windpark nabij Urk (NOP): Aanvaringsslachtoffers en verstoring van pleisterende, eenden, ganzen und zwanen. Rijksinstituut voor Natuurbeheer. Rin Rapport 89/15. Arnhem.
181. Winkelman, J.E. (1992): De invloed van de Sep-proefwindzentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels 1: Aanvaringsslachtoffers. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, RIN-rapport 92/2. Arnhem.
182. Witbaard, R. & Klein, R. (1994): Long-term trends on the effects of the southern North Sea beamtrawl fishery on the bivalve mollusk *Arctica islandica* (mollusca, Bivalvia). *ICES J Mar Sci* 51: pp. 99-105.
183. Worsøe, L.A. et al. (2002): Gyde- og opvækstpladser for kommercielle fiskearter i Nordsøen, Skagerrak og Kattegat. DFU Rapport Nr. 118-02.
184. Ursin, E. (1952): Change in the composition of the bottom fauna of the Dogger Bank area. *Nature* 170: p. 324.