



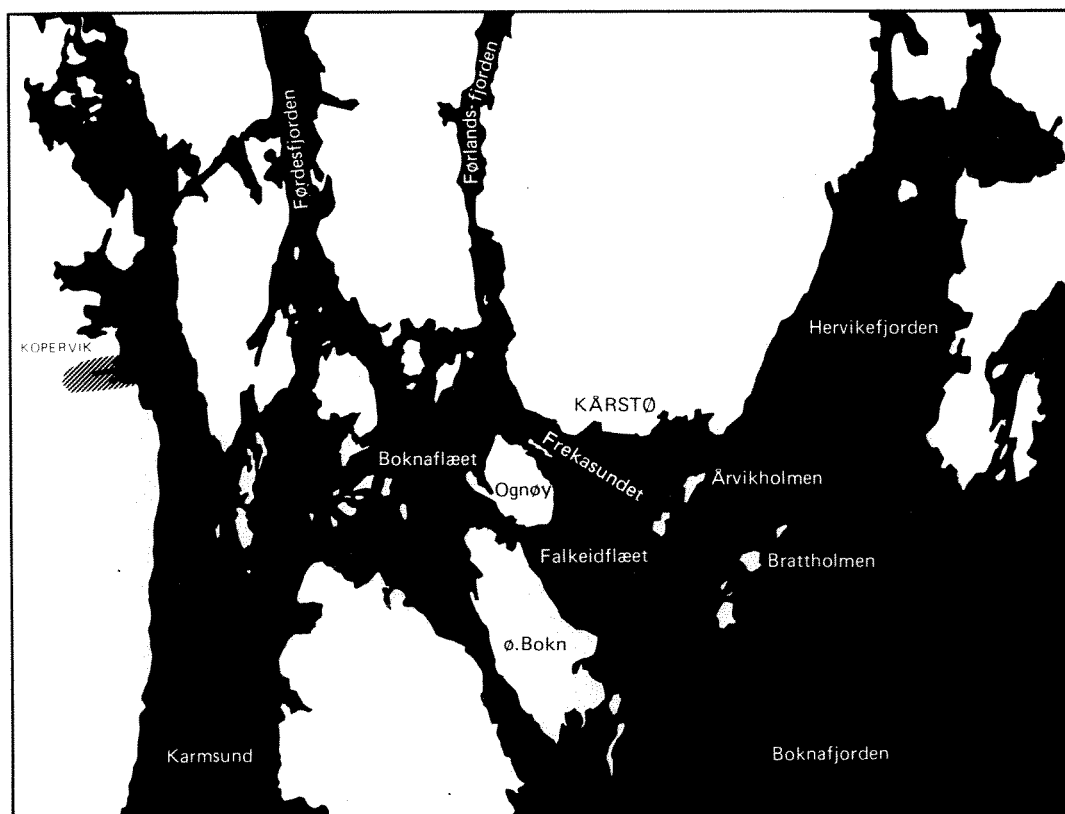
Petrokjemianlegg på KÅRSTØ

O-88120

Biologiske undersøkelser av
den marine resipient rundt Kårstø

Sammenfatning

1981 - 1989



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 43 033	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752 Telefax (065) 78 402	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen-Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
---	--	---	---

Rapportnummer:
88120

Undernummer:

Løpenummer: 2440

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: <i>Biologiske undersøkelser av den marine resipient ved Kårstø. Sammenfatning 1981-1989.</i>	Dato: 30.4.1990
	Prosjektnummer: 88120
Forfatter: <i>Are Pedersen Torgeir Bakke Brage Rygg Norman W. Green</i>	Faggruppe: <i>Industriforurensninger</i>
	Geografisk område: <i>Rogaland</i>
	Antall sider: 41

Oppdragsgiver: <i>Den norske stats oljeselskap A/S</i>	Oppdragsref.:
--	----------------------

Ekstrakt: <i>De biologiske undersøkelsene gjennomført i perioden 1981 til 1989 i Kårstøområdet, er omfattende og har dannet et godt grunnlag for å påvise eventuelle effekter av terminaldriftens første 2 år. Med unntak av en strandlokalitet ca 1 km vest for selve terminalen (Tungeneset), kan de endringer som har skjedd i samfunnsstruktur på hard- og bløtbunn tilskrives naturgitte forhold som f.eks. bølgeeksponering, rekrutteringsintensitet, nedbeiting fra sjøpinnsvin eller mangelfull dypvannsutskiftning. De regionale forskjeller i noen av disse faktorene var imidlertid slik at de kan ha maskert eventuelle subtile effekter av kjølevannsutslippet. Det foreslås derfor at det etableres et moderat langsiktig overvåkingsprogram i området, for å registrere om slike effekter eventuelt manifesterer seg over lang tid.</i>
--

Emneord, norske:
<i>1. Petrokjemianlegg 2. Hardbunnorganismer 3. Bløtbunnfauna 4. Overvåking</i>

Emneord, engelske:
<i>1. Petrochemical industry 2. Hard bottom organisms 3. Soft bottom fauna 4. Monitoring</i>

For Prosjektleder:

Torgeir Bakke

Torgeir Bakke

For administrasjonen:

Tor Bokn

Tor Bokn

ISBN 82-577-1745-2

Petrokjemianlegg på Kårstø;

**BIOLOGISKE UNDERSØKELSER AV DEN MARINE RESIPIENT RUNDT KÅRSTØ
1981 - 1989**

SAMMENFATNING

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
1. Konklusjon	1
2. Innledning	3
3. Sammenfatning	4
3.1 Tidevannssonen	4
3.2 Hardbunnsamfunn nedenfor tidevannssonen	6
3.3 Bløtbunnsfauna i utvalgte fjordavsnitt	7
3.4 Sammenfattende konklusjon	9
4. Vedlegg	11

1. Konklusjon

De biologiske undersøkelsene gjennomført i perioden 1981 til 1989 i Kårstøområdet, er omfattende og danner et godt grunnlag for å påvise eventuelle effekter av terminaldriftens første 2 år. Med unntak av en strandlokalitet ca 1 km vest for selve terminalen (Tungeneset), kan de endringer som har skjedd i samfunnsstruktur på hard- og bløtbunn tilskrives naturgitte forhold som f.eks. bølgeeksponering, rekrutteringsintensitet, nedbeiting fra sjøpinnsvin eller mangelfull dypvannsutskiftning. De regionale forskjeller i noen av disse faktorene var imidlertid slik at de kan ha maskert eventuelle subtile effekter av kjølevannsutslippet. Det foreslås derfor at det etableres et moderat langsiktig overvåkingsprogram i området, for å registrere om slike effekter eventuelt manifesterer seg over lang tid.

2. Innledning

Dette dokumentet oppsummerer konklusjonene fra tre delprosjekter gjennomført som ledd i undersøkelsene av de biologiske forhold i fjordområdene ved Kårstø. Undersøkelsene er gjennomført for å kartlegge om bygging og drift av gassterminalen har hatt virkninger på områdets økologi. De tre delprosjektene er:

- (I) Kartlegging av biologiske forhold i tidevannssonen i Kårstøområdet, 1981-83 og 1988-89.
- (II) Kartlegging av de biologiske forhold på hardbunn nedenfor tidevannssonen i Kårstøområdet, 1981-83 og 1989-90.
- (III) Kartlegging av de biologiske forhold på bløtbunn i Kårstøområdet, 1983 - 1989.

Oppsummeringer legger vekt på konklusjoner om endringer i de biologiske forhold fra før terminalen ble anlagt og til etterundersøkelsen ble gjennomført i 1988-89.

Foruten oppsummeringen, inneholder rapporten som vedlegg konklusjoner og sammendrag fra de tre delrapportene den er basert på.

3. Sammenfatning

3.1 Tidevannssonen

Undersøkelsen er basert på gjentatt registrering av forekomst av alger og dyr på 22 lokaliteter i avstand 1 til 12 km fra Kårstø kai (Fig. 1). Undersøkelsene i 1981-83 viste at strandsamfunnene i Kårstøområdet var typiske for et upåvirket vest-norsk kystområde. En lokalitet (St 1) innerst i Førlandsfjord skilte seg fra de øvrige som meget fattig og dominant. Denne lokaliteten var sterkt nedbeitet av sjøpinnsvin og antakelig også hyppig utsatt for ferskvann og isskuring. Forøvrig hadde sørvendte lokaliteter de rikeste samfunn av alger og dyr, vestvendte strender var fattigst. Denne forskjell i artsriktighet med himmelretning var større enn forskjellen mellom ulike fjordavsnitt (sektorer), selv om analysene viste en klar forskjell i artssammensetning mellom områdene nordvest for Kårstø (Sektor I, bølgebeskyttet) og områdene mot sør og nordøst (Sektor II og III, bølgeeksponert).

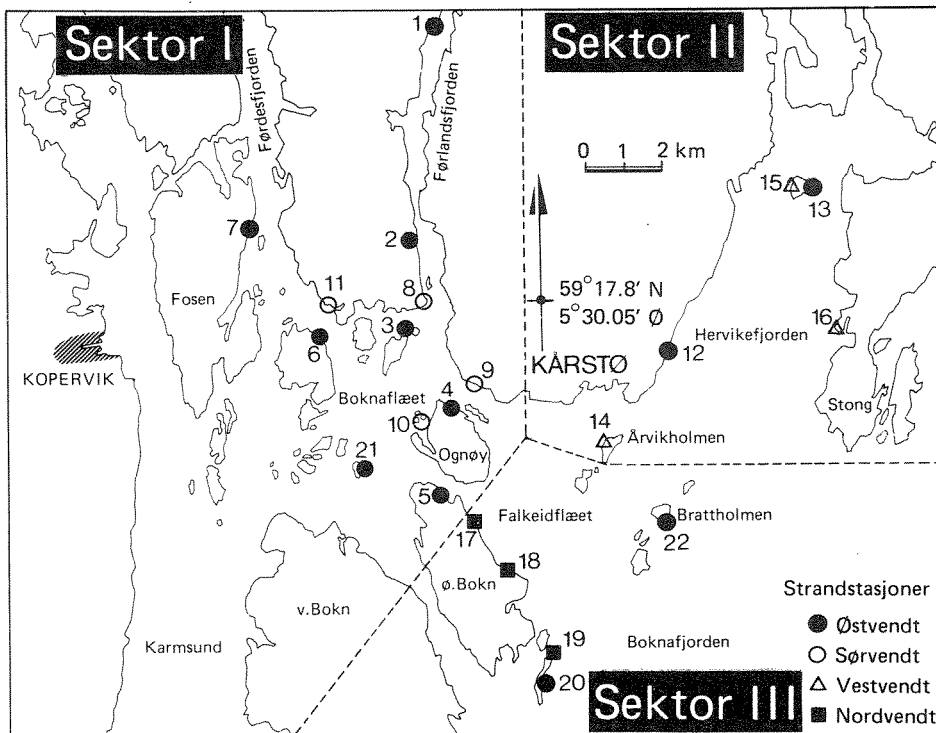


Fig. 1. Lokaliteter for registrering av alger og dyr i strandsonen.

Etterundersøkelsen 1988-89 viste at hovedmønsteret i regionale og dybdemessige forskjeller i samfunnsstruktur var det samme før og etter terminaldriften kom i gang. Lokalitetene dannet fortsatt 3 geografiske grupper etter artssammensetning av alger og dyr (Fig. 2). Den viktigste endringen var at de øvrige lokaliteter i og ved Førlandsfjord (St. 2 og 8) ble gruppert sammen med lokaliteten innerst i fjorden som fattig og nedbeitet. Det er ingen grunn til å anta at det økte beiteomfang fra sjøpinnsvin hadde sin årsak i utslipp fra terminalen.

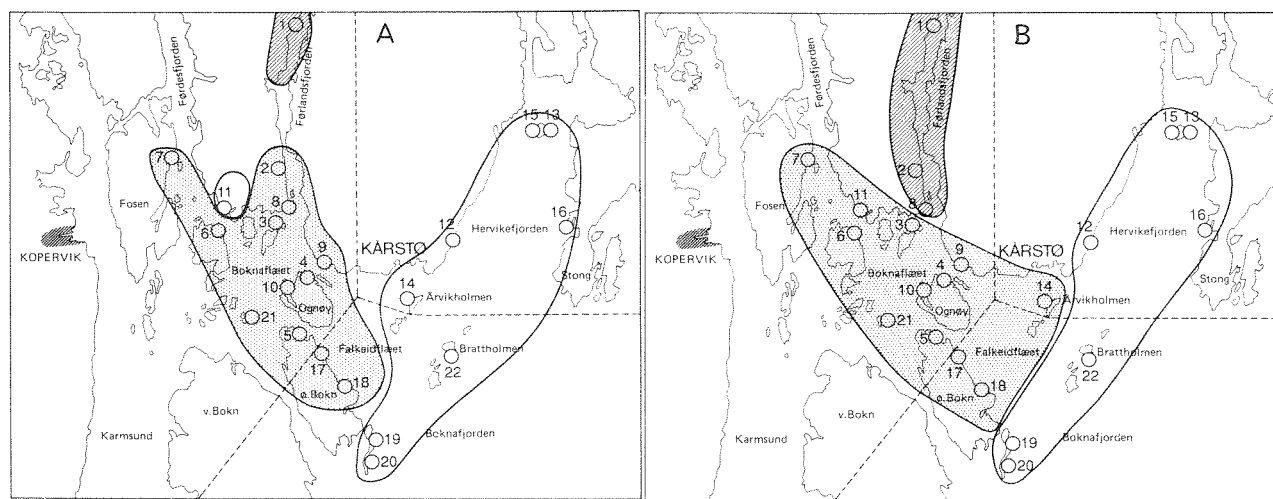


Fig. 2. Gruppering av strandlokalitetene etter biologisk likhet. A: 1981-83, B: 1988-89.

Til dels klare endringer fra før- til etterperioden ble også observert på lokaliteten Tungenes nærmest terminalen (St. 9), uten at dette kunne settes i sammenheng med sjøpinnsvinbeiting. Endringen var en mer markert skille i samfunnsstruktur mellom øvre og nedre del av tidevannssonen, lavere dominans, og øket artsrikhet i nedre del.

Det er flere mulige årsaker til endringene. Stasjonen ligger i hovedspredningsvegen for kjølevannet og nær terminalen. Siden endringen var en økning i artsrikhet, kan utslippet av klor i kjølevannet utelukkes som virkningsfaktor. Det er heller ikke sannsynlig at endringene skyldes fysisk forstyrrelse fra byggingen av brua over Frekasundet. Fyllingen på landsiden kan imidlertid ha endret strømbildet i sundet slik at kjølevannet stues opp øst for brua ved Tungeneset. En forhøyet temperatur i forhold til andre siden av sundet var klart merkbar under registreringene i 1989, og vi ser derfor utslippet av varmtvann som en sannsynlig årsak til endringene på Stasjon 9.

For de øvrige lokalitetene var endringene over tid enten små eller begrenset til øvre del av tidevannssonen, noe som er et vanlig trekk i strandsonen. Et generellt mønster for øvre del av tidevannssonen var at

den totale tettheten av alger og dyr økte fra før til etterundersøkelsen. Videre skjedde det i hele tidevannssonen en forskyvning mot større dominans av dyr i forhold til alger.

For gruppen av lokaliteter nordvest for Kårstø (Fig. 2) skjedde det en signifikant økning i artsrikhet mellom før- og etterperioden. Dette ble ikke observert i de andre fjordavsnitt. Det er mest sannsynlig at dette avspeiler naturgitte forskjeller i miljøbetingelser og rekruttering til eksponerte og beskyttede lokaliteter. Skillet mellom disse fjordavsnittene samsvarer i grove trekk med forventet geografisk utbredelse av kjølevannet. Selv om effekter av kjølevannet i dette området ikke ble påvist i vår undersøkelse (untatt evt. St. 9), kan man ikke utelukke at disse naturgitte regionale forskjeller i samfunnsutvikling kan ha overskygget eventuelle svake virkninger av utslippet, og at slike virkninger kan manifestere seg over lengre tid.

3.2 Hardbunnsamfunn nedenfor tidevannssonen

Undersøkelsen er basert på gjentatt fotografisk registrering av alger og dyr på 3–5 faste dyp i de øverste 30 meter på 8 lokaliteter i avstand 3 til 8 km fra Kårstø kai (Fig. 3). Detaljanalyse av billedmaterialet fra før- og etterundersøkelsen er gjort på et utvalg på 4 av de fotograferte lokalitetene (K2, K4, K5 og K8).

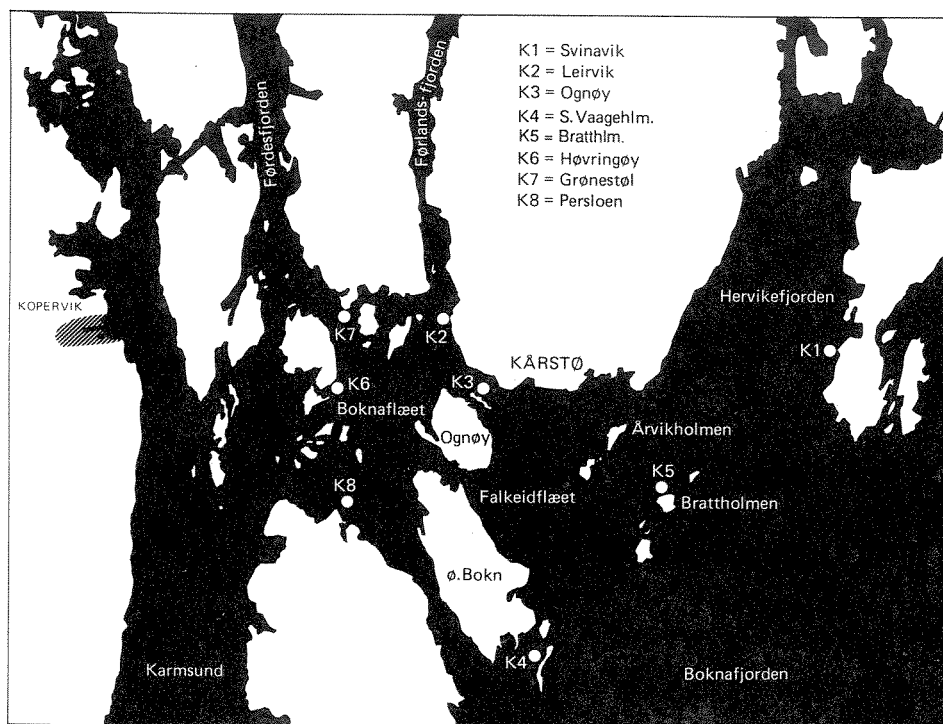


Fig. 3. Lokaliteter for stereofotografering av hardbunnsamfunn nedenfor tidevannssonen.

Samfunnene viste relativt klare dybdesoner ut fra sammensetning av alger og dyr, færre soner om vinteren enn om sommeren. Substratets helningsvinkel hadde innflytelse på artssammensetning og tetthet, men ikke entydig, og prøver fra samme dyp med vidt forskjellig helningsvinkel kunne grupperes sammen i likhetsanalysene.

Samfunnene under tidevannssonen endret seg lite fra 1981 til 1983. Likeledes var det små endringer fra 1988 til 1989. Det ble imidlertid registret klare endringer mellom de to periodene på enkelte dyp og lokaliteter. Tre av de fire lokalitetene (K2, K4 og K8) viste tegn på sjøpinnsvinbeiting. På lokaliteten nærmest Førlandsfjord (K2) tydet resultatene på en øket beiteeffekt fra før- til etterundersøkelsen. Dette er i samsvar med øket nedbeiting i tidevannssonen i det samme fjordavsnittet. Endringene kan i store trekk tilskrives naturlige variasjoner i Kårstø-området, eller reflekterte endringer i større skala langs norskekysten i samme periode. Det ble ikke påvist effekter av utslipp fra Kårstø-terminalen på de fire stasjonene.

3.3 Bløtbunnsfauna i utvalgte fjordavsnitt

Undersøkelsen er basert på prøvetaking av bunnslammet med grabb på 6 lokaliteter i avstand 2 til 10 km fra Kårstø kai (Fig. 4). Analyse av innsamlet materiale er gjort for årene 1983, 1988 og 1989.

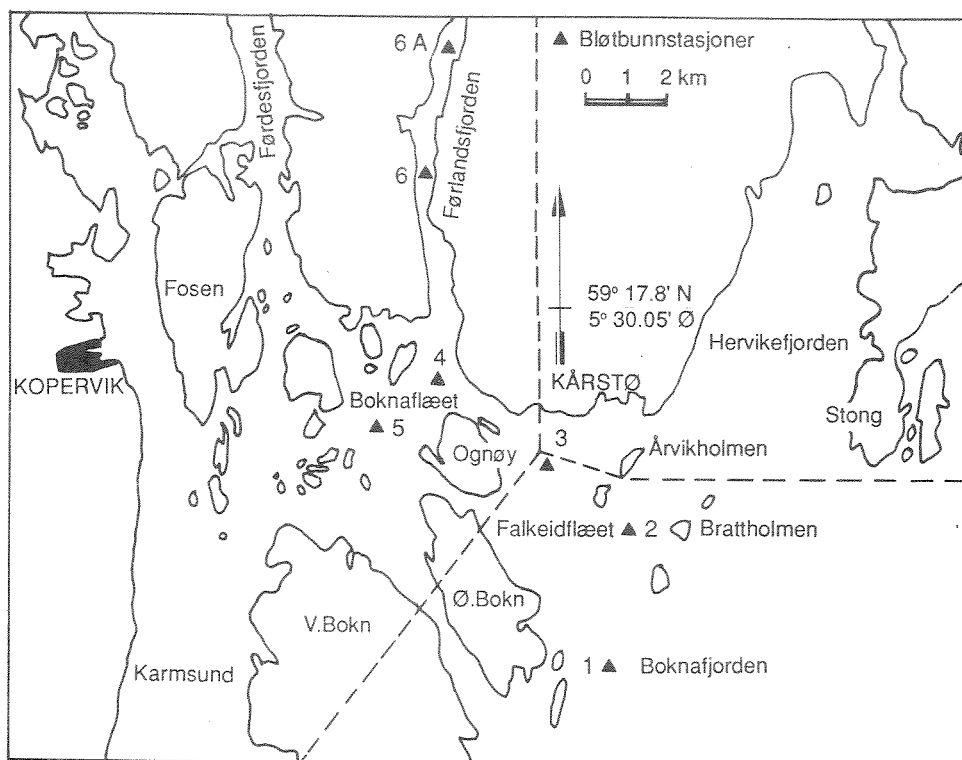


Fig. 4. Lokaliteter for undersøkelse av faunasamfunn på bløtbunn.

Bunnsområdene tilstand (Fig. 5) var i 1983 betegnet som god på lokalitetene sør på Falkeidflæet (K2-83) og ved Boknafjorden (K1-83). Den var mindre god i dypområdene mellom Ognøy og Årvikholmen (K3-83) og vest av Ognøy (K5-83), men likevel innefor det normale for ikke belastede områder. Dypområdet på Boknaflæet nord for Ognøy (K4-83) og områdene i Førlandsfjord (K6-83) var markert påvirket av ugunstige, men naturgitte faktorer.

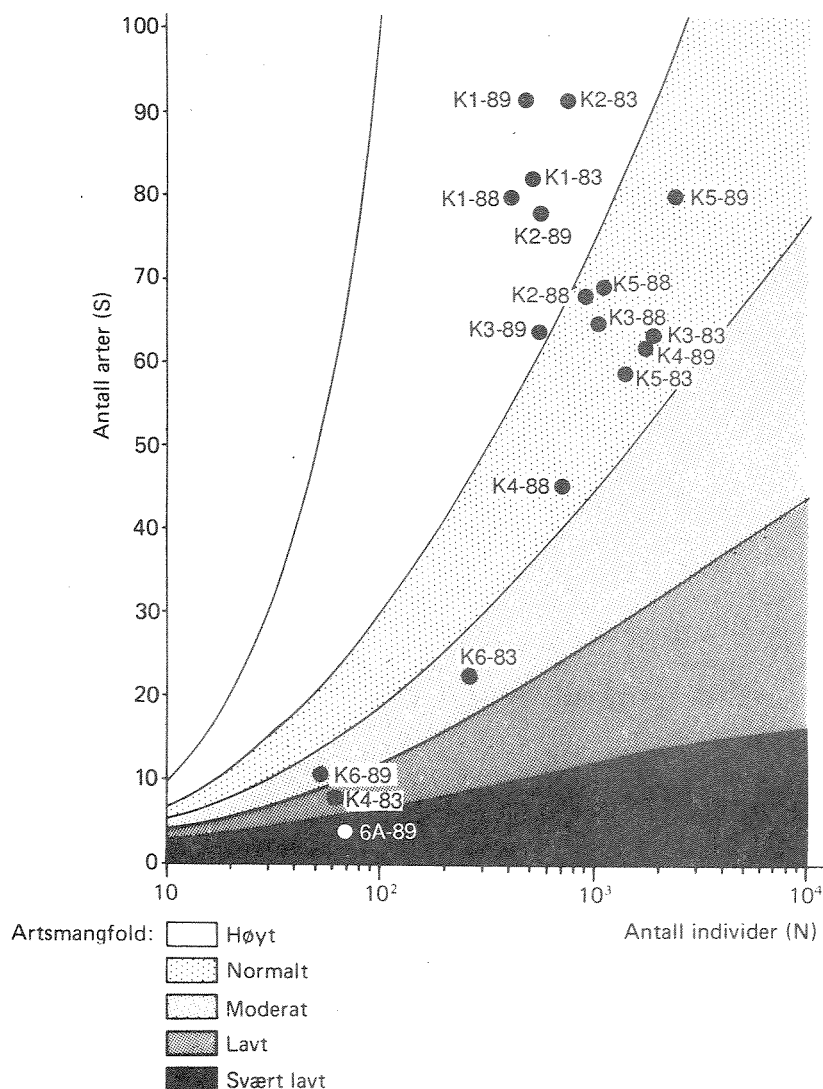


Fig. 5. Artsmangfold (diversitet) på bløtbunnslokalitetene ved Kårstø relatert til normalverdier for artsamngfold i norske fjorder.

Etterundersøkelsen viste at tilstanden var vedvarende god i bunnsområdene mot Boknafjorden (K1-88 og K1-89). Bunnsområdene på selve Falkeidflæet veksltet noe mer med god tilstand i 1989 (K2-89 og K3-89), noe mindre god i 1988 (K2-88 og K3-88). Bunnsområdene på Boknaflæet viste mindre god tilstand både i 1988 og 89 (K4-88 og -89, K5-88 og -89), men for området

nord for Ognøy (K4) var dette en markert bedring siden førundersøkelsen. Tilstanden som er angitt som mindre god var i alle tilfeller innefor det normale for ikke belastede områder. Bunnområdet i Førlandsfjorden var dødt i 1988 (K6-88), trolig som følge av oksygenmangel. I 1989 var tilstanden noe bedre (K6-89 og 6A-89) men bunnområdene i fjorden var fortsatt preget av en meget fattig fauna.

3.4 Sammenfattende konklusjon

De biologiske undersøkelsene gjennomført i perioden 1981 til 1989 i Kårstøområdet, er omfattende og har dannet et godt grunnlag for å påvise eventuelle effekter av terminaldriftens første 2 år. Med unntak av en strandlokalitet ca 1 km vest for selve terminalen (Tungeneset), kan de endringer som har skjedd i samfunnsstruktur på hard- og bløtbunn tilskrives naturgitte forhold som f.eks. bølgeeksponering, rekrutteringsintensitet, nedbeiting fra sjøpinnsvin eller mangelfull dypvannsutskiftning. De regionale forskjeller i noen av disse faktorene var imidlertid slik at de kan ha maskert eventuelle subtile effekter av kjølevannsutslippet. Det foreslås derfor at det etableres et moderat langsiktig overvåkingsprogram i området, for å registrere om slike effekter eventuelt manifesterer seg over lang tid.

4. Vedlegg

VEDLEGG

KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG FRA FIRE DELRAPPORTER

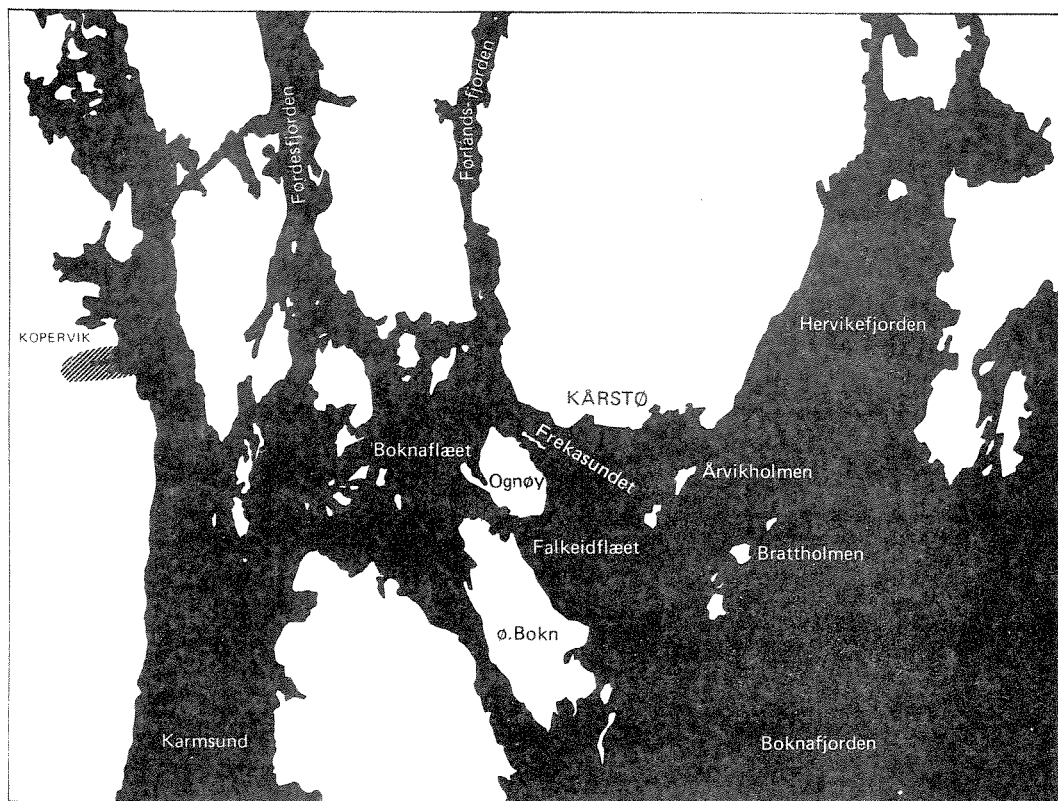


Petrokjemianlegg på KÅRSTØ

O - 82138

Fastsittende alger og dyr

Undersøkelser 1981 - 1983



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse:
Postboks 333, Blindern
Oslo 3

Brekke 23 52 80
Gaustadalleen 46 69 60
Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-82138
Undernummer:
Løpenummer: 1602
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: PETROKJEMIANLEGG PÅ KÅRSTØ Fastsittende alger og dyr. Undersøkelser 1981-1983.	Dato: 27.3.1984
	Prosjektnummer: 0-82138
Forfatter(e): Torgeir Bakke Norman W. Green Ivar Haugen Knut Kvalvågnæs Are Pedersen	Faggruppe: HYDROØKOLOGI
	Geografisk område: Rogaland
	Antall sider (inkl. bilag): 166

Oppdragsgiver: Statoil A/S	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.): SDP 70.572
-------------------------------	--

Ekstrakt: I 1981-1983 ble det utført økologisk-basisundersøkelse av 22 strand-lokaliteter og 8 hardbunnslokaliteter nedenfor tidevannssonen i området rundt gassterminalen på Kårstø, Rogaland. Undersøkelsen har etablert status for området og det nødvendige grunnlag for å kunne påvise senere endringer som følge av utslipp fra terminalen. Organismesamfunnene er representative for en uforurenset vestnorsk fjord, og forskjellen mellom lokalitetene er forklart ved naturlige miljøfaktorer.

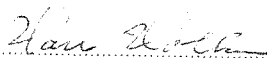
4 emneord, norske:
1. Basisundersøkelse
2. Strandsamfunn
3. Hardbunn under tidevannssonen
4. Kårstø-undersøkelser 1981-83
Gassterminal Kårstø

4 emneord, engelske:
1. Baseline Study
2. Rocky Shore Communities
3. Subtidal Rock Communities
4. Kårstø, Rogaland

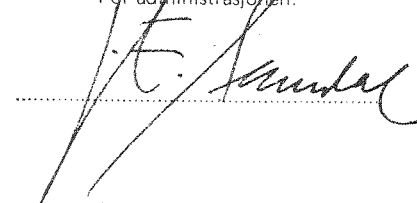
Prosjektleder:



Divisjonssjef:



For administrasjonen:



ISBN 82-577-0761-9



Norsk sammendrag

Biologiske undersøkelser av marine bunnsamfunn i Kårstøområdet (Vest-Norge) er blitt gjennomført i årene 1981-1983. Det er opprettet 22 stasjoner for undersøkelse av hardbunnsamfunn i tidevannssonen, 8 stasjoner for undersøkelse av hardbunnsamfunn nedenfor tidevannssonen og 6 stasjoner for undersøkelse av bløtbunnsamfunn.

Målsetning for undersøkelsene har vært å etablere status for området på en slik måte at senere endringer kan dokumenteres.

Undersøkelsene på hardbunn er gjort om sommeren (med unntak av en serie undervannsfotografier tatt i januar 1981), mens bløtbunnsprøvene er blitt innsamlet i februar (1983) og oppbevart for senere bearbeiding.

Hardbunnsamfunn i tidevannssonen

De 22 strandsonestasjonene ligger i avstand 1-12 km fra Kårstø-kaia. De er fordelt geografisk i tre regioner som representerer tre ulike vanntransport-områder. Region I ligger i fjordsystemene NV for Kårstø og inneholder 12 stasjoner (8 øst- og 4 sørvendte). Region II omfatter Herevikfjorden NØ for Kårstø og inneholder 5 stasjoner (2 øst- og 3 vestvendte). Region III omfatter Falkeidflæet sør for Kårstø og inneholder 5 stasjoner (2 øst- og 3 nordvendte).

For hver stasjon er fysiske og økologiske karakteristika beskrevet.

Den økologiske beskrivelse er basert på identifikasjon og tetthetsangivelse av alle makroskopiske alger og dyr innen 2-3 fast avmerkede horisontale arealer på 150x60 cm (Hovednivå) inndelt i 10x10cm ruter.

Feltteknikk og bearbeidingsprosedyre er strengt standardisert slik at undersøkelsen kan gjentas. Det er definert et sett med størrelser (parametre) til beskrivelse av strandsamfunnene (Kap. 3.2.3). Beregning av parameterverdier, similaritetsanalyse, og statistiske tester er utført på NIVA's NORD-100 datamaskin. De anvendte programmene er dels utviklet ved NIVA, dels laget ved tilpasning av ferdige programpakker til prosjektets behov med hensyn på dominansprofil (Kap. 3.3.7). All basismateriale, utledet materiale og alle programenheter er lagret i NIVA's dataanlegg.

For hver stasjon er den biologiske beskrivelsen standardisert og gitt på en tekstsida med motstående figursida (Kap. 3.3.2). Beskrivelsen omfatter antall år og hovednivå som er undersøkt, verdier av de viktigste samfunnsparametre (antall arter, diversitet, jevnhet, dominans-indeks), de fem høyest rangerte artene m.h.t. tetthet, ved hver undersøkelse, samt diagrammer som viser horisontal sonering etter biologisk likhet innen og mellom hovednivåer, de forskjellige arters relative dominans, og relativ tetthetsfordeling av større økologiske grupperinger av organismer.

Stasjonene er videre sammenlignet med hverandre og med seg selv over tid m.h.p. de nevnte samfunnsparametre (Kap. 3.8.3) og det er utført analyse av evt. samvariasjon mellom antall arter og de øvrige samfunnsparametre (Kap. 3.3.4). Videre er stasjonene sammenlignet ved en similaritetsanalyse basert på de ulike arters tetthet (Kap. 3.3.5), og med hensyn på fordeling av organismetyper (Kap. 3.6.6).

Artsantallet på et tidspunkt innen et hovedområde varierte mellom 8 og 55, gjennomsnittlig 35. Artsantallet i 1982 var signifikant høyere enn i 1981. Det øvre hovednivået, i selve tidevannsonen, hadde tydelig lavere artsantall enn hovednivåene lenger nede (i tarebeltet). Generelt hadde nedre hovednivå på sørvendte stasjoner i sektor I flest arter, mens øvre hovednivå på vestvendte stasjoner i sektor II hadde færrest. Det syntes som om forskjell i himmelretning hadde større innflytelse på artsantallet enn forskjell i region d.v.s. strømregime. De samme trekk gjorde seg gjeldende for stasjonenes diversitet (mangfold), men artsantall og diversitet var korrelert med hverandre.

Sammenlikning mellom diversitet, jevnhet og artsantall viste at strandsamfunnenes diversitet først og fremst var funksjon av antall arter som forekom, ikke av den mengdemessige fordelingen av individer på disse artene.

Dominansindeksen for øvre hovednivå var signifikant høyere enn for det (de to) nedre hovednivå, mens forskjeller mellom sektorer og mellom år ikke var signifikante. En økning i dominans fra sublittoralen og opp i littoralen samsvarer med det generelle trekk at øvre del av strandsonen vanligvis er dominert av få arter.

Similaritetsanalysene viste at stasjon 1 var meget atypisk og skilte seg fra alle andre stasjoner. Dessuten adskilte østvendte stasjoner i sektor I seg fra østvendte stasjoner i sektor II og III. Dette har sannsynligvis sammenheng med at de østvendte stasjonene i sektor I er mer beskyttet mot bølger enn de i sektor II og III.

Fordelingen av organismetyper viste klare likhetstrekk mellom øvre og nedre hovednivå, med dominans av rødalger og seston-eterer (dyr som tar sin næring fra vannet), og dessuten en overvekt av alger i forhold til dyr. Bare på østvendte stasjoner i sektor II var brunalger mer dominerende enn rødalger. Generelt var rovdyr den minst dominerende organismetypen.

Analysene viser at littoralsamfunnene i Kårstøområdet er typiske for et upåvirket vest-norsk kystområde. Undersøkelsene har gitt muligheter til detaljerte analyser av området, til å følge utvikling over tid og rom og til å teste forskjeller statistisk. Den egner seg derfor etter vår mening godt som en forundersøkelse med store muligheter til å påvise eventuelle endringer i strandsonen som følge av senere utslipp.

Hardbunns samfunn under tidevannsonen

Stereofotograferingsmetoden er utviklet for å registrere endringer i organismsamfunn under tidevannsonen. Det er opprettet 8 faste stereofotografistasjoner beliggende fra 3 til 8 km fra Kårstø-kaien. På hver stasjon er 3-5 faste dyp opprettet slik at definerte bunn arealer kan følges over tid. Disse dyp er blitt fotografert 2-3 ganger i perioden 1981-1983 i juli. I tillegg ble fjellveggen fra 0 til 30 m dyp på hver stasjon fotografert vilkårlig en gang i perioden 1981-1982.

I den foreliggende undersøkelsen har analysen fokusert på tetthet av viktige predatorer og kategoriene (abiotiske substrattyper og organismer) som dekket mer enn 5% av bunnen og som derfor fremhever de generelle endringene. Ved behov kan bildene reanalyseres med hensyn på mer direkte sammenligninger for å avsløre mindre forskjeller. Similaritetsanalyser av stasjonene er gjort basert på dyp og helning (Kap. 4.3.2) og også i tid og rom (Kap. 4.3.3).

Organismesamfunnet under tidevannsonen kan deles i dybdesoner. Vilkårige prøver tatt om vinteren (januar 1981) identifiserte færre soner enn prøver tatt om sommeren. Dette er primært antatt å være naturlig forårsaket av lav rekruttering og høy dødelighet om vinteren. Fra denne synsvinkel er det mest fordelaktig å ta prøver om vinteren, men siden bakgrunns-materialet for Kårstø er basert på ett tokt per år i juli bør man primært inkludere tokt i denne måneden ved fremtidige undersøkelser.

Effekt av helningsvinkel var merkbar i noen tilfeller, men ikke alltid på samme måte. Prøver fra samme dyp, men med vidt forskjellig helning kunne grupperes sammen i similaritetsanalysen. Dette gjaldt for både grunne og dype prøver.

Forholdene i organismsamfunnene på de faste dypene endret seg lite i juli måned fra 1981 til 1983. Forskjell p.g.a. dyp hadde større virkning på samfunnet enn forskjell i tid. Imdlertid var 1983 noe ulikt de andre årene.

English summary

Biological investigations of marine benthic communities in the Kårstø area (west Norway) were carried out during the years 1981-1983. There were established 22 tidal zone stations, 8 subtidal hard bottom stereophotographic stations and 6 soft bottom stations.

The purpose of these investigations was to establish a status of the area so that future changes can be documented.

Hard bottom communities were investigated during the summer (with the exception of a series of underwater photographs taken during January 1981) whereas, samples from soft bottom communities were collected during February (1983) and stored for later analysis.

Hard bottom communities in the tidal zone

The 22 tidal zone stations were positioned from 1 to 12km from the Kårstø quay. They were geographically divided into three regions which represented three different water transport-areas. Region I lies in the fjord system northwest of Kårstø and includes 12 stations (8 facing east and 4 facing south). Region II encompasses Herevikfjorden northeast of Kårstø and includes 5 stations (2 facing east and 3 facing west). Region III encompasses Falkeidflæet south of Kårstø and includes 5 stations (2 facing east and 3 facing north).

The physical and ecological characteristics are described for each station.

The ecological description is based on species identification and population densities of all macroscopic algae and animals within 2-3 fixed marked horizontal 150x60cm areas (Main-levels) subdivided into 10x10cm squares.

The investigations were standardized as to the means of collection and analyses so that a comparable investigation can be repeated. A set of parameters were defined to describe the tidal zone communities (Chapt. 3.2.3). Calculation of parameter values, similarity analyses and statistical tests were performed on NIVA's Nord-100 computer. The computer programs employed were partly developed at NIVA and partly purchased and adjusted to suit the project's particular needs with respect to dominance profiles (Chapt. 3.3.7). All raw data, calculated values and applied programs are stored at NIVA.

The biological description of each station is described in detail by a text page and a figure page (Chapt. 3.3.2). The description includes: the number of years and which Main-levels of the tidal zone were investigated, values of the most important community parameter (species richness, diversity, evenness, dominance-index), the five highest ranked species with respect to density for each investigation together with diagrams which show the horizontal zoning with respect to biological similarity within and among Main-levels, the different species relative dominance, and the relative frequency distribution of larger ecological groups of organisms.

The stations are further compared with itself over time with respect to the mentioned community parameters (Chapt. 3.8.3) and analyzed to detect probable covariation between species richness and the remaining parameters (Chapt. 3.3.4). Furthermore, the stations are subjected to similarity analyses based on the densities of different species (Chap. 3.3.5) and compared with respect to distribution of organism types (Chapt. 3.3.6) and dominance profiles (see Chapt. 3.3.7).

The number of species within a Main-level at a time varied between 8 and 55 and meaned 35 species. The number in 1982 was significantly higher than in 1981. The upper Main-level (i.e., the tidal zone itself) had significantly lower species richness than Main-levels lower down (in the seaweed belt) for all three years. Generally, lower Main-levels of Region I stations facing south had the most species, whereas the upper Main-level of Region II stations facing west had the poorest species richness. It seemed that there was a larger effect due to which direction a station was facing than in which water current area a station was located. The same can be inferred for station diversity. Species richness and diversity were strongly correlated with each other.

Comparisons between diversity, evenness and species richness showed that tidal zone diversity was foremost dependant on species number and not on the distribution of individuals among these species.

The dominance index for the upper Main-level was significantly higher than the that of the lower Main-level(s), however, the difference between the three Regions and between 1981 and 1982 was not significant. Increased dominance from the sublittoral to the littoral conformed with the general view that the upper Main-levels were usually dominated by few species.

A similarity analysis revealed that station 1 was very atypical and was distinct from all other stations. In addition, all east facing stations of Region I were distinguished from east facing stations of Regions II and III. This was probably due to wave exposure at Region I being less than at Regions II or III.

The distribution of organism types showed distinct likenesses between upper and lower Main-levels, with a dominance of red algae and seston feeders (animals that feed directly on particles in the water). Only at stations facing east in Region II were brown algae more dominating than red algae. Algae were generally more abundant than animals. Predators were usually the least dominating organism type.

The analyses confirm that the littoral communities in the Kårstø area were typical for unperturbed coastal zones of Western Norway. This investigation has enabled a detailed analysis of the area, development in time and space and has made possible statistical testing of differences. In the opinion of the authors, the methods employed in this investigation were suitable to describe the tidal zone communities and detect possible effects of a future discharge from the Kårstø terminal.

Hard bottom communities under the tidal zone

Stereophotography is a method designed to monitor changes in an hard bottom organism community below the tidal zone. There were 8 stereophotographic stations established and lie 3 to 8km from the Kårstø-quay. There were 3-5 fixed depths established at each station so that a specific area of bottom could be monitored over time. These depths were photographed 2-3 times during the period 1981-1983 i juli. At each station the rocky wall from 0 to 30m depth was randomly photographed on one occasion during the period 1981-1982.

In this investigation analysis focused on important predator densities and categories (abiotic sustrate types and organisms) which covered 5% or more of the bottom and, therefore, distinguished the general changes. If necessary, the photographs can reanalyzed with respect direct comparisons to detect more specific changes. A similarity analysis of the stations based on depth and slope of the substrate (Chapt. 4.3.2) and also in time and space (Chapt. 4.3.3).

The organism community under the tidal zone can be divided in depth zones. Random samples collected during the winter (January 1981) identified fewer zones than samples collected during the summer. This was primarily considered to be a natural result of low recruitment and high mortality during the winter. From this point of view, it is more advantageous to collect samples during the winter. However, since most of the monitoring took place in July, future investigations ought to include sampling in this month.

The effect of slope was observed in some cases, however, the effect was not always the same. Samples from the same depth but widely different slopes were grouped together in the similarity analysis. This applied to samples collect at both shallow and deeper depths.

The organism communities of the fixed depths remained fairly constant in July from 1981 to 1983, however, among these years, 1983 was the most dissimilar. Differences due to depth had a larger effect on the community than differences in time.



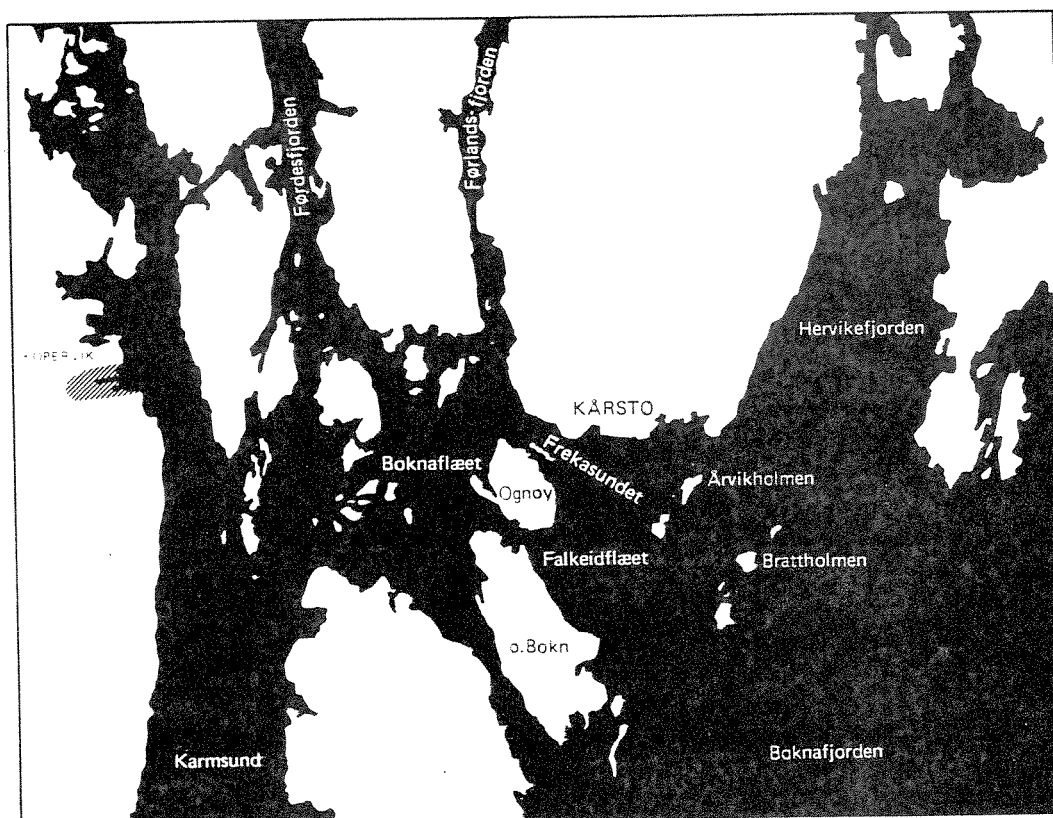
Gasskraftverk på KÅRSTØ

O-88120

Biologiske undersøkelser av
den marine resipient rundt Kårstø

Fastsittende alger og dyr

1988 - 1989



Norsk institutt for vannforskning



NIVA

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor

Postboks 69, Korsvoll
0808 Oslo 8
Telefon (02) 23 52 80
Telefax (02) 39 41 89

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033
Telefax (041) 43 033

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752
Telefax (065) 78 402

Vestlandsavdelingen

Breiviken 5
5035 Bergen-Sandviken
Telefon (05) 95 17 00
Telefax (05) 25 78 90

Rapportnummer:

88120

Undernummer:

Løpnummer:

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:

Biologiske undersøkelser av den marine resipient ved Kårstø. Fastsittende alger og dyr 1983-1989

Dato:

30.4.1990

Prosjektnummer:

88120

Forfatter:

Are Pedersen
Torgeir Bakke
Norman W. Green

Faggruppe:

Industriforurensninger

Geografisk område:

Rogaland

Antall sider:

152

Oppdragsgiver:

Den norske stats oljeselskap A/S

Oppdragsg.ref.:

Ekstrakt: Undersøkelsene har gitt et godt bilde av samfunnstruktur på hardbunn etter regulær terminaldrift i 1-2 år. Hovedmønsteret i samfunns-struktur var det samme før og etter terminaldriften kom i gang, til tross for naturlige langtidsfluktuasjoner. De mest omfattende samfunnsendringene hadde skjedd i ytre del av Førlandsfjord og til dels på Boknaflæet, og skyldtes nedbeiting fra sjøpinnsvin. Kun på en stasjon, ved Tungeneset, Frekasund, indikerer resultatene en effekt av kjølevannsutslippet. Man kan ikke utelukke at de naturlige regionale forskjeller i samfunnsutvikling kan ha maskert eventuelle subtile effekter fra gassterminalens utslipp, og det anbefales en langsiktig overvåking av området for å følge med i om slike effekter manifesterer seg over flere år.

Emneord, norske:

1. Petrokjemianlegg
2. Hardbunnorganismer
3. Overvåking

Emneord, engelske:

1. Petrochemical industry
2. Hard bottom organisms
3. Monitoring

for Prosjektleder:

Torgeir Bakke

Torgeir Bakke

For administrasjonen:

Tor Bokn

Tor Bokn

Petrokjemianlegg på Kårstø;

BIOLOGISKE UNDERSØKELSER AV DEN MARINE RESIPIENT RUNDT KÅRSTØ
FASTSITTENDE ALGER OG DYR
UNDERSØKELSER 1988 - 1989

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

FORORD

Etter oppdrag fra STATOIL A/S er det gjennomført undersøkelser av marine bunnsamfunn i Kårstø-området. Undersøkelsene var relatert til utbyggingen av terminalen på Kårstø, og ble delt inn i flere faser. Før utbyggingen kom i gang på terminalen ble det foretatt en førundersøkelse i perioden 1981-1983. En tilsvarende undersøkelse ble gjennomført etter at utbyggingen på terminalen var fullført og terminalen hadde vært i drift i to-tre år. Et redusert antall stasjoner ble også undersøkt med de samme metoder i 1985 og 1986. Nødvendigheten av databehandling og rapportering av den mellomliggende undersøkelsen vil bli vurdert i denne rapporten.

Faglig sett har undersøkelsene vært 3-delt. En del har omfattet hardbunnssamfunnene i strandsonen. En del har omfattet hardbunnssamfunnene under tidevannsonen ned til ca. 30m dyp, og en del har omfattet bløtbunnsamfunn i dypområdene. Bløtbunnsundersøkelsene vil bli rapportert i egen rapport. Det vil foruten denne rapporten bli laget en kortfattet konklusjonsrapport for hele undersøkelsen.

I alle tre tilfeller ble metoder benyttet som var utviklet med tanke på å avdekke eventuelle effekter i resipienten som følge av utslippene fra gassterminalen. Det ble også lagt vekt på at de metodene som ble benyttet var så objektive som mulig, og lett kunne benyttes i en eventuell overvåkningsfase av terminaldriften.

Flere personer både innenfor og utenfor NIVA har vært engasjert i gjennomføringen av etterundersøkelsen av hardbunnsorganismer. Ivar Haugen, NIVA, har fungert som prosjektleder for prosjektet fram til 1989 da Are Pedersen, NIVA, overtok. Torgeir Bakke, NIVA, og Are Pedersen har hatt ansvar for bearbeidelse, analyse og rapportering av materialet fra strandsonundersøkelsen. Norman W. Green, NIVA, har hatt tilsvarende ansvar for undersøkelsen av samfunn nedenfor tidevannsonen. Foruten de overnvente har følgende personer har vært til stor hjelp under feltarbeid i etterundersøkelsen: John Arthur Berge, Frank Kjellberg, Frithjof Moy, Lise Tveiten og Mats Walday alle NIVA. Det rettes en spesiell takk til Jon Richard Hansen, Miljøvernnavdelingen ved Fylkesmannens kontor i Troms, som foretok registrering av alger i strandsonen i 1985, da Are Pedersen var forhindret i å foreta registreringer det året.

Det rettes ellers takk til Unni Efraimsen, Terje Hopen, Frithjof Moy, Tone Jøran Oredalen, Audun Rønningen, Gunnar Severinsen og Mats Walday for opparbeidelse og data/puncharbeid.

Disse og øvrige medarbeidere takkes for innsats og godt samarbeide.

En særlig takk rettes til skipper Leif Bjørnevik m/mannskap ombord på M/S "FALKØY", som har deltatt i feltarbeidet under de senere toktene.

Brekke, 30 april 1990.

Are Pedersen

1. Norsk sammendrag

Biologiske undersøkelser av marine hardbunnsamfunn i Kårstøområdet (Vest-Norge) er gjennomført i årene 1981-1989.

Målsetning har vært å gi en inngående økologisk beskrivelse av fjordområdene før og etter etableringen av gassterminalen på Kårstø, slik at eventuelle endringer i hardbunnsamfunnene mellom de to periodene kunne dokumenteres og relateres til utbygging og drift av terminalen. Denne rapporten presenterer resultatene fra etterundersøkelsen 1988-89, og sammenlikner disse med tilstanden registrert under førundersøkelsen 1981-83 (Bakke et. al. 1984). Feltarbeidet har også omfattet et redusert prøvetakingsprogram i årene 1985 og 1986. Prøver og registreringer fra disse årene er lagret for evt. senere behandling.

Undersøkelsene på hardbunn er utført i juni/juli hvert av årene.

1.1 Hardbunnsamfunn i tidevannsonen

22 strandsone-stasjonene er opprettet i avstand 1-12 km fr Kårstøkaia. De ble fordelt geografisk i tre regioner som representerer tre ulike vanntransport-områder. Region I ligger i fjordsystemene NV for Kårstø og inneholder 12 stasjoner (8 øst- og 4 sørvendte). Region II omfatter Herevikfjorden NØ for Kårstø og inneholder 5 stasjoner (2 øst- og 3 vestvendte). Region III omfatter Falkeidflæet sør for Kårstø og inneholder 5 stasjoner (2 øst- og 3 nordvendte)(Fig. 3.1).

For hver stasjon er fysiske og økologiske karaktertrekk beskrevet.

Den økologiske beskrivelse er basert på identifikasjon og tetthetsangivelse av alle makroskopiske alger og dyr innen 2-3 fast avmerkede horisontale arealer på 150x60 cm (Hovednivå) inndelt i 10x10cm ruter.

Feltteknikk og bearbeidingsprosedyre er strengt standardisert. Det ble definert et sett med størrelser (parametre) til beskrivelse av strandsamfunnene (Kap. 3.2.3) Beregning av parameterverdier, similaritetsanalyse, og statistiske tester er utført på NIVA's NORD-5 datamaskin. De anvendte programmene er dels utviklet ved NIVA, dels laget ved tilpasning av ferdige programpakker til prosjektets behov (eks. plott av dominansprofil, Kap. 3.2.3) og dels innkjøpt. Alt

basismateriale, utledet materiale og alle programenheter er lagret i NIVA's dataanlegg.

For hver stasjon er den biologiske beskrivelsen standardisert og gitt på en tekstsida med motstående figursida (Kap. 3.3.2). Beskrivelsen omfatter de år og hovednivåer som er undersøkt i etterperioden, verdier av de viktigste samfunnsparametre (antall arter, diversitet, jevnhet, dominans-indeks), de fem høyest rangerte artene m.h.t. tetthet, ved hver undersøkelse, samt diagrammer som viser horisontal sonering etter biologisk likhet innen og mellom hovednivåer, de forskjellige arters relative dominans, og relativ tetthetsfordeling av større økologiske grupperinger av organismer. Under stasjonsbeskrivelsen inngår også en sammenlikning av resultatene i etterundersøkelsen med resultater fra før-undersøkelsen.

Stasjonene er videre sammenlignet med hverandre m.h.p. de nevnte samfunnsparametre (Kap. 3.3.3) og det er utført analyse av parametrenes samvariasjon (Kap. 3.3.4). Videre er likheten mellom stasjonene analysert på basis av artssammensetning og de ulike arters tetthet (Kap. 3.3.5 - 3.3.7), og med hensyn på fordeling av organismetyper (Kap. 3.3.8). I alle kapitlene inngår en sammenlikning med resultater fra førundersøkelsen.

Artsantallet innen et hovedområde varierte i etterperioden mellom 9 og 63, gjennomsnittlig 36. Vestvendte stasjoner var generelt sett de fattigste og sørvendte de rikeste. Over hele undersøkelsesområdet var artsantallet og diversiteten langt høyere i nedre hovednivå enn i øvre. Dette mønsteret ble også funnet i førundersøkelsen. Det ansees som normalt for området og tilsvarer det typiske mønster for tidevanssonen på hardbunn generelt.

Både i før- og etterperioden var det høyere samfunnsrikhet i området nordvest for Kårstø (sektor I), enn i områdene sør og øst for terminalen (sektor II og III). Videre var det klare storskala variasjoner i indeksverdiene fra ett år til det neste. Fra 1981 til 1982 var det signifikant økning i antall arter og diversitet i hele Kårstøområdet, og fra 1988 til 1989 skjedde det en tilsvarende signifikant nedgang, mest fremtredende i sektor I. Det geografiske og vertikale mønster for samfunnsparametrene i etterfasen samsvarte i store trekk med det som ble funnet før utbyggingen av terminalen på Kårstø.

Diversitet viste en klar positiv sammenheng med artsantall både i førperioden og etterperioden. Øket artsantall ga øket diversitet. Dominansindeksen viste i begge perioder en negativ sammenheng med antall arter: høyt artsantall ga lav dominans.

Utviklingen i samfunnsstruktur på hver enkelt stasjon fra før- til

etterperioden fulgte fire ulike mønster. Det første mønster var at det var tildels store forskjeller mellom før- og etterfasen. Dette ble vist på stasjonene 1, 2 og 8 som alle i etterfasen var hardt nedbeitet. Stasjon 9, som ikke var nedbeitet, viste også den samme utvikling. Årsaken til dette er uklar, bl.a. beliggenheten av stasjon 9 tilsier at kjølevannsutslippet fra Kårstø ikke kan utelukkes. Det andre utviklingsmønster ble kun vist på stasjon 3: større forskjell mellom før- og etterfasen i nederste sone enn i den øverste. Hardt beitepress fra sjøpinnsvin var sannsynligvis årsaken. Det tredje mønster var karakterisert ved at det var store forskjeller mellom sonene i fjæra og liten mellom før- og etterfasen. Fem stasjoner viste dette mønster. Det fjerde mønster var karakteristisk for hele 12 av de 22 stasjonene. Her hadde nederste sone relativt stabil struktur over tid, mens den øvre sonen viste klare endringer mellom periodene.

Fordelingen av stasjoner med likt utviklingsmønster indikerte ingen geografisk betingede påvirkningsfaktorer, bortsett fra nedbeitingen.

Analyse av likhet i total biologisk struktur viste at stasjonene i førperioden dannet 3 veldefinerte grupper som også var geografisk separert. Stasjon 1 skilte seg ut fra de øvrige som hardt nedbeitet (Gruppe 1). Gruppe 2 besto av alle de andre stasjonene i sektor I, bortsett fra en, samt to stasjoner fra sektor III. Gruppe 3 inneholdt resten av stasjonene i sektor II og III.

Omtrent samme gruppering ble funnet i etterperioden og regnes derfor som normal for området. Resultatene viste likevel at det hadde skjedd større forandringer over tid i sektor I (nordvest for Kårstø) enn i de andre sektorene. Den viktigste endringen var en flytting av stasjonene 2 og 8 ut av gruppe 2. Disse stasjonene var i førperioden artsrike og frodige, men i etterperioden i stor grad nedbeitet av sjøpinnsvin. I etterperioden dannet stasjonene 2 og 8 sammen med stasjon 1, som allerede i før perioden var nedbeitet, en separat gruppe. I sektor II og III var det ikke skjedd så store forandringer i stasjonenes samfunnsstruktur at de ble gruppert forskjellig fra før-perioden.

I gruppe 2 skjedde det en klar økning i antall arter og diversitet fra før- til etterperioden. Dette ble ikke funnet i gruppe 3. Selv om terminaleffekter ikke kan utelukkes, er det mest sannsynlig at denne forskjellen reflekterte forskjeller i miljøbetingelser og rekruttering på eksponerte og beskyttede lokaliteter, eventuelt også påvirket av en mild beiting fra sjøpinnsvin på stasjonene i gruppe 2.

I øvre del av fjæresonen øket den totale tetthet av organismer fra før- til etterperioden på et flertall stasjoner spredt over hele Kårstøområdet. På de bølgeeksponerte stasjonene ble det videre observert en forskyvning mot større fauna-dominans. Forskyvningen skyldtes først

og fremst sterk rekruttering av rur og blåskjell, og tilbakegang av brunalger. Svingningene ansees for å være naturlige. I nedre del av fjæra var tetthetsendringen ikke entydig, men også her var det skjedd forskyvning mot øket tetthet av dyr. Rød- og grønnalger var gått tilbake, rødalgene entydig innefor en radius av 4 km fra terminalen. Det er likevel ikke sannsynlig at terminalutslippet er direkte årsak, siden det karakteristiske trekk i kjølevannsresipienter er fremgang for rødalger.

1.2 Hardbunnssamfunn under tidevannsonen

Stereofotograferingsmetoden er utviklet for å registrere endringer i organismesamfunn under tidevannsonen. Åtte stasjoner ble valgt i avstand 3 til 8 km fra Kårstø-kaien, og med fra tre til seks faste dyp hver (fig.4.2, tab.4.1). Helningen varierte fra 35 til 125° i forhold til horisontalen. Prøver (bilder) ble tatt på faste dyp i juni-juli 1985, 1986, 1988 og 1989 (tab.4.2). På hvert dyp ble et fast avmerket areal på 0.5x3.0 m fotografert (6 billedpar). I tillegg ble det tatt virkårlige bilder rundt alle stasjonene i 1988.

Stasjonene K2, K4, K5 og K8 ble analysert i detalj og er rapportert her. De øvrige bildene er lagret for eventuelt senere bearbeiding. Billedparene ble analysert gjennom to sammenbygde mikroskoper som gjør det mulig å se tredimensjonale strukturer på fotografiene med opp til 40 gangers forstørrelse. Organismene ble klassifisert og mengdeanslått ved antall eller prosent dekningsgrad. Resultatene er analysert for beskrivelse av den enkelte stasjon og for eventuelle endringer i samfunnsstruktur over tid og rom.

Stasjon K2 Leirvik: Substrathelning og nedbeiting ansees å være hovedfaktorene som påvirker denne stasjonen. Området på 20 m og tildels også 10 m var påvirket av nedslamming. Dette var ikke så tydelige på de øvrige stasjonene. Variasjon i dekning, similaritetsanalyse og diversitet tyder på at nedbeiting fra sjøpinnsvin var en viktig kontrollerende faktor på alle dyp unntatt 5 m, og har økt på 10 og 13 m dyp siden forrige undersøkelsen (1981-83). Tetthet av trekantmark har økt på 13 og 26 m dyp mens rødalgen Bonnemaisonia hamifera har minket siden 1981-83 undersøkelsen. Organismesamfunnet på 26 m dyp varierte minst gjennom hele undersøkelses-perioden.

Stasjon K4 Syd Vaageholmen: Dypene liknet mer på hverandre i perioden 1988-89 enn i perioden 1981-83, da spesielt 10 og 29 m dyp og til dels også 8 og 15 m skilte seg ut. Endringer mellom disse to periodene var

karakterisert ved økt forekomst av trekantmark og dels mosdyr og redusert dekning av rødalger, særlig Bonnemaisonia. Dekning av fri-plass øket ved dyp. Det var visse tegn på nedbeiting fra sjøpinnsvin på 15, 18 og 29m dyp.

Stasjon K5 Brattholmen: Alle dyp bortsett fra det øverste, 1.5-2m, var relative like fra år til år. Prøvene fra 7 og 10m dyp var relativt like. Det var relativt klare forskjeller mellom prøvene fra 1.5-2m, 2-2.5m, og 4m dyp. Det ble registrert økt forekomst av trekantmark i perioden 1988-89 i forhold til tidligere. Det var ikke tydelige tegn på nedbeiting fra sjøpinnsvin. Diversiteten var noe høyere på 2-2.5m og 10m dyp, og lavere på 1.5-2m i denne perioden, i forhold til tidligere.

Stasjon K8 Persloen: Diversiteten økte på samtlige dyp på denne stasjonen i 1988-89 i forhold til tidligere. Dette kan muligens være fordi vannforholdene her har vært mer stabile sammenlignet med andre stasjoner. I etterperioden ble det registrert større dekning av kolonidannede (bl.a. hydroider og mosdyr) og solitære dyr (bl.a. trekantmark) på bekostning av rødalger, spesielt Bonnemaisonia. Stasjonen er lite preget av beiting fra sjøpinnsvin. Bare 10m dyp viste tegn på nedbeiting.

Resultatene viste at det var få endringer på stasjonene i perioden 1981-83 før utbyggingen av terminalen og likeledes i perioden 1988-89. Men det ble registrert klare forskjeller mellom de to periodene på enkelte dyp på enkelte stasjoner. Endringene kan i store trekk tilskrives "naturlige" variasjoner i Kårstø området. Det ble ikke registrert noe effekter av utslipp på disse fire stasjonene.

Stasjonene K2 og K4 og tildels også K8 bar tegn på nedbeiting (økt dekning av fri-plass, redusert dekning av overhengende stratum, observasjoner av kråkeboller). Resultatene tyder på at nedbeitings-effekten har økt på Stasjon K2, 10 og 13m dyp. Både regionalt omfang og økt intensitet er i samsvar med resultatene fra den separate undersøkelsen av beitingens omfang (Pedersen et al., 1989). Det formodes at nedbeiting kan maskere eventuelle effekter fra gassterminalen.

Det ble også i varierende grad registrert økt forekomst av trekantmark på samtlige stasjoner i perioden 1988-89 i forhold til perioden 1981-83. I 1981-83 dekket trekantmark ikke mer enn 13% på noe dyp. I 1988-89 dekket trekantmark over 13% i 16 av de 40 prøver. Økt forekomst i Kårstøområdet kan være et resultat av naturlige variasjoner over en større region. Undersøkelsen av den norske sydkysten i 1988-89 avspeilet økt forekomst av arten (Pedersen et al., 1990). Det er også sannsynlig at den generelle reduksjon i dekning av rødalgen Bonnemaisonia hamifera mellom de to undersøkelsesperiodene var del av en storskala fluktuasjon.

Diversiteten var høyere på Stasjon K5 enn ellers, sannsynligvis fordi arealene lå i et overheng som forhindret nedslamming og nedbeiting. Diversiteten økte på samtlige dyp på Stasjon K8 i perioden 1988-89 i forhold til 1981-83. Dette samsvarer med resultatene fra tidevannssonen hvor det ble observert økt artsrikhet (og diversitet) i Sektor I.

1.3 Konklusjoner

Undersøkelsene av fjordområdene rundt Kårstø i 1988 og 1989 har gitt et godt bilde av samfunnsstruktur på hardbunn i og nedenfor tidevannssonen etter at terminalen har vært i regulær drift i 1-2 år.

Resultatene er blitt sammenliknet med tilsvarende undersøkelser gjort i 1981-83, før terminalen ble anlagt. Dette viser at hovedmønsteret i regionale og dybdemessige forskjeller i samfunnsstruktur var det samme før og etter terminaldriften kom i gang. Det er imidlertid påvist klare endringer i artssammensetning og andre karaktertrekk over tid på den enkelte lokalitet, som kan tilskrives naturlige langtids fluktuasjoner i bestander av alger og dyr.

De mest omfattende samfunnsendringene hadde skjedd i ytre del av Førlandsfjord og til dels på Boknaflæet, og skyldtes nedbeiting fra sjøpinnsvin. Kun på en stasjon, ved Tungeneset, Frekasund, indikerer resultatene en effekt av kjølevannsutslippet fra Kårstø. Det er ingen vitenskapelig grunn til å anta at kjølevannsutslippet har hatt innflytelse på intensiteten i nedbeiting.

Det var videre klare geografiske forskjeller i utvikling i tidevannssonen mellom områdene nordvest for Kårstø og områdene i sør og øst. Det er sannsynlig at dette reflekterte naturlige forskjeller i miljøbetingelser og rekruttering i henholdsvis beskyttede og bølgeeksponerte områder, men skillet mellom disse regionene samsvarte også i grove trekk forventet geografisk utbredelse av kjølevannsutslippet. Man kan derfor ikke utelukke at de naturlige regionale forskjeller i samfunnsutvikling kan ha maskert eventuelle subtile effekter fra gassterminalens utslipp.

Det anbefales derfor at det legges opp til en langsiktig overvåking av området for å følge med i om slike effekter manifesterer seg over flere år.

1. English summary

Biological investigations of marine hard bottom communities in the Kårstø area (Western Norway) were carried out during the years 1981 to 1989.

The aim has been to provide a description of the ecology of the region prior to and after establishment of the gas terminal at Kårstø, furthermore to record any changes in the hard bottom communities between the two periods and relate these to the development and operation of the gas terminal. This report presents the results from the post-investigation 1988-89 and relates these to those of the pre-investigation 1981-83 (Bakke et al. 1984). The field programme has also comprised reduced surveys in 1985 and 1986. These records have been stored for possible future treatment.

The communities were investigated during June-July each year.

1.1 Hard bottom communities in the tidal zone

A total of 22 tidal zone stations were positioned from 1 to 12 km from the Kårstø quay. They were grouped into three geographical sectors representing three different water transport regions. Sector I lies in the fjord system northwest of Kårstø and includes 12 stations (8 facing east and 4 facing south). Sector II encompasses Herevikfjorden northeast of Kårstø and includes 5 stations (2 facing east and 3 facing west). Sector III encompasses Falkeidflæet south of Kårstø and includes 5 stations (2 facing east and 3 facing north-northeast) (Fig 3.1).

The physical and ecological characteristics have been described for each station.

The ecological description is based on species identification and population densities of all macroscopic algae and animals within 2-3 fixed marked horizontal 150x60 cm areas (Main-levels) subdivided into 10x10cm squares.

The field investigation and data treatment have been strictly standardized. A set of parameters were defined to describe the tidal zone communities (Ch. 3.2.3). Calculation of parameter values, similarity analyses and statistical tests were performed on NIVA's

NORD-5 computer. The software used was partly developed at NIVA and partly purchased and adjusted to suit the project's particular needs (e.g. dominance profile plots, Ch. 3.2.3). All basic data, calculated values and applied programs are stored at NIVA.

The biological description of each station is detailed by one text page and one figure page (Ch. 3.3.2). The description comprises the years and Main-levels recorded in the post-investigation, the value of important community parameters (species richness, diversity, evenness, dominance), the five top-ranked species with respect to density, and diagrams showing the horizontal biological zonation within and among Main-levels, profiles of relative dominance, and the frequency distribution of major ecological groups of organisms. The individual station descriptions also makes a comparison with the condition during the pre-investigation 1981-83.

The stations are further compared with respect to community parameters (Ch. 3.3.3) and possible covariation among the parameters analyzed (Ch. 3.3.4). Furthermore, the similarity between the stations in species composition and densities has been analysed (C. 3.3.5 - 3.3.7) and also their similarity in distribution of types of organisms (Ch. 3.3.8). All chapters have a comparison with the pre-investigation conditions.

The number of species recorded within a Main-level varied between 9 and 63 in the post-investigation, the overall mean being 36 species. Stations facing westwards had the lowest number, those facing the south were the richest. In general species richness and diversity was far less in the upper Main-level than in the lower. The same pattern was found in the pre-investigation. It is considered typical for the region and for hard bottom tidal zone communities in general.

Both during the pre- and post-investigation community richness was higher in the region north-west of the terminal (Sector I), than in other directions (Sectors II and III). Furthermore, large scale changes in community parameters were recorded from one year to the next. From 1981 to 1982 there was a significant increase in number of species and diversity of the tidal zone all over the Kårstø region. Similarly a decrease occurred from 1988 to 1989, however, most conspicuous in Sector I. The geographical and vertical pattern of values for the community parameters was in general the same prior to and after establishment of the terminal.

Number of species was positively correlated to diversity, and negatively correlated to dominance both in the pre- and post-investigation.

The community development with time at one station followed four different patterns. The first pattern was characterised by a large

change in structure from pre- to post-investigation. This was shown by Stations 1, 2, and 8, all heavily grazed by sea urchins. Station 9, not apparently grazed, showed the same pattern. The reason is not clear, but the pattern of change and the location of Station 9 close to the terminal indicates that the cooling water discharge may have been the cause. The second development pattern was shown by Station 3 only: a larger change at the lower Main-level than at the upper. Initial sea urchin grazing from below was the most likely cause. The third pattern was characterised by large differences between the upper and lower main-level, and only small changes from pre- to post-investigation. This pattern was shown at 5 stations. The last pattern was characterised by small changes with time at the lower Main-level, and clear changes at the upper. This was typical for 12 of the 22 stations. The geographical distribution of these development patterns (Figure 3.35) did not reveal any regional causing factors, except for the sea urchin grazing.

Analysis of similarity in biological composition prior to the terminal establishment, showed that the stations were grouped into three well defined and geographically separated groups (Figure 3.36). Group 1 comprised Station 1 only, separated from the others as heavily grazed. Group 2 comprised all stations except one in Sector I, as well as two stations from Sector III. Group 3 contained all the remaining stations in Sector II and III.

The post-investigation gave largely the same three groups of stations (Figure 3.37), showing that this was a typical pattern for the Kårstø region. Still some clear changes were found in Sector I. The most conspicuous was the move of Stations 2 and 8, formerly rich and diverse, into group 1 with Station 1 as grazed down stations. In Sector II and III the community changes were not large enough to alter the grouping of the stations.

In station group 2 a significant increase in species richness and diversity occurred between the pre- and post-investigation. This was not found in group 3. Even though terminal effects cannot be excluded, the most probable reason for the difference is different environmental conditions and recruitment patterns at protected and wave exposed sites, possibly also influenced by a mild sea urchin grazing at the stations in group 2.

In the upper region of the tidal zone the total density of organisms increased from the pre- to the post-investigation at a majority of stations all over the region. At the wave exposed sites a shift towards stronger density dominance of animals was also recorded. The shift was primarily caused by strong recruitment of barnacles and mussels, and reduction in density of the brown algae. These shifts are considered to be natural. In the lower region of the tidal zone the shifts were less

obvious, but also here an increase in faunal dominance was recorded. Here the green and red algae had been reduced relative to animals, the red algae within a distance of 4 km from the terminal. Still the terminal effluent is not considered to be the direct cause, primarily since the opposite trend: an increase in the red algae, seems to be the general response to thermal effluents.

1.2 Hard bottom communities below the tidal zone

Stereophotography is a method designed to monitor changes in hard bottom communities below the tidal zone. In the pre-investigation 8 stereophotographic stations (K1-K8) were established at 3 to 8 km distance from the Kårstø quay, each with 3 to 6 fixed depths. The substrate was at angle 35 to 125° to the horizontal. These sites were photographed in June-July in the pre-investigation 1981-83, in 1985 and 1986, and in the post-investigation 1988-89. For each depth 6 pairs of photographic images covered a fixed area of 0.5x3.0 m. In 1988 the area around these sites was randomly photographed in addition.

The post-investigation images from Stations K2, K4, K5, and K8 have been analysed in detail and the result reported here. The remaining photographic material has been stored for future treatment. The photographic image pairs were analysed by use of two dissecting microscopes mounted so as to enable 3-D structures to be detected at 40x magnification. The organisms were identified and quantified either by numbers or by percent cover. The results have been analysed to describe the community structure at each station, and structural changes in time and space.

Station K2 Leirvik: The slope and degree of sea urchin grazing were considered the major structuring factors at this station. The area at 20 m, and to some degree at 10 m depth was influenced by hyper-sedimentation. This was not apparent at the other stations. Changes in percent cover, similarity analysis and diversity indicated that grazing was an important controlling factor at all depths except 5 m, and that grazing effects had increased at 10 and 13 m since the pre-investigation. Density of the fanworm Pomatoceros triqueter had increased at 13 and 26 m depth, whereas the red algae Bonnemaisonia hamifera had decreased. Least change was found in the community at 26 m depth.

Station K4 South Vaageholmen: The different depths showed greater similarity in community structure in 1988-89 than in 1981-83, when the 10 and 29 m depths made a separate group, to some extent also the 18 and 15 m depths. Conspicuous changes from the pre- to the post-investigation

were increase in densities of fanworms and bryozoans, and reduction in red algae, in particular Bonnemaisonia. The degree of free space increased with depth. signs of sea urchin grazing were detected at 15, 18 and 29 m depth.

Station K5 Brattholmen: All depths except that closest to the surface, 1.5-2 m, were reasonably stable from one year to another. The structure at 7 and 10 m was rather similar, whereas the depths 1.5-2, 2-2.5, and 4 m were clearly different. The cover of fanworms had increased since 1981-83. There were no clear signs of grazing. Diversity had increased slightly at 2-2.5 m and 10 m depths, and decreased slightly at 1.5-2 m depth since the pre-investigation.

Station K8 Persloen: At this station the diversity had increased at all depths since the pre-investigation. A possible reason could be more stable hydrographical conditions than at the other stations. A shift towards stronger cover by colony-forming (e.g. hydroids and bryozoans) and solitary animals (e.g. fanworms) was recorded, at the cost of red algal cover, especially Bonnemaisonia. Only at 10 m depth were there any signs of sea urchin grazing.

The results showed only few clear changes during the period 1981-83 prior to the terminal construction, and similarly during the period 1988-89. On the other hand clear changes were recorded between these periods at some of the depths and some of the stations. The changes are in general believed to reflect natural variations in the Kårstø area. No effects of any discharges could be detected at the four stations.

Stations K2 and K4, and to some extent K8 showed signs of sea urchin grazing (increase in free space, reduced cover on overhanging substrates, occurrence of sea urchins). The results indicated increased grazing at 10 and 13 m of Station K2. The regional extent and increased grazing impact correspond to results from the separate investigation of the sea urchin grazing around Kårstø (Pedersen et al. 1989). It is assumed that the grazing could mask possible effects from the gas terminal.

A general increase in the occurrence of fanworms (Pomatoceros) were also recorded at all stations from 1981-83 to 1988-89. In 1981-83 the fanworms covered at the most 13% at any sites. In 1988-89 they covered more than 13% at 16 of the 40 sites analysed. Increased occurrence in the Kårstø area could reflect natural variations over a larger region. Investigations along the south coast of Norway in 1988-89 showed a general increase in this species (Pedersen et al. 1990). It is also probable that the general reduction of the red alga Bonnemaisonia hamifera between the two periods was part of a large scale variation.

The diversity was higher at Station K5 than elsewhere, presumably because the recorded sites lay in an overhang preventing smothering and grazing. The diversity increased at all depths of Station K8 from pre- to post-investigation. This is consistent with the results from the tidal zone showing an increase in species richness (and diversity) in Sector I.

2. Conclusions

The investigations of the fjord region around Kårstø in 1988 and 1989 have rendered a thorough picture of the community structure at hard bottoms in and below the tidal zone after the terminal has been in regular operation for 1-2 years.

The results have been compared to corresponding investigations performed in 1981-83, before the terminal was constructed. This shows that the main regional and depth pattern of community structure were the same before and after the terminal came in operation. Significant changes in species composition and other community features with time have been recorded, mainly assigned to natural longer term fluctuations in populations of algae and animals.

The most serious community changes had occurred in the outer part of the Førlandsfjord, and at Boknaflæet, and have been caused by sea urchin grazing. Only at one site, Tungeneset in Frækasund, did the results indicate an effect of the thermal discharge at Kårstø. There is no scientific evidence to assume that the discharge has influenced the intensity in sea urchin grazing.

Significant geographical differences in community development of the tidal zone were recorded between the region northwest of Kårstø and the regions to the east and south. It is assumed that this reflected natural differences in environmental factors and recruitment between wave exposed and protected sites. However, the border between these regions corresponded largely to the expected extent of dispersion of the thermal effluent. One can therefore not rule out that the natural regional differences in community structure and development may have masked more subtle effects of the discharge from the gas terminal.

It is therefore recommended that the post-investigation is followed by a program on long term environmental monitoring of the region to reveal if any such effects are manifested over a time span of several years.

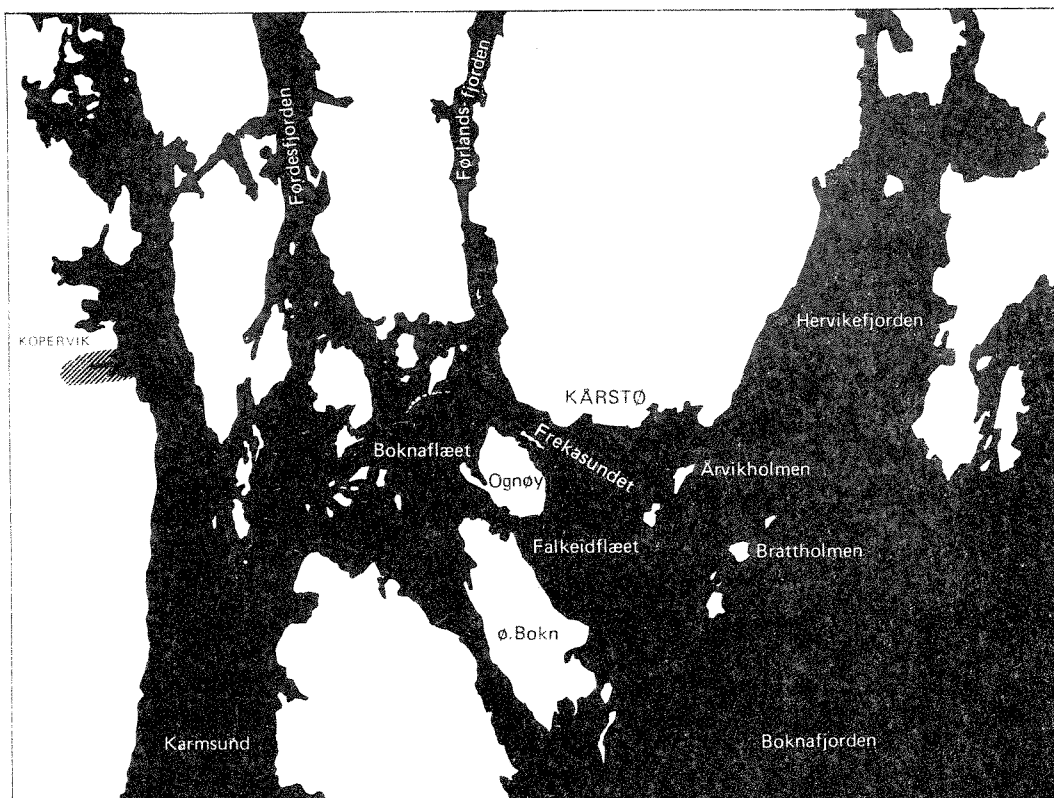


Petrokjemianlegg på KÅRSTØ

O-84072

Bløtbunnsfauna

Status 1983



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor
Postboks 33, Blindern
0313 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80
Telefax (02) 39 41 29

Sørlandsavdelingen
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033
Telefax (041) 42 709

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen
Breiviken 5
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 95 17 00
Telefax (05) 25 78 90

Prosjektnr.:	O-84072
Undernummer:	
Løpenummer:	2193
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: BIOLOGISK UNDERSØKELSE AV DEN MARINE RESIPIENT RUNDT KÅRSTØ. BLØTBUNNSFAUNA STATUS 1983.	Dato: 19.12.88
Forfatter (e): PER BIE WIKANDER	Prosjektnummer: O-84072
	Faggruppe: MAR.ØK.
	Geografisk område: ROGALAND
	Antall sider (inkl. bilag): 88

Oppdragsgiver: DEN NORSKE STATS OLJESELSKAP A/s	Oppdragsg. ref. (evt. NTF-nr.):
--	---------------------------------

Ekstrakt:

Seks bløtbunnstasjoner utenfor gassterminalen på Kårstø ble undersøkt kvantitativt i februar 1983. Formålet har vært å gi en beskrivelse av miljøet i området før anlegget ble satt i drift. Undersøkelsen skal danne et grunnlag for evaluering av eventuelle senere miljøforandringer. Stasjonene er beskrevet ved kvantitative parametre som vil gjøre det relativt enkelt å påvise endringer over tid.

4 emneord, norske:

1. Oljeindustrien
2. Kårstø-terminalen
3. Bløtbunn
4. Før-situasjonen

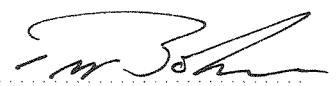
4 emneord, engelske:

1. Oil industry
2. Kårstø terminal
3. Soft bottom
4. Base line

for Prosjektleder:


Ivar Haugen.

For administrasjonen:


Tor Bokn.

ISBN - 82-577-1483-6

1. KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG

1.1. Konklusjoner

1.1.1. St. K 1, Ø. for Ø. Bokn.

Stasjonen viste høye verdier for artsmangfold. Alle øvrige parametre pekte også i retning av en uforstyrret biotop.

1.1.2. St. K 2, Falkeidflæet.

Stasjonen viste høye verdier for artsmangfold. Alle øvrige parametre pekte også i retning av en uforstyrret biotop.

1.1.3. St. K 3, Ø. for Ognøy.

Stasjonen hadde et lavere artsmangfold og dårligere tilpassing til log-normalfordelingen enn de to foregående stasjonene. Flertallet av de tallmessig dominerende artene var forurensingstolerante. En samlet vurdering av stasjonsparametrene tilsier allikevel at miljøet på stasjonen må karakteriseres som upåvirket av organisk belastning eller annen forurensing.

1.1.4. St. K 4, N. for Ognøy.

Stasjonen er preget av et organisk overbelastet sediment med svak utvikling av H₂S. Faunaen var svært fattig og hadde følgelig meget lavt artsmangfold. Det kan ikke pekes på sivilisatorisk betingede forhold som forklaring på situasjonen. Det er antagelig den lokale strømsituasjonen som skaper spesielle sedimentasjonsforhold.

1.1.5. St. K 5, Boknaflæet.

Stasjonen var preget av en høy andel forurensingsømfintlige arter. Faunaens tilpassing til log-normalfordelingen var ikke god, men alle parametre tatt i betraktning må stasjonen betegnes som upåvirket av organisk belastning.

1.1.6. St. K 6, Førlandsfjorden.

Sedimentet var tydelig preget av hydrogensulfid og hadde en mørk grå farge. Faunaen var fattig og besto av et flertall forurensingstolerante arter. Stasjonen må karakteriseres som moderat til betydelig organisk belastet. Det kan ikke pekes på sivilisatoriske forhold som årsak til denne situasjonen.

1.2. Formål

Målsettingen med undersøkelsene har vært å etablere en biologisk/belastningsmessig status for seks nærmere beskrevne bløtbunnstasjoner i området rundt Kårstø-terminalen. Det er meningen at disse stasjonene skal danne et referansegrunnlag for å foreslå eventuelle senere endringer som følge av utslipp fra terminalen.

1.3. Sammendrag

Foreliggende presentasjon er en beskrivelse av fauna og forurensingstilstand på seks bløtbunnstasjoner i området rundt Kårstø-terminalen i Tysvær kommune i Rogaland.

Prøvetakingen fant sted 16. og 17. februar 1983 fra F/F "Fridtjof Nansen" fra Institutt for Marinbiologi, Universitetet i Bergen.

Prøvene ble tatt med en 0,1 m² Petersen bunngrabb. Prøvene ble tatt parvis ved at to grabber var hengt opp i en horisontal, ca. 1 m lang, jernbjelke som var sjaklet på wiren. Det ble tilsammen tatt 4 x 2 grabbprøver på hver stasjon. Prøvene ble vasket

gjennom perforerte stålplatesikter med lysåpning på henholdsvis 5,0 og 1,0 mm. Sikteresten ble fiksert på formalin og overført til etanol.

I laboratoriet ble alle flercellede organismer fra hver av grabbene plukket ut under stereolupe, identifisert og talt opp. Artsliste og tallmateriale ble behandlet i datamaskin og følgende faunaparametre regnet ut :

Artsantall (S)

Individantall (N)

Indekser for artsmangfold (H og $ES(n = 100)$)

Andel ømfintlige- og tolerante arter

Artsindeks (AI)

Tilstandsindeks (TI)

Det er videre utarbeidet en arts-arealkurve for hver stasjon, såvel som lister med de ti tallmessig dominerende artene på hver stasjon.

Nedenforstående tabell og figurer er gitt i vedlegg.

Tabell 1 sammenfatter essensielle miljøparametre på stasjonene.

Fig. 1 sammenfatter artsmangfoldet på samtlige stasjoner i 1983.

Fig. 2, 3 og 4 viser faunaens tilpassing til log-normalfordelingen på alle stasjonene.

Fig. 5 viser arts-arealkurvene for samtlige stasjoner.



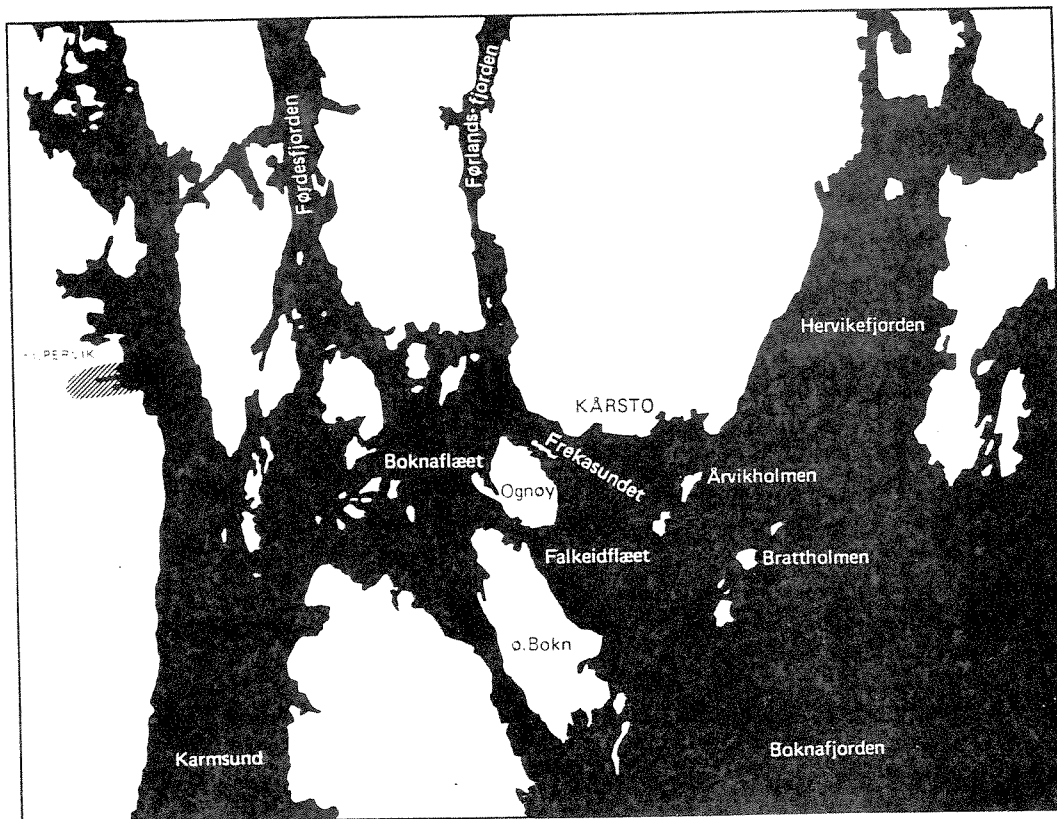
Gasskraftverk på KÅRSTØ

O-88120

Biologiske undersøkelser av
den marine resipient rundt Kårstø

Bløtbunnfauna

1983 - 1989



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor

Postboks 69, Korsvoll
0808 Oslo 8

Telefon (02) 23 52 80
Telefax (02) 39 41 89

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad

Telefon (041) 43 033
Telefax (041) 43 033

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad

Telefon (065) 76 752
Telefax (065) 78 402

Vestlandsavdelingen

Breiviken 5

5035 Bergen-Sandviken
Telefon (05) 95 17 00
Telefax (05) 25 78 90

Rapportnummer:

88120

Undernummer:

Løpenummer:

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:

Biologiske undersøkelser av den marine resipient ved Kårstø. Bløtbunnfauna 1983-1989.

Dato:

23.3.1990

Prosjektnummer:

88120

Forfatter:

Brage Rygg

Faggruppe:

Industriforurensninger

Geografisk område:

Rogaland

Antall sider:

36

Oppdragsgiver:

Den norske stats oljeselskap A/S

Oppdragsg.ref.:

Ekstrakt:

Formålet med undersøkelsene i 1983 var å etablere basis for å beskrive utviklingen etter 1983. Resultatene fra 1988 og 1989 beskriver endringene fra 1983 til 1989. Bunnområdenes økologiske tilstand var god i 1983 på to av de seks stasjonene. To stasjoner viste noe mindre god tilstand, men innenfor det normale for ikke belastete områder. To stasjoner var markert påvirket av ugunstige, men etter alt å dømme naturgitte, forhold. Forurensning fra petrokjemianlegget hadde ikke ført til noen påvisbar forverring i miljøtilstanden på sjøbunnen fram til og med 1989. Spørsmålet om det skjer en utvikling mot dårligere tilstand lengre fram i tida er ikke besvart, men datamaterialet som foreligger hittil vil være en god basis for å påvise trender hvis det ses i sammenheng med data fra en lengre tidsperiode.

Emneord, norske:

- 1. Petrokjemianlegg*
- 2. Bløtbunnfauna*
- 3. Overvåking*

Emneord, engelske:

- 1. Petrochemical industry*
- 2. Soft bottom fauna*
- 3. Monitoring*

for Prosjektleder:

Torgeir Bakke

Torgeir Bakke

For administrasjonen:

Tor Bokn

Tor Bokn

1. KONKLUSJONER

1. Bunnområdenes økologiske tilstand i 1983 var god på stasjon K1 og K2. Tilstanden var noe mindre god på K3 og K5, men fremdeles innenfor det normale for ikke belastete områder. Stasjon K4 og K6 var i 1983 markert påvirket av ugunstige, men etter alt å dømme naturgitte, forhold (Wikander 1988).

2. Resultatene fra 1983 danner basis for å beskrive tidsutviklingen etter 1983, med det formål å kunne påvise endringer etter at petrokjemianlegget ble satt i drift.

3. Tilstanden var god på stasjon K1 i 1988 og 1989 og på K2 og K3 i 1989, med høye verdier for artsmangfold. Tilstanden var noe mindre god på stasjon K2, K3, K4 og K5 i 1988, og K4 og K5 i 1989, men likevel innenfor det normale for ikke belastete områder.

4. Forurensning fra petrokjemianlegget hadde ikke ført til noen påvisbar forverring i miljøtilstanden på sjøbunnen fram til og med 1989. Stasjon K6 hadde dårlig tilstand allerede i 1983, forårsaket av andre faktorer. Spørsmålet om det skjer en utvikling mot dårligere miljøtilstand i framtida er ikke entydig besvart. Datamaterialet hittil gir ikke grunnlag for det. Fortsatt overvåking må gjennomføres dersom prognoser skal kunne settes opp. Datamaterialet som foreligger hittil er godt og vil være en solid basis for å påvise trender hvis det ses i sammenheng med data fra en lengre tidsperiode.

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, Korsvoll
0808 Oslo 8

ISBN 82-577-1745-2