

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

0 - 229

VURDERING AV SJØOMRÅDET INNENFOR HVALERØYENE
SOM RESIPIENT FOR AVLØPSVANN FRA TITAN CO. A/S

Undersøkelser av biologiske forhold 19 -

20/8 1969

Saksbehandler: Cand.real Jon Knutzen

Rapporten avsluttet desember 1970

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD	3
1. INNLEDNING	4
2. UNDERSØKELSESOMRÅDET	6
3. MATERIALE OG METODER	3
4. OVERFLATEVANNETS JERN- OG SESTONINNHOLD	7
5. JERNINNHOLD I SEDIMENTER	11
6. BUNNORGANISMER	13
7. PLANKTON	16
8. VEGETASJONEN I FJÆRA	16
9. SAMMENFATTENDE DISKUSJON	20
10. KONKLUSJONER	24
11. LITTERATUR	26

TABELLFORTEGNELSE:

1. Stasjonsoversikt for undersøkelsen 19-20/8 1969 med referanse til nærliggende stasjoner fra prøveinnsamlingene 14/1 og 29/1 1969.	6
2. Salinitet og jerninnhold i vannprøver fra sjøområdet innenfor Hvalerøyene 19-20/8 1969.	8
3. Jerninnhold og sestoninnhold i vannprøver fra sjøområdet innenfor Hvalerøyene 14/1, 29/1 og 19-20/8 1969.	10
4. Innhold av jern i de øverste 1 - 2 mm av sedimentprøver fra sjøområdet innenfor Hvalerøyene 19-20/8 1969, sammenliknet med analyseresultater fra tilsvarende prøver fra tre tilfeldig valgte lokaliteter i Ytre Oslofjord 21/8 1969.	12
5. Bunnfauna og bunnvegetasjon fra sjøområdet innenfor Hvalerøyene 19-20/8 1969.	14
6. Håvtrekkplankton fra sjøområdet innenfor Hvalerøyene 19-20/8 1969.	17

FIGURFORTEGNELSE:

1. Kartskisse over Hvalerområdet.	5
-----------------------------------	---

FORORD

Norsk institutt for vannforskning har i flere oppdragsrapporter behandlet ulike delproblemer vedrørende utslipp av avløpsvann i Glåma fra Titan Co. A/S. Det henvises til oversikt i rapport 0-229 "Vurdering av Glåma som resipient for avløpsvann fra Titan Co. A/S. Undersøkelser 1968-1969", mai 1969. Senere er det kommet en rapport om resipientvannets bufferkapasitet (0-229, mai 1970).

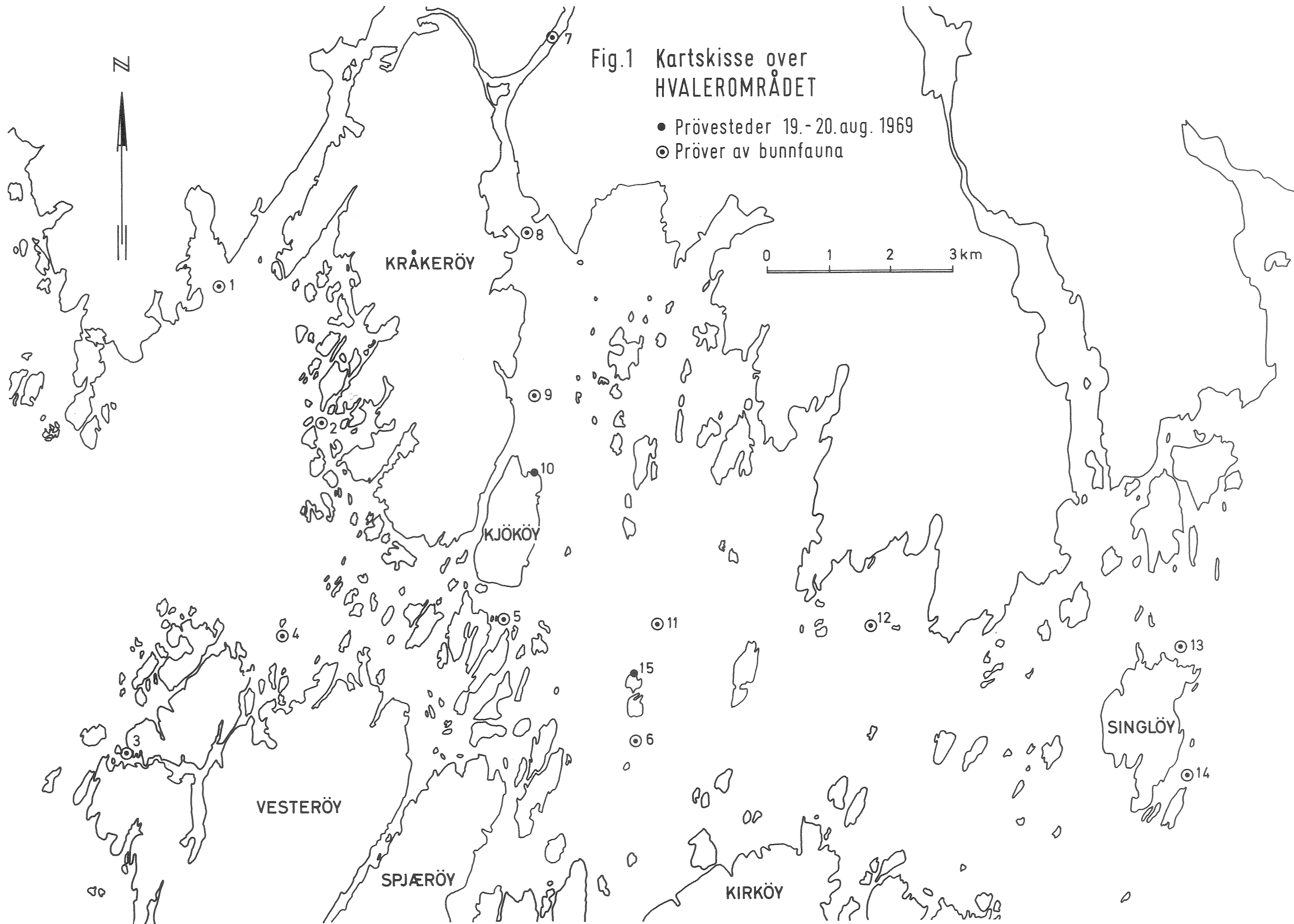
Foreliggende rapport omhandler resultatene av en befaring med innsamling av biologisk materiale fra Glåmas estuar og sjøområdet innenfor Hvalerøyene 19. og 20. august 1969. Bunnfaunaen og algevegetasjonen i fjæra er analysert av cand.real Jan Rueness, Universitetets Biologiske Stasjon, Drøbak. Ved instituttet har cand.mag. Eli Anne Lindstrøm analysert planktonmaterialet, og ingeniør Lasse Berglind har utført jernanalyser på sedimentprøvene. Reflektometermålinger av sestoninnhold er gjort av cand.mag. Walter Hauke.

1. INNLEDNING

Bakgrunnen for foreliggende rapport var behovet for en biologisk undersøkelse i Hvalerområdet i forbindelse med søknaden fra Titan Co. A/S om konsesjon for utslipp av økte mengder avløpsvann, tilsvarende en produksjonsøkning på 25%. Analyser av vannprøver fra Glåmas estuar og tilgrensende sjøområder hadde vist til dels betydelig høyere innhold av jernforbindelser enn det som kunne forklares ut fra naturgitte forhold. Den vesentlige del av jernet som slippes ut, vil innen kort tid foreligge som utfelt jernhydroksyd. Av spesiell interesse var om det kunne påvises anrikning av jernforbindelser i bunnavløpsringene og eventuelle unormale trekk ved bunnfaunaen.

I overensstemmelse med dette har undersøkelsene i det vesentlige konsentrert seg om innsamling og analyse av sedimentprøver og bunnens organismeliv. For om mulig å konstatere forskjeller innen undersøkelsesområdet, er det samlet materiale fra i alt 15 stasjoner fra vest for Vesterøya til øst for Singløya. (Se figur 1). Innen samme området er det foretatt innsamling av planktonprøver, mens observasjoner av algevegetasjonen i fjærebeltet innskrenker seg til et mindre antall lokaliteter. For å få et inntrykk av variasjonen i mengden av seston (frafiltrerbar substans) er overflatevannprøver filtrert gjennom membranfilter. På samtlige stasjoner er det gjort målinger av vannets salinitet (saltinnhold) og konsentrasjonen av jern.

Fra de innenskjærs deler av Hvalerområdet foreligger det ikke publiserte resultater av systematiske undersøkelser over marine strand- eller bunnorganismer. Det kan imidlertid nevnes et arbeid om Øraområdet (Andersen & Lid, 1968), der særlig den rike forekomsten av fisk og fugl er registrert. Da et bakgrunnsmateriale til bedømmelse av observasjonene mangler, vil vurderingene måtte gjøres på grunnlag av generell kunnskap om biologiske forhold på mer eller mindre tilsvarende lokaliteter i fjordene på Østlandet, i første rekke Oslofjorden.



2. UNDERSØKELSESOMRÅDET

Undersøkellesområdet og prøvetakingsstedene fremgår av kartskissen på figur 1. I tabell 1 er det gitt en stasjonsoversikt med referanse til nærliggende prøvesteder fra tidligere tokt 14/1 og 29/1 1969 (Rapport 0-229, 1969). Forholdene er preget av brakt vann i overflaten, med salinitetsverdier stort sett fra under 10 til opp mot 20 o/oo, avhengig av geografisk beliggenhet, vannføringen i Glåma og meteorologiske og hydrografiske forhold. Både fast bunn og leire er utbredt.

Tabell 1. Stasjonsoversikt for undersøkelsen 19 - 20/8 1969 med referanse til nærliggende stasjoner fra prøveinnsamlingen 14/1 og 29/1 1969.

Stasjon nr.	Sted	Stasjon nr.	
		14/11	29/11
1	Faratangen		
2	Innenfor Råholmene		
3	Ytre Papperhavn		
4	Bommegrunden		
5	Nord for Granholmen		8
6	Syd for Fugleskjærene		16
7	Fredrikstad bru		
8	Kaldera		1
9	Flyndregrunnen	N2, N3, N4	3,4,5
10	Kjøkkøy		
11	Fugleskjærgrunnen		13
12	Vest for Terneskjær		
13	Nord for Singløya		
14	Nord for Singløykalven		
15	Nordre Fugleskjær		

3. MATERIALE OG METODER

Prøver av bløtbunnens organismeliv er samlet inn med trekantskrape. Alle skrap er foretatt på 10 - 15 meters dyp. Begrunnelsen for ikke å skrape dypere var å få med eventuelt algemateriale. Innsamling ved hjelp av Peterson grabb, med henblikk på å få et inntrykk av mengdemessig forekomst, har innskrenket seg til et par prøvesteder. Kvalitative planktonprøver er innsamlet med håv med maskevidde 56 μ . Det er også tatt kvantitative planktonprøver fra overflaten, men disse er ikke blitt analysert. Alt biologisk materiale er fiksert i 2% formalin og oppbevart på instituttet.

Prøver av bunnavleiringene er samlet ved hjelp av rørlodd. Det halvveis flytende toppsjiktet (1 - 2 mm) er tatt ut til analyse på jern etter tørring, knusing, homogenisering, ekstraksjon i fortynnet saltsyre og filtrering. Jernmengden er bestemt ved atomabsorpsjonsspektrofotometri (Perkin - Elmer, modell 303). Overflatevannets innhold av seston (fracfiltrerbar substans) er bestemt reflektometrisk på filter etter filtrering av 250 ml vann.

4. OVERFLATEVANNETS JERN- OG SESTONINNHOLD

Resultatene av analysene med hensyn på overflatevannets salinitet og jerninnhold fremgår av tabell 2.

Tabell 2. Salinitet og jerninnhold i vannprøver fra sjøområdet innenfor Hvalerøyene, 19 - 20/8 1969.

Stasjon nr.	Dato 1969	Dyp m	Salinitet o/ooS	Jern Mg Fe/l
1	19/8	1	11,03	170
2	"	"	14,62	150
3	"	"	21,56	140
4	"	"	21,39	130
5	"	"	17,00	320
6	"	"	20,45	180
7	20/8	"	< 1,41	130
8	"	"	5,58	680
9	"	"	7,90	980
11	"	"	10,60	660
12	"	"	13,37	350
13	"	"	16,70	230
14	"	"	18,88	190

En av konklusjonene fra de tidligere undersøkelser i 1968 - 1969 (Rapport 0-229, 1969) var at jernpåvirkningen ovenfor utslippet var størst i de dypere lag, mens fjordvannet utenfor var mest belastet i overflaten. Undersøkelsene som behandles her har ikke tatt sikte på å kontrollere de tidligere resultater, og de få tallene som foreligger er mest illustrerende for den variasjonen som finnes innen området. Disse vil som nevnt komme i stand ved et komplisert samspill mellom vannføring, vindvirkning, veksling i elvevannets og sjøvannets temperatur, o.a. Stasjonenes beliggenhet vil følgelig spille en vesentlig rolle.

Man kan imidlertid merke seg at også ved det siste toktet fantes det liten jernpåvirkning i overflaten på den eneste stasjon ovenfor utslippet (St. 7). Videre antyder tallene stort sett at belastningen er sterkest i de sentrale

deler av undersøkelsesområdet. Ved de forhold som hersket da vannprøvene ble innsamlet, kunne påvirkningen vest for Kråkerøya og Vesterøya regnes som ubetydelig, men dette vil variere med de ovennevnte meteorologiske og hydrografiske faktorer. Etter de foretatte undersøkelser er det imidlertid en rimelig arbeidshypotese at virkningene av utslippet er mest markert utenfor munningen av hovedløpet og sydovert herfra.

Hensikten med sestonmålingene var å få materiale til å bedømme om utfellingen av treverdig jernhydroksyd forekommer i så stor utstrekning at det innvirker på vannets turbiditet i Hvalerområdet. De verdier man får ved reflektometermålinger, etter filtrering av en standard vannmengde (her 250 ml) gjennom et membranfilter, gir ikke noe absolutt mål for vannets innhold av levende og døde partikler. De er imidlertid brukbare til innbyrdes jevnføring, og vil ved tilstrekkelig datamengder gi holdepunkter for å vurdere om det er påviselige forskjeller mellom ulike deler av området. Resultatene fra vannprøver innsamlet 14/1, 29/1 og 19 - 20/8 1969 er gjengitt i tabell 3.

Sammenhengen mellom jernmengde og sestoninnhold er beregnet separat for de tre prøveserier. Henholdsvis for første, annen og tredje serie er korrelasjonskoeffisientene beregnet til +0,98, +0,58 og +0,81. Det er med andre ord funnet en bemerkelsesverdig sterk korrelasjon for prøvene fra 14/1, mens sammenhengen kommer svakere til uttrykk i datamaterialet fra de to etterfølgende innsamlingsperiodene. Hva denne forskjell kan skyldes, er det vanskelig å ha noen bestemt formening om. Vær, vind, vannføring o.a. vil som nevnt avgjøre hvordan Glåmavannet spres i fjordbassenget og ellers øve innflytelse på mengden og sammensetningen av vannets partikkelinnhold.

Vekslingen i planktonforekomstene vil likeledes spille en betydelig rolle. I denne omgang er det imidlertid tilstrekkelig å fastslå at det er funnet en indikasjon på at det er en sammenheng mellom innholdet av jernforbindelser og partikkelmengde. Samholdt med påvisningen av at jerninnholdet til dels er markert høyere enn i upåvirket vann, viser dette at utslippet medfører økte partikkelmengder i fjordvannet.

Med hensyn til ulikheter innen undersøkelsesområdet, viser tallene fra 29/1 og 19 - 20/8 noe forskjellig forhold. Mens man i januar stort sett fant høye sestonverdier på alle stasjoner, var det ut fra de senere resultater forskjell mellom lokalitetene syd for og nær elvemunningen og fjernere steder.

TABELL 3. JERNINNHOOLD OG SESTONINNHOOLD I VANNPRØVER FRA SJØOMRÅDET INNENFOR HVALERØYENE 14/1, 29/1 OG 19 - 20/8 1969. DE RELATIVE VERDIER FOR SESTONMENGDE ER MÅLT VED REFLEKTOMETRER PÅ MEMBRANFILTER ETTER FILTRERING AV 250 ML VANN.

Stasjon	Dato	Dyp i m	Jern µg Fe/l	Seston- innhold	Stasjon	Dato	Dyp i m	Jern µg Fe/l	Seston- innhold	Stasjon	Dato	Dyp i m	Jern µg Fe/l	Seston- innhold						
A1 Alshus 1)	14/1	0	608	64	N4 Nøteskjær	14/1	1	820	97	17	29/1	1	820	46						
		1	701	93			4	180	17			18	51							
		4	857	81			8	155	11			19	54							
		8	222	15			12	136	13			20	52							
		10	185	15			16	151	12			21	53							
N2 Nøteskjær 1)	14/1	0	599	71	Øst for Kjøkkøy Gjennomsnitt 5 målinger	14/1	1	651	85	22	19-20/8	1	750	43						
		1	678	86			4	590	46			25	17							
		4	142	13			8	1040	51			26	65							
		8	175	12			12	1040	54			27	59							
		12	171	12			16	1050	51			28	65							
		16	199	11			20	850	49			29	720							
		20	197	15			24	1200	59			30	660							
		24	279	22			29	1270	60			31	930							
		N3 Nøteskjær	14/1	0			568	60				29/1 ²⁾	1	850	51	32		1	680	46
				1			786	93					4	880	50			33	52	
4	208			15	8	780	53	34		58										
8	177			13	10	770	53	35		59										
12	152			13	12	770	49	36		57										
16	134			11	14	760	51	37		58										
20	174			17	15	810	48	38		58										
24	225			20	16	860	52	39		57										
N4 Nøteskjær	14/1			0	469	56				40	770		53					44	190	28

1) Alshus ligger mellom st. 8 og st. 9 på fig. 1. Nøteskjær ligger vest for st. 9.

2) Stasjonene 1 - 48 fremgår av fig. 2 i rapport 0 - 229, 1969.

Dette indikerer igjen at belastningen særlig på relativt fjerntliggende lokaliteter vil være vekslende med vær-situasjonen og andre forhold.

Økt partikkelinnhold vil gjøre vannet mer uklart og nedsette lysgjennomgangen. Samme lysmengde vil følgelig nå ned til et relativt mindre dyp. Den primære effekt av dette er innsnevring av den sone hvor plante-produksjon kan foregå. Dette leder til en alminnelig minskning i all biologisk produksjon, f.eks. fiskeavkastning. Hvorvidt effekten vil bli påviselig, avhenger ikke bare av påvirkningsgraden. De metoder som står til disposisjon for å måle biologisk produksjon er ofte ikke tilstrekkelig fintfølende. Spesielt vanskelig ble det å etterspore effekten når referansemateriale mangler. Dette er et forhold man må være oppmerksom på ved vurdering av de økologiske konsekvenser. I det foreliggende tilfellet er økningen i vannets turbiditet i seg selv neppe av en størrelsesorden som vil få åpenbare følger for produksjonsforholdene. Turbiditeten er imidlertid bare én av flere faktorer som må tas i betraktning.

5. JERNINNHold I SEDIMENTENE

Ved forrige undersøkelse av bunn-avleiringenes jerninnhold analyserte man ulike sjikt av de øverste 110 mm (o-229, mai 1969). I mg jern pr. g tørket prøve ble det målt verdier fra 7,0 til 23,9. Hovedmengden av observasjonene lå mellom 13 og 18 mg jern pr. g tørket sedimentmateriale. Det lot seg ikke påvise noen tydelige forskjeller mellom ulike deler av området, og tendensen til avtagende jerninnhold nedover i avleiringene var lite markert og ikke alment gjeldende.

På denne bakgrunn var det aktuelt å få analysedata fra upåvirkede lokaliteter, og dessuten foreta analyser av et smalere overflatesjikt enn 10 mm, som ble benyttet første gang. Tabell 4 gjengir resultatene av analysene på materialet fra Hvalerområdet ved siden av data fra tre tilfeldig valgte lokaliteter i Oslofjorden. Fra rørlopprøvene er det søkt å få med bare den øverste, halvt flytende bestanddelen. Dette toppsjiktet var mer eller mindre brunt på alle stasjoner, men tydelige fnokker av jernhydroksyd var vanskelig påvisbare. Det visuelle inntrykket av mengden brunt materiale lot seg ikke korrelere med analyseresultatene.

Tabell 4. Innholdet av jern i de øverste 1 - 2 mm av sedimentprøver fra sjøområdet innenfor Hvalerøyene 19-20/8 1969, sammenliknet med analyseresultater fra tilsvarende prøver fra tre tilfeldige valgte lokaliteter i Ytre Oslofjord 21/8 1969. Verdier angir jern ekstraherbart i fortynnet saltsyre.

Stasjon	Dato	Jerninnhold mg Fe/g tørrsubstans
2	19/8	24,6
3	"	23,6
4	"	20,8
5	"	32,5
6	"	26,3
9	20/8	22,1
11	"	18,3
12	"	18,7
13	"	17,5
14	"	12,7
NV for Strømtangen fyr	21/8	12,1
Ytre Kurefjord	"	6,0
S for Moss havn	"	5,9

Som man ser av tabellen, er det til dels påvist høyere jerninnhold enn i forrige prøveserie. Ved høyere jevnføring er tendensen imidlertid ikke entydig. Når St. 9 ble det i januar 1969 funnet 23,9 mg jern, mot 22,1 mg i august. Tilsvarende tall for St. 5 er 18,3 og 32,5. Ikke så langt fra St. 6 ble det registrert 21,0 mg jern mot 26,3 siste gang. De relativt små forskjellene som er konstatert, det lave antall resultater og det forhold at det øverste laget av sedimentsøylen ble gjenstand for noe omrøring ved prøveinnsamlingen, gjør at bare foreløpige konklusjoner er berettiget. Med disse forbehold indikerer resultatene fra de to toktene at det er en viss tendens til høyere jerninnhold i det aller øverste sedimentsjikt.

Jernkonsentrasjonen i prøvene fra andre deler av Oslofjorden ligger lavere enn i Hvalerprøvene, - for to lokaliteters vedkommende markert lavere. Også disse resultater tyder følgelig på at sedimentene i Glåmas estuarområde er påvirket av utslippet av jern fra Titan Co. A/S. Man må imidlertid være oppmerksom på at de registrerte forskjeller også kan ha sammenheng med ulike

grad av ferskvannstilførsel. Som nevnt i forrige rapport (0-229, mai 1969), kan det antas at Glåmavannet i gjennomsnitt inneholder 250 µg jern pr. l, mens gjennomsnittsmengden i sjøvann er anslått til 100 µg/l. Sikrere konklusjoner om størrelsesordenen av økningen i sedimentenes jerninnhold vil kreve flere data.

6. BUNNORGANISMER

Materialet av planter og dyr innsamlet med trekantskrape på 10 - 15 meters dyp er stilt sammen i tabell 5. Det er her gitt et subjektivt anslag for den relative mengdemessige forekomst av de ulike organismer etter følgende skala:

- 5: Dominerende
- 4: Hyppig
- 3: Vanlig
- 2: Sparsom
- 1: Sjelden
- +: Forekommer

Metoden er noe usikker av flere grunner, men den kan brukes til å antyde kvantitative forhold ved samfunnenes sammensetning. Ved innsamling og bearbeidelse er det ikke lagt spesiell vekt på å få en fullstendig for-tegnelse. Det er således ikke funnet hensiktsmessig å anvende mye tid på bestemmelse av vanskelige arter. Siktemålet har vært å få et skjønn på om samfunnene kunne anses som "normale" for den undersøkte lokalitetstypen: Bløtbunn med leire eller fin sand på i hovedsaken 10 - 15 meters dyp.

I materialet er det en alminnelig mangel på alger. Bare på St. 3 (Ytre Papperhavn) ble det konstatert noe egentlig samfunn av en del alminnelige arter. Grunnen til dette må antas å være bunnens generelle beskaffenhet, idet de fleste alger er avhengig av et fast substrat. Funnene av gruntvannsformen *Cladophora rupestris* representerer sannsynligvis løsrevne eksemplarer.

Dominerende i bunnfaunaen var gruppene børsteormer (Chaetopoda), slange-stjerner (Ophiuroidea) og muslinger (Lamellibranchia). Spesielt var tre vanlige arter av slangestjerner hyppig forekommende. I en grabbprøve fra St. 4 (Bommegrunden) ble det funnet 50 *Amphiura chiajei* sammen med et mindre antall børsteormer. Dette tilsvarer ca. 500 slangestjerneeksemplarer pr. m².

TABELL 5. BUNNFAUNA OG BUNNVEGETASJON FRA SJØOMRÅDET INNENFOR HVALERØYENE 19 - 20/8 1969.

Organismer	Stasjonsnr., dyp i m													
	10-12	6-8	10-12	14-15	12-15	8-10	15-16	15-20	8-10	5	15	12-13	15-16	14-15
BACTERIA														
Beggiatoa sp.									+					
Uidentifiserte chlamydbakterier									+					
ALGAE														
Antithamnion plumula (fertil ♂)				+										
Cladophora rupestris	+	+	2-3											
Furcellaria fastigiata				+										
Gracilaria verrucosa				+										
Polyides sp.		+	2-3											
Rhodomela convervoldes f. virgata				+										
Trailiella intricata				+										
PORIFIERA														
Uidentifisert svamp														+
ANTHOZOA														
Actinie, ubestemt									+					
HYDROZOA														
Hydractinia carnea (på skallet av Nassarius)			+							+				
CHAETOPODA														
Cf. Ampharetidae	+	+				2	+				2			
Aphrodite aculeata											+			
Cf. Capitella capitata	2				+									
Glycera sp.	+			+	+									
Cf. Harmothoe sp.						+								
Laetmonice sp.						+								
Cf. Leonice sp.	2													
Nephtys sp.	+	+		+										
Nereis cf. diversicolor								3	+					
Pectinaria sp.				+					+	+				
Phyllococe sp.									+					
Pomatoceros triqueter														+
Sabella sp.						+					+			
Uidentifisert Terebellidae		1				2					2			
Div. polychaeter	3-4	3			+	+						+	+	+
GEPHYREA														
Phascolion strombi														+
ASTEROIDEA														
Asterias rubens										+				
OPHIUROIDEA														
Amphiura chiajei	3-4				5		4				+	4	3	
Ophiura albida	3	4	+	+		+					3			+
Ophiura texturata	4	2-3	3-4			3	3-4				3-4	3	3	
ECHINOIDEA														
Echinocardium cordatum	+		+	4	+		+							+
Psamechinus miliaris														+
AMPHINEURA														
Chiton sp.														+
GASTROPODA														
Aporrhais pes-pellicani		+		+							2-3			
Buccinum undatum			+	+							+		+	
Nassarius reticulatus			+							+				
Nucula sp.	3													
Philina sp.	+			+							+			
LAMELLIBRANCHIA														
Anomia patelliformis			+											+
Chlamys varia														+
Corbula gibba	+								+		3			
Cultellus pellucidus	+	+	+											+
Mya sp.	+													
Mytilus edulis									+	+				
Saxicava arctica					+								+	+
Cardium echinatus							+							
CHRUSTACEA														
Balanus cf. balanus			+											
Balanus improvisus										3				
Carcinus maenas										3				
Crangon crangon		+												
Eupagurus bernhardus				+										+
TUNICATA														
Ascidia indet.	3	+	+			4						3	3	3-4
Ciona intestinalis	+												+	

Blant stasjonene er det i første rekke St. 7 (Fredrikstad bru) som skiller seg ut ved forekomsten av *Beggiatoa* sp. og andre bakterier. Tilstedeværelsen av *Beggiatoa* indikerer et miljø som periodisk er preget av lav oksygenspenning. Saltvannspåvirkningen fremgår av at *Nereis* cf. *diversicolor* ble samlet i et ikke ubetydelig antall. På en lokalitet som denne må man vente artsfattigdom og varierende sammensatte samfunn på grunn av stadige vekslinger med hensyn til osmotisk miljø. For øvrig kan man bemerke at til og med så langt inne som på St. 8 (Kaldera) hadde man et relativt artsrikt samfunn av marine organismer. Dette er i overensstemmelse med at ferskvannspåvirkningen vesentlig gjør seg gjeldende i overflatelaget. Forskjellen mellom de andre stasjonene med hensyn til artssammensetning er det ikke tilstrekkelig grunnlag for å drøfte. Stort sett kan ulikheten regnes å være av tilfeldig karakter eller bero på lokale forhold.

På utsiden av rørbyggende arter av børsteormer ble det observert varierende mengder av rødbrune avleiringer. I mindre utstrekning ble slike avleiringer også registrert på ascidier og sneglehus. Mest utpreget var det rødbrune laget på St. 5 (nord for Granholmen), mens det var relativt mindre på stasjonene 11, 12, 13 og 14. Mengden av avleiringer kunne imidlertid bare gjøres til gjenstand for et subjektivt skjønn, og resultatet av sammenlikning mellom stasjonene vil være usikkert. Jevnført med resultatene av sedimentanalysene (kfr. tabell 4) var det likevel forholdsvis god overensstemmelse.

Selv om det ble observert et rødbrunt belegg, særlig på de sessile organismene, lot det seg ikke påvise at dette hadde hatt noen ugunstig effekt. Det er heller ikke spesielle bemerkninger å knytte til bunnfaunaens sammensetning. Med forbehold om mengden av arter kan de registrerte organismesamfunn anses som representative for Oslofjorden og tilsvarende områder. På den annen side vil det helst være markerte og direkte virkninger som kan manifestere seg ved slike observasjoner som denne undersøkelse har gitt anledning til. Eventuelle langtidsforandringer vil bare la seg påvise etter observasjoner over flere år. I prinsippet vil enhver påvirkning være ledsaget av virkninger som forgrener seg på en måte som man med nåværende kunnskaper ikke har tilstrekkelig innsikt i.

7. PLANKTON

Resultatet av håvtrekkprøvenes bearbeidelse er stilt sammen i tabell 6. Det er benyttet samme subjektive skala for angivelse av de enkelte organismers relative mengdemessige betydning som for bunnorganismene (Se punkt 6).

Med unntak av St. 7, Fredrikstad bru, er planktonet sammensatt av organismer fra både ferskvann og brakkvann. Jevnføring av samfunnene fra St. 8, Kaldera, og St. 12 og 13, Terneskjær og Singløya, viser at ferskvannsformene avtar i både mengde og antall med avstanden fra elveutløpet, mens det er et økende innslag av marint plankton. Det bemerkelsesverdige er imidlertid at så langt fra munningen som st.12 er ferskvannsdiatomeen *Fragilaria crotonensis* dominerende, og selv ved St.13 (Singløya) er denne arten hyppigst av samtlige registrerte. Cellenes utseende indikerte at arten var i stand til å vokse og dele seg i brakkvannsmiljøet. De foreliggende data bekrefter for øvrig at planktonsamfunnene i Mjøsa i stor grad preger forholdene nedover i Glåma, (Skulberg 1970, under trykking).

Det ble til dels observert stor forekomst av jernholdig substans i håvtrekkprøvene. Denne form for prøveinnsamling gir imidlertid ikke et materiale som er representativt for slike partiklers utbredelse. Maskevidden på 56 μ er så stor at en vesentlig del av sestonet slipper igjennom. Det man kunne tenkes å få påvist, var adsorpsjon av utfelt jern til plankton og dødt suspendert stoff. Dette er konstatert i noen av prøvene. For å avklare de mer spesifikke virkninger av utslippet på Hvalerområdets planktonsamfunn vil det måtte gjennomføres et mer omfattende undersøkelsesprogram.

8. VEGETASJONEN I FJÆRA

Vegetasjonen i fjærebeltet er observert på St. 10, Kjøkøy, og på St. 15, Nordre Fugleskjær (Se fig. 1). I en fjæreplytt nær kai på Kjøkøya ble det funnet en smal sone med blågrønnalger (*Calothrix scopulorum*, o.a.) ovenfor en bestand av *Cladophora* sp. og små kimplanter av *Fucus vesiculosus* (blæretang). På fjellet og algene var det et tydelig brunt belegg. Grønnalgetrådene var minst belagt og grønne mot basis. Belegget på algene gav sterk rødfarging ved tilsetning av jernreagens (ammoniumthiocyanat).

TABELL 6. HÅVTREKKPLANKTON FRA SJØOMRÅDET INNENFOR HVALEØYENE, 19 - 20/8 1969

Stasjon	7	8	9	11	12	13
Organismer	Fredrikstad bru	Kaldera, Fredrikstad	Flyndregrunnen	Fugleskjær- grunnen	Terneskjær	Singløya
MYCOPHYTA						
Uidentifiserte hyfer		1				
CYANOPHYCEAE						
Anabaena flos-aquae	1	1				
Anabaena cf. variabilis	3	3	3	1-2	3	1
Oscillatoria spp.	3-4	3	2	1	2	+
CHLOROPHYCEAE						
Arthrodesmus sp.					+	
Dichtyosphaerium sp.	2	2	2			
Kirchneriella sp.			+			
Oedogonium sp.		1	1			
Scenedesmus sp.	+	+	1			
Spondylosium sp.	1	1	1	1		
Staurastrum spp.	1	1	1			
Uidentifiserte coccale	2	2	2	2-3		
BACCILARIOPHYCEAE						
Asterionella formosa	3-4	3-4	3	2	2	1
Chaetoceros spp.					1	+
Cosinodiscus cf. radiatus				+		
Fragilaria crotonensis	5	5	5	5	5	4
Melosira ambigua		+		1		
Melosira granulata var. angustissima	2	2-3	1-2	1	1	
Nitzschia spp.					+	
Rhizosolenia alata				+		+
Synedra acus	1	2	2	2	1	
Synedra sp.	+					
Tabellaria fenestrata			1	+		
Thalassionema nitzschioides				+		
Uidentifiserte pennate diatomeer	1	1	+	1		1
CHRYSOPHYCEAE						
Dinobryon cf. divergens	2	1	1			
DINOPHYCEAE						
Ceratium fusus		1	1	1	1-2	2
Ceratium furca		+			1	
Ceratium macroceros					1	2
Ceratium tripos			+	2	3	3
Dinophysis acuta		+				2
Dinophysis lachmannii			+	1	2	2
Peridinium cf. depressum					1	
Peridinium cf. globulus					+	
Peridinium pellucidum				2		
Peridinium steinii		+	+			1
Peridinium spp.						1
Prorocentrum micans				1	1	2-3
Gonyaulax polyedra		+	1	3	2-3	3
Gonyaulax sp.					+	2
PROTOZOA						
Tintinnider	+	1	1	1	1	2
Andre ciliater				1		
ROTATORIA						
Kellicottia longispina	+					
Keratella cochlearis	1-2	1	+	1-2	+	+
Polyarthra sp.		1	2	1-2		
Div. uidentifiserte	1	1		1	1	
CRUSTACEA						
Calanoide copepoder				+	1	+
Nauplier			1	2	1	1
VARIA						
Jernhydroksyd knyttet til plankton	1	1		4	3	2

I en grunn bukt i nordenden av Kjøkøya vokste *Scirpus maritimus* (havsivaks) sammen med *Potamogeton perfoliatus* (hjertetjønna). Særlig den siste hadde et iøynefallende brunt overtrekk på bladene. Den samme typen avsetningsmateriale dekket stein og sandbunnen i området i et 1 - 2 mm tykt lag. Det brune belegget på steinene og bunnen ga sterk positiv reaksjon på jern.

Ved Nordre Fugleskjær (St. 15) ble det registrert brunhvitt skum i overflaten flere steder langs land. Dette er også tidligere registrert i dette området. På nordsiden ble det funnet noen få brunbelagte eksemplarer av en *Cladophora* sp. foruten representanter for slekten *Enteromorpha* (tarmgrønnske). Likeledes ble det registrert spredte eksemplarer av rur (*Balanus improvisus*) og *Fucus vesiculosus* (blåretang).

Lenger inne på Nordre Fugleskjær ble det i en strandeng funnet matter av *Vaucheria ~~synnisa~~* sammen med *V. intermedia*. Deretter fulgte en sone av *Scirpus maritimus* med *Ruppia maritima* (småhavgras) og videre nedover en uidentifisert kransalge. På denne lokaliteten var det også forekomst av blågrønnalgen *Rivularia* cf. *nitida*.

På sydenden av øya var det noe blåretang, men meget sparsomt med skrøpelig utseende grisetang (*Ascophyllum nodosum*). For øvrig ble det observert små eksemplarer av rødalgen *Farcellaria fastigiata* og på denne en del av rødalgen *Ceramium* cf. *strictum* med tetrasporer. Inne i sistnevnte vokste *Entocladia viridis*. Av dyr ble det bare observert en del tanglopper (*Gammarus* spp.). På enkelte av algene var det et mer eller mindre fremtredende rødbrunt belegg.

I det ovennevnte observasjonsmaterialet er det tre fenomener å feste seg ved. Det er forekomsten av brunt skum, utbredelsen av det brune belegget på planter og stein og kanskje spesielt den uvanlig fattige algevegetasjonen i fjæra. Når det gjelder skummet og belegget, er det sannsynlig at dette har sammenheng med utslippet fra Titan Co. A/S. Grunnlaget for denne konklusjon er den sterkt positive jernreaksjonen i belegget samholdt med vannets generelt høye jerninnhold i området. Bakgrunnen for fattig algevegetasjon kan være av mer kompleks natur.

Isskuring er ofte årsak til at det blir sparsomt med alger og rur på steinstrand. Imidlertid har denne faktor først og fremst betydning for forekomsten av flerårige arter, som f.eks. blåretang og grisetang. De ettårige formene har stadier som overvintrer i små sprekker i fjellet. Overvintringsstadiene er meget uanselige og fremtrer bare som et tynt belegg. Isgang langs land vil følgelig ha minimal effekt på denne del av

algesamfunnet. Tvert imot kan man ofte observere at ettårige former, f.eks. arter av grønnalgeslektene *Enteromorpha* og *Cladophora*, opptrer i store mengder om sommeren etter en vinter med isskuring. Forklaringen antas å være at det er blitt mer areal til disposisjon for disse floraelementene ved at bestandene av flerårige alger er skurt vekk. På de undersøkte lokalitetene i Hvalerområdet var det imidlertid generelt lite alger, også av ettårige arter. Eventuell isskuring kan derfor bare være en delvis forklaring på den fattige vegetasjonen. Det bør understrekes at selv om en grov artsinventering bare er gjort for et par stasjoner, var bart fjell med lite alger det alminnelige inntrykket fra de strender som ble iaktatt under toktet.

Vannets saltinnhold er en annen faktor som vil influere på utbredelsen av alger i fjærebeltet. Både blæretang og de ovennevnte ettårige grønnalgene er imidlertid tolerante overfor brakt vann og går i alminnelighet langt inn i fjordene. Særlig gjelder dette enkelte arter av *Enteromorpha* (tarmgrønske). Følgelig kan heller ikke saltholdighetsforholdene anses som noen sannsynlig årsak til mangelen på alger.

Mengden av jernforbindelser har på flere vis betydning for utformingen av akvatiske samfunn. Bl.a. er jern et viktig plantenæringsstoff, og kan ha innflytelse på størrelsen av primærproduksjonen. I hvert fall på ferskvannslokaliteter er det registrert at høye konsentrasjoner av jernforbindelser har en selekterende effekt på algesamfunnenes sammensetning. Virkningen på fjæreorganismer av jernholdige belegg og av vann med høyt innhold av partikulært jern, er derimot lite kjent. Det er innlysende at et slikt lag i noen grad vil nedsette fotosyntesen og hemme veksten. På den annen side hadde de alger som ble observert med belegg et forøvrig normalt utseende. Det er likevel mulig at påvirkningen kan ha utslagsgivende effekt på algenes kimstadier, som må antas å være spesielt ømfintlige. Avsetningene på stein kan videre tenkes å hindre at spredningsenheter får feste. Endelig har man den eventuelle effekt av forandringene i det lokale kjemiske miljø. Her kan også toksiske komponenter i avløpsvannet spille en rolle. Da det ikke finnes publiserte sammenlikningsdata fra området, og avløpsvannets virkninger på organismelivet bare er delvis kjent (se nedenfor), vil vurderingen av forholdene i strandsonen (og andre biotoper) nødvendigvis være av teoretisk karakter.

Det er imidlertid viktig å fastslå at den fattige fjørevegetasjonen ikke uten videre lar seg forklare ved henvisning til naturlige miljøfaktorer.

9. SAMMENFATTENDE DISKUSJON

I den foreliggende rapport er de biologiske forhold i Hvalerområdet søkt vurdert i relasjon til det man vet om fjorvannets og sedimentenes fysiske og kjemiske egenskaper. Gjennom tidligere undersøkelser er det klarlagt at vannets høye jerninnhold må skyldes utslippet fra Titan Co. A/S. Det alt vesentlige av jernet finnes utfelt som treverdige jernhydroksyd. Dette har i første omgang betydning for vannets innhold av frafiltrerbar substans (seston). Gjennom korrelasjonsberegninger er det påvist en tydelig sammenheng mellom jerninnhold og sestonmengde målt reflektometrisk på membranfilter. Videre kan resultatene av sedimentanalyser tyde på at det finner sted anrikning av jernforbindelser på bunnen av Hvalerbassenget. Bl.a. var jerninnholdet i tre sedimentprøver fra tilfeldig valgte områder i Oslofjorden lavere enn det som er funnet i undersøkelsesområdet (figur 1). For å vite med sikkerhet om ikke dette kan skyldes andre faktorer enn bedriftens utslipp, f.eks. større forskvannstilførsel, trengs det imidlertid ytterligere data.

Ved bedømmelsen av forholdene på de ulike typer av biotoper (bunnen, fjæra og de frie vannmasser) har referansedata fra området vært savnet. Ut fra det alminnelige kjennskap til hvilke arter som forekommer i tilsvarende farvann langs kysten, er det ingen spesielle bemerkninger å knytte til sammensetningen av de organismesamfunn som er registrert på bunnen eller i de frie vannmasser, bortsett fra at rike forekomster av ferskvannsplankton viste Glåmavannets betydning for miljøet og planktonsamfunnet. Når det gjelder utseendet til de observerte plankton- og bunnorganismer, er det heller ikke mye å anmerke. Det rødbrune belegget som ble funnet på en del sessile ("fastsittende") bunndyr, kunne ikke sees å ha hatt ugunstig effekt. Det må imidlertid understrekes at undersøkelsen i så måte har vært overflatisk, idet siktemålet i første omgang har vært å finne åpenbare effekter. Det kan derfor ikke utelukkes at grundigere undersøkelser vil avsløre forhold som vil modifisere de foreløpige konklusjoner som det er naturlig å trekke.

Når det gjelder algevegetasjonen i fjæra (steinstrand), er det derimot registrert unormale forhold, idet forekomsten av ellers vanlige artersyntes å være sparsom. Uten at det er mulig å henviser til publiserte data, kan det nevnes at et slikt inntrykk samstemmer med hva andre sakkyndige har kunnet meddele. Det foreligger imidlertid ingen uttalelse om at dette skulle ha vært annerledes før. Naturlige miljøfaktorer som saltholdighetsfaktorer og is-skuring er ikke tilstrekkelig som forklaring på fenomenet. De algene man kunne

vente å finne, men som er påfallende lite utbredt, er brakkvannstolerante og til dels ettårige (*Cladophora* og *Enteromorpha*). Det må imidlertid understrekes at observasjonene av spesielle forhold i fjæra må underbygges ved nøyere kartlegging av algeforekomsten på egnede biotoper i området.

Man har som nevnt begrenset kjennskap til virkningen på ulike organismer av avløpsvann fra titanfremstilling. Det er imidlertid foretatt enkelte forsøk med fisk og planktonalger i fortyninger av avløpsvann fra en tysk titanfabrikk. (Kinne & Rosenthal 1967, Kinne & Schumann 1968, Kayser 1969, 1970). Utgangspunktet for disse forsøkene var et til dels noe mer konsentrert avfallsvann enn det som Titan Co. A/S slipper ut. Det nøyaktige forholdet lar seg ikke beregne, og det vil dessuten være noe forskjellig for de ulike komponenter. Ved bruk av de noe divergerende opplysningene hos Kinne & Schumann (1968) og Kayser (1969) kan man imidlertid gjøre tilnærmede beregninger for noen av bestanddelene. Disse viser at utgangsløsningen som ble brukt i forsøkene var ca. 2 x så konsentrert som utslippet i Glåma med hensyn til jernsulfat, mens konsentrasjonen var omtrent den samme når det gjaldt magnesiumsulfat og svovelsyre. (Beregningene hviler i tillegg på opplysninger fra Titan Co. A/S, gitt i brev av 14/1 1969 til Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen i forbindelse med konsesjonssøknad). Følgelig kan stamløsningen ved forsøkene regnes å ha en sammensetning som er noenlunde lik utslippet fra bedriften.

Om resultatene av fiskeforsøkene (Kinne & Rosenthal 1967, Kinne & Schumann 1968) kan det kort sies at fortyninger ned til 1:32 000 ga utslag i atferd (hyppigere gjellelokkbevegelser) hos unge eksemplarer av *Gobius pictus* (bergkulting), og i hjerteslagsfrekvensen og fødeopptaket hos nyklekkede larver av *Clupea harengus* (sild). For høyere konsentrasjoner ble det registrert forskjellige andre former for skadevirkninger på ulike livsstadier hos de nevnte arter og på larver av *Solea solea* (tunge). Høyere dødelighet ble konstatert ved fortyninger ned til 1:8 000 for bergkulting (for så vidt også ned til 1:32 000, men da ikke statistisk signifikant på grunn av utilstrekkelig antall forsøksdyr), og ned til 1:20 000 for tunge. Det ble funnet avtagende skadevirkning med økende alder på testmediene (tidsrommet mellom innblanding av avfallet i løsningene og forsøkens begynnelse). De samme forfattere (Kinne & Schumann 1968) nevner forøvrig upubliserte registreringer av skadeeffekter på andre marine organismer: eremittkreps og bløtdyrlarver.

Forsøkene til Kayser er foretatt med planktonalgene *Ceratium furca*, *Prorocentrum micans* (Kayser 1969) og *Phaeocystis pouchetii* (Kayser 1970). For de to førstes vedkommende ble det konstatert nedsatt vekst ved fortyninger ned

til 1:100 000. Hemningen av veksten var markert ved konsentrasjoner på 1:50 000 (*Ceratium furca*) og 1:32 000 (*Prorocentrum micans*). De letale konsentrasjoner var lavere enn henholdsvis ca. 1:3 500 og 1:2 500. Det ble her funnet noen vesentlig nedsatt effekt med økende alder på testmediene. I forsøkene med *Phaeocystis poucheti* ble det, i motsetning til dette, funnet en stimulans av veksten ved forholdet 1:100 000 avfallsvann og sjøvann. Vekstkastigheten ble først nedsatt i medier med konsentrasjoner på 1:5 000 eller større. Letalitetsgrensen var for denne arten ca. 1:2 250.

Ovennevnte skadevirkninger kan tenkes forårsaket av: Senket pH, øket partialtrykk av karbondioksyd (som følge av lavere pH), utfnokkingen av treverdig jernhydroksyd, medfølgende senkning av oksygenets partialtrykk, giftige metaller, eller en kombinert effekt av disse faktorer.

For resultatene av de eksperimenter som er referert, må senket pH og øket partialtrykk av karbondioksyd antas bare å spille en rolle ved høyere konsentrasjoner av avfallsvann. (Ved fiskeforsøkene gav fortyningen 1:8 000 en utgangsverdi for pH på ca. 7, og i algekulturene var pH høyere enn 7 ved tilsvarende fortyning). Dette gjør det plausibelt at nedsatt skadevirkning med avløpsvannets alder i stor grad skyldes at forsureningen og økningen i karbondioksydenes partialtrykk er forbigående fenomener av relativt kortvarig natur.

Utfnokkingen av jernhydroksyd finner også sted over et kort tidsrom etter utslippet i resipienten. I en viss utstrekning vil andre bestanddeler av avløpsvannet felles samtidig. I hvilken grad dette skjer, er ikke kjent. Imidlertid kan en slik mekanisme ytterligere forklare at skadevirkningene avtar med tiden. For planktons vedkommende kan utfellingen lede til at organismene innleires i eller adsorberes til partiklene som dannes. Det må formodentlig meget høy belastning til før en slik faktor blir av betydning. Som tidligere nevnt er Hvalerområdet et eksempel på at jernhydroksydpartiklene kan gjøre seg gjeldende over et større areal og utgjøre en mer eller mindre dominerende del av vannets partikkelinnhold. Økningen i vannets turbiditet vil få konsekvenser for lysmiljøet og kunne forårsake minsket planteplanktonproduksjon. På den annen side kan jerntilførselen tenkes å ha en viss stimulerende effekt, som i de nevnte forsøk med planktonalgen *Phaeocystis poucheti*. Ved sedimenteringen av de jernholdige partiklene kan man peke på flere mulige virkninger. Direkte ansamling av partikler på organismene vil få følger for disses bevegelse, næringsopptak og respirasjon. Anrikning på bunnen vil influere utskiftning av materiale på grensen mellom vann og sediment og forandre sedimentets leve-

stedskarakterer. Alt dette er spørsmål som ikke kan vurderes fyldestgjørende uten på bakgrunn av eksperimentelle undersøkelser. Det samme gjelder virkningen av at jernhydroksydpartiklene adsorberes til planktoniske og fastsittende alger, slik det er påvist tilfeller av i undersøkelsesområdet. Man skal imidlertid være klar over at den eventuelle effekt av de nevnte belastningskategorier, hver for seg eller samlet, ikke vil være begrenset til en enkelt eller et fåtall organismer. Hvis en eller flere arter berøres, vil dette indirekte få konsekvenser for hele samfunnsstrukturen. Konkurransforholdene vil forandres, etablerte næringskjeder vil brytes, etc.

Virkningen av oppløste metaller i utslippet er en annen viktig usikkerhetsfaktor. Foruten jern inneholder utslippet titan, magnesium og små mengder kalsium og mangan. Ifølge opplysninger om sammensetningen av avfallet fra mindre Titangesellschaft m.b.H., Leverkusen, (Kayser 1969) finnes det i tillegg mindre mengder av krom, vanadium, aluminium og natrium. Av disse vil titan og krom i det vesentlige felles ut. Så vidt vites er det ikke gjort noe forsøk på å isolere de enkelte komponenter i avløpsvannet med henblikk på å teste deres spesifikke eller delvis kombinerte virkning overfor organismer.

Av det som er nevnt hittil, fremgår at det beste man har å holde seg til er resultatene av de kulturforsøk som er foretatt med ulike konsentrasjoner av avløpsvann fra Titangesellschaft m.b.H., Leverkusen. Ved sammenlikning av det fortynningsforløpet man har beregnet seg til ved en empirisk formel (0-229, august 1967), fremgår det at fortynningen muligens ikke er så effektiv som opprinnelig antatt. Det man kan gå ut fra er at konsentrasjoner på 1:1 000 og høyere er vanlige et par kilometer ovenfor og 2 - 3 kilometer nedenfor utslippet. (Kfr. fig. 12 i rapport av mars 1965. Fig. 8 - 13 i rapporten av august 1967 viser fortyninger av rhodamin B, som var initialfortynnet til en konsentrasjon på 10^{-3} - 10^{-4} etter tilsetning i avløpsvannet. Avløpsvannets konsentrasjon fremkommer følgelig ved å multiplisere tallangivelsene på figurene med mellom 10^3 og 10^4). Avløpsvannet blander seg med en mindre, men likevel betydelig del av ellevannet over de nevnte strekninger. I elven er det i hovedsaken sjiktet fra 4 til 10 meter som belastes, mens det i fjorden er overflatalaget. Som det har fremgått av resultatene fra forsøkene med fisk og alger, er skadevirkninger registrert fra konsentrasjoner på 1:50 000. Det kan neppe råde tvil om at en større del av sjøområdet utenfor Glåma er belastet med slike, og vesentlige høyere, konsentrasjoner av avløpsvann fra Titan Co. A/S. Fordi avløpsvannets ulike komponenter skiller lag etter utledning i resipienten, gir likevel ikke dette noen fyldestgjørende beskrivelse av situasjonen. De utførte eksperimentelle undersøkelser er heller ikke fullt relevante

for forholdene i naturen. Bl.a. adskilles ikke avløpsvannets ulike komponenter like effektivt i kulturkarene som i estuarets vannmasser.

På tross av usikkerheter, nødvendige forbehold og få eller ingen bestemte skadevirkninger å vise til, må det antas at utslippet fra Titan Co. A/S over innflytelse på de biologiske forhold i og utenfor Glåmas utløp. Problemet med å påvise forandringer som skyldes denne belastning er mangesidig. Ved siden av at andre forurensningskilder også gjør seg gjeldende, er hovedvanskelighetene forbundet med mangelen på referansematerialet, og at det vil kreve omfattende innsats med til dels raffinert teknikk for å kunne dokumentere sammenhengen mellom de biologiske fenomener og påvirkningen av vannforekomsten. Noen enkle undersøkelser kan imidlertid tenkes å gi resultater som kan belyse problemkomplekset bedre enn det har vært mulig i denne rapport. Det gjelder kanskje i første rekke rutinemessige sedimentanalyser i det undersøkte området og på andre lokaliteter i Oslofjorden, f.eks. i munningen av Drammensfjorden, der ferskvannspåvirkningen skulle være av tilsvarende størrelsesorden. Videre er det meget ønskelig med utvidede undersøkelser av vegetasjon og fauna i littoralsonen.

10. KONKLUSJONER

1. Korrelasjonsberegninger har vist at det i sjøområdet innenfor Hvalerøyene er en sammenheng mellom vannets innhold av jernforbindelser og partikkelmengde. Samholdt med den tidligere påvisning av at de høye jernverdier skyldes utslippet fra Titan Co. A/S, sannsynliggjør dette at fjordvannets turbiditet øker som resultat av belastningen fra bedriften. Jernhydroksydfnokkenes andel av vannets partikkelinnhold er ikke beregnet. Påvirkningen av områdets ulike deler vil variere med vannføringen i Glåma, meteorologiske og hydrografiske forhold.
2. Analyseresultatene fra sedimentprøver fra undersøkelsesområdet jevnført med tilsvarende data for andre deler av Oslofjorden antyder muligheten av at jernforbindelser anrikes i fjordsedimentene utenfor Glåmas munning. Sikrere konklusjoner kan først trekkes etter ytterligere undersøkelser.
3. Direkte skadevirkninger på organismelivet i de frie vannmasser eller på bunnen er ikke påvist. Omfanget av innsamlet materiale er ikke tilstrekkelig til at slike effekter kan utelukkes. De få undersøkte lokaliteter i fjærebeltet avslørte en fattig algevegetasjon, som ikke tilfredsstillende

lot seg forklare ved henvisning til naturlige miljømekanismer. Både de planktoniske og fastsittende algene var til dels dekket av brune, jernholdige avleiringer.

4. Eksperimentelle undersøkelser med avløpsvann fra en titanfabrikk i Tyskland har vist giftvirkning overfor fisk og planktoralger ved fortynninger som må antas å gjøre seg gjeldende i nedre del av Glåma og sjøområdet utenfor. Det er vanskelig å anslå omfanget av det området som er berørt fordi utslippets spredning og fortynning bare er beregnet for de nærmeste 2 - 3 kilometer. På tross av at resultatene fra laboratorieforsøk ikke er fullt overførbare til naturlige resipienter, må man regne med at skadelige konsentrasjoner opptrer i betydelige vannmasser. Økt belastning med avløpsvann fra titanproduksjon må derfor frarådes. Muligheten for regenerering av svovelsyre bør utredes.

5. De biologiske forhold i sjøen utenfor Glåma fortjener fortsatt oppmerksomhet. Det bør trekkes opp et program for en nøyere kartlegging av organismelivet i fjæra. Kulturforsøk med alger er et annet aktuelt angrepspunkt. Likeledes er det behov for utvidede sedimentundersøkelser. I denne forbindelse kan man vurdere muligheten for mer direkte å kunne følge spredningen av jernutslippet fra bedriften ved hjelp av isotopanalyse eller ettersporing av utslippskomponenter som følger jernet. I sammenheng med et av instituttets forskningsprosjekter foretas undersøkelser av partikkelinnhold i Glåma og på to stasjoner nedenfor utslippet fra Titan Co. A/S, deriblant én nær Fugleskjærgrunnen (St. 11 i foreliggende rapport). Dette materialet vil kunne gi opplysninger om daglige variasjoner i vannets jerninnhold og forekomst av frittlevende organismer.

---o0o---

11. LITTERATUR

Andersen, Birger A. og Lid, Gunnar, 1968:

Øraområdet - et stykke verdifull Østlandsnatur i faresonen
Norsk Natur 4(3): 70 - 76.

Kayser, H., 1969:

Züchtungsexperimente an zwei marinen Flagellaten (Dinophyta) und ihre
Anwendung in toxikologischer Abwassertest.
Helgoländer wiss. Meeresunters. 19: 21 - 44.

Kayser, H., 1970:

Experimental-ecological investigations on *Phaeocystis poucheti* (Hapto-
phyceae): cultivation and waste water test.
Helgoländer wiss. Meeresunters. 19: 195 - 212.

Kinne, O. og Rosenthal, H., 1967:

Effects of sulphuric water pollutant on fertilization, embryonic
development and larvae of the herring, *Clupea harengus*.
Mar. Biol. 1: 65 - 83.

Kinne, O. og Schumann, K. - H., 1968:

Biologische Konsequenzen schwefelsäure- und eisensulfathaltiger
Industrieabwasser. Mortalität junger *Gobius pictus* und *Solea solea*.
Helgoländer wiss. Meeresunters. 17: 141 - 155.

NIVA, januar 1961:

0-229. Undersøkelse av Glommas nedre løp som resipient for
industrielt avfallsvann. Stensilert.

NIVA, mars 1965:

0-229. Bestemmelse av utslipningssted og beregning av utslipnings-
anordning for utslipp av avløpsvann fra Titan Co. A/S, Fredrikstad,
i Glommas nedre løp. Stensilert.

NIVA, august 1967:

0-229. En effektivitetskontroll av anlegg for utslipp av forurenset
vann fra Titan Co. A/S i Glomma. Stensilert.

NIVA, mai 1969:

0-229. Vurdering av Glåma som resipient for avløpsvann fra Titan Co. A/S.
Undersøkelser 1968 - 1969. Stensilert.

NIVA, 28. mai 1970:

0-229. Vurdering av hvordan syreutslipp fra Titan Co. A/S virker på resipienten. Stensilert.

Simensen, Terje og Liseth, Paul; 1967:

Disposal of titanium dioxide in a stratified estuary.
Proc. 22. Ind. Waste Conf. Purdue Univ. 129 (2): 950 - 967.

Skulberg, Olav M. 1970:

Eutrofiering og biologiske forandringer i noen østnorske vannforekomster. (Under trykking).

---oOo---