

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

0-74047

OVERVAKING AV BIOLOGISKE FORHOLD

I

RISAVIKA, SOLA

RAPPORT FRA SPESIALISTKURS, MAI 1979

"MARINE BIOLOGICAL SURVEYS, MONITORING AND THE EFFECTS OF OIL POLLUTION"
PEMBROKESHIRE, SYD-WALES

Oslo, 19. mai 1982

Prosjektleder: Tor Bokn

Administrerende direktør: Lars N. Overrein

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-74047
Undernummer: IV
Løpenummer: 1374
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Overvåking av biologiske forhold i Risavika, Sola. Rapport fra spesialistkurs, mai 1979 "Marine Biological Surveys, Monitoring and the Effects of Oil Pollution". Pembrokeshire, Syd-Wales.	Dato: 19/5-1982
	Prosjektnummer: 0-74047
Forfatter(e): Tor Bokn	Faggruppe: Biologi
	Geografisk område: Rogaland
	Antall sider (inkl. bilag): 22

Oppdragsgiver: A/S Norske Shell, Shell-raffineriet, Sola	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------


Ekstrakt: Foreliggende rapport er et referat fra et kurs arrangert av Oil Pollution Research Unit i Pembrokeshire, Syd Wales. Kurset ga et godt innblikk i hvilke biologiske metoder for overvåking som brukes ved forskjellige raffinerier i ulike steder av verden. Denne oversikten vil være nyttig under evaluering av den løpende overvåking som utføres nær utslippsstedet i Risavika. Noe nærmere løsningen av hvilke komponenter i avløpsvannet som er mest giftig, kom man neppe. Imidlertid ble det slått fast at problemet var komplekst, men at behovet for ytterligere informasjon ved å øke analysekompetansen på raffineriutslipp var en nødvendighet.

4 emneord, norske:
1. Oljeraffineri Shell
2. Risavika, Sola
3. OPRU, Syd-Wales
4. Kursdeltakelse
Biologi

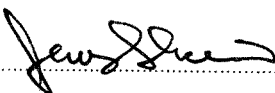
4 emneord, engelske:
1. Oil Refinery Shell
2. Risavika, Sola
3. OPRU, Syd-Wales
4. Specialist courses
Biology

Prosjektleder:

For administrasjonen:



Seksjonsleder:



ISBN 82-577-0486-5



FORORD

I et forsøk på å bedre forståelsen for hvilke effekter en kan vente å finne i marine resipienter som påvirkes av raffineriutslipp, ble det av Norsk institutt for vannforskning foreslått en studiereise til Syd-Wales i 1979. Hovedgrunnen til å velge dette området var at det ble holdt et spesialistkurs 9. - 11. mai i "Marine Biological Surveys, Monitoring and the Effects of Oil Pollution". Arrangør var Oil Pollution Research Unit, Field Studies Council. Foreliggende rapport formidler deler av kursets innhold. Av uforskyldte årsaker er rapporten sterkt forsinket, hvilket vi vil beklage. Imidlertid takkes oppdragsgiver og spesielt herr Hallstein Haga for å ha utvist stor tålmodighet.

Brekke, 19. mai 1982

Tox Bokn
Cand. real.

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD	3
INNLEDNING	5
ERFARING FRA KURSET	5
KONKLUSJONER	12
LITTERATUR	13
APPENDIKS I	14
APPENDIKS II	15

INNLEDNING

Oil Pollution Research Unit (OPRU) er underlagt Field Studies Council i Storbritannia. Laboratoriet ligger nær Milford Haven, Pembrokeshire i Syd-Wales. Dr. Brian Dicks er daglig leder, mens dr. Jenifer Baker er forskningsdirektør. OPRU ble startet i 1967 med to Ph. D.-studenter.

I 1979 var det ansatt ca. 12 forskere og assistenter. I dag er tallet øket til ca. 20.

Laboratoriet arbeider med forsknings- og oppdragsprosjekter for oljeselskapene. I første rekke konsentrerer medarbeiderne seg om biologiske problemstillinger, men det utføres også enklere oljeanalyser.

Program fra kurset 9. - 11. mai 1979 finnes i appendix I. Tilsvarende kurser arrangeres hvert år av OPRU i Pembrokeshire.

ERFARING FRA KURSET

Dr. Brian Dicks ga en introduksjonsforelesning hvor han påpekte hvilke marine økosystemer som var aktuelle å belyse under kurset. Videre ble det trukket frem hvilke fysiske og kjemiske parametre en ville konsentrere seg om. De fleste typer marine organismer ble vist gjennom en slide-fremvisning, og særlig littoralorganismenes utsatthet ble påpekt. Littoralsonering med eksempler fra flere steder rundt i verden ble i den forbindelse vist.

John Hartley - marinzolog - foreleste om og demonstrerte forskjellige feltredskaper og metoder som brukes til studier av bløtbunnsorganismer i kystfarvann og offshore. Alle metoder og redskaper er kjent og/eller i bruk ved NIVA. I motsetning til enkelte andre forskergrupper er OPRU foreløpig noe skeptisk til bruk av nøkkelarter. De foretrekker å bruke hele faunasamfunnet.

Dr. Keith Hiscock ga en inngående orientering om tilsvarende redskaper og metoder som brukes på sublittoral hardbunn. Han er sannsynligvis en av de mer erfarne på dette feltet i Storbritannia, hvilket flere publikasjoner kan bekrefte. Mange av metodene er i bruk på NIVA, de fleste er kjent, mens et par mer spesialutviklede metoder var delvis

ukjent. Kvalitativ og kvantitativ sammensetning av flora og fauna på *Laminaria hyperborea* - stortare - er en teknikk som ble påpekt å ha fordeler i områder med tareskog, og som det er ønskelig å se nærmere på.

Dr. Hiscock presenterte 12 mer eller mindre ulike metoder, inkludert to metoder til studier av bløtbunn. OPRU og NIVA prøver stadig å forbedre sine registreringsteknikker. Dette har ført til utvidet samarbeid mellom de to institusjoner de siste årene. Alle metodene presentert i 1979 er publisert i Hiscock (19?).

Dr. Keith Hiscock har også sitt daglige arbeid med undersøkelser i hardbunnlittoralen. Følgelig var han en naturlig foreleser om strandinventeringer og metoder som kreves her. Han brukte følgende disposisjon ved utarbeidelse av undersøkelsene:

1. Formål med undersøkelsen
2. Valg av organismegrupper
3. Undersøkelsestyper

Hiscock skilte mellom fire forskjellige formål:

- 1 a. Beskrivelse av organismesamfunn og arter som finnes i et avgrenset område.
- 1 b. Beskrivelse av forandringer over tid som forekommer på bestemte steder hos bestemte arter.
- 1 c. Beskrivelse av forandringer over tid forårsaket av sivilisatorisk påvirkning i et større avgrenset område.
- 1 d. Beskrivelse og kartlegging av avstandsgradienter fra forurensningskilder.

Ved valg av organismegrupper til kartlegging ble det foreslått tre hovedgrupperinger:

- 2 a. Alle synlige arter.
- 2 b. Utvalgte arter (40-60 taxa). Ny sjekklister lages for hvert prosjekt.

2 c. Et lite antall "nøkkel-arter" velges ut.

De ulike undersøkelsene kan deles i seks hovedtyper ifølge Hiscock:

- 3 a. En ren beskrivelse av organismesamfunnene, hvor eventuelle endringer neglisjeres.
- 3 b. Systematisk semi-kvantitativ undersøkelse av store strandområder, for å kunne følge større endringer.
- 3 c. Systematisk semi-kvantitativ undersøkelse av et mindre strandområde, for å kunne følge større endringer.
- 3 d. Systematisk kvantitativ undersøkelse av et mindre strandområde, for å kunne følge mindre tydelige endringer.
- 3 e. Kvantitative undersøkelser i små begrensede områder for å kunne følge små endringer som forekommer innenfor kvadrater (rammer).
- 3 f. Kvantitative undersøkelser i statistisk utvalgte kvadrater, for å kunne følge små endringer innenfor kvadratene og således frem-skaffe basis for statistisk analyse.

Forskningsdirektør dr. Jenifer Baker er ekspert på effekter av oljesøl på strandenger ("saltmarshes"). I tillegg til feltekskursjoner til klippe- og sandstrender, ble kursdeltagerne tatt med til en strandeng som var brukt som forsøksfelt av dr. Baker. Strandenger består av blomsterplanter inkludert store sivarter og gress, trådformede og en-cellede alger. Forsøksfeltene, som ble startet allerede i 1968, består av $5 \times 2 \text{ m}^2$ store ruter, og 1 gallon lett forvitret Kuwait råolje har vært tilført månedlig. Ulike planter har reagert forskjellig, men flere arter viser tydelige giftvirkninger. Plantesamfunnet endret karakter ved at tidligere stabile arter ble utkonkurrert av mer tolerante arter. Forsøk med rensemetoder som brenning, nedskjæring eller behandling med dispergenter har vist seg til dels å øke skadene.

De forskjellige ferske petroleumsproduktene viste alle ulik grad av giftighet, mens tunge, forvitrede oljer i små mengder ble funnet å kunne

stimulere vekst av plantesamfunn på strandenger.

David Levell - marinzoolog - presenterte felt- og laboratorieteknikk brukt på bløtbunnstrender uten å legge frem noe nevneverdig nytt.

Etter at de fleste typer av feltundersøkelser var gjennomgått, ble kurssets innhold dreid over mot de ulike petroleumskomponenters biologiske effekter. En generell innføring i emnet ble gitt av dr. Brian Dicks, mens mer spesielle eksperimentelle forsøk ble formidlet av flere medarbeidere ved OPRU.

Ph. D.-student Saran Petpiroon arbeidet med strandsnegls aktivitetsendring i relasjon til oljeeksponeringstid. Han hadde laget en spesiell "activity score" som ble plottet mot eksponeringstid for utslippsvann fra oljeraffineri. I hver test inngår ti individer av strandsnegl (*Littorina* sp.), og hvert enkelt individ underkastes observasjoner. Testen syntes på en relativt enkel måte å gi et mål på raffinerivannets inhiberende effekter uten å påvise hvilke organer som ble influert.

Flere resultater fra eksperimentelle forsøk fra strandenger ble presentert. Bl.a. var det beregnet nedbrytningshastigheter av olje i forhold til jordsmonnets tykkelse. Ikke uventet avtok denne hastigheten med tykkelsen, og ved overgang til anaerobe forhold, var nedbrytingen ubetydelig. 12 år gammel olje så like frisk ut som den dagen den ble spilt. Engangs oljesøl har vist seg ikke å gjøre større skade på plantesamfunnene, forutsatt at feltene ikke er behandlet med noen form for rensing. Bedring i tilstanden kunne registreres bare 2-3 måneder etter påslaget. Referansefeltene viste at rensing med forskjellige dispergenter fullstendig ødela samfunnene.

Ing. David J. Harries som er ansatt ved Texaco Refinery i Milford Haven, var deltager ved OPRU-kurset. Han var vennlig nok til å kjøre meg til raffineriet en ettermiddag, hvor jeg ble vist omkring. Raffineriet har 2-3 sedimenteringsdammer i bruk. Fra pumpen i den siste dammen blir det samlet inn én prøve pr. uke. Denne prøven gjennomgår en rutineanalyse på følgende parametre:

Rutineanalyser	Tillatte max. konsentrasjoner
Sulfid	1 ppm
Ammonium	6 "
Total olje	25 "
Kjemisk oksygenforbruk	25 " O ₂
Tot. susp. tørrstoff	50 "
pH	5,5-8,5

Utslippsmengden var 2-3 mill. gallons/dag.

Andre stoffer det analyseres på, men som ikke inngår i rutineanalysene var:

Cyanid
Fenoler
PAH (polycykliske aromatiske hydrokarboner)
Metallene Ni, V, Pb og Cr

Krom brukes som herbicid.

Lignende analyseopplegg finnes på to av de tre øvrige raffineriene i Milford Haven. Gulf Refinery har muligens et annet opplegg.

Effekter av raffineriutslipp er et omfattende og et ikke helt enkelt emne, fastslo dr. Jenifer Baker. Hun har også vært medforfatter i en publikasjon om samme emne (Baker 1979).

Raffineriutslippene til vann inneholder et meget stort antall oppløste organiske forbindelser, muligens flere hundretusen. De fleste forbindelser forekommer i svært lave konsentrasjoner, og totalinnholdet i avløpsvannet vil normalt ikke overskride 100 ppm. Det er innlysende at noen fullstendig analyse av alle komponentene i avløpsvannet vil være praktisk umulig.

Det skilles mellom avløpsvann fra eldre og fra nyere raffinerier. I eldre raffinerier er vannforbruket høyt, og det finnes ingen separering av avløpssystemet. Blant disse raffineriene finnes også de største

og mest komplekst bygde systemer med raffineriutslipp som forårsaker størst effekter i resipientene. I nyere raffinerier skilles prosessvann fra avrenningsvann og andre utslipp. Det oljeholdige avløpsvannet gjennomgår fra ett til flere rensetrinn. De fleste raffinerier har en "gravity separator" som skiller olje fra vannfasen. Dette kan være eneste rensing. Andre renseprosesser som brukes i nyere raffinerier er: Kjemisk flokkulasjon, mekanisk lufting, oksydasjons-dammer, biologiske prosesser som oksydasjon og aktivt slam. Den siste metoden kan redusere oljeinnholdet i avløpsvannet fra 25-30 til 1-5 ppm.

Det store antallet av ulike komponenter i utslippsvannet fra raffineriene og muligheten for synergistisk eller antagonistisk virkning gjør påvisningen av miljøeffekter i resipienten svært vanskelig. Vår nåværende viten er utilstrekkelig for å kunne velge ut hvilke komponenter i avløpsvannet som gir gode nok indikasjoner på dets giftighet. Inntil flere forskningsresultater er lagt frem, anbefales raffineriene å fortsette sitt analyseprogram med de tradisjonelle parametrene: BOD, COD, pH og total olje. Dersom renseprosessene ikke omfatter biologisk rensing (aktivt slam) anbefales analysering på polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), fordi denne stoffgruppen anses som relativt persistent (Neff 1979). Ettersom raffineriene har fått bygget biologiske renselanlegg, utvalgt på grunnlag av tradisjonelle parametre, har også metallinnholdet - spesielt kadmium og kvikksølv - blitt redusert til bakgrunnsnivåer.

Andre forurensende komponenter som det må holdes rutinekontroll med er: fenoler, ammonium, sulfid og cyanid. På samme måte som for metaller, vil disse stoffene kunne reduseres til bakgrunnsnivåer ved biologisk rensing.

Som en kontroll på raffineriavløpsvannets giftighet og eventuelle renselanleggs effektivitet, ble det påpekt nødvendigheten av økologisk overvåking over en årrekke. Undersøkellesprogrammer og data fra raffineriene i alle verdensdeler ble lagt frem, bl.a. fra Rafinor på Mongstad. Resultatene viser at utslipp fra store, gamle raffinerier med kun primær rensing til marine resipienter har forårsaket reduksjon (desimering) av organismene nær utslippsstedet. Det er ukjent om effektene er forårsaket av få

sjokkutslipp eller mer kontinuerlig påvirkning med lave konsentrasjoner. De biologiske metoder som brukes er forskjellig fra raffineri til raffineri, men omfattes av de hovedtyper som er skissert i dette kapitlet.

Dr. Baker konkluderte med å påpeke at det er et absolutt behov for bedre og mer informasjon om sammensetningen av utslippsvannet til de ulike raffinerier. Dette er et viktig bakgrunnsmateriale når påviste økologiske effekter skal forsøkes relatert til avløpsvannets sammensetning. Særlig er dette en nødvendighet når formålet er påvisning av bioakkumulering, akutt eller kronisk forgiftning.

I appendiks II finnes utslippstall og utvikling over tid fra flere raffinerier.

Dr. Baker la også frem den britiske oppfatningen av dispergeringsmidler og bruk av dem i det marine miljø, hvilket er adskillig mer liberalt enn de restriktive norske regler. For nærmere beskrivelse av dispergentenes generelle kjemi - egenskaper og virkning - henviste hun til Silsby (1968).

I Milford Haven bruktes inntil 1979 BP 1100X mens BP 1100WD var under utprøving. Dispergeringsmidler brukes bare på råoljer som har en midlere viskositet. På tynne oljer og forvitret olje har kjemikaliene liten eller ingen virkning. Tidligere ble det brukt ferskvann til å blande dispergentene med. Senere forsøk har gitt bedre resultater med sjøvann. Resultatene har vist ulike økologiske effekter. På hardbunslittoral er effektene noe større enn på bløtbunn og strandenger, selv om resultatene ikke er entydige. I laboratoriesammenheng har OPRU gjennomført gifttester med brun reke og albuskjell (Dick's drop off test). Dette er bare grove metoder til å kontrollere om kjemikaliene er giftige. Organismene reagerer enten/eller, slik at testen ikke kan påvise om stoffene er sterkt giftige eller bare mindre giftige. Testen er imidlertid en "ranking test" og kan således rangere de ulike komponenters giftighet.

KONKLUSJONER

Kursset ga et godt innblikk i hvilke biologiske metoder for overvåking som brukes ved forskjellige raffinier i ulike steder av verden. Denne oversikten vil være nyttig under evalueringen av den løpende overvåking som utføres nær utslippsstedet i Risavika. Noe nærmere løsningen av hvilke komponenter i avløpsvannet som er mest giftig, kom man neppe. Imidlertid ble det slått fast at problemet var komplekst, men at behovet for ytterligere informasjon ved å øke analysekompetansen på raffineriutslipp var en nødvendighet.

LITTERATUR

- BAKER, J.M., 1979: Ecological impact of refinery effluents in the marine and estuarine environment, 77 pp. In: "The environmental impact of refinery effluents". (eds. R.H. Jenkins and M.T. Westaway). Concawe. Report no. 5/79. Den Haag.
- HISCOCK, K., 19 ? : Surveys of sublittoral benthos using diving, 18 pp. In: "Biological surveys of estuaries and coasts". (eds. J.M. Baker et al.). Cambridge University Press. London.
- NEFF, J.M., 1979: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Aquatic Environment, 262 pp. Applied Science, Barking, Essex.
- SILSBY, G.C., 1968: The chemistry of detergents, 7-14 pp. In: "The biological effects of oil pollution on littoral communities". (eds. J.D. Carthy and Don R. Arthur) 198 pp. Suppl. 2 Field Studies. London.

APPENDIKS I

OIL POLLUTION RESEARCH UNIT,
FIELD STUDIES COUNCIL.

SPECIALIST COURSES

MARINE BIOLOGICAL SURVEYS, MONITORING AND THE EFFECTS OF OIL POLLUTION
9 - 11 May, 1979 at Orielton Field Centre,
Pembroke.

P R O G R A M M E

Wednesday May 9th - Day 1.

- 10:30 Coffee
- 11:00 Introduction to course
Introductory lecture regarding the marine environment
- 12:30 Lunch St. Govans Inn, Bosherton.
- 14:00 Survey techniques (1) - soft sediments in coastal waters and offshore
- 15:00 Sampling equipment demonstrations
Analysis of samples
- 16:00 Tea
- 16:45 Survey techniques (2) - Rocky sublittoral ecology and survey techniques.
- 17:45 Laboratory work on sublittoral sampling and equipment demonstration
- 19:00 Close of session

EVENING - Informal Discussion

Thursday May 10th - Day 2.

- 09:30 Survey techniques (3) - rocky shore ecology and survey techniques
- 10:30 Coffee
- 11:00 Field exercise on rocky shore at W. Angle Bay-demonstration of survey techniques
- 13:00 Lunch Old Point House, Angle.
- 14:00 Field visit to a polluted saltmarsh at Martinshaven
- 14:45 Survey techniques (4) - saltmarsh ecology and survey techniques
- 15:30 Tea
- 16:00 Survey techniques (5) - soft shore ecology and survey techniques
- 17:00 Lecture: The Biological Effects of Oil Spills in the Marine Environment
- 18:00 Lab. demonstration - behavioural effects produced by crude oil and dispersants
- 18:30 Close of session

Friday May 11th - Day 3.

- 09:30 Lecture: Refinery Effluents and Their Effects
- 10:30 Coffee
- 11:00 Lecture: Fate of Oil in the Marine Environment
- 12:00 Lecture: Dispersants, Their Use and Biological Effects
- 13:00 Lunch Field Centre.
- 14:00 Monitoring - objectives, planning and interpretation, with examples.
- 15:00 Final discussion
- 15:30 Close of session

APPENDIKS II

EFFLUENT SPECIFICATIONS

British coastal refinery (example)

Volume: 4,200,000 gals per day
(19.09×10^6 litres per day)

Maximum volume:
10,200,000 gals per day
(46.37×10^6 litres per day)

Maximum temp. °C 27

pH 5 - 9

Oxygen absorbed from acid permanganate in 4 hrs at 27°C not more than
25 mgms/litre

Ammoniacal nitrogen (as N)
8 mgms/litre

Cyanide (as HCN)
0.1 mgms/litre

Sulphide (as H₂S)
0.2 mgms/litre

Total phenols 3 mgms/litre

Copper 0.3 mgms/litre

Total oil 25 mgms/litre

EFFLUENT WATER SPECIFICATIONS

German coastal refinery (example)
with biotreater

DISCHARGED AMOUNT	MAX.	2.01	MMCM/A
	MAX.	10.400	CM/D
1. SETTLEABLE SOLIDS		0.3	ML/L
2. BOD ₅		25	MG/L
		260	KG/D
		40.200	KG/A
		(AT AN AVG. OF 20 MG/L)	
3. PH		6 - 8.5	
4. HC (IR MEASUREMENT)		7.0	MG/L
		72.8	KG/D
		8442.0	KG/A
		(AT AN AVG. OF 4.2 MG/L)	
5. PHENOL (STEAM STRIPPABLE)		0.5	MG/L
		5.2	KG/D
		402.0	KG/A
		(AT AN AVG. OF 0.2 MG/L)	
6. OIL		NONE FLOATING	
7. SULFIDES		NONE DETECTABLE	
8. TEMPERATURE MAX.		30 °C	
9. MATERIALS HARMFUL TO BIOLOGICAL LIFE		NONE	
10. APPEARANCE		CLEAR, WITHOUT COLORS AND SUSPENDED SOLIDS	

Refinery effluent specifications, Canada

SCHEDULE I

Amounts to be Used in Calculating Authorized Deposits of Deleterious Substances

Item	Column I Name of Deleterious Substance	Column II Monthly amount in pounds per 1,000 barrels of crude oil	Column III One day amount in pounds per 1,000 barrels of crude oil	Column IV Maximum daily amount in pounds per 1,000 barrels of crude oil
1.	Oil and Grease	3.0	5.5	7.5
2.	Phenols	0.3	0.55	0.75
3.	Sulfide	0.1	0.3	0.5
4.	Ammonia Nitrogen	3.6	5.7	7.2
5.	Total Suspended Matter	7.2	12.0	15.0

SCHEDULE II

Amounts to be used in Calculating Additional Authorized Deposits of Deleterious Substances When Storm Water is Being Discharged and Limits of Deposits Authorized

Item	Column I Name of Deleterious Substance	Column II Pounds per 10,000 Canadian Gallons of Storm Water	Column III Pounds per month per 1,000 barrels of crude oil per day
1.	Oil and Grease	1.0	25.0
2.	Phenols	0.1	2.5
3.	Total Suspended Matter	3.0	75.0

Monthly effluent analyses, 24 hr. composite samples.
 Refinery with activated sludge treatment.

Volume of Discharge (1,000 m ³ /h)	pH	Oil (ppm)	Phenols (ppb)	COD (ppm)	Volatile Suspended Solids (ppm)	Total Solids (ppm)	Ammonia (ppm)	Sulphide (ppm)
N/A	7.8	1.0	19	150	1	1,309	25.6	0.04
N/A	7.5	8.3	17	44	1	1,334	12.1	0.06
N/A	7.5	1.5	12	74	4	1,396	6.9	0.14
N/A	7.4	1.4	34	58	1	1,095	4.3	0.11
N/A	7.4	3.4	33	71	2	1,033	6.8	0.11
N/A	7.2	2.5	5	76	5	1,074	11.9	0.08
N/A	7.2	9.1	21	91	6	1,156	12.2	0.04
N/A	7.9	4.1	19	N/A	6	912	3.1	0.10
0.22	7.8	4.0	16	61	6	945	5.5	0.06
0.19	7.1	4.6	19	96	11	995	2.0	0.07
0.19	7.7	2.2	18	120	12	1,008	4.3	0.07
0.20	7.4	5.8	176	99	6	1,358	13.2	0.15
0.18	7.7	5.3	42	18	9	1,403	14.6	0.11
0.20	7.2	6.9	76	185	18	1,198	7.8	0.14
0.19	7.6	11.1	31	67	7	852	6.1	0.23
0.31	7.8	1.3	23	87	12	1,186	18.1	0.09

(1975 - 1976)

Effluent quality data

1963 - 1970

	Outfall 1			Outfall 2		
	Min.	Max.	Average	Min.	Max.	Average
Temperature °C	19.0	34.0	26.0	23.0	34.0	27.0
Suspended solids, ppm.	4.0	246.0	98.0	8.0	380.0	119.0
Phenols	Typical content 2 ppm					
BOD (5 days) ppm.	7.0	132.0	62.0	5.0	132.0	77.0
pH	7.6	8.4	7.9	8.0	8.9	8.4
Oil, ppm.	7.0	91.0	30.0	8.0	107.0	32.0
Ammonia N ppm.	0.8	17.0	7.2	7.0	31.0	14.7
Flow	16 km ³ /h = 2.7 x 10 ⁵ l/min.					
	12 km ³ /h = 2.0 x 10 ⁵ l/min.					
	Total flow 28 km ³ /hr. = 4.7 x 10 ⁵ l/min.					

1972

Average oil content 25 ppm.

Total flow 28 km³/h = 4.7 x 10⁵ l/min.

1974

Average oil content 14 ppm.

Total flow 23 km³/h = 3.9 x 10⁵ l/min.

1976

Average oil content 10 ppm.

Total flow 21 km³/h = 3.5 x 10⁵ l/min.

(Note: oil contents measured by infra-red spectrometry.)

Total oil (I.R.) data for effluent, 1975-1977

Total oil content
of effluent, mg/l.

Monthly mean	Maximum	Minimum
23	59	9
17	30	4
19	40	8
21	48	12
21	65	12
12	24	7
14	30	8
16	30	7
18	36	7
10	24	5
10	25	3
12	23	5
17	25	6
15	23	6
16	23	9
17	33	7
15	33	8
14	20	8
15	24	7
10	20	4
11	22	7
13	18	8
15	24	6
18	26	10
17	25	9
13	21	4
9	20	4
11	24	5
13	23	5
18	28	11
15	25	9
17	25	8
19	24	7
19	26	13
22	35	10
23	36	14