

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

0-123/65

KJEMISKE OG BIOLOGISKE
UNDERSØKELSER I RISAVIKA
1966 - 1967

Saksbehandler: Cand.real. J.E. Samdal.

Rapporten avsluttet 4. mars 1968.

I N N H O L D

	<u>Side</u>
1. INNLEDNING	4
2. RISAVIKA	5
3. HENSIKTEN MED UNDERSØKELSENE OG PROBLEMSTILLINGEN	7
4. KJEMISKE UNDERSØKELSER	9
4.1. Analysekomponenter	9
4.2. Undersøkelsesmetoder og prøvetakingsstasjoner	10
4.3. Resultatene av kjemiske undersøkelser	14
5. BIOLOGISKE UNDERSØKELSER	18
5.1. Formål	18
5.2. Stasjonsplassering	18
5.3. Materiale og metoder	19
5.4. Resultater og kommentarer	19
6. KONKLUSJON	20

T A B E L L F O R T E G N E L S E

		<u>Side</u>
1..	ENHETER, PRINSIPPER OG LITTERATURHENVISNINGER FOR ANALYSEMETODENE.	22
2 - 9.	RESULTATENE AV KJEMISKE UNDERSØKELSER.	23
10.	OVERSIKT OVER KJEMISKE ANALYSERESULTATER. PRØVER FRA <u>overflate</u> . middeldyp.	31
11.	FASTSITTENDE ORGANISMER PÅ STRANDEN OG NED TIL CA. 1½ M DYP.	32
12.	FASTSITTENDE PLANTER. MATERIALE FRA SPREDTE SKRAP PÅ 2 - 6 M.	33

F I G U R F O R T E G N E L S E

Fig. 1	Stasjonsoversikt	34
Fig. 2	Areal/volum-kurver for Risavika	35
Fig. 3	Tentative simplified drainage and effluent treatment scheme. STAVANGER REFINERY PROJEKT.	36
	LITTERATUR	37

KJEMISKE OG BIOLOGISKE UNDERSØKELSER I RISAVIKA 1966 - 1967

1. INNLEDNING

I et møte på Norsk institutt for vannforskning (NIVA) den 15/12 1965 ble vi forespurt om mulighetene for å få utført kjemiske og biologiske undersøkelser i Risavika før Sola raffineri kom i drift. På dette møtet var følgende personer til stede:

Sjefsingeniør J. de Beer, Sola raffineri,
Mr. H.V.M. van Gils, BIPM, Nederland,
advokat M. Grøstad, A/S Norske Shell, Oslo,
instituttssjef Kjell Baalsrud, NIVA og
avdelingssjef J.E. Samdal, NIVA.

På møtet ble det bestemt at man fra NIVA skulle foreta en befaring på Sola raffineri og at NIVA skulle komme med forslag til undersøkelsesprogram.

Avdelingssjef J.E. Samdal gjennomførte en befaring på Sola raffineri den 2/3 og 3/3 1966. I samtalene i forbindelse med befaringen deltok disse personer:

Raffineridirektør P.J. Schoenmakers,
sjefsingeniør J. de Beer,
avdelingsingeniør W. Wesselink.

Vårt forslag til undersøkelsesprogram datert 14/3 1966 ble oversendt Sola raffineri med brev av samme dato. I forslaget til undersøkelsesprogram ble to alternative forslag fremlagt. Et enkelt undersøkelsesprogram, omkostningsberegnet til ca. kr. 55.000,- og et utvidet undersøkelsesprogram, omkostningsberegnet til ca. kr. 195.000,-. I brev av 27/4 1966 mottok vi beskjed fra Sola raffineri at man ønsket utført det enkle undersøkelsesprogram og på anmodning oversendte vi med brev av 31/5 1966 vårt forslag (datert 27/5 1966) til arbeidsprogram for undersøkelsene med omkostningsramme begrenset til ca. kr. 55.000,- i 1966 og 1967. I brev av 22/6 1966 fra Sola raffineri fikk vi nærmere beskjed om at arbeidsprogrammet var godkjent og at undersøkelsene kunne ta til.

Ved første gangs prøvetaking den 11/7 1966 deltok vår ingeniør T.D. Fladvad sammen med lektor S. Fossen som var engasjert av Sola raffineri og som utførte samtlige senere prøvetakinger. For prøvetakingene ble det utarbeidet egen prøvetakingsinstruks datert 5/7 1966.

Våre biologiske undersøkelser ble utført av cand.real. T. Saugestad (sommeren 1966) og cand.real. J. Knutzen (sommeren 1967) med assistanse av lektor S. Fossen. Cand.real. J. Knutzen har skrevet pkt. 5 i denne rapport.

Kontaktmann ved Sola raffineri i undersøkelsesperioden var sivilingeniør O. Muri.

2. RISAVIKA

Risavika (fig. 1) er en relativt åpen bukt ut mot havet, beliggende ved Tananger, syd og vest for Stavanger, i omtrentlig posisjon $5^{\circ} 35'$ øst og $58^{\circ} 56'$ nord (se Norges sjøkartverk, den norske kyst fra Tananger og Stavanger til Skudnes, 1960, 1:50.000). Utenfor Risavika ligger noen spredte, mindre øyer. Innerst er Risavika temmelig grunn (3 - 5 m dyp), mens dypene i hovedbassenge hovedsakelig er i området fra 21 - 30 m. Største dyp er 40 m og ved utløpet er dypet fra 30 - 32 m.

Vi har beregnet Risavikas nedbørfelt til $4,24 \text{ km}^2$ og avregningen i området kan settes til 50 l/sek/km^2 (NVE, kart over gjennomsnittlig avløp og vannmerker i Sør-Norge, hydrologisk avdeling 1956, målestokk 1:1.400.000), og årsavløpet blir $6,69 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Bekkene som munner ut i Risavika er relativt små; den største er Torkellsbekken som renner ut i Tanangers havnebasseng. Videre er det noen få småbekker fra området ved Meling på Risavikas nordside, en del småbekker på Risavikas østside og en bekk fra Kvernemyr med utløp vest for Hamraberget på Risavikas sydside.

Risavikas overflate har vi beregnet til $1,94 \text{ km}^2$ og volumet kan settes til $26,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (fig. 2).

Forholdene i Risavika og nedbørfeltet ble studert nærmere på befaring den 2/3 og 3/3 1966. Selve Sola raffineri ligger på innsiden av en landtunge (Geitodden) som stikker ut i sjøen i det sydvestre området av Risavika. Raffineriet er relativt lite med kapasitet ca. 2 mill.l råolje/år. Tankbåter skal levere råolje til raffineriet og denne råoljen lagres i råsprengte tunneler nær sjøen med trykk fra sjøen og inn mot oljetankene. Eventuell blanding av olje og sjøvann vil derfor foregå ved at sjøvann trenger inn i råoljen.

På strekningen fra Geitodden hvor raffineriet ligger og langs kysten (Vestre Hamrabukta, Hamraberget og Hamrabukta) til hovedveien som går langs Risavikas østside var det ingen betydelige forurensningskilder. Virksomheten på denne kystlinjen var preget av gårdsdrift og tilløpene begrenser seg til bekken som begynner ved Kvernemyr og renner ut i Vestre Hamrabukta litt vest for Hamraberget.

Innerst og lengst øst i Risavika ved hovedveien ligger A/S Norske Shells depotanlegg (Tananger importanlegg). Til depotanlegget skal det pumpes oljeprodukter fra raffineriet og ved depoet finnes det tanker både i fjell og i dagen for lagring av forskjellige oljeprodukter som skal hentes med mindre tankfarttøy eller tankbiler. Depotanlegget har blandeutstyr som benyttes for blanding av oljer og selv om man gjør alt ved depoet for å redusere spill av olje, er det klart at muligheten for oljespill er til stede ved et anlegg av denne art.

Forurensningsmulighetene forøvrig langs Risavikas østside er små og begrenser seg stort sett til forurensninger som kan komme fra mindre båttrafikk, virksomhet ved sjøboder som ligger langs stranden og dessuten mindre kloakkvannsmengder fra enkelthus langs hovedveien. På Risavikas nordside er det en betydelig virksomhet med mulighet for tilførsel av forurensninger til Risavika. Lengst øst og øst for Båtstaden kommer en kommunal kloakk ut i sjøen. Ved Snikbukta bygges for tiden en servicestasjon som skal forsyne oljeboringsplattformer i Nordsjøen med utstyr. Antakelig blir servicestasjonen en relativt tørr virksomhet.

Havneområdet i Tananger lengst vest på Risavikas nordside og innenfor Melingsholmen er en viktig mottakingsstasjon for fisk, og det er derfor en betydelig båttrafikk i dette havneområdet.

På lengre sikt blir Tananger et viktig område for videre utbygging i Sola kommune. I tillegg til allerede eksisterende kloakkering er det planlagt fem kloakkutløp i Risavika eller i nærheten. (Se "Regionplan Nord-Jæren", Nord-Jæren interkommunale samarbeidsnemnd (juni 1965, Anderson og Skjånes A/S), plansje 6). To av disse kloakkutløp blir i selve Risavika, nærmere bestemt ved Slåttmannen (med utløp øst for Lille Melingholmen) og dessuten rett øst for Båtstaden. I selve havneområdet ved Tananger blir det to kloakkutløp og endelig blir det et kloakkutløp på utsiden av Risavika noe nord og vest for Tananger fyrlykt.

På lengre sikt antas Tananger utbygget til en befolkning på 5.000 - 5.500 innbyggere i 1980 - 1990. Det regnes med at Risavika i fremtiden vil bli et temmelig utpreget resipientområde både for befolkning og industri. I fremtiden er det ikke planlagt kommunale badeplasser i Risavika og det antas at dette området ikke vil bli benyttet for rekreasjon i særlig stor utstrekning. I dag finnes det ca. 200 hus i Tananger som nå er under kloakksammenslutning.

Tanangers betydning som mottakingsstasjon for fisk vil bli større i fremtiden, og for å bedre havneforholdene er det planlagt en molo fra Tananger lykt og over til Melingsholmen.

3. HENSIKTEN MED UNDERSØKELSENE OG PROBLEMSTILLINGEN

Hensikten med undersøkelsene var å tilveiebringe bakgrunnsdata for forholdene slik som de er i Risavika før Sola raffineri settes i drift. Med tilstrekkelig stort materiale av bakgrunnsdata vil det være mulig, på et senere tidspunkt og ved kontrollundersøkelser, å vurdere betydningen av eventuelle fremtidige forurensninger fra Sola raffineri.

Generelt kan man si at oljeraffinerier har et relativt stort vannforbruk og det finnes flere forskjellige typer forurensninger fra raffinerier avhengig av raffineriets art og produktene som lages der.

Mer inngående beskrivelse av forurensninger fra raffinerier finnes i litteraturen (1 - 19). Etter det vi har fått opplyst kan forurensningene fra Sola raffineri inndeles på følgende måte (se "Standard Specification Q-2 1/65. Drainage and Sewage", "Refinery projects Stavanger. Drainage system and effluent treatment MFO/316" samt figur 3):

- a. Oljefritt vann. Vann som kommer fra nedbørfeltet rundt raffineriet, varehus og kontorer. Avledes direkte til sjø.
- b. Vann som er forurenset med olje ved uhell. Overflateavløp fra rørgrofter, tankområde og prosessområde, samt kjølevann fra kjølere og kondensere. Passerer før avledning til sjøen et basseng som virker som oljefelle ved overflateavskumming (holding basin, scimming pond).
- c. Vann som kontinuerlig forurenses med olje. Dette er oljeholdig vann fra prosessområdet, pumpehus, lastesteder og bunnrensning fra tanker samt farttøy som deballestes. Vannet går først gjennom en separator og deretter videre som nevnt under pkt. b ovenfor. Ballastvann må også behandles i settebassenger.
- d. Svovelholdig prosessvann (sour process water). Vannet inneholder illeluktende komponenter som svovelhydrogen og merkaptaner. Lukten fjernes ved steamstripping (dampinjeksjon) før avledning til raffineriets drenasjesystem.
- e. Kloakkvann fra vaskerom, toaletter og bolighus. Ledes via septiktank til raffineriets drenasjesystem etter bassenget som avskummer oljen fra overflaten.

Prosessen ved Sola raffineri vil kort skissert gå ut på destillasjon av råolje uten at det produseres asfalt, propan og butadien. Produksjonen av asfalt, propan og butadien vil tas opp hvis markedet tilsier det etter en tid. En del av de høytkokende fraksjoner vil gjennomgå en cracking-prosess, slik at utbytte av lavt-kokende fraksjoner kan økes.

Ved vandampinjeksjon fjernes svovelforbindelser (svovelhydrogen og markaptaner) fra det sulfidholdige avfallsvann (soure process water). Etter denne stripping-prosess fremstilles svovelhydrogen som brennes og det dannes fritt svovel som selges som biprodukt. Det antas derfor at svovelholdig avfallsvann ikke vil forekomme ved Sola raffineri på tross av at dette er angitt i litteratur om avfallsvann fra oljeraffinerier.

Nær sagt all råolje er forurenset med sjøvann og under destillasjonen vil det dannes saltsyre etter hydrolyse av magnesiumklorid. Saltsyren må, for å unngå korrosjonsproblemer på destillasjonsutstyret, nøytraliseres og nøytralisasjonen foregår med ammoniakk og med natriumhydroksyd. Alkaliforurensninger som skyldes vask av olje med alkali antas ikke å fremkomme.

Ved Sola raffineri har man regnet med at nedbørsfaktoren maksimalt vil være 30 mm/time. Fra betongbelagte arealer regner man med 100 % drenasje, mens det fra andre arealer bare vil bli regnet med 50 % drenasje. Avløpet fra raffineriet antas å inneholde 5 - 10 mg olje/l og oljen vil dels foreligge oppløst, dels emulgert. Størrelsen av oljedråpene vil være <0,1 MM.

4. KJEMISKE UNDERSØKELSER

4.1. Analysekomponenter

Av vårt "Arbeidsprogram for undersøkelser i Risavika" av 27/5 1966 fremgår det at følgende analysekomponenter kunne komme på tale for sjøvannsprøvene:

Oksygen, eventuelt sulfid,
Salinitet,

farge,
turbiditet
olje,
ammoniakk,
Fenol.

Sjøvannets salinitet, farge og turbiditet måtte bestemmes for å få et generelt bilde av sjøvannets karakter samt dets utseende, som ofte kan være viktige mål for forurensningstilstanden. Oksygen, eller eventuelt sulfid bestemmes fordi analyseresultatene kan gi betydningsfulle informasjoner om tilstanden når det gjelder forurensningsbelastningen. Oljeanalysene ble utført fordi bakgrunnsverdiene for raffineriet kommer i kraft er av særlig viktighet, for å kunne bedømme eventuelle senere forurensninger fra raffineriet, på best mulig måte.

Ammoniakk- og fenolbestemmelsene ble sløyfet fordi det uten videre er åpenbart at disse komponenter ikke forekommer i en grad som har praktisk betydning på det nåværende tidspunkt.

Ferskvannsprovvene fra tillopsbekkene ble opprinnelig foreslått analysert på følgende komponenter:

Olje, farge, turbiditet, spesifikk ledningsevne, kjemisk oksygenforbruk.

Stort sett ble dette analyseprogram opprettholdt gjennom hele undersøkelsesperioden og begrunnelsen for bestemmelse av olje, farge og turbiditet er som for sjøvannsprovvene. Spesifikk ledningsevne og kjemisk oksygenforbruk ble bestemt for å få et bilde av oppløste mineralsalter og den organiske stoffbelastning som tilføres Risavika fra tillopsbekkene.

4.2. Undersøkellesmetoder og prøvetakingsstasjoner

I det opprinnelige arbeidsprogram for undersøkelsene ble det foreslått at prøver skulle tas hver fjerde mandag i begynnelsen av undersøkelsesperioden og at prøvetakinshyppigheten skulle reduseres etterhvert som resultater av undersøkelsene forelå. Av forskjellige grunner viste det seg at denne prøvetakinshyppig-

het ikke kunne overholdes strengt. Prøver ble tatt i alt 8 ganger i månedene juli, september, november 1966 og i januar, februar, mai, juni og juli 1967.

Sjøvannsprøvene ble tatt fra båt i overflaten og i middeldypet for hver prøvetakingsstasjon. Prøvene for kjemiske bestemmelser (salinitet, farge, turbiditet og olje) ble tatt på en $3\frac{1}{2}$ l glassflaske som var 26 cm høy, 16 cm bred og som hadde åpning med innvendig diameter 6 cm. Flasken var utstyrt med skrulokk, som ble forseglet med tape etter prøvetakingen.

Prøvetaking for farge- og turbiditetsbestemmelser krever ingen spesielle forholdsregler bortsett fra det som generelt gjelder ved kjemisk prøvetaking (rengjort utstyr, utskylning 3 ganger av prøvetakingsflaske m.v.).

Salinitetsprøver tas vanligvis på mørkfargede glassflasker utstyrt med patentkork av porselen som klemmes med gummipakning mot flaskemunningen. Salinitetsflasker oppbevares alltid med litt sjøvann i mellom to prøvetakinger for å unngå uttorring av flasken. Sjøvannet i salinitetsflaskene tommer ut og flaskene skylles godt med prøvetakingsvannet for prøvetaking. Av bekvemmelighets-hensyn ble salinitetsprøvene tatt på samme prøveflaske som for de øvrige komponenter, men det ble utført en kontroll med prøvetaking på originale salinitetsflasker for å undersøke om den valgte prøvetakingsmetode for salinitetsprøvene ga samme resultat som prøver tatt på originale salinitetsflasker (se side 16).

Det angis forskjellige forholdsregler ved prøvetaking for oljebestemmelse i litteraturen (21, 22, 23, 24), men vi fant det tilstrekkelig at overflateproven tas ved å helle prøvetakingsflasken i 45° vinkel samtidig som den ble presset ned mot sjøens overflate slik at fortrinnsvis overflatevann strømmet inn i flasken (23). Prøvene fra middeldypet ble tatt med vannhenter, og vann for oksygenbestemmelse ble overført uten lufting til 250 ml glassflasker med glasspropp. På disse glassflaskene ble oksygenmengden fiksert og oksygenbestemmelsen ble utført i laboratorium på land.

Ved prøvetakingen ble luftens og vannets temperatur målt samtidig som vindretning og vindstyrke ble observert. For hver prøvetaking fylte prøvetakeren ut et prøvetakings skjema som fulgte prøvene til vårt laboratorium i Oslo, hvor analysene ble utført.

Ferskvannsprovener fra tillopsbekkene til Risavika ble tatt på samme type $3\frac{1}{2}$ l glassflaske med skrulokk som sjøvannsprovener.

Prøvetakingsflasken ble sendt for hver prøvetaking fra vårt laboratorium i Oslo til A/S Norske Shell, Tananger Importanlegg, Tananger. Prøveflaskene ble returnert etter prøvetaking til vårt laboratorium slik at lagrings- og transporttiden ble minst mulig for analysene kunne ta til. Et sett prøveflasker ble lagret ved A/S Norske Shell, Tananger Importanlegg, for prøvetaking i tilfelle plutselige og uventede oljeforurensninger skulle opptre. Hensikten med prøvetaking hvis slike forurensninger inntraff, var å få inntrykk av hvilke oljekonsentrasjoner som vil opptre ved forurensningsuhell med olje av et nærmere bestemt kvantum. Et uhell med oljeforurensning fant sted 13/4 1967 uten at det ble tatt prøver (28, 29).

I tabell 1 står oppført enhetene for analyseresultatene, prinsippene og litteraturhenvisningene for analysemetodene som ble benyttet ved undersøkelsene. Prøvetakingsstasjonenes beliggenhet er inntegnet på figur 1 og ble betegnet på følgende måte:

Stasjon 0	(Referansestasjon) midt mellom Rott- og Flat- holmen
" 1	Tanangerbukten
" 2	Ved Båtstaden
" 3	Ved A/S Norske Shells depot
" 4	Øst av Mjånesholmen/Saltskjær
" 5	Midt mellom Hamraberget og Melingsundet
" 6	Torkellsbekkens utløp
" 7	Utløp av bekk øst for Båtstaden
" 8	Utløp av bekk vest for Hamraberget
" 9 og	
10	Utløp av bekker mellom Haga og Risa. Ved hovedvei langs Risavikas østside.

Analysemetodene angitt i tabell 1 er alle, bortsett fra oljebestemmelsen, standardanalyser som vi har benyttet i lengre tid ved vårt institutt. Vi vil her knytte noen få bemerkninger til oljebestemmelsen. Allerede før undersøkelsene tok til var det klart at man ikke ville finne større mengder olje i Risavika og det var derfor nødvendig å benytte en bestemmelsesmetode som egnet seg for lave oljekonsentrasjoner. Analysemetoder for lave oljekonsentrasjoner er beskrevet i litteraturen (21, 22, 23, 24, 25, 26, 27) og metodene er ofte basert på ekstraksjon og måling av absorpsjonen i den infrarøde del av spektret. Imidlertid anså vi det som fordelaktig hvis vi kunne benytte en metode som allerede var standard forskrift innen Shell-konsernet, idet vi antok at denne metode ville bli benyttet for fremtidig prøvetaking og kontroll av vannmassene ved Risavika. I brev av 27/1 1966 til Bataafse Internationale Petroleum Maatschappij N.V. ba vi derfor om råd for valg av passende analysemetode for olje. I svarbrev av 8/2 1966 anbefaler Bataafse Internationale Petroleum Maatschappij N.V. en analysemetode (27) for olje som vi har benyttet.

Det er vanlig å kalibrere analysemetoden med en oljeblanding som er representativ for driften ved oljeraffineriet som undersøkelser skal utføres i tilknytning til. I den anvendte metode (27) er det angitt at kalibreringen kan foregå med en blanding som består av 37,5 % isooktan 37,5 % cetan og 25 % benzen. I brev av 7/12 1966 til Sola raffineri forespurte vi om denne kalibreringsblanding kunne anses for representativ for fremtidig drift ved Sola raffineri og om den derfor kunne benyttes for oljebestemmelsene. Vi fikk bekreftende svar fra Sola raffineri i brev av 27/9 1966, der overfornevnte blanding ble godkjent som kalibreringsstandard. Fra Sentralinstitutt for industriell forskning, som har utført målingene i den ultraviolette del av spektret for oss, har vi fått opplyst at analysemetoden ikke kan bestemme lavere konsentrasjoner en 1 mg/l olje.

4.3. Resultatene av kjemiske undersøkelser

Resultatene av våre kjemiske undersøkelser står i tabell 2 - tabell 9.

I det følgende vil vi knytte noen få, korte kommentarer til analyseresultatene for hver prøvetakingsdato.

Prøvetaking den 11/7 1966 (tabell 2). Saliniteten for sjøvannsprovne viste lavest verdi for overflaten og ferskvannspåvirkningen i overflaten var tydelig.

Oksygeninnholdet lå over metningsprosenten for samtlige prøver.

Analyseresultatene for provene fra innløpsbekkene viste at ferskvannet er relativt mineralsaltrikt etter norske forhold og vannets innhold av farge, svevepartikler (turbiditet) og organiske komponenter var betydelig.

Olje ble ikke påvist i noen av provene, d.v.s. oljeinnholdet var lavere enn 1 mg/l.

Prøvetaking 19/9 1966 (tabell 3). Saliniteten for sjøvannsprovne var lavest for overflateprovne i overensstemmelse med ferskvannspåvirkningen i overflaten. Verdiene for farge og turbiditet i sjøvannsprovne var lave. Sjøvannets oksygeninnhold var lavt, men dette må åpenbart skyldes uhell eller vanskeligheter ved prøvetakingen, idet man må vente at i alle fall oksygeninnholdet på referansestasjonen (st. 0) ligger nær 100 %.

Provne fra innløpsbekkene inneholdt betydelige mineralsaltmengder og fargen, turbiditen og permanganattallet var relativt høyt.

Olje ble ikke påvist i noen av provene.

Provetaking 18/11 1966 (tabell 4). For denne prøvetakingen ble saliniteten i sjøvannsprøvene bestemt med salinometer som gir anledning til å oppgi saliniteten med tre desimaler i motsetning til to desimaler som benyttes for den titrimetriske metode. Sistnevnte metode ble brukt ved de to første prøvetakingene. Resultatene av salinitetsbestemmelsene var lavere enn ved prøvetakingene 11/7 og 19/9 1966, og dette antas å henge sammen med stor overflateavrenning i høstperioden. Som tidligere var saliniteten høyest i prøven fra middeldypet. Verdiene for farge og turbiditet i sjøvannsprøvene var lave.

Ferskvannsprøvene fra stasjon 6 og 7 (prøve fra stasjon 8 ble ikke tatt, fordi området ved denne stasjonen var sperret på grunn av sprengningsarbeid) inneholdt betydelige mengder mineralsalter og farge. Turbiditets- og permanganattallene var relativt høye.

I prøvene ble det funnet fra 1 - 10 mg/l olje, men det antas at dette resultat må skyldes at hanen på skilletrakten, som ble benyttet ved ekstraksjonen av vannprøvene, ved en misforståelse var blitt smurt med fett.

Provetaking 2/1 1967 (tabell 5). Gjennomgående var saliniteten lavere enn ved prøvetakingene den 11/7 og 19/9, men av samme størrelsesorden som ved prøvetakingen 18/11. Ferskvannspåvirkningen i overflaten illustreres ved at høyest verdi for salinitet finnes i prøven fra middeldypet. Fargen og turbiditeten var lav. Ferskvannsprøvenes turbiditet og farge var lavere enn ved de tidligere prøvetakinger.

Olje ble ikke påvist i noen av prøvene.

Provetaking 13/2 1967 (tabell 6). Saliniteten var ved denne prøvetaking høyere enn ved noen tidligere prøvetaking og sjøvannets farge- og turbiditetstall var lave.

Ved denne prøvetakingen ble det utført en sammenlikning mellom analyseresultatene for salinitet på prøve fra standard salinitetsflasker og prøveflasker som ble benyttet. I tabell 6 er

analyseresultatene for salinitet på de to typer prøveflasker oppført hver for seg. Aritmetrisk middeltall for salinitet på standard salinitetsflasker var 33,719, mens middeltallet for salinitet på prøver tatt på anvendt prøveflaske var 33,713. Tilsvarende standardavvik var 0,053 og 0,038. Ved statistisk sammenlikning av det to middeltall ved Students t-test ble det funnet $t = 0,28 < (P = 95 \% \quad t = 2,07)$, slik at begge prøvetakinge-flasker gir samme analyseresultat innenfor variasjons-grensene.

Oksygenverdiene var lave, og forklaringen er sannsynligvis den samme som nevnt for prøvetakingen 19/9 1966.

Prøvetaking 3/5 1967, (tabell 7). Ved denne prøvetakingen ble det for sjøvannsprøvene funnet en betydelig ferskvannspåvirkning i overflateproven idet saliniteten her var lavere enn i prøven fra middeldypet. Oksygeninnholdet lå over eller nær metningsprosenten for samtlige prøver. Verdiene for farge og turbiditet i sjøvannsprøvene var lave.

Ferskvannsprøvene var mineralsaltrike og farge, turbiditet- og permanganattallene var relativt høye.

Olje ble ikke påvist i noen av prøvene.

Prøvetaking 12/6 1967, (tabell 8). Fra denne prøvetakingen foreligger det bare resultater for salinitet for stasjon 4 og 5. Det var stor forskjell mellom saliniteten i overflaten og saliniteten i prøven fra middeldypet. I likhet med tidligere prøvetakinger var sjøvannsprøvenes farge og turbiditet stort sett lave. Ved stasjon 1 var imidlertid fargen og turbiditeten høy; et forhold som i henhold til prøvetakerens anmerkning må henge sammen med fyllings- og mudringsarbeider som ble utført i forbindelse med molobygging. Forøvrig var fargen og turbiditeten i middeldypet ved stasjon 4 og i overflaten ved stasjon 5 høyere enn det som var blitt observert tidligere.

Analyseresultatene for spesifikk ledningsevne, farge og turbiditet viste samme bilde som ved tidligere prøvetakinger, men ved stasjon 8 var tallene for spesifikk ledningsevne, farge og turbiditet særlig høye.

Olje ble ikke påvist i noen av prøvene. Analyseresultatene er angitt som mindre enn 2 mg/l fordi spektralfotometeret, i henhold til rapport fra Sentralinstitutt for industriell forskning, ikke fungerte tilfredsstillende da oljebestemmelsene for prøvene tatt 12/6 ble utført.

Prøvetaking 17/7 1967. (tabell 9). Saliniteten for sjøvannsprøvene var for prøvene fra middeldypet ved st. 4 og 5 betydelig lavere enn ved prøvetakingen 12/6. Forøvrig var saliniteten av samme størrelsesorden som ved prøvetakingene 18/11 1966 og 2/1 1967. I overensstemmelse med ferskvannspåvirkningen i overflaten var saliniteten høyest for prøven fra middeldypet. Farge- og turbiditetstallene for sjøvannsprøvene var gjennomgående lave.

Analyseresultatene for ferskvannsprøvene var relativt høye og særlig gjelder dette verdiene for spesifikk ledningsevne. Dette er i overensstemmelse med at bekkene ved stasjon 6 og 7 nesten var tørre iflg. prøvetakerens anmerkning.

Tabell 10 viser en oppsummering av de kjemiske analyseresultatene med angivelse av minimums-, maksimums- og middelveidi.

For fargen ligger minimumsverdiene omtrent på samme nivå for samtlige stasjoner i sjøen, og det samme er tilfelle med middelveidiene. På stasjon 5 opptrer det en høy maksimumsverdi som skiller seg markant fra de øvrige maksimumsverdiene for farge ved stasjon 0, 1, 2, 3 og 4.

Turbiditetsverdiene viser omtrent samme monster som fargeverdiene. Minimumsverdiene for turbiditet ligger jevnt i området 0,2 - 0,3 mg/l, mens middelveidiene stort sett er i underkant av 1 mg/l. Til sammenlikning kan nevnes at for årene 1962 - 1965 var middel-tallet for turbiditet i Breiangeren i Oslofjorden gjennomgående under 2 mg/l. Høyest turbiditet ble funnet, på samme måte som for farge, ved st. 5.

For ferskvannsprøvene viser verdiene for kaliumpermanganattall at bekkevannet var mest forurenset med organisk stoff i Torkellsbekken.

5. BIOLOGISKE UNDERSØKELSER

5.1. Formål

Siktepunktet har vært å fastlegge, i grove trekk tilstanden i Risavika for igangsettelsen av oljeraffineriet. Undersøkelsene ble konsentrert om vegetasjonen av fastsittende alger fra littoralsonen og ned til ca. $1\frac{1}{2}$ m dyp, fordi det er lettest å fastslå eventuelle forandringer i denne del av organismesamfunnet. Det er imidlertid også tatt stikkprøver av algebestanden ned til 5 - 6 m. For best mulig å unngå tilfeldige årsvariasjoner er det foretatt befaringer med innsamling av materiale både i 1966 og 1967. Det siste året ble det også funnet hensiktsmessig å notere forekomster av de karakteristiske lavene i sprøytsonen og de mest fremtredende dyreorganismene i øvre del av fjærebeltet.

Ved de biologiske undersøkelsene er det således lagt vekt på å få frem de mest iøyenfallende trekkene, og noe detaljert bilde er ikke tilstrebet.

5.2. Stasjonsplassering

Beliggenhet av de biologiske stasjonene (B1, B2 osv.) fremgår av fig. 1. Som man ser er det to stasjoner (B5 og B6) som sannsynligvis vil forbli mer eller mindre upåvirket av de ordinære utslipp fra raffineriet, og som eventuelt vil kunne tjene som referansestasjoner senere. Resten av stasjonene er plassert i varierende avstand fra raffineriområdet. Samtlige stasjoner er lagt til strand med fjell eller rullestein og er moderat eksponert for bølgebevegelse. (Unntak fra dette er de beskyttede lokalitetene a/b under B7, der materiale er innsamlet fra gressenger som stikker ut i sjøen.) Som regel omfatter stasjonene bare én lokalitet, begrenset til å omfatte så mye av stranden

(ca. 20-30 m) som nødvendig for å få et representativt utvalg av organismer. Når en stasjon omfatter et større område med skiftende forhold (B5 og B7), er den delt i to eller flere lokaliteter.

5.3. Materiale og metoder

Ved befaringene er materiale samlet inn og fiksert med ca. 2 % formalin bare i den utstrekning det var nødvendig med mikroskopering for å identifisere organismene. Forekomsten av større og andre lett kjennelige dyr og planter ble notert på stedet. Det innsamlede materialet er oppbevart.

Materialet fra øverst i fjæren og ned til ca. $1\frac{1}{2}$ m er samlet for hånd og ved hjelp av rive eller skrape montert på stang. Algene på dypere vann ble hentet opp ved å skrape med Luther-rive fra båt.

5.4. Resultater og kommentarer

De registrerte planter og dyr fra supralittoralsonen og nedover til ca. $1\frac{1}{2}$ m dyp fremgår av tabell 11. Da innsamlingen delvis var vanskeliggjort av bølgebevegelse, er tabellen mest representativ for livet i littoralsonen og ovenfor, og bare i mindre grad for sublittoralen. Tabell 12 sammenfatter resultatene av stikkprøvene fra dyp ned til 5-6 m. I begge tabeller er det gitt en subjektiv vurdering av den mengdemessige forekomst etter følgende skala:

- 1 Sjelden
- 2 Sparsom
- 3 Vanlig
- 4 Hyppig
- 5 Dominerende.

Materialet til tabell 11 er som nevnt samlet med Luther-rive. Da denne redskapen er best for sand- eller mudderbunn, og observasjonene er fåtallige, viser ikke tabellen mer enn en del av den vegetasjonen som vil kunne finnes ved grundigere undersøkelser. Det som er registrert tyder ikke på annet enn normale forhold.

Av tabell 11 ser man at i littoralsonen er det stort sett de samme algene som er funnet begge undersøkelsesårene. De små ulikhetene som forekommer kan tilskrives tilfeldigheter, og forøvrig at det heller ikke er funnet formålstjenlig å tilstrebe en fullstendig fortegnelse.

De registrerte organismene er typiske representanter for de samfunnene man regelmessig finner langs den norske vestkysten. De biologiske forholdene i Risavika kan derfor anses representative for lite eller ikke forurensningspåvirkede områder med god vannutskiftning.

Det har neppe noen hensikt med en inngående vurdering av de enkelte artenes forekomst og hyppighet. Man kan imidlertid merke seg at bl.a. rødalgeslekten *Porphyra* synes å være godt representert i hele undersøkelsesområdet. Det samme er tilfellet med *Rhodymenia palmata*. Av rur (*Balanus* sp.) er det derimot bare funnet små mengder. Dette behøver imidlertid ikke være annet enn et utslag av vanlige bestandssvingninger. Mer bemerkverdig er den sparsomme forekomsten av representanter for rødalgslekten *Polysiphonia*, som vanligvis er meget utbredt. En del av forklaringen kan være forholdene under innsamlingen i 1967, idet bølgeslag og høyt vann gjorde det vanskelig å få tak i mindre alger litt nede i littoralsonen.

6. KONKLUSJON

Resultatene av de kjemiske undersøkelsene i Risavika i 1966 - 1967 viser at vannet er av god kvalitet uten at markante forurensningspåvirkninger kan påvises. Resultatene av farge- og turbiditetsmålinger på vannprøver fra Risavika viste gjennomgående lave verdier. Ferskvannspåvirkningen kunne påvises ved at prøver fra middeldypet gjennomgående hadde høyere salinitet enn prøver fra **overflaten**, og ferskvannspåvirkningen var størst i høstperioden 1966 i overensstemmelse med at ferskvannsavrenningen er størst i denne perioden. Olje kunne ikke påvises i noen av sjøvannsprøvene (mindre enn 1 mg/l).

Vannet i Risavikas tre viktigste tilløpsbekker var mineralsalt-rikt med surhetsgrad like over eller like under nøytralpunktet pH 7. Vannkvaliteten i bekkene var varierende både med hensyn til mineralsaltinnhold, svevepartikler og organiske, oksyderbare komponenter. Variasjonene må forklares ut fra vekslende avrenningsforhold i nedbørfeltene i undersøkelsesperioden. Olje ble ikke påvist i noen av ferskvannsprøvene.

Resultatene av de biologiske undersøkelsene viser organismesamfunn som kan anses representative for moderat eksponerte vestnorske fjordområder som er lite eller uvesentlig påvirket av forurensninger.

Tabell 1. ENHETER, PRINSIPPER OG LITTERATURHENVISNINGER FOR ANALYSEMETODENE

Analysekomponent	Enhet	Prinsipp	Litteraturhenvisning
Surhetsgrad	pH	Elektrometrisk med pH-meter og glasselektrode	Bruksanvisning for Radiometer, pH-meter
Spesifikk ledningsevne v/20°C	µS/cm	Motstandsmåling med Wheatstones målebro	Bruksanvisning for Phillips lednings-evnemåleapparat PR 9501
Farge	mg Pt/l	Absorptiometrisk i et fotoelektrisk filterfotometer med 10 cm kuvetter og mot dest.vann som referanse. Fotometer kalibrert med platin-standards.	NIVA-forskrift
Turbiditet	mg SiO ₂ /l	Refleksometrisk i fotoelektrisk filterfotometer. Kalibrert mot SiO ₂ -standardsuspensjoner	Bruksanvisning for Sigrisf Photometer UP 2 LDR 5 STI
Kjemisk oksygenforbruk (kaliumpermanganattall)	mg O/l	Oppvarming av prøve i sur kaliumpermanganat. Automatisk måling av fargereduksjon i Auto-Analyser.	Forskrift fra Statens Institutt for Folkehelse, Oslo.
Salinitet	o/oo	a) Motastandsinduksjonsmåling i salinometer b) Titrimetrisk med sølvnitrat	a) Bruksanvisning for CSIRO Salinometer. Ind. JME, Sydney. b) M. Knudsen: Hydrographical Tables. K.havn 1901. H.Barnes:Apparatus and Methods of oceanography. Chemical, London 1959.
Oksygen/sulfid	mg O ₂ /l og %-metning	Fiksering av oksygen som Mn(OH) ₂ , tilsetning av syre og deretter jodometrisk titrering.	T. Gaarder: Surstoffer i fjordene. De vestlandske fjorders hydrografi. Bergens Museums Årbok 1915-16, Naturvitensk. Række nr. 2.
Olje	mg/l	Ekstraksjon av prøve med tetra-klorkullstoff v/NIVA, deretter spektrofotometrisk i infrarødt v/Sentralinstitutt for industriell forskning.	Determination of volatile and non-volatile oily material, Infrared Spectrometric method. API Method 733-58. Se også R.G. Simard et al.: Infrared Spectrophotometric Determination of oil and phenols in water" Anal.Chem. <u>23</u> 10 1384 - 7 (1951)

Tabell 2. RESULTATENE AV KJEMISKE UNDERSØKELSER PÅ PRØVER TATT 11/7 1966

Sta- sjon	Vann- stand i m 1)	Kl.	Vind		Temp. °C		Ned- bør	DYP i m	Oksygen % metn.	pH	Spes. ledn. evne v/20°C	Farge	Turbi- ditet	Sali- nitet	Perm. tall	Olje
			Ret- ning	Styrke	Luft	vann										
0	0,12	12.30	NNV	4	12,0	9,2 8,0	ingen	0 17	9,79	106		11 2	0,56 0,31	33,10 33,80		<1 <1
1	0,09	12.50	NNV	4	12,4	10,7 9	"	0 6	9,79	108		10 5	0,96 0,80	31,65 33,10		<1 <1
2	0,06	13.22	NNV	4	12,4	11,4 10	"	0 5	9,89	109		8 6	0,88 0,88	31,82 32,56		<1 <1
3	0,05	13.30	NNV	4	12,4	11,5 10	"	0 6	10,00	110		8 4	0,80 0,63	31,87 32,66		<1 <1
4	0,07	13.04	NNV	4	12,4	10,4 9	"	0 8	9,89	112		6 3	0,63 0,40	32,23 33,04		<1 <1
5	0,06	13.15	NNV	4	12,4	11,3 9	"	0 12	9,79	111		10 2	0,96 0,31	31,91 33,31		<1 <1
6											7,7	190	11		13,8	<1
7											7,0	106	6,4		8,9	<1
8											7,5	156	26		6,5	<1

1) For Stavanger og i forhold til normal 0-vannstand i 1954.

Tabell 3. RESULTATENE AV KJEMISKE UNDERSØKELSER PÅ PRØVER TATT 19/9 1966

Stasjon	Vannstand i m 1)	Kl.	Vind		Temp. °C		Nedbør	DYP i m	Oksygen		pH	Spes. ledn. v/20°C	Farge	Turbiditet	Salinitet	Perm. tall	Olje
			Retning	Styrke	Luft	vann			mg/l	% metn. 2)							
0	0,09	16.30	SV	bris	13,5	12,5	ingen	0					4	0,31	32,14		<1
						11,0		17		-			1	0,14	33,46		<1
1	0,09	16.30	SV	bris	13,5	11,5	"	0					7	0,40	32,75		<1
						11,3		6		-			5	0,96	33,04		<1
2	0,09	16.30	SV	bris	13,5	11,5	"	0					4	0,31	32,59		<1
						11,3		5		-			2	0,40	32,56		<1
3	0,09	16.30	SV	bris	13,5	11,5	"	0					3	0,23	32,56		<1
						11,3		6		-			1	0,28	32,99		<1
4	0,09	16.30	SV	bris	13,5	11,5	"	0					3	0,31	32,57		<1
						11,3		8		-			3	0,31	33,19		<1
5	0,09	16.30	SV	bris	13,5	11,5	"	0					3	0,19	32,81		<1
						11,5		3)2		-			2	0,40	32,88		<1
6											6,7	161	87	3,5		9,1	<1
7											6,4	137	74	4,5		8,9	<1
8											6,6	281	180	28		6,5	<1

1) For Stavanger og i forhold til normal 0-vannstand i 1954.

2) Variasjoner fra 33,2 - 44,8 %. Resultatene var ikke rimelige, og må antas å skyldes spesielle forhold under prøvetakingene.

3) På grunn av en misforståelse ble prøvene tatt på 2 m dyp og ikke på 12 m dyp. (Prøvetakkers anmerkning.)

Tabell 4. RESULTATENE AV KJEMISKE UNDERSØKELSER PÅ PRØVER TATT 18/11 1966

Stasjon	Vannstand i m 1)	Kl.	Vind		Temp. °C	Nedbør	Dyp i m	Oksygen mg/l	pH	Spes. ledn. evne v/20°C	Farge	Turbiditet	Salinitet 4)	Perm. tall	Olje 5)
			Retning	Styrke											
0	0,34	8,30		Stille	2	6	0 17				5	0,52 0,27	29,083 30,158		-
1	0,34	8,30		Stille	2	8	0 6				4	0,84 0,56	28,851 29,072		-
2	0,34	8,30		Stille	2	8	0 5				3	0,63 0,27	28,980 29,072		-
3	0,34	8,30		Stille	2	8	0 6				3	0,72 0,27	28,908 29,034		-
4	0,34	8,30		Stille	2	8	0 8				12	1,1 1,3	28,664 29,066		-
5	0,34	8,30		Stille	2	8	0 12				4	0,56 0,88	28,934 29,205		-
6	0,34	8,30		Stille					6,6	135	83	4,5		8,8	-
7	0,34	8,30		Stille					6,3	120	116	11		8,2	-
6)8															

1) For Stavanger og i forhold til normal 0-vannstand i 1954.

4) Bestemt med salinometer i.h.t. metode a, se tabell 1 s.22.

5) Analyseresultatene varierte mellom 1 og 10 mg/l, et forhold som åpenbart skyldes at skilletraktenes hane ved en misforståelse var blitt smurt med fett før ekstraksjonen.

6) St. 8 ble ikke tatt fordi området var sperret p.g.a. sprengningsarbeid. (Prøvetakers anmerkning.)

Tabell 5. RESULTATENE AV KJEMISKE UNDERSØKELSER PÅ PRØVER TATT 2/1 1967

Stasjon	Vannstand i m 1)	Kl.	Vind		Temp. °C		Nedbør	Dyp i m	Oksygen mg/l	Oksygen % metn.	pH	Spes. ledn. evne v/20°C	Farge	Turbiditet	Salinitet 4)	Perm-tall	Olje
			Retning	Styrke	Luft	Vann											
0	0,10	11.30	NV	Frisk bris	2,5	5,5	ingen	0					4	0,88	28,980		<1
					5,5			17					4	0,96	29,328		<1
1	0,10	11.40	NV	Frisk bris	2,0	5,5	"	0					8	1,3	7)		<1
					5,4			6					4	1,1	28,976		<1
2			NV	Frisk bris	2,0	5,3	"	0					3	1,2	28,923		<1
					5,5			5					7	0,92	28,969		<1
3			NV	Frisk bris	2,0	5,5	"	0					5	0,76	28,851		<1
					5,5			6					7	0,80	28,973		<1
4			NV	Frisk bris	2,0	5,4	"	0					3	1,2	28,592		<1
					5,3			8					4	0,72	29,030		<1
5			NV	Frisk bris	2,0	5,3	"	0					6	0,92	28,969		<1
					5,5			12					3	0,63	29,087		<1
6					2,0	2,0					6,5	120	48	2,5		4,4	<1
7					2,0	2,0					6,1	100	54	3,8		5,4	<1
8					2,0	2,0					6,4	190	70	3,6		6,4	<1

1) For Stavanger og i forhold til normal 0-vannstand i 1954

4) Bestemt med salinometer i.h.t. metode a, se tabell 1, s.22.

7) For lite vann

NB! En pipette for oksygenprøver ble knust.
(prøvetakers anmerking)

Tabell 6. RESULTATENE AV KJEMISKE UNDERSØKELSER PÅ PRØVER TATT 13/2 1967

Stasjon	Vannstand i m 1)	Kl.	Vind		Temp. °C		Nedbør	Dyp i m	Oksygen % metn. 2)		pH	Spes. ledn. v/20°C	Farge	Turbiditet	Salinitet		Olje
			Retning	Styrke	Luft	vann			mg/l						8)	9)	
0	0,46	18.00	SV	bris	4,5	5,1 5,0	Ingen	0 17					4 4	1,0 0,96	33,767 33,841	33,732 33,759	<1 <1
1	0,50	18.30	SV	bris	4,5	4,8 4,8	"	0 6					5 4	1,0 0,72	33,607 33,743	33,661 33,732	<1 <1
2	0,51	19.40	SV	bris	4,5	4,8 4,8	"	0 5					3 6	0,63 1,1	33,700 33,700	33,693 33,685	<1 <1
3	0,49	20.10	SV	bris	4,5	4,9 4,9	"	0 6					6 3	0,80 1,0	33,685 33,720	33,681 33,763	<1 <1
4	0,51	18.50	SV	bris	4,5	5,0 5,0	"	0 8					2 2	0,80 0,56	33,677 33,763	33,786 33,700	<1 <1
5	0,51	19.15	SV	bris	4,5	5,0 5,0	"	0 12					2 3	0,31 0,56	33,646 33,778	33,673 33,689	<1 <1
6	0,18	16.00	SV	bris	4,5	2,0					7,1	222	124	5,4		Perm. tall 9,3	<1
7	0,18	15.50	SV	bris	4,5	2,0					6,5	132	51	6,2		5,6	<1
8	0,16	15.30	SV	bris	4,5	2,0					6,9	224	103	12		7,7	<1

1) For Stavanger og i henhold til normal 0-vannstand i 1954

2) Variasjoner fra 40,0 - 86,8 %. Resultatene var ikke rimelige og må antas å skyldes spesielle forhold under prøvetakingene.

8) Prøver tatt på salinitetsflasker.

9) Prøver tatt ut av vanlige flasker.

Tabell 7. RESULTATENE AV KJEMISKE UNDERSØKELSER PÅ PRØVER TATT 3/5 1967

Sta- sjon	Vann- stand i m 1)	Kl.	Vind		Temp. °C		Ned- bør	Dyp i m	Oksygen		pH	Spes. ledn. evne °C v/20°C	Farge	Turbi- ditet	Sali- nitet 4)	Perm. tall	Olje
			Ret- ning	Styrke	Luft	vann			mg/l	% metn.							
0	0,18	15.00		Stille	7	6,5 6,0	regn- byger	0 17	9,70	100		5 10	0,52 1,5	33,194 34,173		<1 <1	
1	0,17	15.15		Stille	7	6,5 6,5	regn- byger	0 6	9,90	103		5 9	0,56 1,3	32,876 33,229		<1 <1	
2	0,15	15.50		Stille	7	6,5 6,5	regn- byger	0 5	10,48	109		6 7	0,40 0,56	32,938 33,396		<1 <1	
3	0,14	16.00		Stille	7	6,5 6,5	regn- byger	0 6	9,74	102		6 8	0,40 1,0	32,653 33,736		<1 <1	
4	0,16	15.30		Stille	7	6,5 6,5	regn- byger	0 8	9,93	103		8 9	1,4 1,6	33,073 33,513		<1 <1	
5	0,16	15.40		Stille	7	6,5 6,0	regn- byger	0 12	9,39	97		7 7	0,44 1,1	33,213 33,853		<1 <1	
6	0,12	16.30		Stille	7		regn- byger				6,9	144	4,0		6,5	<1	
7	0,11	16.45		Stille	7		regn- byger				6,5	116	36		10,4	<1	
8	0,09	16.45		Stille	7		regn- byger				6,8	179	33		8,8	<1	

1) For Stavanger og i henhold til normal 0-vannstand i 1954.

4) Bestemt med salinometer i.h.t. metode a, se tabell 1, s.22.

På stasjon 4 ble det drevet oppmudrings-
oppmudringsarbeid.

På indre del av Risavika hadde det
vært en del oljesøl

(prøvetakers anmerkninger)

Tabell 8. RESULTATENE AV KJEMISKE UNDERSØKELSER PÅ PRØVER TATT 12/6 1967

Stasjon	Vannstand i m (1)	Kl.	Vind		Temp. °C		Nedbør	Dyp i m	Oksygen mg/l	% metn.	pH	Spes. ledn. v/20°C	Farge	Turbiditet	Salinitet (4)	Perm. tall	Olje (10)
			Retning	Styrke	Luft	Vann											
0	0,12	14.00	Solgangs- bris		16	13 8,2	ingen	0 17					4 3	0,35 0,63	7)		<2 <2
1	0,16	14.30	Solgangs- bris		16	11,2 8,5	"	0 6					11 80	2,7 17	7)		<2 <2
2	0,21	15.15	Solgangs- bris		16	12,4 8,7	"	0 5					6 3	1,2 0,63	7)		<2 <2
3	0,22	15.30	Solgangs- bris		16	12,1 8,5	"	0 6					4 3	0,96 0,48	7)		<2 <2
4	0,17	14.45	Solgangs- bris		16	12,4 8,0	"	0 8					5 13	0,88 2,3	29.637 33.857		<2 <2
5	0,19	15.00	Solgangs- bris		16	12,0 8,0	"	0 12					27 1	4,2 0,63	29.565 34.040		<2 <2
6	0,28	16.15			16						7,0	138	98	3,8		10,1	<2
7	0,29	16.30			16						6,6	142	91	5,4		11,2	<2
8	0,33	17.00			16						7,0	247	790	163		8,4	<2

1) For Stavanger og i henhold til normal 0-vannstand i 1954.

4) Bestemt med salinometer i.h.t. metode a, se tabell 1, s.22.

7) For lite vann.

(10) IR-instrument ikke i tilfredsstillende stand. (anmerkning fra Sentralinstitutt for industriell forskning.)

På stasjon 1 var det arbeid med molobygging. (Fylling og mudring.)
(Prøvetakers anmerkning.)

Tabell 9. RESULTATENE AV KJEMISKE UNDERSØKELSER PÅ PRØVER TATT 17/7 1967

Stasjon	Vannstand i m 1)	Kl.	Vind		Temp. °C	Nedbør	Dyp i m	Oksygen		pH	Spes. ledn. evne v/20°C	Farge	Turbiditet	Salinitet 4)	Perm. tall	Olje
			Retning	Styrke				Luft	vann							
0	0,06	10.00	Sør	Frisk bris	16 15 14	Ingen	0 17	8,95	110			2 4	0,23 0,56	29.592 29.603		<1 <1
1	0,09	10.30	Sør	Frisk bris	16	"	0 6	8,39	102			3 3	0,31 0,31	29.534 29.588		<1 <1
2	0,16	11.30	Sør	Frisk bris	17	"	0 5	8,52	103			3 3	0,72 0,31	29.419 29.519		<1 <1
3	0,17	11.45	Sør	Frisk bris	17	"	0 6	9,30	113			2 3	0,23 0,40	29.492 29.565		<1 <1
4	0,11	10.50	Sør	Frisk bris	16	"	0 8	8,54	104			3 2	0,22 0,18	29.607 29.653		<1 <1
5	0,15	11.15	Sør	Frisk bris	17	"	0 12	8,55	104			2 3	0,19 0,35	29.507 29.699		<1 <1
6	0,18	12.10			17					6,9	262	160	18		20,0	<1
7	0,19	12.30			17					6,9	290	130	19		6,4	7)
8	0,18	13.00			17					7,3	312	132	18		7,4	<1

1) For Stavanger og i henhold til normal 0-vannstand i 1954.

4) Bestemt med salinometer i.h.t. metode a, se tabell 1, s.22.

7) For lite vann.

På stasjon 6 og 7 var bekkene nesten tørre. (prøvetakers anmerkning.)

Tabell 10. OVERSIKT OVER KJEMISKE ANALYSERESULTATER. PRØVER FRA overflate
middeldyp

Komponent Stasjon		O v e r f l a t e							M i d d e l d y p					
		pH	Spes. ledn. evne	Farge	Turbiditet	Salinitet	Perm. tall	Olje	Farge	Turbiditet	Salinitet	Oksygen		Olje
												mg/l	% met.	
0	Min.			2	0,23	28,980		<1	0,8	0,14	29,328	8,95	100	<1
	Maks.			11	1,0	33,732		<1	10,0	1,5	34,173	9,79	110	<1
	Middel			5	0,55	31,403		<1	3,8	0,66	32,040	9,48	105	<1
1	Min.			3	0,31	28,851		<1	2,8	0,31	28,976	8,39	102	<1
	Maks.			11	2,7	33,661		<1	8,6	1,3	33,732	9,90	108	<1
	Middel			7	1,0	31,553		<1	4,6	0,83	31,533	9,36	104	<1
2	Min.			3	0,31	28,923		<1	1,8	0,27	28,969	8,52	103	<1
	Maks.			8	1,2	33,693		<1	7,0	1,1	33,685	10,48	109	<1
	Middel			5	0,75	31,194		<1	5,1	0,64	31,408	9,63	107	<1
3	Min.			2	0,23	28,851		<1	0,8	0,27	28,973	9,30	102	<1
	Maks.			8	0,96	33,681		<1	7,5	1,0	33,763	10,00	113	<1
	Middel			5	0,61	31,145		<1	3,9	0,62	31,531	9,68	108	<1
4	Min.			2	0,22	28,592		<1	2,0	0,18	29,030	8,54	103	<1
	Maks.			12	1,38	33,786		<1	12,6	2,3	33,857	9,89	112	<1
	Middel			5	0,81	31,019		<1	5,3	0,91	31,881	9,45	106	<1
5	Min.			2	0,19	28,934		<1	1,3	0,31	29,087	8,55	97	<1
	Maks.			27	4,2	33,673		<1	6,8	1,1	34,040	7,79	111	<1
	Middel			8	0,97	31,072		<1	3,4	0,64	31,970	9,24	104	<1
6	Min.	6,5	120	52	2,5		4,4	<1						
	Maks.	7,7	262	190	18,0		20,0	<1						
	Middel	6,9	181	105	6,6		10,3	<1						
7	Min.	6,5	100	51	3,8		5,4	<1						
	Maks.	7,0	290	160	36,0		11,2	<1						
	Middel	6,5	161	98	11,6		8,1	<1						
8	Min.	6,4	179	70	3,6		6,4	<1						
	Maks.	7,5	312	790	163		8,8	<1						
	Middel	6,9	170	229	40,3		7,4	<1						

Tabell 11. FASTSITTENDE ORGANISMER PÅ STRANDEN OG NED TIL CA. 1 1/2 M DYP

Organismer	Stasjonsbetegnelse													
	St. B1 10/8 -66	St. B1 31/8 -67	St. B2 10/8 -66	St. B2 31/8 -67	St. B3 11/8 -66	St. B3 31/8 -67	St. B4 11/8 -66	St. B4 31/8 -67	St. B5a 31/8 -65	St. B5b 31/8 -67	St. B6 31/8 -67	St. B7a/b 31/8 -67	St. B7c 10/8 -66	St. B8 31/8 -67
CYANOPHYCEAE														
Calothrix scopulorum	2	4			1			2		3				2
Cf. Chroococcus sp.			3		2			2		1				
Gloeocapsa cf. crepidinium										2				
Lyngbya sp.														
Oscillatoria sp.														
Plectonema cf. Battersii								3		3				2
Spirulina cf. major														
Diverse små oscillatoriaceer				2				2		2				2
CHLOROPHYCEAE														
Blidingia minima														
Cladophora rupestris	2						2	3		3			2	
Enteromorpha cf. compressa														
Enteromorpha cf. intestinalis							2	2		3			3	
Enteromorpha cf. linza	3													
Enteromorpha spp.	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	2		3
Percursaria percursa														
Prasiola stipitata					2			3						
Rhizoclonium cf. riparium														
Ulothrix cf. flacca														
Ulothrix cf. pseudoflacca								2						1
Ulothrix cf. subflaccida														3
Ulothrix sp.														
Ulva lactuca													2	
BACILLARIOPHYCEAE														
Fragilaria sp.	1		1						2	1			1	3
Grammatophora sp.										2				
Licmophora sp.			3	2				1		2		1		2
Melosira sp.														
Schizonemastadium														
Diverse pennate diatoméer		1		3					1	2	2	2		1
XANTHOPHYCEAE														
Vaucheria coronata (mest steril)														
Vaucheria intermedia (mest steril)														
Vaucheria cf. Thuretii (løse oogonier)														
RHODOPHYCEAE														
Acrochaetium spp.	1	1	2	2	3				2	2	2		2	2
Bangia fuscopurpurea	2	3			3					1			2	3
Callithamion arbuscula								3						
Callithamion corymbosum						2								
Ceramium rubrum	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			3
Ceramium cf. secundatum	3													
Ceramium sp.														
Chondrus crispus					2				2	3				2
Corallina officinalis						3			4					3
Erythrotrichia carnea														
Gigartina stollata	3	3			3	3	3	3	3	3				3
Hildenbrandia prototypus	3	3			3	3	3	3	3	3				3
Lithothamnion Lenormandi					3	3	4	3						
Nemalion multifidum					2									
Phyllophora membranifolia														
Phycodrys rubens						2								2
Polysiphonia Brodiaei	2		3	3										3
Polysiphonia lanosa														
Polysiphonia urceolata	2													
Porphyra cf. purpurea														
Porphyra cf. umbilicalis	3	3	3	3	2	3	2	4	3	2			2	2
Ptilota plumosa	3						1							
Rhodochorton membranaceum					2									
Rhodymenia palmata	3	3			3	3	2	3					3	
PHAEOPHYCEAE														
Alaria esculenta	3							3					2	
Ascophyllum nodosum	2	2	3	4		2				3			1	3
Asporococcus echinatus			2										2	
Chorda filum														
Chordaria flagelliformis					3									
Ectocarpus cf. fasciculatus	3				3									
Ectocarpus spp.			3	3					2					2
Elachista fucicola					2	3	3			2			1	3
Fucus serratus	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3			3	4
Fucus spiralis			1	2		2	3			4			3	3
Fucus vesiculosus					1		2			4			1	2
Fucus vesiculosus f. vesiculosus	3													
Laminaria digitata	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3			3	4
Laminaria hyperborea							2							
Laminaria saccharina														
Peletia canaliculata	2									3				3
Pyraliella littoralis														
Ralfsia verrucosa	2									2				3
Scytosiphon lomentaria														
LICHENES														
Caloplaca sp. (=Placodium sp.)	3		3		2			2		2				2
Lichina cf. confinis	3													
Ramalina siliquosa	3				3			3		3				3
Verrucaria maura	3		3		3		4	3	3	3				3
Xanthoria parietina	3		3		3		2	3	3	3				3
FAUNA														
Balanus sp. (Crustacea)					3		2	3		2				2
Dynamena pumila (Hydrozoa)					2		3			3				3
Littorina littorea (Gastropoda)														
Littorina saxatilis (Gastropoda)														
Membranipora membranacea (Bryozoa)					2			2		2				2
Membranipora pilosa (Bryozoa)					3									3
Patella vulgata (Gastropoda)	3		3		3			2		2				3

Tabell 12. FASTSITTENDE PLANTER.

MATERIALE FRA SPREDTE SKRAP PÅ 2-6 M.

Stasjonsbetegnelse.	Utenfor St.B3.		Utenfor St.B6.		Utenfor St.B8.	
	10/8 -66	11/8 -66	1/9 -67	10-11/8 -66	1/9 -67	
Organismer						
CHLOROPHYCEAE						
Enteromorpha spp.				3		2
Rhizoclonium cf. Kochianum						2
Rhizoclonium cf. riparium				2		
Ulothrix sp.				2		
Ulva lactuca						3
BACILLARIOPHYCEAE						
Licmophora sp.		3				
Melosira sp.		3				
Striastella unipunctata		2				
RHODOPHYCEAE						
Callithamnion corymbosum						2
Ceramium rubrum	2					3
Ceramium sp.		3		2		
Chondrus crispus				3		
Cystolonium purpurascens						3
Erythrotrichia carnea				3		3
Gigartina stellata						1
Odonthalia detata	3					
Polysiphonia nigrescens				2		
Polysiphonia violacea		2				
Rhodomela subfusca						2
PHAEOPHYCEAE						
Ascocyclus magnusii		3				
Chorda filum		2	3	2		4
Cladosiphon zosterae						
Desmarestia viridis				3		
Dictyosiphon foeniculaceus				3		
Ectocarpus spp.				3		2
Halidrys siliquosa						2
Laminaria digitata			3			2
Laminaria saccharina	1					4
Stictyosiphon sp.						
VASCULARES						
Zostera marina		3	3			

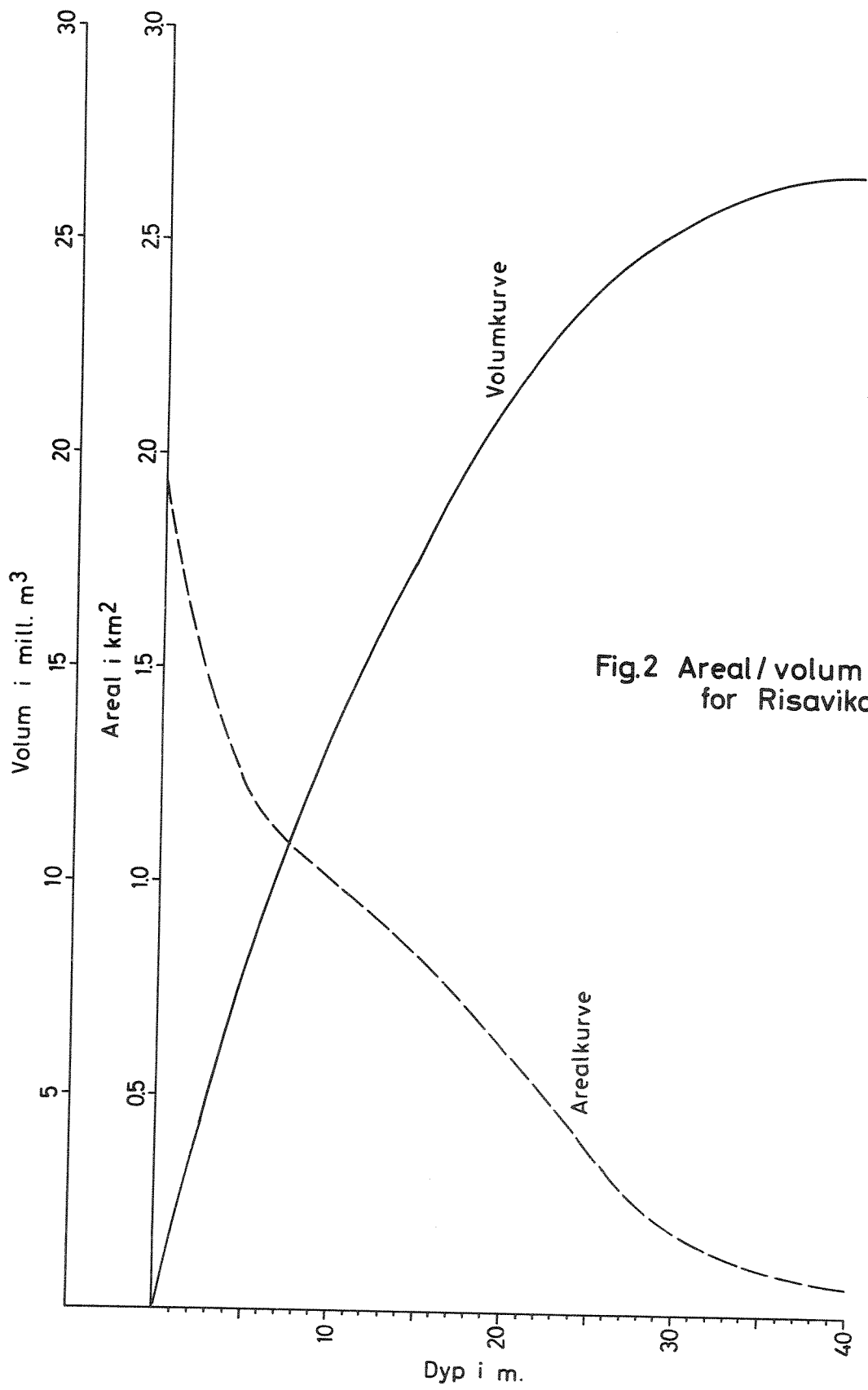
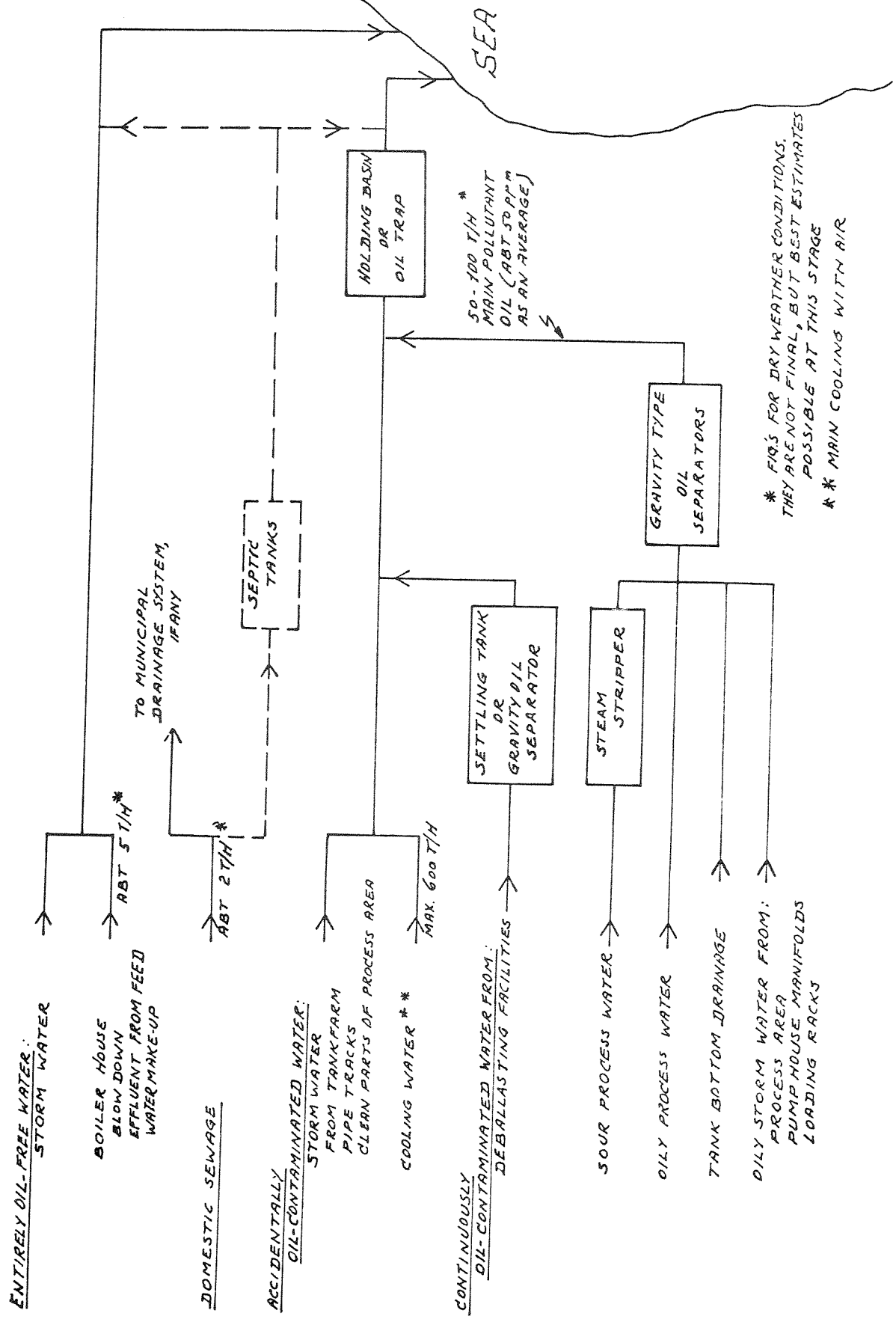


Fig.2 Areal / volum - kurver for Risavika



TENTATIVE SIMPLIFIED DRAINAGE AND EFFLUENT TREATMENT SCHEME

Fig.3

STAVANGER REFINERY PROJECT

LITTERATUR

- (1) Vrijburg, R.: Abwässer der Erdölraffinerien. Plan, Jan/Febr 1959 s. 89 - s. 92.
- (2) Anonym: Beseitigung von Raffinerieabfällen: Chemische Abwässer und Abfallstoffe (Teil 1) Wasser, Luft und Betrieb 11, 1967, Heft 1, s. 29-36.
- (3) Anonym: Beseitigung von Raffinerieabfällen: Verfahren und Methoden zur biologischen Behandlung von Abwässern (Teil II) Wasser, Luft ~~und~~ Betrieb 11, 1967, Heft 2, s. 86-92.
- (4) Easthagen, J.H., Skrylov, V. and Purvis, A.L.: Development of Refinery Wastewater Control at Pascagoula, Mississippi. Journal Water Pollution Control Federation, 37, 1965, s. 1671 - 1678.
- (5) Chachulski, J., Obrzutowa, J. Suknarowski, S and Sywed, W.: The characteristics of refinery water and methods of purification. Prace Inst. Naft. No. 41, Stalingrad 1956.
- (6) Föderation Europäischer Gewässerschutz: Informationsblatt Nr. 3, Mai 1960.
Jaag, O.: Bekämpfung der Verschmutzung ober- und unterirdischer Gewässer und der Luft durch Abfallprodukte aus Raffinerien.
Meinck, F.: Welche Art Abwässer stammen aus Mineralölraffinerien.
- (7) Eilers, H. und Steck, W.: Raffinerieabwässer und ihre Beseitigung.

Holluta, J.: Welche Gefahren stellen die Abgänge von Raffinerien für die Gewässer dar?

Birenbant, A.: La prévention de la pollution de l'air et d l'eau par les raffineries de pétrole en France.

Edeline, F.: Mesures à prendre pour prévenir la pollution des eaux par les déchets de raffineries d'huiles minérales

Matthey-Doret, A.: Le Problème de la création d'installations pétrolières en Suisse.

Clemens, H.P. and Summers, P.: Will Refinery Wastes Kill Fish? *Petroleum Refiner*, 32, 1953, s. 145.

(8) Bernard, J.: Return of residual industrial water to its natural cycle without causing pollution: the water purification plant of Rodans refinery. *Acqua Ind.*, 8, 1966, s. 15 (Ref.: Chem. Abstr. 65, 1966, Nr. 12 18317 h).

(9) Problems of Pollution of Surface and Underground Water by Mineral oils.

Bewirtschaftung und Reinhaltung des Wassers, s. 151, Bericht über Internationale Vortragstagung Pro Acqua, 1961 in Basel. R. Oldenbourg 1963, München.

(10) Douglas, N.H. and Irwin, W.H.: Evaluation and relative resistance of sixteen species of fish as test animals in toxicity bio-assays of petroleum refinery effluents. *Proc. 17th Industr. Waste Conf. Purdue Univ. Eng. Extn. Ser. No. 112*, 1962, s. 57 - 76.

(11) Davis, R.W., Biekl, J.A. and Smith, R.M.: Pollution Control And Waste Treatment At An Inland Refinery. *Proceedings 19th Industrial Waste Conf. Purdue Univ. Eng., Extn. Ser. No. 117*, 1964, s. 126.

(12) Oglesby, R.T. and Sylvester, R.O.: Marine Biological Monitoring of Oil Refinery Liquid Waste Emission. *Proceedings of the 19th Industrial Waste Conf. Purdue Univ. Eng. Extn. Ser. No. 117*, 1964, s. 167.

(13) Beychok, M.R.: *Aqueous Wastes From Petroleum and Petrochemical Plants*. John Wiley and Sons, London, 1967.

- (14) Sould, Wm. R. and Dorris, T.C.: Toxicity Changes Of Stored Oils Refinery Effluents. Journal Water Pollution Control Federation, 33, 1961, s. 1107 - 111.
- (15) Report on Oily Substances And Their Effects On The Beneficial Uses Of Water. State Water Pollution Control Board, Sacramento, California. Publ. No. 16, 1956.
- (16) Lafleur, R.A.: Refinery waste problems. Transactions of the 1959 Seminar: Biological Problems In Water Pollution. The Robert A. Taft Sanitary Engineering Center Technical Report W. 60-3, s. 273. U.S. Department of Health, Education and Welfare. Public Health Service.
- (17) Dorris, T.C., Sould, W. and Jenkins, C.R.: Toxicity bioassay of oil refinery effluents in Oklahoma. Transactions of the 1959 Seminar: Biological Problems in Water Pollution. The Robert A. Taft Sanitary Engineering Center Technical Report W60-3, s. 276. U.S. Department of Health, Education and Welfare. Public Health Service.
- (18) McKenney, R.E.: Biological treatment systems for refinery wastes. Journal Water Pollution Control Federation, 39, 1967, s. 346.
- (19) Kendall, D.A. et al: Odor Profile Studies of Effluent Waste Waters for some refineries. Proceedings American Petroleum Institute 1964. Section III Refinery, 44, III, 1964, s. 62.
- (20) P. Ladendorf: Untersuchungen zur Methodik der quantitativen Bestimmung von Heizölen und flüssigen Treibstoffen in Wasser. Technischen Hochschule, Aachen, 1961.
- (21) Oil in Effluents Waters by Infrared Absorption. SIL, Standard Inspection Circular 500.36, December, 1955.

- (22) Method of Test for the Determination of oily Matter in Refinery Waste Water. SIL, Laboratory Inspection Circular 500.32, September 1, 1949.
- (23) Oliff, W.D. et al.: Monitoring the Marine Disposal of Refinery Liquid Effluents from Shell and BP, South African Petroleum Refineries (Ptz) Ltd. at Durban. Project No.711.
- (24) Edeline, M.F. and Baars, J.K.: Analysis of Hydrocarbons. Final Report by sub-group No. 2. OECD, Paris 1967.
- (25) Kölle, W.: Untersuchungen zur quantitativen Bestimmung von Mineralölprodukten in organischen belasten Wässern und abwässern: Diesertation von der Fakultät für Natur- und Geisteswissenschaften der Technischen Hochschule Karlsruhe. Prüfung 20. Dezember 1965.
- (26) Simard, R.G., Hasegawa, I. Bandaruk, W. and Headington, E.D.: Infrared Spectrophotometric Determination of Oil and Phenols in Water. Anal. Chem., 23, 1951, s. 1384-1387.
- (27) Volatile and nonvolatile oily Material, Infrared Spectrometric Method. API-Method 733-58.
- (28) Rogaland Avis, 18/4 1967.
- (29) Stavanger Aftenblad, 18/4 1967.