

345.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN

III

N O T A T

O - 177/70

UNDERSØKELSE AV VANN- OG FORURENSNINGSPROBLEMER

VED KJERNEKRAFTVERK

Blindern, juli 1971

Pinn-Erik Dahl  
Hans Kristiansen  
Paul Liseth  
Jan Ruess  
Olav Skulberg

INNHALDSFORTEGNELSE:

	Side:
1. INNLEDNING	2
2. PÅVIRKNING AV DET AKVATISKE MILJØ	3
2.1 Litteraturstudier	3
2.2 Resipientundersøkelser	4
2.2.1 Nødvendige undersøkelser ved vurdering av flere lokaliseringalternativer	4
2.2.2 Undersøkelser ved innvilget konsesjon for byggested	8
2.3 Forskningsarbeid	11
2.4 Arbeidsprogram	11
2.5 Samarbeid mellom institusjoner	13
3. VANNKVALITETENS INNVIRKNING PÅ DRIFT AV KJERNE- KRAFTVERK	14
3.1 Vannkjemi og korrosjon	14
3.2 Undersøkelse av begroingsproblemene	16

## 1. INNLEDNING

Forurensningsvirkninger som følge av kjølevannsutslipp fra kjernekraftverk ble diskutert i møtet på NIVA 19/11 1970 hvor representanter fra Statskraftverkene og NIVA var til stede. Det ble her redegjort for Statskraftverkernes planer om utbygging av kjernekraftverk i Norge. Det fremgikk at de første kraftanlegg sannsynligvis vil bli bygget ved Moss og i Skien/Porsgrunn-området. Det første anlegg antas å være i drift omkring 1980.

NIVA ble anmodet om å utarbeide et forslag til fremgangsmåte og gjennomføring av nødvendige undersøkelser og arbeidsoppgaver, for å kunne ta hånd om vann- og forurensningsproblemer ved de hovedalternativer for beliggenhet for kjernekraftverk som Statskraftverkene har pekt ut.

Da kjernekraft krever en betydelig mengde kjølevann, vil kraftverkene bli bygget nær kysten hvor sjøvann kan brukes som kjølevann. Det er mange økonomiske interesser som tilsier en plassering av anleggene i nærheten av større industri- og utbyggingsområder. Dette innebærer at kraftverkene eventuelt vil komme ved fjordområder som allerede er belastet med forurensninger fra kommunalt og industrielt avløpsvann. Fremtidige kjernekraftverk vil kunne representere en ytterligere belastning med forurensninger til en allerede påvirket resipient. De første kjernekraftverk vil kreve en kjølevannsmengde på 100-200 m<sup>3</sup>/s med en oppvarming av avløpsvannet på 8-10 °C. Det antas at avløpsvannet fra kjernekraftverk vil kunne ha betydelig innflytelse på de fysiske, kjemiske og biologiske forhold i de relativt følsomme resipienter som fjordene våre representerer. Det er nødvendig at alle forurensningsaspekter knyttet til avløpsvannet fra kjernekraftverk, blir grundig utredet.

Siden det i Norge hittil ikke er bygget kjernekraftverk, finnes det i dag beskjedne kompetanse til å vurdere virkningene på vannets kvalitet i resipienten og de bruksinteresser som knytter seg til vannet og strandområdene. Andre land har tatt kjernekraftverk i bruk og vunnet betydelig erfaring med hensyn til forurensningsvirkninger. Det er naturlig at det innledningsvis blir gjort et grundig litteraturstudium og foretatt studiereiser for å kunne nyttiggjøre seg erfaringer som foreligger om disse problemer. Et litteraturstudium av generelle virkninger er under utførelse ved NIVA.

Det foreslås at resipientundersøkelser bør foregå i to faser. Den første undersøkelsesfase skal grovt utrede fjord- og kystområdets muligheter som resipient. Tilgjengelig vannmengde for fortykning og transport av varme og andre forurensningskomponenter fra utslippet, hvordan denne fortykningsvannmengde kan utnyttes, spesielle kjemiske og biologiske forhold som kan bli skadelidende osv., må utredes. Denne fase bør være et ledd i å gi kjernekraftverkets kjølevannsinntak og utslipp en hensiktsmessig beliggenhet i det aktuelle fjordområde.

Den andre fase i resipientundersøkelsene bør være en grundig beskrivelse av fysiske, kjemiske og biologiske forhold. Denne undersøkelse skal, foruten å bedømme skadevirkninger som følge av utslipp, også dokumentere forholdene i resipienten før den blir influert av utslipp fra kjernekraftverk.

Som nevnt representerer våre fjorder følsomme resipientsystemer, ofte med et særpreget biologisk miljø. Det antas at spesielle forskningsarbeider er nødvendige for bedre å forstå virkningene av avløpsvann fra kjernekraftverk på slike resipienter. Feltstudier, såvel som laboratoriestudier, vil være nødvendige i denne forbindelse.

Avhengig av kjølevannets egenskaper, vil ulike driftsproblemer kunne oppstå i et kjernekraftverk. Driftsproblemer som korrosjon, begroing, slitasje etc. ble diskutert på møtet i Norges vassdrags- og elektrisitetsverk 11. februar 1971, hvor representanter for Statskraftverkene og NIVA var til stede. NIVA ble bedt om å utarbeide et forslag til analyseprogram for sjøvannet ved de utpekte hovedalternativer for beliggenhet av de første kjernekraftverk. Analyseprogrammet skal danne grunnlag for å bedømme korrosjonsfaren i forbindelse med bruk av sjøvannet til kjølevann, og vurdere hvordan begroingsproblemer i kjølevannssystemet kan reduseres til et minimum.

## 2. PÅVIRKNING AV DET AKVATISKE MILJØ

### 2.1 Litteraturstudier

Det foreligger en omfattende litteratur omkring kjernekraftverk og problemene knyttet til natur- og miljøpåvirkninger med radioaktive stoffer og varme. Innledende arbeid med litteraturstudier er under utførelse ved NIVA, og behandles ikke nærmere i denne fremstilling.

## 2.2 Resipientundersøkelser

Enhver resipient har sine spesielle forhold og egenskaper som gjør den mer eller mindre egnet til å motta forurensninger og utsettes for påvirkninger. Det er nødvendig å foreta undersøkelser i hvert enkelt tilfelle for å kunne bedømme hvordan radioaktive stoffer, varme og andre faktorer etter utslippet fordeler seg og virker i systemet. Et primært krav til resipienten er at den har de nødvendige forutsetninger som sikrer en effektiv drift av anlegget. Dette gjelder først og fremst kjølekapasiteten og vannets korrosive egenskaper.

### 2.2.1 Nødvendige undersøkelser ved vurdering av flere lokaliseringalternativer

#### Fysisk oceanografi

For en tjenlig plassering av inntaks- og utslippssted i resipienten kreves kjennskap til de lokale strømforhold, bathygrafiske forhold, temperatur og saltholdighetsfordeling, volumer, overflate etc. På dette grunnlag beregnes resipientens kjølekapasitet og sjansene for resirkulasjon av det oppvarmede vannet. I tillegg til feltobservasjonene vil det være aktuelt med modellforsøk.

For å vurdere virkningene av varmtvannsutslippet i systemet på kortere og lengre sikt, er det nødvendig å betrakte resipienten, eller nærområdet, som en del av et større system. For anlegg som plasseres i fjorder, er det nødvendig både å se på de lokale utskiftningsforhold og på det større system, f.eks. tilstøtende fjord- og kystområder. Dette vil kreve omfattende målinger av strømforhold, temperatur, saltholdighet, oksygen osv. samt bathygrafiske forhold. Undersøkelsene må gi grunnlag for prognoser av temperaturfordelingen i resipienten under ulike forhold.

Stasjonsnett for de hydrografiske målinger må være tilstrekkelig omfattende til at hele resipientsystemet dekkes, og ikke bare nærområdet. For beregninger av temperaturutjevningsforløpet er det nødvendig numerisk å kunne beskrive vannutskiftningsmekanismene, islegging, vindforhold og andre meteorologiske data. Ved utslipp til overflaten og særlig i trange områder med stor skipsfart (Oslofjorden), vil en meteorologisk utredning om hva utslippet vil medføre av økte sjanser for dis, frostrøyk og tåkedannelse, være nødvendig. For forståelse av den kjemiske og biologiske situasjon i resipienten er det nødvendig å kjenne de hydrografiske forhold.

## Kjemisk oceanografi

Sjøvannets kjemiske sammensetning er relativt konstant med små regionale forskjeller. Likeledes er sjøvannet så godt bufret at pH ligger nokså konstant omkring eller litt over 8. Men lokalt kan det forekomme avvik på grunn av spesielle utslipp, eller som følge av spesielle hydrografiske forhold. Det kan f.eks. være anoksiske tilstander med dannelse av sulfider på grunn av et spesielt høyt biokjemisk oksygenforbruk, eller på grunn av stagnerende vannmasser. Program for slike hydrokjemiske undersøkelser omfatter analyser av pH, oksygenmetning, ledningsevne og spesielle kjemiske parametre. Det må foretas målinger gjennom hele året med f.eks. én måneds mellomrom på ulike stasjoner og på flere dyp. Observasjonsmaterialet må så settes i sammenheng med fjordområdetets samlede påvirkning gjennom ferskvannstilførsler og forurensninger.

Kjemiske undersøkelser kommer videre inn når det gjelder å vurdere resipientens generelle forurensningssituasjon, og dens kapasitet til å motta radioaktive isotoper. (Se nedenfor).

### Den generelle forurensningssituasjon og resipientens oksygenbalanse

Av avgjørende betydning for resipientbedømmelsen vil det være å klarlegge den eksisterende forurensningsbelastning, særlig med hensyn til plantenæringsstoffer (fosfor, nitrogen) og organiske stoffer som forbruker oksygen. Ved plasseringer av kjernekraftverk på den svenske østkyst fikk dette betydning ved valget av Forsmark nord for Stockholm i stedet for Trosa sør for Stockholm. Sistnevnte område er mest påvirket av forurensninger, og på grunn av den negative sammenhengen mellom forurensningsbelastning, temperaturøkning og oksygenreserve ble Forsmarkplasseringen prioritert. Det må her også tas hensyn til den videre industrialisering (og økte forurensningsbelastning) som vil kunne skje omkring et kjernekraftverk. I tillegg til en redusert løselighet av oksygen i sjøvannet med økende temperatur, skjer det en betydelig aktivitetsøkning i de oksygenkrevende biologiske prosesser. Samtidig fører det til en produksjonsøkning som gir større mengder dødt organisk stoff som skal nedbrytes. Som et eksempel på temperaturens innvirkning på produksjonsforholdene kan nevnes at det i Värtan (påtenkt resipient for et kjernekraftverk i Stockholm) ble påvist en produksjon av organisk karbon på ca. 36 tonn for hele vegetasjonsperioden i 1967. I 1968, med en middeltemperatur som gjennomsnittlig var 3-4 °C høyere, var produksjonen ca. 55 tonn, dvs. 55% høyere. Denne produksjonsøkningen var betinget av temperaturøkningen,

da næringstilgangen (som er stor i Värtan) var den samme de to årene. Den produksjonsøkning man vil erfare i ulike resipienter ved en temperaturøkning, vil være avhengig av tilgangen på vekstfremmende plantenæringsstoffer.

En undersøkelse av den alminnelige forurensningssituasjon og resipientens forhold og evne til å omsette forurensninger, vil bestå i:

Bearbeidelse av data fra tidligere undersøkelser.

Kartlegging og beskrivelse av de samlede tilførsler og utslipp i resipientssystemet.

Feltundersøkelser av hydrografiske, kjemiske og biologiske forhold.

De fysiske forhold og delvis de hydrokjemiske forhold vil sannsynligvis være dekket av de undersøkelser som er nevnt foran. Parametre som beskriver vannutskiftning og forurensningsforhold, bør måles gjennom 1-2 år med f.eks. 1 måneds mellomrom. Aktuelle parametre er: Temperatur, salinitet, oksygen (eventuelt  $H_2S$ ), pH, siktedyp, suspendert og løst stoff, ortofosfat, total fosfor, nitrat, ammonium, total nitrogen m.fl.

Biologiske undersøkelser vil gi det mest nyanserte bilde av forurensningssituasjonen, og muligheter for å bedømme effektene av en økt forurensningsbelastning. Slike undersøkelser bør omfatte: Benthosvegetasjon, bunnfauna, fytoplankton og zooplankton. For slike undersøkelser finnes alle grader av grundighet, fra en enkelt biologisk befaring til mer eller mindre kontinuerlige undersøkelser av hele organismespekteret. Som orienterende undersøkelser ved vurdering av flere alternative resipienter, skulle det for benthosorganismenes vedkommende være dekkende med to undersøkelsesperioder pr. år, hver av ca. én ukes varighet. For planktonet vil det være nødvendig med prøvetaking ca. hver 14. dag. I tillegg til feltundersøkelser vil det også bli aktuelt med eksperimentelle undersøkelser i laboratoriet (se nedenfor).

### Fiskeribiologiske undersøkelser

Fiskets omfang og betydning må klarlegges, både yrkesfiske og sportsfiske. Dette kan gjøres dels ved spørreskjemaer og bearbeidelse av tilgjengelige data, dels ved forsøksfiske hvis det tilgjengelige materialet er utilstrekkelig. Det er nødvendig å få opplysninger om bestandens størrelse og sammensetning, om områdets betydning som oppvekst- og lekområde, og om utslippet vil influere viktige vandringsveier. Omfanget og betydningen av fiske etter reke, krabbe og muslinger må kartlegges. En temperaturøkning i resipienten vil ha både direkte og indirekte effekt på fisket. Direkte letaleffekt vil neppe gjøre seg gjeldende utenfor et begrenset område nær utslippet. De subletale virkningene vil gjøre seg gjeldende i langt sterkere grad. Forskyvninger i balansen mellom forskjellige arter kan oppstå på grunn av forskjellig temperaturpreferanse og krav til oksygen. Et økt konkurransetrykk og redusert resistens overfor parasitter vil kunne favorisere enkelte arter på bekostning av andre. Likeledes vil forandringer på lavere trofiske nivåer kunne influere fisket ved at viktige næringsdyr påvirkes. Varmeutslippet vil virke tillokkende på en del fisk, særlig vinterstid, De kan da bli stående nær utslippet selv om det ikke er tilstrekkelig næringsgrunnlag.

### Resipientens egenskaper til å motta radioaktive stoffer

Ved kontinuerlig utslipp av radioaktive isotoper til resipienten betinger de hydrografiske forhold en mer eller mindre god fortynning og spredning, mens biologiske prosesser og binding til sedimentene fører til en anriking. Etter den hydrografisk betingede fortynning blir en radioaktiv isotop videre fortynnet i den stabile isotop som er til stede i det marine miljø. Denne isotopfortynning er avhengig av den fysiske/kjemiske form som radioisotopen foreligger i. Det største bidrag til det radioaktive utslipp kommer fra neutronaktiverte korrosjonsprodukter fra det primære kjølesystem. Ved bedømmelse av resipientegenskaper må forekomsten av de mest kritiske av disse nuklidene stabile isotoper kartlegges, både i vannet, sedimenter og i biota.

De radioaktive nuklidene vil stort sett følge de samme veier som sine tilsvarende stabile isotoper. Ved så å sammenholde mulige kontaktpunkter mellom mennesker, andre organismer og radioaktive isotoper, kan man finne frem til de mest kritiske isotoper og deres veier. På grunnlag



av de radioøkologiske undersøkelsene kan det maksimalt tillatte utslipp av de forskjellige isotoper beregnes, på bakgrunn av f.eks. ICRP's normer eller deler av disse.

De radioøkologiske undersøkelser som er nødvendige, vil omfatte analyser på sedimenter, vann og forskjellige typer organismer. På fisk vil det bli aktuelt å analysere på flere organsystem som kjøtt, bein, lever og gjeller.

Hvis det er mulig å redusere utslippene så sterkt at f.eks. bare 1/100 av de maksimalt tillatte stråledoser blir oppnådd, vil neppe resipientens immisjonsegenskaper noen gang bli av avgjørende betydning ved valg mellom flere alternativer. Det vil derfor være tilstrekkelig med begrensede radioøkologiske undersøkelser ved vurdering av flere alternativer, og utsette de mer omfattende undersøkelsene til det er gitt konsesjon for bygging.

#### 2.2.2 Undersøkelser ved innvilget konsesjon for byggested

Hensikten med disse undersøkelsene vil være å bedømme den miljøpåvirkning og de eventuelle skadelige effekter i resipienten som kan ventes ved anleggets drift. For i det hele tatt å kunne fremskaffe dokumentasjon for at de endringer som måtte observeres eller påstås etter igangsettelsen av anlegget kan tilskrives utslippene fra driften, er det nødvendig med et best mulig kjennskap til forholdene i det kompliserte akvatiske økosystem. I et slikt integrert system er det ikke tilstrekkelig å begrense seg til de "rene" effekter som kan tilskrives temperaturfaktor eller radioaktivitet. De fleste forandringer vil skyldes indirekte effekter og sammenhenger, og ytre seg som forskyvninger i balansen mellom organismegrupper (synøkologiske forandringer), med f.eks. nyinnvandring eller styrking av noen arter, og eliminasjon eller svekking av andre arter.

Det kan skje avgjørende forandringer som ikke ville kunne registreres og forklares uten bredt anlagte økologiske undersøkelser. Det kreves grunnleggende kjennskap til stoffomsetning, produksjonsforhold og organismeliv i resipienten, slik at fremtidige effekter kan tolkes på et adekvat grunnlag. For å kunne bedømme den naturlige sesongvariasjon og de vekslinger som skjer fra år til år, kreves sammenhengende og sammenliknbare data gjennom flere år. Det ville være ønskelig med parallelle undersøkelser også i et referanseområde som ikke blir påvirket av utslippene fra kjernekraftverket. I Sverige f.eks., har man funnet frem til et slikt kontrollområde for

Marviken og Simpevarp-verkene. Med de foreliggende norske alternativer i Østlandsområdet kan det bli vanskelig, hvis det i det hele tatt er mulig, å finne frem til egnede referanseområder. Disse vil få størst betydning for de fiskeribiologiske undersøkelser og undersøkelser av generelle biologiske forhold, og bør utredes spesielt i forbindelse med disse.

A. Perioden før utslipp finner sted (5-6 år)

Kartlegging av den naturlige bakgrunnsaktivitet og konsentrasjon av aktuelle elementer i vann, sedimenter og i organismer

Undersøkelser av de aktuelle elementers (bl.a. Fe, Co, Zn, Mn, Ni, Cr) fordeling og akkumulering i økosystemet for å fastlegge høyest tillatte utslipp av de forskjellige isotoper. Det må tas prøver av bunnfauna, fisk, plankton og benthos til flere tider av året, og dessuten for enkelte nuklidens vedkommende (enkelte fisjonsprodukter), eksperimentelt finne frem til konsentrasjonsfaktorer.

Floristiske, faunistiske og økologiske undersøkelser

Hensikten med disse undersøkelser vil være å skaffe tilstrekkelig bakgrunnskunnskap om det influerte resipientområdet til å kunne bedømme, forklare og dokumentere de forandringer som måtte finne sted etter at utslippet blir realisert. Dette er en stor oppgave og krever bredt anlagte synøkologiske undersøkelser. Undersøkelsene må konsentrere seg om effekter som det knytter seg næringsmessige interesser til, først og fremst fiske (i videste forstand). For å kunne forklare endringer i fiskeribiologiske forhold og skille dem fra naturlige vekslinger, er det nødvendig også med undersøkelser på andre trofiske nivåer, og med undersøkelser av produksjonsforhold.

Undersøkelser av benthosalgevegetasjonen bør gå over minst to år, og bør legges opp som en kvantitativ sosiologisk undersøkelse. Undersøkelser av bunnfauna bør likeledes strekke seg over flere år, og bør omfatte både en kvantitativ og kvalitativ beskrivelse av de dominerende dyresamfunn.

Undersøkelser av plankton bør omfatte kvantitativ bearbeidelse gjennom flere år.

### Fiskeribiologiske undersøkelser

Gjennom et nett av prøvefiskestasjoner etter et bestemt system med forskjellig fangstredskap, vil det være mulig å skaffe data om fiskefaunaens sammensetning, bestandenes størrelse, aldersfordeling, veksthastighet, viktigste fødeorganismer etc. I tillegg til disse data vil journalføring av fangster fra yrkesfiskere, ekkoloddsregistreringer og yngelundersøkelser kunne trekkes inn. I Sverige har det f.eks. vært drevet slikt prøvefiske i tilknytning til de svenske kjernekraftverk i snart 15 år, og de datamengder som kommer inn, blir bearbeidet gjennom et spesielt samarbeid mellom Statens Naturvårdsverk, Fiskeristyrelsen og IBM. Endringer i vandringsaktivitet og annen adferd vil kunne registreres ved merkeforsøk. Program for prøvefiske må utarbeides spesielt for hver lokalitet, men av varighet vil det være ca. én uke hver måned i de 5-6 årene før igangsettelsen av kraftverket, og tilsvarende like mange år etter. I tillegg kan det også bli aktuelt med parallelle undersøkelser på kontrollstasjoner som forventes å bli upåvirket av utslipp. Men det vil alltid være vanskelig å finne frem til et slikt område, og å vite at det virkelig er et sammenliknbart område. Likevel vil det utvilsomt komme til nytte ved tolkingen av resultatene fra de aktuelle utslippsområder.

Parallelt med de biologiske undersøkelser må det også gjøres hydrografiske tokt med måling av f.eks. temperatur, salinitet, oksygen, fosfor, nitrogen og turbiditet (se 2.4).

#### B. Perioden etter at utslippet er realisert

##### Kartlegging av radioaktivitet i vann, sediment og organismer

Disse undersøkelser må bli mer eller mindre permanente kontrollundersøkelser.

##### Fortsettelse av de biologiske undersøkelser som ble påbegynt 5-6 år før driftsstarten

Disse må fortsette etter samme metoder og retningslinjer.

### Hydrografiske undersøkelser

Disse må foretas for å se hvordan forholdene forandrer seg og stemmer overens med prognosene. Kartlegging av isotermer inngår i denne sammenheng.

### 2.3 Forskningsarbeid

Under begge hovedpunktene i resipientundersøkelsene (2.2.1 og 2.2.2) vil det være aktuelt med forskjellige eksperimentelle oppstillinger i laboratoriet for å utrede effekter av temperaturøkning og radioaktivitet under kontrollerte betingelser, dels utført på enkelte organismer, eller i naturlige biota i forsøksoppstillinger. Viktige undersøkelser vil være å klarlegge anriking av ulike nuklider i sedimenter, organismer og næringskjeder. Sedimentenes ionebytter-egenskaper og den biologiske halveringstid for viktige isotoper må bl.a. undersøkes.

Det foregår en omfattende forskningsvirksomhet på områdene termisk forurensning og radioøkologi. For å bygge opp en norsk kompetanse på området, kreves omfattende litteraturstudier, gjerne basert på samarbeidsgrupper mellom de aktuelle institusjoner. Avgrensningen mot genetiske og biokjemiske fagområder må avklares. Disse mer teoretiske studier vil gi et nødvendig supplement til feltundersøkelsene og gi mer grunnleggende innsikt i mekanismene bak forurensningseffektene.

På grunn av risikoen for miljøforstyrrelse vil det være ønskelig å unngå varmeutslippene til resipientene, og fra andre synspunkter vil det være formålstjenlig om denne energien kunne komme til nytte. Enten må overskuddsvarmen kunne anvendes til formål på land, eller hvis den tilføres vannet, må dens virkning komme til gode i et system med en kontrollert produksjon av ønskede arter (f.eks. fisk, muslinger, alger). Det bør arbeides spesielt med forskningsoppgaver for å ta hånd om overskuddsvarmen.

### 2.4 Arbeidsprogram

#### I. Forundersøkelser (før konsesjon for bygging)

##### 1. Fysisk oceanografi.

Lokale strøm- og utskiftningsforhold for vurdering av inntak og utslippssted.

### Hydrografiske undersøkelser

Disse må foretas for å se hvordan forholdene forandrer seg og stemmer overens med prognosene. Kartlegging av isotermer inngår i denne sammenheng.

### 2.3 Forskningsarbeid

Under begge hovedpunktene i resipientundersøkelsene (2.2.1 og 2.2.2) vil det være aktuelt med forskjellige eksperimentelle oppstillinger i laboratoriet for å utrede effekter av temperaturøkning og radioaktivitet under kontrollerte betingelser, dels utført på enkelte organismer, eller i naturlige biota i forsøksoppstillinger. Viktige undersøkelser vil være å klarlegge anriking av ulike nuklider i sedimenter, organismer og næringskjeder. Sedimentenes ionebytter-egenskaper og den biologiske halveringstid for viktige isotoper må bl.a. undersøkes.

Det foregår en omfattende forskningsvirksomhet på områdene termisk forurensning og radioøkologi. For å bygge opp en norsk kompetanse på området, kreves omfattende litteraturstudier, gjerne basert på samarbeidsgrupper mellom de aktuelle institusjoner. Avgrensningen mot genetiske og biokjemiske fagområder må avklares. Disse mer teoretiske studier vil gi et nødvendig supplement til feltundersøkelsene og gi mer grunnleggende innsikt i mekanismene bak forurensningseffektene.

På grunn av risikoen for miljøforstyrrelse vil det være ønskelig å unngå varmeutslippene til resipientene, og fra andre synspunkter vil det være formålstjenlig om denne energien kunne komme til nytte. Enten må overskuddsvarmen kunne anvendes til formål på land, eller hvis den tilføres vannet, må dens virkning komme til gode i et system med en kontrollert produksjon av ønskede arter (f.eks. fisk, muslinger, alger). Det bør arbeides spesielt med forskningsoppgaver for å ta hånd om overskuddsvarmen.

### 2.4 Arbeidsprogram

#### I. Forundersøkelser (før konsesjon for bygging)

##### 1. Fysisk oceanografi.

Lokale strøm- og utskiftningsforhold for vurdering av inntak og utslippssted.

Teknisk utredning av utslippsanordning.

Prognoser for temperaturfordeling etter utslipp, eventuelle modellforsøk.

Kumulative temperatureffekter i fjordsystemet, dvs. resipienten sett som en del av et helhetssystem.

2. Kjemiske undersøkelser.

Hydrokjemiske forhold.

Korrosjon (se 3.1).

3. Resipientens forurensningssituasjon.

Næringssaltinnhold.

Forurensningstilførsler til systemet (inklusive vurdering av fremtidig utvikling).

Oksygen, turbiditet.

Biologiske undersøkelser for forurensningsbedømmelse.

Vekstforsøk med alger.

4. Biologisk vurdering av begroingsproblemet (se 3.1 og 3.2).

Eventuell kartlegging av aktuelle arters forekomst og sesongvariasjon.

Vurdering av inntaksdyp og tiltak for kontroll av vekst.

5. Vurdering av det planlagte utslipps innvirkning på fisket. Yrkesfiskets omfang og art, oppvekstområder, vandringsveier for fisk.

II. Hovedundersøkelse (ved gitt konsesjon).

A. Perioden før utslipp.

1. Kartlegging av bakgrunnsaktivitet og radioøkologiske undersøkelser.

2. Biologiske undersøkelser (bredt anlagte økologiske undersøkelser).
3. Produksjonsmålinger.
4. Bonitering av fiske og andre fiskeribiologiske undersøkelser.
5. Hydrografiske undersøkelser.

B. Etter igangsettelsen.

1. Aktivitetsmålinger.
2. Biologiske undersøkelser (som under A).
3. Produksjonsmålinger ( " " A).
4. Fiskeundersøkelser ( " " A).
5. Hydrografiske undersøkelser.
6. Kartlegging av den aktuelle temperaturfordeling.
7. Kartlegging av strømmønsteret.

III. Eksperimentelle undersøkelser.

Anriking av isotoper, biologisk halveringstid.

Temperatureffekter under kontrollerte betingelser.

Vekstforsøk med alger.

2.5 Samarbeid mellom institusjoner

Dette punkt settes foreløpig åpent, det skal bare understrekes at det er behov for et utstrakt samarbeid mellom flere institusjoner for å kunne nyttiggjøre seg den foreliggende kompetanse i landet.

### 3. VANNKVALITETENS INNVIRKNING PÅ DRIFT AV KJERNEKRAFTVERK

#### 3.1 Vannkjemi og korrosjon

På møte i NVE 11. mars 1971 ble det diskutert et opplegg for undersøkelse av kjølevannsforholdene ved aktuelle byggesteder i Østlandsområdet for kjernekraftanlegg.

Da anleggene skal bruke sjøvann til kjøling, skal undersøkelsen gå ut på å klarlegge ved analyser og korrosjonsforsøk vannets korrosive egenskaper, og i den forbindelse mulighet for begroing i rørsystemene og vannets innhold av mekaniske forurensninger. Rør av kobberlegeringer avgir til vannet kobberioner, som er gift for vanlig begroing. Bakterier er mindre ømfintlige overfor kobberioner. Dersom bakterietallet i vannet er høyt, kan man i rør få bakteriell begroing som vil hindre at kobberioner kommer ut i vannet og dermed gir grunnlag for vanlig begroing. Med mekanisk forurensning menes sand eller slam som virvles opp fra bunnen av strøm eller bølgeslag. Undersøkelsen er et samarbeid mellom NIVA og Skipsteknisk forskningsinstitutt (SFI). NIVA samler inn vannprøver og utfører analysearbeidet, og SFI får vann av de samme prøver for bestemmelse av vannets korrosjonsindeks.

#### Prøvetaking

På ovennevnte møte ble angitt to mulige byggesteder, ett ved Oslofjorden i området Brenntangen - Son og ett i Langesundsfjorden. På et senere møte i NVE 3. mai d.å., ble byggestedene nærmere presisert. I Oslofjorden er det tre aktuelle byggesteder: Brenntangen, Son og Jeløya, og i Langesundsfjorden to: Bjønnes og Auen.

I Oslofjorden foreslås fire steder for innsamling av prøver:

1. Utenfor Brenntangen, merket KN 1
2. Utenfor Sonsåsen, merket MN 2
3. Utenfor Nestangen på Jeløya, merket NM 2
4. Utenfor Filtvet, merket LN 2.

Posisjonene for de forskjellige prøvetakingssteder er avmerket på vedlagte kartkopi. LN 2 skal overvåke Oslofjordens generelle forurensningstilstand.



I Langesundsfjorden foreslås fire steder for innsamling av prøver:

1. I Ormefjorden, merket EP 4
2. I Langangsfjorden mellom Bukkøya og Bjønnes, merket EP 5
3. I Vrangundet, merket FQ 1
4. I Mørjefjorden, merket GR 1.

Posisjonene er avmerket på vedlagte kartkopi.

På hvert prøvetakingssted foreslås prøver tatt på disse dyp: 0 m, 4 m, 8 m, 12 m, 16 m, 20 m, 30 m, 40 m og 50 m. Dypere enn 50 m vil det neppe bli aktuelt å gå med et inntak for kjølevann. Største dyp for prøver til bestemmelse av korrosjonsindeks er 40 m. Når det på prøvetakingsstedet er grunnere enn 30 m, blir det tatt prøve ved bunnen og i tillegg på 16 m.

Det foreslås at det i alle fall fra nå av og fremover, en årstid da variasjonene i sjøvannets kjemiske sammensetning erfaringsmessig er størst, tas prøver én gang pr. måned. Dersom det skulle vise seg at variasjonene i sjøvannets kjemi er små, vil vi komme tilbake med et forslag om å redusere programmet både med hensyn til prøvetakingshyppighet og antall dyp. I motsatt fall vil vi foreslå at programmet blir øket.

#### Analyser

I bilag til rapport fra NVE, SBM-3/71, er aktuelle analyseparametre listet. Parametrene ble diskutert på møte 11. mars 1971, men skal likevel kommenteres nærmere.

Svovelvannstoff eller sulfid er bare aktuell som analyseparameter når oksygeninnholdet er meget lavt. Av næringssalter vil også nitratinnholdet bli analysert. Ifølge litteraturen er normalt innhold av fosfater i uforurenset sjøvann: 0,001 - 0,10 ppm P, og nitrater: 0,001 - 0,6 ppm N.

Colibakterier vil neppe gi noen meningsfulle informasjoner. Innhold av termotabile colibakterier vil kanskje indikere mulig kloakkpåvirkning. Vannets potensielle evne til å underholde bakteriell begroing vil kunne bestemmes ved kintallsanalyser.

Innhold av faste stoffer bestemmes ved turbiditetsanalyser.

Oljeinnholdet i vannet er antakelig meget lavt. Analysen er forholdsvis kostbar og komplisert. På de første prøveserier har vi bare analysert olje i overflaten og på 20 meters dyp. Istedenfor olje vil vi foreslå analysert innhold av organisk karbon som også vil inkludere olje. Vi regner med å ha muligheter for slike analyser i den nærmeste fremtid. Innhold av organisk karbon i rent sjøvann ligger i området 0,6 - 6,0 ppm.

Som mål for det kjemiske oksygenforbruk ble dikromattallet foreslått. Dette er usikkert når det gjelder sjøvann, idet også kloridene blir oksydert. Innhold av organisk karbon er også et mål for det kjemiske oksygenforbruk.

Følgende analyser foreslås:

- Saltinnhold (salinitet)
- Temperatur
- Oksygen, eventuelt sulfid
- Surhetsgrad, pH
- Turbiditet
- Ammonium
- Ortofosfater
- Nitrater
- Kimtall (12 m, 20 m, 30 m)
- Organisk karbon.

Resultatene av disse analyser vil bli vurdert i forbindelse med de biologiske undersøkelser i de aktuelle resipienter (se 2.4).

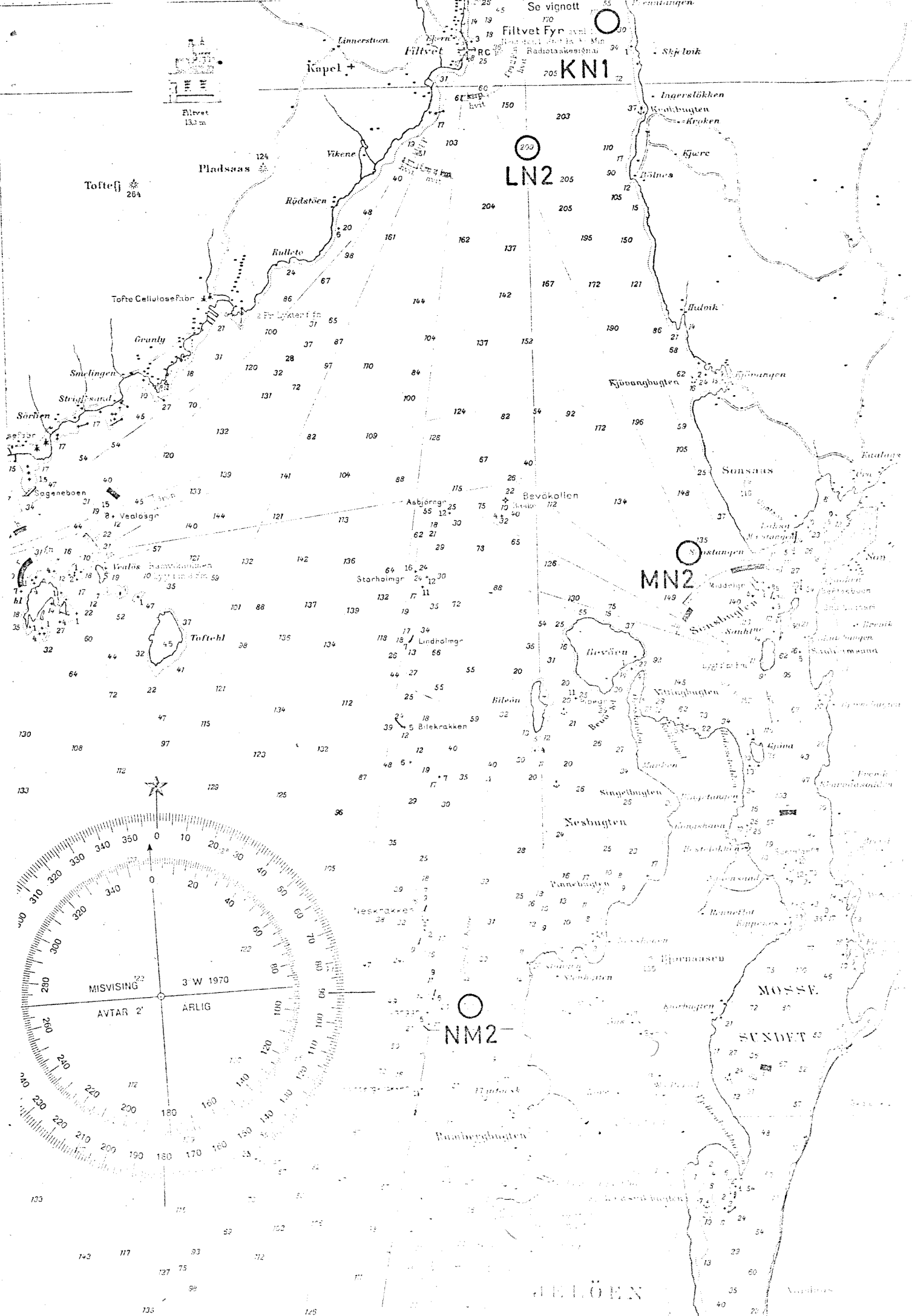
### 3.2 Undersøkelse av begroingsproblemene

Disse forhold studeres i sammenheng med oppgaven under 3.1.

Som en spesiell biologisk delundersøkelse vil det være aktuelt med en kartlegging av mulige begroingsorganismers forekomst og årssyklus til hjelp ved valg av sted og dyp for inntak, og for vurdering av eventuelle bekjempningsmetoder. Dette arbeidet utføres hensiktsmessig i tilknytning til undersøkelsen av den generelle forurensningssituasjon og resipientens oksygenbalanse (se side 5).



Filtvet 13.3 m



Toftelåg 26.4

Pladsaas

Kapel +

Filtvet

LN2

KN1

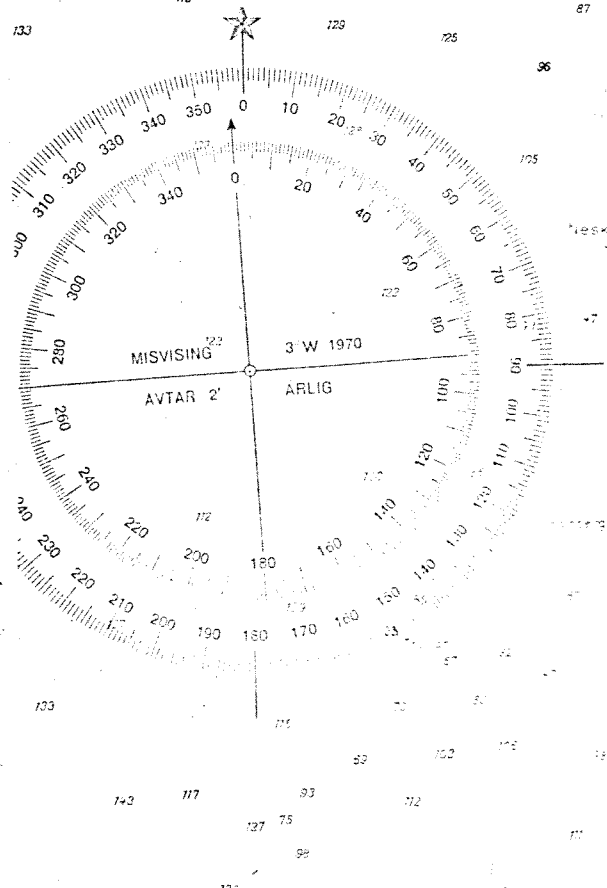
MN2

NM2

MOSSE

SUNDET

DELÖEN



MISVISING 12.2

3° W 1970

AVTAR 2'

ÄRLIG

14.2

11.7

13.7

7.5

11.2

15.2

11.2

11.1

13.5

12.5

13

2.9

6.0

5.4

2.9

4.0

2.0

4.0

2.0

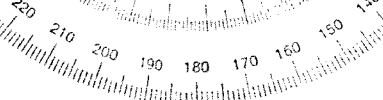
3.5

2.0

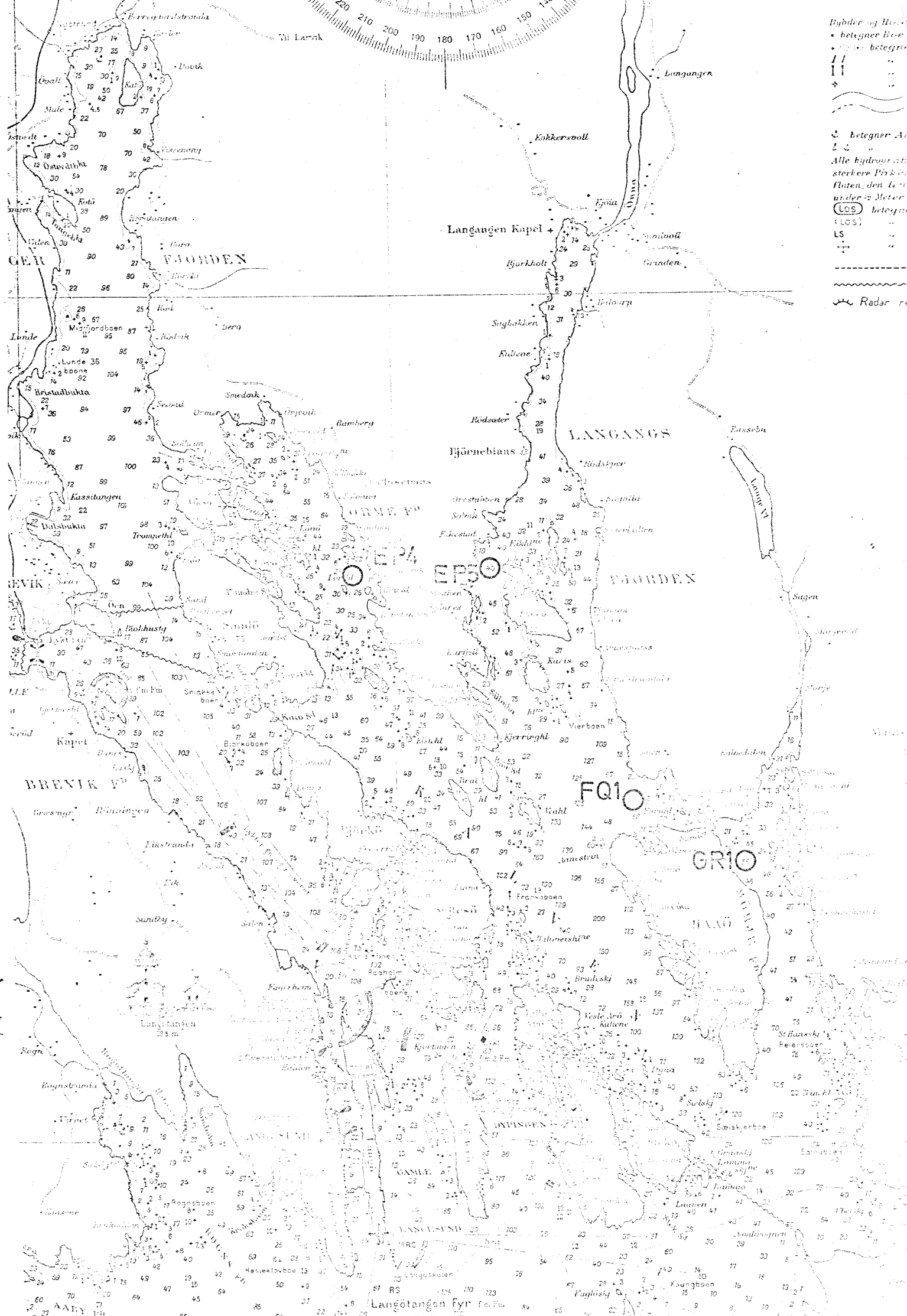
4.0

2.0

2.0



- Hydder og Hæder  
 \* betegner Bøer  
 • • • • • betegner  
 II ..  
 I ..  
 + ..  
 & betegner A  
 L ..  
 Alle hydrografi  
 stærkere Pløker  
 flaten, den ligger  
 under 2 Meter  
 (LOS) betegnelse  
 (LOS)  
 LS ..  
 + ..  
 ---  
 ~~~~~  
 Radar re



EP50

FQ10

GR10

Langøtangen fyr