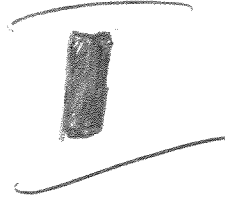


NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN



O - 177/70

N O T A T

om

UNDERSØKELSE AV VANN- OG FORURENSNINGSPROBLEMER

VED ATOMKRAFTVERK

Blindern, 10. mars 1971

Jan Rueness

cand.real.

INNHALDSFORTEGNELSE:

	Side:
1. INNLEDNING	3
2. OVERSIKT OVER MOMENTER OG PROBLEMSTILLINGER SOM KNYTTER SEG TIL ATOMKRAFTVERK, VANN- OG FOR- URENSNINGSPROBLEMER	4
2.1 Problemer som oppstår i anlegget	4
2.1.1 Korrosjon	4
2.1.2 Begroing	4
2.1.3 Resirkulasjon	4
2.2 Problemer som oppstår i omgivelsene	4
2.2.1 Radioaktivitet	4
2.2.2 Termisk påvirkning	7
2.2.3 Andre forurensningsfaktorer	9
3. DET VIDERE ARBEID	10

1. INNLEDNING

Den 19. november 1970 ble det avholdt et møte mellom representanter for Direktoratet for statskraftverkene og NIVA, der det ble konkludert med at NIVA starter et innledende arbeid med å formulere et forslag til fremgangsmåte og gjennomføring av nødvendige arbeidsoppgaver vedrørende vann- og forurensningsproblemer ved de hovedalternativer for lokalisering av atomkraftverk som Statskraftverkene har pekt ut (kfr. vårt skriv RTA 9/12 1970). I denne innledningsfasen er det meningen at NIVA skaffer seg oversikt over problemområdet ved litteraturstudier, besøk ved utenlandske institusjoner, og samtidig tar en foreløpig kontakt med aktuelle innenlandske institusjoner som kan bidra. Dette innledende arbeidet skal resultere i en rapport til Statskraftverkene, som kan tjene som grunnlag for det videre arbeid.

Av utenlandske kontakter er det i første omgang mest nærliggende å etablere slike med institusjoner i England og Sverige. England er pionerlandet med hensyn til utbygging av atomkraftverk, og vi har foreløpig tatt kontakt med Central Electricity Generating Board (CEGB).

I Sverige blir de miljømessige vilkår for lokalisering av atomkraftverk vurdert av Statens Naturvårdsverk, som har etablert en egen seksjon (radio-ekologiska sektionen) under ledelse av dr. Ulf Grimås, som behandler disse spørsmål. NIVA har fra tidligere en vel etablert kontakt med Naturvårdsverket, og det er gjort arrangement for et besøk ved den radio-økologiske seksjonen og aktuelle anlegg i Sverige i løpet av mars. Det har også vært tatt kontakt med byrådirektør Ulf Ehlin i Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) vedrørende de fysiske-oceanografiske prosesser ved kjølevannsutslipp fra atomkraftverk. Videre har vi henvendt oss til International Atomic Energy Agency (IAEA) i Wien, med forespørsel om spesielle informasjon.

I det følgende avsnitt er det gitt en oversikt over momenter og problemstillinger som knytter seg til miljøpåvirkning og lokaliseringvilkår for atomkraftverk ved sjøen. Denne oversikt gir bare en teoretisk tilnærming til problemområdet, uten at det fremgår hvordan den praktiske gjennomføring av nødvendige arbeidsoppgaver skal skje. Oversikten er hovedsakelig ment å tjene vår egen orientering og behandling av saken. Det vil bli utarbeidet en rapport hvor det blir lagt frem forslag til et konkret arbeidsprogram for undersøkelser.

2. OVERSIKT OVER MOMENTER OG PROBLEMSTILLINGER SOM KNYTTER SEG TIL ATOMKRAFTVERK, VANN- OG FORURENSNINGSPROBLEMER

Vann- og forurensningsproblemer ved drift av atomkraftverk faller i to grupper:

2.1 Problemer som oppstår i anlegget

Dette gjelder først og fremst kjølevannssystemet, der det er flere typer vanskeligheter som kan tenkes å oppstå og medføre driftsulemper, og nedsette en effektiv kjøling.

2.1.1 Korrosjon

Korrosjonsproblemer i kjølevannssystemet vil kunne oppstå, og kravene til vannets kjemiske kvalitet vil være avhengig av materialene som blir brukt. Temperaturforholdene er også av betydning, og må vurderes ved valg av inntaksdyp.

2.1.2 Begroing

Dette gir ofte problemer, og skyldes at forskjellige organismer (muslinger, rur, kalkrørsmark etc.) fester seg (som regel som larver) til inntaksrørets innervegger. Inntakets beliggenhet er av betydning for hvilke organismer som vil skape problemer, og en biologisk bedømmelse vil kunne få betydning ved et slikt valg.

2.1.3 Resirkulasjon

Nedsatt kjøleeffekt kan tenkes å oppstå ved at det oppvarmede kjølevannet tilblandes inntaksvannet. Ved undersøkelser av de lokale vannutskiftningsforhold og ved beregninger, skulle dette problem kunne forebygges.

2.2 Problemer som oppstår i omgivelsene

Vi kan skille mellom tre grupper av forurensningskilder (radioaktiv, termisk og annen forurensning), men deres biologiske virkninger vil, som i alle forurensningssituasjoner, være avhengig av det samlede økologiske "stress".

2.2.1 Radioaktivitet

Det radioaktive avfall fra atomkraftverk kan deles i to kategorier:

a) De høyradioaktive stoffer, som hovedsakelig utgjøres av oppbrukte brenselstaver og andre komponenter fra reaktoren. Dette avfall plasseres i spesielle avfallslagre, eller emballeres tilstrekkelig og sendes til anrikingsanlegg (reprosessering) utenlands. Problemene som knytter seg til de høyradioaktive stoffer, er ikke tatt med i den følgende oversikt.

b) Det lavradioaktive avfall tilføres dels atmosfæren fra høye skorsteiner, dels sjøen ved at avfallet, etter å ha passert et rense- og måleanlegg, kommer ut i kjølevannsstrømmen. Det er denne siste kilde som er av betydning i den følgende oversikt.

Med hensyn til det radioaktive avfall kan en også skille mellom det som tilføres under kontrollerte betingelser, og det som vil kunne tilføres ved uhell i anlegget. I siste tilfelle vil sikkerhetsanordningene være av betydning.

Avfallet består av mange isotoper som foreligger i forskjellig form og kjemisk forbindelse, og disse vil fordele seg i resipienten på forskjellig måte. Det er derfor nødvendig å vurdere de enkelte komponenter som avfallet består av hver for seg.

Fordelingen av avfallet i resipienten vil være avhengig av følgende forhold og prosesser:

Fortynning og spredning

Disse prosesser vil være avhengig av følgende forhold:

- 1) Hydrografiske forhold (f.eks. vannmassenes lagdeling betinget av temperatur og saltholdighetsgradienter).
- 2) Turbulent blanding (vannbevegelse betinget av tidevannsforhold, vindforhold, lufttrykk, strøm, bølger etc.).
- 3) Topografiske forhold (terskler eller andre barrierer som betinger endrede blandings- og utskiftningsforhold).

Transport

- 1) Strøm
- 2) Organismers vandring (f.eks. nekton, fugl)

Konsentrering av radioaktivt avfall ved fysisk/kjemiske prosesser

- 1) Adsorpsjon, felling og anriking i sedimenter
- 2) Ionebytte

Konsentrering ved biologiske prosesser

- 1) Akkumulering av de enkelte isotoper hos den enkelte organisme.

Anriking av enkelte kjemiske elementer forekommer i stor utstrekning hos de fleste organismer. Denne akkumulering er oftest artsspesifikk, og er også forskjellig i de ulike vevstyper som organismen består av (muskulatur, bein, lever etc.).

- 2) Anriking i de forskjellige trinn i næringskjeden. Av særlig interesse er de næringskjeder som fører frem til mennesket.
- 3) Anriking i sedimenter ved biologiske prosesser (biologisk nedbrytning, "filterfeeding", dvs. partikler som holdes tilbake og som tilføres sedimentene med ekskrementer fra dyr etc.).

Spesiell interesse knytter det seg til menneskets kontakt med det radioaktive avfall, og vi kan skille mellom:

- A. Den ytre påvirkning ved opphold og kontakt med omgivelsene.
- B. Påvirkning gjennom fødeopptak, med særlig tanke på de næringskjeder som fører frem til produkter som brukes til mat for mennesker. De biologiske effekter av den radioaktive stråling kan være:
 - a. Skade eller genetisk forandring hos den enkelte organisme.
 - b. Endringer i organismesamfunnenes oppbygging som følge av genetisk påvirkning.

Det er her viktig å skille mellom en kortsiktig og en langsiktig effekt. Relativt mye er kjent om den kortsiktige effekt av forholdsvis høye stråledoser, men lite om langtidseffekter av en relativt liten økning i bakgrunnsstrålingen.

2.2.2 Termisk påvirkning (Temperaturøkning i resipienten)

Ved et anlegg av den aktuelle størrelse og type, går ca. 65% av den produserte varmeenergi tapt til kjølevannet. Kjølevannsmengden vil være ca. $100 \text{ m}^3/\text{s}$, og ha en overtemperatur på $8 - 10^\circ\text{C}$ ved utslippet (i overflaten). Det oppvarmede kjølevannet kan tenkes anvendt til forskjellige formål (industriformål, boligoppvarming, oppdrett av fisk/skjell, oppvarming av dyrket mark, inndunsting etc.), men slike muligheter er ikke behandlet i denne betraktning.

Prognoser og modeller for temperaturutlikningsforløpet ved utslipp av oppvarmet kjølevann er meget kompliserte å stille opp. Temperatursenkingsforløpet skjer dels ved varmeavgivelse til atmosfæren, dels ved blandingsprosesser mellom kjølevannet og det kaldere resipientvann. Blandingsforløpet kan deles i to faser: 1) Initialfasen, som varer inntil kjølevannets kinetiske energi er brukt opp (dvs. kjølevannets egenstrøm opphører) og 2) Sekundærfasen, som er et blandingsforløp betinget av resipientens egne egenskaper (lagdeling, turbulens, strøm etc.). Den første nedkjøling skjer raskt, men en temperaturstigning på f.eks $0,1^\circ\text{C}$ i overflaten vil kunne erfares i et område på et titall km^2 fra utslippsstedet.

Virkingen av en temperaturstigning i resipienten kan være direkte på fysisk/kjemiske forhold, og direkte og indirekte på biologiske forhold.

Fysisk/kjemiske effekter ved utslipp av oppvarmet vann

A. Reduksjon av gassens oppløselighet.

Tilstanden for oksygen er av særlig interesse da oksygentilgangen ofte er en kritisk faktor for den biologiske aktivitet, og da temperaturstigningen også fører til et økt biologisk oksygenbehov (se nedenfor). Særlig gjelder dette i områder hvor andre forurensningsbelastninger forekommer.

B. Dis/tåkedannelse, og endrede isleggingsforhold.

C. Tetthets- og stabilitetsendringer.

Vannmassenes termiske lagdeling vil kunne påvirkes, og derved frembringe endringer i de hydrografiske forhold.

I tillegg kommer den virkning som selve avløpsstrømmen kan få på de lokale strøm- og utskiftningsforhold i resipienten.

Biologiske effekter

Det har alltid vært knyttet stor interesse til temperaturen som økologisk faktor, og mye er kjent om de enkelte arters reaksjon på forskjellige temperaturforhold, både fra laboratorieeksperimenter og fra observasjoner i naturlige omgivelser. For vurderingen av virkningen ved vedvarende utslipp av vann med overtemperaturer på organismesamfunnene i resipienten, kommer tidligere informasjoner sannsynligvis til liten nytte. Virkningene vil være forskjellige til forskjellige årstider. Likeledes må betydningen av periodevis stans i driften (ved brenselsbytte, reparasjoner etc.) eventuelt vurderes.

A. Direkte biologisk virkning.

1. Temperaturen virker direkte på kjemiske og enzymatiske prosesser, og fører generelt til en økning i omsetningshastigheten innenfor visse grenser. Virkningen på organismene er oftest artsspesifikk og ytrer seg ved artenes forskjellige temperaturkrav. For hver art kan en fastlegge dens optimaltemperatur, letaltemperatur, forhold til temperaturvekslinger (steno- og euryterme arter). Virkningen er også avhengig av organismenes utviklingsstadium (reproduksjonsstadier, yngel, voksen etc.). Et viktig forhold er videre den tidsavhengige tilpasning til endrede økologiske forhold (her temperaturstigning) som man finner hos mange organismer. Denne akklimatisering gjør seg gjeldende i forskjellig grad, og er en ontogenetisk adaptasjon, dvs. er erhvervet under den enkelte organismes utvikling, og er ikke genetisk (arvelig).
2. Virkning på organismenes fertilitet og fenologi (=tidspunkt og rekkefølge i livsytringer). Temperaturen virker i kombinasjon med andre faktorer, som f.eks. daglengden, inn på dannelsen og utviklingen av formeringsorganer hos mange organismer. En temperaturstigning vil f.eks. kunne føre til en for tidlig fertilitet, og derav følgende forskyvninger i samspillet mellom organismene innen organismesamfunnet (synøkologiske forandringer).

3. Virkning på organismenes resistens (overfor parasitter, toksiske stoffer etc.).
4. Virkning på dyrs etologi (atferd), f.eks. ved gyting, lek, migrasjon etc. Flere fiskeslag foretar nærings- eller gytevandring, og ledes av ofte subtile gradienter i vannkvaliteten. Selv temperaturgradienter på $0,1^{\circ}\text{C}$ kan føre til atferdsendringer, og for fiskeslag som følger kysten og fjordene for å gå opp i elvene (laks, ørret, ål etc.) kan den termiske forurensning føre til komplikasjoner i vandringsveiene.

B. Indirekte biologiske virkninger.

1. Endringer i organismesamfunnene som følge av de direkte virkninger nevnt foran. Endringer i det naturlige miljø (her temperaturforholdene) fører lett til forskyvninger mellom artene i et organismesamfunn. Enkelte arter vil være favorisert ved de endringer som skjer, og disse vil kunne utkonkurrere andre arter som utnytter samme biotop. Eller nye arter kan trenge inn og forskyve artsbalansen.
2. Sammenhengen mellom temperaturforholdene og tilgjengelig oksygen. I tillegg til den reduserte løselighet av oksygen i vann med økende temperatur (se foran), fører også en temperaturstigning til en økning i oksygenkrevende biologiske prosesser (respirasjon, nedbrytning av organisk materiale). For vurderingen av dette samspill mellom temperatur og oksygen vil den øvrige forurensningssituasjon være av vesentlig betydning, særlig slik forurensning som fører til økning av de organiske stoffer (eutrofiering, organisk forurensning).

2.2.3 Andre forurensningsfaktorer

Til denne gruppe hører faktorer som påvirker miljøet, men som ikke skyldes temperaturøkning eller radioaktivitet, og omfatter mer trivielle problemer i forbindelse med:

- a) Kloakkvannsforurensninger fra sanitærinneanlegg.
- b) Ikke-radioaktive giftstoffer fra prosesser i anlegget.

- c) Påvirkning av organismer som passerer kjølevannssystemet (mekanisk, kjemisk, termisk, strålingsmessig).
- d) Forurensning fra kjemikaliebehandling for å unngå begroing og korrosjon i kjølevannssystemet.

3. DET VIDERE ARBEID

Det vil bli utarbeidet et forslag til arbeidsprogram for de resipientundersøkelser som vi mener er nødvendige.

Vi kan skille mellom tre typer undersøkelser. Den første type er av mer orienterende karakter, der hovedtrekkene i de hydrografiske og biologiske forhold og vannkvalitet kartlegges ved de forskjellige lokaliseringalternativer. Slike undersøkelser er allerede i gang i samarbeid med VHL i Trondheim. Den andre type undersøkelser vil være meget omfattende og grundig for hver av de aktuelle lokaliteter.

Denne type undersøkelser vil strekke seg over flere år, og vil omfatte mange delundersøkelser, der ekspertise fra flere institusjoner i stor utstrekning må trekkes inn.

Undersøkelsene bør naturligvis først og fremst foretas i det aktuelle utslippsområdet, og den geografiske og tidsmessige avgrensning vil være forskjellig for de enkeltundersøkelser som utføres. Men det bør samtidig forsøkes å finne frem til et område, som presumptivt forblir upåvirket ved anleggets drift, og som derfor kan tjene som et referanseområde ved vurderingen av atomkraftverkets miljøpåvirkning. Et slikt referanseområde bør i biologisk og hydrografisk henseende være mest mulig likt (sammenliknbart) med hovedområdet, og bør derfor ikke ligge for langt borte, men samtidig ikke for nær.

Både i hydrografiske og biologiske forhold forekommer det betydelige naturlige vekslinger med årstiden, og også vekslinger fra år til år. Det vil derfor for det første være aktuelt med helårsundersøkelser, og dessuten med en del enkeltundersøkelser som strekker seg over flere år.

Erfaringer fra utlandet vil komme til nytte med hensyn til metoder og mer prinsipielle spørsmål, men det må fremheves at ethvert område har sine

spesielle forhold med hensyn til fauna, flora, topografi, hydrografi etc., og det gjør at observasjoner og erfaringer fra andre områder bare i begrenset grad kommer til nytte.

Den tredje type undersøkelser omfatter den mer langsiktige og kontinuerlige oppfølging og kontroll av forholdene i resipienten.