

983

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

0 - 96/77

PROGRAMFORSLAG

Kullkraftverk - vannforurensninger vedrørende
lagring av kull og deponering av aske

Blindern, 11. november 1977

Saksbehandler: Øivind Tryland

Medarbeider: Ivar N. Haugen

Instituttssjef: Kjell Baalsrud

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	3
2. BAKGRUNN OG BEGRENSNINGER	3
3. VANN FRA KULLAGRE OG ASKEDEPONIER	5
3.1 Kullagre	5
3.2 Askedeponier	7
4. PROGRAMFORSLAG	10
4.1 Kull- og askeprøver fra utenlandske kullkraftverk	10
4.2 Vannprøver fra utenlandske kullkraftverk	10
4.3 Utvasking av kull- og askeprøver	11
4.4 Kjemiske analyser	11
4.5 Biologiske tester (biotester)	12
4.5.1 Generelt	12
4.5.2 Fisketester	12
4.5.3 Algetester	13
4.5.4 Bakterietest	13
4.5.5 Krepsdyr og blåskjell	13
4.6 Omkostninger	14
4.6.1 Alternativ 1	14
4.6.2 Alternativ 2	14
4.7 Tidsbehov	15
5. REFERANSER	16

TABELLFORTEGNELSE

1. Analyser av avløp fra kullagre (etter Rice and Strauss, 1977)	6
2. Analyser av avløpsvann fra askebasseng ved et amerikansk kullkraftverk (etter Rice and Strauss, 1977)	8

1. INNLEDNING

Statskraftverkene, Norges Vassdrags- og elektrisitetsvesen (NVE) har henvendt seg til Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i forbindelse med lagring av kull og deponering av aske ved eventuelt kullkraftverk i Norge.

I møte ved NVE, Oslo, 5. oktober d.å., ble problemstillingen nærmere klarlagt. Følgende var til stede på møtet: I. Devold, T. Føyn, I. Haga, P. Storebø, alle fra NVE, samt R. T. Arnesen og Ø. Tryland, begge fra NIVA.

På møtet ble NIVA gitt i oppdrag å foreslå hva som må undersøkes i forbindelse med dreinsvann eller avløpsvann fra kullagre og askedeponier. Det ble avtalt at NIVA foreslår et program med omkostninger og tidsbehov for de undersøkelser som NIVA anser for nødvendige.

I denne rapporten presenteres NIVAs programforslag sett ut fra dagens situasjon og med begrensninger som er omtalt. Rapporten gir først en kort omtale av NVEs planer, samt noen opplysninger hentet fra utenlandske publikasjoner.

Programforslaget er presentert som to alternativer.

2. BAKGRUNN OG BEGRENSNINGER

På møtet 5. oktober omtalte varmekraftsjef I. Haga NVEs planer vedrørende kullkraftverk i Østlandsområdet og det gjengis kort noen hovedpunkter.

Et kullkraftverk på 2 x 600 MW i Østlandsområdet er ansett for å være nødvendig innen 10 - 12 år for å dekke områdets behov for elektrisk energi.

I løpet av 1978 vil NVE søke om konsesjon for et slikt kullkraftverk. Derfor er det behov for å få utredet hvilke vannforurensninger som kan komme på tale.

Kraftverket vil eventuelt bli plassert nær sjøen og sjøvann vil bli benyttet til kjølevann og sannsynligvis også til avsvovling av røkgasser.

Spørsmål i forbindelse med kjølevann er tidligere utredet, det samme gjelder til dels avløpsvann fra SO₂-fjerning av røkgasser. Disse typer avløpsvann er derfor ikke omtalt i programforslaget.

Programforslaget er begrenset til å omfatte vannforurensninger som eventuelt kan oppstå som følge av lagring av kull og deponering av aske.

Både kull og aske vil bli lagret og deponert på land. Årsforbruket av kull ventes å bli ca. 1,5 mill. tonn og askemengden ca. 150000 tonn/år. NVE har forutsatt at asken må deponeres, da det pr. i dag ikke er muligheter for å bruke aske til noe. Kullagrene vil i følge NVE anslagsvis bli på 50 - 100 mål. Askedeponiet vil etter hvert bli dekket med jord og beplantet. En del av askedeponiet vil imidlertid være eksponert for utvasking på grunn av nedbør. Både kull og aske vil antagelig bli lagret/deponert tørt. Periodevis vanning på grunn av støv kan bli nødvendig. Vannmengdene som kommer fra kullagre og askemengder vil avhenge av nedbørmengde, overflateareal m.m. Det er i dag vanskelig å forutse hvor store vannmengdene og forurensningsmengdene som må tilføres en resipient vil bli.

Kullkraftverket vil eventuelt bli plassert nær sjøen. De aktuelle lokaliseringalternativene er de samme som tilfellet var ved oljekraftverk (Oljekraftutredning, NVE, 1976). I dette programforslaget er ingen undersøkelser/vurderinger av lokale forurensninger inkludert. Undersøkelsene som foreslås er derfor av generell karakter.

Drensvann fra kullagre og askedeponier (senere omtalt som avløpsvann) vil antagelig bli ført i rørledninger til sjø etter at det er behandlet. De fleste foreslåtte biotestene vil derfor bli utført på sjøvannsorganismer. Man kan imidlertid ikke se helt bort fra at ferskvann i kraftverkets nærområde vil bli påvirket som følge av kullagring og askedeponering. Det foreslås derfor en biotest med ferskvannsfisk.

Sveveasken som fjernes i partikkelutskillere ved kullkraftverk vil ifølge NVE bli transportert som tørt eller fuktig materiale til askedeponi.

Asken vil ikke bli transportert med vann slik det gjøres ved noen utenlandske kullfyrte kraftverker. Slagg vil heller ikke bli transportert med vann ut fra kraftverket.

3. VANN FRA KULLAGRE OG ASKEDEPONIER

3.1 Kullagre

Sammensetning til avløpsvann (drensvann) fra kullagre ved kullfyrte kraftverk er beskrevet i en amerikansk rapport (Rice and Strauss, 1977). I tabell 1 er analyseresultatene vist for "coal pile runoff at selected plants".

Analyseresultatene vist i tabell 1 varierer meget fra ett kullkraftverk til et annet. Det henger sammen med at ulike kulltyper kan inneholde svært forskjellige mengder av de enkelte stoffene. Måten kullene lagres på, nedbørmengder m.m. er faktorer som også influerer på avløpsvannets sammensetning.

Rice and Strauss, 1977, nevner at kullenes innhold av pyritt (jernsulfid) er av særlig stor betydning i forbindelse med utvasking fra kullagre. De naturgitte reaksjonene mellom kullmineralene (særlig pyritt) regnvann og luftens oksygen vil produsere metallsulfater og svovelsyre. Syren som produseres vil utløse mange andre komplekse forbindelser og noen eller alle av følgende elementer: aluminium, sink, kobber, kadmium, beryllium, nikkel, krom, vanadium, sølv og bly.

I litteraturen er det ikke funnet noen analysedata for de enkelte typer organiske forbindelser i avløp fra kullagre. Det tenkes her på fenoler, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og liknende forbindelser. PAH-forbindelser har i den senere tid fått økt oppmerksomhet på grunn av sine mulige kreftfremkallende virkninger.

Tabell 1. Analyser av avløp fra kullagre (etter Rice and Strauss, 1977).

Kraftverk	A	B	C	D	E	F	G
Parameter							
Surhetsgrad, pH	2,8	3	2,7	2,1	6,6	6,6	4,4
Suspendert stoff, mg/l	610	22	-	100	-	-	200
Oppløst stoff, mg/l	-	7743	-	28970	-	-	5800
Ammonium, mg/l	0	1,77	-	-	-	-	1,35
Nitrat, mg/l	0,3	1,9	-	-	-	-	1,8
Fosfor, mg/l	-	1,2	-	-	-	-	-
Turbiditet, JTU	505	-	-	-	2,77	6,13	-
Sulfat, mg/l	525	5231	6837	19000	-	-	861
Klorid, "	3,6	481	-	-	-	-	-
Natrium, "	1260	160	-	-	-	-	-
Magnesium, "	0	89	-	-	-	-	174
Aluminium, "	-	-	-	1200	-	-	-
Krom, "	0	0,37	-	15,7	-	-	0,05
Jern, "	0,2	-	0,4	4700	1,05	0,9	0,06
Kobber, "	1,6	-	-	1,8	-	-	-
Sink, "	1,6	2,4	-	12,5	-	-	0,006

3.2 Askedeponier

Askemengden som dannes i et kullfyrt kraftverk avhenger av kull sammensetning, forbrenningsbetingelser m.m. I følge Rice and Strauss, 1977, utgjør produsert askemengde fra 8% til 18% av forbrent kullmengde. Man skiller vanligvis mellom slagg (bottom ash) og flyveaske (fly ash). Mengden flyveaske utgjør fra 20% til 80% av den totale askemengde (Rice and Strauss, 1977). Mengden uforbrent karbon i asken er i området 2 - 10% (Dansk rapport 1976). Flyveasken kan bli et betydelig vannforurensningsproblem hvis den transporteres med vann fra partikkelutskiller til sedimenteringsbasseng.

Ved kullfyrte kraftverk i USA og Danmark transporteres asken med vann fra kraftverk til askedeponi. Vannmengdene som benyttes er omkring $40 \text{ m}^3/\text{døgn}/\text{MW}$ (Rice and Strauss, 1977).

Flyveasken kan ha en vannløselighet på flere prosent. Slagg har en langt mindre løselighet i vann.

Flyveaskepartikler synker også langsomt til bunns i sedimenteringsbasseng. En del av flyteaskepartiklene er dessuten hule og lette og vil flotere.

Analyseresultater for avløp fra askebasseng ved et stort kullfyrt kraftverk i USA er vist i tabell 2. Hovedmengden av det oppløste stoff er kalsium, magnesium, natrium, kalium og sulfat. Avløpet inneholdt også en del aluminium, jern, nikkel og sink samt mindre mengder krom, kobber, arsen, kadmium og bly.

Tabell 2. Analyser av avløpsvann fra askebasseng ved et amerikansk kullkraftverk
(etter Rice and Strauss, 1977).

Parameter	Flyveaskebasseng			Slaggbasseng		
	Min.	Middel	Maks.	Min.	Middel	Maks.
Vannmengde, m ³ /h	704	1411	1998	1022	3668	5223
Surhetsgrad, pH	3,6	4,4	6,3	4,1	7,2	7,9
Konduktivitet, uhmos/cm	615	810	1125	210	322	910
Oppløst stoff, mg/l	141	508	820	69	167	404
Suspendert stoff "	2	62,5	256	5	60	657
Sulfat "	240	357,5	440	41	49	80
Klorid "	5	7	14	5	8	15
Ammonium, mg N/l	0,02	0,43	1,4	0,04	0,12	0,34
Cyanid, mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Beryllium, "	<0,01	0,011	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
Magnesium, "	9,4	14	20	0,3	5,85	9,3
Aluminium, "	3,6	7,2	8,8	0,5	3,5	8,0
Silisium, mg SiO ₂ /l	10	12,6	15	6,1	7,4	8,6
Kalsium, mg/l	94	136	180	23	40	67
Krom, µg/l	12	67	170	<5	9	23
Mangan, "	290	480	630	70	160	260
Jern, "	330	1440	6600	1700	5290	1100
Nikkel, "	60	1100	130	50	<59	120
Kobber, "	160	310	450	<10	65	140
Sink, "	1100	1510	2700	20	90	160
Arsen, "	<5	10	23	2	6	15
Selen, "	<1	1,9	4	<1	2	4
Sølv, "	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Kadmium, "	23	37	52	<1	1,1	2
Kvikksølv, "	<0,2	0,3	0,6	<0,2	0,7	2,6
Bly, "	<10	58	200	<10	16	31

Ved Institutt for atomenergi (IFA) 1977 er det også foretatt utvaskingsforsøk av aske og slagg samt utført analyser av tungmetaller i utvasket vann. Prøvene av Sveakull og Polargokull ble forasket ved IFA. I motsetning til den refererte amerikanske rapporten, jfr. tabell 2, ble utvasket vann alkalisk. Dessuten ble forholdsvis små mengder tungmetaller påvist i utvasket vann.

Utvasking av aske er også omtalt i en dansk rapport (Århus, 1976). Aske fra Isefjordværket ble utvasket ved pH 4,5 og 8,0. Meget små mengder tungmetaller ble utvasket, utvasket vann ble også her alkalisk. Ved utvasking av askeprøver med kunstig sjøvann var metallinnholdet i utvasket vann noe større. Toksikologiske undersøkelser er også omtalt i denne danske rapporten. Alger, bakterier, zoo-plankton og rekeyngel var testorganismer. Rapporten konkluderer med at det ikke kunne påvises noen giftvirkninger til vandige ekstrakter. I bilaget til rapporten er det imidlertid nevnt at det bare er benyttet ferskvannsalger og ferskvann zooplankton og at "den fundne (ganske ringe) giftighet skyldes derfor antagelig blot vandets saltholdighet". Videre nevnes at undersøkelsene skal gjentas med en alge- og en zooplankton-kultur fra Limfjorden og først når de nye resultatene foreligger "kan det med sikkerhed afgjøres om prøverne er giftige eller ej".

Ved det danske Masnedøværket brukes sjøvann for asketransporten fra kraftverket til askebasseng (SEAS, 1975). Det nevnes at asken sedimenterer raskt i bassenget. Utløpet fra askebasseng inneholdt 0,18 mg Cr/l, forøvrig var det små mengder tungmetaller.

Ovenfor er det gitt en del data fra noen rapporter og publikasjoner. Det er imidlertid ikke foretatt noen grundig gjennomgåelse av litteraturen.

Med bakgrunn i det vi pr. i dag vet om de aktuelle vannproblemene foreslår vi at det bør utføres biotester og kjemiske analyser på den type avløp som kan forventes ved et norsk kullkraftverk. En mulighet er å bruke kull- og askeprøver fra f.eks. tre utenlandske kullkraftverk. En annen mulighet er å hente de aktuelle vannprøver fra utenlandske kullkraftverk og utføre undersøkelsene i Norge. Dette siste er kanskje det mest aktuelle alternativet.

4. PROGRAMFORSLAG

Følgende programforslag må sees i sammenheng med det forannevnte. Det er presentert to alternativer, jfr. kap 4.6. Med bistand fra NVE i forbindelse med innsamling av kull- og askeprøver eller vannprøver kan programmet utføres innen april 1978. NIVA må i så fall få klarsignal i løpet av desember 1977.

4.1 Kull- og askeprøver fra utenlandske kullkraftverk

Innholdet av makro- og mikrokomponenter kan variere meget fra en kulltype til en annen. Likeså vil antagelig utvaskbarheten til stoffer i kullene avhenge av kullenes opprinnelse. Det foreslås derfor at 3 ulike kulltyper utvelges.

På tilsvarende måte kan askens sammensetning variere innenfor vide grenser. Askesammensetningen avhenger dessuten av forbrenningsbetingelser, slagginnhold m.m. Det foreslås at askeprøvene som utvelges stammer fra tre ulike kullkraftverk. Disse askeprøvene bør være "ferske prøver" og må ikke være behandlet med vann. Ved kraftverkene som askeprøvene hentes fra bør f.eks. ikke asken være transportert med vann til askebasseng. Det vil antagelig være naturlig å hente kull og aske fra det samme kraftverk.

Det trengs en kullmengde på ca. 100 liter av hver type. Tilsvarende gjelder askeprøvene.

Sammensetningen til kull- og askeprøvene bør være kjent forut for undersøkelser ved NIVA. Omkostninger for faststoffanalyser er ikke inkludert i dette programforslaget.

Dette, kap. 4.1, må ansees som et alternativ til kap. 4.2.

4.2 Vannprøver fra utenlandske kullkraftverk

Det mest representative vil antagelig være å hente vannprøver fra eksisterende kullagre og askedeponier ved utenlandske kullkraftverk. Vi har ikke

vært i kontakt med utenlandske verk angående dette, men vi anser det som mulig å gjennomføre. Vi antar at NVE kan ta de nødvendige kontakter utenlands. Det foreslås at undersøkelsene omfatter tre kullkraftverk.

Det foreslås også at vannprøvene stammer fra kullkraftverk der det ikke brukes vann for asketransporten.

Forutsatt at man innen en måned får avklaret prøvetakingen med kullkraftverk i f.eks. Danmark og V-Tyskland, kan denne prøvetakingen foregå i desember 1977. Prøvetakingen kan kombineres med befaringer og registreringer av vannforurensningsproblemer. Det foreslås at en person fra NVE og en fra NIVA utfører dette.

4.3 Utvasking av kull- og askeprøver

Eventuelle utvaskingsforsøk av kull/aske må sees som alternativ til henting av vannprøver, jfr. kap. 4.1. Hvis det velges å benytte kull- og askeprøver fra utenlandske kullkraftverk, vil disse prøvene bli behandlet med vann. Utvaskingen tenkes å foregå i beholdere med kull/aske under dusjing med springvann tilsatt svovelsyre inntil pH 4,3. Vann som trenger gjennom, oppsamles, filtreres og analyseres. Giftvirkninger til oppløste stoffer i utvasket vann vil bli undersøkt på utvalgte biologiske organismer.

Ved utvasking av kull/askeprøver ved NIVA vil man neppe få så representative prøver som ved prøvetaking ved utenlandske verk.

4.4 Kjemiske analyser

Det foreslås at vannprøvene (6 stk.) analyseres med hensyn til uorganiske og organiske komponenter. De fleste komponentene som er vist i tabell 2 bør inkluderes. I tillegg foreslås analyser av fenoler, PAH-forbindelser og totalinnhold av organisk stoff.

Alle analysene, med unntak av suspendert stoff, vil bli foretatt på filtrerte prøver.

4.5 Biologiske tester (biotester)

4.5.1 Generelt

Virkninger av ulike typer stoffer kan testes i laboratoriet på en rekke organismer. Virkningene man undersøker er f.eks. dødelighet eller akkumulering av bestemte stoffer. Ved å teste flere typer organismer får man mer utfyllende opplysninger om virkninger enn om man tester bare en type organismer. Vi har derfor foreslått å utføre biotester med minst tre hovedtyper organismer: fisk, alger og bakterier. I to av alternativene foreslås også tester med krepsdyr og blåskjell.

Testene utføres enten med avløpsvann hentet fra utenlandske kullkraftverk eller med vann utvasket i laboratoriet. Biotestene vil bli utført med filtrerte vannprøver. Utgangspunktet for biotestene er å undersøke om vannprøvene inneholder stoffer som er akutt giftige (letale virkninger).

4.5.2 Fisketester

Laksefisk (*Salmo salar*)

Forsøkene utføres med årsyngel av laks (4-5 cm) i glassakvarier. Testløsningene lages ved å blande avløpsvann og laboratorievann i forskjellige konsentrasjoner. Antall fisk som dør registreres. Den konsentrasjon som dreper 50% av fiskene i løpet av 4 døgn (LC50 - 4 døgn) vil bli beregnet, forutsatt at det er markerte giftvirkninger. NIVAs vanlige fremgangsmåte ved fisketester vil bli benyttet.

Stingsild (*Gasterosteus aculeatus*)

Metodikken er den samme som for laksefisk. Forsøkene vil bli utført i sjøvann. Resultatene presenteres på tilsvarende måte.

4.5.3 Algetester

Ved algetestene vil det bli undersøkt om avløpsvannet inneholder stoffer som forårsaker giftvirkninger overfor alger. NIVAs vanlige prosedyre baserer seg på å registrere avvik i den normale vekstkurven til algene ved forskjellige konsentrasjoner av avløpsvann. Det vil bare bli benyttet én type alge, en sjøvannsalge (*Phaeodactylum tricorutum*).

4.5.4 Bakterietest

Dette er som de forannevnte biotestene, en test for å undersøke toksisitet. I dette tilfellet vil giftvirkningen til stoffer i avløpsvann bli undersøkt på mikroorganismer som nedbryter organisk stoff. NIVAs vanlige prosedyre går ut på å registrere oksygenopptaket manometrisk under nedbrytning av en standardløsning av organisk stoff ved forskjellige konsentrasjoner av avløpsvann. Testen vil bli utført i sjøvannsmedium. Ut fra kurver over oksygenopptak som funksjon av tid, vil man kunne avgjøre om avløpsvannet virker giftig på mikroorganismene.

4.5.5 Krepsdyr og blåskjell

Krepsdyrene (*Gammarus* spp.) som foreslås testet (jfr. alternativ 4.6.1 og 4.6.2) tåler både brakkvann og sjøvann. Det samme gjelder blåskjell (*Mytilus edulis*). De er derfor egnet for biotester der det ikke er 100% sjøvann, slik som i blandinger av avløpsvann og sjøvann.

Testene med krepsdyr og blåskjell vil foregå parallelt i akvarier. Ulike fortyninger av de enkelte prøvene avløpsvann i sjøvann vil bli undersøkt ved å registrere letale virkninger i løpet av testtiden.

Gammarus og blåskjell må innsamles fra sjøen for eventuelle forsøk.

4.6 Omkostninger

4.6.1 Alternativ 1

Alternativ 1: "Vannprøver fra kullkraftverk, full biotest".

1. Forberedende arbeid	ca. kr.	25.000,-
2. Innsamling av vannprøver ved 3 utenlandske kullkraftverk	" "	20.000,-
3. Kjemiske analyser	" "	30.000,-
4. Biotester		
4.1 Laksefisk og stingsild	" "	35.000,-
4.2 Alger	" "	18.000,-
4.3 Bakterier	" "	18.000,-
4.4 Krepsdyr og blåskjell	" "	40.000,-
5. Vurdering av resultater og rapportskrivning	" "	45.000,-
6. Diverse	" "	5.000,-
		<hr/>
Alt. 1 SUM	ca. kr.	236.000,- =====

4.6.2 Alternativ 2

Alternativ 2: "Utvasking av kull/aske, full biotest".

1. Forberedende arbeid	ca. kr.	25.000,-
2. Utvasking av kull/aske (6 prøver)	" "	20.000,-
3. Kjemiske analyser	" "	30.000,-
4. Biotester		
4.1 Laksefisk og stingsild	" "	35.000,-
4.2 Alger	" "	18.000,-
4.3 Bakterier	" "	18.000,-
4.4 Krepsdyr og blåskjell	" "	40.000,-
5. Vurdering av resultater og rapportskrivning	" "	45.000,-
6. Diverse (inkl. innkjøp av utstyr)	" "	15.000,-
		<hr/>
Alt. 2 SUM	ca. kr.	246.000,- =====

4.7 Tidsbehov

Innhenting av prøver (vannprøver eller kull/aske-prøver) kan eventuelt foregå i desember 1977. Biotester og kjemiske analyser kan i så fall foregå i januar og februar 1978.

Rapporten kan foreligge i april 1978.

5. REFERANSER

- Rice, J. K. and Strauss, S.D.: "Water pollution control in steam plants". Power, April 1977.
- NVE, Statskraftverkene, Varmekraftavdelingen:
"Utredning vedrørende oljekraftverk i Østlandsområdet". Feb. 1976.
- "Rapport over den fysisk-kemiske sammensætning af flyveaske og slagge stammende fra el-produktion, specielt med henblik på deponeringen af asken". Århus, februar 1976.
- SEAS, "Masnedøværket blok 11 - rapport om askeudskylning". Hoslev, 18. juni 1975.