

NILU
TEKNISK NOTAT NR: 12/80
REFERANSE: 0380
DATO: AUGUST 1980

NILUs BIDRAG TIL
NTNFs AD HOC UTVALG OM
ENERGI OG FORURENSNINGER

BJARNE SIVERTSEN

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM
NORGE

FORORD

NTNF v/Forurensningskomitéen har nedsatt et utvalg som skal utrede FoU-behovet innen området "Energi og forurensninger". Utvalgets mandat og sammensetning er vist i Vedlegg A.

Utvalget, hvor undertegnede er medlem, behandler FoU-behovet innenfor de tre hovedgrupper av energibærere: vannkraft, fossilfyrte kraftverk (olje, kull, gass, biomasse, avfall) og s.k. alternative energikilder (sol, vind, bølger o.a.). Utvalget skal se på FoU-behovet utfra et forurensningssynspunkt. Hele "forurensningskjeden" blir vurdert: karakterisering av utslipp, prosess- og renseteknologi, spredningsmekanismer og ikke minst virknings-siden.

NILU har i denne forbindelse fått ansvaret for å koordinere og samle inn materiale angående "immisjoner, spredningsforhold, forurensningers påvirkning på økosystemet (økosystem-modeller, virkninger på flora og fauna, klimavirkninger), korrosjon i det ytre miljø og virkninger av alternative energikilder".

Undertegnede har mottatt delbidrag eller kommentarer fra følgende personer (tilfeldig rekkefølge):

K. Garder	IFE
J. Nitteberg	"
H.M. Seip	SI
R. Horntvedt	NISK
E. Steines	U.I. Trondheim
Ø. Hov	U.I. Oslo
A. Semb	NILU
H. Dovland	"
Y. Gotaas	"

Jeg takker for verdifull hjelp og bistad, og presiserer at denne rapporten er sammenstilt vesentlig som et internt referansedokument for å samle våre originalbidrag til NTNFs ad hoc utvalg.

Lillestrøm, August 1980
Bjarne Sivertsen

<u>INNHOOLD</u>	Side
5 SPREDNING AV FORURENSNINGER	7
5.1 Spredning fra høye skorsteiner	7
5.1.1 Kontinuerlige utslipp	7
5.1.2 Puffmodeller for kortvarige utslipp	8
5.1.3 Spesielle meteorologiske situasjoner, røyknedslag	9
5.1.4 Mesoskala spredning	10
5.1.5 Modeller på stor skala (>300 km)	12
5.2 Arealkilder	13
5.3 Utslipp fra deponier	15
5.3.1 Utslipp til luft	15
5.4 Avsetning- og utfellingsmekanismer	16
5.4.1 Tørravsetning	16
5.4.2 Avsetning ved nedbør	17
5.5 Transformasjoner, kjemiske prosesser	18
5.6 Prøvetaking og analysemetoder	19
5.6.1 Metoder som anvendes i dag	19
5.6.2 Aktuelle FoU-behov	22
6 VIRKNINGER AV FORURENSNINGER	23
6.1 Økologiske modeller for opptak og anrikning	23
6.2 Økologiske virkninger	30
6.2.1 SO ₂ og nitrogenoksyder og ozon. Direkte virkninger på planter	30
6.2.2 Sur nedbør	34
6.2.3 Mikroforurensninger	38
6.2.3.1 Sporelementer	38
6.2.3.2 Organiske mikroforurensninger	40
6.5 Klima	42
6.6 Virkninger på materialer	45
7 ANDRE FORNYBARE ENERGIKILDER	48
7.1 Solenergi	48
7.2 Vindenergi	49
7.3 Bølgeenergi	51
7.4 Andre energigenereringsformer	52
VEDLEGG A	53

5 SPREDNING AV FORURENSNINGER

Sprednings-
modeller fra
kilde til
mottaker

Dette kapitlet beskriver hva som skjer med forurensningene fra de forlater kilden til de ankommer mottakeren, som kan være menneske, dyr, planter, materialer, vann, jord eller andre media. Spredningsmodellene starter vanligvis med en beskrivelse av utslippene og ender med konsentrasjoner i luft eller avsatt mengde på spesifiserte overflater. Disse konsentrasjonene kan videre anvendes i eksposisjons/effektmodeller, som er nærmere beskrevet i kapittel 6.1.

Transport,
spredning
kjemiske
reaksjoner
og avset-
ninger virker
samtidig

Forurensninger som slipper ut fra energiproduksjon gjennomgår i atmosfæren transformasjoner og vekselvirker med jordoverflaten, gjenstander, flora og fauna samtidig som luftmassene transporteres og diffunderer. Nedenfor har en valgt å først beskrive transport og diffusjonsprosessene og deretter reaksjoner og depositions mekanismer, selv om disse mekanismene alltid er tilstede samtidig.

5.1 Spredning fra høye skorsteiner

5.1.1 Kontinuerlige utslipp

Problemstilling

Gauss-
modeller

Formler (gaussiske spredningsmodeller) for beregning av spredning fra punktkilder er utviklet og anvendt for korte avstander (< 10 km) korte og lange midlingstider. Modellene er basert på gaussisk konsentrasjonsfordeling horisontalt og vertikalt vinkelrett på middelvindretningen (langs plumens akse). Disse modellene har også til en viss grad vært anvendt til å estimere tørr og våt deponisjon i nærheten av punktkilder. Modeller av denne type er de mest anvendte idag og er beskrevet i litteraturen (se f.eks. NORDFORSK).

FoU-behov

tilpasning
spredn.
parametre
topografi

For å beregne konsentrasjonene må en tilpasse spredningsparametre og meteorologiske data for det aktuelle beregningsområdet. Her vil det alltid være aktuelt å gjøre undersøkelser av topografiske og meteorologiske forhold.

lite
FoU
behov

En ser ikke behov for noe stort FoU arbeid på dette felt når det gjelder modellutviklingen. Verifikasjon av spredningsparametre for norske forhold kunne være det eneste av interesse.

5.1.2 Puffmodeller for kortvarige utslipp

Problemstilling

Puff
langs
baner

Beregning av spredning av kortvarige utslipp (puff) kan skje under stasjonære eller ikke stasjonære spredningsforhold over homogent eller inhomogent underlag. I det enkleste tilfellet kan hele utslippet behandles som ett "puff". Puffet (røykskyen) beveger seg langs en bane (trajektorie) som er bestemt av vindfeltet. Diffusjonsprosessene bestemmer konsentrasjonsfordelingen innen skyen. Ved ikke-stasjonære forhold må selv et kortvarig utslipp deles opp i puff med så kort varighet at spredningsforholdene i hvert av disse kan anses som konstante. Slike modeller har vært etablert i forbindelse med industriutslipp i Norge.

Pågående FoU

Fra et NORDFORSK-samarbeid innenfor feltet Mesoskala spredningsmodeller er en kjent med at det utvikles puffmodeller i Finland og Sverige. I USA er puffmodeller bl.a. anvendt på beregninger av transport på flere 10-talls kilometer av forurensninger fra varmekraftverk. I Norge etableres slike modeller, der det er spesielle behov i forbindelse med utredninger.

FoU-behov

Når det gjelder kortvarige utslipp i komplisert terreng er det fortsatt et behov for å forbedre modellsiden.

5.1.3 Spesielle meteorologiske situasjoner, røyknedslag

Problemstilling

De maksimale korttidskonsentrasjonene i bakkenivå som resultat av utslipp fra høye skorsteiner forekommer som regel i situasjoner med røyknedslag.

Røyknedslag
i sjøbris

ved solopp-
varming om
morgenen

grense-
sjikt-
modeller

Røyknedslag kan forekomme i sjøbrissituasjoner ved oppvarming og instabilisering av den stabile sjøbrisen, når denne transporterer forurensningene inn over land, eller ved oppbrudd av en natteinversjon på grunn av soloppvarming over land om dagen. For å beskrive disse prosessene tilfredsstillende må en benytte modeller for det atmosfæriske grensesjikt. Det finnes en mengde forskjellige typer av slike modeller, fra de mest forenklete beskrivelsene (av spesielle fenomen som blandingshøyde) til de mest kompliserte tredimensjonale modeller, som matematisk beskriver turbulensens struktur i grensesjikt (Deardorff). Selv enkle modeller finnes bare i meget begrenset omfang i Norge.

Pågående FoU

Det pågår fortløpende arbeid i USA på å forberede modelleringen av såkalte forurensningsepisoder. Også i Norden har resultater av slike modeller vært presentert (SNODAS).

FoU-behov

må forberede
modellering
av atm.
grensesjikt

En generell forbedring av modelleringen av det atmosfæriske grensesjikt som basis for beregning av spredningen av forurensninger er ønskelig. Dette vil også gi bedre modeller for belastningen under spesielle meteorologiske situasjoner.

5.1.4 Mesoskala spredning

Problemstilling

Fra meso-
skala
modeller

variable
meteorolog-
iske forhold
i mesoskala

På lokal skala (på avstander mindre enn ca. 10 km) og på regional skala (> 300 km) er det utført en rekke arbeider som involverer bruk av modeller for spredning av luftforurensninger. På mellomskalaen (mesoskala) finnes det idag få etablerte modeller, og det finnes kun få referanser til oppgaver der mesoskala modeller allerede har vært anvendt i Norden (NORDFORSK). På mesoskala (10-300 km) opptrer meteorologiske sirkulasjonssystemer som er karakterisert ved at vind og turbulensforholdene varierer sterkt med tiden. Transporttidene er slik at kjemiske reaksjoner og avsetning betyr mye. Systemer som har betydning for beregning av spredning av luftforurensninger på disse avstander er f.eks. land-sjøbris i kystområder, der en har store inhomogeniteter i underlagets ruhet og i vertikal varmefluks, eller fjell-dalvinder som opptrer i områder med kompleks topografi. Typiske spredningstider i mesoskala er 6-24 timer. Det betyr at vind og turbulens-forholdene endrer seg under transporten. Dessuten vil det på denne skala være viktig å kunne modellere reaksjoner og avsetningsmekanismene.

Mesoskalamodellene er særlig viktig for å vurdere belastningen over byområder fra store anlegg med høye punktutslipp, lokalisert noen titalls kilometer fra byområdet.

Puff/
trajektorie
modeller

For å behandle situasjoner der transport og spredningsforholdene endrer seg i tiden, kan en anvende puff/trajektoriemodeller. Utslippene deles da opp i korte avsnitt (puff). Hvert puff transporteres langs banen (trajektoriene) beskrevet av vindfeltet ved hvert tidspunkt samtidig som det skjer reaksjoner og avsetninger fra puffet. Det totale bidraget (middelkonsentrasjonen) fas ved å summere opp bidragene fra hvert puff i det ønskete mottakerpunkt over den midlingstiden en ønsker.

Mesoskala
modeller
krever
utviklings-
arbeid

Grunnlaget for slike modeller finnes i litteraturen. Det er foretatt en del beregninger i Norge, men denne type modeller krever ennå en god del utviklingsarbeid etter at et konkret anlegg er lokalisert og spesifisert.

Pågående_FoU

Modeller for mesoskalasirkulasjoner arbeides det med i mange land. Anvendelsen av slike modeller for beregning av luftforurensningers spredning er imidlertid meget begrenset. Det finnes grupper i USA (Penn.state, Brookhaven, Lawrence Livermore etc) som arbeider med slike modeller.

Spredning fra svært høye skorsteiner er også et mesoskala-problem, som studeres ved en rekke anlegg i utlandet (Canada, Tyskland).

I Norge synes forskningsinnsatsen på dette feltet å være noe sporadisk. De arbeidene som utføres er etablert i forbindelse med konkrete utredningsoppgaver (nedre Telemark), der det har vært gjort forsøk på å gi en integrert modellbeskrivelse av utslipp, meteorologi og kjemiske prosesser både på lokal skala samt vekselvirkninger med prosesser på mesoskala.

FoU-behov

Det er et stort behov for å forbedre beregningsmetodene for spredning på skala 10-300 km, særlig fordi dette har betydning for vurdering av belastningen fra store anlegg (varmekraftverk) på byområder hvor en på forhånd er hardt belastet av forurensninger.

En fortsettelse av det nordiske samarbeidet som ble initiert gjennom NORDFORSK vil ha stor betydning for bl.a. å få enhetlige metoder i de nordiske land.

forbedrer
beregnings-
nøyaktigheten
i komplisert
terreng

For norske forhold vil slike modeller også kunne anvendes til å forbedre beregningsnøyaktigheten i områder med vanskelige topografiske forhold. En burde i Norge i større grad anvende modeller av den typen som er beskrevet ovenfor. Stasjonære gaussiske modeller, "tøyes" altfor ofte til å gjelde på avstander der forutsetningene ikke lengre er gjeldende (> 20 km). Også studier av terreng-effekter må inngå i dette arbeidet.

5.1.5 Modeller på stor skala (>300 km)

lang-
transport
modeller
finnes

Slike modeller har vært utviklet og anvendt ved NILU i forbindelse med OECD-prosjektet Long Range Transport of Air Pollutants (LRTAP).

Pågående FoU-aktivitet i det Europeiske overvåking-programet som nå pågår, er det etablert en gruppe ved det Norske Meteorologiske Institutt, som skal ha ansvaret for modeller på denne skalaen.

Hensikten med og forskning som nå pågår er å:

- a) beskrive omsetningen av emittert SO_2 til sulfat og deponert SO_2 , samt å sette opp budsjett for svovelets kretsløp både i korte episoder og over lengre tidsperioder.

- b) utvide kjemidelen av trajektoriemodellen med utslippsfelter for HC og NO_x og beskrive dannelsen av sekundære stoffer i atmosfæren, (ozon, nitrat og sulfat) (samarbeid MI - UiO).

Det er liten grunn til å gjøre mer innsats på dette feltet i Norge med tanke på forurensning fra energiproduksjon.

5.2 Arealkilder

Problemstilling

mange
små
kilder

En arealkilde består ofte av mange små kilder spredt over et større byområde eller en definert del av byområdet (1x1 km ruter f.eks.), og er typisk for beskrivelsen av utslipp fra boligoppvarming.

hus-
oppvarming

Modeller for spredning fra arealkilder skiller seg fra punktkildemodellene hovedsakelig ved beskrivelsen av utslippene, men også ved valg av spredningsparametre (diffusjonskoeffisienter).

Gauss-
modeller
fra areal-
kilder

Det finnes en rekke modeller basert på gaussiske spredningsformler som beregner spredningen av luftforurensninger fra et stort antall kilder over en by (NATO/CCMS). Kildene kan beskrives ved et begrenset antall arealkilder (formulert etter forskjellige metoder) eller et stort antall punktkilder, eller en kombinasjon av arealkilder og punktkilder. Modellene summerer opp bidragene i gitte punkter (grid) fra alle kildene. Slike modeller er også utviklet og anvendt i Norge ("Kilder").

boks-
modeller

Et byområde kan også deles inn i en eller flere bokser med gitt lengde, bredde og høyde. I hver boks antas konsentrasjonen å være konstant. En budsjettlikning tar hensyn til strømmen av stoff inn og ut av hver boks. Denne likningen kan også ta hensyn

til kilder, avsetning, kjemiske reaksjoner etc. Slike boksmodeller er anskuelige og relativt enkle å anvende. Enkle boksmodeller anvendes i mange tilfeller for å gjøre estimat av middelkonsentrasjonen i et begrenset område.

numeriske
modeller

Modeller som numerisk løser diffusjonslikningene er de mest avanserte arealkildemodellene. Noen av de arbeidene som er utført nøyter seg med å løse bare adveksjonsdelen (dvs. transporten med middelvinden) av likningene. Slike modeller kan beregne transport av forurensninger i et ikke-stasjonært inhomogent vindfelt som resultat av utslipp fra arealkilder. Modeller som løser diffusjonslikningene i sin helhet, forutsetter at en kjenner verdien av de turbulente diffusjonskoeffisientene.

Pågående FoU

arealkilde-
modeller
anvendes i
Norge

Det finnes i Norge et relativt godt grunnlag for å beskrive spredningen fra arealkilder. Det utføres idag et stort arbeid i Oslo-området for å beregne bidragene fra de forskjellige forurensningskildene (K.E.Grønskei, NILU).

FoU-behov

Den framtidige forskningsinnsatsen bør konsentrere seg om følgende områder:

- kildemodellering/estimering
- bedre vindfeltmodellering/datagrunnlag
- tilpassing/komplisert norsk terreng
- verifisering
- forbedring av reaksjons/avsetningsmodelleringen.

5.3 Utslipp fra deponier

5.3.1 Utslipp til luft

Problemstilling

Fra kull-lagre og askehauger kan det avblåse eller avdampe støv og gasser til atmosfæren.

Pågående FoU

Arbeidet med kvantifisering av utslipp fra deponier har vært foreslått som et Nordisk samarbeid.

FoU-behov

Når det gjelder spredning av utslipp til luft fra deponier, representerer avblåsning et problem en ikke har data for i Norge. Det er behov for å finne ut hva som eksisterer av upubliserte kunnskaper på dette felt i utlandet, og om ønskelig ta opp problemene som eget forskningsprogram i Norge.

Følgende forhold må studeres:

- utslippsfaktorer fra kull-lagring og askedeponier.
- modellering av avblåsning
- kontrolltiltaks innvirkning på avdunsting/avblåsning
- måling av konsentrasjoner på nedvindsiden av kull/aske deponi bør foretas.

aske

5.4 Avsetning- og utfellingsmekanismer

5.4.1 Tørravsetning

Problemstilling

data for
avsetnings-
hastighet
Vg
mangelfulle

Tørravsetning er tilførsel av forurensninger fra luften til jordoverflaten (vegetasjon o.l.) ved alle andre prosesser enn nedbør. Dette er det felt av avsetningsmekanismene som fra et modellsynspunkt er best beskrevet, men empiriske data for avsetningshastigheten eller motstandsleddene (totalmotstand er den inverse av avsetningshastighet) for forskjellige komponenter er mangelfulle. Tørravsetningen av de vanligste gassformige utslippene fra forbrenning synes å være bedre kjent enn avsetningen av toksiske partikler. Partikkelavsetningen er dessuten avhengig av partikkelstørrelsesfordelingene og overflateegenskapene. Disse forhold har tidligere vært tilfredsstillende beskrevet.

Pågående FoU

Det finnes oversikter over behandlingen av tørravsetning i modellsammenheng (Gotaas, Atmos.Env. Dubrovnik), som kan tilpasses problemene omkring energiproduksjon). Tørravsetning ble også undersøkt i forbindelse med SNSF-prosjektet i Norge, og en del av denne forskningen fortsetter.

FoU-behov

Framtidig forskning i Norge bør konsentreres om:

- numeriske modeller for avsetning ("surface depletion")
- avsetning av toksiske elementer (partikler)
- avsetning av partikler på snøflate (bedre data for avsetningshastigheter)
- tørravsetning over skogområder og terreng med stor ruhet.

5.4.2 Avsetning ved nedbør

Problemstilling

utfelling
ved flere
prosesser
washout
rainout

Utfellingen av forurensninger ved nedbør består av flere prosesser, som er mer eller mindre godt kjente. Den totale mengden av gasser eller partikler som utvaskes ved nedbør er avhengig av bl.a. kjemiske/fysiske egenskaper av forurensningene, nedbørkjemien, dråpespektra og nedbørintensiteten. Utfelling i snø og regn kan dessuten være forskjellig. Utvasking av nedbør som faller gjennom en forurensningssky ("washout") behandles dessuten helt forskjellig fra nedfall der forurensningene deltar i skydannelsen ("rainout").

Pågående FoU

empiriske
data

En del av prosessene er beskrevet i utenlandsk litteratur. Det finnes en del forenklede metoder som beskriver utvasking som en førsteordens "decay" (halveringstid) og det finnes empiriske data for en del forurensninger (Högström, Granat i Sverige). I USA pågår et stort arbeid bl.a. i forbindelse med langtransport av forurensninger og undersøkelser av sur nedbør (MAP3S).

I Norge har arbeidet fortsatt etter at det i OECD/LRTAP ble gjort en del på feltet utfelling av svovelkomponenter ved nedbør. I år dekkes noe av forskningen over NMR. Opptak av forurensninger i vanndråper har også vært studert ved modellarbeider utført ved UiO.

FoU-behov

Forskningsinnsatsen når det gjelder utvasking av forurensninger i forbindelse med energiproduksjon må koordineres med annen forskning på dette feltet i Norge. Utvasking fra kraftverks-plumer representerer et spesialtilfelle, hvor det er et stort behov for forbedring og tilpasning av eksisterende kunnskaper i de modellene som anvendes i Norge.

5.5 Transformasjoner, kjemiske prosesser

Problemstilling

SO_x
NO_x
oksydanter

Det pågår for tiden betydelig forskning for å øke kunnskapene om kjemiske reaksjoner i atmosfæren, både homogene gassreaksjoner og heterogene prosesser mellom gassfasen og partikkelfasen. Dette gjelder overgangen fra NO til NO₂, og til HNO₃, og overgangen fra SO₂ til svovelsyre og sulfataerosol, og videre dannelsen av fotokjemiske oksydanter gjennom kjedereaksjoner mellom nitrogenoksyder, ozon og reaktive hydrokarboner.

Transformasjoner har betydning for virkningen

Hastigheten for disse prosessene er bestemmende for virkningene av utslippene av svovel og nitrogenoksyder, spesielt virkningene på helse, siktreduksjon og utfelling med nedbøren i nærområdene (<100 km).

Pågående FoU

Ved UiO (inst.for Geofysikk) arbeider en gruppe med modellering av atmosfærekjemiske prosesser. Når det gjelder fotokjemiske reaksjoner er det i gang et samarbeid mellom NILU og UiO, og dessuten innenfor OECD.

Det er utført omfattende undersøkelser av transformasjonsprosessene for SO₂ gjennom COST-prosjekt 61a (Physico-chemical behaviour of SO₂ in the atmosphere), men det gjenstår undersøkelser for å bestemme transformasjonshastighetene ved homogene og heterogene prosesser under reelle og varierende betingelser.

FoU-behov

COST samarbeidet er nå gjenopptatt, og det anbefales at Norge slutter seg til dette internasjonale forskningssamarbeidet.

organiske
forbindelser

Kjemiske prosesser vil også endre den kjemiske sammensetning av organiske forbindelser i atmosfæren. Bortsett fra PAN (peroksyacylnitrat) og enkelte andre reaksjonsprodukter i den fotokjemiske oksydantdannelse, er lite kjent om omvandlingen av organiske forbindelser. Her er det i første rekke behov for målemetoder for en bedre kartlegging av organiske forbindelser i luft.

5.6 Prøvetaking og analysemetoder

Målinger
kartlegger
forurensnings-
nivå

Målinger av konsentrasjoner av gasser og partikler i omgivelsene er i første rekke nødvendig for å kunne vurdere forurensningstilstanden i et område. Dessuten er målinger av primære (dannet ved forbrenningen) og sekundære (dannet av reaksjoner i atmosfæren) forurensningskomponenter viktige for å kunne utvide kunnskapene om spredning i atmosfæren og om transformasjoner og avsetninger.

Utvikling av
målemetoder
fremdeles
nødvendig

For en lang rekke forurensningskomponenter finnes det i dag pålitelige målemetoder basert på registrerende instrumenter og/eller prøvetaking for senere laboratorieanalyser. Det finnes imidlertid også en rekke forurensningskomponenter hvor målemetodene fremdeles er på utviklingsstadiet. I det følgende er det gitt en kort sammenstilling av prinsippene for målemetodene for viktige luftforurensningskomponenter.

5.6.1 Metoder som anvendes i dag

SO₂

Svoveldioksyd: Den vanligste metode består i å fjerne partiklene ved hjelp av et filter og deretter absorbere svoveldioksyd i vaskeflaske eller impregnert filter. Ved absorpsjonen oksyderer svoveldioksyd til sulfat som kan bestemmes ved

flere forskjellige analysemetoder (ionekromatograf, Thorin, IDA). Vanligvis benyttes denne målemetoden til bestemmelse av døgnmiddelverdier. Den kan imidlertid også benyttes ved kortere midlingstider, avhengig av forurensningsnivå og utforming av prøvetakeren.

For kontinuerlig registrering av luftens SO₂-innhold har en idag instrumenter basert på spektrofotometri, flamrefotometri og coulometri.

NO_x

Nitrogenoksyder: Kontinuerlige registreringer av NO og/eller NO₂ basert på kjemiluminescens eller spektrofotometri anses for å gi de mest pålitelige målinger. For måling av lave konsentrasjoner (bakgrunnsområder) må de kommersielle instrumenter modifiseres for å oppnå tilfredsstillende følsomhet. Nitrogenoksyder kan også måles med absorpsjon i vaskeflaske eller impregnert filter, men det er problemer både med absorpsjonseffektivitet og følsomhet. Det er arbeid i gang bl.a. ved NILU for å forbedre prøvetakingsmetoden.

HNO₃

Det foreligger ingen helt ut tilfredsstillende metode for bestemmelse av gassformig HNO₃. Mest brukt idag er Okita's metode, som er basert på at HNO₃ absorberes på et filter som er innsatt med NaCl. Absorpsjon på nylonfilter har også vært benyttet. Det er igang utviklingsarbeid for å unngå problemer med absorpsjon på forfilter, som er nødvendig for å unngå å få med nitrat bundet til partikler, og en "denuder"-teknikk ventes å bli tilgjengelig om få år. (Denuder er et rør med innvendig belegg av et egnet absorpsjonsmiddel. Luftstrømmen gjennom røret tilpasses slik at gasser absorberes i belegget på veggen, mens partiklene passerer gjennom røret.

Partikler: De mest brukte metoder er basert på oppsamling av partikler (svevestøv, aerosoler) på filter. Partikkelkonsentrasjonen bestemmes ved veiing av filtrene eller kjemisk analyse av enkeltkomponentene. Sotkonsentrasjonen kan bestemmes ved reflektometrisk måling av filterets svertningsgrad, når en har foretatt kalibrering mot bestemmelse av karbon ved f.eks. forbrenningsanalyser. For analyser av partiklens sammensetning er det for en del komponenter nødvendig å skille store (alkaliske) og små (sure) partikler for å unngå reaksjoner på filteret. Dette kan i stor utstrekning forhindres ved at partiklene skilles etter størrelse ved prøvetakingen (fraksjonert prøvetaking).

Sot er en viktig komponent i svovelsyre

Reaksjoner på filteret

Små og store partikler har forskjellig kjemisk sammensetning

Mange analysemetoder

Sammentsetning av filterprøvene bestemmes ved at de enten løses og analyseres med forskjellige våtkjemiske metoder, inkl. atomabsorpsjon, og plasmaemisjon (ICP) eller filteret analyseres direkte med instrumentelle metoder som XRF, PIXE og nøytronaktiverting.

Organiske komponenter

Aerosoler kan samles opp på glassfiberfilter. For komponenter som er delvis flyktige innebærer dette en viss fare for at en del av prøven "stikker av" under prøvetakingen, dersom en ikke har et egnet absorpsjonsmiddel bak filteret. Gassformige organiske forbindelser må samles opp ved hjelp av egnede absorpsjonsmidler som aktivkull, TENAX, vaskeflasker med løsningsmiddel osv. For aktivkull er problemet at en ikke får fullstendig desorpsjon for tyngre organiske forbindelser, for mer flyktige forbindelser vil det være vanskelig å oppnå 100% absorpsjon. Prøvetaking av flyktige organiske forbindelser er i det hele et område der det er betydelig behov for utvikling og utprøving av metoder.

Flyktige stoffer "stikker av" fra glassfiberfilter

Absorpsjonsmedium må tilpasses stoffet som skal males

NILU har arbeidet en del med propper av polyuretan-skum, som kan renses så en får meget lav bakgrunn. Disse gjør det mulig å bestemme både PAH og tungt-flyktige klorerte hydrokarboner i lave konsentra-sjoner.

GCMS

Som analysemetode anvendes hovedsakelig gasskroma-tografi med glasskapillar-kolonne, og med flamme-ionisasjons- eller electron capture-detektor. Ytterligere identifikasjonsmuligheter kan oppnås ved kombinasjon gasskromatografi-massespektrometer. For mer summariske prøver, der en er interessert i grupper av komponenter, kan en med fordel anvende høytrykks- væsekromatografi. Dette innebærer for-deler også dersom en er interessert i reaktive forbindelser som f.eks. aldehyder.

5.6.2 Aktuelle FoU-behov

Prøvetaking og analyse av sekundære for-urensnings-komponenter

Problemene på målesiden er vesentlig knyttet til prøvetakingsteknikken, og da først og fremst når det gjelder enkelte sekundære forurensnings-komponenter. På de kjemiske siden kan både organ-iske og uorganiske komponenter bestemmes i meget små konsentrasjoner.

Fjernmåle-utstyr for tredimen-sjonale målinger

Det er ventet at fjernanalyse basert på laser-utstyr vil en gi nye muligheter bl.a. for måling av konsentrasjonsprofiler.

6. VIRKNINGER AV FORURENSNINGER

6.1. Økologiske modeller for opptak og anrikning

Problemstilling

Dose/
påvirkninger

Den effektive dosen av forurensning mottatt av mennesker, dyr eller planter er avhengig av påvirkningsgraden (konsentrasjonen), varigheten, transportveiene, kjemiske/fysiske egenskaper ved forurensningene og resemekanismer.

Mange opptaks-
veier

Mennesker kan bli eksponert til forurensninger via mat, vann og luft. For å bestemme integrert eksponering (exposure commitment) er det nødvendig å skille mellom de forskjellige opptaksveier. Opptak via luft vil for visse stoffers vedkommende kunne føre til eksponering av andre organer enn opptak via matvarer og drikkevann. F.eks. er det påpekt at en større prosentdel av innåndet kadmium ventelig vil bli tatt opp i organismen enn av kadmium inntatt via fordøyelsen.

Eksponerings-
modeller

Modeller for påvirkning eller eksponering knytter vanligvis konsentrasjonsfordelingen til befolknings- og ressursdata, og har vært anvendt i forbindelse med konkrete lokaliseringsstudier der en begrenset befolkningsgruppe har vært spesifisert. For å estimere konsekvensene av de beregnede dosene trenger en effektmodeller. En ren effektmodell kan f.eks. relatere årsmiddelkonsentrasjoner av karsinogene hydrokarboner til årlige dødsrate som resultat av lungekreft, mens eksponeringsmodellen gir den akkumulerte kroppsdosen av de spesifiserte hydrokarboner. Det er således to forskjellige veier å gå for å vurdere konsekvensene:

Effekt-
modeller

To beregnings-
måter

1. Hvis dose/effekt-forholdet er kjent, kan konsekvensene tallfestes gjennom kombinerte eksponerings skademodeller.
2. Hvis dose/effekt-forholdet ikke er kjent, kan en beregne akkumulerte doser og f.eks. sammenligne disse med epidemiologiske data.

Uansett hvilke kriterier som legges til grunn, vil det være nødvendig med langsiktig vurdering av integrert eksponering.

Toksikologiske vurderinger vil bli behandlet i neste kapittel. Det skal her bare påpekes at beregninger eller overslag av opptak av forurensninger bør føres fram til en integrert eksponering til kroppen eller til de forskjellige relevante organer. Denne eksponering kan f.eks. uttrykkes som µg dager.

Bruk av "eksponering-commitment" metoden har følgende nyttige aspekter:

Eksponering-
"commitment"

1. Konsekvensen av et enkelt utslipp eller et kontinuerlig utslipp av forurensninger kan beregnes for hele den periode miljøet eller organismen blir påvirket.
2. Kjennskap til "eksponering-commitment" fra et engangsutslipp til miljøet gjør det mulig under visse forutsetninger å bestemme hvilke eksponeringsnivåer man vil få fra et kontinuerlig utslipp.
3. Hvis skaden (f.eks. for mennesker) er proporsjonal med totaleksponeringen, er det mulig å vurdere fremtidige skader fra et gitt utslipp av forurensninger.

(Dette vil antakelig være tilfelle hvis forurensningene kan forårsake kreft og skader på arvestoffet.)

Compartment-modeller

Compartment-modeller (boksmodeller eller systemanalyser) representerer en forenklet fremstilling av de kompliserte sammenhengene i økosystemer, og har vært anvendt i flere land de siste år (Watt, Ericsson). Slike modeller behandler de forskjellige biologiske komponentene som "svarte bokser", der de komplekse sammenhengene mellom komponentene beskrives ved overføringsfaktorer. Et eksempel på opptaksveier av forurensninger til mennesket er vist i figur 4.3.1. Modellene beskriver hvordan konsentrasjonen i hver boks (compartment) endres med tiden. Hvis en kjenner transportveiene og overføringsfaktorene for en gitt forurensningskomponent, kan en således ved en vurdering av materialstrømmer beregne den totale dosen til en gitt biologisk komponent (eller hele mennesket).

Opptaksveier

Materialbalanse

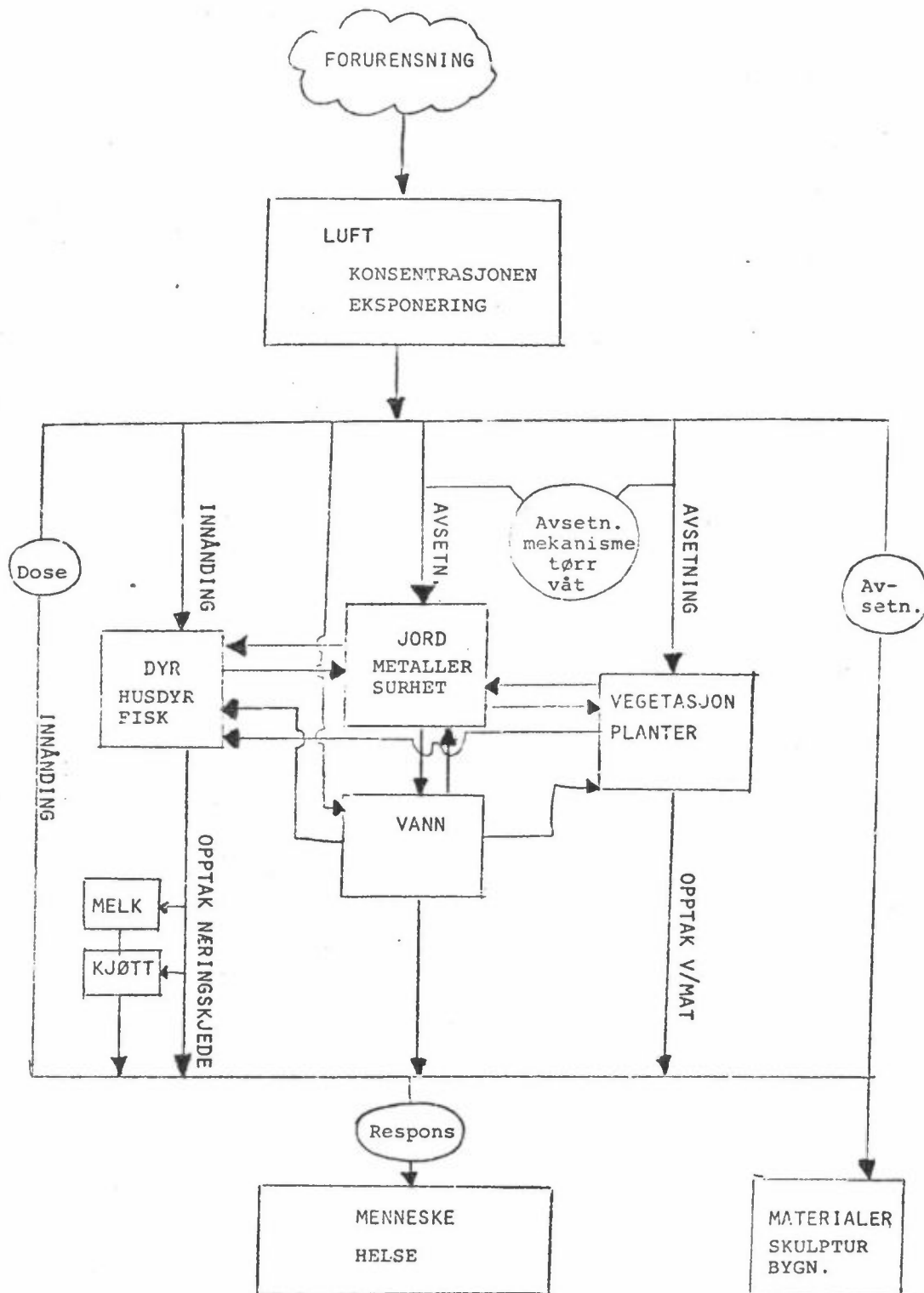
Overføringsfaktorer

Samspillet mellom flere komponenter

Den matematiske strukturen i eksponeringsmodellene som finnes i dag, er etter hvert blitt meget komplisert. Avhengig av hvor detaljerte modeller av økosystemet som etableres, vil det være behov for å kjenne overføringsfaktorene f.eks. luft→jord, jord→planter, vann→sedimenter, planter→dyr, osv.

Når det gjelder forurensninger fra energi-produksjonen, må også samspillet mellom ulike forurensningskomponenter tas i betraktning, med tanke på henholdsvis synergistiske og antagonistiske effekter.

Ved utslipp fra fossilfyrte kraftverk er det i tillegg til SO_2 og NO_x tungmetaller og organiske mikroforurensninger som har vært viet størst oppmerksomhet.



Figur 4.3.1

Pågående FOU-virksomhet

Anvendte compartment modeller	Eksempler på anvendelse av compartment-modeller finnes innen feltet radioøkologi. I Sverige er slike modeller tatt i bruk bl.a. ved KBS-prosjektet (sluttlagring av brukt kjernebrensel).
Lite gjort i Norge	Det er gjort svært lite på dette feltet i Norge, og man kjenner bare få eksempler fra utlandet hvor slike modeller har vært anvendt på forurensningsproblemer.
Mye ukjent	I en oversiktsrapport fra EPRI i USA (Aug. 1979) heter det at: "There are still crucial unknowns concerning the biological pathways, transfer coefficients from one biological component to another, and the biological equations describing the process through the body or ecosystem".
Eksponering av bly	Ved Monitoring and Assessment Research Centre (MARC) i London har en estimert eksponeringen av tungmetaller (bly, kadmium og kvikksølv) i mennesket. Eksempelvis er det funnet fram til overføringsfaktorer for bly i mennesket basert på data over gjennomsnittelige konsentrasjoner av Pb i de aktuelle media. Det er i denne sammenheng antatt en likevektssituasjon. Det ble pekt på at verdiene for noen av overføringsfaktorene var beheftet med store usikkerheter og at resultatene av analysen måtte betraktes som foreløpig. Resultatene viste at det vesentligste bidraget til blyeksponering hos mennesker er inntak av blyforurenset mat.
Kontrollmålinger nødvendig	Resultatene viser videre at de ledd i transportveiene som er dårligst kvantifisert, er transporten av bly fra luft til jord/til mat. Dette er et område hvor undersøkelser og kontrollmålinger er nødvendig.

For tungmetaller generelt ser det ut til at det har vært foretatt få systematiske undersøkelser som kan gi data for "overføringsfaktorer".

Aktuelle tungmetaller

En litteratursøkning vedrørende tungmetaller i terrestriske og akvatiske næringskjeder pågår. Det synes å pågå mer undersøkelser og kartlegging når det gjelder akvatiske miljøer enn terrestriske miljøer.

Nye data finnes

Når det gjelder elementer som Hg, Zn og Cd, foreligger det en mengde data, mer begrenset er datamengden når det gjelder elementer som f.eks. As, Ni, V, Te og Mo.

Med hensyn til organiske mikroforurensninger, er det særlig lagt vekt på de polysykliske aromatiske forbindelser. Det er foretatt få undersøkelser over hvilke andre potensielt skadelige organiske stoffer som kan slippe ut ved forbrenningen.

FoU-behovet

Tungmetallers sirkulasjon

Særlig når det gjelder spørsmål og langsiktige virkninger, ser det ut til å være behov for bedre kunnskap om tungmetallers og organiske forbindelser forekomst og sirkulasjon.

Overføringsfaktorer må fremskaffes

For tungmetaller generelt ser det ut til at det har vært foretatt få systematiske undersøkelser som kan gi data for "overføringsfaktorer".

for norske forhold

På dette feltet må det gjøres store forskningsinnsatser i fremtiden. En vesentlig del av slikt materiale må hentes fra utenlandske resultater, men også i Norge er det behov for å sette i gang forskning, spesielt for vårt klima og naturforhold. Et aktuelt forskningsområde vil f.eks. være forurensningers virkning på tungmetallenes mobilitet i naturmiljøet.

Fremtidig forskning i Norge

bør i første rekke konsentreres om

1. Utvikling av modeller for beregning av integrert eksponering fra forurensninger.
2. Fremskaffing av data for overføringsfaktorer (f.eks. luft-jord, jord-planter, etc.) ved tilpassing av eksisterende data (norske og utenlandske) såvel som ved eksperimentelle undersøkelser.
3. Studier av organiske mikroforurensninger, spesielt deres reaksjoner i atmosfæren og avsetning på planter.

6.2. Økologiske virkninger

Økologibegrepet er etterhvert blitt generalisert og utvidet til å omfatte alle former for samspill og påvirkninger i flora og fauna. Som økologiske virkninger av energiproduksjon er det derfor i det følgende valgt å ta med de viktigste mulige virkninger på jord, planter og dyr, mens direkte helsevirkninger er behandlet i kap. 6.3.

Dette omfatter direkte skader på vegetasjon, som også kan ha en viss økonomisk betydning for skogbruk og jordbruk, virkninger av sur nedbør på jord som vekstmedium og på akvatiske økosystemer, og virkninger av utslipp av sporelementer og organiske mikroforurensninger.

6.2.1 SO₂ og nitrogenoksyder og ozon. Direkte virkninger på planter

Problemstilling

Avlings-
reduksjon

SO₂ tas opp gjennom spalteåpningene, og når opptaket overstiger den mengde som kan oksyderes til sulfat ødelegges cellene nærmest spalteåpningene. Ved konsentrasjoner større enn 500 µgSO₂/m³ over ~ 1 time kan det oppstå sviskader på høyere planter. Sviskadene framtrer som nekrotiske flekker i bladranden og mellom bladnervene, hos bartrær som døde spisser på nålene. Sviskadene medfører redusert vekst, avling, kvalitet og estetisk verdi hos plantene. Også konsentrasjoner under det kritiske nivå for synlige skader vil ved lengre tids eksponering kunne gi betydelig vekstreduksjon. Dette har lenge vært omdebattert, men er i den senere tid bekreftet ved kontrollerte forsøk.

Forskjellige arter har forskjellig toleranse overfor SO₂-sviskader, og virkningene er også avhengig av klimaforhold, plantenes veksttilstand ved eksponeringen osv.

- Plantearterts toleranse Det foreligger forskjellige, tabulerte rangeringer av plantearter etter deres toleranseevne overfor SO₂ og andre luftforurensninger. Disse tabuleringer er imidlertid bare basert på observasjoner av svi-skader, og det er heller ikke klart om de er rele-vante for norske klimaforhold.
- Bartrær følsomme Bartrær hører imidlertid til de planter som er mest følsomme for SO₂, gran noe mer enn furu. Finske undersøkelser tyder på at den mest kritiske perioden er ettervinteren og våren, når veksten begynner uten at væsketransporten fra røttene er kommet i gang.
- Mange lav-arter er svært følsomme Lav har betydelig lavere toleranse overfor SO₂ enn høyere planter. Dette gjelder spesielt lav som vokser på trær (s.k. epifytiske lav). Endringer i arts-sammensetningen opptrer ved årsmiddelkonsentrasjoner ned til 20-40 µg/m³ og kan brukes kvalitativt til å vurdere graden av luftforurensning.
- Alle plante-skader som følge av SO₂ og NO_x forut-setter en konsentra-sjon over en terskel-verdi. Plantene skades ikke av middel-konsentra-sjonen. Virkningen av nitrogenoksyder (NO og NO₂) på planter er ikke så godt kjent som virkningen av SO₂. Det er grunn til å anta at skader som skyldes NO_x først vil opptre ved konsentrasjoner som er betydelig høyere enn for SO₂. Nitrogendioksyd som opptas gjennom spalteåpningene metaboliseres raskt og bi-drar til å dekke plantenes behov for nitrogen. Siden nitrogentilførselen er den viktigste begrensede faktor i tilveksten i plantesamfunn som ikke blir gjødslet kunstig, vil nitrogentilførselen stimulere planteveksten generelt. Den synergistiske virkningen av SO₂ og NO₂ kan imidlertid føre til skader ved lavere SO₂-konsentra-sjoner enn om SO₂ opptrådte alene.
- Mer alvorlig er den fotokjemiske oksydantdannelse og ozon for plantene. Konsentrasjoner av størrelses-orden 200 µg/m³ ozon kan være skadelig for planter.

Synergisme

Slike konsentrasjoner måles allerede, i nedre Telemark er det observert konsentrasjoner på over $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i spesielle situasjoner. Siden foto-kjemiske oksydanter og ozon er sekundære forurensninger, vil det være store områder som blir berørt dersom konsentrasjonene kommer over det kritiske nivå. Også her er den synergistiske virkningen av flere forurensningskomponenter (SO_2 , O_3) mer kritisk enn om forurensningene forekom enkeltvis.

Pågående FoU-virksomhet

Skogens vekst ikke påvirket?

En viss overvåkning, undervisning og konsulentvirksomhet drives ved NISK og Statens Plantevern. Utover dette pågår det ikke aktiv forskning i Norge idag vedrørende skadevirkninger av luftforurensninger på planter. Tidligere er det utført arbeide ved Vestlandets forstlige forsøksstasjon og NISK, særlig med virkningen av fluorid-utslipp fra aluminiumverk. Langtransporterte luftforurensninger og sur nedbør har vært gjenstand for stor forskningsinnsats i 70-årene. Skogens vekst synes ikke å påvirkes selv ved betydelig større belastning enn de som i dag er vanlige f.eks. på Sørlandet. Mulige virkninger på jord- og hagebruksvekster er lite undersøkt i Norge.

FoU-behov

Systematisere utenlandske data

Det er generelt behov for studier av forurensningenes direkte virkninger på planter. En systematisk innsamling av utenlandske data, samt analyser av hvordan resultatene av slike undersøkelser kan anvendes for norske forhold er viktig. (Er furuskogen i Pasvik mer/mindre følsom overfor SO_2 enn furu i Mellom-Europa?)

For å kunne delta i internasjonalt samarbeid kreves en viss egeninnsats. For å sikre seg tilgang til internasjonale kunnskaper er det behov for å opprettholde en løpende forskning på fytotoksikologi i Norge. I tillegg til de plantepatologiske miljøer ved Statens plantevern og NISK, Avdeling for skogvern, bør det være mulig for andre institutter å ta opp spesielle problemer i form av prosjekter eller mer langsiktige oppgaver som særlig gjelder arktisk og subarktisk økologi.

Når det gjelder valg av konkrete oppgaver kan følgende retningslinjer være veiledende:

- Det er i Norge mer aktuelt å studere virkninger av lave konsentrasjoner over lang tid enn høye konsentrasjoner over kort tid.
- Det er mer aktuelt å studere samspill mellom flere fytotoksiske stoffer enn ett og ett stoff alene.
- Det er meget aktuelt å studere samspill mellom fytotoksiske stoffer og andre stressfaktorer, f.eks. tørke og frost, og mellom fytotoksiske stoffer og patogener, f.eks. sopper som infiserer gjennom bladene.
- Bruk av mer resistente arter og sorter, gjødsling m.m. kan redusere skadevirkningene lokalt, men prinsipielt bør forurensningsnivået tilpasses naturen og ikke omvendt.

6.2.2 Sur nedbør

Problemstilling

Lokale bidrag
10-40%

Sur nedbør
gir fiskedød

Tilførsel av svovel- og nitrogenforbindelser vil også ha virkning på avrenningsvannets kjemiske kvalitet og langsiktige virkninger på jordsmonn og dermed på vegetasjonen. Selv om Norge mottar mer svovel gjennom nedbøren enn det som svarer til de samlede innenlandske utslippene, og de innenlandske utslipp gir et bidrag på under 10% til den totale avstning (nedbør + tørravsetninger), kan bidraget fra lokale kilder nå opp mot 30-40% i enkelte områder, bl.a. rundt Oslofjorden. Den er i denne forbindelse verdt å merke seg at problemer med fiskebestand og sur nedbør er registrert i samtlige fylker sønnafjells, men at de er lokalisert til områder med grunnfjellsbergarter, kvartsitt, sparagmitt, og granitt i fjellgrunnen, og med tynt jorddekke av morenemateriale og torv.

I forsuringen av vassdragene spiller sulfat-tilførselen en dominerende rolle, idet sulfat er dominerende anion i sure vann og vassdrag. Mens det for sulfat er tilnærmet balanse mellom tilførsel og avrenning, vil nitrat i stor utstrekning tas opp og bindes i vegetasjonen og jorda, og bidrar i mindre grad til forsuringen.

Virking på jord og indirekte virkning på vegetasjon

Syretilførsel
økt ut-
vasking?

Allerede tidlig i "forsurningsdebatten" pekte Odén på at syretilførselen med nedbøren svarte til 1-2% av reservoaret av utbyttbare kationer i typiske svensk (og norsk) barskog. Spørsmålet er om syretilførselen fører til merkbar økt utvasking, og hvilke følger dette har for vegetasjon.

For podsojord med lav base metningsgrad vil jorda fungere som en middels sterkt sur kationbytter og

Ikke målbare
tilvekst-
endringer
av gran
og furu

utvaskingen blir liten ved $\text{pH} > 4$. Overgangsjord-typer til brunjord vil derimot være mer utsatt for utvasking. Forsøk som er utført i forbindelse med SNSF-prosjektet viser likevel at det er en viss økt utvasking av Ca og Mg med den nåværende forurensning av nedbøren, men ved feltforsøk selv ved store tilførsler av fortynnet svovelsyre ble det ikke funnet målbare endringer av tilveksten for gran og furu. Dette er i overensstemmelse med gjødslingsforsøk som har vist at det i alminnelighet er nitrogen, og ikke Ca eller Mg, som er begrensende for skogtilveksten i norsk barskog.

Virkning på vann og livet i vann

De mest dramatiske virkninger av sur nedbør har vært observert på livet i vann i nedslagsfelt der berggrunnen består av granittisk gneiss, kvartsitt, eller andre forvittringsbestandige bergarter, og jordsmonnet er tynt og karrig. Når frigjøringen av basiske komponenter (hovedsakelig CaO) ved forvitring av mineraler og utvasking fra jordsmonnet er for liten i forhold til tilførselen av forsurende komponenter fra nedbørene, vil pH i avrenningsvannet lett komme under 5. I store deler av Sør-Norge er innholdet av kalsium i overflatevann under 1 mg/l, tilsvarende 50 $\mu\text{ekvivalenter}$. Tilførselen av forsurende komponenter kan representeres av sulfatnedfallet, siden det stort sett er balanse mellom tilførsel og avrenning av sulfat. Statistisk er det en overbevisende korrelasjon mellom pH i overflatevann og differansen mellom konsentrasjonene av sulfat og kalsium på ekvivalentbasis. Denne korrelasjonen kan imidlertid ikke uten videre nyttes til å forutsi endringer i vannkjemien når sulfatnedfallet øker, siden dette også fører til en viss økning av utvaskingen fra jordsmonnet.

Innholdet
av Al-ioner
avh.av pH

Utvaskingen av basiske komponenter vil imidlertid høyst være proporsjonal med sulfatnedfallet. Ved pH under ca 5 vil dessuten en betydelig del av kation-utvaskingen utgjøres av Al^{3+} og aluminiumhydroksykomplekser. Disse hydrolyserer, og frigjør H^+ -ioner, når avrenningsvannet blandes med vann med høyere pH. Innholdet av aluminium-ioner i vann er i stor utstrekning en funksjon av pH, men avhenger også i en viss grad av nedslagsfeltets egenskaper. Avrenningsvannet fra myr vil inneholde lite aluminiumioner.

Fisk dør
p.g.a.
hemmet
Na,Cl-opptak

Fysiologiske eksperimenter har vist at virkningene på livet i vann skyldes en kombinasjon av pH-aluminium, og lav saltholdighet. Fisken dør på grunn av opptaket av Na^+ og Cl^- ioner gjennom gjellene blir hemmet. Det er vanskelig å sette noen bestemt grense for pH og aluminiumkonsentrasjon, fordi mye avhenger av de enkelte lokaliteter, men vann med pH under 5.5 vil være i "faresonen", særlig dersom det dreier seg om små vann. Såkalte "sure myrvann" ser ut til å være utsatt, fordi aluminiuminnholdet her vil være lavt og delvis kompleksert av humusstoffer. Enkelte store vassdrag, f.eks. Mandalselva, har en tallrik aurebestand til tross for at pH er mellom 4.7 og 4.9 store deler av året.

Artsmessige
toleranse-
forskjeller

Det er også artsmessig forskjeller i toleransen, regnbueørret er mer følsom enn vanlig ørret, og utsetting av amerikansk bekkerøye har i mange tilfelle vært vellykket i vann som har vært for sure for ørret. Abbor har omlag samme toleranse som ørret, mens gjedde er svært seiglivet. Fiskens næringsdyr vil også bli påvirket av lav pH og aluminium. Dette gjelder særlig større krepsdyr og snegler. Disse har likevel en begrenset ut-

bredelse i de lokaliteter som vil være mest utsatt. Siden saltopptaket gjennom gjellene er en metaboisk prosess som forbruker energi, vil forsureningen redusere tilveksten også ved optimalt næringsopptak. De praktiske konsekvenser av dette er ikke kvantifisert.

Pågående Fou-virksomhet

En del av SNSF-prosjektet fortsetter

Ved avslutningen av SNSF-prosjektet fortsetter forskningsinnsatsen på et relativt beskjedent nivå, innenfor rammen av NTNFS og instituttens ordinære budsjetter. Prioriterte områder er feltforsøk med sikte på videre undersøkelser av samspillet mellom nedbørtilførsel - utvasking fra jordsmonnet - vannkvalitet, og videre undersøkelser av virkninger på livet i vann. Langsiktige undersøkelser av endringer i vannkvalitet og atmosfæriske tilførsler blir foretatt i tilknytning til et overvåkingsprogram som administreres av Statens forurensningstilsyn. Direktoratet for Vilt og Fisk er også i ferd med å øke sin innsats i forbindelse med virkningen av sur nedbør på livet i vann, blant annet ved kalkingsforsøk.

Forsurning i Sverige. Mobilitet av metaller

I Sverige skjer det for tiden en betydelig opptrapping av "forsurningsforskningen" i Naturvårdsverkets regi. Det er dessuten i gang betydelige forskningsprogram for å studere mobilitet av metaller.

FoU-behov

Virkninger på jordsmonn er i høy grad omdiskutert, det er ingen enighet om omfang og konsekvenser av økt syretilførsel for utvaskingen av kationer fra jordsmonnet. På kort sikt (<10 år) og ved en belastning på dagens nivå, 1-2 g S/m² · år, er utvaskingen liten i forhold til jordas reservoar av utbyttbare kationer.

"Minifelt" Undersøkelser i såkalte "minifelt", som SNSF-prosjektet har foretatt (Seip, Abrahamsen, m.fl.) er anlagt for å undersøke korttidsvariasjonene i avrenningsvannets kjemiske sammensetning. Mer langsiktige undersøkelser er nødvendig for å gi data for langsiktig utvasking av utbyttbare kationer.

Langsiktige undersøkelser

For å kunne bedømme virkningene av økt sulfattilførsel på livet i vann i detalj er det ønskelig med mer detaljerte vannkjemiske undersøkelser, der forløpet i vannkjemiske endringer over året blir sett i sammenheng med livssyklisk og adferdsmønster for representative lokaliteter. Grunnlaget for slike undersøkelser er lagt gjennom SNSF-prosjektet, men det er vesentlig at resultatene blir fulgt opp.

Innholdet av nitrat- og ammoniumioner i nedbøren har bare i beskjeden grad direkte innflytelse på pH og aluminiumkonsentrasjon i elver og vann. Nitrogenforbindelsene holdes tilbake i jorda og vegetasjonen. Økt tilførsel av bundet nitrogen vil virke stimulerende på vegetasjon, og muligens binde en større del av det tilgjengelige baseforråd i stående biomasse. Dette bør relativt lett kunne undersøkes ved gjødslingsforsøk i s.k. minifelt.

6.2.3 Mikroforurensninger

6.2.3.1 Sporelementer

Problemstilling

En er særlig opptatt av elementene kvikksølv, kadmium, bly, sink, arsen og kobber. Undersøkelser av luft og nedbør, og analyser av mose, lav og jordprøver har gitt relativt godt grunnlag for å bedømme tilførselen i Norge. Stort sett kan en si at utslippene fra et

middels stort varmekraftverk bare vil gi marginale økninger av tilførslene, som idag vesentlig skyldes langtransport fra andre land i Europa.

De økologiske konsekvenser av tilførslene er lite undersøkt. Spesielt gjelder dette langsiktige virkninger av akkumuleringen av tungmetaller i jordsmonnet.

Innholdet av kvikksølv i fisk viser en bemerkelsesmessig sammenheng med pH, og lokaliteter uten andre forurensninger enn tilførsler fra atmosfæren har i enkelte tilfeller betenkelig høye konsentrasjoner av kvikksølv. Årsakssammenheng er uklar.

Pågående FoU-virksomhet

Omsettingen av sporelementer er i noen grad undersøkt i forbindelse med anvendelse av kloakkslam i jordbruket, men det er ikke foretatt tilsvarende undersøkelse for atmosfærisk nedfall. (Norge deltar i et FAO-prosjekt som ledes av J.Chr. Tjell og M.F. Hovmand ved Danmarks Tekniske Høyskole. Norsk kontakt er prof. E. Steinnes.)

Kvikksølvproblematikken undersøkes ved et svensk prosjekt under kol, helsa och miljö.

FoU-behov

De økologiske problemene med sporelementer er ikke unike for energiproduksjon, men fossile brensel er den viktigste kilde til forekomsten av V, Ni, As, Se og Sb i atmosfæren, og gir også betydelige utslipp av Cd og Hg. Kadmium fra forbrenning av søppel synes å være et viktig element å få studert i framtiden, men det er et alment behov for å undersøke opptak og virkninger av sporelementer generelt. (Kfr. kap. 6.1).

6.2.3.2 Organiske mikroforurensninger

Problemstilling

Utslipp av organiske forbindelser ved energiproduksjon skyldes vesentlig ufullstendig forbrenning av fossilt brennstoff.

Ved et varmekraftverk skjer forbrenninger ved høy temperatur og nær optimaliserte betingelser. Utslippene av organiske forbindelser blir derfor små i forhold til de totale energimengdene som omsettes. (Se for øvrig kapitel 4 i NTNF-utredningen, om utslipp).

Polysykliske aromatiske hydrokarboner og deres mutagene og kreftfremkallende egenskaper har vært sterkt framme i senere års diskusjon av luftforurensninger og helsevirkninger, også i forbindelse med varmekraftverk. Dette er til en viss grad å rette baker for smed. En utslippsoversikt utarbeidet av Statens Naturvårdsverk for Sverige oppgir at 56% av utslippene skyldes Al-verket i Sundsvall, 26% biltrafikken og den resterende del diverse oljefyrte anlegg for industri og husoppvarming, der de mindre anleggene står for en uforholdsmessig stor del av utslippene. Noen tilsvarende oversikt foreligger ikke fra SFT for Norge, men antakelig spiller Al-industrien hos oss en relativt sett større rolle, sammen med ineffektive små fyringsanlegg for husoppvarming.

Pågående FoU-virksomhet

Det pågår en stor forskningsinnsats i Norge og utlandet for å undersøke direkte virkninger på mennesker av organiske mikroforurensninger. (Se kapitel 6.3, om helse.) Når det gjelder virkninger på øvrige økologiske systemer synes forskningsinnsatsen å være lav.

FoU-behov

I den forskning som pågår er det ønskelig å kvantifisere og spesifisere utslippene av organiske forbindelser i forhold til befolkningseksposeringen. Gassformige forbindelser er lite undersøkt, til tross for at enkelte grupper forbindelser (eks. aldehyder) er velkjente irritanter. En bør særlig rette søkelyset på små anlegg og utradisjonelle brenselkilder (søppel, flis). Når det gjelder økologiske virkninger utover direkte helseaspekter er det stor gap i kunnskaper. Virkningen av POM på planter har vært rapportert. Når det gjelder virkninger på dyr står en overfor lignende problemer som skissert om toksitologi og helse, kap. 6.3.

6.5. Klima

Problemstilling

Globale effekter viktigst	Utslippene av forurensninger fra energiproduksjon kan ha konsekvenser for klimaet både på lokal og global skala. Lokalt er det påvist mindre klimaendringer (f.eks. nedbørmengde og tåkefrekvens), og i nærhet av større byområder. Det er imidlertid først og fremst global påvirkning av klimaet som gir grunn til bekymring, idet utslippene av gasser og partikler til atmosfæren kan påvirke strålingsbalansen og dermed klimaet (temperatur, nedbør osv.) på jorden.
Termisk forurensning av liten betydning	Direkte utslipp av varme til luft og vann (termisk forurensning) fra menneskelig aktivitet er svært lite sammenlignet med den energien som mottas fra solen (forhold ca 1:10 000). Dette forventes derfor ikke å påvirke klimaet globalt.
Viktigste gass: CO ₂	En rekke gasser kan påvirke atmosfærens strålingsbalanse, f.eks. karbondioksyd (CO ₂), dinitrogenoksyd (N ₂ O), klorfluorkarboner (Freon) og ozon. Av disse er CO ₂ den langt viktigste.
CO ₂ -økning gir økt temperatur	Karbondioksyd utgjør bare en liten del av atmosfæren, ca. 330 ppm, men den er av vesentlig betydning for energibalansen. CO ₂ slipper det meste av solstrålingen igjennom, men absorberer langbølget stråling fra jorden. Sammen med atmosfærens innhold av vanndamp er CO ₂ årsak til "drivhuseffekten", dvs. oppvarming i den nedre del av atmosfæren. En økning av CO ₂ -mengden i atmosfæren vil derfor medføre økt temperatur. Dette kan igjen medføre
Økt temperatur gir viktige sekundære effekter	økt fordampning, skydannelse og nedbør. En økt skydannelse vil imidlertid redusere solstrålingen og således redusere den primære temperaturøkningen. Disse koplingsmekanismene gjør det svært vanskelig å forutsi den totale effekt på klimaet.

Det er også store problemer forbundet med beregninger av temperaturøkningen på grunn av CO₂-økning. Dette skyldes bl.a. at en må kjenne hvor stor del av CO₂-utslippet som tas opp i havet og i biosfæren.

0.5°C
varmere i
år 2000?

Hvis forbruket av fossilt brensel øker på verdensbasis med 4% pr. år og ca halvparten av utslippet akkumuleres i lufta, vil konsentrasjonen år 2000 være 375-400 ppm. Ved hjelp av atmosfæriske beregningsmodeller er det anslått at dette vil føre til en gjennomsnittelig temperaturøkning på ca 0.5°C. En dobling av CO₂-innholdet ville med den samme beregningsmåten medføre en temperaturøkning på ca 3°C i gjennomsnitt. Temperaturøkningen vil bli størst på høyere breddegrader.

Ukjent
virkning av
økt partikkel-
innhold

Økning av atmosfærens partikkelinnhold øker refleksjonen fra atmosfæren. Samtidig vil partiklene også absorbere stråling, både innfallende stråling fra sola og langbølget stråling fra jordoverflaten. Den totale effekten av spredning og absorpsjon vil variere avhengig av en rekke faktorer, blant annet partiklenes sammensetning, størrelsesfordeling og hygroskopiske egenskaper. Det er derfor ikke uten videre klart om økt innhold av partikler fra ikke-naturlige kilder vil føre til temperaturøkning eller temperaturreduksjon.

Pågående FoU-virksomhet

total
effekt?

En vet idag hva som blir den totale effekten på klimaet som følge av fortsatte og økte utslipp av forurensning. Det er grunn til å frykte at dette kan medføre negative effekter, og problemet er derfor tatt opp i en rekke internasjonale organisasjoner, bl.a. den meteorologiske verdensorganisasjon (WMO) og FNs miljøvernprogram (UNEP).

Det foregår noe forskning i Norge med relevans til globale klimapåvirkninger. Ved Universitetet i Oslo studeres ved hjelp av modeller den globale fordeling av ozon og CO₂. Kilder og sluk for CO₂ identifiseres med to dimensjonale atmosfære-modeller og sammenholdes med CO₂-observasjoner.

FoU-behov

FoU-innsats
bør økes

Klimavirkninger i forbindelse med energiproduksjon må ses i sammenheng med all annen menneskelig aktivitet. Det er derfor viktig at framtidig FoU i Norge fortsetter i nært samarbeid med de store internasjonale programmene.

Det er også ønskelig å øke den nasjonale innsatsen, bl.a. for å følge bedre med i den internasjonale forskningsinnsatsen.

6.6 Virksomheter på materialer

Problemstilling

Korrosjon
koster sam-
funnet store
summer

Atmosfærisk korrosjon koster årlig samfunnet store summer. Det svenske Korrosjonsinstituttet (KI) har nylig etter oppdrag fra OECD utført en beregning av den atmosfæriske korrosjonen utendørs grunnet SO_2 i luft, heri også inkludert den naturlige korrosjonen uten SO_2 . For Norge viser denne i 1974 en kostnad på N.kr. 1.6 milliarder, hvorav det meste kan henføres til malt stål. På grunn av beregningsmodellens grovhet er beregningene et underestimat for Skandinavia og spesielt for Norge. Vi burde derfor gå inn i denne modellen og foreta detaljerte beregninger for Norge. Fra MD er det i forbindelse med planene om å innføre påbud om lavsvolig olje i Sør-Norge, uttrykt interesse for slike beregninger.

Kostnader ved
utendørs
korrosjon

Innendørs
korrosjon
elektr.
materiell

Kostnader som kan henføres til korrosjon innendørs på bl.a. elektriske komponenter som følge av forurensninger er overhodet ikke med i ovennevnte beregninger. NILUs kjennskap til bl.a. Televerkets problem på dette felt, tilsier at det er betydelige skadevirkninger også her.

Bygninger
og
monumenter

Sandsten og kalksten angripes også meget sterkt av SO_2 . Andre egenskaper ved stentypen, som porøsitet kjemisk sammensetning o.l. har imidlertid også stor betydning og det har derfor foreløpig ikke vært mulig å etablere pålitelige dose-response relasjoner.

Pågående FoU-virksomhet

Sammenheng
korrosjon/
miljø
overvåking

Miljø-
klassifisering

Korrosjons-
parametre

NILU har arbeidet i de siste 7-8 år med atmosfærisk korrosjon med målsetting å kartlegge den atmosfæriske korrosjon i Norge, kvantifisere skadevirkningene og å finne botemidler mot korrosjonen. Arbeidet foregår både på feltstasjoner og i laboratoriet, og er koblet til internasjonalt samarbeid både i og utenfor Skandinavia. I Norge vil korrosjonseffektene på materialer/konstruksjoner utendørs måtte deles i bidrag/effekt fra langtransporterte forurensninger, byforurensninger og industriatmosfære/lokale utslipp med varierende SO₂-nivå. Med basis i det arbeidet som er gjort har NILU til SFT utformet et forslag til undersøkelsesprogram i overvåkingsnettene for årene 1981-89. Med hjelp av dette og det internasjonale standardiseringsarbeidet for klassifisering av korrosjonsmiljøet, vil en på 1980-tallet kunne komme fram til detaljerte korrosjonskart for Norge. Disse vil gi grunnlag for overvåking av luftkvalitet, fastsettelse av luftkvalitetsnormer og vurdering av tiltak mot forurensningene.

Miljømålingene vil omfatte de korrosjonsmessige viktigste parametre som våttid (kondens, nedbør, høy fuktighet), nedbørens surhet, sulfat og kloridinnhold, samt luftens innhold av SO₂ og klorid. Spesielle komponenter, som H₂S, er aktuelle i spesielle miljøer. Forurensningers virkning på bygningsmaterialer som kalksten og sandsten er stort både i Vest-Europa og USA. Større internasjonale forskningsprogram er igang eller under oppstartning for å kvantifisere virkninger og finne botemidler. NILU deltar i ett av disse i regi av NATO/CCMS.

Metode-
utvikling

FoU-behovet

For å kunne skille effekten av de ulike miljøparametre er det nødvendig å videreutvikle den elektrokjemiske teknikken for kontinuerlig registrering av korrosjonshastigheten. Dette gjelder både for utendørs og innendørs bruk og for ulike metaller. Med denne metodikken vil en også kunne registrere den viktige korrosjonsparameteren våttid.

Et viktig forskningsområde framover vil også være luftforurensningenes effekt på elektrisk materiell og deres funksjonsdyktighet. Dagens samfunn er på nær sagt alle områder avhengig av slikt utstyr. En rekke feil oppstår i ulike miljøer, men vår kjennskap til funksjonsdyktighet i avhengighet av miljø er svært mangelfull. Forurensninger av H₂S og klorider i meget små konsentrasjoner vil her ha betydning.

Framtidig forskningsinnsats bør konsentrere seg om følgende områder:

- Miljøklassifisering - mål å utarbeide korrosjonskart for Norge.
- Metodeutvikling - metode for kontinuerlig måling av korrosjonshastighet og våttid, samt aerosoler.
- Korrosjon, kontakt og miljøproblem ved elektrisk materiell utendørs og innendørs.
- Standardiseringsmetoder og miljøklasser innen ovennevnte områder.
- Nedbryting av sten - årsaker og botemidler.

7. ANDRE FORNYBARE ENERGIKILDER

7.1. Solenergi

Problemstilling

Direkte omforming av solenergien kan skje enten til lavtemperatur-varme desentralisert i små enheter eller til elektrisk energi i store solcelle-kraftverk.

Ved varmeproduksjon i små enheter er det vanligvis få miljøkonsekvenser. En må imidlertid passe på at disse enhetene konstrueres slik at de ikke representerer farer ved høye vindstyrker (ved gjenstander som blåser avgårde).

Ved elektrisitetsproduksjon oppstår de største "forurensningsproblemene" ved at arealbehovet er stort. Problemer kan også oppstå ved lagring av energien. Disse problemene er avhengig av hvilken type lagringsmedium som brukes. Ved varmelagring i store vannmagasin kan det oppstå problemer ved tåkedannelse. Ved lagring i andre kjemiske media (f.eks. Glauber-salt) kan det oppstå problemer ved at mediet eller forbindelser med dette er giftige. Foruten arealbehovet og visuell påvikning på landskapet anses anvendelse av solceller å være en miljøvennlig elektrisitetsproduksjonsform.

Pågående FoU-virksomhet

I Sverige pågår forskning innen solenergi. I Norge er FoU-innsatsen når det gjelder store kraftgenererende enheter meget lav, mens det i mange miljøer arbeides med små desentraliserte oppvarmingsanlegg.

FoU-behov

Når det gjelder forurensningsproblemene ved direkte utnyttelse av solenergien, studeres disse i nær

tilknytning til utviklingen av teknologien. En ser derfor ikke et stort behov for å initiere egne forskningsprogram for dette formål.

7.2. Vindenergi

Problemstilling

Vindkraftaggregater av forskjellig størrelse er i drift eller prosjekteres i Norge. De fleste vindkraftturbinene drives av store "vindmøller" eller propeller.

De største forurensningsproblemene ved vindkraftanlegger følgende:

- Arealkrevende, foruten tomtearealer til betongfundamenter og adkomstveier er det behov for omfattende sikkerhetssoner omkring "møllene".
- visuell påvirkning, høyden av et vindkraftaggregat som skal produsere 4 mW må være ~ 50-100 m. Når flere slike plasseres sammen blir disse meget synlige i landskapsbildet.
- støy fra gear og generatorer kan være et problem i nærområdene. Det gjelder ikke bare hørbar støy men også infralyd.
- forstyrrelser av radio- og TV-signaler på visse frekvenser er observert for enkelte av rotorbladtypene som er undersøkt. Problemer kan muligens reduseres, men kan også føre til begrensninger i arealbruken.
- ising på rotorblader kan føre til at isbiter løsner og kastes flere hundre meter avgårde i luften med fare for dyr og mennesker i området omkring.

- bladbrudd kan også forekomme, og fører til sikkerhetssoner på helt opptil ~ 2 km.
- innvirkning på fuglelivet anses ikke som et stort problem, men bladenes store hastighet gjør at vindgeneratorer ikke bør plasseres i områder med stort fugletrekk. Disse forhold synes også å være lite undersøkt.

Pågående FoU-virksomhet

I Danmark (Risø) og Sverige (SMHI, Saab, Vattenfall etc.) satses det store summer på utforskning av vindenergpotensialet i disse land. Også i Norge er slik forskning igang ved IFE.

FoU-behov

Forskning når det gjelder forurensningsproblemene rundt vindenergiproduksjon er som for solenergi: nært knyttet til utvikling av teknologi og lokalisering av generatorer. Spesielle forskningsprogram for miljøpåvirkninger bør derfor direkte knyttes til de programmene som er satt igang for å undersøke potensialet for vindenergi i Norge.

7.3 Bølgeenergi

Problemstilling

Det er påvist en rekke alternative metoder for å utnytte bølgeenergien. De fleste bølgekraftverkene består av flere identiske bølgeenergiomformere (bøyer, flåter, faststående konstruksjoner) som tenkes gruppert eller koplet sammen til kraftverk av en viss størrelse med betydning for kraftforsyning.

Forurensningsproblemer forbundet med bølgekraftverk kan være følgende:

- arealbehovet for enkelte systemer angis dette å være i størrelsesorden 1,7 kyststrekning pr. MW.
- turbulent omrøring, bølgegenerering, strøm som fører til sedimentasjon, og kan påvirke organismer i sjøen
- flora og fauna i strandsonen, som kan påvirkes ved forandringer i bølgeklima. Ved fokuserende bølgekraftverk kan innflytelsen nær lokalpunktet bli betydelig og det er aktuelt med sikkerhetssoner på flere kilometer
- fiskeriene kan påvirkes ved at det oppstår interessekonflikter. Lokalisering av bølgekraftverk er derfor viktig sett ut fra fiskeriinteresser
- visuell påvirkning, estetiske hensyn langs kysten
- giftvirkninger ved maling/overflatebehandling av flotører og øvrig utrustning.

Pågående FoU-virksomhet

Det er igang flere prosjekter i Norge på utvikling av metoder for utnyttelse av bølgeenergi.

FoU-behov

FoU-behovet på området forurensninger ved bølgekraftverk er til en viss grad dekket ved lokaliseringsskriterier for slike kraftverk. Her er det imidlertid behov for en styrking av FoU-innsatsen, når det gjelder innvirkningen på det marine livet enten som resultat av direkte bølge/turbulens/strømendringer eller som resultat av endret sedimentering.

7.4 Andre energigenereringsformer

Saltholdighetsforskjeller

påvirker estuane sirkulasjon, sjiktingen (tåke, isdannelse), marine liv, fiskevandring.

Sjøvannsvarmepumpe

påvirker tåkedannelse, ising, omrøringen i sjøen, biologisk produksjon, giftvirkninger avhengig av kjølevæskemedium.

Tidevann

Små miljøkonsekvenser

Havstrømmer

kan i stor målestokk gi lokale klimaendringer, fiskeklekking.

Biomasse

Ved forbrenning som fossilt brensel med alle de kjente problemene.

VEDLEGG A

Forsker Bjarne Sivertsen
 Norsk inst. for luftforskning
 Postboks 130
 2001 LILLESTRØM

Mottatt: 17 DES. 1979	Sett KJ	Referanse: 052	pmj. 2
Åpnet: IN	Et		
Sirkulasjon #: BS	OFS	PB	+ ark
Signatur: mig 18.12		Kopier 18.12	

Deres ref.: Deres brev av Vår ref.: Dato
 Bes oppgitt ved svar HCC/kar 13.12. 1979

NEDSETTELSE AV AD HOC UTVALG FOR ENERGI OG MILJØ

Vi viser til telefonsamtale om denne sak.

NTNFs Forurensningskomite anbefaler å bygge opp et forskningsprogram om Energi og Miljø under Komiteens aktivitetssområde, og å nedsette et utvalg for å strukturere programmet og formulere problemstillinger. Følgende personer er bedt om å tre inn i Utvalget:

- Overing. Jørund Bakke, NVE, formann
- Cand.real Tore Aune, SIFF
- Overing. Gudmund Gaupseth, SFT
- Forsker Bjarne Sivertsen, NILU
- Siv.ing. Håkon Thaulow, NIVA


K. Blegen NTNF
 P. Hofseth/pøvlle MC
 Karen Garder IFE

Sekretariatet legges til SINTEF. Steinecke, E. Karal

Miljøverndepartementet og Olje- og Energidepartementet vil bli invitert til å delta i Utvalget som observatører. I tillegg bør en representant for NTNFs administrasjon kunne delta som observatør.

- ./.
- Utvalgets medlemmer vil få vanlig godtgjørelse etter Statens regulativ for komitemøter, jfr. vedlagte rundskriv.
- ./.
- Vedlagt følger utkast til mandat for Utvalget.

Vi takker for at De har erklært Dem villig til å tre inn i Utvalget, men ber Dem for ordens skyld bekrefte dette skriftlig.

for NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE
 FORSKNINGSRÅD

 Jan M. Døderlein
 Avd.dir.


 Hans C. Christensen

Vedlegg

UTKAST TIL

MANDAT FOR FKs AD HOC UTVALG FOR ENERGI OG FORURENSNINGER

NTNFs Komite for forurensningsspørsmål planlegger et forskningsprogram om Energi og forurensninger. Målet med programmet er å identifisere og belyse forurensningskonsekvenser av energiproduksjon og -bruk, inkludert transport og lagring. Ad hoc Utvalget oppnevnes for å trekke opp perspektiver, identifisere problemstillinger som kan løses ved forskning og strukturere programmet. Utvalget forutsettes ikke å prioritere angrepsområder i denne fase av programstruktureringen, dette vil bli gjort i neste fase med bakgrunn i Utvalgets arbeid. Utvalget rapporterer til Komite for forurensningsspørsmål.

→ Utvalget får til oppgave å lage en utredning som belyser de viktigste forurensningsproblemer som eksisterende eller fremtidige energiaktiviteter i Norge medfører, og som kartlegger eksisterende norsk forskningsaktivitet på dette feltet, samt gir en oversikt over viktige aktiviteter på området i → utlandet. Utvalget må søke å identifisere de problemområder og avdekke det forskningsbehov som kan være spesielt aktuelt i Norge, både i dagens situasjon og på lengre sikt, hvor det er særlig viktig å ha en forskningsaktivitet som setter norske institutter istand til å utføre oppdrag for forvaltning og næringsliv i deres arbeid med å redusere skadevirkningene ved energiproduksjon og -bruk. Utvalget må både peke på felter hvor det mangler fundamental viten, f.eks. om biologiske virkninger av forurensninger, på behov for metodeutvikling f.eks. for konsekvensanalyser og på felter hvor behovet vesentlig er sammenstilling av kjent kunnskap.

Utvalget skal begrense seg til faglige anbefalinger innenfor det området som dekkes av mandatet til Komite for forurensningsspørsmål. Der hvor utvalget finner det naturlig ut fra behov for sammenligninger el.l. må det likevel kunne trekke inn også andre miljøvirkninger av energiaktiviteter. Utvalget skal ikke gi anbefalinger eller forslag på felter som ligger utenom FKs aktivitetsområde, men det må stå fritt til å peke på eventuelle utredningsbehov ut over sitt mandat.

Utvalget bør også ha for øye at NTNFs Komite for energispørsmål har bedt om FKs assistanse i arbeidet med kapitlet Energi og Miljø i sin Perspektivanalyse og LTP for energiforskningsområdet, slik at det parallelt med utredningsarbeidet søker å legge til rette stoff for dette kapitlet.

Utvalget må vurdere behovet for norsk forskning på området, med utgangspunkt i den forskning som foregår i dag, og også vurdere hva slags oppgaver vi selv bør bearbeide, og hva som kan hentes utenfra.

Utvalget må også ha for øye at det er viktig å ha en viss egenaktivitet for å følge med i, og få tilgang til, den betydelige aktivitet som foregår på feltet internasjonalt.

Utvalget kan kvantifisere forskningsbehovet, i f.eks. mannår, Utvalget bør stå fritt om det også ønsker å si noe om de institusjoner som kan bidra til forskningen. Det kan også bli aktuelt å peke på mulighetene for direkte samarbeid, f.eks. med Sverige eller større internasjonale prosjekter,

Utredningen bør foretas i nær kontakt med de forskningsmiljøer som er engasjert i feltet, eller kan bli det, og med brukerne av forskningen. Det bør holdes kontakt med NTNFs og NAVFs Energikomiteer, med Miljøverndepartementet, med komiteene for forskning om vindkraft, bølgekraft, solkraft og biomasse initiert av Olje- og energidepartementet, og med relevante program innenfor FKs aktivitetsområde og i de øvrige forskningsråd.

Utredningen skal være levert innen 1. sept.1980. SINTEF vil ivareta sekretariatfunksjonene for Utvalget. Utvalget og sekretariatet bør basere utredningen på bidrag fra de forskningsinstituttene som har spesiell kompetanse innen delområder av feltet. For sekretariattjenester, delutredninger og reiser etc. disponerer Utvalget inntil kr.250.000.

KB/ems
5.2.80

