

NILU
Teknisk notat nr 26/72
Referanse: EO 022371
Dato: September 1972

REVIDERT 1 SEPTEMBER 1972

PERSPEKTIVANALYSE AV FORURENSNINGER:

LUFT

Resipientens egenskaper i
forhold til forurensninger

Synne Strømsøe

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
Postboks 15, 2007 Kjeller
Norge

INNHOLDSFORTEGNELSE

Side

1	<u>ATMOSFÆREN SOM RESIPIENT</u>	1
	<u>A) RESIPIENTENS KAPASITET</u>	1
	<u>B) DEN LOKALE RESIPIENT (< 100 km)</u>	1
	<u>C) DEN REGIONALE RESIPIENT (100 - 1000 km)</u>	2
	<u>D) DEN GLOBALE RESIPIENT</u>	3
2	<u>FORURENSNINGENS INNVIRKNINGER</u>	3
	<u>A) GLOBALE VIRKNINGER</u>	3
	<u>B) REGIONALE VIRKNINGER</u>	4
	<u>C) LOKALE VIRKNINGER</u>	4
3	<u>INNDELING AV LUFTEN I KVALITETSKLASSER</u>	5
	<u>SAMMENDRAG AV SVEVESTØVNORMER</u>	8
	<u>SAMMENDRAG AV STØVFALLSNORMER</u>	9
	<u>SAMMENDRAG AV NORMER FOR SO₂</u>	10
	<u>SAMMENDRAG AV NORMER FOR METALLER OG SPESIELLE STØVTYPER</u> ..	11
	<u>SAMMENDRAG AV NORMER FOR NITROGENOKSYDER OG KARBONMONOKSYD</u>	12
4	<u>BEGRENSNING AV LUFTFORURENSNINGENE</u>	13
5	<u>LANGTRANSPORT AV FORURENSENDE STOFFER</u>	13
6	<u>NEDFALL AV FORURENSENDE STOFFER FRA LUFT TIL VANN OG JORD</u>	15
	a) <u>Gasser</u>	15
	b) <u>Partikler</u>	16
7	<u>TILSTANDEN I 1970</u>	17
8	<u>LITTERATUR</u>	19

PERSPEKTIVANALYSE AV FORURENSNINGER

V Resipienter

A LUFT

1 ATMOSFÆREN SOM RESIPIENT

A) RESIPIENTENS KAPASITET

Fra kloakkavløp og vannforurensninger kjenner en begrepene repisientens kapasitet og selvrensende evne. Når atmosfæren brukes som mottaker for forurensninger, kan en innføre de samme begrep for å vise at en også her har begrensninger i volum og utluftingsforhold. De forurensninger som slippes ut, påvirker tilstanden i resipienten og dens omgivelser. Kapasiteten er avhengig av atmosfærens selvrensende evne. Den atmosfæriske resipient er imidlertid karakterisert ved at dens kapasitet kan variere raskt og innen vide grenser. Atmosfærens selvrensende evne er stor. Gasser absorberes i regndråper og i havet. Støv og væskepartikler (aerosoler) fanges opp av nedbøren eller avsettes på vegetasjonen. Det finner også sted en livlig kjemisk omsetning i atmosfæren, og mellom atmosfærens komponenter og alt liv på jorden. Omfanget av disse prosesser er imidlertid lite kjent.

Det at resipientens kapasitet er begrenset, bringer inn en rekke spørsmål: Hvordan kan resipientens volum fordeles på brukerne, hvordan kan en måle resipientens kapasitet og føre kontroll med at den ikke overskrides? Som mottaker for forurensninger kan en si at atmosfæren har en lokal, en regional og en global kapasitet.

B) DEN LOKALE RESIPIENT (< 100 km)

Luftrommet over en by eller en dal, eller over en åpen slette, kan betraktes som en lokal resipient. Når det kreves at konsentrasjonen av luftforurensninger skal holdes innen visse grenseverdier, må en ikke overskride et bestemt forhold mellom utslippenes størrelse og kapasiteten til den lokale resipient.

Resipienten har variable dimensjoner. Under inversjonsperioder kan den kalde luften som renner nedover et dalføre være svært lik en elv, og den har da en svært begrenset vertikal blandingssevne. Til andre tider, når det blåser sterk vind gjennom dalen, er vertikalutvekslingen stor, og kapasiteten tilsvarende stor.

De dominerende forurensningsproblemer finner en i Norge i forbindelse med byer og industristrøk, særlig der topografiske forhold begrenser den lokale resipient og utluftingen. Forholdene er verst under værforhold hvor lave sjiktninger (inversjoner) i de nederste luftlag ytterligere begrenser resipientens kapasitet. Med disse forholdene følger også lav vindhastighet og dårlige blandingsforhold. Under særlig uheldige forhold kan det i vinterhalvåret dannes stillestående sjøer av kald luft som kan bli liggende i dager og uker. Kapasiteten er da begrenset til det minimale. Hyppigheten av slike forhold er derfor særlig viktig å kartlegge før en anlegger ny industri på et sted.

C) DEN REGIONALE RESIPIENT (100 - 1000 km)

Fra de lokale områder brer forurensningene seg utover større områder. Heller ikke disse har ubegrenset evne til å motta forurensninger. Det er bare de nederste 10 km av atmosfæren, troposfæren, som deltar i fortynning av forurensninger. Stratosfæren ligger over troposfæren. På grunn av den vertikale temperaturfordelingen er utvekslingen mellom troposfæren og stratosfæren meget liten.

Innenfor troposfæren finnes også stabile sjiktninger som reduserer vertikalblandingen. Målinger fra fly tyder på at de største mengdene forurensninger hovedsakelig befinner seg i de nederste 3 km. Dette betyr at utslippene bare spres innen et meget tynt skall rundt jorden. (~~Best kan en sammenligne spredningen med blekkflekker som suges opp av et trekkpapir. Trekkpapirets tykkelse representerer den vertikale utstrekning av den del av atmosfæren som deltar i fortynningen.~~)

Luftsirkulasjonen innen dette volum begrenses av store fjellkjeder, overgangene mellom sjø og land, og de storstilte værsystemene. Under bestemte værforhold får en ofte geografiske begrensninger i luftforurensningenes spredning innenfor dette luftlag. Eksempel på dette er sur nedbør og skitten snø som er forårsaket av en oppsamling av forurensninger innenfor den regionale resipient. Forurensninger som bringes inn over de sørlige deler av Skandinavia felles ut med nedbøren når luften kommer inn over land.

D) DEN GLOBALE RESIPIENT

Transport av forurensninger fra region til region forårsaker spredning i global skala. Måling av den globale bakgrunnsforurensning på avsidesliggende steder som Antarktis tyder på at forurensningen på global skala øker. Den globale resipient er derfor ikke ubegrenset.

2 FORURENSNINGENES INNVIRKNINGER

De skadevirkninger som oppstår ved de ulike former for forurensninger, er omtalt flere steder (1, 2, 3, 4). En skal her kort nevne noen eksempler til belysning av forholdene.

A) GLOBALE VIRKNINGER

Innflytelse på klima

Store mengder karbondioksyd (CO_2) kan øke jordens middeltemperatur fordi den utgående stråling blir absorbert. Aerosoler har den motsatte virkning, fordi den inngående stråling blir reflektert. I global målestokk er tendensen muligens en svakt avtakende middeltemperatur, men det hersker uenighet på dette punkt. Fremdeles spiller de naturlige bakgrunnsmengder av disse stoffer den dominerende rolle.

B) REGIONALE VIRKNINGER

Utslipp av svovelforbindelser gir opphav til sur nedbør. I atmosfæren vil svoveldioksyd (SO_2) tas opp i fuktighet (aerosoler) og oksyderes til svovelsyre (H_2SO_4). Virkningene av den sure nedbøren på vegetasjon og fisk er i stor grad avhengig av jordbunnens sammensetning.

C) LOKALE VIRKNINGER

Utslipp av avgasser har ved spesiell dårlig kapasitet hos resipienten gitt skader på dyr og vegetasjon. Et eksempel på dette er fluorskadene rundt våre aluminiumsverk.

Svovelforbindelser angriper vegetasjonen, og sammen med støv gir den økt sykkelighet i luftveiene hos mennesker. Svovelforbindelser har dessuten korrosiv virkning. Store utslipp av partikler kan skygge for sola og innvirke på temperaturen ved bakken. Dette kan i enkelte tilfeller føre til dannelse av inversjoner eller forlengelse av inversjonsperioder.

Økende mengder partikler vil nedsette sikten.

Nitrøse gasser gir sammen med vann økt korrosjon.

En rekke metaller og metallforbindelser i partikkelform har uheldige innvirkninger på menneskenes åndedrettssystem.

--- 0 ---

Oversiktsmessig kan dette sammenfattes:

- a) Atmosfærens hovedytelse er leveranse av oksygen og karbondioksyd til planter, dyr og mennesker. Denne ytelsen blir ikke forstyrret av de utslipp vi har i dag, og kan neppe ventes å bli forstyrret selv ved uendret teknologi de neste ti år. Men selv om dette forholdet forblir konstant, kan luften inneholde små mengder av giftige stoffer som volder store skader ved innånding.

- b) De storstilte værssystemer er foreløpig upåvirket av utslipp fra menneskelig aktivitet.
- c) Atmosfæren tjener som et naturgode i form av frisk luft og god sikt. Denne faktor er i høy grad avhengig av utslippene fra menneskelig aktivitet. Selv små utslipp vil gi en virkning her, og kostnadene ved rensing må i dette tilfellet avveies mot den pris man setter på dette naturgodet.
- d) Direkte skadevirkninger ved luftforurensning kan vurderes økonomisk, idet en har et etablert prissystem for hva det koster for ekstra rengjøring, korrosjon, sykdommer, tap i skogsvekst, osv. Tap av ømtålige plantearter er mer usikkert å definere økonomisk.

3 INNDELING AV LUFTEN I KVALITETSKLASSER

Enkelte land, spesielt USA, har faste normer for luftens renhet. I USA mener en at en skal kunne fastsette slike normer ut fra teknisk-naturvitenskapelige data, slik at en har sikkerhet for at skadelige virkninger ikke vil kunne oppstå så lenge disse normer overholdes. De fleste europeiske land er ikke tilhengere av dette, idet en tviler på at det i dag er mulig å kunne fastsette normer som utelukker alle skadevirkninger. En mener at en i dag ikke har tilstrekkelig kunnskaper om virkningene, verken på kort eller lang sikt.

I stedet har en i disse landene gått inn for å kreve at rensing av avgasser må skje etter den beste tekniske og økonomiske fremgangsmåte ("the best practical means"). Samtidig har mange land også gitt et sett normer som en under enhver omstendighet må prøve å overholde. Dette gir et elastisk opplegg, idet en her forhindrer en nyetablering i et rent område å sende ut nesten hva som helst, selv om kvoten i området ikke blir overskredet. Dette blir til en viss grad kompensert i de amerikanske reglene, idet en her som regel har ulike normer for forskjellige typer landområder. Skal en dele opp luften i kvalitetsklasser, er det nærliggende å benytte en oppdeling tilsvarende den amerikanske:

- 1 Den luftkvalitet som i de fleste lands normer kreves i et rekreasjonsområde. (Rural area, recreation area).
- 2 Den luftkvalitet som i de fleste lands normer kreves i boligområder.
- 3 Den luftkvalitet som i de fleste lands normer kreves i industristrøk.
- 4 Den luftkvalitet som kreves for å overholde de yrkeshygieniske grenseverdier akseptert i Norge. Disse er basert på maksimalt 8 - 9 timers oppholdstid pr dag, og bør derfor ikke under noen omstendighet forekomme utenfor en bedrifts eiendom.

Ikke alle typer forurensninger har adskilte normer for alle disse typer landområder. Dette betyr i praksis at grensen blir den samme for gruppe 1, 2, og 3, eller at enkelte land med spesielt streng lovgivning henføres til gruppe 1.

Norge har ikke egne normer for luftens kvalitet, men følger ofte Sverige. Videre har man i Norge forsøkt å tilstrebe den europeiske fremgangsmåte, hvor en ønsker den best mulige rensing som er teknisk og økonomisk forsvarlig. Her bør man kanskje ta hensyn til at vi hittil har bevart en meget høy luftkvalitet. Bevarelse av denne kan også ha økonomisk betydning, idet vår status som et av Europas lite forurensede områder kan opprettholdes.

For noen av de vanligste forurensningene eksisterer det tilstrekkelig normer til å kunne skille mellom de enkelte kvalitetsklasser. For andre typer mangler en ennå en god del kunnskaper om stoffenes skadevirkninger, især på lang sikt. Derfor er det igjen grunn til å advare mot å betrakte de oppsatte normer som et "tak" en kan bevege seg fritt opp til.

De fleste normene er angitt som middel over 30 minutter, timer, døgn, måned og/eller år. Videre gis også en maksimal frekvens eller prosent av tiden hvor en kan overskride normen. Ofte angis at normene gjelder for ethvert punkt utenfor bedriftens eiendom. Det kan føre til at bedriften kanskje vil finne det mer økonomisk å kjøpe alle eiendommene innen en viss omkrets i stedet for å installere renseutstyr.

For å hindre slike oppkjøp er det i Sveits bestemt at ingen utslipp skal synes i landskapet. Dette løses delvis ved rensing og delvis ved innblanding av falsk luft.

Normer innen en lokal resipient kan i episoder overskrides, på grunn av et vesentlig bidrag utenfra, i tillegg til de nasjonale kilder. De norske kilder gir i dag som regel et uvesentlig bidrag til den regionale resipient.

I forbindelse med denne perspektivanalysen har en forsøkt å samle de normer for de ulike forurensninger som er gitt i andre land (5, 6, 7, 8, 9).

Når en skal velge den statistiske basis for hvordan normene skal uttrykkes, er det viktig å forstå sammenhengen mellom midlings-tiden og den type forurensning som standarden prøver å begrense. Gjennomsnittsverdier over lang tid er sannsynligvis det beste grunnlag for å fastsette mål som reduserer vidstrakte forurensninger fra et stort antall kilder. For eksempel er forurensningsgraden for SO_2 fra forbrenning av fyringsolje i et stort antall brennere sannsynligvis best beskrevet ved et årlig eller kvartalsmessig gjennomsnitt basert på døgnverdier. Er målet å redusere forurensning fra en enkelt hovedkilde som et stort industrianlegg, må standarden begrense de høyeste verdiene som kan forekomme fra tid til annen. I dette tilfellet er standarden best uttrykt ved en statistisk sannsynlighet slik at de fleste måle-resultater er mindre enn en gitt verdi.

SAMMENDRAG AV SVEVESTØVNORMER

Norge har ingen egne normer for svevestøv. En har her forsøkt å samle de ulike lands normer til et sett verdier som synes å gi et gjennomsnitt for ulike områdetyper. Det er ikke tatt standpunkt til måleperiode, målemetode, midlingsverdi eller hvor mye av tiden en kan tillate seg å overskride verdiene.

Områdetype	µg/m ³
Bakgrunn	50
Boligstrøk	100
Industristrøk	200
Yrkeshygienisk grense	10.000

Middelet av n målinger beregnes som det geometriske middel

$$\bar{n} = \sqrt[n]{a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_n}$$

SAMMENDRAG AV STØVFALLSNORMER

Norge har ingen egne normer for støvfall. En har her forsøkt å samle de ulike normer til et sett som kan være veiledende ved bruk av NILU's støvmåler. På grunn av variasjoner i bakgrunn med de ulike årstider, og variasjoner i meteorologi og utslipp, har en valgt et årsmiddel ca 30% under det maksimalt tillatte månedsmiddel.

Maksimalt tillatte verdier

Områdetype	Månedsmiddel	Årsmiddel
Bakgrunn (Rekreasjonsområde) (Landsbygd)	3 g/m ² · mnd	2 g/m ² · mnd
Boligstrøk	10 "	7 "
Industristrøk	20 "	15 "

Årsmiddelet er basert på aritmetisk middel av månedsverdiene.

I tillegg til mengden støv har også støvets farge og egenskaper forøvrig betydning for hvor plagsomt nedfallet er.

SAMMENDRAG AV NORMER FOR SO₂

Norge har ingen egne normer for SO₂. En har her forsøkt å samle de ulike lands normer til et sett verdier som synes å gi et gjennomsnitt for ulike områdetyper. Det er ikke tatt standpunkt til måleperiode, målemetode, midlingstid eller hvor mye av tiden en kan tillate seg å overskride verdiene.

Maksimalt tillatte verdier

Områdetype	µg SO ₂ /m ³	ppm
Bakgrunn	60	0.02
Boligstrøk	80	0.03
Industristrøk	400	0.15
Yrkeshygienisk grense	13.000	5

Bakgrunnsverdien er noe vanskelig å sette, både denne og verdien for boligstrøk refererer til den nye amerikanske standarden. Midlingstiden er her ett år, og en tar det aritmetiske middel.

Ellers følger man i Norge i praksis ofte de svenske normene, som tillater inntil

140 µg SO₂/m³ (0.05 ppm) som månedsmiddel
290 µg SO₂/m³ (0.10 ppm) som døgnmiddel

SAMMENDRAG AV NORMER FOR METALLER OG SPESIELLE STØVTYPER

Norge har her ingen egne normer, og det er svært få land som har satt normer i noen særlig utstrekning. Grunnen er antagelig at man vet for lite om skadevirkninger på lang sikt. En håndregel er at den maksimale immisjonskonsentrasjon er 1/10 til 1/30 av den yrkeshygieniske grenseverdi. Dette gjelder korttidsverdier, middelet over lengre tid er som regel mye lavere, især for de stoffer hvor en har mistanke om kumulative eller særlig giftige effekter.

SAMMENDRAG AV NORMER FOR

nitrogenoksyder: Den amerikanske standard 100 $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ eller 0.05 ppm som årsmiddel synes representativ. Den yrkeshygieniske grenseverdi er 30.000 $\mu\text{g NO}/\text{m}^3$ (25 ppm) og 9.000 $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ (5 ppm) i Norge.

karbonmonoksyd: Et 8-timers middel på 10 mg/m^3 CO (9 ppm) er valgt i Amerika. Den yrkeshygieniske grenseverdi er 55 $\text{mg CO}/\text{m}^3$ (50 ppm) i Norge.

4 BEGRENSNING AV LUFTFORURENSNINGENE

A) Begrensning ved kilden

Dette kan skje ved installasjon av rensutstyr, endring i produksjonsmetode, endring i råmaterialer og endringer i produksjonsutstyret. Gjenvinning og nyttiggjørelse av biprodukter kan ofte vise seg lønnsomt.

B) Begrensninger ved spredning

Siden skadevirkningenes omfang er avhengig av konsentrasjonen, kan bedre spredning redusere disse. Dette skjer ved høye skorsteiner, innblanding av falsk luft, tilstrekkelig avstand mellom utslippet og annen eiendom, eller relokalisering av utslippet.

C) Begrensning ved mottakeren

Utsatte individer kan benytte filterbeskyttelse utendørs. Innendørs kan en sørge for et svakt overtrykk, samt god filtrering av luften før den kommer inn. Til beskyttelse av overflater mot korrosjon, benyttes maling, galvanisering og annen overflatebehandling.

5 LANGTRANSPORT AV FORURENSENDE STOFFER

De store vindsystemene knyttet til høytrykk og lavtrykk kan transportere forurensende stoffer over landegrensene. For å kunne fastslå hvilken betydning langtransport av en forurensning har i et bestemt område, må man kunne skille ut den delen av forurensningen i området som skyldes lokale utslipp av vedkommende stoff. Dette er ingen enkel oppgave, for langtransportens andel av forurensningen i luften over området kan variere fra time til time, avhengig av hvilke utslipp luften har passert, og i hvilken grad nedfalls-, forvamlings- og spredningsprosesser har funnet sted underveis.

Nedfallsprosesser bringer forurensningene fra luften til vann og jord. Et regnvær vil f.eks kunne vaske ut **forurensningene, regndråpene vil kunne** ta med seg forurensningene til jordoverflaten. Ved forvandlingsprosesser reagerer forurensningene kjemisk med andre stoffer i luften. Etter reaksjonene opptrer de som nye stoffer, skadelige eller uskadelige. Spredningsprosesser kan fordele forurensningen over et meget stort luftvolum, slik at konsentrasjonen av forurensede stoffer i luften blir liten. Til tross for små konsentrasjoner i luften kan belastningen på et område likevel bli betydelig hvis påvirkningen strekker seg over lang tid, og det ikke finnes prosesser som fjerner eller nøytraliserer de skadelige stoffene,

Langtransport av forurensende stoffer favoriseres ved spesielle vær-situasjoner. Forurensningen kan avsettes på et relativt lite område langt fra kildene. I Norge er den sørlige delen mest utsatt. Avstanden fra de store industriområdene i Nord-Europa til Sør-Norge er omtrent 1000 km, en avstand som lett kan tilbakelegges av luften i løpet av ett døgn. Spesielt uheldig er situasjonen hvis et høytrykk med stabil luft og svake vinder har ligget en stund over Nord-Europa. Konsentrasjonene av forurensende stoffer i luften blir da høye i området. Hvis det nå settes opp et sørlig vindfelt, f eks ved et lavtrykk som nærmer seg fra vest, vil den forurensende luften bli ført nordover. Når luften tvinges til vørs over de norske fjellområdene utløses det ofte nedbør på vindsiden av fjellene (orografisk nedbør). I **slike** tilfelle vil nedbøren være sterkt forurenset.

For skadelige stoffer som slippes ut både i Norge og i land omkring er det umulig å si hvor stor del av belastningen i Norge som skyldes utslipp utenfor landets grenser. Det finnes imidlertid klare indikasjoner på at det virkelig forekommer langtransport av betydning. En del episoder av sur nedbør over store deler av Sør- og Østlandet kan settes i forbindelse med vær-situasjoner som bør begunstige langtransport. Regnvannets pH har flere ganger vært nede på omkring 3,5. Denne høye surheten kan settes i forbindelse med utslipp av svoveldioksyd i atmosfæren. Svoveldioksyd vil etterhvert oksyderes til svovelsyre i luften.

I Sverige er det foretatt målinger av svovelinnholdet av svært små partikler som "flyter" i luften. Målingene som ble foretatt i et nett av stasjoner i søndre og midtre Sverige, svingte i god takt over hele området. Dette tyder på at forurensningens utbredelse i dette tilfelle styres av store vindsystemer, som forekommer i tilknytning til høytrykk og lavtrykk.

For tiden er vårt kjennskap til langtransportprosessen begrenset. Enkelte deler av prosessen er godt kjent, mens andre deler er gjenstand for gjetninger. Mer presis viten krever omfattende målinger og analyser i internasjonal målestokk.

6 NEDFALL AV FORURENSENDE STOFFER FRA LUFT TIL

a) Gasser

Forurensende gasser blander seg raskt med vanlige gasser i luften. Er gassene sluppet ut i luften ved høy temperatur, vil avkjølingen lett føre til at gassene delvis kondenseres til små væskedråper. Slike dråper hører inn under punkt b).

Gasser er løselige i vann. Er vann i kontakt med en gassblanding, f eks luft, vil hver enkelt av gassene i blandingen løses i vannet, inntil vannet er "mettet" med hensyn på hver av gassene. Metningskonsentrasjonen av den enkelte gass løst i vannet er avhengig av partialtrykket til vedkommende gass i luften. Vann i kontakt med luft (overflatevann i hav og innsjøer, regndråper, skydråper o l) vil være mettet med hensyn på de vanlige gassene i atmosfæren, men umettet med hensyn på forurensende gasser som forekommer mer sporadisk.

Hav og innsjøer vil absorbere forurensende gass i luften nærmest vannoverflaten inntil overflatevannet er mettet. Prosessens effektivitet avhenger av hvor raskt det mettede overflatevannet blir skiftet ut med umettet vann nedenfra, og hvor raskt luftens forurensende gass kan fraktes nedover til luftlaget nærmest vannflaten, hvor gassen kan absorberes. Hastigheten til slike prosesser er avhengig av stabilitets-, strøm-, og vindforhold. Kvantitative vurderinger er usikre, for de gasser som er mest løselige i vann kan prosessen være av stor betydning.

Gassen hydrogensulfid, som regnes som forurensende, blir produsert i naturen ved nedbryting av organisk materiale. Transporten av denne gassen vil snarere gå den omvendte veien, fra hav og innsjøer til luft. Men meningene om størrelsen av denne transporten er svært forskjellige.

Skydråper absorberer også forurensende stoffer. Disse dråpene er så små at de nesten ikke faller i forhold til luften. Større virkning kan et regnvær ha, hvor stadig nye umettede regndråper faller igjennom et luftvolum som inneholder forurensende gasser. Et regnvær kan fjerne de forurensende gassene fra luften. Det kan også transportere gassene og fordele dem på en ny måte, uten å fjerne dem fra luften.

b) Partikler

Partiklers fallhastighet i luft varierer svært med størrelsen. Hastigheten varierer også med partiklenes tetthet og form. Følgende tabell gir størrelsesorden, den gjelder for luften i de nærmeste par km over jordoverflaten.

Partikkelradius (10^{-6} m)	10^{-2}	10^{-1}	1	10	10^2
Fallhastighet (cm/s)	10^{-5}	$5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-2}$	2	80

De største partikler i denne tabellen faller raskt ned til bakken. De minste faller så langsomt at de nesten oppfører seg som molekyler i luften. Partiklene med radius omkring 10^{-6} m kan holde seg svevende i luften temmelig lenge, men disse partiklene kan virke som effektive kondensasjonskjerner for skydråper. Et regnvær vil vaske ut slike partikler svært effektivt.

Partiklene kan vokse ved å kolliderere med hverandre og smelte sammen ved kollisjonen. Typisk byluft kan inneholde 10^5 partikler pr cm^3 med gjennomsnittlig radius på omkring $5 \cdot 10^{-9}$ m. Hvis slik luft ikke får tilførsel av stadig nye partikler, tar det omtrent en halv time før partikkelkonsentrasjonen i luften er sunket til det halve p g a sammensmelting ved kollisjoner. Fallhastigheten for slike partikler er så liten at de følger rene diffusjonslover. Som med gasser er det vanskelig å si noe kvantitativt om diffusjonen av slike partikler mot jordoverflaten generelt, på grunn av alle parametre en slik prosess avhenger av.

7 TILSTAND I 1970

Hvis en kjenner de enkelte kilders utslipp og geografiske plassering, samt de meteorologiske forhold på stedet, kan en innen visse grenser beregne den ventede belastning i området. I Norge med sin spesielle topografi og forholdsvis spredte industribebyggelse, vil det i dag bare bli snakk om å overskride normene innen den lokale resipient. De ulike utslipp fra industrien i denne analysen er basert på de enkelte poster i nasjonalregnskapet, uten tilknytning til geografisk plassering. Dette betyr at utslippsdataene på nåværende form ikke kan benyttes til å beregne områdebelastningen. Denne må derfor stort sett utføres på grunnlag av foretatte målinger, og en perspektivanalyse må i stor grad bygge på skjønn.

NILU har foretatt en rekke målinger av svoveldioksyd i byer og industristrøk. Disse vil kunne gi informasjon om forurensningssituasjonen på vedkommende steder når det gjelder SO_2 . Andre steder og andre stoffer har man bare spredte informasjoner om. En samordning av dette vil derfor på langt nær kunne gi et fullstendig bilde av situasjonen i Norge.

SO_2 ble i 1971/72 målt i Oslo, Drammen, Askim, Bergen, Skedsmo, Sandnes, Kristiansand, Vennesla, Larvik, Moss, Sarpsborg, Stavanger, Sola og Trondheim.

Verdiene for SO_2 lå de fleste steder godt under hva en foran har angitt som maksimalt tillatte verdier i boligstrøk over et tidsrom. Høyere verdier ble funnet ved Borregaard i Sarpsborg, og i Oslo og Drammen både før og etter at restriksjonene på bruk av fyringsoljer trådte i kraft. Både Oslo og Drammen har ofte dannelse av inversjoner i fyringssesongen, noe som her forklarer de høye verdiene. Kristiansand og Larvik har sporadisk hatt månedsmiddelverdier som ligger omkring det som er maksimalt ønskelig i boligstrøk.

De fleste måleverdier i Oslo og Drammen ligger under de svenske normene etter at restriksjonene på fyringsoljer ble innført.

Målingene av svevestøv indikerer at flere kommuner har et støvproblem. Dette gjelder især Stavanger og Trondheim.

NILU har også foretatt målinger av fluor og støvfall, men resultatene herfra er ikke **vurdert**. En kan likevel si at forholdene i Norge, både totalt og lokalt, stort sett er gode sett i relasjon til andre industrialiserte land. Når man nå mer og mer blir klar over at Norges spesielle topografi kan føre til inversjoner med opphopning av forurensninger, kan en ved bevisst planlegging unngå de uønsket høye verdier en av og til får i slike områder.

LITTERATUR

- (1) Innstilling nr 2 fra Ressursutvalget, Norges naturressurser. En oversikt. 10 mars 1971.
- (2) Innstilling om Lov om vern mot luftforurensning. Innstilling nr 3 fra Luftforurensningsutvalget av 1967, avgitt april 1971.
- (3) Norges Teknisk-Naturvitenskapelige forskningsråd Perspektivanalyse - Miljøforurensninger og deres bekjempelse NTNf 17 august 1971. Oslo 3.
- (4) Landsplanudvalgets sekretariat LPUS orientering 10. Om forureningsproblemer. Danmark april 1970.
- (5) Strømsøe, S.: Grenser for fotokjemiske oksydanter, hydrokarboner, nitrogenoksyder, karbonmonoksyd, klor, hydrogenklorid, fluor, ammoniakk og klorerte hydrokarboner. NILU Teknisk Notat nr 36/72.
- (6) Strømsøe, S.: Grenser for støvfall. NILU Teknisk Notat nr 28/72.
- (7) Strømsøe, S.: Grenser for metaller og spesielle støvtyper. NILU Teknisk Notat nr 34/72.
- (8) Strømsøe, S.: Grenser for svevestøv. NILU Teknisk Notat nr 33/72.
- (9) Strømsøe, S.: Grenser for svoveldioksyd. NILU Teknisk Notat nr 32/72.