

NILU
Oppdragsrapport nr 90/74
Referanse: 0.14.74
Dato: november 1974

UTVIKLING AV MODELLER FOR
MESOSKALA-SPREDNING AV
LUFTFORURENSNINGER - ET FORSTUDIUM

Sammenstilt av: B. Sivertsen, NILU
på grunnlag av nasjonale bidrag fra:

L. Prahm, DMI
G. Nordlund, FMI
L.E. Olsson, MISU

NORDFORSK's prosjektgruppe for
mesoskala-spredningsmodeller (MV-LSP)

(3.opplag med AEK's kommentarer i bilag.)

Januar 1975

NILU
Oppdragsrapport nr 90/74
Referanse: 0.14.74
Dato: november 1974

UTVIKLING AV MODELLER FOR
MESOSKALA-SPREDNING AV
LUFTFORURENSNINGER - ET FORSTUDIUM

Sammenstilt av: B. Sivertsen, NILU
på grunnlag av nasjonale bidrag fra:

L. Prahm, DMI
G. Nordlund, FMI
L.E. Olsson, MISU

NORDFORSK's prosjektgruppe for
mesoskala-spredningsmodeller (MV-LSP)

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
<u>FORKORTNINGSLISTE</u>	2
1 <u>INNLEDNING OG MÅLSETNING</u>	3
2 <u>FREKVENNS OG BETYDNING AV METEOROLOGISKE FENOMENER</u> <u>PÅ MESOSKALA</u>	4
2.1 <u>Land/sjøbris</u>	4
2.2 <u>Kanaliserte vindsystemer</u>	5
2.3 <u>Fenomener beroende på endringer i underlagets</u> <u>beskaffenhet</u>	6
2.4 <u>Spesielle bysirkulasjoner</u>	6
2.5 <u>Fysisk/kjemiske prosesser ved spredning over</u> <u>store avstander</u>	7
3 <u>OVERSIKT OVER PÅGÅENDE FORSKNINGSAKTIVITET</u>	7
3.1 <u>Måleprogram</u>	7
3.1.1 <u>Land/sjøbrisstudier</u>	7
3.1.2 <u>Studier av lokale vindforhold</u>	7
3.1.3 <u>Trajektoriestudier</u>	8
3.1.4 <u>Bysirkulasjonsstudier</u>	8
3.1.5 <u>Undersøkelser av fysiske og kjemiske prosesser</u>	8
3.2 <u>Modellarbeid</u>	9
3.2.1 <u>Fysisk beskrivelse av mesoskala fenomen</u>	9
3.2.2 <u>Numeriske modeller</u>	9
4 <u>EKSISTERENDE PLANER FOR FRAMTIDIG FORSKNING</u>	9
5 <u>INVENTERING AV RESSURSER</u>	10
5.1 <u>Personale</u>	10
5.2 <u>Instrumenter</u>	11
5.3 <u>Økonomi</u>	13
6 <u>FORSKNINGSBEHOV</u>	14
7 <u>FORSLAG TIL FORSKNINGSPROGRAM</u>	15
7.1 <u>Målsättning</u>	15
7.2 <u>Forskningsprogram</u>	15
7.3 <u>Delprosjekter</u>	17
7.4 <u>Forslag til plan for 1975</u>	20
7.5 <u>Organisasjon</u>	21

FORKORTNINGSLISTE

AEK	:	Atomenergi Kommissionen, Risø, Danmark
ATV	:	Akademiet for de Tekniske Videnskaber
COST	:	Cooperation and Coordination in the field of Scientific and Technical Research
CTH	:	Chalmers Tekniska Högskola
DKF	:	Dansk Kedelforening
DMI	:	Meteorologiske Institut i Danmark
DTH	:	Danmarks Tekniske Højskole
FFA	:	Flygtekniska Forsöksanstalten
FFI	:	Forsvarets forskningsinstitut (Norge)
FMI	:	Finlands Meteorologiska Institut
FOA	:	Forsvarets Forsknings Anstalt (Sverige)
IVL	:	Institut för Vatten- och Luftvårdsforskning, Göteborg
KTH	:	Kungliga Tekniska Högskolan
LRTAP	:	Long Range Transport of Air Pollutants (OECD-prosjektet)
MISU	:	Meteorologiska Institutionen vid Stockholm Universitet
MIUU	:	Meteorologiska Institutionen vid Uppsala Universitet
MVC	:	Militära Väder Centralen
NILU	:	Norsk Institutt for Luftforskning
NLVF	:	Norsk Landbruksvitenskapelige Forskningsråd
NMI	:	Det Norske Meteorologiske Institutt
NTNF	:	Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd
SINTEF	:	Selskapet for Industriell og Teknisk Forskning ved NTH
SMHI	:	Sveriges Meteorologiska och hydrologiska institut
SNSF	:	Sur nedbørs virkning på skog og fisk (norsk felles-prosjekt under NTNF/NLVF)
SNV	:	Statens Naturvårdsverk
TKK	:	Tekniska Högskolan i Helsingfors
U	:	Universitet

UTVIKLING AV MODELLER FOR
MESOSKALA-SPREDNING AV
LUFTFORURENSNINGER - ET FORSTUDIUM

1 INNLEDNING OG MÅLSETNING

Som resultat av den nordiske miljøvernkonvensjonen av februar 1974 (1), er det nødvendig å vurdere transport og spredning av forurensninger over landegrensene. En forutsetning for at dette skal kunne gjøres er at en gjennom et bedre kjennskap til de atmosfæriske prosesser og sirkulasjoner på mesoskala, kan utvikle spredningsmodeller på den skala det her er tale om. Mesoskala-området defineres i våre problemstillinger ved fenomener med lengdeutstrekning 10 - 300 km.

Et nordisk samarbeide for utvikling av mesoskala spredningsmodeller vil muliggjøre en enhetlig nordisk vurdering av miljøpåvirkningen som kan forårsakes av miljøskadelig virksomhet.

Også rent nasjonalt har mesoskala-problematikken betydning, for eksempel ved lokalisering av kraftverk og store industrikilder.

På denne bakgrunn ble det under NORDFORSK's ledelse nedsatt en arbeidsgruppe, sammensatt av personer fra institusjoner som i de respektive land arbeider med oppgaver vedrørende spredning av luftforurensninger. Arbeidsgruppen har hatt følgende sammensetning:

Danmark	-	Cand.Polyt. L. Prahm, DMI
Finland	-	Fil.lic. G. Nordlund, FMI
Norge	-	Forsker B. Sivertsen, NILU
Sverige	-	Statsmeteorolog L. Olsson, MISU
NORDFORSK	-	Fil.cand. M.M. Mandahl (sekretær) NORDFORSK's miljövårdssekretariat

Arbeidsgruppens formål har vært å foreta en forstudie inneholdende:

- en oversikt over frekvens og betydning av mesoskala meteorologiske fenomen i Norden.
- en oversikt over pågående forskningsaktiviteter.
- en inventering av ressurser - økonomi, instrumenter og arbeidskraft.
- en kartlegging av framtidig forskningsbehov og utforming av forslag til forskningsprogram.

2 FREKVENS OG BETYDNING AV METEOROLOGISKE FENOMENER PÅ MESOSKALA

Det er foretatt en undersøkelse av hyppigheten og betydningen av en del meteorologiske fenomen, som antas å være av interesse for spredning av forurensninger i mesoskala.

2.1 Land/sjøbris

Land/sjøbris sirkulasjoner har stor betydning for kystklimaet i alle de nordiske land. Fenomenet er studert av forskjellige personer på forskjellige steder i Norden. Uheldigvis for sammenligningen er fenomenet definert noe forskjellig av de forskjellige forfattere (se bilag B2).

Forekomsten av land/sjøbris sirkulasjoner varierer fra en lokalitet til en annen i de nordiske land. Det rapporteres om gjennomsnittlig mellom 10 og 25 sjøbrisdager pr år, varierende fra mellom 1 og 10 dager på de nordligste stasjonene i Finland og Norge, til 35 - 40 sjøbrisdager pr år i sydlige deler av Norge, Sverige, Finland og i Danmark.

Da befolkningssentra og en stor del av industriaktiviteten er lokalisert til kysttraktene i de nordiske land, har land/sjøbris situasjoner i alminnelighet stor betydning for vurdering av forurensningsspredning. Betydningen av disse situasjonene økes fordi de oftest forekommer på sommerdager med pent vær, og forurensningens påvirkning på menneskers mentale helse og på vegetasjon er størst.

Stabilitetsendringer med avstanden fra kystlinjen samt døgnlig vindretningsvariasjon karakteristisk for land/sjøbrisen, har også vist å resultere i spesielt høye bakkekonsentrasjoner av forurensninger i slike situasjoner.

2.2 Kanalisererte vindsystemer

Frekvensen og betydningen av kanaliserte vindsystemer er størst i Norge og i nordlige og vestlige deler av Sverige. I mange dalsystemer er fjell/dalvinden en forlengelse av land/sjøbrisen, og beskrivelsen av dette system kan ha like stor betydning som beskrivelsen av land/sjøbrisen.

Bakkevindens avvik fra den geostrofiske på grunn av kanalisering eller på grunn av friksjonsendringer i underlaget, er undersøkt i alle de nordiske land. De fleste av disse har betydning for vurdering av forurensningstransport og spredningsmekanismer på mesoskala.

2.3 Fenomener beroende på endringer i underlagets beskaffenhet

Ruhetsendringer forårsaker konvergens eller divergens i vindfeltet. Trajektoriestudier er aktuelle ved beregning av spredningen fra store punktkilder i og i nærheten av byområder, hvor endringer i underlagets ruhet forårsaker avbøyning av vinden. Dette gjelder også ved transport av forurensning over vekslende underlag på grunn av vegetasjon eller topografi.

Underlagets beskaffenhet kan også resultere i stabilitetsendringer og medføre nedslag av forurensninger i områder som ligger langt fra en høy enkeltkilde.

For utvikling av spredningsmodeller i mesoskala vil det være av vesentlig betydning å innbygge i modellene muligheten for endringer av spredningseffektiviteten, blandingshøyden og vindprofilen med transport av forurensninger over forskjelligartet underlag.

2.4 Spesielle bysirkulasjoner

Undersøkelser blant annet i Stockholm og i Oslo har vist at det er et behov for, i det minste i spesielle situasjoner, å skaffe seg et relativt detaljert kjennskap til de spesielle vindsystemene en finner i store byområder. Antakelse om homogent vindfelt kan ikke alltid aksepteres i slike tilfeller, og modellberegning av forurensningsfordelingen blir gale.

I alle de nordiske hovedsteder har det vært et behov for å utvikle spesielle bymodeller. Undersøkelser av vind og spredningsforhold foreligger blant annet fra Oslo, Stockholm, København, Helsingfors, Gøteborg, Malmø, Bergen, og Uppsala.

2.5 Fysisk/kjemiske prosesser ved spredning over store avstander

Studier av tørr- og våtdeposisjon er av betydning for spredning av forurensninger på mesoskala. Grunnlaget for beregning av tørravsetning over forskjelligartet vegetasjon er svakt. Her er det et sterkt behov for utvidede studier. På mesoskala vil også kjemiske halveringstider, (f.eks. overgang fra SO₂ til sulfater), reaksjoner for dannelse av fotokjemiske komponenter og kjennskapet til partiklers evne som bærer av gasser (f.eks. luktstoffer) ha betydning.

3 OVERSIKT OVER PÅGÅENDE FORSKNINGSAKTIVITET

3.1 Måleprogram

3.1.1 Land/sjøbrissstudier

Undersøkelser av land/sjøbrissirkulasjoner foretas for tiden i Danmark, Norge og Sverige.

I Danmark benyttes data fra ca 20 klimastasjoner, mens undersøkelsene i Norge har mer karakter av episodestudier og utføres i forbindelse med industrilokalisering. I Sverige er undersøkelsene knyttet til spredningsmeteorologiske studier ved kjernekraftverkene ved Ringhals (nær Gøteborg) og Barsebäck (ved Øresund).

3.1.2 Studier av lokale vindforhold

Spesielle studier av kanaliserte vindsystemer synes ikke for tiden å utføres i noen av de nordiske land. Indirekte vil enhver vindmåling være et grunnlag for lokalvindstudier (f.eks. av kanaliseringseffekter). På denne bakgrunn har en i Bilag 3 nevnt en del av de mange undersøkelser som pågår i de nordiske land og som kan egne seg spesielt til studiet av egenskapene til lokalvind i forhold til geostrofvind.

3.1.3 Trajektoriestudier

Trajektoriestudier for beregning av luftforurensnings-spredning på mesoskala har betydning i områder med systematiske ikke-rettlinjede spredningsbaner.

Slike undersøkelser foretas for tiden ved hjelp av pilotballonger i forbindelse med land/sjøbrisstudier i Norge.

I forbindelse med LRTAP-prosjektet foretas det studier av trajektorier på en noe større skala enn 100 km. Disse undersøkelsene baseres på vindobservasjoner og utføres i alle de nordiske land.

3.1.4 Bysirkulasjonsstudier

Vindmønstre og spredningsparametre i byområder studeres eller har de siste år vært studert i alle de nordiske land (for tiden i Helsingfors, København og Uppsala). Det har vært drevet inngående studier av vindfelt, blandingshøyder og temperaturforhold for utvikling av spesielle bymodeller (Oslo-modellen) (Stockholm-modellen). Målingene som pågår i dag gjelder blant annet innsamling av data for input til spredningsmodeller av Stockholm-typen.

3.1.5 Undersøkelser av fysiske og kjemiske prosesser

Undersøkelser av tørr- og våtdeponering samt kjemiske reaksjoner i atmosfæren foregår i Danmark, Norge og i Sverige. I forbindelse med OECD-prosjektet LRTAP pågår det studier av tørr- og våtdeponering og av kjemiske reaksjoner. Disse utføres både i Norge og i Sverige. I Danmark og Sverige pågår lignende studier i forbindelse med COST-prosjektet. (Cooperation and Coordination in the field of Scientific and Technical Research.)

3.2 Modellarbeid

3.2.1 Fysisk beskrivelse av mesoskala fenomen

I de undersøkelser som er foretatt av mesoskala meteorologiske fenomener i Norden, foreligger fysiske beskrivelser av de forskjellige fenomenene. Disse er utarbeidet på basis av lokale måleprogram, eller basert på karakteristiske egenskaper ved fenomenene sitert fra utenlandske arbeider.

Land/sjøvinden er beskrevet i Finland, Norge og Sverige (se Bilag 3). Fjell/dalvind-systemene er beskrevet i Norge, mens forholdet mellom geostrofvind og bakkevind finnes beskrevet i alle de 4 nordiske land.

3.2.2 Numeriske modeller

Både i Danmark, Finland, Norge og Sverige har det vært arbeidet med matematiske, numeriske modeller for beregning av spredning av luftforurensninger. Det finnes også numeriske modeller for beskrivelse av vindfelt, trajektorier, stabilitetsendringer, blandingshøyde og ikke-stasjonære konsentrasjonsfelt. For detaljer vises til Bilag 3.2.

4 EKSISTERENDE PLANER FOR FRAMTIDIG FORSKNING

Det foreligger i de nordiske land forskjellige planer for framtidig forskning, som tangerer inn mot mesoskala problemer ved spredning og forurensninger.

I tabellen nedenfor er gitt en summarisk oversikt over planer som foreligger (for detaljer se Bilag B 4).

Fenomen	Danmark	Finland	Norge	Sverige
Målinger av interesse for mesoskala spredning	Risø-mast Gladsakse 6 TV-master København	Lovisa-mast Kirkkonommi- mast Helsingfors	Telemark Karmøy Mongstad Bærum	Forsmark Karlshamn Barkarby Velen (FOA-prosjekt) Uppsala
Fysisk/kjemiske endringer	COST- prosjektet		SNSF- prosjektet	COST (IVL-prosjekt) Karlshamn Stenungsund
Modell- utvikling	København	Helsingfors	Telemark LRTAP	Stockholm Uppsala o.fl.

5 INVENTERING AV RESSURSER

I flere av de nordiske land gjelder i forbindelse med et større fellesnordisk prosjekt, at den største vanskeligheten ikke ligger i å finne de riktige eller tilstrekkelig mange instrumenter til undersøkelsen, men å få frigitt arbeidskraft i form av kvalifisert personell. Nedenfor har en presentert en oversikt over potensielle ressurser både i form av personer, instrumenter og økonomi.

5.1 Personale

Nedenfor har en satt opp en oversikt over de institusjoner i de forskjellige land som antas å ha ekspertise innenfor felter som har interesse for utvikling av modeller for spredning i mesoskala. For detaljer vises det til Bilag B.5.1.

	Danmark	Finland	Norge	Sverige
Sprednings- klimatologi	DMI DKF DTH	FMI	NILU FFI Oslo U	SMHI MISU MIUU FOA AB Atom- energi
Varslings- meteorologi	DMI	FMI	NMI	SMHI MVC
Instrumen- tering (spesielt meteo- logisk)	AEK DMI	FMI Vaisala	NILU FFI NMI	SMHI MISU MIUU FOA MVC
Modellutvik- ling og data- behandling	DMI AEK	FMI	NILU NMI Oslo U Bergen U	SMHI MISU MIUU FOA MVC

5.2 Instrumenter

Det finnes ved forskjellige institusjoner i Norden en rekke tilgjengelige instrumenter for undersøkelse av mesoskala spredningsmeteorologiske fenomener. Instrumentene har vært anvendt eller anvendes for tiden i lokalmeteorologiske studier, forurensningsundersøkelser, LRTAP-prosjektet, klimatologiske studier, studier av spesielle effekter (f.eks.: røyknedslag ved bygning/bygningsturbulens) eller i daglig synoptisk værvarslings-tjeneste. Det er av stor interesse i forbindelse med et eventuelt nordisk fellesprosjekt og maksimalt utnytte de ressurser av instrumenter og instrumenterfaringer en sitter inne med i de forskjellige land.

En har forsøkt å tabulere en del av de aktuelle instrumentene i følgende tabell, der en har skilt mellom instrumenter til meteorologiske og kjemiske undersøkelser. Det er også tatt med en oversikt over eksisterende vindtunneler, som kan anvendes i spredningsstudier.

	Danmark	Finland	Norge	Sverige
METEOROLOGISKE INSTRUMENTER:				
Instrumenterte master	Risø (AEK) Gladsakse (MI) Radarmast (MI)	Lovisa (FMI)	Karmøy (NILU)	Barsebäck Velen Ringhals Studsvik Uppsala
Instrumenterte fly	AEK (DMI)		NILU	FOA MISU SMHI
Radiosonde-utstyr, wire-sonde	DMI	Vaisala, FMI	NILU NMI	FOA, MVC MIUU, SMHI
Fjernanalyse-system	AEK	Finland's Akademi (FMI)	FFI	FOA
Turbulensmålere	AEK		FFI	AB Atomenergi, MIUU, SMHI, MVC, FOA
Spredningsmeteorologi, generelt	AEK DMI	FMI	NILU FFI Bergen U	SMHI MIUU FOA MVC

KJEMISKE MÅLINGER:				
Luftkvalitet	DMI-DKF Storkøbenhavns luftforureningsudvalg Miljøstyrelsen Industri	FMI Industri og helsovårdsmyndigheter	NILU Bergen U SINTEF Industri og helsemyndigheter	MISU, SNV, IVL Industri og helsovårdsmyndigheter
Nedbørkjemi	DMI, DKF	FMI	NILU o.fl.	MISU, IVL
Flymålinger	AEK (DMI)		NILU	MISU, IVL
Spredningsforsøk (sporstoff)	AEK		NILU	FOA MISU SMHI

VINDTUNNELER:	DTH ATV	TKK FMI		KTH CTH FFA SMHI (planeras)
---------------	------------	------------	--	--------------------------------------

5.3 Økonomi

Når det gjelder de økonomiske rammene for eksisterende (74/75)-prosjekter i de nordiske land er det hittil gitt noe ufullstendige opplysninger. Det er dessuten vanskelig å trekke ut fra større prosjekter eller fra institusjonenes virksomhet den delen som direkte er relatert til mesoskala problemer. Tallene i tabellen må derfor betraktes som grove anslag.

1974/75	Danmark (D kr)	Finland (S kr)	Norge (N kr)	Sverige (S kr)
Meteorologiske studier	≈200.000,- (DMI, AEK)	30.000,- (Finland's Akademi) ≈60.000,- (FMI)	≈100.000,- (NILU)	400.000,- (SMHI, MIUU, FOA/MVC)
Fysisk/kjemiske studier	280.000,- (COST)		200.000,- (SNSF)	200.000,- (MISU, MIUU, IVL)
Modellarbeid			600.000,- (LRTAP, Telemark)	350.000,- (SMHI, by-modell o.a.)

6 FORSKNINGSBEHOV

I alle de nordiske land er det et stort behov for utvikling av enhetlige beregningsmetoder for spredning på mesoskala (10 - 300 km) fra punktkilder og arealkilder for såvel kontinuerlige som kortvarige utslipp.

Videre er det av stor betydning å undersøke innvirkningen av mesoskalige sirkulasjoner og fenomener på spredningen. Spesielt kan nevnes land/sjø vindsystemet. Ved kysten ligger store befolkningscentra og her plasseres i stor utstrekning både kraftverk og storindustri.

Det trengs ytterligere undersøkelser av hvordan vind, stabilitet og blandingshøyde endres med type underlag ved overgang fra land til sjø eller fra en terreng-type til en annen.

Det er også et stort behov for studier av de fysiske og kjemiske endringer av forurensningene under spredning på mesoskala (eksempelvis tørr- og våtavsetning samt kjemiske reaksjoner).

På samtlige felt trengs studier og utvikling av numeriske modeller. Det gjelder såvel for spredning over homogent og flatt terreng som over ujevnt terreng. Det trengs studier og modeller for mesoskala sirkulasjoner og modeller spesielt tilpasset byatmosfærer. Samtlige modeller bør også inneholde effekter og fysisk/kjemiske endringer og av deponisjon. Hvor det er mulig bør modellberegninger søkes verifisert ved eksperimentelle undersøkelser. Parallelt med modellutviklingen trengs øket forståelse av fysiske prosesser.

7 FORSLAG TIL FORSKNINGSPROGRAM

7.1 Målsättning

Projektets långsiktiga målsättning skall vara att

- samordna pågående forskningsaktiviteter i Norden med sikte på utveckling av enhetliga metoder för beskrivning av spridningen i mesoskala (10 - 300 km).
- sammanställa rekommendationer för enhetlig bedömning av spridning av luftföroreningar i mesoskala.

Av förstudien framgår att det pågår olika arbeten i anknytning till spridning av luftföroreningen på den aktuella skala. En koordinering av dessa samt utveckling av metoder ger ett ökat kunskapsunderlag. Resultatet formuleras så att det ger en grund till förbättrad luftvårdsplanering.

För närvarande föreligger modellformuleringar vilka användas för spridningsberekningar i lokal och regional skala. Föreliggande projekt beaktar spridning av föroreningar i den mellanliggande mesoskalan.

7.2 Forskningsprogram

För att uppnå den angivna målsättningen inriktas projektet främst på studier och belysning av följande problem relaterade till spridning av luftföroreningar i mesoskala:

- 1) Fysikalisk formulering av speciella mesoskaliga spridningsmeteorologiska fenomen.
- 2) Beskrivning och formulering av fysiska och kemiska processer samt depositionsförhållanden i den aktuella rums- och tidsskalan.

- 3) Utveckling av numeriska modeller för spridning av luftföroreningar i mesoskala.
- 4) Studier och värdering av olika mätmetoder aktuella för användning vid undersökning av föroreningars spridning i mesoskala.
- 5) Utförande av mätningar nödvändiga för verifiering och vidareutveckling av modellerna.

Programmet planeras genomfört i enlighet med följande preliminära tidsschema:

- 1975 - Formulering av generella modeller för simulering av luftföroreningars spridning i mesoskala i enlighet med vad som angivits i punkterna 1 - 3 ovan.
 - Planläggning av studier för verifiering och vidareutveckling av spridningsmodeller med beaktande av redan pågående mätprogram.
- 1976 - Vidareutveckling av modelformuleringarna.
 - Eventuellt initierande av mätprogram nödvändiga för verifikation och förbättring av modellen/modellerna.
- 1977 - Vidareutveckling och justering av modelformuleringarna bl.a. på basis av erhållna mätresultat.
 - Sammanställning av rekommendationer för enhetlig bedömning av luftföroreningars spridning på mesoskala.

7.3 Delprosjekter

For optimalt å kunne utnytte ressursene innenfor de ulike nordiske land er det fordelaktig å dele det videre arbeidet i flere delprosjekter.

For utvikling av en numerisk modell for spredning av luftforurensningen på mesoskala er det behov for nærmere å undersøke en rekke spesielle fenomener i mesoskala.

På bakgrunn av allerede løpende eller planlagte nasjonale måleprogram skissert i kapittel 3 og 4 i hovedrapporten foreslås det at arbeidet inndeles i følgende delprosjekt:

Delprosjekt 1

Vindendring ved transport over komplekst terreng og over underlag med forskjellig beskaffenhet, med en oversikt over betydningen av denne effekt for mesoskala modeller, og en formulering av mulige metoder for tilpassing til generelle modeller.

Delprosjektet kan eksempelvis inndeles i følgende oppgaver:

- a) forholdet mellom lokalvind og geostrofisk vind
- b) kanaliserte vindsystemer i ulendt terreng
- c) vindforholdene i kystområdet
- d) vindsystemer drevet av temperatur og/eller trykkgradienter i mesoskala (land/sjøbris systemer, fjell/dalvinder).

Delprosjekt_2

Betydningen av endringer i stabilitet og blandingshøyde, med en oversikt over hvordan disse effektene kan innarbeides i en numerisk modell for mesoskala spredning. Delprosjektet kan eksemelvis inndeles i studier av:

- a) stabilitets- og blandingshøydeendringer ved transport over forskjellig underlag
- b) stabilitetsendringer i sjøbrisen (på grunn av instabilisering ved transport innover oppvarmet terreng)
- c) forandring av stabilitet og blandingshøyde som funksjon av tid på døgnet (koordineres med ventilasjonsklimatgruppen)

Delprosjekt_3

Kjemiske prosesser som påvirker konsentrasjon og sammensetning av luftforurensninger og en formulering av tilpasningen til spredningsmodeller i mesoskala. Delprosjektet kan eksempelvis inneholde undersøkelser av:

- a) transformasjon av SO_2 til sulfater
- b) fotokjemiske reaksjoner
- c) radioaktive stoffers decay under transport i atmosfæren

Delprosjekt_4

Fysiske prosesser som påvirker konsentrasjonsfordelingen av ulike forurensninger. Betydningen av våt- og tørravsetningsprosesser, og en formulering av hvordan disse prosesser kan tilpasses de generelle spredningsmodellene for mesoskala spredning.

- a) betydelsen av våtdeposition
- b) betydelsen av tørrdeposition

Delprosjekt_5

Utveckling av en punktkällmodell där vind, stabilitet och blandingshöjd ingår som variabla parametrar och i vilken kemiska och fysikaliska ändringar samt depositionsförhold kan beaktas.

- a) utarbetande av formler för kort- och långtids medelkonsentrasjoner för kontinuerlige samt kortvarige utsläpp
- b) utarbetande och dokumentering av dataprogram med beaktande av målsetningen av de samme skulle kunne anvendes i de ulike nordiske länderna.

Delprosjekt_6

Utveckling av modell för ytkällor där vind, stabilitet och blandingshöjd ingår som variabla parametrar og i vilken kemiske og fysiske endringer samt depositionsforholdanden kan beaktas.

- a) utarbetande av ett numerisk og fysikalisk muligast korrekt schema for beräkning av korttidsmedelvärden av föroreningskonsentrasjoner
- b) utarbetande av motsvarande schema for långtidsmedelvärden
- c) uppgörande og dokumentering av dataprogram med beaktande av målsetningen at de samme skulle kunne anvendes i de ulike nordiske länderna.

Delprosjekt_7

Studier av ulike målemetoder for anvendelse i mesoskala spredning, hvori inngår en oversikt over anvendelse av ikke-"konvensjonelle" målemetoder, f.eks. fjernanalyse, pilotballonger og sonder, sporstoffstudier, bruk av satelittbilder etc.

7.4 Forslag til plan for 1975

Nedanstående tabell visar vilka projekt som planeras bli utförda under 1975.

Del- projekt	Institution (projektansvarig)	Finansiering (S kr)	
		Nasjonalt	NORDFORSK
1a	NILU (Sivertsen) ¹	35.000	1.500
1d	NILU (Sivertsen) ¹		
1c	AEK (Larsen) ¹	30.000	1.500
2a	FMI (Vaajama) ²		
2b	FMI (Vaajama) ²		
2c	FMI (Vaajama) ² (AEK, Busch)		
3a	MISU (Bolin, Granat) ¹ (NILU, Eliassen) ²	20.000	0
3b	IVL (Brosset) ¹	20.000	0
	OU (Hesstvedt) ³	20.000	1.500
4a	MIUU (Högström) ¹	30.000	0
4b	NILU (Gotaas) ¹	50.000	0
	MISU (Granat) ¹	50.000	0
5a	FMI (Nordlund) ¹	15.000	0
5b	DMI (Prahm) ²	30.000	0
6a,b,c	NILU (Grønskei) ²	15.000	0
	SMHI (Bringfelt) ²	50.000	0
	DMI (Prahm) ²	50.000	0
7	SMHI (Olsson) ¹	10.000	0

¹ betecknar projekt för vilka redan medel beviljats

² betecknar projekt för vilka ansökas nationell finansiering, men för vilka medel ännu ej beviljats

³ betecknar projekt som för sitt genomförande er avhängiga av finansiell stötte från NORDFORSK

Numreringen av projekten i tabellen refererar till indelningen av delprojekt i punkt 7.3. Institutionsförkortningen framgår av förkortningstabellen side 2.

7.5 Organisasjon

I projektet föreslås bl.a. följande institutioner delta:

- DK: Meteorologisk institut (DMI)
Atomenergikommissionen, Risö (AEK).
- SF: Finlands meteorologiska institut (FMI)
- N: Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Oslo Universitet, Geofysisk institutt (OU)
Meteorologisk institutt (NMI)
- S: Meteorologiska institutionen, Stockholm
universitet (MISU)
Meteorologiska institutionen, Uppsala
universitet (MIUU)
Sveriges Meteorologiska och hydrologiska
institut (SMHI)
Institutet för vatten- och luftvårds
forskning (IVL)
Försvarets forskningsanstalt (FOA)

För samordning och ledning av projektet utses en projektgrupp med minst en representant från varje deltagande land.

I första hand borde projektgruppen vara sammansatt av representanter för de institutioner som i respektive länder har det huvudsakliga nationella ansvaret för forskningen rörande spridning av luftföroreningar.

Projektgruppen rapporterar minst en gång om året till NORDFORSK's styrelse och arbetar för övrigt med det mandat som blivit vedertagen praxis för NORDFORSK's projektorgan.

För att övervaka verkställandet av projektgruppens beslut skall en projektledare utses.

BILAG

NASJONALE BIDRAG
TIL FORSTUDIET FOR UTVIKLING AV MESOSKALA
SPREDNINGSMODELLER

B.2 FREKVENNS OG BETYDNING AV METEOROLOGISKE
FENOMENER PÅ MESOSKALA

B.2.1 Land/sjøbris

3.2.1.1 Frekvens

I Danmark har en ved undersøkelse av antall sjøbrisdager definert en sjøbrisdag som en dag, hvor det er pålandsvind kl 14 både på Jylland's øst- og vestkyst (2). Basert på denne definisjon har en funnet at sjøbrisdager forekommer i gjennomsnittlig (1930 - 1960) 24 dager pr år, varierende fra 12 dager i 1937 til 37 dager i 1957. Sjøbrisen opptrer stort sett kun i månedene mars - september, med størst hyppighet (5 dager) i juli.

I Finland er frekvensen av land/sjøvind system studert i årene 1920 - 1934 (3). Sjøbris er definert ved at vinden kl 02 blåser fra land og kl 14 blåser fra havet. Midlere årlig antall land/ sjøbris situasjoner på 13 stasjoner langs kysten varierer fra 1,1 dag til 33,6 dager. De fleste stasjonene har mellom 10 og 20 land/sjøbris dager pr år. Sjøbrisdager er ved Bjørneborg flyplass i en spesialstudie (4) vist å forekomme i middels 9 dager i løpet av juli måned.

I Norge er forekomsten av land/sjøbris situasjoner i årene 1970 - 1973 studert ved 3 stasjoner, fra sør til nord i landet. Land/sjøbris er definert ved at det kl 02 blåser fralandsvid og kl 14 blåser pålandsvind. På den sørligste stasjon (Jomfruland i Telemark) er det observert gjennomsnittlig 29 land/sjøbris dager pr år, ved Bergen 25 dager og i Tromsø 10 dager (5). I forbindelse med luftforurensningsundersøkelser i Nedre Telemark ble fenomenet vist å forekomme gjennomsnittlig 5 dager pr måned i tiden juli - august (6).

I Sverige opptrer fullt utviklede kystsirkulasjoner (land/sjøbris) i middel ca 30 dager pr år. Frekvensen varierer fra år til år med maksimal frekvens på ca 100 dager pr år. Frekvens og betydning, og til en viss grad også fysisk karakteristikker varierer sterkt langs kysten f.eks. fra øst- til vestkysten og fra syd til nord (7), (8), (9), (10), (11), (12), (91), (103).

Pertubasjoner i spredningsklimaet forårsaket av land-vann temperaturgradienter kan forventes betydelig oftere enn land/ sjøbriser.

B.2.1.2 Betydning

I Danmark er det ikke undersøkt hvor langt sjøbrisen trenger inn i landet, men 80 - 100% av kyststasjonene på Jylland (både på vest- og østkysten) observerer pålandsvind kl 14 på sjøbris dager. Land/sjøbris situasjoner må derfor tas i betraktning ved spredningsberegninger for anlegg ved kysten.

Det foreligger ikke kjente studier, som viser betydningen av sjø/landbrisens forhold på luftkvaliteten i Danmark. Det er alminnelig kjent at høye konsentrasjoner av SO₂ som regel måles i stabile vær-situasjoner med relativt lave vindhastigheter. Dette er også meteorologiske situasjoner hvor sjø/landbrisen kan gjøre seg gjeldende.

I Finland er sjøbrisen funnet å influere på vindstatistikken på stasjoner som lå nærmere enn ca 20 km fra kystlinjen (13). På grunn av at en stor del av industrien i Finland er lokalisert til kysttraktene har sjøbrisen i almenhet stor innvirkning på forurensningsspredningen.

I Norge er en vesentlig del av industrien lokalisert til kystområdene (fortrinnsvis inne i fjorder) på grunn av behov for elektrisk kraft og transportmuligheter (havneanlegg). Denne plassering er uheldig når en ser på virkningen av land/sjøbris sirkulasjonen (kombinert med fjell/dalvind systemet), som i godvær-situasjoner fører luftforurensningene innover bebygde områder. Ekesempelvis har en allerede demonstrert betydningen av land/sjøbris situasjoner ved lokalisering av petrokjemisk industri i et område med store utslipp av nitrogenoksyder. Den karakteristiske vindretningsendringen i formiddagstimene under disse situasjonene kan forårsake blanding av HC-gasser fra petrokjemiske anlegg og NO_x fra kunstgjødselproduksjon, og således resultere i fotokjemisk smog (6). Et grundig kjennskap til fysikken i land/sjøbrisen er derfor nødvendig blant annet for å gi fullstendig svar på hva som skjer idet landbrisen snur til sjøbris.

I Sverige har betydelsen av land/sjøbris sirkulationer för lokalklimatet studerats dels av Grenander (7) och dels i samband med spridningsmeteorologiska studier av främst Högström och Bringfelt (9) (10). Betydelsen varierar starkt längs kusten beroande på geografi och topografi. Lokalisering av industri och befolkningscentra till kustområden, såväl vid öppen kust som vid insjökuster, accentuerar denna betydelse. Skillnader i spridningsmeteorologiska betingelser har i flera studier befunnits avhängig av vindriktning relativt till kustens orientering (8), (11), 12).

B.2.2 Kanalisererte vindsystemer

Kanalisererte vindsystemer kan i Danmark generelt betegnes som betydningsløse. Dog er det i spesielle terrengformer iakt-tatt en viss kanalisering av vinden. Dette gjelder for eksempel i danske smeltevannsdaler der den kanaliserende virkningen gjør seg utslag på vindstatistikken. I en øst/vest rettet dal er hyppigheten av vind fra vest 30,4%, mens den på en slette-stasjon er 21,6% (14).

Forekomsten av fjell og dalvinder er ikke undersøkt i Finland, da høydeforskjellene generelt sett er for små til at denne typen vindsystemer skal ha betydning for spredning av forurensninger. Bakkevindens avvik fra den geostrofiske er dog av interesse i forbindelse med mesoskala spredning over uensartet terreng.

I Norge foreligger en rekke undersøkelser av kanaliserte vindsystemer. De fleste har betydning for vurdering av forurensningstransport og spredningsmekanismer på mesoskala. I mange dalsystemer er fjell-/dalvinden en forlengelse av land/sjøbrisen, og beskrivelsen av dette system er av like stor betydning som beskrivelsen av land/sjøbrisen. Det foreligger dokumenterte undersøkelser av fjell- og dalvind system i Gudbrandsdalen, øvre Gausdal og Dokkadalen i årene 1956 - 1961 (15), og i Dokka/Randsfjord-området i 1962, hvor det også ble etablert en fysisk beskrivende modell av fjell-/dalvindsystemet (16). Blant flere rapporter som omhandler kanaliserte vindsystemers forhold til geostrofvinden kan nevnes studier i Oslofjorden (17) og rapporter fra et forsøks-område i Nord-Norge (18) (19). Det er påvist betydelig avvik i lokalvinden i forhold til geostrofvinden avhengig av topografi og meteorologiske parametre som skydekke, trykkfelt og solhøyde. Ved Mongstad nord for Bergen er det foretatt en sammenligning av vindforholdene ved kystlinjen i

forhold til vindretning og -styrke på Hellesøy fyr flere mil til havs (20).

I Sverige har kanaliserte vindsystem størst betydelse i gränstrakterna till Norge. Topografiskt påverkade cirkulationer och vindflöden påverkar dock spridningsklimatet även på andre håll i landet. Påverkan av detta slag har framkommit vid studier i bl.a. Sundsvall, Falun och Göteborg (11), (21), (8). Befolkningscentra och industrier är ofta lokaliserade i dalgångar och i lågt liggande terräng vilket accentuerar betydelsen av dessa vindsystems effekt på spridningsklimatet.

B.2.3 Fenomen beroende på endringer i underlagets beskaffenhet

I Danmark er det utført mastmålinger ved Risø (22), (23), i København ved Gladsakse-masten (24).

I Finland er det utført en undersøkelse av bakkevindens avvik fra geostrof vinden (25). Ifølge denne undersøkelse er avviket både i retning og hastighet stor over land, men over hav enda større.

I Norge har det vært foretatt en rekke studier av vindforholdene og spredningsforholdene over forskjellig type terreng. En del er nevnt i kapittel B.2.2. Her kan tillegges undersøkelse av lokalvind i forhold til geostrof vind i Telemark (26), og studier av mesoskala vindforhold i Troms (27). Spesielle turbulensundersøkelser i ujevnt terreng er behandlet av Eidsvik (28), (29). Turbulensmålinger under forankret ballong er foretatt ved FFI (30).

I Sverige har spredningsmeteorologiske undersøkelser vært foretatt over ulike terrengtyper. Blant annet kan nevnes undersøkelser av Wedin et.al (31), Högström (9), Bringfelt (10) og Edman (32).

Spesielle turbulensmålinger er utført i master ved Uppsala (33), (34). Fluksmålinger er siden 1971 utført i Velen (35). Spredningsforsøk og meteorologiske undersøkelser har også vært utført i forbindelse med lokalisering av kjerne-kraftverk (36), (37).

B.2.4 Bysirkulasjoner

I Danmark foreligger meteorologiske observasjoner, som muliggjør et studium av bysirkulasjonen i København.

I Finland har Helsingfors-undersøkelsen vist betydningen av endringen i blandingshøyde ved transport av forurensninger over et byområde.

I Norge har utviklingen av Oslo-modellen (38) demonstrert betydningen av å kjenne i detalj vindfeltet i et byområde. Undersøkelsene viste også at det å anta homogent vindfelt kan gi gale konsentrasjonsberegninger. Undersøkelser av vind- og stabilitetsforhold har også vært foretatt i Bergen (39), (40).

I Sverige har undersøkelser av vind, temperatur og spredningsforhold i Stockholm, resultert i utvikling av Stockholm-modellen (41) (110). Denne har også vært anvendt på data fra Gøteborg og Malmø (21). Studier av spesielt varmeeffekter har rapporterats (42).

B.2.5 Fysisk/kjemiske prosesser

I Norge har kjemiske prosesser i atmosfæren vært studert ved Universitetet i Oslo (43). Dessuten foreligger de første resultatene fra et stort tverrfaglig forskningsprosjekt (Sur nedbørs virkning på skog og fisk (SNSF) (44). Nedbørens fordeling og kjemiske innhold under forskjellige typer trær på Sørlandet er undersøkt (45).

I Sverige har studier av lokal- og mesoskala nedbørs-forsurningseffekter vært utført i Uppsala (46), og i et område rundt Stenungsund varmekraftverk (47)(67). Studier angående nedbørens forsurning er rapportert av flere (93), (94), (95), (96), (97), (98), (99), (101). Fotokjemiske reaksjoner er undersøkt av Crutzen (100).

B.3 OVERSIKT OVER PÅGÅENDE FORSKNINGSAKTIVITET

B.3.1 Måleprogram

B.3.1.1 Land/sjøbrisstudier

I Danmark benyttes data fra ca 20 klimastasjoner, hvor blant annet vindforholdene registreres. Studiene utføres ved DMI's klima-avdeling og vil bli publisert av K. Frydendahl (2).

I Norge er den første delen av en undersøkelse av land/sjøbris systemet i Nedre Telemark utført sommeren 1974 (48). Undersøkelsene utføres ved NILU, og vil fortsette med de siste "case studies" sommeren 1975. I alt vil det etter planen foreligge data fra 3 - 4 "rene" land/sjøbris situasjoner. Til studiene anvendes pilotballonger, radiosonder, flymålinger, fotografering, "time lapse"-filming og kjemiske målinger.

I Sverige pågår ved SMHI spesielle spredningsmeteorologiske studier dels ved Ringhals (nær Gøteborg) og dels ved Barsebäck (ved Øresund). Selv om disse studiene ikke spesielt er ment for kartlegging av land/sjøbris sirkulasjoner, gir de verdifull kunnskap om disse sirkulasjoners karakter, og effekt på spredningen av forurensninger i kystområdene (36). Detaljstudier av verifikasjonsresultat oppnådd med spredningsmodeller utviklet for kystområder (Stockholm, Gøteborg, Malmø, Landskrona og Helsingfors) pågår og forventes å gi verdifulle opplysninger om hvordan kystsirkulasjoner påvirker spredningsklimaet (49).

Studier av svovelforurensningers spredning nær varmekraftverket i Karlshamn, ved Sverige's sydkyst utføres av Högström (50).

B.3.1.2 Studier av lokale vindforhold

I Danmark er det i forbindelse med lokaliseringsstudier for eventuelle atomkraftverk plassert Aanderaa-instrumenter ved Gülling Næs i Øst-Jylland. Ytterligere to instrumenter vil av samme type bli plassert ved andre lokaliteter (51). COST-prosjektet (AEK) vil muligens gi nyttig informasjon om vindforholdene i kystområdet ved Stignæs.

I Finland finnes i nærheten av Lovisa kjernekraftverk en 150 m høy mast, (avstanden til kysten er ca 1 km). I masten måles vind (20 minutters middel), temperatur og fuktighet i forskjellige nivåer, samt forskjellige typer stråling. Masten har vært i drift siden 1971, men kun ca 1½ års tilfredsstillende data foreligger hittil.

I Norge foretas det vindmålinger i en rekke fjorder og daler i forbindelse med undersøkelse av luftforurensningssituasjonen. Den største av disse undersøkelsene foregår i Telemark (52), (48), (53). Det bør også nevnes studier i Bærum ved Oslo (54), i Nitelva-dalføret (Nitedal-Kjellerøyern), i Sarpsborg/Fredrikstad-området, i Årdal, Verdal i Trøndelag, i Sulitjelma og på Mongstad (20).

I Sverige utføres det spredningsforsøk inklusive mastmålinger i forbindelse med atomkraftanlegg i Ringhals og Barsebäck (36)(113). Mastmålinger foretas også i Velen for IHD-prosjektet vedrørende fordampning (35). Studier av spredning av svovelforurensninger nær varmekraftverket i Karlshamn inkluderer meteorologiske målinger og flymålinger (46).

Også ved Forsvarets forskningsanstalt (FOA) (55), og ved Militære Väder Centralen (MVC) (56) foretas det meteorologiske studier som kan være av interesse ved undersøkelser av forholdet mellom lokalvind og høydevind (geostrofvind).

B.3.1.4 Bysirkulasjoner

I Danmark er det i drift flere vindobservasjonssteder i København-området, som gir mulighet for studium av vinddreining omkring et byområde. I Gladsakse-masten registreres temperatur og vind opptil 200 meter over bakken (24). Ved Meteorologisk Institut i København finnes det dessuten en 50 meter mast med kontinuerlig temperatur- og vindmålinger. Foruten 4 permanente MI-stasjoner finnes det i København 4 Aanderaa-stasjoner plassert av Storkøbenhavn's Luftforureningsudvalg og AEK, Risø (57). Disse stasjonene måler vindretning og hastighet hvert tiende minutt. Ved én av disse stasjonene måles også kjemiske komponenter i luften (CO , NO_x , CH_x og aerosoler). Det foreligger ingen prosjektplan for sammenfattende analyse av disse målingene.

I Finland refereres det til data fra Helsingfors-prosjektet, som er under bearbeiding. Hensikten med dette prosjektet var å etablere vind- og sondedata nok til å kunne teste SMHI's "Stockholm-modell" på Helsingfors.

Ved ett punkt er de målt vind, temperatur og SO_2 -konsentrasjoner, mens vertikale temperatursnitt er tatt på flere punkter fra kystlinjen og 20 - 30 km innover land gjennom Helsingfors by. Det ble her anvendt vesentlig lavnivåsonder (58).

I Norge ble Oslo-modellen og meteorologiske undersøkelser i forbindelse med den avsluttet i februar 1973. Siden den tid har blant annet NILU foretatt en del vindmålinger i forbindelse med mindre prosjekter i byområdet. Meteorologisk institutt måler kontinuerlig vind og temperatur ved flere stasjoner i forskjellige høyder over havet. Dessuten overvåkes forurensningssituasjonen ved 8 målepunkter for SO_2 og sot. Fra Kristiansand foreligger meteorologiske og kjemiske data fra en rekke målesteder (59). Disse er ikke anvendt for modellberegninger, men kan egne seg for dette formål.

I Sverige pågår byklimatologiske målinger i Uppsala. I mätprogrammet, som avser att ge en tredimensional bild av stadscirkulationen och turbulensen, ingår meteorologiska master, linsonder och fjärranalysutrustning. Projektet beräknas pågå i 3 - 4 år (46). I samband med jämförande studier av olika lokalmeteorologiska mätmetoder (inkluderande mast-, flyg-, ballong- och fjärranalys mätningar) har stadscirkulationen och dess effekt på luftföroreningars spridning studerats i Stockholm (60). Spridningsmeteorologiska data har insamlats och användes i samband med utveckling och testning av spridningsmodeller i ett flertal städer bl.a. Stockholm, Göteborg och Malmö (21), (41), (49).

B.3.1.5 Undersøkelser av fysiske og kjemiske prosesser

I Danmark deltar Aerosollaboratoriet AEK Risø i COST-projektet, som omhandler kjemiske transformasjoner i en røykfane fra et kraftverk. DMI leder et prosjekt om langtransport av forurensninger til Færøyene, spesielt med hensyn til oksydasjon av SO₂ (61).

I Norge undersøkes den kjemiske sammensetningen i nedbør i forbindelse med LRTAP-projektet. Det foregår spesielle studier av forholdet mellom avvasking og utvasking av vegetasjonen. Avsetningen under forskjellig type trebestand undersøkes også (45).

I Sverige pågår sprednings- og forurningsstudier i området rundt varmekraftverket ved Karlshamn (46). I forbindelse med LRTAP-projektet pågår flymålinger av svovel i luften (62).

Vid SMHI och FOA pågår nederbördsstudier i samband med COST projektet (Cooperation and Coordination in the field of Scientific and Technical Research). FOA har påbörjat ett project avseende att utröna nederbördens inverkan på radio-

vågutbredning. Härvid studeras speciellt nederbördsintensitetens variation inom ett 10 x 10 km område med ett tjugotal snabba nederbördsmätare samtidigt som olika meteorologiska mätningar utföres (55).

B.3.2 Modellarbeid

B.3.2.1 Fysisk beskrivelse av mesoskala fenomen

I Finland er land- og sjøvind fenomenet beskrevet av Rossi (3) og av Nordlund (13).

I Norge finnes det en rekke fysiske beskrivelser av fjell- og dalvinder (16), (65), (19). Land- og sjøbris er beskrevet av Salvesen (66) og av Dannevig (67).

I Sverige finnes beskrivelse av stabilitetsendringer i sjøbrisen ved Studsvik, som funksjon av avstanden fra kystlinjen (9). Fysisk beskrivelse av land-/sjøbris sirkulasjoner er også publisert av Grenander (7).

B.3.2.2 Numeriske modeller

I Danmark er det ved Meteorologisk Institut's Luftforureningsgruppe utført beregninger av CO-konsentrasjoner i gatenivå, etter en modifisert utgave av en modell utviklet i USA (69). Modellen krever meteorologiske data som input og modellerer ikke selv disse (70).

I Finland er sjøbris fenomenet numerisk studert av Nordlund (64). Ved FMI foreligger også datamaskinprogram for beregning av to- og tre-dimensjonale trajektorier. Disse modellene er utarbeidet ved SMHI etter Wiin-Nielsen's og Djuric's metode (71). Et program for trajektorieberegning etter Petterssen's metode finnes også tilgjengelig ved FMI. I samband med

NORDFORSK-prosjektet "nedbörens forsurening" er det utarbeidet en fjerntransportmodell av quasi-Lagrangesk type (72). Modellen skiller seg fra de modeller som er utarbeidet ved NILU, gjennom måten å inndele den luft som strømmes inn i kildeområdet i celler, og deretter følge disse cellers bane samt beregne opptak og tap av forurensninger.

Konsulentfirmaet Oy Ekono Ab har utført spredningsberegninger på mesoskala for regionplanlegging, basert på Pasquill's bymodell som strekkes ut til ca 100 km. Også ved spredningsberegninger for kjernekraftverk og for studier av nærkildenes innvirkning på måleresultatet fra LRTAP-prosjektets målestasjon har Pasquill-modellen blitt anvendt ut til ca 50 km. "Stockholm-modellen" har også vært anvendt delvis i mesoskala på Helsingfors-området.

I Norge har land- sjøbrissirkulasjoner vært studert numerisk av Helgheim (73). Det foreligger en matematisk beskrivelse av periodiske vindsystemer i fjellegger av Økland (65) og av Eidsvik (74). Beregning av avvik fra geostrofvind er studert av flere i forbindelse med hovedoppgaver i meteorologi ved Universitetet i Oslo (75). Det foreligger modeller for spredning fra en kontinuerlig punktkilde i dalatmosfærer (76), og for numerisk beregning av effekten av tørrdeponering på den vertikale konsentrasjonsfordeling (77).

Når det gjelder bysirkulasjoner er Oslo-modellen, som numerisk både beregner vindfeltet og konsentrasjonsfordelingen, den mest anvendte i Norge (38), (78). Data fra Oslo er også anvendt til testanalyser og beregninger av vertikalhastigheten (79). Det foreligger også en multiplekilde modell basert på gaussisk konsentrasjonsfordeling i vertikalretning, som anvendes i Telemark (80).

Numeriske trajektorieberegninger er vesentlig foretatt i forbindelse med LRTAP-prosjektet. Modellen er basert på Petterssen's metoder og kan skaleres ned til mesoskala, men krever da et tettere nett av vindmålinger. I forbindelse med samme prosjekt har det vært anvendt en énlags Lagrange-modell (81). Det arbeides for tiden med en tolags Lagrange-modell for beregning av forurensningsspredning på skala flere hundre kilometer. Denne modellen er nå under uttesting.

For vurdering av utvasking av sulfatpartikler i luft ved regnvær foreligger et notat av Eliassen (82). Decay og overgangshastighet av SO₂ til sulfat er beregnet i forbindelse med LRTAP (83). Ved Institutt for Geofysikk ved Universitetet i Oslo er det i flere år arbeidet med kjemiske reaksjoner i atmosfæren. Det finnes blant annet en modell for beregning av fotokjemisk smog (43).

I Sverige foreligger punktkildemodeller (84), (85). Det finnes også en utviklet, og til viss grad testet, bymodell (Stockholm-modellen) som er en multiplekilde Gauss-type spredningsmodell (41). En modell för bestämning av det virtuella skorstenstillägget har utvecklats (110), (111).

For isobare og geostrofiske trajektorieberegninger, samt også til en viss grad for tredimensjonale trajektorieberegninger foreligger en modell ved SMHI (71).

Statistisk spredningsdeposisjonsmodell for synoptisk skala utvikles ved MISU (86). Modeller relatert til byklima og atmosfærens grensesjikt er også under utvikling (46). Ved MVC videreutvikles en en-dimensjonal grensesjiktmodell (88).

Utvikling og testing av grensesjiktmodeller vesentlig i samband med parametrisering av "sub-grid fenomen" for numeriske prognosemodeller, pågår ved SMHI og MISU (102).

B.4 PLANER FOR FRAMTIDIG FORSKNING

I Danmark har den danske miljøstyrelse (Miljøministeriet) planlagt å instrumentere seks 200 m høye TV-master analogt til Gladsakse-master til underbyggelse av luftforurensningsundersøkelser. Det er imidlertid behov for et studium av en masts geografiske representativitet. Storkøbenhavns Luftforureningsudvalg, DMI og SMHI har avtalt et samarbeid om anvendelse av en spredningsmodell på København-området.

I Finland kommer undersøkelser av interesse for mesoskala fenomen å bli utført i forbindelse med bearbeidingen av data fra to observasjonsmaster ved kysten. Den ene masten står ved kjernekraftverket Lovisa, ca 80 km øst for Helsingfors, den andre er en 250 m høy radiomast ca 20 km vest for Helsingfors og 15 km fra Finska Viken's kyst. Denne masten er i ferd med å instrumenteres.

I Norge kommer en bearbeidelse av de første "case studies" av land/sjøbrisen i Telemark å bli foretatt, samtidig som flere "case studies" er planlagt for sommeren 1975 (48).

Det foreligger planer for undersøkelse av tørr- og våt-avsetning i typisk norsk terreng, i forbindelse med det store tverrfaglige fellesprosjektet "Sur nedbørs virkning på skog og fisk" (89), (90).

Dessuten vil arbeidet med videreutvikling av en spredningsmodell for Telemark, som tangerer inn mot en mesoskala modell, fortsette. Her er det håp om å kunne kombinere boksmodeller og gauss-type modeller (52).

Like utenfor (vest for) Oslo planlegges en kartlegging av de klimatologiske og spredningsmeteorologiske forhold i Bærum (54).

I Sverige kommer det stadsklimatologiska projektet i Uppsala att fortsätta (46). Vidareutveckling och testning av SMHI-spridningsmodellen för städer fortgår liksom bearbetning av "case-study" data från spridningsmeteorologiska mätningar i Stockholm (49). Mätningar av spridnings- och depositionsförhållanden i Karlshamnsområdet fortsätter (46). Studier av nederbördens försurning och samhörande långväga spridnings- och depositionsförhållanden fortsätter (62), (86).

Flerårsmätningar av gränsskiktsp parametrar med bl.a. linsonderingar och fjärranalyssystem har påbörjats vid Barkarby utanför Stockholm (55), (56). Nederbördsintensitetsmätningar i mesoskala (COST) påbörjas under vintern 74/75. Modellutvecklingsarbete (se B.3.2) fortsätter vid flera institutioner.

B.5 INVENTERING AV RESSURSER

B.5.1 Personale

Ved mesoskala undersökningar antas behov för ekspertise innenfor:

1. Spredningsmeteorologi.
2. Varslingsmeteorologi.
3. Instrumentering.
4. Modellutvikling.
5. Databehandling.

I Danmark dekker Meteorologisk Institut alle områdene, og meteorologiseksjonen AEK, Risø, punktene 1, 3, 4 og 5. Utover disse organisasjonene finnes Storkøbenhavns Luftforureningsudvalg og Dansk Kedelforening, som er interessert i luftkvalitetsundersøkelser.

Også forskjellige laboratorier ved andre institutter utfører forskning med relevans for luftkvalitetsundersøkelser som for eksempel ved Danmarks Tekniske Højskole og ved Isotopcentralen.

I Finland dekker FMI alle områdene. De spredningsmeteorologiske undersøkelser har vesentlig vært utført ved Aerologiska avdelning (FMI).

Flere grupper har utført spredningsberegninger for industriens interne behov. Institutet för Arbeidshygien har utført flere målinger av forurensninger, sammen med flere andre. Disse er dog neppe aktuelle i et nordisk samarbeid.

I Norge dekker Meteorologisk institutt punktene 2, 3, 4 og 5. Spesielle erfaringer i spredningsmeteorologiske undersøkelser har NILU, Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) og Geofysisk Institutt ved Universitetet i Bergen. Når det gjelder instrumentering og måleteknikk er NILU og FFI best rustet, mens modellutvikling og databearbeiding også utføres ved Institutt for Geofysikk ved Universitetet i Oslo. Ved Universitetet i Bergen har en utført lokalklimatologiske studier, og undersøkelser av lokale forurensningsproblemer.

I Sverige finnes erfaringer innen spredningsmeteorologi ved SMHI, MISU og MIUU, men også ved FOA og AB Atomenergi. Spesiell bakgrunn på det måletekniske området har en ved SMHI, MISU, MIUU, FOA og MVC, og for luftforurensningsmålinger og analyser ved SNV, IVL og AB Atomenergi. Modellutvikling og databehandling foregår ved SMHI, MISU og MIUU, men også i en viss utstrekning ved AB Atomenergi, FOA og MVC.

B.5.2 Instrumenter

B.5.2.1 Meteorologiske instrumenter

I Danmark finnes instrumenterte master ved Risø (AEK) og i København-området; Gladsakse-masten og Radarmasten (DMI). Dessuten finnes Aanderaa-loggere (Stignæs, København, Gällingnäs).

Ved Meteorologisk Institut finnes det muligheter til å utføre supplerende radiosondeobservasjoner.

I Finland finnes i forbindelse med de faste observasjonsnett for forurensningsmålinger et lite antall reserveinstrumenter som kan anvendes. De mest aktuelle instrument i forbindelse med et samnordisk måleprosjekt for kartlegging av mesoskala spredning, omfatter utrustning for radiosondestasjoner med f.eks. Väisälä "Lowaltitude sonder".

I Norge finnes tilgjengelige instrumenter for måling av meteorologiske parametre ved NILU. Foruten konvensjonelt utstyr (mekaniske skrivere og automatiske værstasjoner) for instrumentering av 10 og 25 meter master, finnes ved NILU sonder, pilotballonger og instrumentert fly. Ved FFI finnes spesielt "remote sensing"-utstyr, acoustic-sounder, laser vindmåler, og utstyr for turbulensstudier. Ved NMI has utstyr for klimatologiske og synoptiske meteorologiske stasjoner. Universitetet i Bergen har drevet klimatologiske studier, (med Aanderaa-stasjoner) og ved forskjellige forskningsråd som Landbruksmeteorologisk Forskningsråd (NLVF) og Norges Almenvitenskapelige Forskningsråd (NAVF) finnes forskjellige meteorologiske instrumenter.

I Sverige finnes utstyr for måling av atmosfæriske parametre ved SMHI (allment og spesielt mikrometeorologiske). MIUU (spesielt mikrometeorologiske), FOA og MVC (allment og spesielt mikrometeorologiske og "remote sensing") og Atomenergi (spesielt mikrometeorologiske)).

I landet finnes blant annet følgende ikke-konvensjonelle meteorologiske utstyr:

- sodar ("acoustic-sounder") på FOA
- wiresonder på FOA og MIUU.
- akustiske vindmålere på FOA
- flyutstyr ved FOA (og i en viss utstrekning også ved MISU, MIUU og SMHI).
- utstyr for spredningsforsøk ved FOA (og MIUU).

B.5.2.2 Instrumenter til kjemiske målinger

I Danmark er en rekke instrumenter i bruk av (AEK, DMI, DKF) i forbindelse med kartlegging av luftkvaliteten. Miljøstyrelsen har dessuten planlagt et målenett med 50 automatiske luftprøvetakere.

I Finland (FMI) donerte Philips høsten 1973 en vogn med instrumenter for måling av luftforurensninger. Denne vognen er opptatt minst ett år framover. Ellers finnes et lite antall kjemiske instrumenter tilgjengelige.

I Norge disponeres de fleste instrumenter til kjemiske undersøkelser av NILU. Det gjelder samplere for forskjellige gasser med forskjellige midlingstider. En godt utrustet instrumentpark plasseres i Telemark i forbindelse med en studie av forurensningens virkning på menneskers helse ("mini-CHESS-program"). Ved NILU er det også mulig å foreta undersøkelser av kjemiske komponenter i luften fra fly.

Også private bedrifter og kommunale helseråd sitter inne med en del instrumenter for luftkvalitetsundersøkelser.

I Sverige finns ett stort antal instrument för luftkvalitetsmätningar vid dels SNV och dels lokala hälsovårdsmyndigheter, konsulterande byråer och industrier. Speciell utrustning för nederbörds-kemiska mätningar finns vid främst MISU och IVL. Utrustning för flygmätningar av atmosfärens kemiska sammansättning finns främst vid MISU och IVL (MIUU).

Utrustning för aerosolmätning i atmosfären, inkluderande Lidar-system finns främst vid FOA och MISU, men även vid SMHI (partikelräknare) och IVL (MIUU).

B.5.2.3 Vindtunneler

I Danmark finnes to vindtunneler, som kan benyttes til luftforurensningsundersøkelser. Den ene er ved Laboratoriet for varme og klimateknik, Danmarks Tekniske Højskole, den andre ved Hydro- og Aerodynamisk Laboratorium, Akademiet for de Tekniske Videnskaber.

I Finland finnes to vindtunneler. Den ene (ved FMI) har en diameter på ca 1 meter, og har vært anvendt for beregning av bygningers innvirkning på forurensningsspredningen (92). Ved Tekniska Högskolan i Helsingfors finnes en betydelig større vindtunnel, som muligens kan anvendes til meteorologiske undersøkelser.

I Sverige finns vindtunnlar vid KTH, CTH og FFA, vilka bl.a. användes för kalibrering av meteorologiska instrument. En vindtunnel planeras vid SMHI's nye anläggning i Norrköping.

B.5.3 Økonomi

Det er vanskelig å anslå de nøyaktige beløp involvert i undersøkelser med direkte relevans til mesoskala spredning.

I Danmark er det bevilget til COST-prosjektet om svovel-dioksyds fysiske og kjemiske forhold i atmosfæren i 1974/75 ca Dkr 280.000,-. DMI's Luftforurensningsgruppe og AEK Risø's meteorologiseksjon benytter til problemer beslektet med mesoskala problemer anslagsvis ca Dkr 200.000,-.

Ved NILU i Norge kan ca Nkr 900.000,- i 1974/75 relateres til studier som kan ha interesse for mesoskala fenomener. Dette beløp fordeler seg på: LRTAP-OECD ca Nkr 500.000,-, Tørravsetning (SNSF) ca Nkr 200.000,-, Land/sjøbris ca Nkr 100.000,-, Modeller Telemark ca Nkr 100.000,-. Innsatsen ved andre institusjoner i Norge er vanskelig å anslå.

For Sverige's vedkommende uppskattas en totalsum man för studier relatert til mesoskala spredningsproblemer till ca 1 million SvKr 1974/75. Beløpet fordeler seg blant annet på:

SMHI	:	Ca Svkr 300.000,-	(blant annet bymodell, ventilasjonsklima, skorsteinsstudier)
MISU	:	Ca Svkr 100.000,-	(blant annet nedbørskjemi)
MIUU	:	Ca Svkr 200.000,-	(byklima, våtdeposisjon)
FOA og MVC	:	Ca Svkr 200.000,-	(blant annet COST, gränssjiktstudier, fjärranalys)

REFERANSER

- (1) Nordisk Miljöskyddskonvention. Slutrapport från nordiska miljöskyddskomitén NR, Utredningsserie 5/73.
- (2) Frydendahl, K. (1975) Danmark's Klima II, Danske Meteorologisk Institut.
- (3) Rossi, V. (1957) Land- und See Wind an den Finnische Küsten Mitteilungen der Meteorologischen Zentralanstalt No 41.
- (4) Nurminen, A. (1946) Maa- ja merituuli Porin lentokentällä. (Land- och sjöbrisen vid Björneborgs flygfält). Meteorologiska institutets månadsrapport, april 1946.
- (5) Sivertsen, B. (1974) Land/sjöbris-frekvens i Norge. Internt arbetsdokument, NILU.
- (6) Schjoldager, J., Sivertsen, B. (1974) Vurdering av muligheten for dannelse av fotokjemisk smog i forbindelse med Rafnesutbyggingen. NILU OR 73/74, januar 1974.
- (7) Grenander, S. (1912) Über das Erscheinen der Seebrise an der Schwedischen Ostküste.
- (8) Ångström, A. (1974) Sveriges Klimat. AB Kartografiska Institutet: 188 sidor.
- (9) Högström, U. (1964) An experimental study on atmospheric diffusion. Tellus, 16: 205-251.
- (10) Högström, U., Bringfelt, B. (1960-64) Nio uppdragsrapporter (från SMHI) (inkl. 5 stk halvårsrapporter samt spridningskataloger för Studsvik och Ågesta).
- (11) SMHI/KBM (Bringfelt, B.) Uppdragsrapporter rörande främst spridning från stora punktkällor.

- (12) Ring, S.,
Andersson, N.Å. (1973) Nynäshamn kraftstation, 1:
Modellberäkningar med vind-
riktningsberoenda spridnings-
statistik (Ågesta). SMHI-
uppdragsrapport.
- (13) Nordlund, A. (1974) Maa- ja merituuli-ilmiö
Suomen vannikoilla 1960-luvun
tuulitilastojen valossa.
(Land- och sjöbrisfenomenet
vid Finlands kuster enligt
vindstatistik från åren
1960-1969.) Examensarbete
skrivet endast på finska.
- (14) Frydendahl, K. Danmark's Klima I, VIND,
1930-60.
- (15) Sterten, A.K.,
Knudsen, J. (1961) Local and Synoptic Meteorolog-
ical investigations of the
Mountain and Valley wind system.
FFIK Intern Rapport K-242,
Kjeller, oktober 1961.
- (16) Sterten, A.K. (1963) A Further Investigation of the
Mountain and Valley Wind System
in South-Eastern Norway.
FFI Intern Rapport K-254,
Kjeller, august 1963.
- (17) Dokken, B. (1957) The Effect of the Fjord Winds
on Flying Conditions at
Fornebu. Meteorologiske
Annaler Bd. 4, Nr. 6, Oslo 1957.
- (18) Grønås, S.,
Sivertsen, B. (1971) Studies of Local Meteorology in
a Mountain/Valley System in
North Norway.
FFI, Intern rapport K-328,
januar 1971.
- (19) Eidsvik, K.,
Grønås, S.,
Joranger, E. (1970) Studies of Local Meteorology in
Mountain/Valley Terrain.
FFI, Intern rapport K-321,
Kjeller, november 1970.
- (20) Dovland, H. (1972-74) Meteorological Measurements
at Mongstad. 9 stk oppdrags-
rapporter, NILU (1972-74).

- (21) Ring, S., Hjort, T.,
Olsson, L.E. (1974) Uppdragsrapporter vid SMHI
rörande modellutveckling i
Malmö-Lund och Göteborg
regionerna. (Under utarbetande.)
- (22) Christensen, J. Meteorological Measurements at
Risø 1962-64, Risø Rep. No. 121.
- (23) Jensen, N.O. Occurrence of Stability Classes,
Wind Speeds and Wind Directions
as observed at Risø, Risø M-1666.
- (24) Temperatur og vindprofiler fra
TV-masten i Gladsaxe, (uge-
rapporter). Luftforurenings-
gruppen, Danmark's Meteorologiske
Institut.
- (25) Lange, A. (1972) Statistical Surface Wind pre-
diction in Finland.
FMI, Technical Report No. 6,
september 1973.
- (26) Grønskei, K.E. (1971) Sammenhengen mellom Norsk Hydro's
meteorologiske målinger i
Porsgrunn-området og målinger
på værstasjoner i omegnen.
NILU OR 26/71, Kjeller, juni 1971.
- (27) Sivertsen, B. (1973) Meteorological Data from Troms,
North Norway, 1969-70.
FFI Teknisk Notat VM-126,
Kjeller, desember 1973.
- (28) Eidsvik, K.J. (1968) Turbulence Measurements over
Rough, Inhomogeneous Terrain.
FFI, Intern Rapport K-301,
Kjeller, desember 1968.
- (29) Eidsvik, K.J., (1970) Turbulence Measurements over
Panofsky, H.A. inhomogeneous terrain.
FFI, Intern Rapport K-326.
- (30) Eidsvik, K.J. (1974) Om turbulensmålinger i for-
ankret ballong. Personlige
meddelelse. Rapport foreligger
ikke.
- (31) Wedin, et.al (1960-62) Sju rapporter redovisande
resultat av Fältforsök rörande
gas- och aerosolsmolns ut-
bredning (FOA).

- (32) Edman, et.al (1973) Rökforsök på Kråks skjutfält 10 - 12 april 1973. FOA, 2, rapport A 2582 - E6, 08, november 1973.
- (33) Högström, U., (1973) The Marsta Micrometeorological Smedman, A.S.-Högström, U. Field Project. Profile measurement. System and some preliminary data. B.L. Met., 3.
- (34) Smedman, A.S. (1973) Spectra of meteorological variables in the atmospheric surface layer. Doctoral Dissertation. Uppsala 1973. (Inkluderar tre rapporter, Nr. 31, 32, 33 från MIUU också i B.L. Met., 3; 329-347.)
- (35) Bringfelt, B., Hårsmar, P.O. (1973-74) Mätningar och resultat från Velen. Interna SMHI/IHD-rapporter.
- (36) Bringfelt, B., Krieg, R. (1974) Muntlig information. (Rapporter under utarbetande.)
- (37) Bringfelt, B., Hårsmar, P.O. (1971) Rapporter över de lokal-meteorologiske undersökningarna vid Marvikens och Oskarshamns kraftstationer. SMHI-uppdrags-rapporter.
- (38) Grønskei, K.E. (1972) A Three-dimensional Transport Model for Air Pollution in an Urban Area with Application to SO₂ concentrations in Oslo. NILU OR 41/72, Kjeller, juli 1972.
- (39) Knudsen, J. Vindforholdene på Bergen Havn. Det Norske Meteorologiske Institutt, Technical Report No. 4, Oslo 1963.
- (40) Dugstad, I. Målinger av luftforurensninger i Bergen 1969-72. Foreløpige resultater, Universitetet i Bergen, G.I.B.-rapport nr. 2, 1972.
- (41) Bringfelt, B., Hjort, T., Ring, S. (1974) A numerical air pollution dispersion model for central Stockholm, Atm. Env. 8.

- (42) Sundborg, A. (1950) Local climatological studies of the temperature conditions in an urban area. *Tellus*, 2; 221-231.
- (43) Hesstvedt, E. (1974) On the production of O₃, H₂O₂, HNO₂ and HNO₃ in Air Polluted with Nitrogen Oxides and Etylene. Geofysisk Institutt rapport, Oslo Universitet, november 1974.
- (44) SNSF-prosjektet. Sur nedbørs virkning på skog og fisk. Årsberetning 1973, Oslo 1974.
- (45) Bjor, K., Horntvedt, R., Joranger, E. Nedbørens fordeling og kjemiske innhold i et skogbestand på Sørlandet. SNSF, Fagrapport 1, Ås, juni 1974.
- (46) Högström, U. (1974) Muntlig informasjon om undersøkelser av nedbørforsurning nær Karlshamn, samt det stads-klimatologiske prosjektet i Uppsala.
- (47) Granat, L., Rodhe, H. (1973) A Study of fallout by precipitation around an oilfired power plant. *Atm. Env.* 7; 781-792.
- (48) Sivertsen, B. (1974) Undersøkelse av land/sjøbrisen i Nedre Telemark, Notat med plan, Kjeller, 26. april 1974.
- (49) SMHI (Berggren) (1974) Analys av spridningsmodell för luftföroreningar. Ansökan till SNV/FN.
- (50) Högström, U. (1973) Residence time of sulfurous air pollutants from a local source during precipitation. *Ambio*, 2, No. 1-2, 37-41.
- (51) Larsen, S. (1974) Personlige Oplysninger til L. Prahm om anvendelse av Aanderaa-loggere ved AEK, (august 1974).

- (52) Grønskei, K.E., et.al (1973) Plan for undersøkelse av luftforurensningene i Nedre Telemark i perioden 1973-74, samt rapport om utvikling av luftforurensningsmodeller i Telemark.
NILU OR 56/73, Kjeller, juni 1973.
- (53) Schjoldager, J. (1975) Statistiske bearbeidelser av meteorologiske og kjemiske data, samt resultater fra modellutvikling i Nedre Telemark.
NILU-rapport vil utkomme i januar 1975.
- (54) Gotaas, Y. (1974) Plan for klimatologiske studier i Bærum. NILU-notat, november 1974.
- (55) Wickerts, S. (1974) Muntlig information om meteorologiske måtninger ved FOA.
- (56) Karlsson, E. (1974) Rapport under utarbeidende.
- (57) Windfeld Lund, T.C. (1974) Personlige meddelelser til L. Prahm om Storkøbenhavn's Luftforureningsudvalg's aktivitet (august 1974).
- (58) Vaajama, P. (1974) Bearbeidelser av Helsingforsundersøkelser (ikke publisert).
- (59) Magnus, A. (1973) Luftforurensningsmålinger i Kristiansand. Foreløpig rapport. NILU OR 54/73, april 1973.
- (60) Olsson, L. et.al (1973) Measurement of Meteorological parameters and air pollution spread over Stockholm, Sweden, by mean of remote sensing and airborne instrumentation. Proc. from TECOMAP, WMO No. 368, 545-556.
- (61) Prahm, L.P. (1974) DMI-prosjekt finansiert av Statens Teknisk Vidensk. Forskningsråd. (Prosjektplan februar 1974.)
- (62) Granat, L. (1974) Flymålinger LRTAP. Muntlig informasjon.

- (63) Granat, L., Söderlund, R., Persson, C. (1974) Atmospheric deposition due to long and short distance sources - with special reference to wet deposition of sulphur compounds around a large power plant. (Under utarbetande som AC-rapport vid MISU.)
- (64) Nordlund, G. (1971) The Sea Breeze in South Finland According to a Numerical Model. FMI-contributions no. 77. Helsinki 1971.
- (65) Økland, H. Om periodiske vindsystemer i fjellegner. Hovedoppgave i meteorologi ved Universitetet i Oslo.
- (66) Salvesen, A. (1953) Solgangsvindundersøkelser (på Sola). Hovedfagsoppgave ved Universitetet i Oslo.
- (67) Dannevig, P. (1942) Solgangsvinden på Sørlandet. Hovedoppgave i meteorologi ved Universitetet i Oslo, vårssemestret 1942.
- (69) Ludwig, F.L. et.al (1972) Evaluation of the APRAC-IA Urban Diffusion Model for Carbon Monoxide. Stanford Research Institute, (1972).
- (70) Therp, H., Pedersen, L.B., Prahm, L.P. (1974) Notes on Air Pollution and Ambient Air Quality, Meteorological Institute, Denmark, May 1974.
- (71) Henrikson, A.B. (1971) An investigation of the accuracy in numerical computations of horizontal trajektories in the atmosphere. SMHI, Notiser och preliminära rapporter.
- (72) Nordlund, G. (1973) A Particle in Cell Method for Calculating Long Range Transport of Airborne Pollutants. Finnish Met.Inst. Techn.Rep. No. 7.

- (73) Helgheim, J. (1974) Utvikling av sjø- og landbris-sirkulasjonen. Hovedoppgave ved Institutt for Geofysikk, Universitetet i Oslo.
- (74) Eidsvik, K. (1971) Representation of a non-stationary process by emirical orthogonal functions. Presented in Proceedings of the NATO Adv. Study Inst. on Statistical Methods and Instrumentation in Geophys. Norway April 1971.
- (75) Jensen Lund, P.T. (1974) Beregning av ikke-geostrofisk vind, og en undersøkelse av horisontal temperaturadveksjon ved en spesiell sirkulasjon. Hovedoppgave ved Institutt for Geofysikk, Universitetet i Oslo, 2. oktober 1974.
- (76) Gotaas, Y., Iversland, L.M. (1971) A Model of Diffusion in a Valley From a Continuous Point Source. FFI, Intern Rapport VM-3, Kjeller, august 1971.
- (77) Gotaas, Y., Tinderholdt, A.R. (1973) Effects of Deposition on Vertical Concentration Distribution from a Ground Level Source. FFI, Teknisk notat VM-112, Kjeller, oktober 1973.
- (78) Grønskei, K.E., Joranger, E., Gram, F. (1973) Assessment of Air Quality in Oslo, Norway. NATO/CCMS-Air Pollution Document No. 6, App. D, Kjeller, februar 1973.
- (79) Bjørnerud, O.J. (1974) To situasjonsanalyser av værforhold og oppvarming i Oslo under inversjonsperioder. Hovedfagsoppgave, Universitetet i Oslo 1974.
- (80) Schjoldager, J. (1974) Beskrivelse av en modell for spredning fra punktkilder og arealkilder basert på en gaussisk formulering. NILU - Teknisk notat, (november 1974).

- (81) Eliassen, A., Saltbones, J. (1973) A one layer Lagrangian model for the description of air pollution transport on a large scale. Paper presented at LRTAP-meeting, Gausdal, september 1973.
- (82) Eliassen, A. (1973) Litt om utvasking av sulfatpartikler i luft ved regnvær. NILU TN nr 54/73, mai 1973.
- (83) Eliassen, A., Saltbones, J. (1974) Decay and Transformation rates of SO₂ as estimated from emission data, trajectories and measured air concentrations. Kjeller, september 1974, To appear in Atm. Env. 1974.
- (84) Högström, U. A statistical approach to the air pollution problem of chimney emissions. Atm. Env. 2; 251-271.
- (85) Högström, U. A method for predicting odour frequencies from a point source. Atm. Env. 6; 103-122.
- (86) Bolin, B., Persson, C. (1974) Regional dispersion and deposition of atmospheric pollutants with particular application to sulfur pollution over Western Europe. MISU/IMI AC-28.
- (88) Grandin, G. (1974) Muntlig information om én-dimentional gränssjiktmodell.
- (89) Horntvedt, R., Joranger, E. Totalavsetning i et nedbørfelt på Sørlandet. Vil bli publisert som SNSF-TN (1974/75).
- (90) Gotaas, Y. (1974) Undersøkelse av metode for måling av konsentrasjonsgradient for gass og partikler med fly. Vil bli publisert som SNSF-IR (november 1974).
- (91) Modén, H., Nyberg, A. (1965 og 1968) Stockholmsområdets klimat. Del I & II. SMHI meddelanden serie B.
- (92) Tammelin, B. (1975) Resultat fra "down wash"-undersøkelser i vindtunnel ved FMI, Helsingfors. Vil bli publisert i 1975.

- (93) Nyberg, A. (1972) The effect of local and distant sources of sulfur on the precipitation contents of sulfur in Scandinavia. *Geophysica* 12:1; 33-42.
- (94) Rodhe, H. (1972) Measurements of sulfur in the free atmosphere over Sweden 1969-1970. *JGR*, 77, No. 24; 4494-4499.
- (95) Rodhe, H., Grandell, J. (1972) On the removal time of aerosol particles from the atmosphere by precipitation scavenging. *Tellus*, 24, No. 5; 442-454.
- (96) Rodhe, H. (1970) On the residence time of antropogenic sulfur in the atmosphere. *Tellus* 22:1; 137-139.
- (97) Munn, R.E., Rodhe, H. (1971) On the meteorological interpretation of the chemical composition of monthly precipitation samples. *Tellus* 23:1; 1-13.
- (98) Rodhe, H., Persson, C., Åkesson, O. (1972) An investigation into regional transport of soot and sulfate aerosols. *Atm. Env.*, 6; 675-693.
- (99) Bolin, B., Granat, L. (1973) Local fallout and long-distance transport of sulfur. *AMBIO*, 2:3; 87-90.
- (100) Crutzen, P.J. (1974) Photochemical reactions initiated by and influencing ozone in unpolluted tropospheric air. *Tellus* 26:1-2; 47-57.
- (101) Bolin, B., Aspling, G., Persson, C. (1974) Residence time of atmospheric pollutants as dependent on source characteristics: atmospheric diffusion processes and sink mechanisms. *Tellus*, 26:1-2; 185-195.
- (102) Melgarejo, J.W., Deardorff, J.W. (1974) Stability functions for the boundary-layer resistance laws based upon observed boundary-layer heights. *J.A S.*, 31:5; 1324-1333.

- (103) Tæsler, R. (1972) Klimatdata för Sverige.
- (104) Venho, S.N. (1958) On the Distribution of Wind in Finland. Mitteilungen der Meteorologischen Zentralanstalt No. 45, Helsinki.
- (105) Gotaas, Y. (1974) Atmospheric dispersion in Valleys. NDRE-report no. 65, Kjeller, May 1974.
- (106) Spinnangr, F. (1942) On the Influence of the Orography on the Winds in Southern Norway. Bergens Museums Årbok 1942.
- (107) Gjessing Y.T. (1967) On the aerosol variation with height in Bergen, Årbok for Universitetet i Bergen, No. 2, 1967.
- (108) Pedersen, L.B., Prahm, L.P. (1974) A Method for Numerical Solution of the Advection Equation. Tellus, 26.5.1974.
- (109) Busch, N.E. (1973) Weather and Climate Factors in Industrial site Evaluation with Respect to Air Pollution. Env. Engin. (1973).
- (110) Bringfelt, B. (1971) Important factors for the sulphur dioxide concentration in Central Stockholm. Atm. Env., 5; 949-972.
- (111) Bringfelt, B. (1968) Plume rise measurements at industrial sites. Atm. Env., 2; 575-598.
- (112) Bringfelt, B. (1969) A study of buoyant chimney plumes in neutral and stable atmospheres. Atm. Env., 3; 609-624.
- (113) Industridepartementet, 1974. Närförläggning av kärnkraftverk. Betänkande 1974:56.