

# Luftkvalitén i Norrbottens län

Ett underlag för utformandet av regionalt mätprogram

Karin Kindbom  
Gun Lövblad  
Eva Brorström-Lundén  
Karin Person

Författare: Karin Kindbom  
                  Gun Lövblad  
                  Eva Brorström-Lundén  
                  Karin Persson  
Referent: Gunnar Brännström  
Omslag: Anders Petterson  
Tryck: Länsstyrelsens tryckeri, maj 1996  
Upplaga: 150 ex.  
ISSN 0283-9636

IVL, Göteborg  
" "  
" "  
" "

Länsstyrelsen  
AP Illustration AB, Luleå

## Förord

Institutet för vatten-och luftvårdsforskning i Göteborg (IVL) har på uppdrag av länsstyrelsen i Norrbotten sammanställt och utvärderat de luftkvalitets- och depositions-mätningar som utförts i Norrbotten fram till 1993. Utvärderingen är ett av de dokument som utgör grunden för det framtida regionala miljöövervakningsprogrammet för länet.



1.	INLEDNING	1
2.	NORRBOTTENS LÄN	4
3.	BEDÖMNINGSGRUNDER FÖR LUFTKVALITET OCH DEPOSITION	5
	3.1 Kritisk belastningsgräns	5
	3.1.1 Kritisk belastningsgräns för svavel	5
	3.1.2 Kritisk belastningsgräns för kväve	6
	3.1.3 Miljömål för svavel och kväve i Norrland	6
	3.2 Kritisk haltnivå	6
	3.3 Riktvärden för luftkvalitet i tätorter	7
4.	HALTER AV LUFTFÖRORENINGAR	8
	4.1 Mätdataunderlag	8
	4.2 Luftföroreningshalter i tätorter	8
	4.2.1 Halter av svaveldioxid i tätorter	8
	4.2.2 Halter av sot i tätorter	10
	4.2.3 Halter av kvävedioxid i tätorter	12
	4.2.4 Besvärsundersökning	14
	4.3 Luftföroreningshalter av svave och kväve i bakgrundsluft	15
	4.3.1 Halter av svaveldioxid och sulfat i bakgrundsluft	16
	4.3.2 Halter av kväveföreningar i bakgrundsluft	20
	4.4 Halter av ozon	22
	4.4.1 Klöver som bioindikator för ozon	25
	4.5 Persistenta organiska föreningar	25
	4.5.1 Allmänt om persistenta organiska föreningar	25
	4.5.2 Halter i luft	26
	4.6 Halter av tungmetaller i luft	26
5.	DEPOSITION AV LUFTFÖRORENINGAR	29
	5.1 Allmänt om deposition	29
	5.2 Mätdataunderlag	30
	5.3 Deposition av svavel	30
	5.4 Deposition av kväve	35

5.5	Deposition av persistenta organiska föreningar	39
5.6	Deposition av tungmetaller	40
5.6.1	Tungmetaller i nederbörd	40
5.6.2	Mosskartering	43
6.	UTBYTE AV FÖRORENINGAR I ETT INTERNATIONELLT PERSPEKTIV	45
7.	FRAMTIDA BELASTNING	51
8.	SAMMANFATTNING OCH REKOMMENDATIONER	53
8.1	Kunskaper om halter av luftföroreningar	53
8.2	Kunskaper om deposition av föroreningar	55
8.3	Rekommendationer vid utformandet av regionalt mätprogram	56
	REFERENSER	58

## 1. Inledning

På uppdrag av länsstyrelsen i Norrbottens län har IVL sammanställt tillgängliga mätdata på lufthalter och deposition för att utvärdera luftföroreningssituationen i länet. Förutom data från Norrbottens län har mätresultat från närliggande regioner i Sverige, Norge och Finland använts i utvärderingen. För att sätta in förhållandena i Norrbotten i ett vidare sammanhang har även jämförelser med södra Sverige gjorts. De parametrar som studerats är svavel- och kväveföreningar, metaller, ozon och persistenta organiska föreningar. I rapporten sammanfattas de kunskaper som finns om luftföroreningssituationen i Norrbotten, samtidigt som kunskapsluckor identifieras. Utvärderingen mynnar ut i rekommendationer vid utformandet av ett regionalt mätprogram på luftsidan.

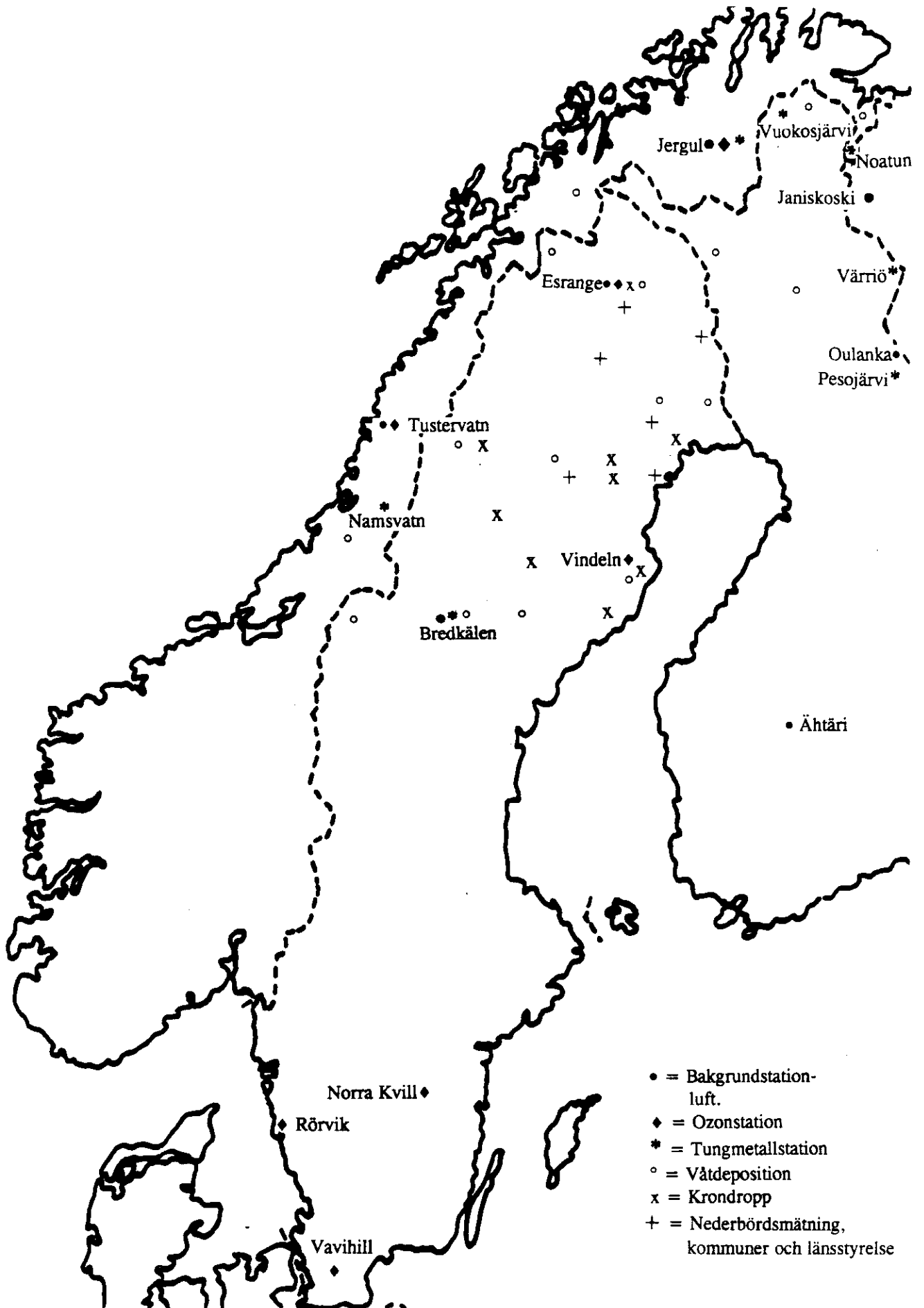
Vid en utvärdering av luftkvalitetssituationen i ett område är flera olika saker av betydelse. En del i utvärderingen är att samla den kunskap som redan finns i form av resultat från mätningar av luft och nederbörd. En annan del är att ta hänsyn till områdets fysiska förutsättningar såsom geografi, klimat, markförhållanden mm, faktorer som delvis bestämmer områdets känslighet för föroreningar. Vad som också är av betydelse för att t ex kunna göra prognoser inför framtiden, är områdets läge i förhållande till utsläppskällor och utsatthet för långdistanstransport av föroreningar.

För Norrbotten gäller att klimatet är kallt, vilket gör att stillastående luftmassor med stabil skiktning av luften, inversion, lätt bildas vintertid. Detta ger förutsättningar för koncentrerad av luftföroreningar, särskilt i tätortsmiljön. Närheten till stora utsläppskällor på Kola-halvön gör regionen utsatt för långdistanstransport av föroreningar från nordost, men å andra sidan har utsläpp på kontinenten betydligt mindre inverkan på miljön i Norrbotten än i sydligare delar av landet. Norrbotten består också av flera olika naturtyper, kustland, inland och fjälltrakter, med olika känslighet för föroreningar.

I Norrbottens län bedrivs mätningar avseende lufthalter och deposition i olika former. Inom den av Naturvårdsverket finansierade nationella miljöövervakningen, PMK, görs månadsvisa nederbördsräkningar på fem platser i länet. Det internationella EMEP-nätet, European Monitoring and Evaluation Programme, har en station i Esrange utanför Kiruna, där dygnsvisa mätningar av vissa luftföroreningar sker. Vidare bedrivs samordnade krondroppsmätningar, med parallell nederbördsräkning, på fyra platser i länet. Flera av kommunerna i Norrbotten gör dessutom egna nederbördsräkningar. Inom Urbanmätnätet, som drivs i samarbete mellan IVL och berörda kommuner, har mätningar av luftföroreningar gjorts i flera av Norrbottens tätorter under de senare vinterhalvåren.

På kartan i figur 1 visas det geografiska läget för de bakgrundsstationer i Sverige, Norge och Finland varifrån data använts till utvärderingen av luftkvalitetssituationen i Norrbottens län.

Figur 1a Mätstationer för mätning av bakgrundshalter i luft och nederbörd.



Figur 1b Mätstationer i Norrbotten för mätning av nederbörd. I Esrange mäts även lufthalter av svavel- och kväveföreningar samt ozon.



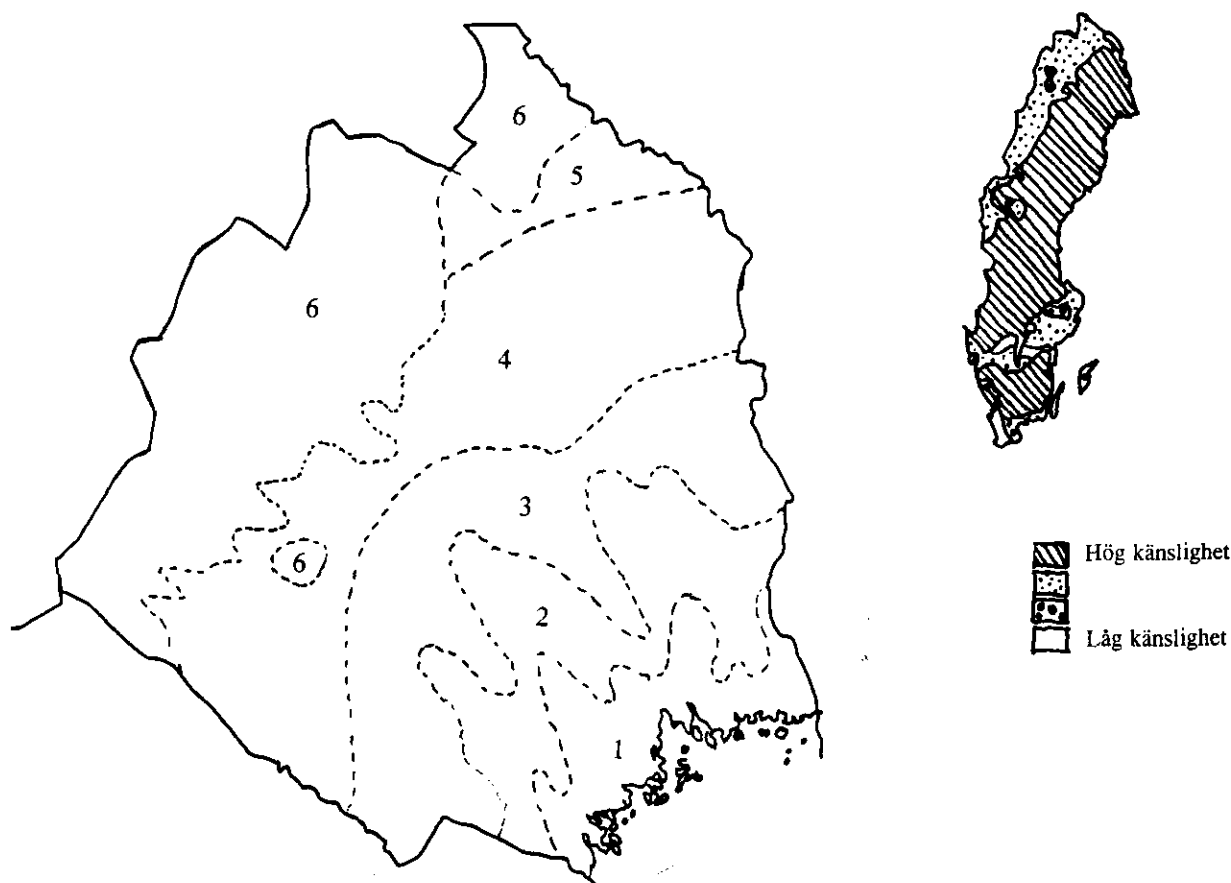
X = Krondropsstationer  
 + = Nederbördsmätning,  
 kommuner och länsstyrelse  
 o = Nederbördskemiska nätet, PMK

## 2 Norrbottens län

Norrbottens län är Sveriges nordligaste del. Länet består till största delen av skogsmark, myrmark och fjällnatur. Åkrar och betesmark upptar mindre än 1% av landarealen. Norrbotten delas in i sex olika naturgeografiska regioner, se figur 2. De större tätorterna ligger, med några få undantag, ganska nära kusten.

Vid en översiktlig bedömning av försurningskänsligheten i Norrbotten, bedöms känsligheten vara hög eller ganska hög i princip i hela länet (fig 2). Förutom jord och berggrund har också markanvändning och klimat vägts in i bedömningen.

Figur 2 Norrbottens indelning i olika naturgeografiska regioner, samt ekosystemens försurningskänslighet i Sverige. (efter Sveriges Nationalatlas, Miljön.)



1. Kustslätter och dalar med finsediment kring norra Bottenviken. Skärgård med sandiga öar, slätt vid kusten, bergkullterräng i inlandet.

2. Norrlands vågiga bergkullterräng med mellanboreala skogsområden. Flack terräng med barrskog, relativt lite myr.

3. Norra Norrlands barrskogsområden och bergkullslätter. Barrblandskog, flack eller vågig terräng, bergkullar.

4. Barrskogsområdet i norra Lappland. Bergkullslätt med omväxlande fjällhed, barrskog och myr.

5. Lapplands kontinentala skogs- och fjällviddregion. Vidsträckt fjällbjörkskog och fjällhed upp till 700 m ö h, urberg.

6. Lapplands högfjällsregion. Branta högfjäll, glaciärer, lågt belägna vegetationsgränser.

### **3 Bedömningsgrunder för luftkvalitet och deposition**

För att bedöma de halter i luft och den deposition som förekommer, i relation till effekter, finns för vissa komponenter riktvärden av olika slag att jämföra med. Inom ramen för ECE:s konvention för långdistanstransporterade gränsöverskridande luftföroreningar pågår ett intensivt arbete med att fastställa vilken föroreningsbelastning olika typer av ekosystem kan utsättas för utan att ta skada. De begrepp man arbetar med är kritiska belastningsgränser och kritiska haltnivåer. De resultat man hittills kommit fram till finns redovisade av Nilsson (1986), Nilsson och Grennfelt (1988) samt Grennfelt och Thörnelöf (1992).

De kritiska belastningsgränser och haltnivåer som formulerats baseras på rent vetenskapligt underlag. För att överföra de kritiska belastningsgränserna och haltnivåerna till politisk strategi, upprättas riktvärden eller miljömål (target load). Dessa värden avgörs, liksom riktvärdena till skydd för människors hälsa, av politiska och ekonomiska bedömningar i enlighet med rådande miljöambitioner. Man gör alltså en samlad bedömning av vad som kan vara en rimlig miljöbelastning i ett område, och därmed en acceptabel risk för miljöeffekter.

#### **3.1 Kritisk belastningsgräns**

En kritisk belastningsgräns definieras som: en kvantitativ uppskattning av exponeringsnivån för en eller flera föreningar under vilka betydelsefulla skadliga effekter på vissa känsliga komponenter i miljön inte uppstår enligt idag tillgängliga kunskaper (Nilsson och Grennfelt (1988)).

Kritiska belastningsgränser har formulerats för deposition av svavel och kväve. Beträffande svavel avser de endast försurningseffekter, medan de för kväve även avser olika typer av gödningseffekter, bland annat floraförändringar. Kvävets komplicerade kretslopp, och funktion som växtnäringssämne, gör det besvärligare att formulera kritiska belastningsgränser för kväve än för svavel. De kritiska belastningsgränserna för kväve får ses med tanke på två olika typer av effekter, dels för att undvika näringsobalans och förändrad artsammansättning i magra och känsliga system, dels för att undvika kväveläckage ur marken.

Även för andra ämnen har kritiska belastningsgränser diskuterats, bl a för metaller och klororganiska ämnen. Kunskaperna är dock idag inte tillräckliga för att fastställa "hur stora mängder naturen tål".

##### *3.1.1 Kritisk belastningsgräns för svavel*

Den kritiska belastningsgränsen för svavel till ett område är direkt beroende av markens förmåga att neutralisera surt nedfall, såväl som av hur stor alkalidepositionen är till området. Den viktigaste neutraliserande processen i marken är vittring av mineral, varför de kritiska belastningsgränserna är olika för olika mineralklasser.

Tabell 1 Kritiska belastningsgränser för svavelnedfall (kg S/ha och år)

	Mineralklass	Kritisk belastningsgräns vid låg alkalideposition kg S/ha,år
Mest svårvittrad	1, Granit, kvarts	< 3
	2, Granit, gnejs	3-8
	3, Gabbro	8-16
	4, Gabbro, basalt	16-32
Mest lättvittrad	5, Kalk	> 32

### 3.1.2 Kritisk belastningsgräns för kväve

Markanvändningen är av stor betydelse vid bedömningen av kritisk belastningsgräns för kväve till olika områden. Detta medför att ekosystem nära varandra kan ha mycket olika känslighet för kväve. Miljöer med hög känslighet för kväve är t ex odöglad ängs- och hagmark samt hedar och myrar. Den lägsta belastningsgränsen (2-3 kg kväve per hektar och år) sätts i områden med kvävekänsliga växtarter samt i skogar utan skogsbruk, där inget kväve lämnar skogsekosystemet via biomassauttag. Även i skogsjordar med brist på andra näringsämnen än kväve blir den kritiska belastningsgränsen låg. Skogsområden som brukas, har en belastningsgräns som beror på faktorer som tillväxt och skördeuttag. Detta intervall ligger sannolikt mellan 5 och 15 kg per hektar och år i större delen av landet.

Tabell 2 Kritiska belastningsgränser för kvävenedfall (kg N/ha, år).

Ekosystem	Kritisk belastningsgräns kg N/ha,år
Barrskog	3-15
Lövskog	5-20
Hedvegetation	5-10
Gräsmarker	3-10
Våtmarker	5-10

### 3.1.3 Miljömål för svavel och kväve i Norrland

Naturvårdsverket har i sitt aktionsprogram Miljö 93 fastställt nationella mål för svavel och kväve. Dessa mål är långsiktiga mål som kräver långtgående minskningar av utsläppen utomlands och i Sverige. För Norrland gäller att nedfallet av svavel ska understiga 2.5 kg S/ha,år och nedfallet av kväve ska understiga 3 kg N/ha,år.

## 3.2 Kritisk haltnivå

Kritiska haltnivåer för halter av föroreningar i luft har upprättats för ozon, ammoniak, svaveldioxid och kvävedioxid. Endast de kritiska haltnivåerna för ozon anses vara relevanta för svenska förhållanden. För övriga komponenter är de uppmätta halterna i Sverige oftast avsevärt lägre.

Eftersom ozon är skadligt för växter är framför allt halterna av ozon under vegetationssäsongen intressanta. De kritiska haltnivåer som finns angivna i tabell 3 gäller för perioden april till och med september under dagtid, dvs då växterna fotosyntetiserar.

Tabell 3 Kritiska haltnivåer för ozon med hänsyn till grödor (UN ECE, 1988).

Tidsperiod	Koncentration, $\mu\text{g ozon}/\text{m}^3$
7-tim medelvärde ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) 1/4-30/9 kl 09-16 lokal tid	50
1 tim medelvärde	150
8 tim medelvärde	60

Dessa kritiska haltnivåer för ozon som fastställdes 1988, är för närvarande under revidering, både begreppet som sådant och de angivna nivåerna. Det finns förslag på att nivåerna ska modifieras och istället bygga på begreppet ozondos (koncentration x tid). Vid en workshop i Egham, England 1992 (UN ECE, 1992) föreslogs den nya kritiska nivån till 300 ppbtimmar över 40 ppb under växtsäsongen. Även om de exakta siffrorna i ppbtimmar och basnivån 40 ppb kan komma att förändras till följd av ytterligare vetenskapliga rön, kommer troligtvis det nya beräkningssättet för ozondos att visa sig användbart.

Det nationella miljömålet för marknära ozon innebär att halten för vegetationsssäsongen ska underskrida den kritiska haltnivån (tabell 3). Under episoder får entimmesmedelvärdet  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  överskridas högst 12 timmar per år medan  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  utgör takvärde.

### 3.3 Riktvärden för luftkvalitet i tätorter

Under april 1990 fastställdes de riktvärden för luftkvalitet som finns angivna i tabell 4 (Naturvårdsverket, Allmänna råd, 1990). I tabellen finns endast de riktvärden med som är relevanta för de mätdata som presenteras i denna rapport.

Tabell 4 Riktvärden (åtgärdsnivåer) för luftkvalitet i tätorter.

	Riktvärde $\mu\text{g m}^{-3}$	Medelvärdetid	Anmärkning
Kvävedioxid	110	1 timma	98-percentil för vinterhalvår
	75	1 dygn	98-percentil för vinterhalvår
Svaveldioxid	50	vinterhalvår	aritmetiskt medelvärde
	200	1 timma	98-percentil för vinterhalvår
	100	1 dygn	98-percentil för vinterhalvår
Sot	50	vinterhalvår	aritmetiskt medelvärde
	90	1 dygn	98-percentil för vinterhalvår
	40	vinterhalvår	aritmetiskt medelvärde

## 4. HALTER AV LUFTFÖRORENINGAR

### 4.1 Mätdataunderlag

Mätning av föroreningshalter i luft sker dels i tätortsmiljö, dels i s k bakgrundsmiljö där mätpunkten inte är direkt påverkad av lokala utsläppskällor. Tätortsmätningar speglar föroreningssituationen i de centrala delarna av den aktuella tätorten, medan mätningar på en bakgrundsstation ger resultat som är representativa för ett större geografiskt område eller en region. De data för föroreningshalter i tätortsluft som utnyttjas i denna rapport är resultat från mätningar av svaveldioxid, sot och kvävedioxid inom Urbanmätnätet i Sverige. Data rörande halter i bakgrundsmiljön kommer från internationella, nationella och regionala övervakningsprogram i Sverige, Norge och Finland.

### 4.2 Luftföroreningshalter i tätorter

I kustregionen i Norrbotten har luften vintertid, på grund av stora kallluftsmassor, ibland mycket låg rörlighet. Under vinter- och vårperioder uppträder ofta stabil skiktning av luften, inversion, vilket får till följd att föroreningar koncentreras i skikten nära marken. Detta i sin tur medför att tätorterna under dessa perioder kan få förhöjda halter av luftföroreningar. Den uppmätta halten i en tätort är resultatet av de lokala utsläppen i tätorten och av den regionala bakgrundshalten.

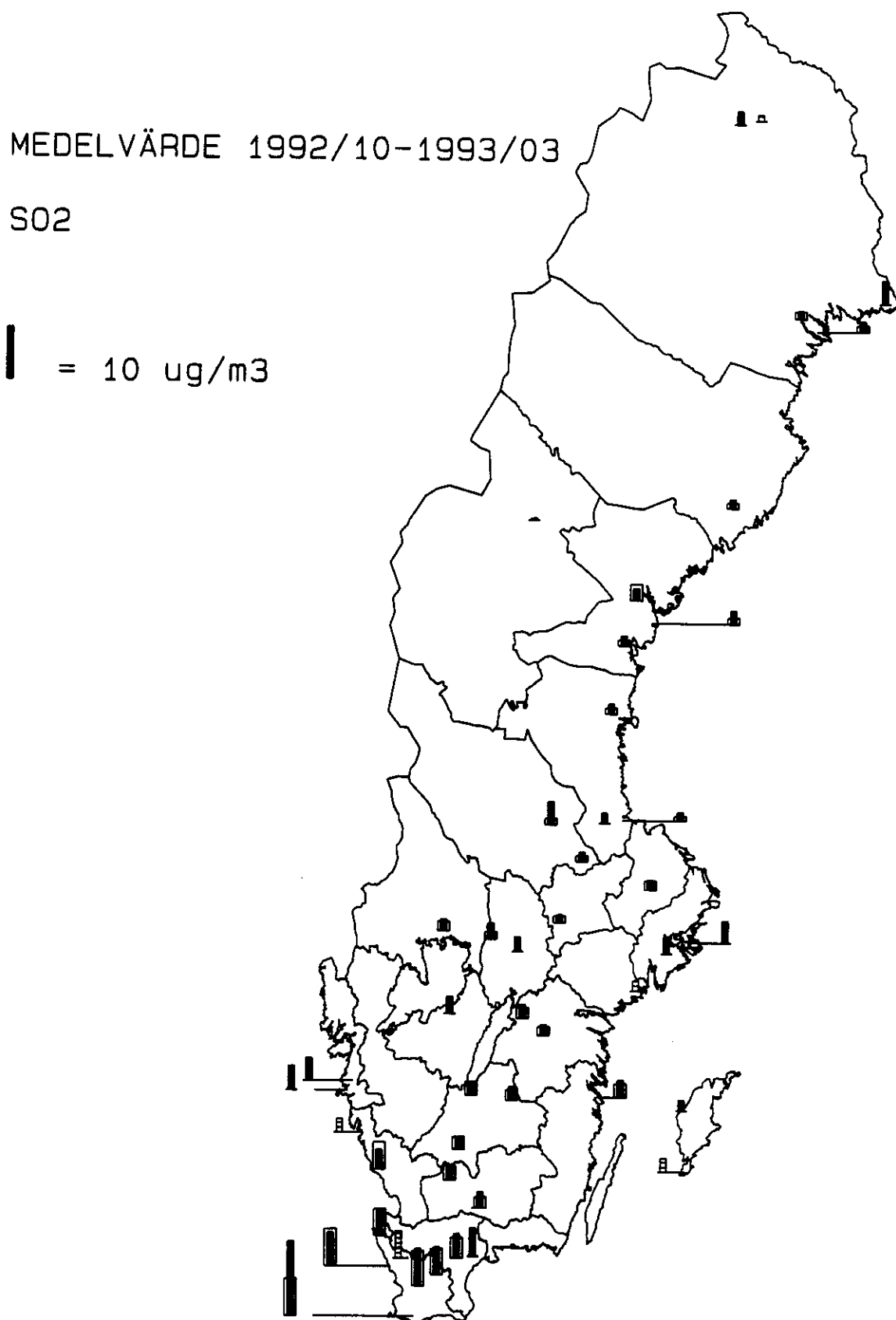
Mätningar av svaveldioxid, sot och kvävedioxid i tätortsluft har bedrivits inom Urbanmätnätets ram under hittills sex vinterhalvår, oktober t o m mars. Mätpunkterna är placerade så att resultaten ska vara representativa för större delen av den centrala tätorten. Lokalt kan högre halter av föroreningar förekomma, t ex i gatumuljö.

#### 4.2.1 Halter av svaveldioxid i tätorter

Resultat från mätningarna under vinterhalvåret 92/93 presenteras i figur 3. Här visas både resultaten från centrala tätorten i en fylld stapel, samt resultat från bakgrundsmätningar utanför tätorten i den ofyllda, bredare stapeln. Halterna av svaveldioxid, SO<sub>2</sub>, inne i tätorterna skiljer sig inte dramatiskt från de uppmätta halterna utanför respektive tätort. Detta tyder på att bidragen från lokala källor till svaveldioxidhalten i tätorterna i Norrbotten är relativt små.

De uppmätta svaveldioxidhalterna i svenska tätorter visar, med några få undantag, en gradient från högsta halterna i södra och sydvästra Sverige och sjunkande halter norrut i landet. Detta mönster indikerar att svaveldioxid långdistanstransporteras in över Sverige, huvudsakligen från kontinenten. Det finns dock en tendens till något ökande halter i nordligaste Sverige, jämfört med mellersta delen av landet, vilket antyder en viss påverkan från de stora svavelutsläppen på Kola-halvön.

Figur 3 Svaveldioxidhalter i Svenska tätorter vinterhalvåret 1992-93. Resultat från mätningar i centrala tätorten i fylld stapel, resultat från mätningar i bakgrundsmiljö i ofylld stapel. (Svanberg m fl, 1993)



Tabell 5 Vinterhalvårsmedelvärden av halten svaveldioxid i respektive tätort samt bakgrundsstationen Esrange för jämförelse. (Svanberg m fl 1991, 1992, 1993). För att räkna om resultatet till  $\mu\text{g svavel}/\text{m}^3$ , dividera med 2.

	$\text{SO}_2 \mu\text{g m}^{-3}$	$\text{SO}_2 \mu\text{g m}^{-3}$	$\text{SO}_2 \mu\text{g m}^{-3}$	$\text{SO}_2 \mu\text{g m}^{-3}$
Vinterhalvår	90/91	91/92	92/93	bakgrund 92/93
Piteå	4.9	1.8	-	-
Luleå	4.3	1.7	2.0	1.2
Boden	4.3	1.6	1.5	1.4
Kalix	5.6	2.2	-	-
Haparanda	-	-	4.4	-
Pajala	4.1	1.5	-	-
Kiruna	4.4	2.0	2.4	-
Esrange	2.7	1.0	1.1	

Vid jämförelse med halter i bakgrundsluft i kapitel 4.3, som av tradition anges i  $\mu\text{g svavel}/\text{m}^3$  istället för som tätortshalterna i  $\mu\text{g svaveldioxid}/\text{m}^3$ , ska halter angivna som svaveldioxid divideras med 2 för att ge halten som  $\mu\text{g svavel}$ .

Enligt Naturvårdsverkets Allmänna råd (1990), är riktvärdet för svaveldioxid i tätorter  $50 \mu\text{g m}^{-3}$  som vinterhalvårsmedelvärde. Resultaten från mätningarna i Norrbottens tätorter visar att halterna ligger betydligt under riktvärdet. Inga överskridanden av riktvärdet  $100 \mu\text{g m}^{-3}$  som dygnsmedelvärde har heller mätts upp.

Under de sex vinterhalvår mätningar pågått, kan en trend av sjunkande svaveldioxidhalter i Norrbottens tätorter, såväl som i de flesta andra ingående tätorterna, skönjas. Troligtvis har de milda vintrarna under senare år haft stor betydelse för minskningen av halterna. Tidsserien är ännu för kort för att kunna säkerställa eventuella bestående förändringar. De högre värdena för  $\text{SO}_2$  i Norrbottens tätorter under vintern 90/91 var framför allt föranledda av ett större antal episoder med intransport av förorenade luftmassor från nord-nordost än vad som förekommit under de två senare vintrarna.

#### 4.2.2 Halter av sot i tätorter

De under vinterhalvåret 92/93 uppmätta sothalterna i svenska tätorter redovisas i figur 4. Sothalterna i tätorter visar, till skillnad från svaveldioxidhalterna, ingen tydlig gradient över landet. I de norra delarna av landet med kallt klimat, stillastående luft och omfattande vedeldning har sotet till stor del sitt ursprung lokalt, i respektive tätort, och bidraget från långdistanstransport är förhållandevis litet. Sothalten vid bakgrundsstationen i Esrange är också betydligt lägre än de sothalter som mätts upp inne i tätorterna. I södra Sverige har emellertid långdistanstransport av sot relativt stor betydelse.

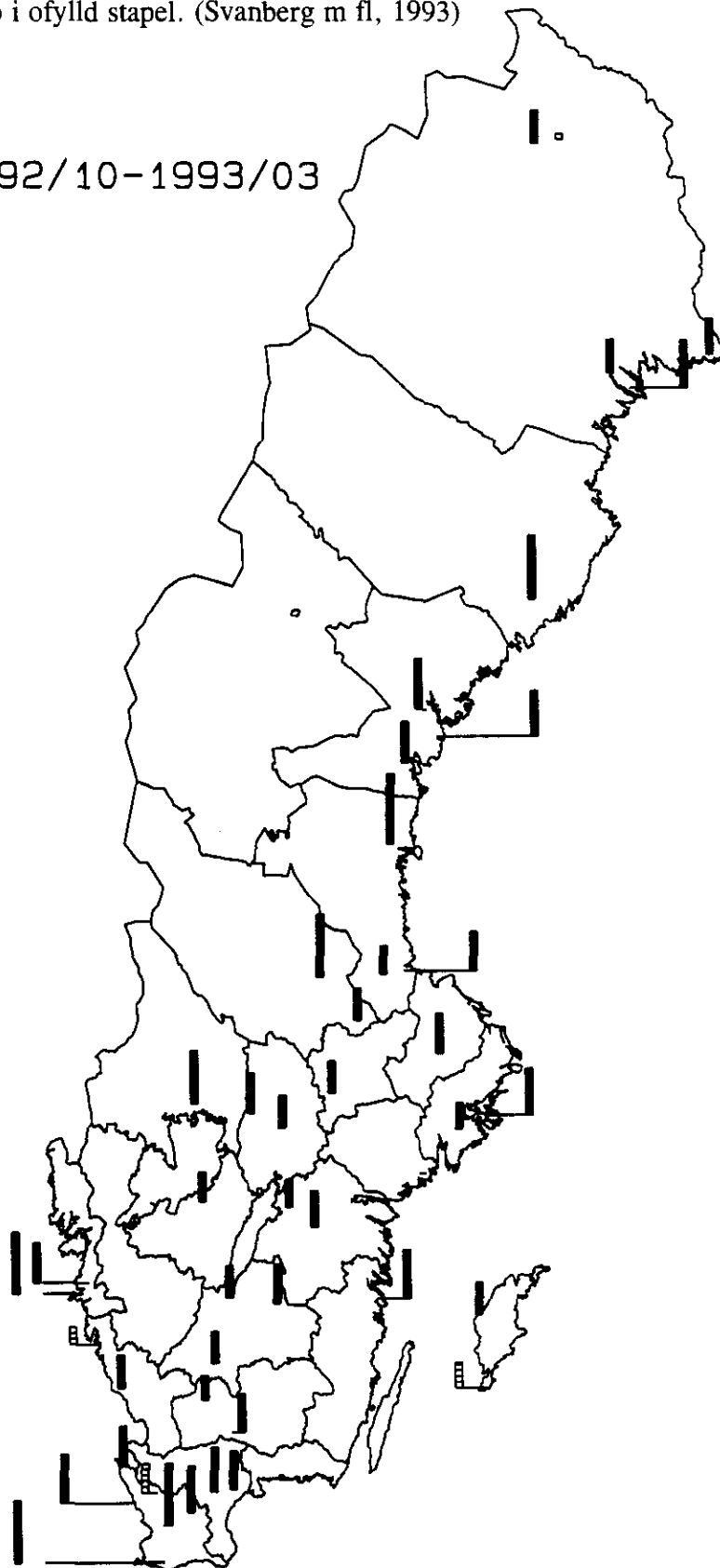
I en undersökning 1990 av sambandet mellan lufthalter och olika meteorologiska parametrar i sju norrländska inlandsorter (Thaning m fl 1991) kunde framför allt en koppling mellan hög sothalt och låg temperatur visas. Korrelationen mellan

Figur 4 Sothalter i svenska tätorter vinterhalvåret 92/93. Resultat från mätningar i centrala tätorten i fylld stapel, resultat från mätningar i bakgrundsmiljö i ofylld stapel. (Svanberg m fl, 1993)

MEDELVÄRDE 1992/10-1993/03

Sot

┆ = 10 ug/m<sup>3</sup>



dygnsmedelvärdet av sot, uppmätt i centrum, och dygnsmedelvärdet av temperatur från närmaste SMHI-station var hög på alla sju orterna. Jämfört med mätningarna inom Urbanmättnätet under vinterhalvåret 89-90 var sambandet mellan hög sothalt och låg temperatur starkare för fem av de sju norrländska inlandskommunerna än motsvarande korrelation för samtliga 64 orter i Sverige inom Urbanmätningarna. Sothalterna i de sju inlandsorterna bedömdes också var relativt höga i förhållande till orternas storlek. Sothalterna är beroende av såväl storleken på de lokala utsläppen som spridningsförhållandena.

Tabell 6 Vinterhalvårsmedelvärden av sot i respektive tätort (Urbanmättnätet), samt bakgrundsstationen Esrange för jämförelse. (Svanberg m fl 1991, 1992, 1993).

	sot $\mu\text{g m}^{-3}$	sot $\mu\text{g m}^{-3}$	sot $\mu\text{g m}^{-3}$
Vinterhalvår	90/91	91/92	92/93
Piteå	10.7	6.1	-
Luleå	9.0	5.7	7.7
Boden	11.7	7.1	5.4
Kalix	11.5	8.9	-
Haparanda	-	-	5.7
Pajala	9.9	6.0	-
Kiruna	6.1	4.8	5.3
<i>Esrange</i>	<i>1.2</i>	<i>0.4</i>	<i>0.8</i>

Enligt SNVs Allmänna råd (1990) är riktvärdet för sot i tätorter  $40 \mu\text{g m}^{-3}$  som vinterhalvårsmedelvärde. I Norrbottens tätorter ligger värdena som högst runt en fjärdedel av riktvärdet. Riktvärdet för medelhalten av sot under ett dygn är  $90 \mu\text{g m}^{-3}$ . Detta värde har överskridits en gång i Norrbotten inom Urbanmättnätets sammanlagda mätningar.

Sothalterna under de sex senaste vintrarna visar inte tecken på någon förändring med tiden utan varierar utan indikation på någon trend.

#### 4.2.3 Halter av kvävedioxid i tätorter

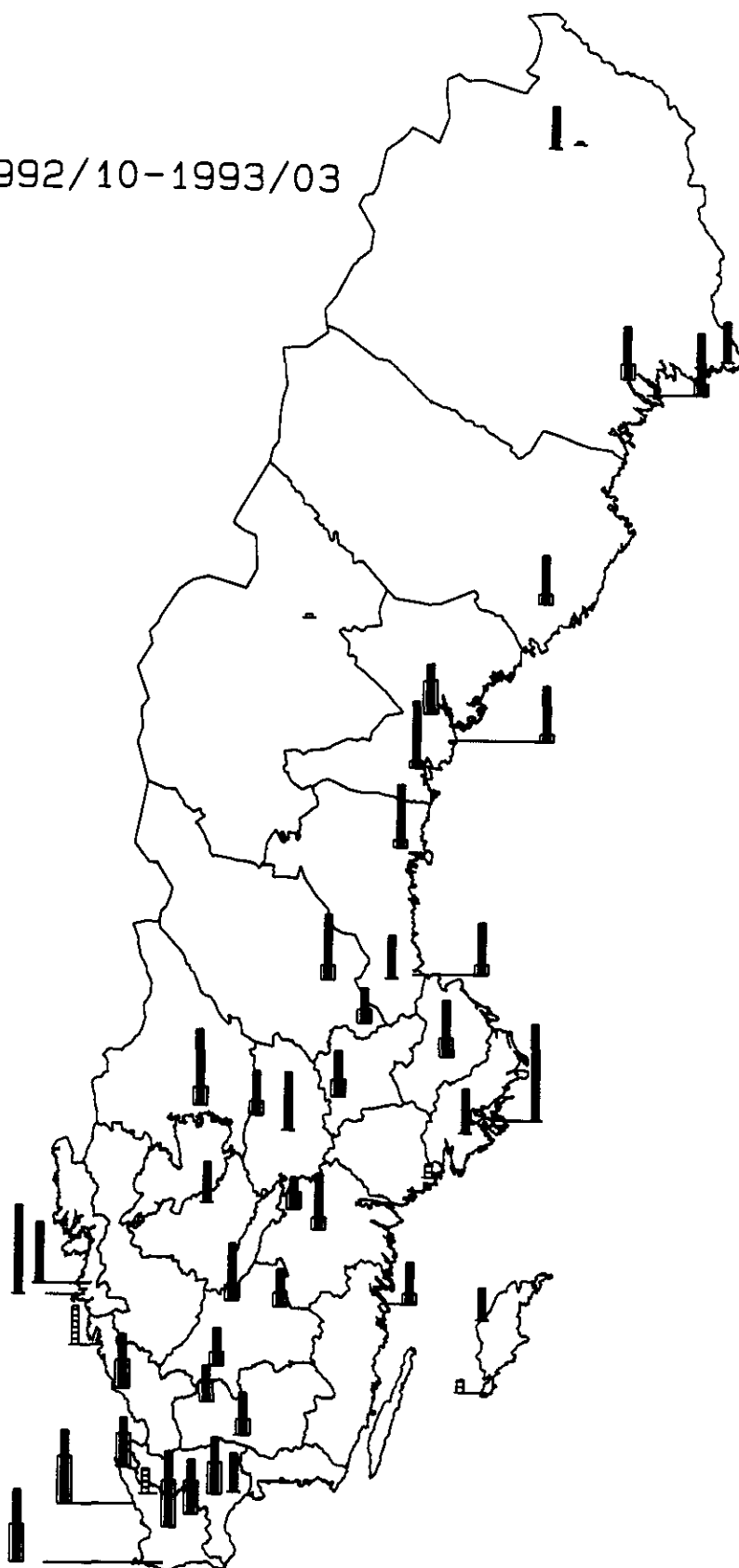
I figur 5 redovisas de kvävedioxidhalter som uppmättes inom Urbanmättnätet vinterhalvåret 92/93. Mätningar av kvävedioxid i centrum samt utanför tätorter ger stora skillnader i uppmätta lufthalter, vilket visar att det lokala bidraget till tätortens kvävedioxidhalt är stort. Det finns inte heller någon storskalig gradient av kvävedioxidhalter över landet, utan förhållandet i den enskilda tätorten bestämmer i stort sett tätortens haltnivå av kvävedioxid.

Figur 5 Kvävedioxidhalter i Svenska tätorter vinterhalvåret 1992-93. Resultat från mätningar i centrala tätorten i fylld stapel, resultat från mätningar i bakgrundsmiljö i ofylld stapel. (Svanberg m fl, 1993)

MEDELVÄRDE 1992/10-1993/03

NO<sub>2</sub>

█ = 10 ug/m<sup>3</sup>



Tabell 7 Vinterhalvårsmedelvärden av kvävedioxid i respektive tätort, samt bakgrundsstationen Esrange för jämförelse. ( Svanberg m fl 1991, 1992, 1993). För att räkna om resultatet till  $\mu\text{g kväve}/\text{m}^3$ , multiplicera med 0.3.

	$\text{NO}_2 \mu\text{g m}^{-3}$	$\text{NO}_2 \mu\text{g m}^{-3}$	$\text{NO}_2 \mu\text{g m}^{-3}$	$\text{NO}_2 \mu\text{g m}^{-3}$
Vinterhalvår	90/91	91/92	92/93	Bakgrund 92/93
Piteå	21.7	18.7	-	-
Luleå	23.9	22.7	20.0	3.6
Boden	19.2	20.1	16.9	4.9
Kalix	21.7	20.9	-	-
Haparanda	-	-	13.0	-
Pajala	10.7	9.9	-	-
Kiruna	15.1	14.6	12.9	-
Esrange	0.9	1.1	0.9	

Enligt SNVs Allmänna råd (1990) är riktvärdet för kvävedioxid i tätorter  $50 \mu\text{g m}^{-3}$  som vinterhalvårsmedelvärde. Resultaten från mätningarna i Norrbottens tätorter visar att halterna som högst ligger i nivå med halva riktvärdet. Riktvärdet för medelhalten av kvävedioxid under ett dygn är  $75 \mu\text{g m}^{-3}$ . Inte heller detta värde överskreds inom Urbanmätnätets mätningar i någon av Norrbottens tätorter under de sex senaste vintrarna. Vid ett flertal tillfällen har dock dygnsvärden på mellan 65 och  $75 \mu\text{g m}^{-3}$  uppmätts. Kortare tidsmedelvärden än dygn har inte registrerats inom dessa mätningar men sannolikt förekommer överskridanden av riktvärdet för timmedelhalter,  $110 \mu\text{g NO}_2 \text{ m}^{-3}$ , i gatumiljö under tillfällen med inversion.

Kvävedioxidhalterna i Norrbottens tätorter, såväl som i sydligare orter, har inte förändrats nämnvärt under Urbanmätnätets sex års mätningar, utan legat på ungefär samma nivå hela tiden.

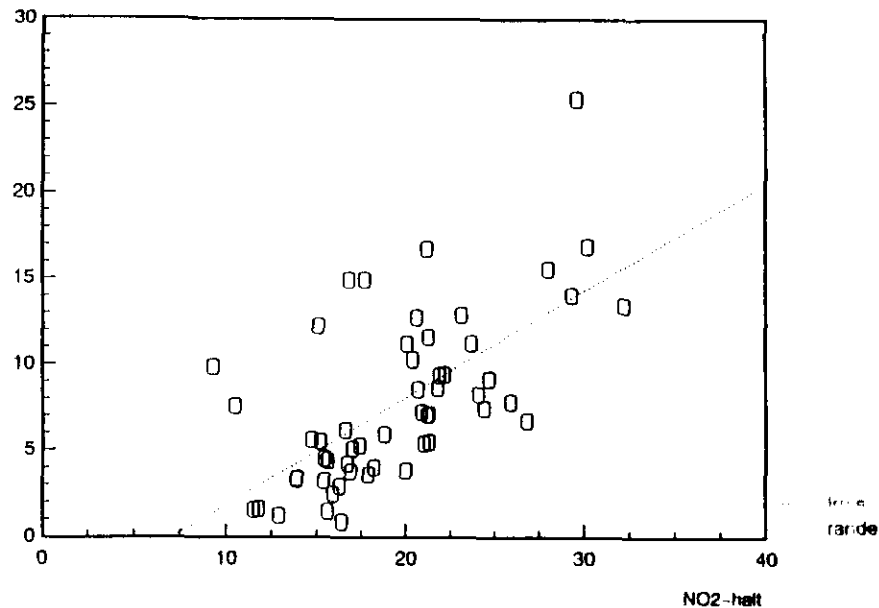
#### 4.2.4 Besvärsundersökning

I Norrbottens tätorter har således inga överskridanden av vinterhalvårsmedelvärdena skett enligt mätningarna inom Urbanmätnätet, vare sig avseende svaveldioxid, sot eller kvävedioxid. Något enstaka överskridande av dygnsvärdet för sot är det enda som kunnat registreras inom dessa mätningar. De besvärstudier som genomförts inom URBAN-projektet har dock visat att besvär och obehag orsakade av luftföroreningar i tätorter uppträder även då riktvärdet för kvävedioxid,  $\text{NO}_2$ , underskrids (Forsberg m fl ,1991 och 1992).

Besvärundersökningen genomfördes genom att slumpmässigt välja ut 150 personer boende i närheten av Urbanmätplatsen i respektive tätort. Dessa personer har sedan svarat på en enkät med frågor bland annat rörande besvär och symtom från luftvägar och ögon. Trots att luftföroreningsbelastningen i undersökningen endast beskrivits med data från en centralt placerad mätpunkt, så tyder resultaten på att

luftföroreningar, och då främst kvävedioxid, ger mätbara effekter i form av besvärsupplevelser och luftvägssymtom. Ett dos-responsförhållande mellan besvärsupplevelse och vinterhalvårsmedelvärdet för kvävedioxid föreligger även då kvävedioxidhalten ligger klart lägre än riktvärdet på  $50 \mu\text{g m}^{-3}$ , (figur 6).

Figur 6 Andel svarande (åldersstandardiserat) som "dagligen eller nästan dagligen" brukar uppleva luften i centrum såsom irriterande, mot vinterhalvårsmedelvärdet för kvävedioxid (Forsberg m fl).



I en enkätstudie bland boende i tätorter i norra Norrlands inland har det visats (Forsberg m fl 1990) att besvärsmönstret skiljer sig från andra studerade stadsmiljöer, bl a genom att luftföroreningar från vedeldning av många upplevs som besvärande. Utsläppen till följd av vedeldning upplevs som ett problem av större omfattning än bilarnas avgaser i dessa orter och upp till 30-40 procent av de tillfrågade uppgav att de ofta eller ibland besvärades av utsläppen.

#### 4.3 Luftföroreningshalter av svavel och kväve i bakgrundsluft

I Norrbotten finns endast en mätstation, Esrange som ingår i EMEP-nätet, för kontinuerlig övervakning av bakgrundshalter i luft. I norra Norge och Finland, samt något söderut i Sverige, finns dock ett antal ytterligare stationer som tillsammans ger information om lufthalterna av svavel- och kväveföreningar i norra Skandinavien (figur 1, Mätstationer). Nedan presenteras resultat från de tre senaste årens mätningar. (EMEP Datareport, Årsrapporter från Statens forurensingstilsyn, Oslo, Årsrapporter från Finnish Meteorological institute, Årsrapporter för IVL's stationer inom EMEP och PMK för åren 1990-1992). Mellanårsvariationerna av luftföroreningar är på grund av klimatvariationer stora. De tre senaste åren har t ex vintrarna varit milda vilket medfört lägre emissioner från uppvärmning. Detta påverkar årsmedelhalterna av både svaveldioxid, sulfat och i vissa fall sot.

#### 4.3.1 Halter av svaveldioxid och sulfat i bakgrundsluft

Lufthalterna av svaveldioxid vid de flesta nordliga bakgrundsstationer är runt 1 µg svavel/m<sup>3</sup> eller lägre som årsmedelvärde. (Observera att halterna mäts i µg S m<sup>-3</sup> till skillnad från i tätortsmätningarna där halten anges som SO<sub>2</sub>. För omräkning ska halten som S multipliceras med 2 för att få SO<sub>2</sub>). Resultaten för åren 1990-1992 presenteras i tabell 8 och figur 7. Årsmedelhalterna av SO<sub>2</sub>-S är något högre i Esrange i Norrbotten och Jergul i Norge än vid de något sydligare stationerna Bredkålen och Tustervatn. Detta, liksom högre halter närmre ryska gränsen, tyder på en påverkan från nordost.

I södra Sverige är årsmedelhalterna av svaveldioxid (Rörvik och Vavihill) generellt två till tre gånger högre än i Norrbotten med omgivningar.

Tabell 8 Årsmedelhalter av svaveldioxid i luft vid bakgrundsstationer i norra Skandinavien, 1990-1992. (µg svavel/m<sup>3</sup>) samt Rörvik och Vavihill i sydsverige för jämförelse.

	SO <sub>2</sub> -S, µg m <sup>-3</sup>		
	1990	1991	1992
Janiskoski	1.1	2.6	*
Jergul	0.8	0.8	0.5
Esrange	1.0	0.8	0.4
Oulanka	1.1	0.9	0.7
Tustervatn	0.3	0.3	0.2
Bredkålen	0.5	0.5	0.3
Ähtäri	0.9	0.8	0.5
Rörvik	1.8	1.7	1.2
Vavihill	3.0	2.6	2.1

\* Data saknas

Resultat från luftmätningar av partikulärt sulfat-svavel är sammanställda i tabell 9 och figur 8. Årsmedelhalterna varierar mellan 0.25 och 0.85 µg svavel/m<sup>3</sup> i de nordliga regionerna. De högsta halterna är uppmätta vid Ähtäri och Oulanka i Finland samt i Janiskoski vid finsk-ryska gränsen. I södra Sverige är halterna av sulfat-svavel klart högre än i norr.

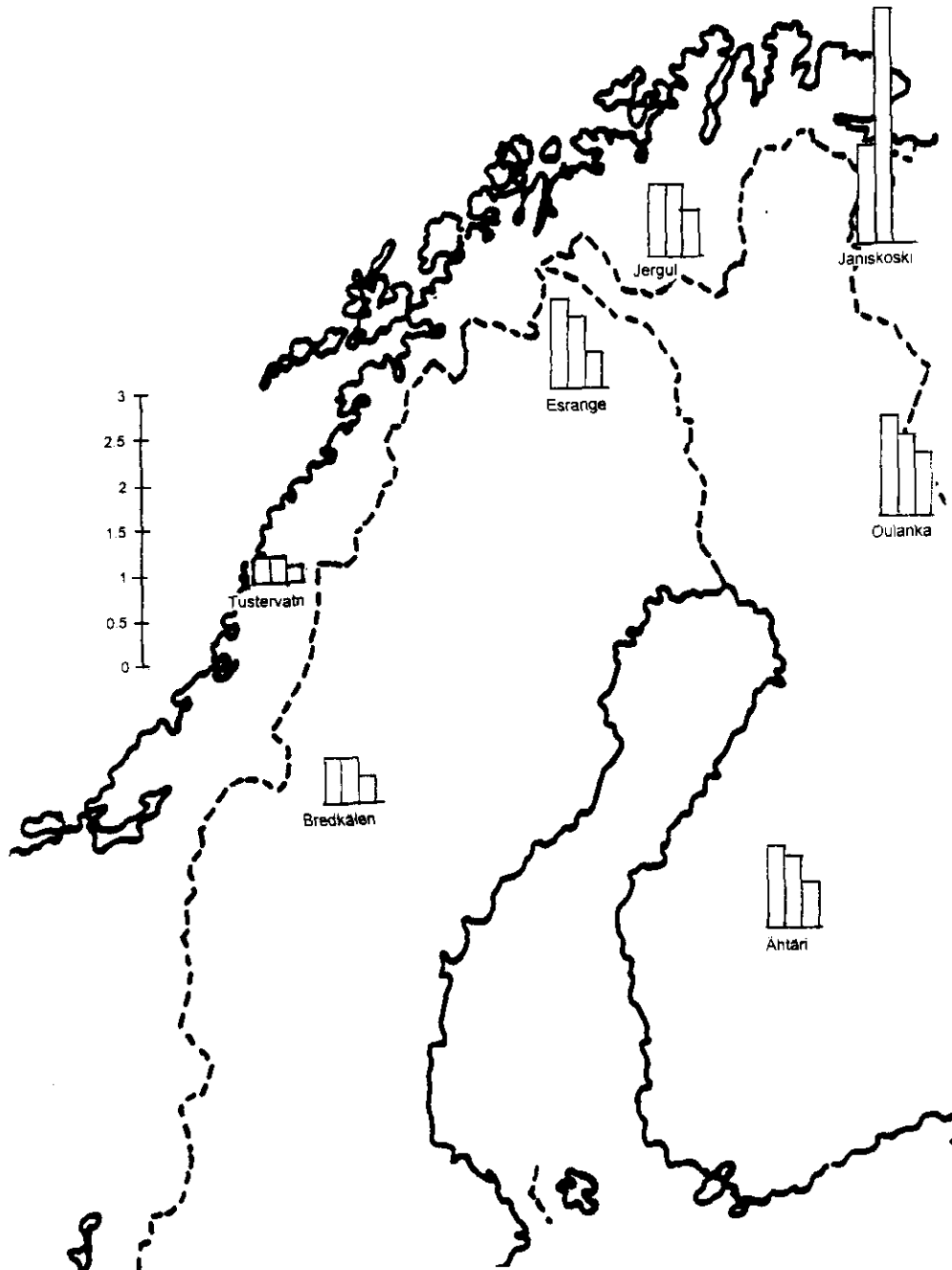
På flera stationer i norra Skandinavien är halterna av partikulärt sulfat-svavel i nivå med svaveldioxidhalterna (räknat som svavel), och ger således ett betydande bidrag till totala svavelhalten i luften. Detta är inte lika uttalat i södra Sverige, där halten svavel i form av svaveldioxid i allmänhet är klart högre än sulfat-svavelhalten. Såväl svaveldioxid som partikulär sulfat transporteras långa sträckor i lufthavet. Svaveldioxiden deponeras emellertid snabbare än sulfat varför svaveldioxidhalten i luften sjunker fortare än sulfathalten då föroreningarna transporteras i lufthavet. På långt avstånd från källområdena har således svaveldioxiden hunnit deponeras medan sulfat fortfarande finns kvar i luften..

Tabell 9 Årsmedelhalter av partikulärt sulfat i luft vid bakgrundsstationer i norra Skandinavien, 1990-1992. ( $\mu\text{g svavel}/\text{m}^3$ ) samt Rörvik och Vavihill i sydsverige för jämförelse.

	$\text{SO}_4\text{-S, } \mu\text{g m}^{-3}$		
	1990	1991	1992
Janiskoski	0.65	0.56	*
Jergul	0.45	0.47	0.40
Esrage	0.32	0.30	0.26
Oulanka	0.63	0.68	0.57
Tustervatn	0.36	0.38	0.28
Bredkälén	0.42	0.42	0.30
Ähtäri	0.75	0.85	0.64
Rörvik	1.56	1.32	0.76
Vavihill	1.30	1.12	0.88

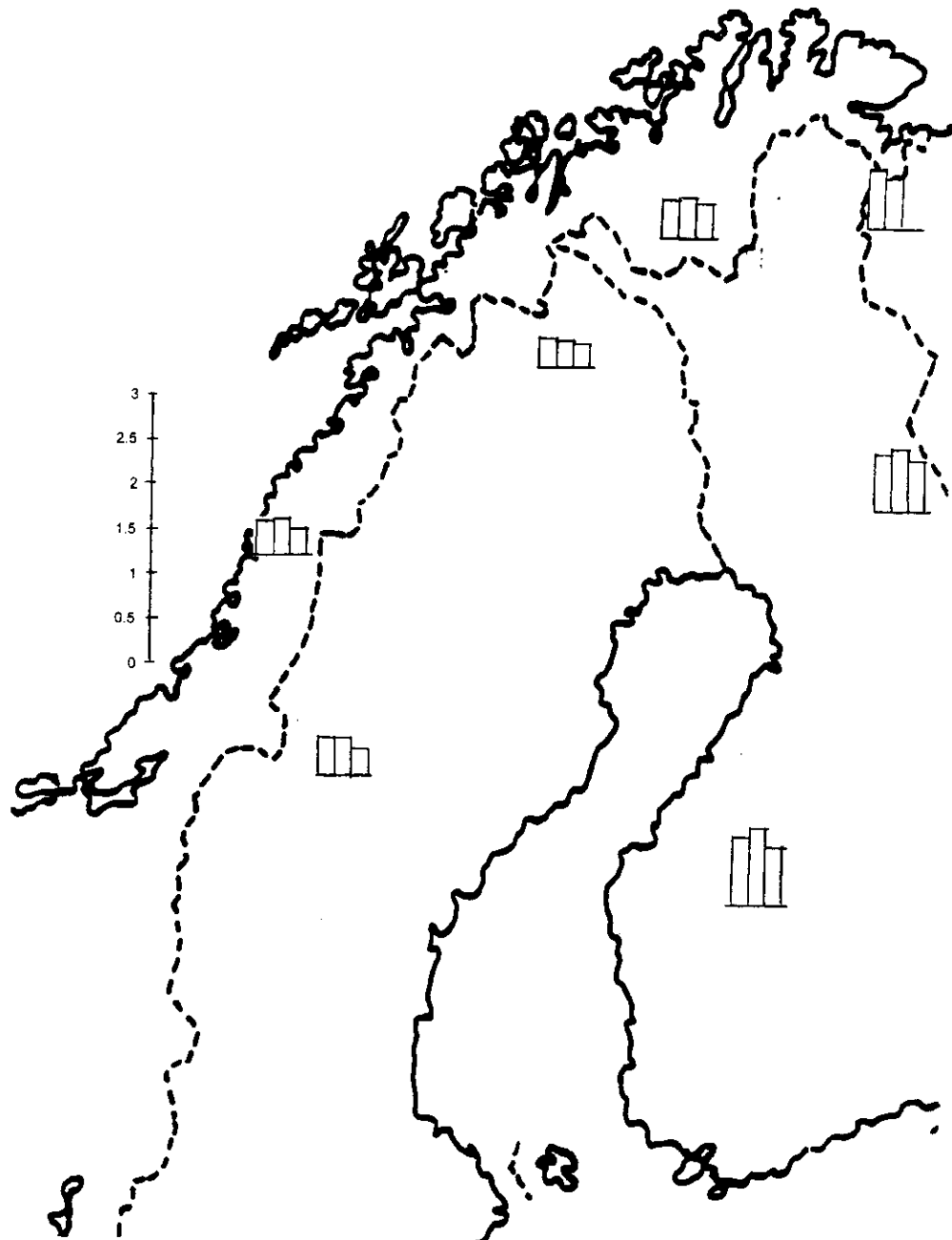
\* Data saknas

Figur 7 Lufthalter av svaveldioxid i norra Skandinavien. Årsmedelhalter 1990,1991 och 1992 i  $\mu\text{g}$  svavel / $\text{m}^3$  .



Figur 8

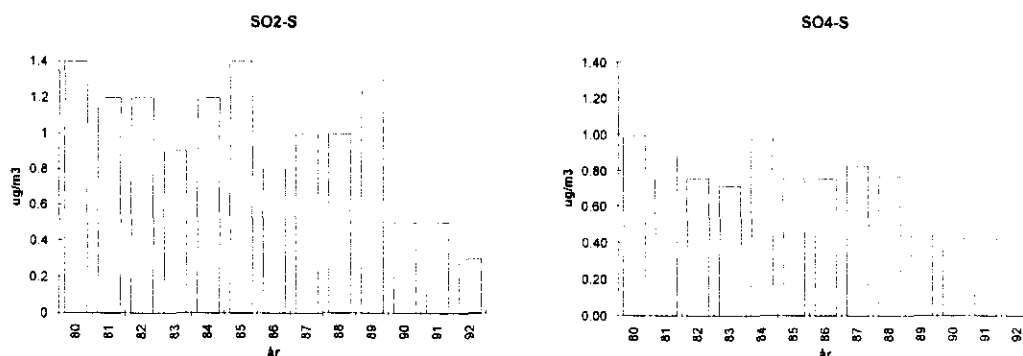
Lufthalter av partikulärt sulfat-svavel i norra Skandinavien.  
Årsmedelhalter 1990,1991 och 1992 i  $\mu\text{g}$  svavel / $\text{m}^3$  .



Vid studier av tidsutvecklingen av lufthalter i norra delen av landet kan data för svaveldioxid- och sulfathalter i luft i Bredkålen användas. Mätningar inom EMEP har pågått där sedan 1980.

I figur 9 redovisas årsmedelhalterna för SO<sub>2</sub>-S respektive SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S mellan 1980 och 1992 i Bredkålen. Såväl halterna av svaveldioxid som sulfat visar en sjunkande trend under denna period. Även i övriga Sverige är trenden sjunkande.

Figur 9 Årsmedelhalter av SO<sub>2</sub>-S och SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S (µg m<sup>-3</sup>) i Bredkålen, 1980-1992.



#### 4.3.2 Halter av kväveföreningar i bakgrundsluft

En sammanställning av de senaste fyra årens medelhalter av kvävedioxid i norra Skandinavien finns i tabell 10 och figur 10. Observera att halterna är angivna som µg N m<sup>-3</sup> medan tätortsmätningarna anges i µg NO<sub>2</sub> m<sup>-3</sup>. NO<sub>2</sub> divideras med 0.3 för att erhålla halterna i N. Alla uppmätta årsmedelhalter ligger på 1 µg N/m<sup>3</sup> eller lägre, utom i Ähtäri i mellersta Finland.

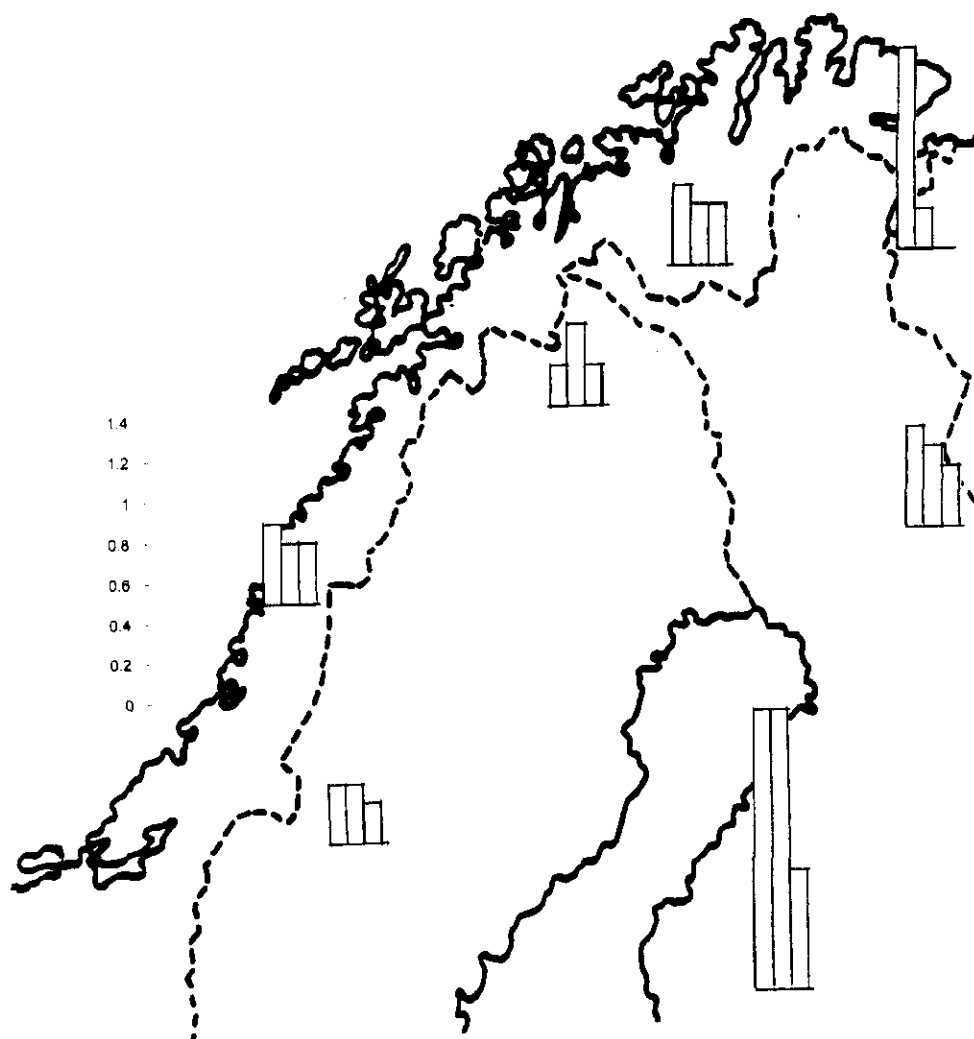
Bakgrundshalterna av kvävedioxid uppvisar en gradient över landet. I södra Sverige är NO<sub>2</sub>-halterna ungefär tio gånger högre än i Esrange och Bredkålen i norr. Kvävedioxiden härrör framför allt från biltrafik. De stora källområdena för långdistanstransport av NO<sub>2</sub> ligger i Västeuropa och bakgrundshalterna i Sverige blir högre ju närmre kontinenten man befinner sig. Även källområden med stor biltäthet inom landet bidrar naturligtvis till bakgrundshalterna av kvävedioxid, såväl som till halt nivåerna inne i tätorter.

Inom EMEP-nätet mäts även total-nitrat och total-ammonium i luft (summan av gasformigt och partikulärt). I Bredkålen förekommer både nitrat och ammonium i låga halter. Årsmedelvärdet för nitrat-kväve ligger i Bredkålen kring 0.05 µg m<sup>-3</sup> medan värdet för ammoniumkväve är ca 0.25 µg m<sup>-3</sup>. Längre söderut i Sverige har motsvarande halter under de senaste tre åren varit betydligt högre, mellan 0.4-0.8 µg m<sup>-3</sup> nitratkväve och mellan 0.6-2.0 µg m<sup>-3</sup> ammoniumkväve som årsmedelvärden.

Tabell 10 Årsmedelhalter av kvävedioxid i luft vid bakgrundsstationer i norra Skandinavien, 1990-1992 ( $\mu\text{g kväve}/\text{m}^3$ ) samt Rörvik och Vavihill i sydsverige för jämförelse.

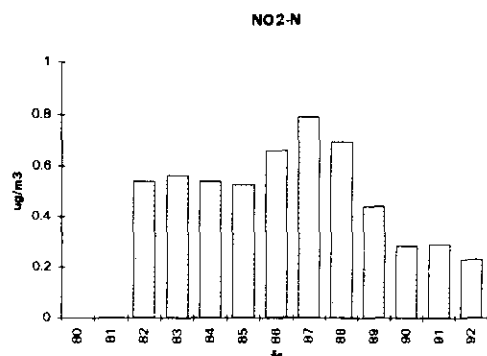
	NO <sub>2</sub> -N $\mu\text{g m}^{-3}$		
	1990	1991	1992
Janiskoski	1.0	0.2	
Jergul	0.4	0.3	0.3
Esrage	0.2	0.4	0.2
Oulanka	0.5	0.4	0.3
Tustervatn	0.4	0.3	0.3
Bredkälen	0.3	0.3	0.2
Ähtäri	1.4	1.4	0.6
Rörvik	2.2	2.5	2.5
Vavihill	2.4	2.1	1.7

Figur 10 Kvävedioxidhalter i bakgrundsluft i norra Skandinavien. Årsmedelhalter 1990, 1991 och 1992 i  $\mu\text{g kväve}/\text{m}^3$ .



Tidsutvecklingen av kvävedioxid i Breckälven är svårtolkad eftersom haltskillnaderna mellan åren är mycket små. Eventuellt indikerar figur 11 en sjunkande trend under de senaste åren. I Sverige som helhet finns ingen entydig trend för utvecklingen av kvävedioxidhalter under de senaste tio åren.

Figur 11 Tidsutvecklingen av NO<sub>2</sub>-N ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) i Breckälven, 1982-1992.



#### 4.4 Halter av ozon

Ozonmätningar sker i Norrbotten endast i Esrange. Vindeln i Västerbotten ligger dock förhållandevis nära och kan bidra till att ge information om förhållanden i nordligaste delen av landet. I Norge sker också ozonmätningar vid några nordliga stationer (se figur 1, Mätstationer). Ozonhalterna varierar kraftigt mellan olika år eftersom ozonbildningen är direkt beroende av solinstrålningen. Vädret under vegetationsperioden är således av stor betydelse.

I tabell 11 redovisas resultaten från ozonmätningar under de senaste fyra åren, dels vid stationer i norra Skandinavien, dels i Norra Kvill, Rörvik och Vavihill i södra Sverige som jämförelse. Resultaten anges i enlighet med de definierade kritiska haltnivåerna (kapitel 3).

Resultaten visar att medelbelastningen under vegetationssäsongen vid samtliga mätstationer ligger högre än den angivna kritiska haltnivån på  $50 \mu\text{g m}^{-3}$ . Vid de nordliga stationerna i Skandinavien sker däremot endast ett fåtal överskridanden av 1-timmesmedelvärdet på  $150 \mu\text{g m}^{-3}$ , medan sådana överskridanden är vanliga i södra Sverige (Rörvik, Vavihill och Norra Kvill). Sommaren 1991 var ovanligt solfattig i södra Sverige, vilket direkt återspeglas i de få överskridanden av 1-timmensvärdet som registrerades det året.

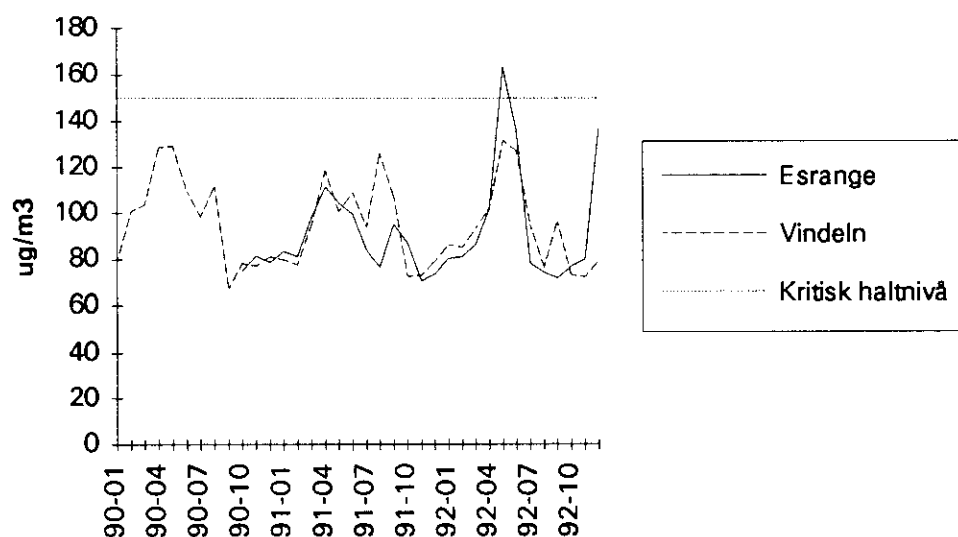
Tabell 11 Resultat från ozonmätningar i Skandinavien 1989-1992. Resultaten presenteras i enlighet med de kritiska haltnivåerna för ozon.

Station	7-tim medelvärde ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) april t o m september kl 09-16 lokal tid				Antal 1-tim medelvärden > $150 \mu\text{g m}^{-3}$			
	1989	1990	1991	1992	1989	1990	1991	1992
Jergul	72	67	61	69*	0	0	0	0
Kiruna-Esrange	-	52	58	63	-	0	0	7
Tustervatn	-	69	64	60	-	0	0	0
Vindeln	71	76	67	69	8	0	0	0
Norra Kvill	79	82	74	86	36	57	0	59
Rörvik	79	71	75	85	25	18	4	37
Vavihill	82	76	68	78	41	52	0	47

\* Ofullständig dataperiod

I figur 12 redovisas de högsta timmedelvärdena varje månad 1990 t o m 1992 i Esrange och Vindeln jämfört med den kritiska haltnivån på  $150 \mu\text{g m}^{-3}$  som timmedelvärde.

Figur 12 Högsta timmedelvärdet av ozon ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) varje månad under 1990, 1991 och 1992 vid Vindeln och Esrange.



Om man använder begreppet ozondos för att studera belastningen av ozon i norra Sverige jämfört med i södra delen av landet, syns en tydlig skillnad i belastningen. Vid de svenska ozonstationerna är ozondosen, som ppbtimmar över 40 ppb, under hela dygnet, april t o m september 1992, angivet i tabell 12. Betraktat på detta sätt framgår att ozonbelastningen i södra Sverige (Norra Kvill i Östergötland) under

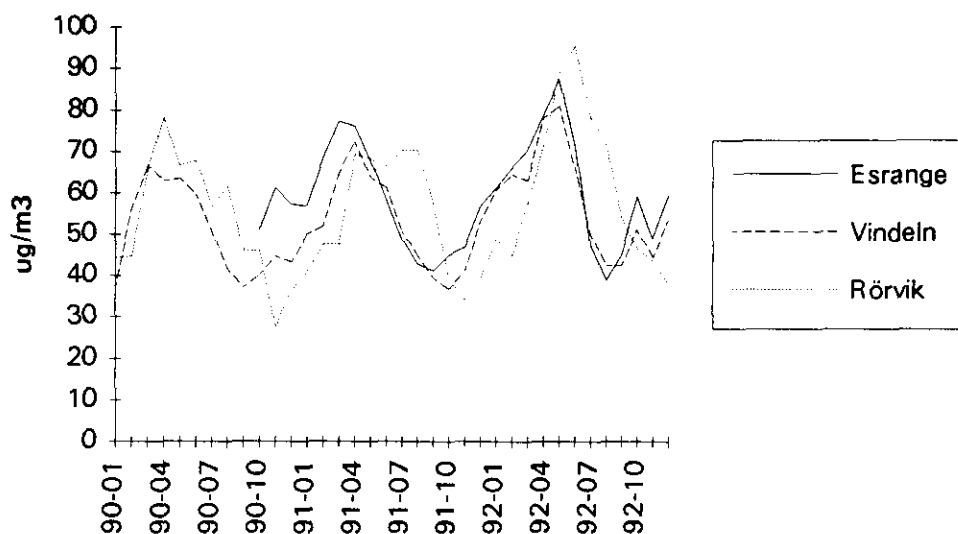
1992 var mer än tre gånger så stor som i norr, även om ozondosen över 40 ppb var betydande även i Estringe och Vindeln. Växtförhållandena i norr är emellertid på flera sätt speciella. Under sommaren är det till exempel betydligt fler ljusa timmar i norr än i söder och ozon tas upp av växterna i huvudsak under dygnets ljusa timmar. Även om ozonkoncentrationerna är relativt låga kan därför växternas upptag av ozon under dessa långa dagar eventuellt ge större effekt än den som samma koncentration skulle leda till i sydsverige.

Tabell 12 Ozondos, ppb-timmar över 40 ppb, april t o m september 1992, hela dygnet.

	ozondos, ppb-timmar > 40 ppb
Estringe	7 410
Vindeln	6 714
Norra Kivill	23 853
Rörvik	19 952

Månadsmedelvärdenas variation i Estringe och Vindeln, samt Rörvik för jämförelse, från januari 1990 tom december 1992 visas i figur 13. De lägsta månadsvärdena i norra Sverige, strax under  $40 \mu\text{g m}^{-3}$ , uppmättes i september-oktober medan de högsta månadsvärdena, drygt  $80 \mu\text{g m}^{-3}$ , inträffade under försommaren, i mars-april-maj. I södra Sverige är dessa max- och min perioder förskjutna i tiden på så sätt att de inträffar något senare på hösten respektive på våren, se Rörvik i fig 13.

Figur 13 Månadsmedelvärden av ozon i Estringe, Vindeln och Rörvik 1990-1992.



När det gäller ozon är det svårt att ur mätdata finna några tecken till en viss tidsutveckling eftersom stora variationer i halter förekommer till följd av väderförhållanden, både inom och mellan olika år.

#### 4.4.1 Klöver som bioindikator för marknära ozon

För att ozon ska bildas krävs kvävedioxid, syre och solljus. Enbart dessa faktorer ger en cykel där ozon förbrukas och nybildas. Om även kolväten förekommer i luften bildas ytterligare ozon som dessutom inte bryts ner. Under dessa förhållanden blir det alltså en nettobildning av ozon.

Kväveoxider och kolväten sprids med vindarna och utsätts för solljus vilket leder till ozonbildning. Inne i tätorter och längs motorvägar sker utsläpp av kväveoxid, vilket gör att det ozon som finns där delvis förbrukas, medan halterna på landbygden, på avstånd från utsläpksällor, kan bli höga.

Marknära ozon är den luftförorening som har störst betydelse för jordbrukets skördebortfall i USA och Europa. Ozonhalterna i Sverige överskrider regelbundet de halter som i experiment har visats skada växter.

Inom Klöver-Sverigestudien (Pihl mfl 1992 och Pihl Karlsson m fl 1993) har under somrarna 1992 och 1993 subklövern *Trifolium subterraneum* odlats på 18 lokaler i Sverige. Klöver ger tydliga symptom på ozonskador och målsättningen med studien är att utvärdera möjligheten att använda klöver som bioindikator för marknära ozon.

I Norrbotten finns en lokal, Öjebyn nära Piteå, som ingår i studien. Under odlingen 1992 klassificerades skadefrekvensen i Öjebyn i en mellangrupp med skador mellan 3-15%. Den största mängden skador (55%) erhöles i Dingle i Bohuslän och vid ytterligare fyra lokaler var skadefrekvensen relativt hög. Få eller inga skador registrerades vid fyra lokaler i södra och mellersta Sverige. Resten av lokalerna, nio inklusive Öjebyn, klassificerades i mellangruppen. Under sommaren 1993 var ozonhalterna i Norrbotten såväl som i övriga Sverige ovanligt låga och skadorna på subklövern orsakade av ozon var följaktligen av mycket begränsad omfattning denna sommar.

## 4.5 Persistenta organiska föreningar

### 4.5.1 Allmänt om persistenta organiska föreningar

Ett stort antal persistenta organiska ämnen, POC, har luften som primär recipient och kan transporteras med luftmassorna över mycket stora avstånd. Exempel på sådana organiska ämnen som är vanligt förekommande i luft är olika klorerade föreningar, som polyklorerade bifenyl, PCB, hexaklorocyklohexaner, HCH, hexaklorbensen, HCB och olika former av DDT. De emitteras till luften via olika industriella processer eller sprids via användning av olika bekämpningsmedel.

Polyaromatiska kolväten, PAH, vilka också betraktas som stabila, emitteras främst från olika förbränningsprocesser och är sk "sotrelaterade ämnen".

Många persistenta organiska ämnen är "semivolatila" dvs de förekommer i luften både i gasfas och bundna på partiklar. Fördelningen mellan gas- och partikelfas beror på faktorer som ämnets ångtryck, lufttemperaturen, luftens partikelhalt men även bärarmaterialet, dvs partikelns egenskaper har betydelse. Överlevnadstiden i atmosfären bestäms av ämnets reaktivitet, förekomstform och polaritet.

Mera reaktiva föreningar försvinner ur atmosfären via fotokemiska reaktioner eller via reaktioner med andra luftföroreningar medan det stora flertalet av persistenta ämnen försvinner från atmosfären genom deposition till vatten, mark och vegetation. Deponerade organiska ämnen kan också re-emitteras till atmosfären och transporteras vidare.

#### 4.5.2 Halter i luft

Persistenta organiska ämnen observeras i nordliga trakter och även i polarområden, trots att det finns förhållandevis få utsläppskällor i dessa regioner. Detta förklaras av långdistanstransport. För PCB har halter i luft mätts vid två mätstationer i Norrbotten (Larsson och Okla, 1989). Resultaten låg i nivå med vad som uppmättes vid många stationer i södra och mellersta Sverige. DDT förekom däremot i lägre halter i norra jämfört med i södra Sverige. Wania och Mackay (1993) har i en sammanställning av mätdata i luft visat att uppmätta halter avseende HCH och HCB i Arktis är högre eller i nivå med vad som uppmäts i södra Sverige och att halterna varierade med årstiden. Således ligger lufthalterna för flera persistenta organiska föreningar i Sverigs nordliga regioner i nivå med halter längre söderut.

#### 4.6 Halter av tungmetaller i luft

Det finns få uppgifter över metallhalter i luft. Mätningar avseende kvicksilverhalter i luft finns från Överbygd i Norge, Vindeln i Sverige och Rörvik i södra Sverige. Redovisade resultat är från tidsperioden 1985-1989.

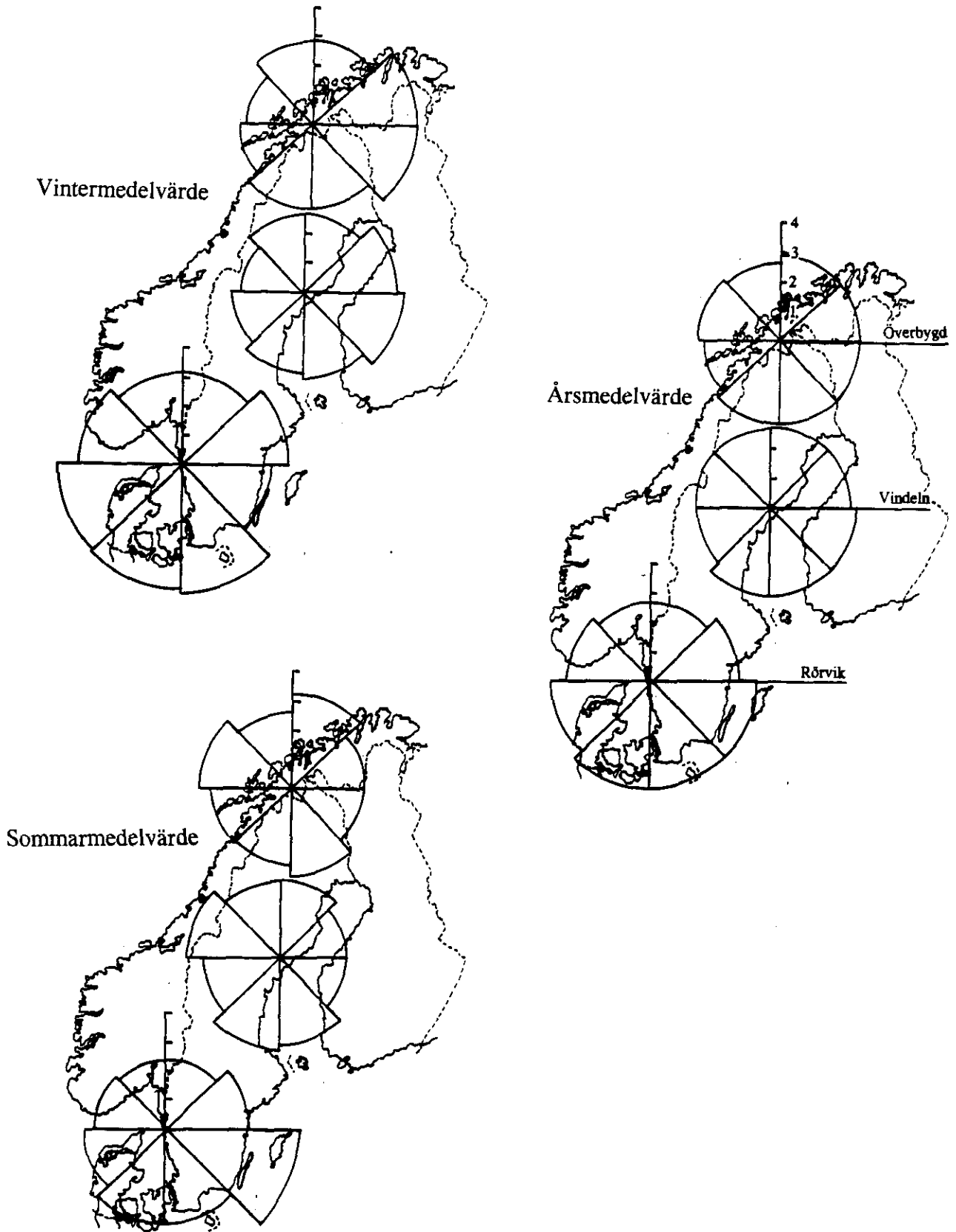
Tabell 13 Medelvärden av totalt gasformigt kvicksilver i luft, 1985-1989 (ng/m<sup>3</sup>). (Iverfeldt, 1991)

	Medelvärde av totalt gasformigt kvicksilver, (ng/m <sup>3</sup> )
Överbygd	2.8±1.1
Vindeln	2.8±1.0
Rörvik	3.2±1.4

Medelhalterna i Vindeln och Överbygd är något lägre än vad som mätts upp i sydvästra Sverige. Årsmedelvärden av kvicksilver i luft, fig 14, visar en svag men tydlig avtagande syd-till-nord gradient, vilket indikerar en påverkan från

källområden söder om Skandinavien. I Rörvik är denna sydliga påverkan tydlig och vid Vindeln finns svaga indikationer på förhöjningar vid sydliga vindar. Under vinterhalvåret finns vid Vindeln och Överbygd en indikation på påverkan från östliga källområden medan Rörvik uppvisar påverkan från områden belägna sydväst om stationen, dvs västra Europa. Resultat från sommarhalvåret uppvisar en oregelbunden variation i halter mellan sektorerna vid de nordliga stationerna, vilket möjligen kan återspegla en mer slumpmässig effekt pga färre provtagningstillfällen än i Rörvik.

Figur 14 Medelvärden av kvicksilver i luft (ng Hg/m<sup>3</sup>) vid tre stationer i Skandinavien, uppdelat i åtta vindriktningssektorer, under perioden 1985 till 1989. (Iverfeldt, 1991)



## 5. DEPOSITION AV LUFTFÖRORENINGAR

### 5.1 Allmänt om deposition

Föroreningar försvinner ur atmosfären till följd av olika depositionsprocesser, dels med nederbörden (våtdeposition), dels torrt genom sedimentation, impaktion, upptag i växter, absorption på våta ytor o s v (torrdeposition).

Det svavel som deponeras till marken har en rent försurande effekt. Svavel i form av sulfat passerar genom marken och lakar ur förrådet av katjoner och kvar blir de försurande vätejonerna.

Kväve deponeras i flera olika kemiska former. Emitterade kväveoxider och ammoniak omvandlas i atmosfären till nitrat- respektive ammoniumjoner. Kväve utgör ett viktigt näringsämne i ekosystemet och dess roll är därför betydligt mer komplicerad än svavlets. När kväveföreningarna deponeras kan de ge upphov till olika effekter, såväl gödnings effekter som försurning. I vilken utsträckning deponerat kväve bidrar till försurningen beror på en rad faktorer, t ex om kvävemättnad föreligger eller inte och graden av aktivitet hos så kallade nitrifikationsbakterier i marken. Dessa omvandlar ammonium till nitrat under avgivande av vätejoner.

Så länge ett ekosystem inte uppnått kvävemättnad kommer deponerat kväve i de flesta fall ha en gödande effekt, som i sin tur leder till förändrade konkurrensförhållanden i markvegetationen. Växter som är anpassade att leva med mindre tillgång till kväve konkurreras ut av mer kväveälskande arter. Blir kvävetillskottet så stort att vegetationen inte förmår utnyttja allt, uppstår kvävemättnad d v s ekosystemet kan inte längre binda det deponerade kvävet utan nitraten passerar genom marken och för med sig baskatjoner. Nitraten får då samma försurande effekt som sulfat.

Depositionen med nederbörd, våtdepositionen, är den del av nedfallet som relativt enkelt kan bestämmas. Detta görs inom de nordiska ländernas olika övervakningsnät i bakgrundsmiljö. I Sverige sker mätningar månadsvis inom det nederbördskemiska nätet inom Naturvårdsverkets PMK-program, och på dygnsbasis inom det internationella EMEP-programmet. I de regionala krondroppsneten mäts depositionen med nederbörden som ett komplement till krondropp (nederbörden under träden).

Torrdepositionen är svårare att uppskatta. Såväl partikelbundna föreningar som gaser och aerosoler torrdeponeras. Metoder som används för att försöka uppskatta torrdepositionen är teoretiska beräkningar och mycket speciella s k mikrometeorologiska mätmetoder. Bestämningen av torrdepositionen till en markyta kompliceras av att den varierar avsevärt beroende på ytans struktur och läge. Skogklädda ytor får t ex en större deposition än släta gräsbevuxna ytor. Depositionshastigheten varierar också kraftigt i tiden och mellan olika föreningar, beroende på skillnader i växternas upptag av olika komponenter, beroende på om vegetationsytorna är torra eller våta etc.

För skog finns dock möjligheter att indirekt bestämma torrdepositionen. Genom att mäta halten av olika föreningar i krondroppet, dvs nederbörden under träden, får man ett mått på summan av våt och torr deposition. Trädkronorna samlar under torra perioder på sig luftföroreningar. Nederbörden sköljer sedan av det torrdeponerade, och nederbörden under träden blir mer koncentrerad än på en öppen yta. Skillnaden mellan mängden av en förening i krondroppet och i nederbörden på öppen yta är den del som torrdeponerats, och eventuellt deponerats via dimdeposition. Detta sätt att uppskatta torrdepositionen fungerar för ämnen som inte deltar nämnvärt i vegetationens inre cirkulation. För svavel, där trädens upptag och avgivande av svavel är försumbart i förhållande till de deponerade mängderna, ger krondroppsmätningar ett bra mått på torrdepositionen. Kväve däremot är ett viktigt näringsämne som tas upp av vegetationen, såvida inte kvävemättnad föreligger. Torrdeposition av kväve kan således inte mätas med krondroppsmetoden, åtminstone inte vid de mängder som är aktuella i Sverige.

## 5.2 Mätdataunderlag

I nedanstående sammanställning av nederbörds- och depositionsdata har resultat från flera mätprogram använts. (Årsrapporter för Nederbördsemiska nätet inom PMK för 1991, Årsrapport 1991 från Statens forurensingstilsyn, Oslo, Årsrapport 1991 från Finnish Meteorological institute, Hallgren-Larsson & Westling 1992, samt uppgifter från Norrbottens län). Resultaten som redovisas täcker geografiskt in Norrbotten med omgivande regioner och härstammar från nationella, regionala och lokala övervakningsprogram både i Sverige, Norge och Finland. I Sverige bedrivs nederbördsmätningar i området inom det nationella Nederbördskemiska nätet (PMK) samt mätningar i regi av enskilda kommuner i Norrbotten. Nederbörds- och krondroppsmätningar i Norrbottens- och Västerbottens län görs inom kommunernas och länsstyrelsernas miljöövervakningsprogram.

Det nederbördskemiska nätet har fem provtagningsstationer i Norrbotten och i kommunal regi drivs ytterligare sex till sju mätplatser. Krondroppsnätet i Norrbotten består av fyra stationer där såväl våtdeposition via nederbörd som krondropp mäts månadsvis.

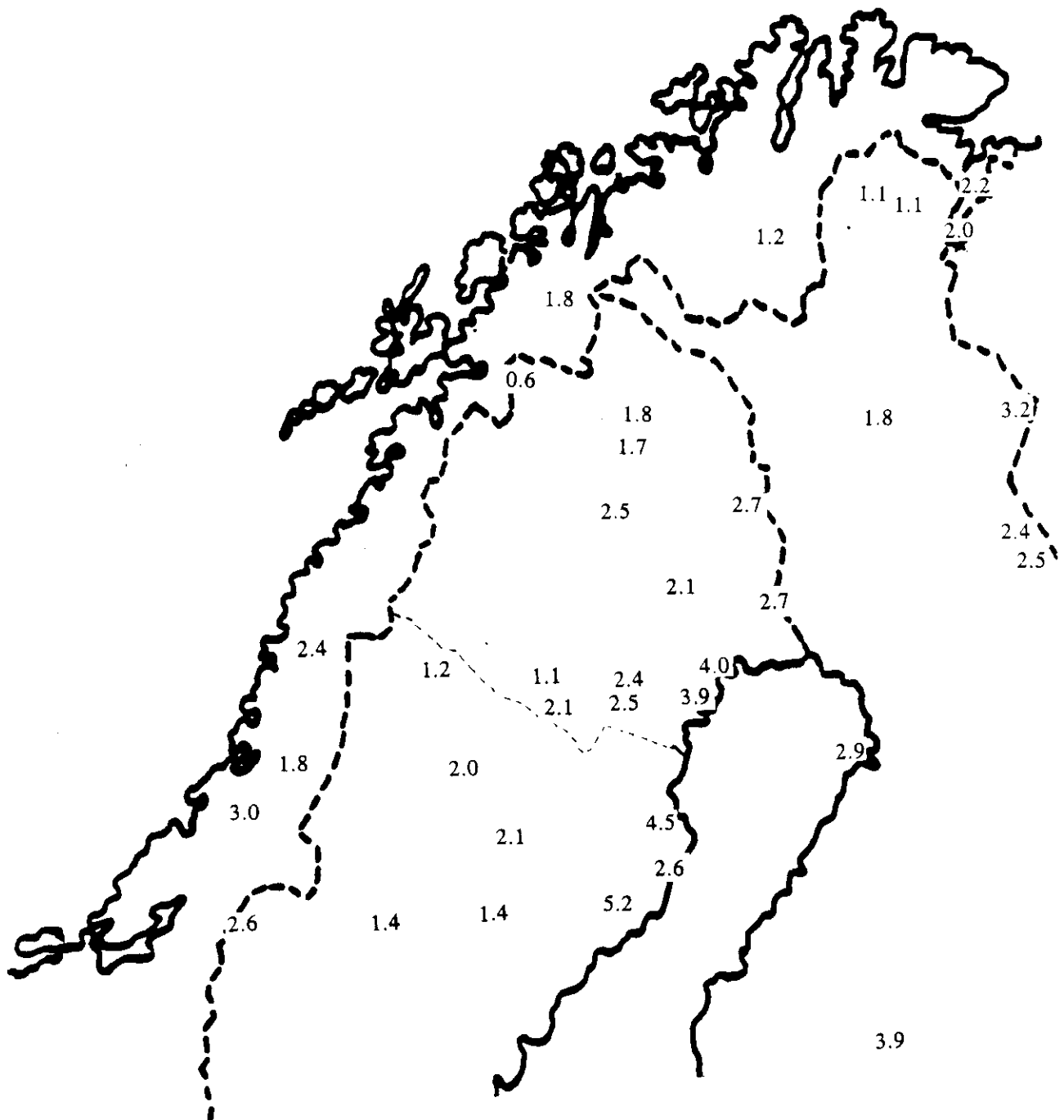
## 5.3 Deposition av svavel

Våtdepositionen av svavel i Norrbotten och omgivande regioner sammanfattas i figur 15. Resultaten är från 1991, utom våtdepositionen som är mätt inom krondroppsnäten, där data är från perioden oktober 1991 till september 1992. I figuren har resultaten från de olika mätprogrammen placerats på samma karta. Figuren visar att våtdepositionen i Norrbotten varierar från 0.6 kg S/ha och år i Abisko, som ligger i ett område med regnskugga med liten nederbörd, till ca 4 kg/ha och år i kustlandet. Det ska dock poängteras att stora osäkerheter föreligger angående våtdepositionen till fjälltrakterna. Dels är totala nederbördsmängden svår att mäta i dessa områden då stor andel av nederbörden faller som snö, dels är underlaget dåligt vad gäller eventuella bidrag genom dim- och

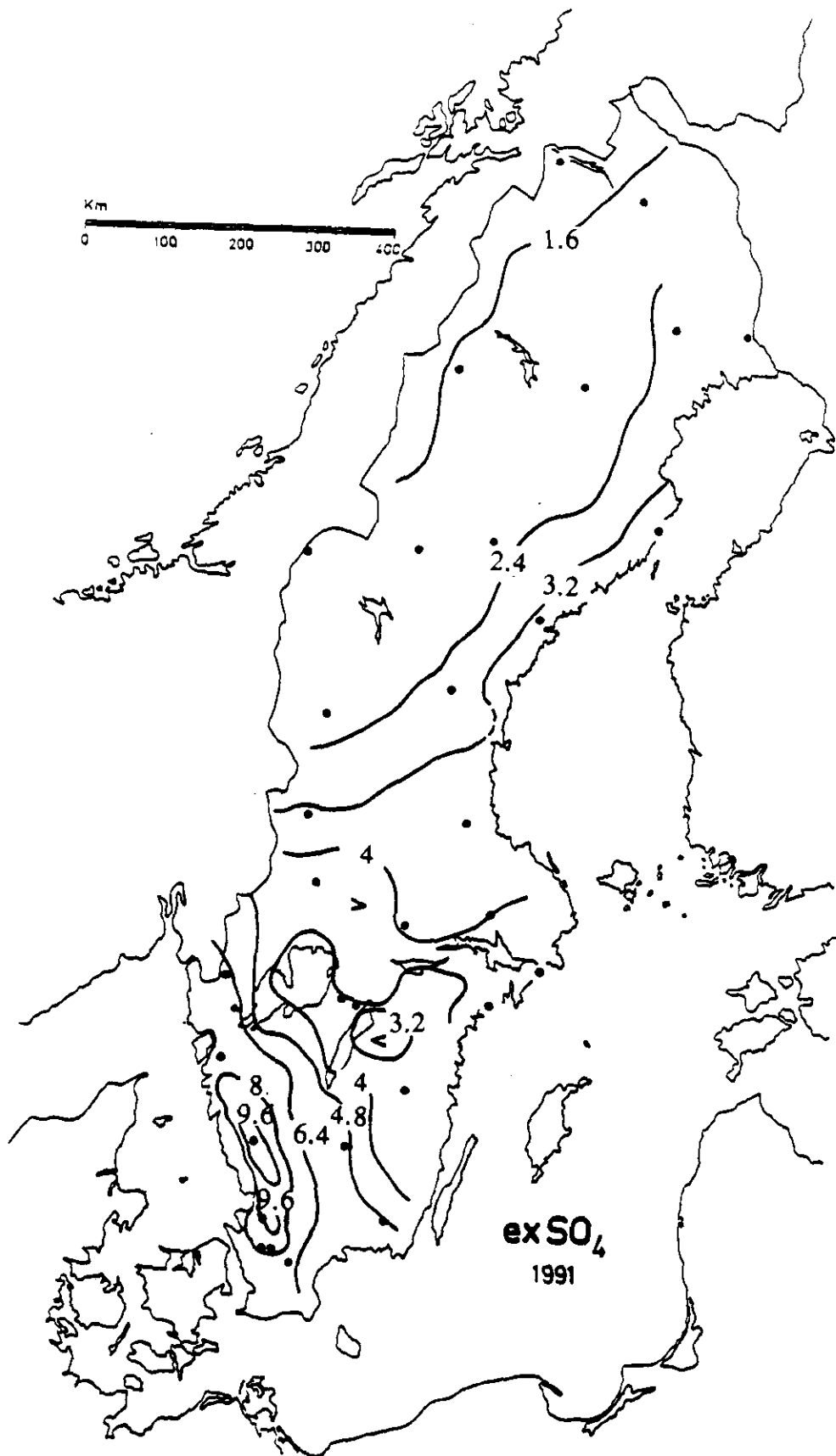
molndroppsdeposition. Sannolikt underskattas nederbördsmängden och därmed depositionen i dessa områden

Vätdepositionen av svavel i Norrbotten är lägre än i södra och mellersta Sverige. I figur 16 finns resultaten från 1991 års mätningar inom det Nederbördskemiska nätet. Figuren visar en gradient i depositionen av svavel från över 10 kg S/ha, år i sydvästra Sverige, till under 2 kg/ha i Norrbottens fjälltrakter.

Figur 15 Vätdeposition av svavel i norra Skandinavien 1991, kg S/ha,år, havssaltsbidraget är bortdraget.



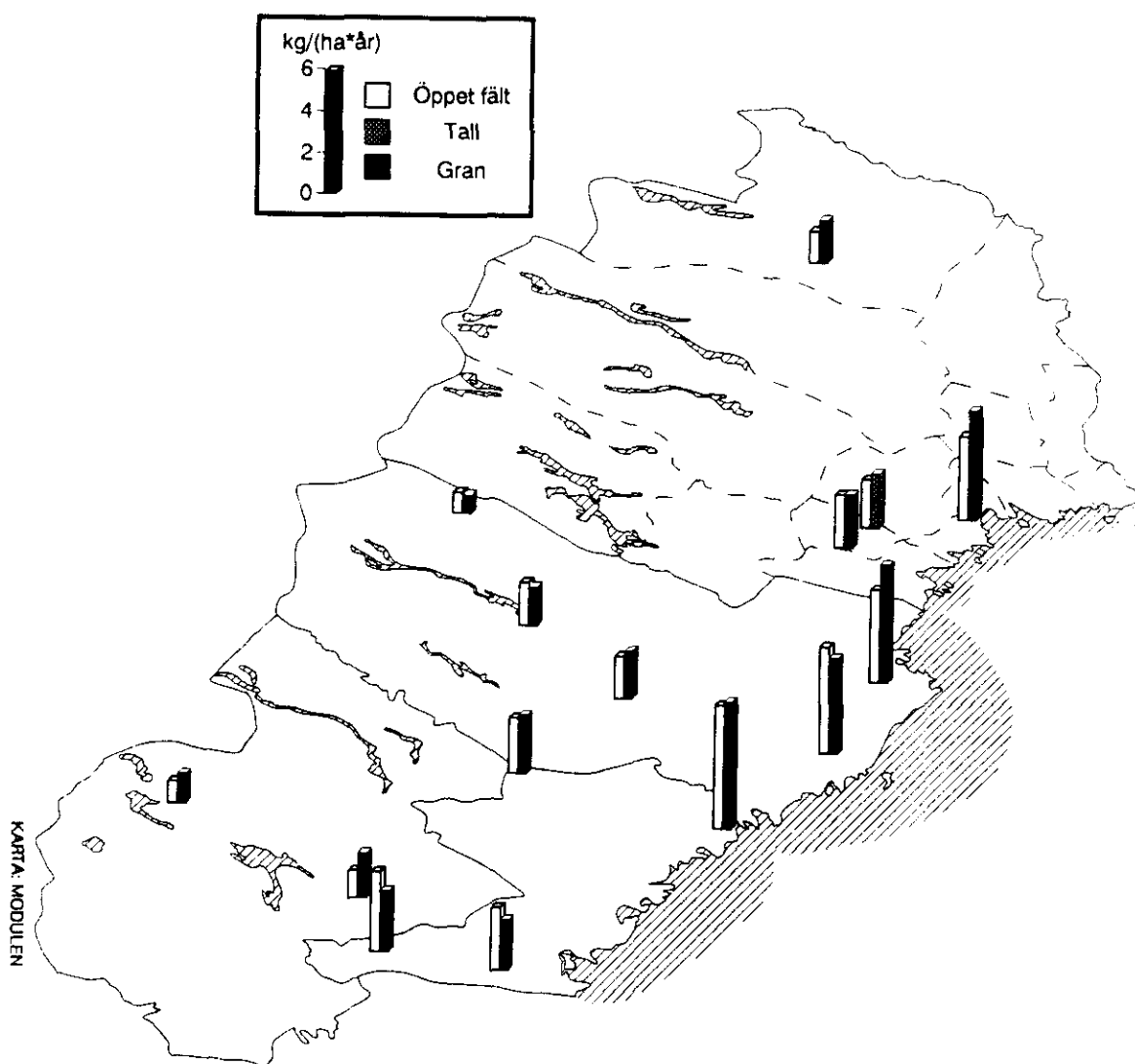
Figur 16 Vätdeposition av  $\text{SO}_4\text{-S}$  under 1991 i Sverige, kg S/ha,år. (Bidraget från havssalt är borträknat). (Sjöberg, Persson, Lövblad, Granat 1992)



De krondroppsmätningar som gjorts visar en totaldeposition av svavel till skogsmark på mellan 2 och 6 kg S/ha och år i Norrbotten (figur 17). Stora variationer förekommer mellan östra delarna i kustlandet och västra delarna, fjälltrakterna. Torrdepositionen av svavel kan uppskattas genom att beräkna skillnaden mellan depositionen med krondropp och våtdepositionen. Torrdepositionen är enligt dessa mätningar liten och utgör som mest ca 1 kg S/ha och år.

Figur 17 Depositionen av svavel under oktober 1991-september 1992, mätt som krondropp. (Hallgren-Larsson & Westling 1992)

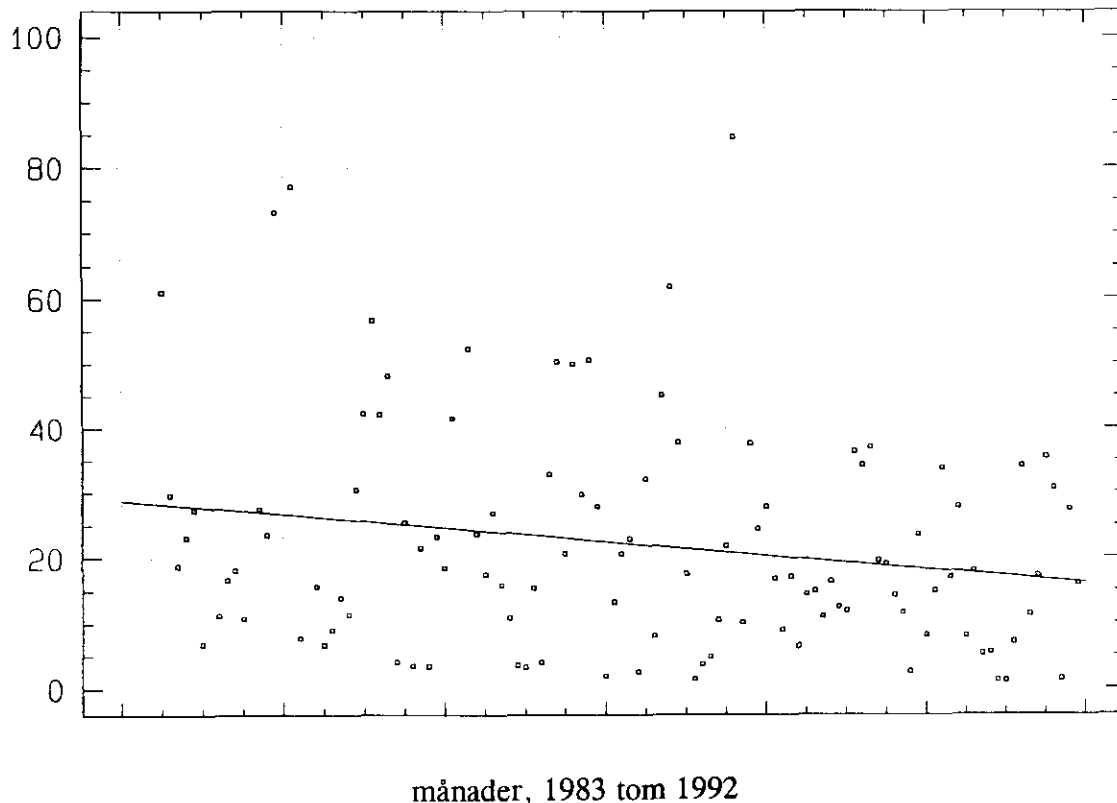
### Svavelnedfall (SO<sub>4</sub>-S ex) Hydrologiskt år 1991/1992



I Naturvårdsverkets aktionsprogram Miljö 93 har miljömål fastställts för depositionen av svavel till olika regioner i Sverige. För Norrland gäller 2.5 kg S/ha, år. I Norrbottens län finns stora områden som är känsliga för försurning. Den kritiska belastningsgränsen för svavel i dessa känsliga områden kan bedömas ligga bland de lägre i Sverige. Känsligheten kan dock vara mycket olika för olika typer av ekosystem inom regionen. Enligt de mätningar som utförts ligger den aktuella depositionen i kustområdena i nivå med eller över angivet miljömål på 2.5 kg S/ha,år. I fjälltrakterna är depositionen lägre, men samtidigt mer osäker, varför det är svårt att klart säga vilka överskridanden som förekommer. Det finns uppgifter om observerade försurningseffekter i fjälltrakterna, men tillräckligt underlag för bedömning saknas.

Utvecklingen av svaveldepositionen i tiden kan illustreras av förhållandena i Reivo, Norrbotten (figur 18). Här syns en tydligt sjunkande trend i depositionen av svavel från 1983 t o m 1992.

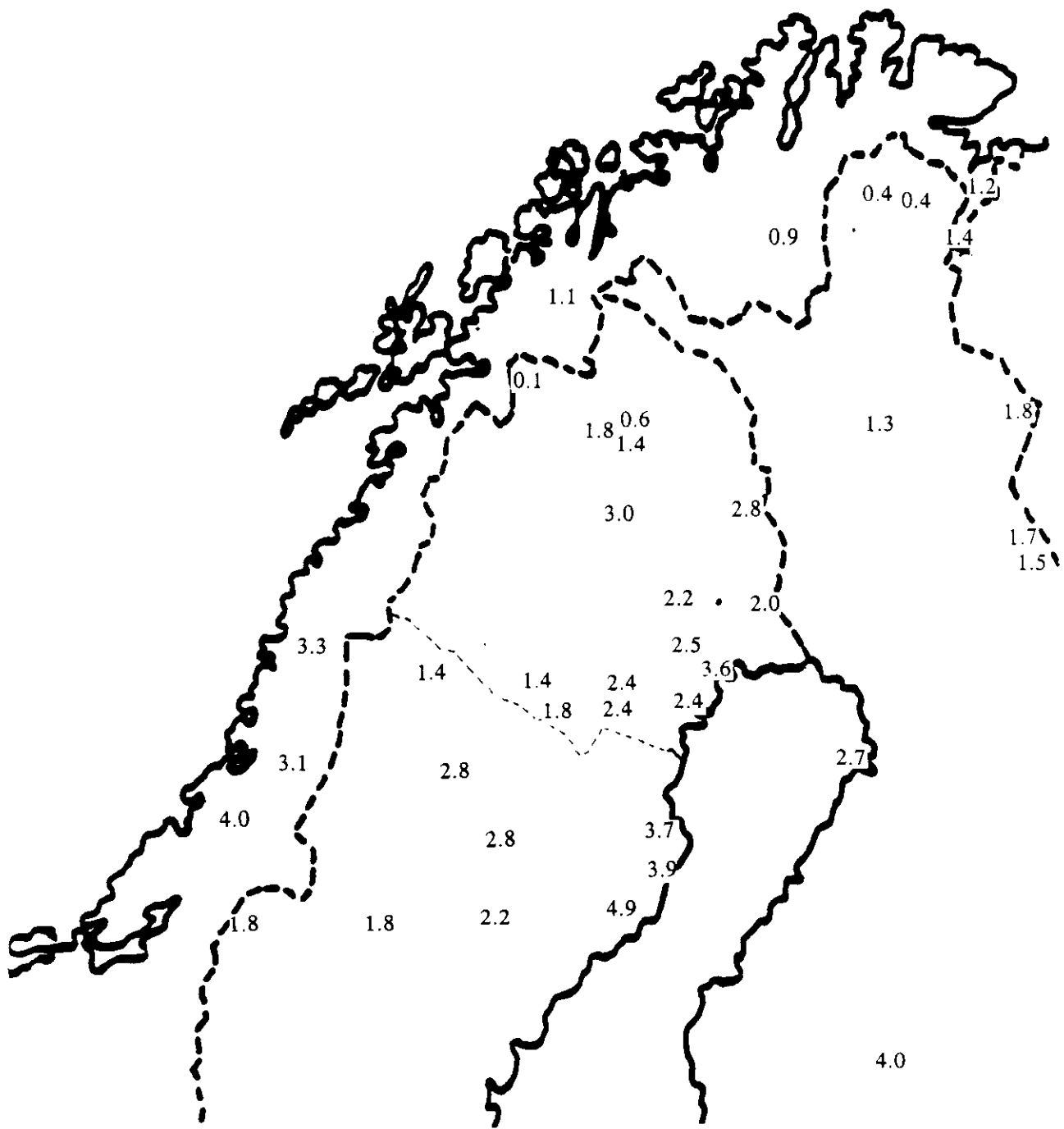
Figur 18 Trend i våtdepositionen av svavel i Reivo ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ). Månadsvärden från januari 1983 t o m december 1992, havssaltbidraget är borträknat.



## 5.4 Deposition av kväve

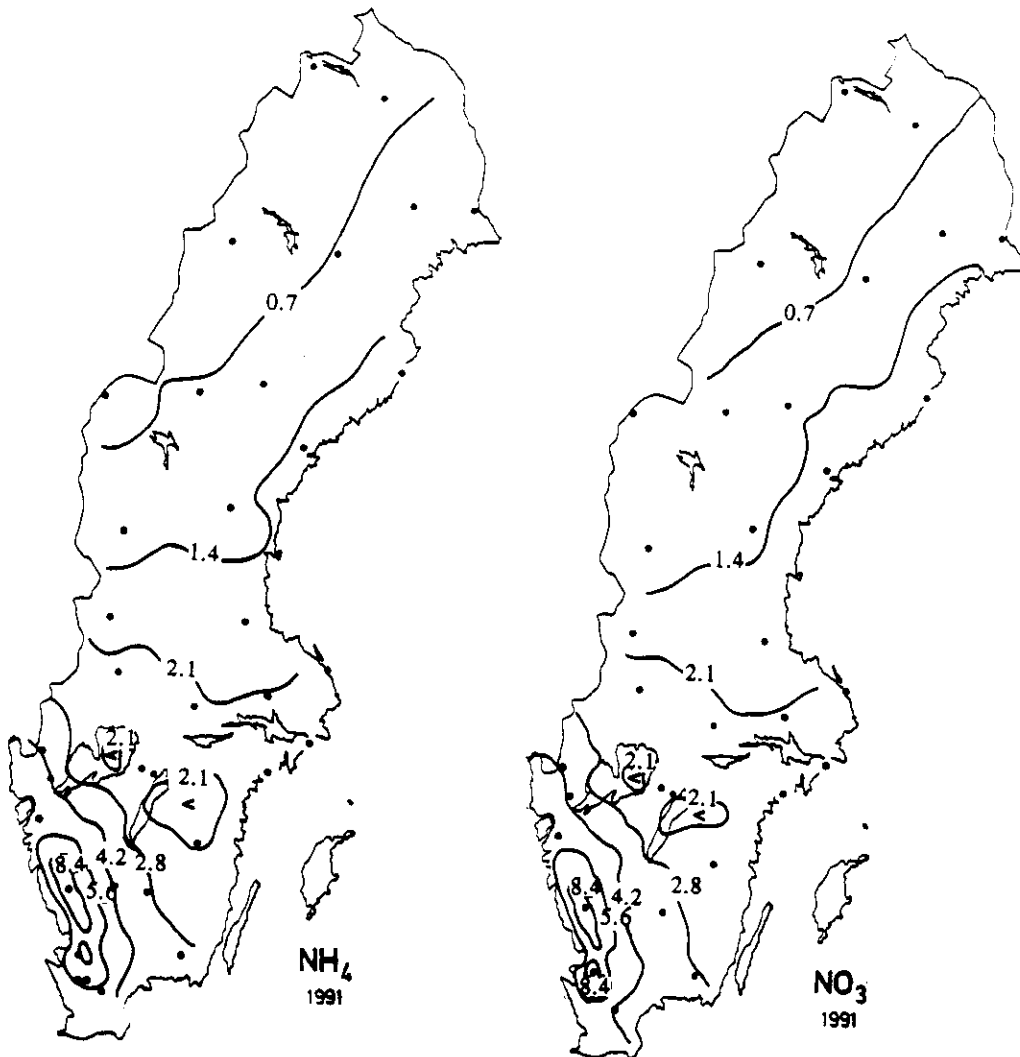
I figur 19 redovisas våtdepositionen av kväve, summan av nitrat- och ammoniumkväve, i norra Skandinavien under 1991 (våtdepositionen mätt inom krondroppsneten gäller perioden oktober 1991 t o m september 1992). Resultaten av dessa mätningar visar att våtdepositionen i Norrbotten varierar mellan 0.1 kg N/ha och år i fjällen till nästan 4 kg N/ha vid kusten.

Figur 19 Våtdeposition av kväve i norra Skandinavien 1991, kg N/ha,år.



Våtdepositionen av kväve i Norrbotten är betydligt lägre än i områden längre söderut i landet. Figur 20 visar resultaten från 1991 års mätningar inom det Nederbörds-kemiska nätet i Sverige. Variationer i depositionen av nitrat och ammonium förekommer mellan åren och beror främst på klimateffekter.

Figur 20 Våtdeposition av  $\text{NO}_3\text{-N}$  och  $\text{NH}_4\text{-N}$  i Sverige 1991, kg N/ha,år (Sjöberg, Persson, Lövblad, Granat 1992).



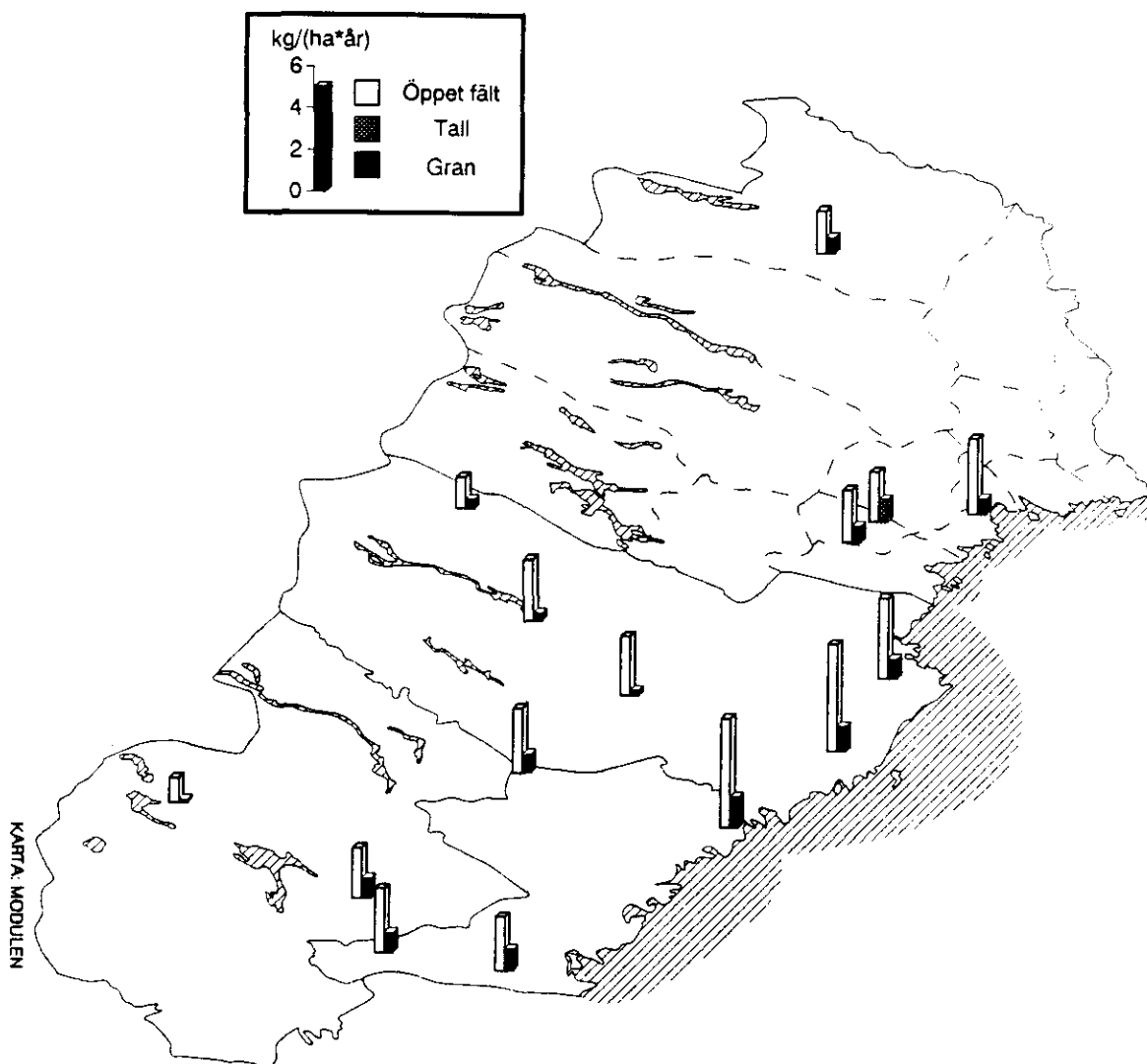
Totala depositionen av kväve till skogsmark kan som tidigare nämnts inte bestämmas genom krondroppsmätningar. Kvävet tas upp av vegetationen som näringsämne och mängden kväve i krondroppet, depositionen under träden, är i Norrbotten betydligt lägre än i nederbörden på öppet fält (figur 21).

Figur 21 Kvävedepositionen med krondropp och nederbörd, räknat som summan av nitratkväve och ammoniumkväve under oktober 1991-september 1992. (Hallgren-Larsson & Westling 1992)

## Kvävenedfall (NO<sub>3</sub>-N + NH<sub>4</sub>-N)

Hydrologiskt år

1991/1992

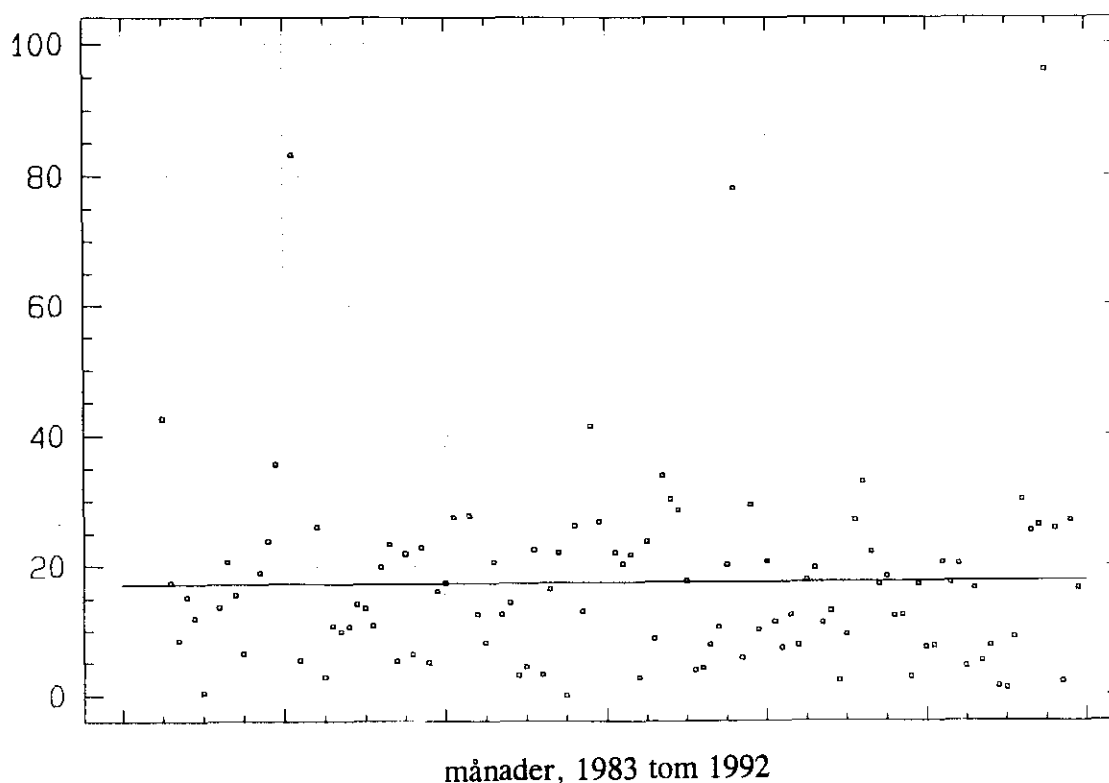


Modellberäkningar, gällande perioden 1985-1990, av kvävedepositionen visar att den torra depositionen till skog var kring 1 kg N/ha,år eller strax där under i norra Sverige, inklusive Norrbotten (Lövblad m fl 1992). Beräkningarna innehåller en rad osäkerheter varför siffrorna måste betraktas med en viss försiktighet.

Den kritiska belastningsgränsen för kvävedeposition i Norrbotten kan bedömas ligga förhållandevis lågt, från under 3 kg N/ha och år i magra områden upp till ca 10 kg N/ha i skogsbruksområden. Naturvårdsverkets miljömål för Norrland, enligt Miljö 93, är en högsta kvävedeposition av 3 kg N/ha,år. Summerar man den uppmätta våtdepositionen av kväve med den beräknade torrdepositionen hamnar totaldepositionen i Norrbotten på mellan 1-5 kg N/ha,år, under eller i nivå med angivet översiktligt miljömål. Variationerna i känslighet mellan olika ekosystem är dock stora.

Kvävedepositionens förändring med tiden i Norrbotten illustreras i figur 22. Här visas summan av nitrat- och ammoniumkväve i våtdepositionen i Reivo, 1983 t o m 1992. Våtdepositionen har inte förändrats utan ligger på samma nivå under hela perioden.

Figur 22 Våtdepositionen av kväve ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ) i Reivo. Månadsvärden från januari 1983 t o m december 1992.



## 5.5 Deposition av persistenta organiska föreningar

Det finns ingen kontinuerlig övervakning avseende persistenta organiska föreningar i Sverige. Inom forskningsprojekt o d sker provtagning under kortare eller längre perioder.

Depositionen av persistenta organiska föreningar kan, liksom för svavel- och kväveföreningar, äga rum som torr- och våtdeposition. Våtdepositionen kan ske antingen genom partikelurtvättning eller genom att de gasformiga föreningarna löser sig i regnvattnet. Torrdeposition sker genom partikeldeposition eller gasutbyte med ett medium, t ex en vattenyta eller växtytor.

Att en betydande tillförsel av persistenta organiska föreningar, POC, till nordliga breddgrader sker via deposition från luften visas bla av att persistenta föreningar förekommer i snö vid Arktis (Gregor and Gummer 1989, Cotham and Bidleman 1991). Förutsättningarna för deposition i norra Sverige jämfört med södra kan sannolikt vara annorlunda till följd av olika meteorologiska förhållanden t ex genom att en lägre lufttemperatur påverkar fördelningen mellan partikel- och gasfas. Vidare förekommer en betydligt större del av nederbörden i form av snö vilket kan medföra en effektivare urtvättning.

Nedfall av persistenta organiska föreningar förekommer över hela Sverige till följd av bidrag från både långdistanstransport och från lokala källor (Larsson och Okla, 1989). I en undersökning med provtagning i olika regioner av Sverige uppmättes i vissa fall stor deposition i norra Sverige. Den största depositionen, som månadsvärde, erhöles i ett prov från en av de två provtagningsplatserna i Norrbotten, medan en relativt liten deposition förekom vid den andra provtagningsplatsen. Skillnaderna förklarades med lokala klimatskillnader. Att betydande halter av halogenerade föreningar kan förekomma i nederbörd i norra Sverige visas i en undersökning avseende storskalig spridning av organisk bunden klor, AOX. De halter av AOX i nederbörd som erhöles i Abisko, var högre än vid många av stationerna i mellansverige (Enell m fl 1990).

Som ovan nämnts är sannolikt partikeldeposition av stor betydelse för tillförseln av POC vid nordliga breddgrader. Tidvis sker stora tillfälliga nedfall av stoft som ger stora bidrag till den totala depositionen av persistenta organiska föreningar. Snöprover från Haparanda och Kalix, insamlade 1988, utgör ett exempel på en "sotepisod" då stora mängder PAH och oljekolväten deponerades under några timmar upp till ett dygn, till följd av partikeldeposition. Den luft som orsakade dessa mängder härrörde från Polen och östra delarna av Tyskland (Brorström-Lundén och Lövblad 1991). Den deposition av PAH som erhöles var större än 0.1 mg/m<sup>2</sup> vilket kan jämföras med den på Svenska västkusten "uppskattade årsdepositionen" av PAH, 0.2-0.4 mg/m<sup>2</sup>. Ytterligare ett exempel på ett tillfälle då organiska ämnen deponerades i samband med partikeldeposition var under en sk "gul episod", vilken inträffade i norra Sverige under mars 1991. Mätningar gjordes i Jokkmokksområdet och det visade sig att vid detta tillfälle härrörde partiklarna från områden i Nordafrika (Franzén et al 1993).

## 5.6 Deposition av tungmetaller

### 5.6.1 Tungmetaller i nederbörd

Tungmetallnedfallet med nederbörden har mätts inom PMK, i det Nederbördskemiska nätet, vid fyra stationer i Sverige. I Norrbotten finns inte någon station, men Bredkålen i Jämtland ingår i mätprogrammet och resultaten härifrån kan tillsammans med data från mätningar i norra Norge och Finland ge information om förhållandet i norra Skandinavien (se figur 1, Mätstationer).

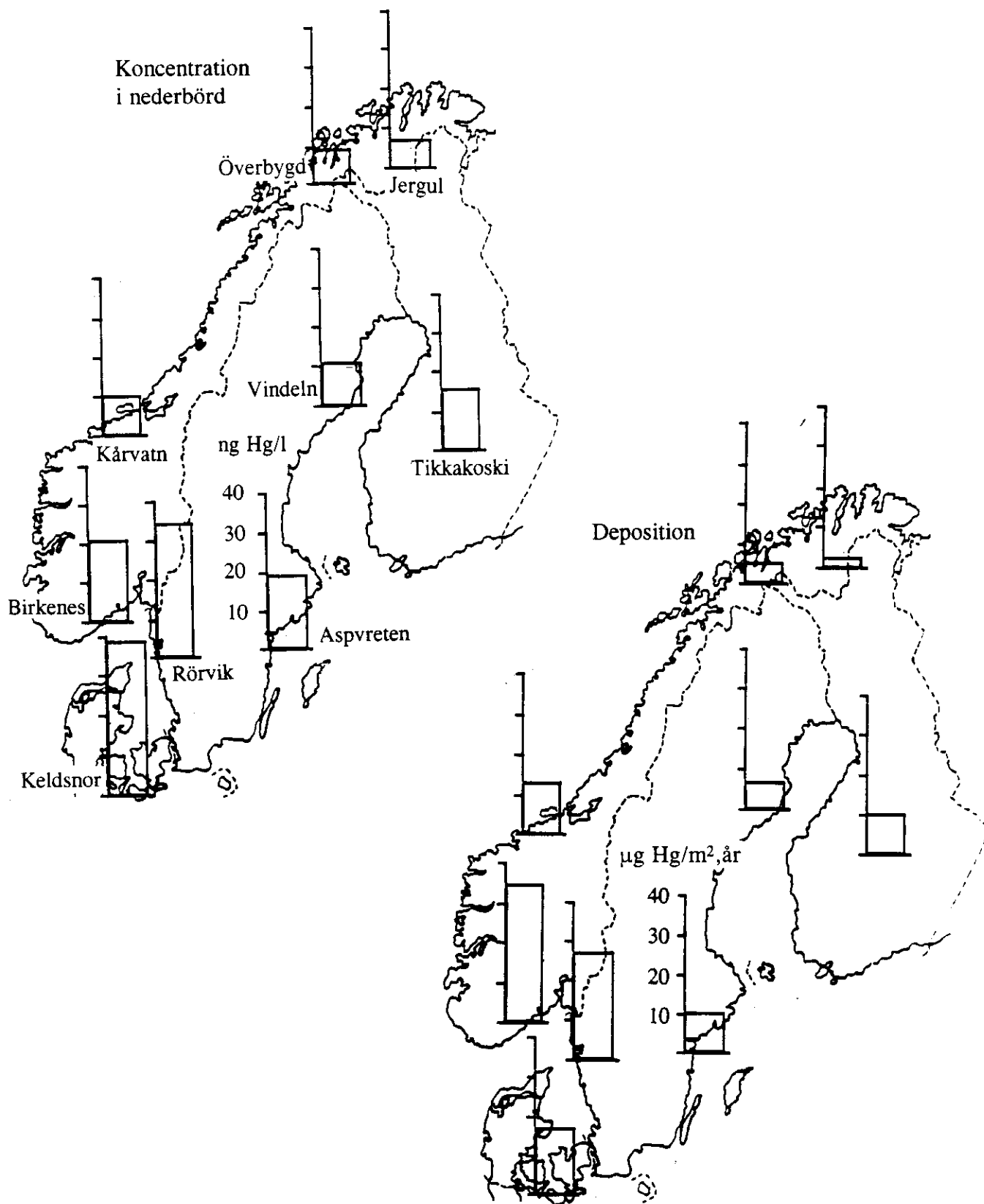
Resultat från mätningar av tungmetalldepositionen i norra Skandinavien redovisas i tabell 14. Flera av de mätstationer som ligger närmast Kola-halvön uppvisar förhöjda halter av vissa metaller. Generellt är halterna av tungmetaller i nederbörd högst i södra Sverige för att avta mot norr.

Tabell 14 Deposition av tungmetaller 1991,  $\mu\text{g m}^{-2}$  (Årsrapporter för övervakning av luft och nederbörd 1991 från Norge, Finland och Sverige)

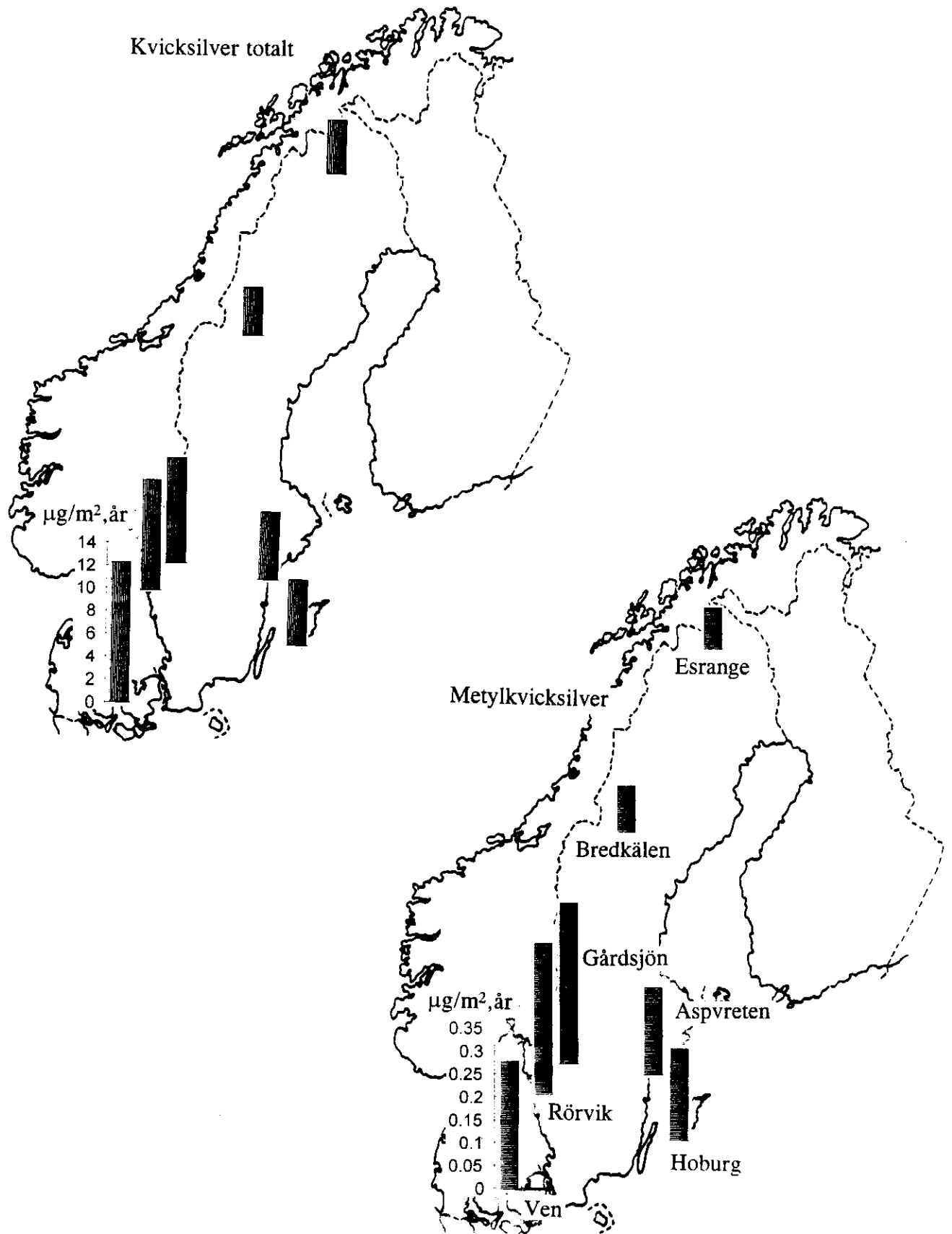
	Bredkålen	Namsvatn	Jergul	Noatun	Pesojärvi	Värriö	Vuokosjärvi
Cd	14	9	9	32	15	31	8
Cu	362	298		1525	740	3120	740
Fe	5434						
Mn	1716						
Pb	358	448	242	502	720	1310	350
Zn	2753	1256	826	2603	1290	4530	640
Cr	53	239		102	50	360	30
Ni	92	604		974			
V	112						
As	42	142		205			
Co	4	74		44			

Halten av kvicksilver i nederbörd mättes vid nio stationer i Norden under perioden 1987/1988 (Iverfelt 1991). I norra Skandinavien, vid Vindeln i Sverige och Överbygd och Jergul i norra Norge, uppmättes totalhalter av kvicksilver i nederbörd på mellan 7-11 ng/l som medelvärde under mätperioden. Medelvärden av totala kvicksilverkoncentrationen i nederbörd visar en klart avtagande syd-nordlig gradient, (fig 23) vilket indikerar att källområden belägna på den Europeiska kontinenten har stor betydelse för hur mycket kvicksilver som tillförs de nordiska länderna via nederbörd. Depositionen av kvicksilver med nederbörd beräknas utifrån årsmedelkoncentrationen i nederbörden och nederbördsmängden vid respektive plats. I fig 23 redovisas kvicksilverdepositionen, i  $\mu\text{g Hg/m}^2$  och år, vid de olika Nordiska stationerna under 1987/1988. Figur 23b redovisar depositionen av totalkvicksilver respektive metylkvicksilver vid sju svenska stationer under 1992.

Figur 23 Medelvärden av kvicksilverkoncentrationen (Hg) i nederbörd och kvicksilverdepositionens storlek vid nio stationer i Norden, under perioden 1987/88.



Figur 23b Deposition av totalkvicksilver och metylkvicksilver under 1992 vid sju stationer i Sverige (i Breckälven, juli-92 t o m juni-93). (Munthe 1993). Observera de olika skalorna.



Både den Nordiska undersökningen från 1987/1988 och resultaten från Sverige 1992 visar att kvicksilverdepositionen i norra Skandinavien är betydligt lägre än längre söderut. Det kvicksilver som tillförs marken via deposition från atmosfären lagras emellertid upp utan att i nämnvärd omfattning föras ut ur systemet. Detta innebär att kvicksilvermängden i ekosystemen ökar så länge nytt kvicksilver deponeras.

### 5.6.2 Mosskartering

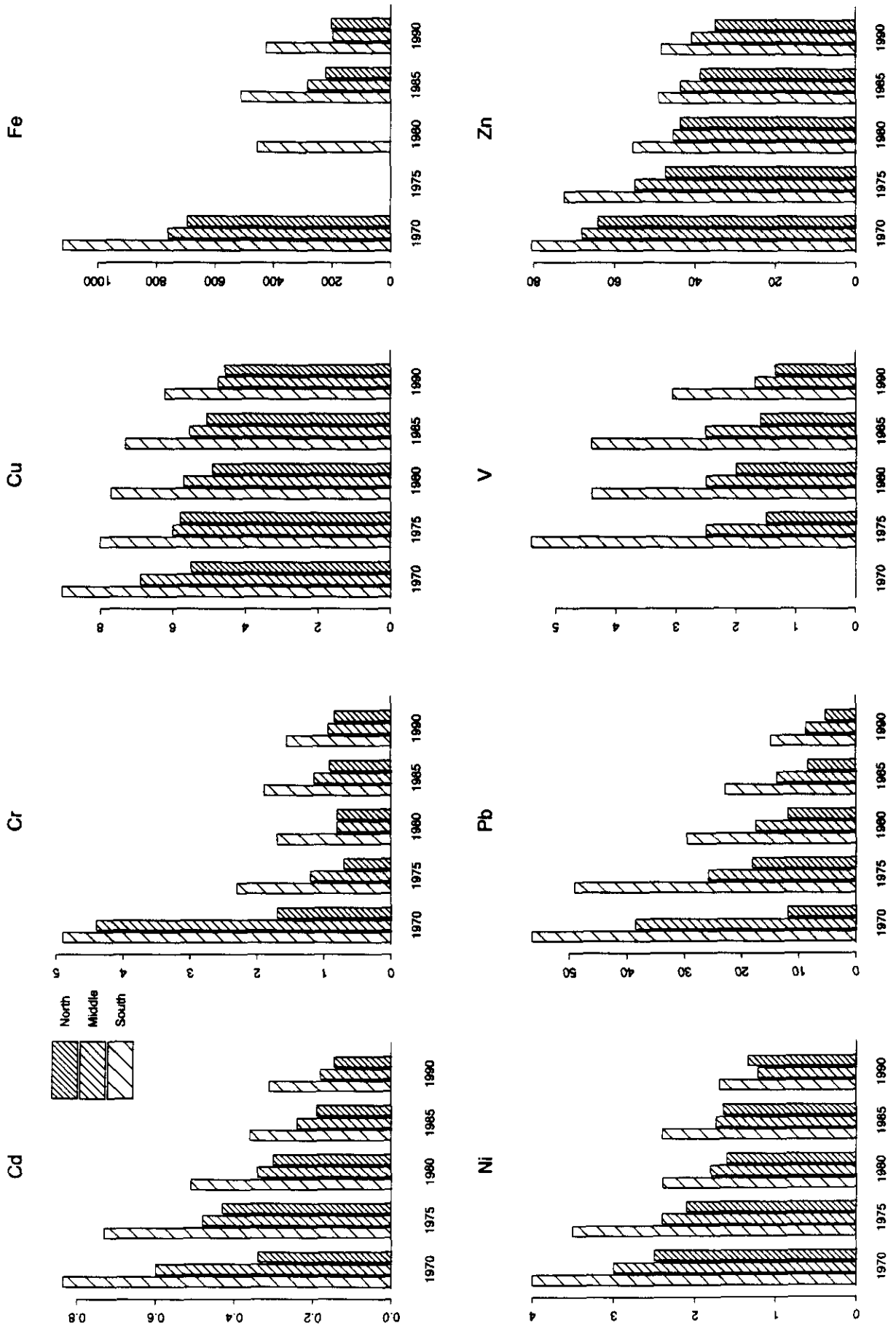
Spridningen och nedfallet av tungmetaller via luften har under ett par årtionden följts genom analys av tungmetallinnehållet i mossa i Sverige och övriga Norden (Rühling m fl 1991). Provtagningen har systematiserats via riksskogstaxeringen och genomförs rikstäckande vart femte år. Metoden ger inga absoluta värden på depositionen, eftersom metallhalterna bestäms som  $\mu\text{g/g}$  mossa. Styrkan med metoden är att den visar geografisk spridning av tungmetaller på ett bra sätt. Genom den upprepning av provtagningen som görs får man även en möjlighet att studera tidsutvecklingen för halterna i mossa och indirekt tidsutvecklingen för depositionen av tungmetaller. Den senaste provtagningen genomfördes 1990. I Norrbotten finns ca 100 provtagningspunkter där mossa samlas in.

I figur 24 visas medianhalterna av tungmetaller i mossa från provtagningarna 1970 till 1990 i norra, mellersta och södra Sverige.

Medianhalterna av tungmetaller i mossa från Norrbotten och övriga norra Sverige är lägre än i mellersta och södra Sverige, vilket gäller alla tungmetaller utom nickel (Ni) och järn (Fe). Vissa metaller förekommer emellertid punktvis i högre halter, på grund av lokala utsläpp. Vid norra kusten av Bottenviken, runt Torneå på Finska sidan, och in över svenska gränsen är kromhalterna i mossa kraftigt förhöjda. Halterna når över  $12 \mu\text{g/g}$  mot bakgrundshalterna i Norrbotten som är mindre än 1 till mellan 1 och  $2 \mu\text{g/g}$ . Kopparhalterna är något högre runt Gällivare-Malmberget än i övriga Norrland,  $12-16 \mu\text{g/g}$  mot högst ca 8 i andra delar. Även utsläpp av koppar från Rönnskärsverken märks som förhöjda halter längs delar av Norrbottenskusten. Halterna av järn i mossa är höga runt Kiruna-Svappavaara och Malmberget där de lokalt mätts upp till  $3500-4000 \mu\text{g/g}$  mot under  $1000 \mu\text{g/g}$  i övriga Norrbotten.

Den rikstäckande undersökningen visar en sjunkande trend, från 1970 och framåt, för samtliga analyserade tungmetaller i alla delar av landet.

Figur 24 Medianhalter ( $\mu\text{g/g}$ ) av olika tungmetaller i mossa från norra, mellersta och södra Sverige 1990. (Rühling m fl 1991)



## 6. Utbyte av föroreningar i ett internationellt perspektiv

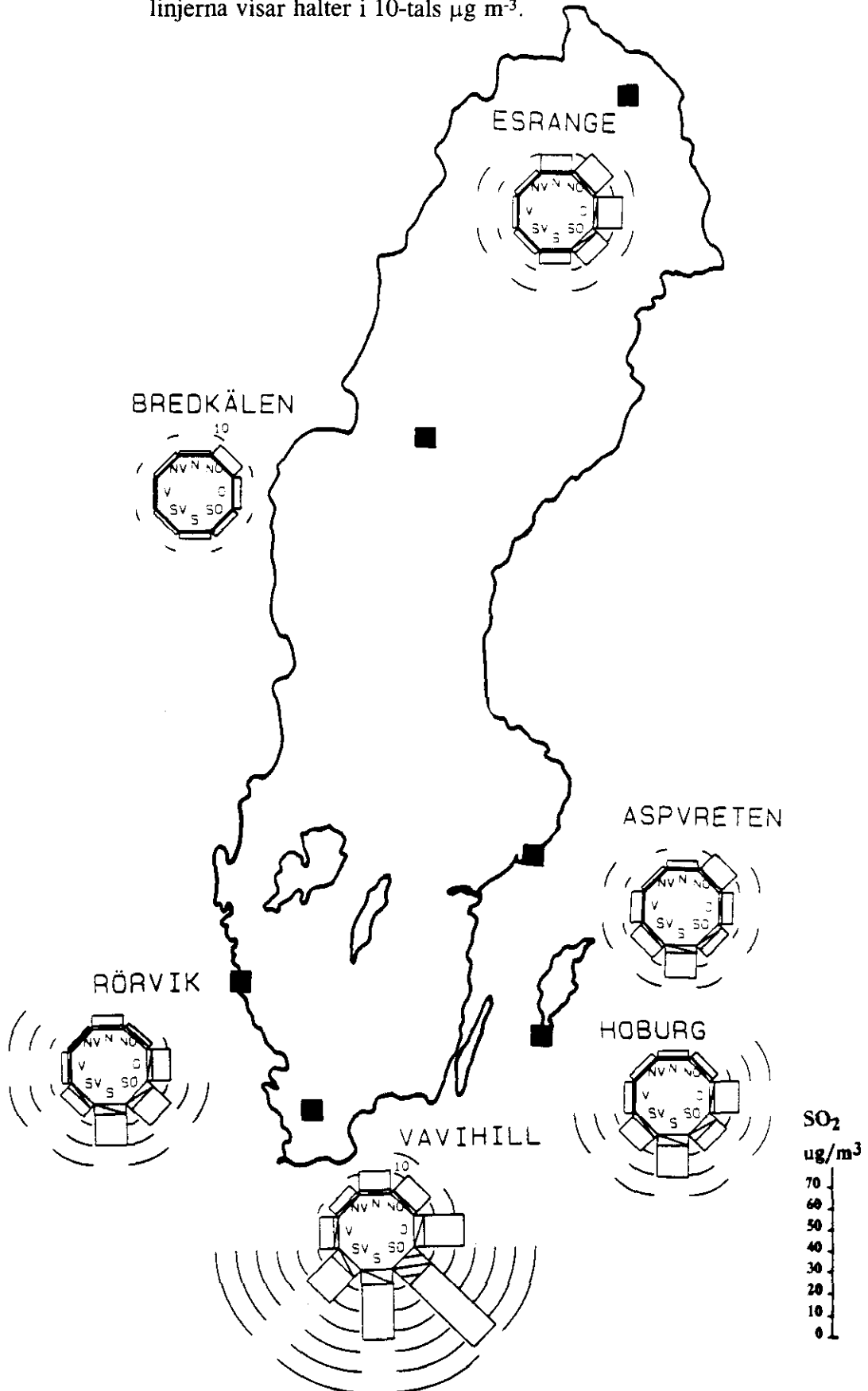
Luften är inte en regional eller nationell angelägenhet utan i högsta grad internationell. Luftföroreningar kan spridas med vindarna över stora avstånd innan de så småningom deponeras. När det gäller mätningar av luftföroreningar kan ursprunget av föroreningen delvis studeras genom jämförelser med vindförhållanden och luftmassornas rörelser. I vindhaltdiagram sorteras de uppmätta halterna i åtta sektorer utifrån medelvindriktningen under varje mätdygn. På så sätt kan belastningen, uppdelad på olika ursprungsväderstreck spåras. I figur 25, 26 och 27 redovisas vindhaltdiagram för SO<sub>2</sub>, sot och NO<sub>2</sub> vid de svenska EMEP-stationerna. Diagrammen visar halternas riktningberoende under vinterhalvåret 1989/90 till och med 1992/93. I figuren syns ett tydligt bidrag från nordost till svaveldioxidhalterna i Esrange och i Bredkålen. Även sot uppvisar samma tendens i Esrange, men inte lika tydligt. Bidragen till kvävedioxidhalterna i Esrange är relativt jämnt fördelade över all vindsektorer. I Bredkålen finns en viss ökning av kvävedioxidhalterna vid sydlig intransport. I södra Sverige är bilden, som förväntat, helt annorlunda. Svaveldioxiden och sotet kan spåras till källområden belägna syd till sydost om Sverige medan kvävedioxiden dominerar från sydliga och sydvästliga väderstreck. Innehållet av svavel- och kväveföreningar i den förorenade luften från kontinenten varierar beroende på om transporterna kommer från biltäta områden, framför allt Västeuropa, eller från områden med stora utsläpp från energiproduktion, främst Östeuropa.

Vid uppskattningar av svavel- och kväveföreningars deposition kan modellberäkningar användas för att erhålla information om föroreningarnas ursprung. Inom EMEP beräknas årligen spridning, transport och deposition av svavel- och kväveföreningar över Europa (Sandnes 1993). Beräkningarna sker i ett rutnät över hela Europa och grundas på utsläppsuppgifter och meteorologiska data. Modellberäkningarna valideras med mätresultat för luft- och nederbördshalter av olika föreningar på olika platser spridda över hela Europa.

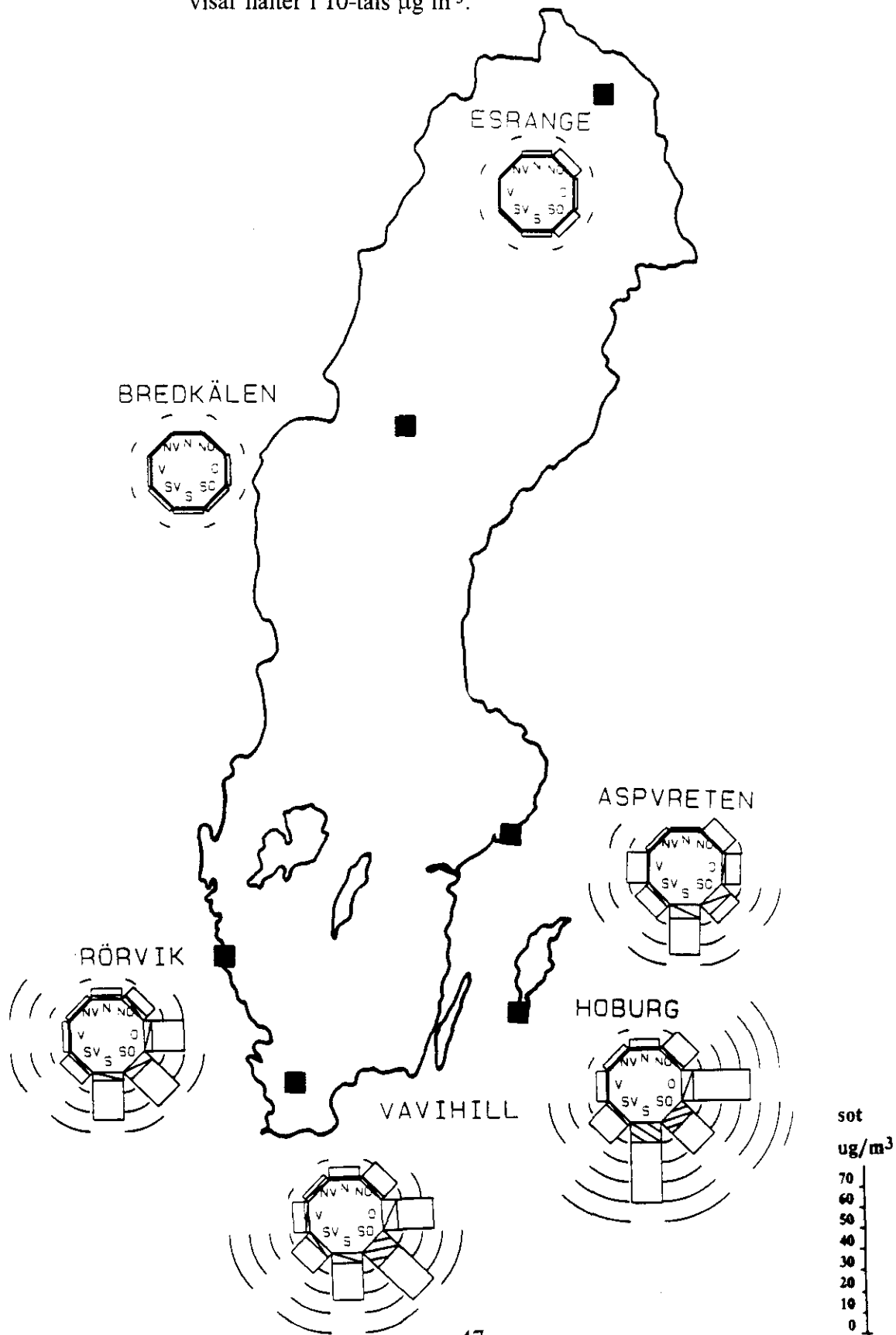
Eftersom Norrbotten ligger så långt norrut i Europa, befinner sig området i "utkanten" av EMEP-modellens beräkningsområde. Beräkningarna för kantområdena innehåller med nödvändighet större osäkerheter i underlagsmaterialet än vad mer centrala områden gör. Andelen svavel och kväve med okänt ursprung blir på grund av detta relativt stort i alla rutor som berör Norrbotten. Resultaten ska betraktas som teoretiska och med inneboende osäkerheter. I fig 28 och 29 redovisas de länder vars utsläpp enligt beräkningarna påverkar belastningen av svavel och kväve i Norrbotten. Rutorna har grupperats efter om de framför allt täcker fjälltrakterna, inlandet eller kusten.

Figur 25

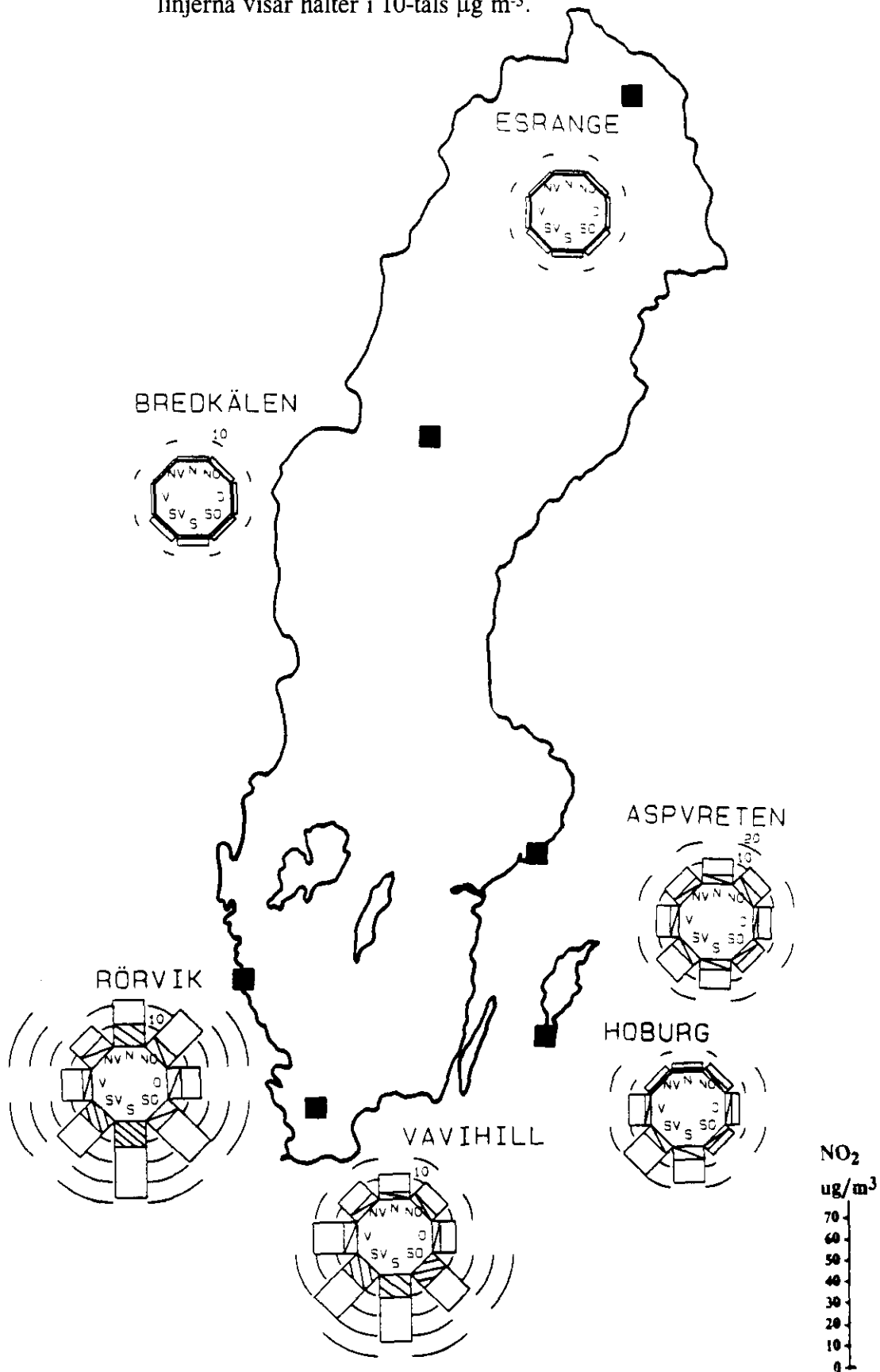
Vindhaltdiagram för svaveldioxidhalter i luft vid de svenska EMEP-stationerna under vinterhalvåret 1989/90, 1990/91, 1991/92 och 1992/93. Staplarna anger medianhalt (50-percentil) i streckad del samt 95-percentil i ofylld del i varje vindriktning. De bågformade linjerna visar halter i 10-tals  $\mu\text{g m}^{-3}$ .



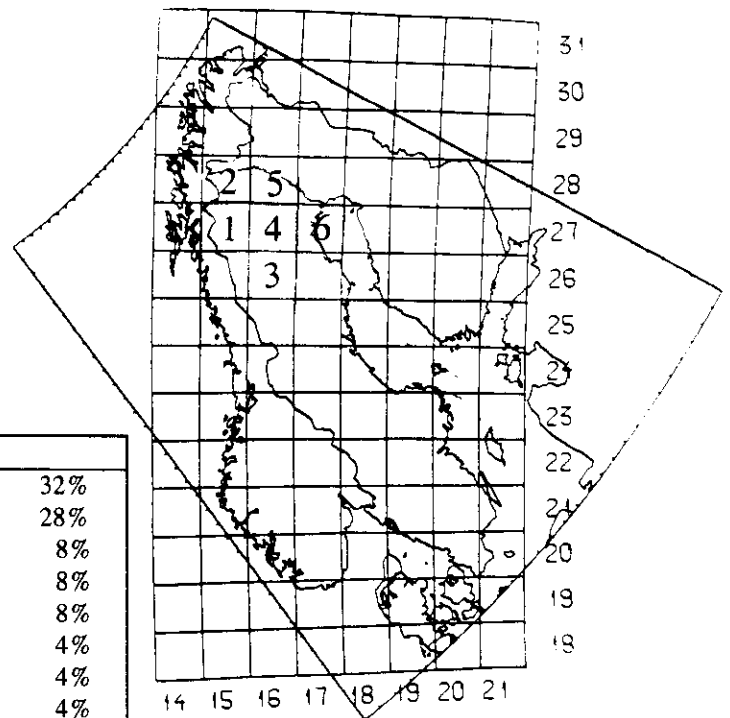
Figur 26 Vindhaltdiagram för sothalter i luft vid de svenska EMEP-stationerna under vinterhalvåret 1989/90, 1990/91, 1991/92 och 1992/93. Staplarna anger medianhalt (50-percentil) i streckad del samt 95-percentil i ofylld del i varje vindriktning. De bågformade linjerna visar halter i 10-tals  $\mu\text{g m}^{-3}$ .



Figur 27 Vindhaltdiagram för kväveldioxidhalter i luft vid de svenska EMEP-stationerna under vinterhalvåren 1989/90, 1990/91, 1991/92 och 1992/93. Staplarna anger medianhalt (50-percentil) i streckad del samt 95-percentil i ofylld del i varje vindriktning. De bågformade linjerna visar halter i 10-tals  $\mu\text{g m}^{-3}$ .



Figur 28 EMEPs rutnät över de Nordiska länderna samt beräknade bidrag från olika länder till nedfallet av svavel i respektive ruta (Sandnes 1993). Beräkningarna är teoretiska och innehåller osäkerheter.



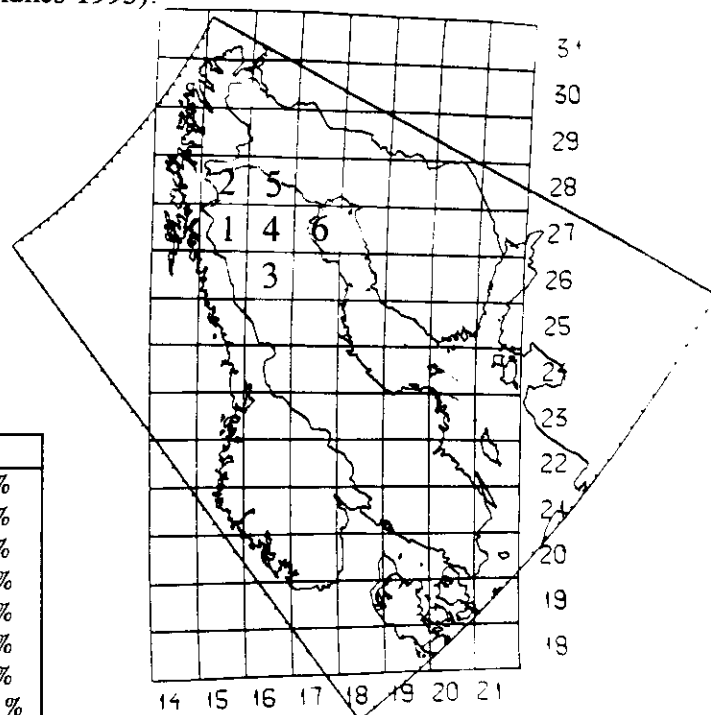
Fjälltrakter		Inland	
<b>Ruta 2</b>		<b>Ruta 5</b>	
Okänt ursprung	37%	f d Eur. Sovjet	32%
f d Eur. Sovjet	26%	Okänt ursprung	28%
Sverige	16%	Sverige	8%
Storbritannien	5%	Finland	8%
Finland	5%	f d DDR	8%
Polen	5%	Storbritannien	4%
f d DDR	5%	Polen	4%
Naturligt urspr	5%	Nordamerika	4%

Kustland					
<b>Ruta 1</b>		<b>Ruta 4</b>		<b>Ruta 6</b>	
Okänt ursprung	47%	Okänt ursprung	31%	Sverige	23%
f d Eur. Sovjet	16%	f d Eur. Sovjet	23%	f d Eur. Sovjet	20%
Nordamerika	10%	Sverige	12%	Okänt ursprung	20%
Sverige	5%	Finland	8%	Finland	13%
Storbritannien	5%	f d DDR	8%	Polen	5%
Finland	5%	Storbritannien	4%	f d DDR	5%
Polen	5%	Polen	4%	Nordamerika	5%
f d DDR	5%	Nordamerika	4%		
Naturligt urspr	5%	f d Tjeckoslovakien	4%		

Ruta 3	
Okänt ursprung	31%
f d Eur. Sovjet	19%
Sverige	8%
Storbritannien	8%
Finland	8%
Polen	8%
f d DDR	8%
Nordamerika	8%

Det svenska bidraget till svaveldepositionen varierar enligt beräkningarna från 23% i kustlandet till 5% i fjälltrakterna. Runt 20% eller mer av det svavel som deponeras i varje ruta härrör från Europeiska delen av f d Sovjet, medan resterande bidrag framför allt härstammar från länder kring Östersjön samt från Storbritannien och Nordamerika. Andelen med "okänt ursprung" varierar mellan 20-47%.

Figur 29 Beräknat bidrag från olika länder till nedfallet av kväve i respektive ruta (Sandnes 1993). Beräkningarna är teoretiska och innehåller osäkerheter.



Fjälltrakter		Inland	
<b>Ruta 2</b>		<b>Ruta 5</b>	
Okänt ursprung	39%	Okänt ursprung	27%
f d Eur. Sovjet	12%	f d Eur. Sovjet	17%
Finland	9%	Finland	13%
Sverige	8%	Sverige	9%
Storbritannien	6%	f d Västtyskland	6%
f d Västtyskland	6%	Storbritannien	5%
Norge	6%	Polen	5%
Övriga	<5%	Övriga	<5%

#### Kustland

Ruta 1		Ruta 4		Ruta 6	
Okänt ursprung	37%	Okänt ursprung	26%	Okänt ursprung	20%
Storbritannien	11%	f d Eur. Sovjet	15%	f d Eur. Sovjet	18%
f d Eur. Sovjet	8%	Sverige	12%	Finland	14%
f d Västtyskland	8%	Finland	11%	Sverige	12%
Norge	7%	Storbritannien	6%	f d Västtyskland	6%
Sverige	6%	f d Västtyskland	6%	Polen	6%
Finland	5%	Polen	5%	Storbritannien	5%
Övriga	<5%	Övriga	<5%	Övriga	<5%

Ruta 3	
Okänt ursprung	25%
f d Eur. Sovjet	14%
Sverige	12%
Storbritannien	9%
Finland	8%
f d Västtyskland	7%
Norge	5%
Polen	5%
Övriga	<5%

Det kväve som deponeras härstammar till ungefär 10% från Sverige, i fjälltrakterna något mindre. Den Europeiska delen av f d Sovjet är enligt beräkningarna en betydande källa till kvävedepositionen, såväl som till svaveldepositionen inom området. Bidraget till kvävedepositionen är från 8 till 18% i de olika rutorna. Övriga länder som bidrar med mer än 5% är framför allt Storbritannien, f d Västtyskland och naturligtvis Finland, som delvis ingår i några rutor. Även utsläpp i Polen ger ett visst bidrag till belastningen av kväve i Norrbotten. Andelen med okänt ursprung varierar mellan 20-37%, högst i fjälltrakterna.

## 7. Framtida belastning

Eftersom luftföroreningsutsläpp även långt bort påverkar luftsituationen i Norrbotten kommer eventuella utsläppsförändringar i dessa mer avlägsna områden att ha stor betydelse för utvecklingen när det gäller halter och framför allt depositioner av svavel- och kväveföreningar samt för halter av ozon och andra fotokemiska oxidanter. Denna utveckling är dock svår att prognosticera. Den beror av samhällsutvecklingen i såväl Västeuropa som Östeuropa. Fram till ungefär år 2000 kan utsläppsminskningarna uppskattas utifrån åtaganden i de sk svavel- respektive kväveprotokollen till konventionen om långväga gränsöverskridande luftföroreningar, och utifrån andra åtaganden, som de olika Europeiska länderna hittills har gjort respektive uttalat att de planerar göra. Beräkningar av de depositionsminskningar som skulle bli följden av dessa överenskommelser, har gjorts av EMEP (Saltbones m fl, 1989).

I norra Sverige skulle uppfyllandet av dessa åtaganden innebära att totala svaveldepositionen ska ha minskat med mellan 20-40% till 1993 i relation till 1980 års mätresultat. Depositionen av oxiderade kväveföreningar skulle på motsvarande grunder reduceras med 10-20% till 1998 i relation till 1985 års nivå (fig 30).

För svavel är det sannolikt att dessa åtaganden blir uppfyllda, och i bästa fall att även något större utsläppsminskningar kan uppfyllas fram till år 2000, bl a till följd av förändringar i Östeuropa. Det pågår dessutom internationella förhandlingar om ett nytt protokoll avseende ytterligare begränsningar av svavelutsläppen i Europa. För förhållanden längre fram i tiden, år 2010 och framåt, är det nästan omöjligt att förutsäga utvecklingen.

För kväveoxider är det i dagens läge osäkert hur man i Europa ska lyckas uppfylla sina åtaganden enligt kväveprotokollet, som för de flesta länder endast innebär en frysning av utsläppen på 1985 års nivå, men för Sverige och några andra innebär 30% nedskärning. Även för Sveriges del föreligger osäkerheter om hur kvävereduktionsmålen ska klaras. Stora nedskärningar behövs och det är oklart hur de ska kunna uppfyllas med nuvarande trafiksystem och energiförbrukning.

För reducerade kväveföreningar kommer sannolikt inga större förändringar att ske fram till år 2000. Några få länder, förutom Sverige även Danmark och Nederländerna, vars utsläpp påverkar depositionen främst i södra Sverige, räknar med att kunna göra nedskärningar i sina utsläpp. De flesta länder väntar sig istället ökade utsläpp. Sverige och närbelägna länder planerar dock för minskande utsläpp i framtiden.

Figur 30 Beräknad depositionsminskning (%) av oxiderade kväveföreningar mellan 1985 och 1998 (Saltbones m fl 1989)



Frågan är om den depositionsminskning, som blir följden om svavel- och kväveprotokollens utfästelser avseende utsläppsminskningar blir verklighet, räcker till för att hejda försurningen. Beräkningar av överskridanden av kritisk belastningsgräns för svavel har gjorts med IIASA RAINS-modell (Amann m fl 1993). I dessa beräkningar utnyttjas EMEP-modellen och rutnätet inom EMEP. Förutsättningarna är att nuvarande reduktionsplaner avseende svavel blir verklighet. I Norrbotten skulle då enligt beräkningarna den kritiska belastningsgränsen fortfarande överskridas i de (5%) känsligaste ekosystemen i de inre delarna av länet. Överskridandet i dessa mest försurningskänsliga system skulle motsvara ca 0.5 kg S/ha,år. Som jämförelse kan nämnas att under perioden 1985-1992 överskreds den kritiska belastningsgränsen, enligt beräkningar inom EMEP, i de 5% känsligaste ekosystemen i länet med 1-2 kg S/ha,år (Sandnes 1993).

För ytterligare information om kritiska belastningsgränser, beräkningsunderlag och prognoser hänvisas till Ambio, vol XXI, nr 5, augusti 1992, som är ett specialnummer rörande kritiska belastningsgränser i de Nordiska länderna.

## **8. SAMMANFATTNING OCH REKOMMENDATIONER**

### **8.1 Kunskaper om halter av luftföroreningar**

#### *Halter av svavelföreningar i luft*

- Halterna av svaveldioxid har mätts i flera av Norrbottens tätorter under de senare vintrarna medan mätningar året om av bakgrundshalter av svaveldioxid och partikulärt sulfat-svavel endast skett vid en station i Esrange.
- Lufthalterna av svaveldioxid är något högre i nordligaste Sverige jämfört med mellersta delarna av landet, men betydligt lägre än i södra Sverige. En viss gradient med sjunkande halter från kust till inland förekommer sannolikt, även om den inte tydligt kan påvisas med mätdata.
- Riktvärdet för svaveldioxid, satt till skydd för människors hälsa, har inte överskridits inom Urbanmät nätets mätningar.
- Halterna av såväl svaveldioxid som partikulärt sulfatsvavel visar en sjunkande trend från 1980 och framåt.

#### *Halter av kväveföreningar i luft*

- Mätningar av kvävedioxidhalter har, som för svaveldioxid, gjorts i flera av Norrbottens tätorter medan bakgrundshalter endast mätts vid Esrange.
- Kvävedioxidhalterna i bakgrundsluft i Norrbotten är betydligt lägre än i södra Sverige. Halterna i tätorterna däremot har till stor del lokalt ursprung och är i nivå med halter i många sydligare belägna tätorter i landet.

- Riktvärdet för kvävedioxid i tätorter har inte överskridits i Norrbotten inom Urbanmätningarnas mätningar, men sannolikt sker överskridanden i gatumiljö.
- Halterna av kvävedioxid visar ingen entydig tidstrend.
- Lufthalter av total-ammonium och total-nitrat (d v s summan av gasfas och partikelfas) i norra Sverige är låga.

#### *Halter av sot i luft*

- Mätningar av sothalt har skett i flera tätorter i Norrbotten, men bakgrundsmätningar har endast skett i Esrange.
- Ett relativt stort bidrag till sothalterna i Norrbottens tätorter härstammar från lokala källor. Haltnivåerna i tätorterna är jämförbara med halterna i tätorter längre söderut. I bakgrundsluft är sothalterna betydligt lägre i Norrbotten än i södra Sverige.
- Riktvärdet för sot, som dygnsvärde, har överskridits i en av Norrbottens tätorter under de senaste sex vintrarna.

#### *Halter av ozon*

- Ozonhalterna har mätts kontinuerligt i Esrange i Norrbotten.
- Ozonhalterna i norra Sverige ligger som medelbelastning under vegetationssäsongen på en något lägre nivå jämfört med längre söderut i landet.
- Ozonmedelhalterna under vegetationssäsongen överskrider regelbundet den kritiska haltnivån som är satt till skydd för grödor. Enstaka överskridanden av riktvärdet för timmedelbelastningen har också skett i norra Sverige, även om överskridandena är betydligt färre än längre söderut. Ozondosen under vegetationssäsongen är avsevärt lägre i norra än i södra Sverige.
- Variationerna i ozonhalter är mycket stora inom och mellan olika år varför det är svårt att uttyda några tidstrender ur tillgängliga mätdata.

#### *Halter av persistenta organiska föreningar i luft*

- Det finns ett fåtal mätningar som gjorts rörande halter av persistenta organiska föreningar i luft. Inga mätningar sker kontinuerligt utan de resultat som finns är från korttidsmätningar, främst inom forskningsprojekt.
- Lufthalter av vissa persistenta organiska föreningar ligger i nivå med vad som mätts upp i sydligare delar av landet.

### *Halter av tungmetaller i luft*

- Det sker ingen kontinuerlig övervakning av metallhalter i luft. Tillgängliga mätresultat härstammar från tidsbegränsade forskningsprojekt.
- Kvicksilverhalten i luft i norra Sverige och Norge är något lägre än på svenska västkusten.
- Uppgifter om lufthalter av andra tungmetaller än kvicksilver saknas.

## **8.2 Kunskaper om deposition av föroreningar**

### *Deposition av svavel*

- Mätningar av såväl våtdeposition av svavel som totaldeposition i skogsmark (krondroppsmätningar) har gjorts vid ett flertal stationer i Norrbotten.
- Våtdepositionen av svavel i Norrbotten är lägre än i södra och mellersta Sverige. Depositionen i fjälltrakterna är lägst, men samtidigt svårast att mäta korrekt.
- Den kritiska belastningsgränsen för svavel överskrids i de mest känsliga områdena i Norrbotten.
- Våtdepositionen av svavel i norra Sverige visar en sjunkande trend under perioden 1983-1992.

### *Deposition av kväve*

- Våtdepositionen av nitrat- och ammoniumkväve har mätts kontinuerligt vid flera stationer i Norrbotten. Beräkningar har gjorts av torrdepositionen.
- Om uppmätt våtdeposition plus beräknad torrdeposition summeras och jämförs med den kritiska belastningsgränsen, så överskrids denna sannolikt i Norrbotten, åtminstone i känsliga områden.
- Våtdepositionen av kväve visar ingen trend under de senaste 10 åren utan ligger på ungefär samma nivå hela tiden.

### *Deposition av persistenta organiska föreningar*

- Det finns ingen kontinuerlig övervakning av depositionen av persistenta organiska föreningar i Sverige. De mätningar som skett har varit kampanjvis inom forskningsprojekt.
- Depositionen av persistenta organiska föreningar i norra Sverige är sannolikt i nivå med vad som deponeras längre söderut i landet. Deposition via

partiklar har förhållandevis större betydelse i det kallare klimatet i norr. Här faller också en större andel av nederbörden som snö vilket kan medföra en effektivare urtvättning.

- Episoder med stora tillfälliga nedfall av persistenta organiska föreningar ger sannolikt ett betydande bidrag till den totala belastningen.

#### *Deposition av tungmetaller*

- I Norrbotten finns ingen mätstation där metallhalten i nederbörd bestäms.
- Generellt är halterna av tungmetaller i nederbörd högst i södra Sverige och avtar mot norr.
- Den rikstäckande undersökningen av halter av olika tungmetaller i mossor uppvisar också en gradient av sjunkande halter mot norr. Punktvis finns dock områden i Norrbotten med förhållandevis höga koncentrationer av t ex krom, koppar och järn.
- Undersökningen av metallhalter i mossor visar en klart sjunkande trend från 1970 och framåt.

### **8.3 Rekommendationer vid utformandet av ett regionalt mätprogram**

Kunskapen om haltnivåerna av svaveldioxid, sot och kvävedioxid i Norrbottens tätorter är förhållandevis goda medan kunskapen om bakgrundshalterna i luft i Norrbotten härstammar från en enda mätstation, Esrange. Visserligen kan resultat från närliggande regioner ge information om den storskaliga nivån i norra Skandinavien men någon förtätning, med en eller två övervakningsstationer, t ex i östra delen av länet samt i söder, skulle kunna ge information om de haltgradienter som förekommer inom länet. För kartläggning av intransport av luftföroreningar till länet skulle bestämning av dygnsmedelvärden i bakgrundsluft vid en kustnära station vara av intresse. Som komplement till mer permanenta mätstationer för bakgrundsluft, är det möjligt att kampanjvis kartlägga haltgradienter genom mätningar med passiva diffusions-provtagare. De resultat som finns tyder på att bidragen till svaveldioxidhalterna i bakgrundsluft kan vara betydande från områden i nordost.

Mätresultaten från Urbanmättnätet visar att halterna av framför allt sot och kvävedioxid i Norrbottens tätorter kan ligga nära eller till och med överskrida de riktvärden som finns. Det är därför viktigt att övervakningen av tätorternas luftkvalitet fortsätter, bland annat med tanke på den relativt stora betydelsen som lokala utsläpp av kväveoxider och sot har för haltnivåerna i tätorterna. Även VOC, flyktiga organiska ämnen, kan vara en viktig parameter att övervaka i tätorter eftersom såväl biltrafik som vedeldning är viktiga källor till dessa ämnen.

Ozonhalterna övervakas för närvarande vid Esrange i Norrbotten, vilket bedöms vara tillräckligt för att, tillsammans med andra mätningar i norra Skandinavien, få en uppfattning om ozonbelastningen inom länet. Jämförelser med mätdata från Norge och Finland rekommenderas i det fortsatta arbetet. Huruvida ozonmätningarna kommer fortsätta drivas vid Esrange i framtiden är för närvarande osäkert.

De mätningar av våtdeposition och kronddropp av svavel- och kvävekomponenter som sker är sammantaget relativt vältäckande i sydöstra delen av länet. Vad som framför allt saknas är mätstationer i väster, i skogsmark samt i fjällkedjan och de fjällnära områdena samt för kronddropp i nordost. Gradienten från kust till inland bör studeras, åtminstone kampanjvis. Man vet att man underskattar den deposition som idag mäts i fjällterräng. Dels sker en betydande del av nederbörden som snö, vilket kan ge problem vid provtagningen, dels är naturen ofta sådan att mätplatsen är mer utsatt för vindar och "hårt väder" vilket ytterligare försvårar vid själva insamlingen av provet. Bidrag från moln- och dimdeposition är inte heller klarlagda. Det finns således hittills olösta metodproblem vid nederbördsprovtagning i snörika och karga områden. Trots detta är det viktigt att försöka hitta lämpliga ställen för provtagning av deposition i dessa områden, som delvis bedöms ha låg kritisk belastningsgräns för deposition av svavel och som för närvarande inte alls täcks in i något övervakningsnät.

Data över lufthalter och deposition av svavel- och kväveföreningar kommer, förutom för länets egen information, att vara av intresse vid validering av den beräkningsmodell, Sverige-modellen, som är under utarbetande inom den nationella miljöövervakningen. Sverige-modellen används för modellberäkningar av luftföroreningarnas transport, omvandling och deposition i Sverige.

Kunskaperna rörande persistenta organiska föreningars förekomst är generellt otillräckliga. Detta gäller inte bara i Norrbotten utan i stort sett hela Sverige. Kunskaperna om dessa ämnens betydelse ur miljösynpunkt är inte heller tillräckliga, vare sig under sydsvenska eller norrländska klimat- och växtförhållanden. Intressant är dock att förekomsten av persistenta organiska föreningar i norr är i nivå med eller till och med högre än i söder. Övervakning av persistenta organiska föreningar bör vara av stort intresse för den nationella övervakningen i första hand.

Vid en eventuell övervakning av persistenta organiska föreningar i länet bör det vara tillräckligt med en station där provtagning av luft och nederbörd och där även insamling av växtmaterial, förslagsvis barr, kan ske. Analys av växtmaterialet kan ge en uppfattning om vegetationens upptag av dessa ämnen i förhållande till koncentrationerna i luft. De persistenta föreningar som är intressanta är främst tre ämnesgrupper, polyklorerade bifenyler, PCB, hexaklorocykloalkaner, HCH samt polyaromatiska kolväten, PAH. Vidare kan även hexaklorbensen, HCB, olika former av DDT och klordaner bestämmas.

Den kartering av tungmetallhalter i mossa som görs rikstäckande ger en god bild av de relativa förändringarna av tungmetallhalterna med tiden, samt en förhållandevis god täckning av lokala variationer. Det är osäkert om någon ytterligare övervakning

av tungmetallhalter i nederbörd är värd att prioritera annat än lokalt, i områden med kända punktutsläpp. Ett specialfall kan vara kvicksilver som har en mer storregional spridning än övriga metaller. Detta innebär att lufthalterna av kvicksilver i norr i princip är i nivå med dem som mäts upp längre söderut i landet.

Såväl när det gäller metaller som persistenta organiska föreningar är det av intresse att mäta halter och depositioner på ett sätt som ger en representativ bild av förhållandet i Sverige. Av denna anledning kan det vara lämpligt med en mätstation för dessa föreningar i nordligaste delen av landet. Frågan är emellertid om en sådan mätstation i första hand är av regionalt eller nationellt intresse.

## REFERENSER

Amann, M., Klaassen, G., Schöpp, W. (1993) Closing the Gap between the 1990 Deposition and the Critical Sulfur Deposition Values. Report to The UN/ECE Task Force on Integrated Assessment Modelling. International Institute for Applied System Analysis, Laxenburg, Austria.

Ambio, Vol XXI, No 5, August 1992. Special Issue: Critical Loads in the Nordic Countries

Brorström-Lundén, E., Lövblad, G. (1991) Deposition of Soot Related Hydrocarbons during Long Range Transport to Sweden. *Atm. Env.* Vol 25 A, No 10, pp 2251-2257.

Cotham, W., Bidleman, T. (1991) Estimating the Atmospheric deposition of Organic Contaminants to the Arctic. *Chemosphere* Vol 22, No 1, pp 165-188.

Enell, M., Kaj, L., Wennberg, L. (1990) Storskalig spridning av organiskt bunden klor AOX. IVL B-rapport 979

Forsberg, B., Kjellman, K. (1990) Miljöbesvär och ohälsa, enkätstudie inom tätorter i norra norrlands inland. Institutionen för miljö- och hälsoskydd, Umeå Universitet.

Forsberg, B., Kjellman, K., Stjernberg, N. och Svanberg, P-A. (1991) Luftföroreningar i svensk urban miljö. 1. Besvärsupplevelser och symtomförekomst i relation till luftföroreningshalter i omgivningsluft. Rapport från Umeå Universitet.

Forsberg, B., Kjellman, K., Stjernberg, N. och Svanberg, P-A. (1992) Luftföroreningar i svensk urban miljö. 2. Besvärsupplevelser och symtomförekomst i relation till luftföroreningshalter i omgivningsluft. Rapport från Umeå Universitet.

Franzén, L., Hjelmroos, M., Källberg, P., Brorström-Lundén, E., Junnto, S., Savolainen, A-L. (1993) Yellow Snow - A Case Study of Long-Range Transport of Dust in Northern Fennoscandia, March 1993. In press

Gregor, D.J., Gummer, W.D. (1989) Evidence of Atmospheric Transport and Deposition of Organochlorine Pesticides and Polychlorinated Biphenyls in Canada Arctic Snow. Environ. Sci. Tech. 23, No 5

Grennfelt, P., m fl (1987) Halter av svaveldioxid, sot och kvävedioxid i svenska tätorter vintern 1986-1987. IVL rapport L87/249

Grennfelt, P., m fl (1988) Halter av svaveldioxid, sot och kvävedioxid i svenska tätorter vintern 1987-1988. IVL rapport B-909

Grennfelt, P. & Thörnelöf, E. (Eds.), (1992). Critical loads for Nitrogen. Nordiska Ministerrådet, Miljörapport 1992:41

Hallgren-Larsson, E., Westling, O. (1992) Nedfall av luftföroreningar i norra Sverige. IVL Rapport

Iverfeldt, Å., (1991). Occurrence and Turnover of Atmospheric Mercury over the Nordic Countries. Water, Air and Soil Pollut., 56:251-265

Kindbom, K., Persson, K., Sjöberg, K., Lövblad, G. (1993) Atmosfärskemisk övervakning vid IVL´s stationer inom EMEP. Rapport från verksamheten 1992. SNV rapport 4212

Larsson, P., Okla, L. (1989) Atmospheric Transport of Chlorinated Hydrocarbons to Sweden in 1985 Compared to 1973. *Atm. Env.* Vol 23, No 8, pp 1699-1711.

Leinonen, L., Juntto, S. eds. (1991) Results of Air Quality at Background Stations January-June 1990, Finnish Meteorological Institute, Air Quality Department.

Leinonen, L., Juntto, S. eds (1991) Results of Air Quality at Background Stations July-December 1990, Finnish Meteorological Institute

Leinonen, L., Juntto, S. eds (1992) Air Quality Measurements 1991, Finnish Meteorological Institute

Leinonen, L., Juntto, S. eds (1993) Air Quality Measurements 1992, Finnish Meteorological Institute, in preparation

Länsstyrelsen i Norrbottens län. Mätdata från nederbörds­mätningar i några kommuner i Norrbotten, opublicerade data.

Lövblad, G., Sjöberg, K., Hällinder, C., Peterson, K. (1990) Atmosfärskemisk övervakning vid IVL´s PMK-stationer. Rapport från verksamheten 1989. SNV rapport 3787

Lövblad, G., Sjöberg, K., Hällinder-Ehrencrona, C., Peterson, K. (1991) Atmosfärskemisk övervakning vid IVL´s PMK-stationer. Rapport från verksamheten 1990. SNV rapport 3940

- Lövblad, G. et al, (1992). Mapping Deposition of Sulphur, Nitrogen and Base Cations in the Nordic Countries. IVL B-rapport 1055
- Munthe, J. (1993). Opublicerade data över depositionen av totalkvicksilver och metylkvicksilver i Sverige 1992.
- Naturvårdsverket (1990). Riktvärden för luftkvalitet i tätorter. Allmänna Råd 90:9
- Naturvårdsverket (1990) Luft 90. Aktionsplan mot luftföroreningar.
- Naturvårdsverket (1993). Marknära ozon och andra oxidanter i miljön, SNV Rapport 4133
- Nilsson, J., (Ed.), (1986). Critical loads for Nitrogen and Sulphur. Nordiska Ministerrådet, Miljörapport 1986:11
- Nilsson, J., Grennfelt, P. (Eds.), (1988) Critical loads for Sulphur and Nitrogen, Nordiska Minsisterrådet, Miljörapport 1988:15
- Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør, Årsrapport 1989. Rapport 437/91, Statens forurensningstilsyn, Oslo
- Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør, Årsrapport 1990. Rapport 466/91, Statens forurensningstilsyn, Oslo
- Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør, Årsrapport 1991. Rapport 506/92, Statens forurensningstilsyn, Oslo
- Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør, Årsrapport 1992. Rapport 533/93, Statens forurensningstilsyn, Oslo
- Pedersen, U., Schaug, J., Skjelmoen, J.E. (1992) EMEP Datareport 1990, Part 1. Annual summaries, EMEP/CCC-Report 2/92
- Persson, K., Lövblad, G., Munthe, J. (1993) Luft- och nederbörds-kemiska stationsnätet inom PMK samt tungmetaller inklusive kvicksilver i nederbörd. Rapport från verksamheten 1992. SNV rapport under tryckning
- Pihl, G., Pleijel, H., Sjöberg, K., Skärby, L. Ericson, L. (1992) Klöver som bioindikator för marknära ozon i Sverige - ett nationellt samarbetsprojekt. IVL rapport B 1074
- Pihl Karlsson, G., Pleijel, H., Skärby, L. Ericson, L. (1993) Klöver Sverige 1993. Klöver som bioindikator för marknära ozon i Sverige - ett nationellt samarbetsprojekt. IVL Brapport 1124

Rühling, Å. et al, Atmospheric Heavy Metal Deposition i Northern Europe 1990, Nordiska Ministerrådet rapport 1992:12

Saltbones, J., Sandnes, H., Eliassen, A. (1989) Estimated reduction of sulphur and oxides of nitrogen in Europe due to planned emission reductions. EMEP/MSC-W Note 3/89

Sandnes, H. (1993) Calculated budgets for airborne acidifying component in Europe 1985, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991 and 1992. EMEP/MSC-W Report 1/93

Schaug, J., Pedersen, U., Skjelmoen, J.E. (1991) EMEP Datareport 1989, Part 1. Annual summaries, EMEP/CCC-Report 2/91

Schaug, J., Pedersen, U., Skjelmoen, J.E., Kvalvågnes, I. (1993) EMEP Datareport 1991, Part 1. Annual summaries, EMEP/CCC-Report 4/93

Sjöberg, K., Persson, K., Lövblad, G. (1992) Atmosfärskemisk övervakning vid IVL 's stationer inom EMEP. Rapport från verksamheten 1991. SNV rapport 4088

Sjöberg, K., Persson, K., Lövblad, G., Granat, L. (1992) Luft- och nederbördskemiska stationsnätet inom PMK. Rapport från verksamheten 1991. SNV rapport 4090

Sjöberg, K., Lövblad, G., Haraldsson, C. (1992) Övervakning av tungmetallhalter i nederbörden. Rapport från verksamheten 1991. SNV rapport 4092

Svanberg, P-A., m fl (1989) Halter av svaveldioxid, sot och kvävedioxid i svenska tätorter vintern 1988-1989. IVL rapport L 89/329

Svanberg, P-A., m fl (1990) Halter av svaveldioxid, sot och kvävedioxid i svenska tätorter vintern 1989-1990. IVL rapport L 90/258

Svanberg, P-A., m fl (1991) Halter av svaveldioxid, sot och kvävedioxid i svenska tätorter vintern 1990-1991. IVL rapport L 91/255

Svanberg, P-A., m fl (1992) Halter av svaveldioxid, sot och kvävedioxid i svenska tätorter vintern 1991-1992. IVL rapport

Svanberg, P-A., m fl (1993) Halter av svaveldioxid, sot och kvävedioxid i svenska tätorter vintern 1992-1993. IVL rapport B-1112

Sveriges Nationalatlas, Miljön, Bokförlaget Bra Böcker

Thaning, L., Johansson, P-E., Karlsson, E., Nilsson, A-C., Forsberg, B. (1991) Mätningar av luftkvalitet och meteorologiska förhållanden i sju norrländska inlandsorter. Delrapport från 1990 års mätningar. FOA rapport C 40281-4.5

UN ECE (1988) UN ECE Critical Levels Workshop Report, Bad Harzburg FRG  
Mars 1988

UN ECE (1992) UN ECE Critical Levels Workshop Report, Egham UK 1992.(In  
preparation)

Wania, F., Mackay, D. (1993) Global Fractionation and Cold Condensation of Low  
Volatility Organochlorine Compounds i Polar Regions. Ambio Vol. 22 No 1, Feb  
1993

# LÄNSSTYRELSENS RAPPORTSERIE

## *Förteckning över utkomna rapporter 1996*

<b>Nummer</b>	<b>Namn</b>	<b>Referent</b>
1	Fjällägenheternas natur- och kultur- miljövården Rapport från 1995 års inventering	Jan-Olov Westerberg, samhällsbygg- nadsenheten
2	Kalixälvens hydrogeokemi	Gunnar Brännström, miljöenheten
3	Vattenkemi i sjöar i Abiskoområdet - En jämförelse mellan åren 1981-1994	Uno Strömberg, miljöenheten

