

NILU : OR 67/96
REFERANSE : O-96117
DATO : NOVEMBER 1996
ISBN : 82-425-0829-1

**Moser som
deposisjonsestimatorer
for tungmetaller i
nedbør**

**Deposisjonsrater for Pb, Cd, Cu
og Zn i 1990 og 1995**

Oddvar Røyset

Forord

Denne rapporten er skrevet på basis av et oppdrag fra Jordforsk, Senter for jordfaglig miljøforskning, Ås. For NILU har følgende medarbeidere deltatt i prosjektet: Seniorforsker Arne Semb (evaluering av depositionsestimatorer), forsker Anne Gunn Hjellbrekke (kriking og kartframstilling av data), forsker Asle Kibsgård (skalering og plotting av kart), og forsker Torunn Berg. Professor Eiliv Steinnes har deltatt for Norges Tekniske Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) (evaluering og kvalitetskontroll av data for moser og nedbør som depositionsestimatorene er bygget på). Undertegnede takker alle for verdifull assistanse på de områdene de har bidratt.

Oddvar Røyset

Seniorforsker

Norsk institutt for luftforskning

Innhold

1. Innledning	4
2. Materiale og metoder	4
2.1 Mosedata	4
2.2 Kriging	4
2.3 Kartframstilling.....	4
3. Resultater	5
3.1 Deposisjonsestimator for Pb og Cd.....	5
3.2 Deposisjonsestimator for Cu.....	5
3.3 Deposisjonsestimator for Zn	5
3.4 Deposisjonsestimator for Cr og Ni.....	6
3.5 Deposisjonkart.....	6
3.6 Deposisjonsdata	6
4. Konklusjon	7
5. Litteratur	7

Sammendrag

Det er beregnet årlige våtavsetningsrater for metallene Pb, Cd, Cu og Zn i Norge for årene 1995 og 1990, basert på relasjonen mellom konsentrasjoner av metallene i mose og årlig våtavsetning. På basis av data for tungmetaller i moser fra de landsomfattende moseundersøkelsene i 1990 og 1995 (ca. 500 punkter fordelt over hele Norge), er det utført interpolasjon (kriging) for å beregne årlige depositions-rater med oppløsning på et 15•15 km rutenett over Norge. Det ble funnet at moser var gode estimatore for våtavsetning for metallene Pb og Cd, mens den var noe dårligere for Cu. For Zn kunne ikke moser benyttes som depositions-estimator direkte. Det ble derfor utviklet en depositions-estimator for Zn basert på konsentrasjonen av Cd i mose.

Moser som deposisjonsestimater for tungmetaller i nedbør

Deposisjonsrater for Pb, Cd, Cu og Zn i 1990 og 1995

1. Innledning

Moser kan benyttes som bioindikator for deposisjon av tungmetaller i nedbør da de samler opp det meste av næringsstoffene direkte fra nedbør. Det er utført en rekke landsomfattende kartlegginger av tungmetaller i mose i Norge (i 1977, 1985, 1990, 1995). I 1990 og 1995 har det vært gjort sammenligninger av tungmetallinnhold i moser og i nedbør, med sikte på å utvikle deposisjonsestimater for tungmetaller basert på konsentrasjonen i mose (Berg et. al. 1995 og Berg 1996). Med en slik estimator kan det være mulig å tegne deposisjonskart med svært god romlig oppløsning, da det i hver moseundersøkelse har vært samlet inn ca 450 moseprøver som er noenlunde jevnt fordelt over hele Norge. Oppløsningen kan gjøres enda bedre ved hjelp av interpolasjonsteknikker slik som kriging.

2. Materiale og metoder

2.1 Mosedata

Dataene for moseundersøkelsen i 1990 og 1995 ble benyttet som input til beregningene.

Dataene for tungmetaller i nedbør er fra NILUs målestasjoner for overvåkning av nedbørkvalitet i Norge.

2.2 Kriging

Kriging er en statistisk interpolasjonsmetode basert på at det er en romlig korrelasjon mellom datapunkter som ligger nær hverandre. Med krigingsteknikken kan en i et geografisk rutenett estimere verdier i ruter som mangler data ut fra verdier fra naboruter.

I dette tilfellet tok en utgangspunkt i EMEP rutenettet på 150•150 km. Dette ble oppdelt i 10 ruter i hver retning, slik at enkeltrutene ble 15•15 km. Norge ble delt i 5 regioner, 2 for Nord-Norge og 3 for Syd-Norge, som ble kriget hver for seg. Etterpå ble kartene for hver region sammensatt med et overlapp på 8 ruter mellom hver region. Krigingsprogrammet ble oppsatt for beregning med påvirkning fra 10 naboruter.

2.3 Kartframstilling

For kartframstilling ble programmet NOPLO benyttet. NOPLO er utviklet av NILU basert på programpakken UNIRAS. Programmet framstiller konsentrasjonsfelt i Norge med isoliner.

3. Resultater

Deposisjonsestimatorene er hentet fra arbeidene til Berg, (Berg et. al. 1995 og Berg 1996). I Bergs arbeider er det beregnet følgende relasjon:

$$Y = A + BX \quad (1)$$

der konsentrasjon i mose ($\mu\text{g g}^{-1}$) er avhengig variabel (Y) og årlig våtavsetning ($\mu\text{g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$) er uavhengig variabel (X). Ligninga ovenfor kan transformeres til å estimere våtavsetning (X) på basis av konsentrasjonen i mose (Y) på følgende måte:

$$X = \frac{Y - A}{B} \quad (2)$$

Tabell 1 viser hvilke verdier for stigningskoeffesient (B) og intercept (A) som ble oppnådd i Bergs arbeider for dataene i 1990 og 1995. Disse er benyttet som utgangspunkt for deposisjonsestimator ihht. ligning 2.

3.1 Deposisjonsestimator for Pb og Cd

Resultatene for koeffesientene A og B for Pb og Cd er svært like for begge år, og korrelasjonskoeffisienten er også høy spesielt for data fra 1990. En viktig forhold er at intercept (A) er lav i forhold til normalområdet for mosekonsentrasjoner, slik at bidraget fra konstantleddet (A) i ligning 1 betyr lite når en skal beregne våtavsetning ut fra konsentrasjonen i mose.

3.2 Deposisjonsestimator for Cu

For Cu er det en tilsynelatende konstant bakgrunn på $3.3 (\pm 0.25) \mu\text{g Cu g}^{-1}$ i mose. Stigningskoeffisienten er $0.00275 (\pm 0.00025)$. Det ble funnet at både stigningskoeffisienten (A) og konstantleddet (B) for 1990-dataene var innenfor 10 % av de tilsvarende dataene fra 1995-dataene (Berg, 1996a). Usikkerheten i koeffisientene var imidlertid betydelig høyere for 1995-datasettet og korrelasjonskoeffisienten betydelig lavere enn for den som ble funnet for 1990-datasettet.

Koeffisientene fra 1990-datasettet ble derfor benyttet som deposisjonsestimator for begge årene 1990 og 1995.

3.3 Deposisjonsestimator for Zn

For Zn er det betydelig vanskeligere å benytte dataene fra moser som utgangspunkt for deposisjonsestimator. Dette kommer av det store konstantleddet i ligninga ($29 (\pm 2.2) \mu\text{g g}^{-1}$ for 1990 og omlag det samme for 1995-datasettet (Berg, 1996a)). Dette skyldes at moser har en høy naturlig bakgrunn av Zn. Responen mellom våtavsetning og konsentrasjon i mose (ledd B i ligning 1 på $0.00187 (\pm 0.00028)$) er noe lavere enn for Pb, Cd og Zn. Selv om koeffisientene var omlag de samme både i 1990 og 1995-datasettet, ble det funnet at konsentrasjonen i mose i en god del prøver lå godt under konstantleddet (B)

(bakgrunnsnivået på ca $30 \mu\text{g g}^{-1}$). Dette kan skyldes bl.a. utvasking av Zn pga. sjøsalter i kystnære områder samt andre faktorer som ikke er kvantifisert, men som påvirker omsetningen av Zn i moser.

Etter en vurdering av dataene ble det derfor besluttet at det ikke var mulig å estimere deposisjonsrater for Zn ut fra moser. Det ble derfor undersøkt alternative metoder for å uttrykke deposisjon av Zn. Zn og Cd forekommer i et noenlunde konstant forhold i naturen på 100:1. Ved gjennomgang av Zn/Cd forholdet i nedbørdata fra NILUs nedbørstasjoner, ble det funnet at Zn/Cd forholdet vanligvis varierte fra 80 til 150. Det ble derfor besluttet å bruke et gjennomsnittlig forholdstall på 100:1, og estimere våtavsetningen for Zn ut fra dataene for Cd i mose.

3.4 Deposisjonsestimator for Cr og Ni

For disse 2 elementene er det dårlig sammenheng mellom deposisjon via nedbør og konsentrasjon i mose. Det ble derfor besluttet at grunnlaget var for dårlig til å kunne beregne deposisjonsrater for disse elementene ut fra moser.

Tabell 1: Resultater for lineær regresjonsanalyse for sammenheng mellom konsentrasjon i mose (Y) og årlig våtavsetning (X) basert på Bergs arbeider.

	År	Stigningskoeffisient *) ($\mu\text{g g}^{-1}$)/($\mu\text{g m}^{-2} \text{å}^{-1}$)	Intercept *) $\mu\text{g g}^{-1}$	Korrelasjonskoeffisient
Pb	1995	0,0057 (0,00062)	0,14 (1,33)	0,90
	1990	0,0055 (0,00011)	0,92 (0,38)	0,998
Cd	1995	0,0030 (0,00050)	0,033 (0,024)	0,80
	1990	0,0029 (0,00067)	0,002 (0,06)	0,82
Cu	1990	0,00275 (0,00025)	3,3 (0,25)	0,98
Zn	1990	0,00187 (0,00028)	29 (2,2)	0,93
		-	-	-

*) Verdier i parentes er standardavvik.

3.5 Deposisjonskart

I vedlegg A er det tegnet deposisjonskart for de enkelte elementene for årene 1990 og 1995, basert på de verdiene som er fremkommet etter krigingen. Deposisjonskartene er benyttet som kvalitetskontroll for å sammenlikne mot de opprinnelige kartene for fordelingen av tungmetaller målt i moser (Steinnes et.al. 1993 og 1996). Overenstemmelsen ble funnet å være akseptabel.

3.6 Deposisjonsdata

Deposisjonsdataene som er beregnet ved krigingen er gitt i datafiler som er sendt oppdragsgiver på diskett. Det er beregnet deposisjonsdata for både 1990- og 1995-dataene. Filnavnene er gitt som CD90.DAT, CD95.DAT, etc. Hver datafil

inneholder data for 3486 ruter. I en del ruter er det ikke beregnet verdier. Dette er ruter som ligger i grenseområdene utenfor Norge.

4. Konklusjon

Alle deposisjonsestimatorene som har vært benyttet er hentet fra 1990-datene. Disse er gitt i Tabell 2. Deposisjonsratene er beregnet i et rutenett på 15 • 15 km ved hjelp av kriging for årene 1990 og 1995.

Tabell 2: Verdier for deposisjonsestimatorene som er benyttet i dette arbeidet i henhold til ligning 2.

	Stigningskoeffisient (A) ($\mu\text{g g}^{-1}$)/($\mu\text{g m}^{-2} \text{å}^{-1}$)	Intercept (B), $\mu\text{g g}^{-1}$
Pb	0,0055	0,92
Cd	0,0029	0,002
Cu	0,00275	3,3

5. Litteratur

Berg, T., Røyset, O. and Steinnes, E. (1995) Moss used as biomonitor of atmospheric trace element deposition: Estimation of uptake efficiencies. *Atmos. Environ.*, 29, 353-362.

Berg, T. (1996) Utvikling av kalibreringsfaktorer for mose (*Hylocomium splendens*) I: *Lufttransporterte forurensinger - tilførsler, virkninger og tålegrenser*. Av I. Fløisand og E. Løbersli. Kjeller (NILU OR 2/96).

Berg, T. (1996a) Upubliserte data.

Journel, A.G. and Huijbrechts, C.J. (1978) *Mining Geostatistics*. London, Academic Press.

Steinnes, E., Røyset, O., Vadset, M. og Johansen, O. (1993) Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge. Landsomfattende undersøkelse i 1990. Oslo, Statens forurensningstilsyn (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 523/93).

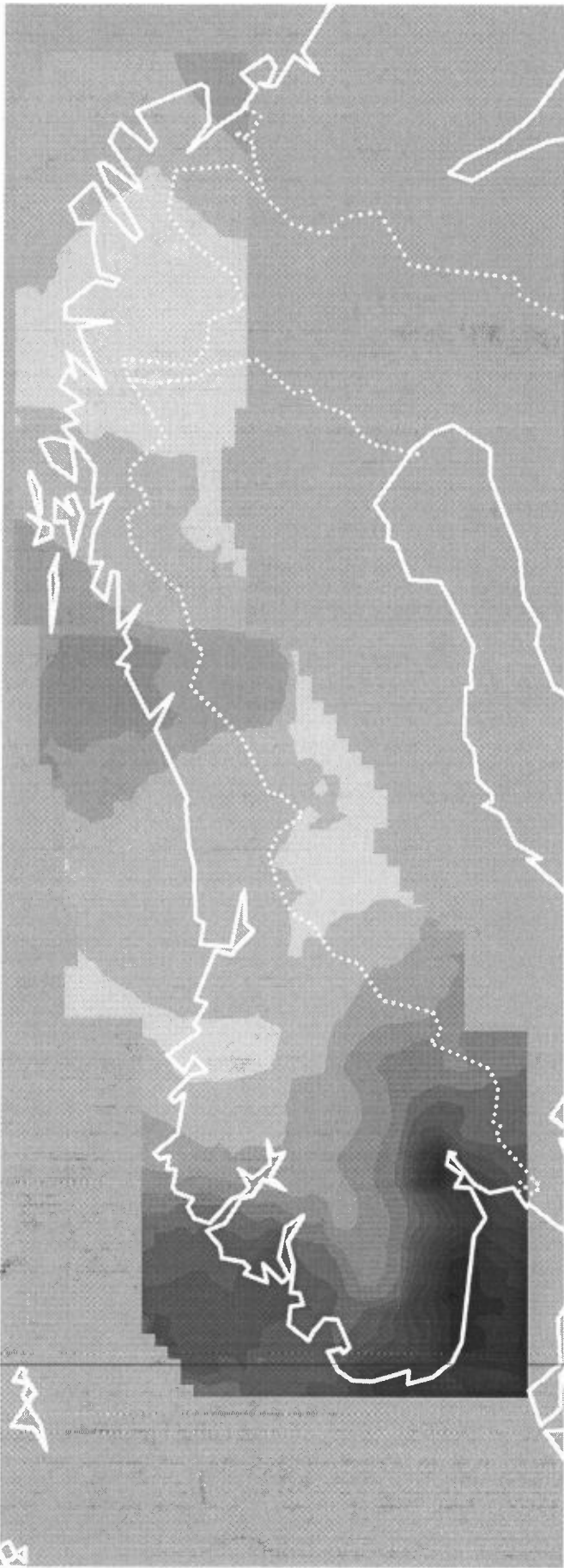
Steinnes, E. Berg, T., Vadset, M. og Røyset, O. (1996) Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge. Landsomfattende moseundersøkelse i 1995. Oslo, Statens forurensningstilsyn (under arbeid).

Vedlegg A

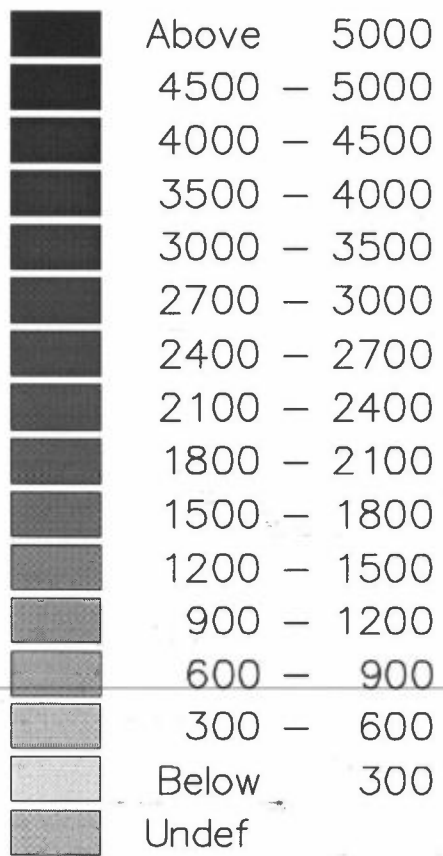
Deposisjonskart for Pb, Cd, Cu og Zn.

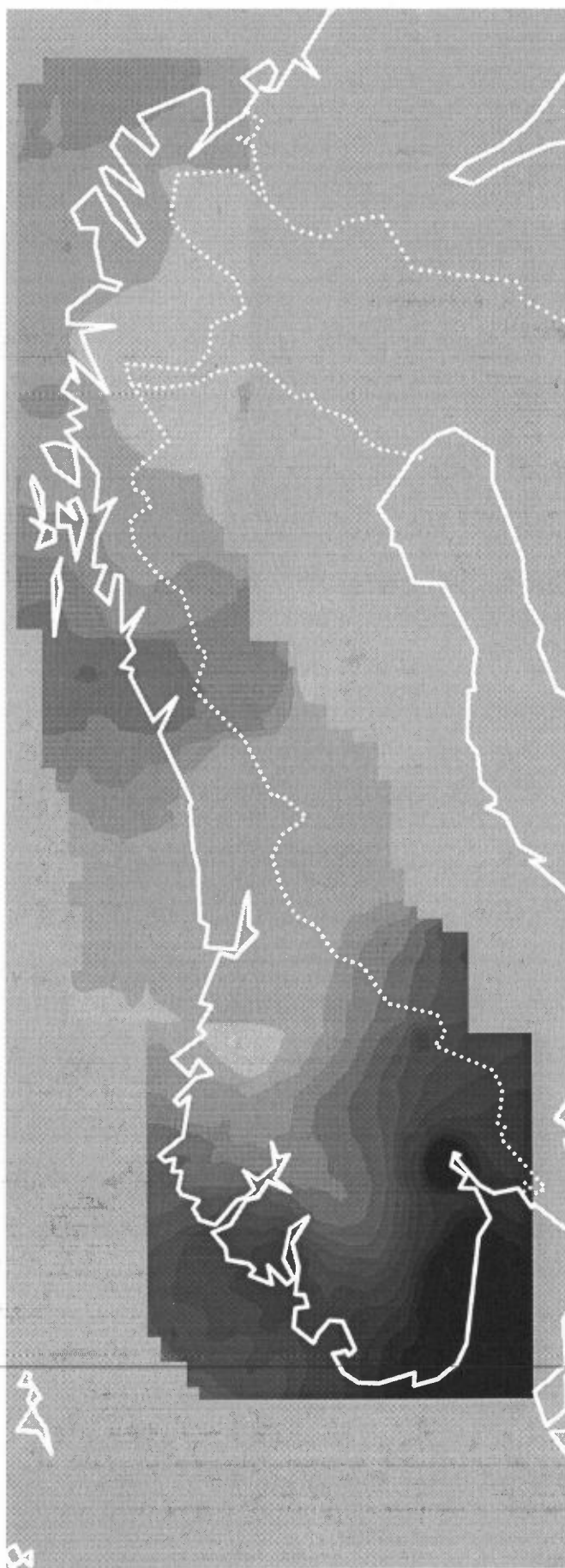
Deposisjonskart for 1995 og 1990 er vedlagt for elementene Pb, Cd, Cu og Zn. Det er ikke lagt ved kart for 1990 for Zn, da dette er identisk med kartet for Cd, men multiplisert med en faktor på 100.

Deposisjonsratene er uttrykt i $\mu\text{g m}^{-2} \text{år}^{-1}$ i alle kartvedleggene.

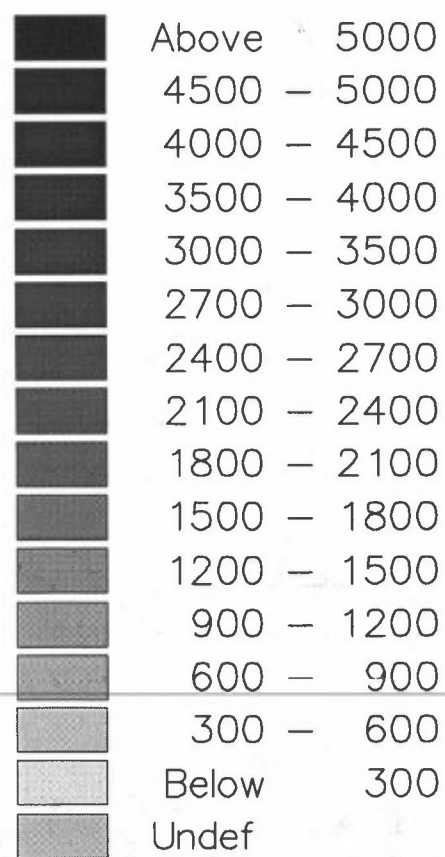


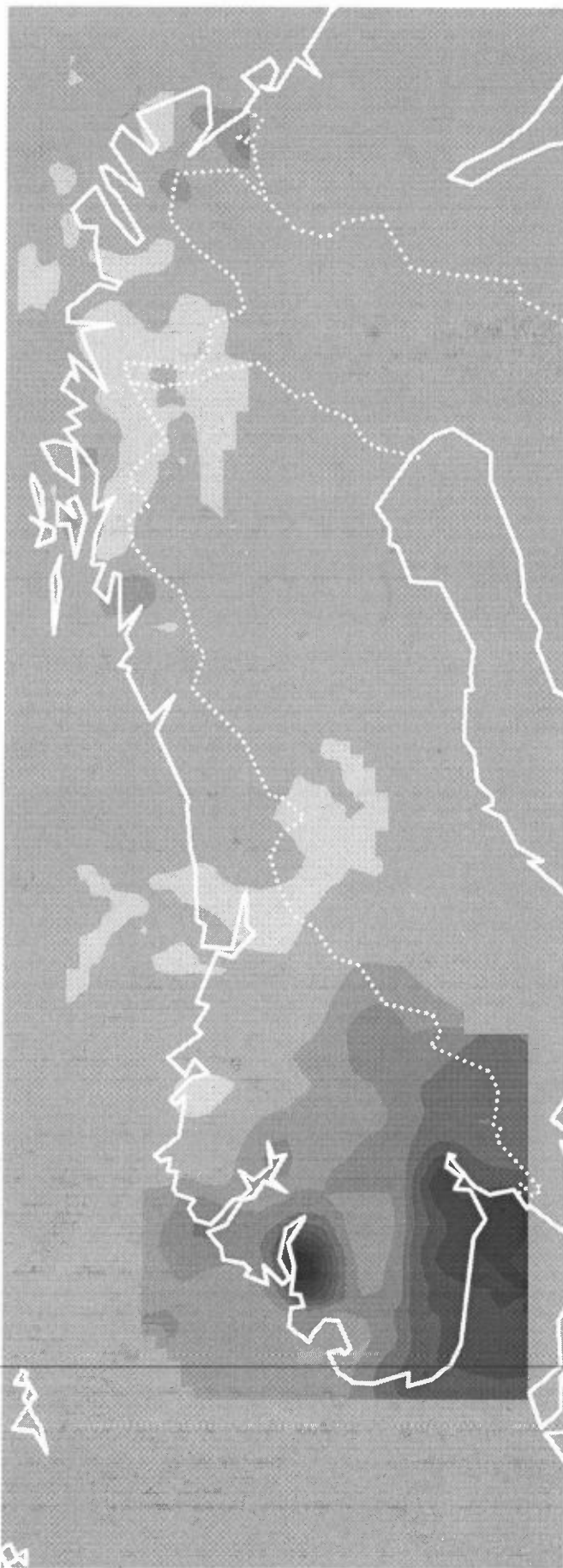
Pb deposition based on moss
1995



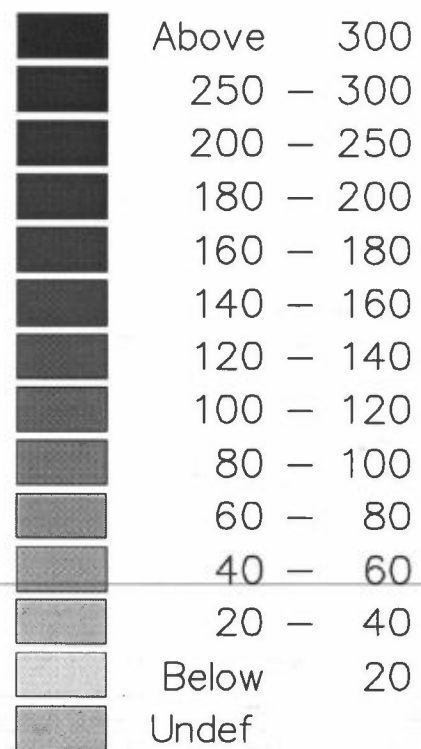


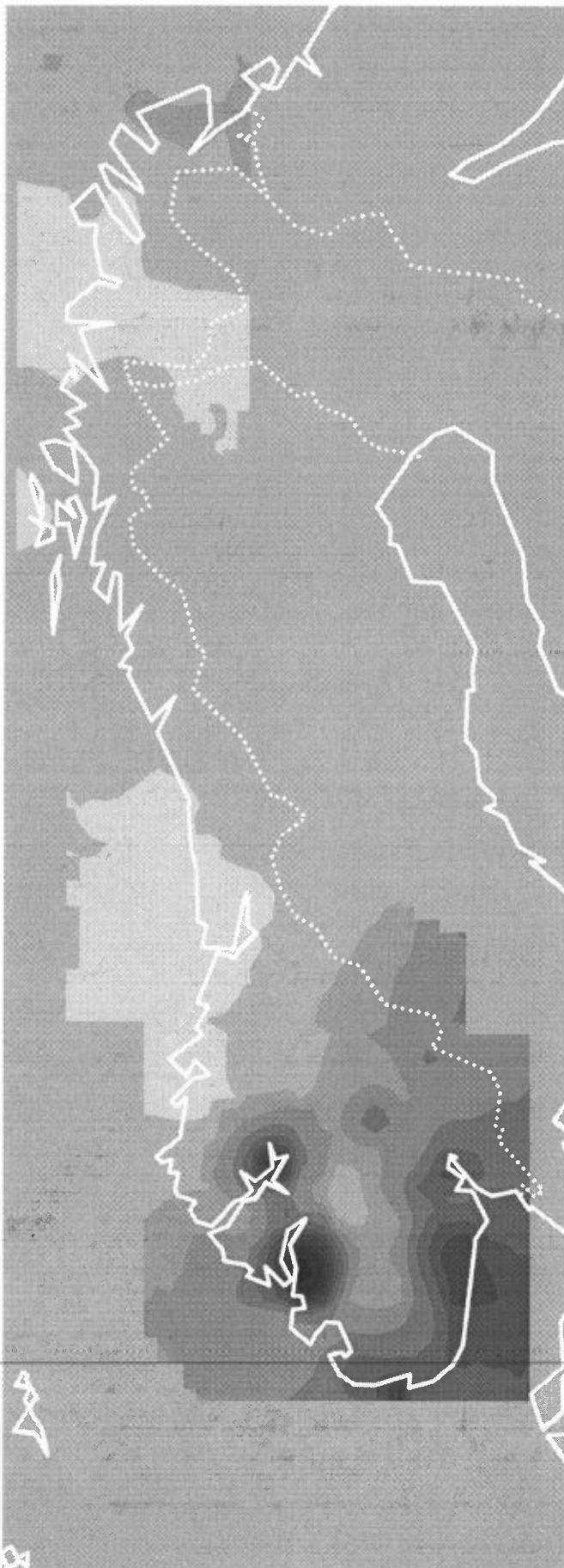
Pb deposition based on moss
1990



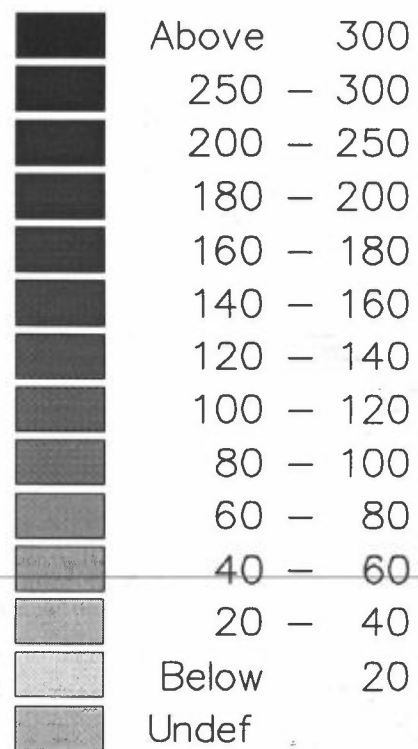


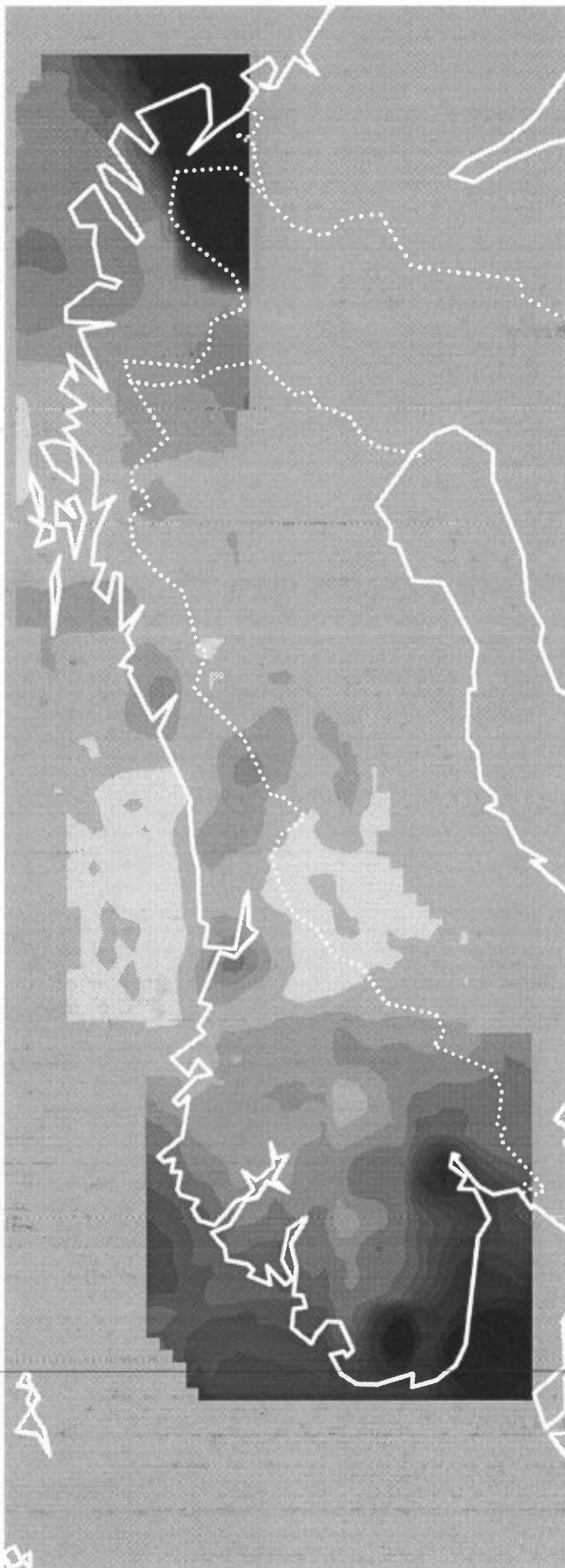
Cd deposition based on moss
1995



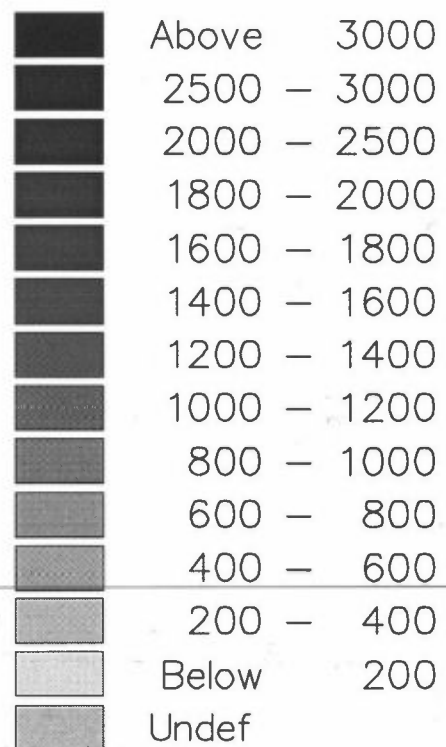


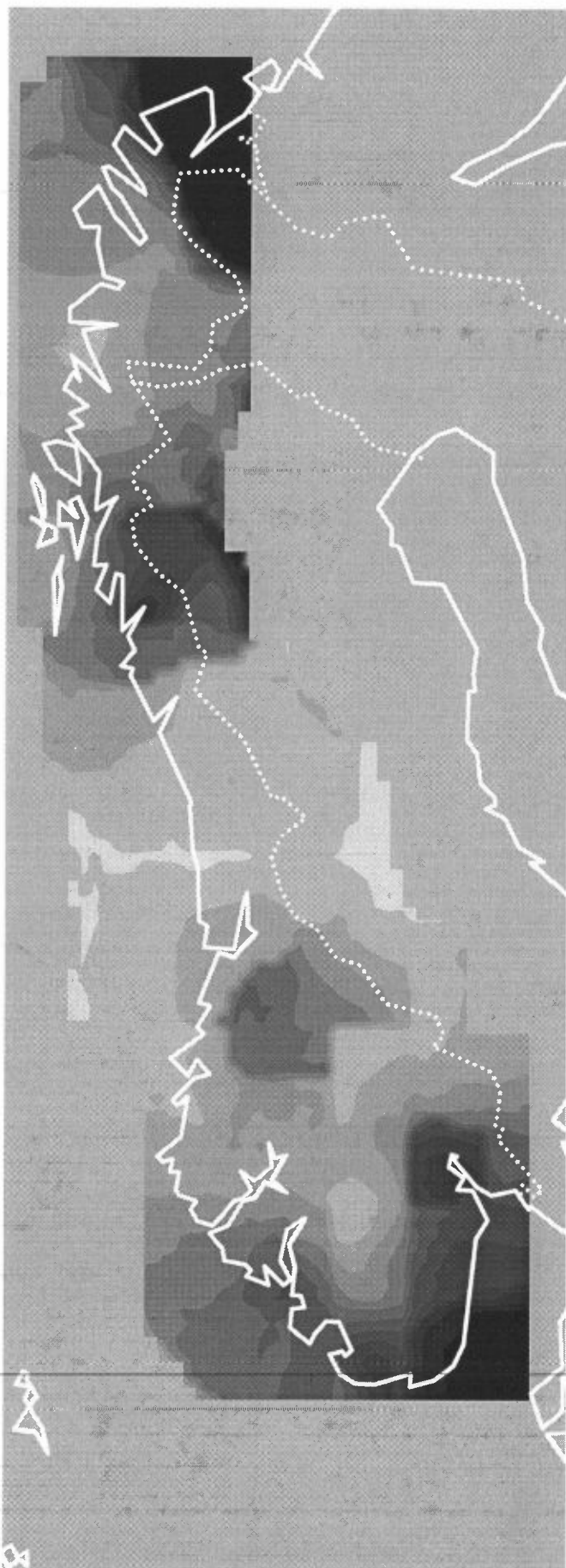
Cd deposition based on moss
1990



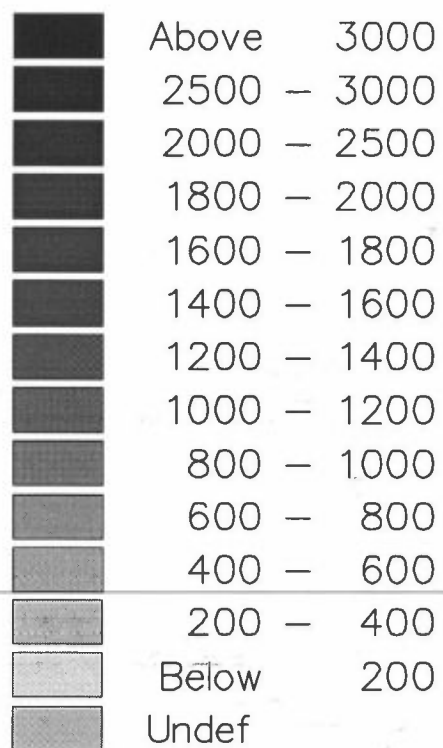


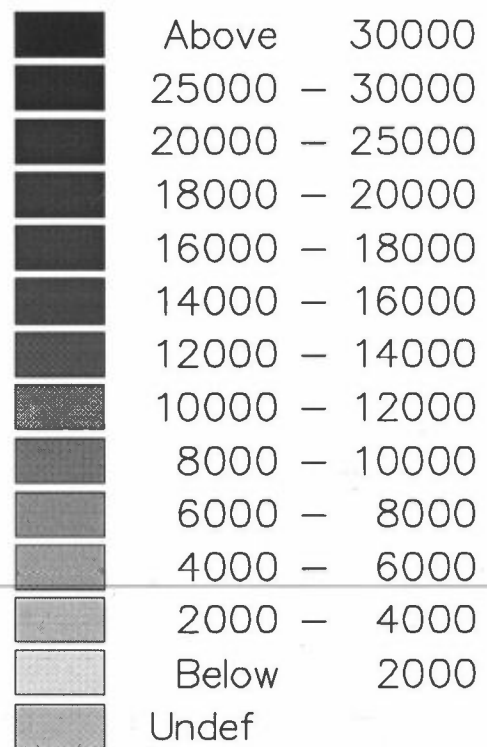
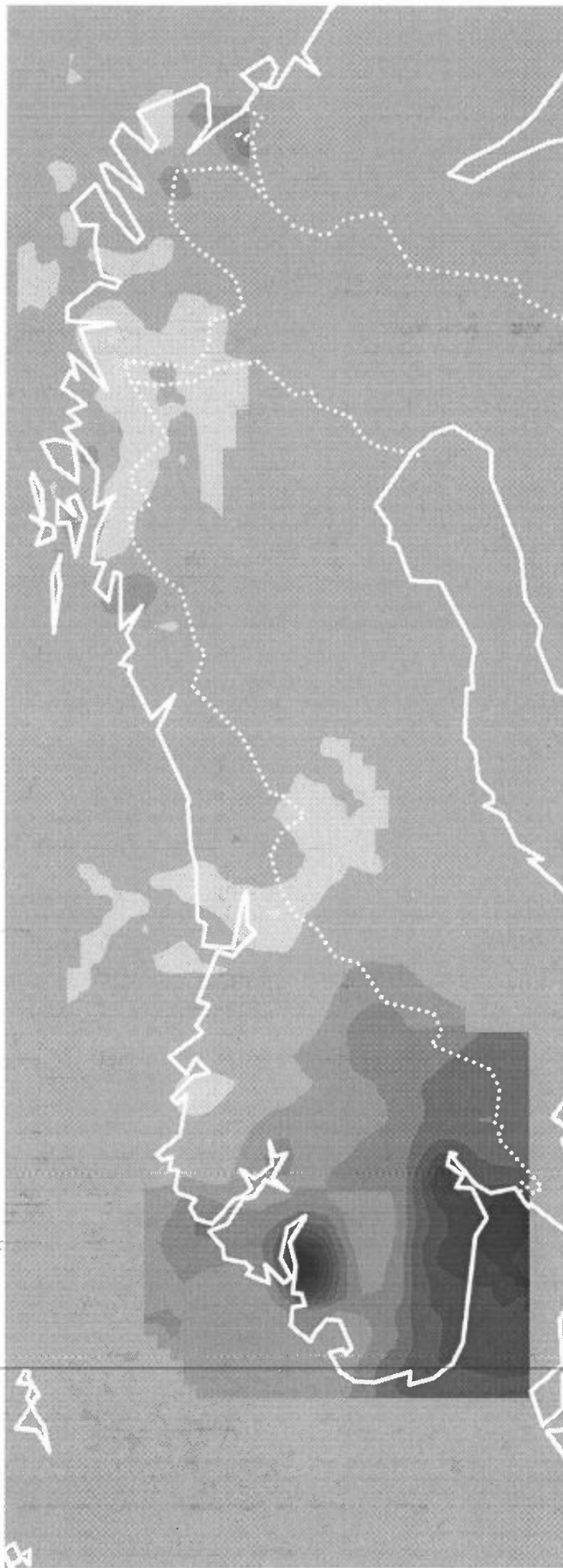
Cu deposition based on moss
1995

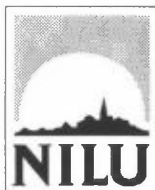




Cu deposition based on moss
1990







Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKS RAPPORT	RAPPORT NR. OR 67/96	ISBN 82-425-0829-1 ISSN 0807-7207	
DATO 21.11.96	ANSV. SIGN. <i>Eystein Hov</i>	ANT. SIDER 15	PRIS NOK 30,-
TITTEL Moser som depositions estimatorer for tungmetaller i nedbør Deposisjonsrater for Pb, Cd, Cu og Zn i 1990 og 1995		PROSJEKTLEDER Oddvar Røyset	
		NILU PROSJEKT NR. O-96117	
FORFATTER(E) Oddvar Røyset		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF.	
OPPDRAKSGIVER Jordforsk, senter for jordfaglig miljøforskning, Ås 1432 ÅS			
STIKKORD mose	tungmetaller	deposisjonsestimatorer	
REFERAT Årlige depositions rater for tungmetallene Pb, Cd, Cu and Zn er beregnet i et rutenett på 15 • 15 km over Norge. Beregningene er basert på depositions estimatorer for relasjonen mellom konsentrasjon i mose og årlig våtavsetning via nedbør.			
TITLE Mosses as deposition estimators for heavy metals in precipitation. Deposition maps for Pb, Cd, Cu and Zn for 1990 and 1995			
ABSTRACT Annual deposition rates for the metals Pb, Cd, Cu and Zn have been calculated in a grid of 15 • 15 km for Norway. The calculation has been based on deposition estimators for the relation between the concentration of the metal in moss and annual wet deposition.			

* Kategorier: A Åpen - kan bestilles fra NILU
 B Begrenset distribusjon
 C Kan ikke utleveres