

# Bruk av geokjemiske kart i sykdomsforskning

Av Bjørn Bølviken  
*Norges geologiske undersøkelse  
Trondheim*

## Innledning

Geokjemiske kart viser geografisk fordeling av innholdet av grunnstoffer og kjemiske forbindelser i naturlig materiale, såsom bergart, jord, vann, vegetasjon etc. Med moderne kjemiske analysemetoder kan det gjøres både billige og nøyaktige bestemmelser av selv meget små mengder grunnstoffer i prøver av slikt materiale. Geokjemiske kart har overveiende vært brukt i leting etter mineraliske ressurser. Dette er fordi malm- og andre mineralforekomster utgjør så markerte anrikninger av grunnstoffer at de kan spores som kjemiske anomalier i forekomstenes omgivelser. Bekkesedimenter er et vanlig prøvemedium i denne sammenheng.

Bruk av geokjemiske kart i norsk malmløting er beskrevet i rapporter ved Norges geologiske undersøkelse (se rapportfortegnelser i NGUs årsmeldinger), foruten i tidsskrift-artikler, se for eksempel Bjørlykke et al. (1973), Bølviken (1967, 1972, 1976), Bølviken og Gleeson (1979), Bølviken og Låg (1978), Ottesen et al. (1983), Sharp og Bølviken (1978).

Senere tids undersøkelser i Skandinavia har vist at det kan være meget store regionale forskjeller i det naturlige innhold av ulike grunnstoffer i geologiske prøver (Bjørklund og Bølviken 1983, Bølviken et al. 1980, 1982, Bølviken og Ottesen 1984, Ottesen og Bølviken

1984). Erkjennelsen av dette har ført til nye bruksområder for geokjemiske kart (Bølviken 1979, Ryghaug 1983). Til disse hører sykdomsforskning.

Noen sykdommer, for eksempel hjertekarsykdommer og visse typer kreft, viser klare regionale forskjeller i sin opptreden. Ved å sammenligne geokjemiske kart og sykdomskart vil man se om det er likheter i fordelingsmønstrene på de to karttyper. Eventuelle samvariasjoner vil kunne utnyttes for å generere hypoteser om sykdomsårsaker eller på annen måte belyse problemer vedrørende sykdom.

Denne arbeidsmåten hører inn under begrepet geomedisin. Professor J. Låg, som er en pioner innenfor dette fagområdet, har definert geomedisin slik (Låg 1980a, 1983, Holmsen og Låg 1984, se også Glattre 1982):

«Geomedisin er vitenskapen om hvordan ordinære ytre miljøfaktorer influerer på den geografiske fordeling av menneskers og dyrs helseproblemer.»

Velkjente eksempler fra den humane del av geomedisinen er sammenhengen mellom jodmangel og forekomst av struma og mellom fluormangel og forekomst av tannråte.

I denne artikkelen gis noen geokjemiske data fra Norge og nabolandene og et eksempel på et norsk sykdomskart. Noen av de problemer som melder seg ved sammenligning av geokjemiske og epidemiologiske data er omtalt. Når det

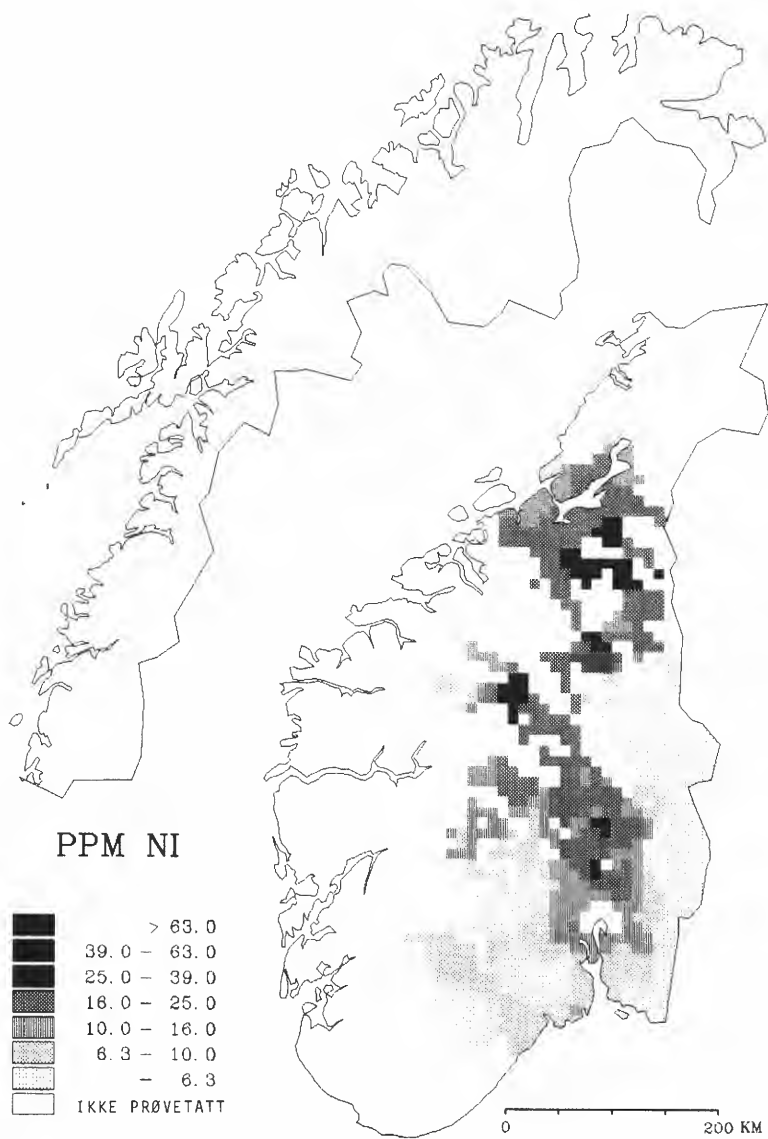


Fig. 1. Geografisk glattede data (løpende gjennomsnitt) for salpetersyreløselig nikkel i kommunevise prøver av bekkersedimenter fra Østlandet-Trøndelag. Prøvene for hver kommune er oppnådd ved mekanisk blanding av mange enkeltprøver innenfor kommunen.

Fig 1. Smoothed data (moving average) of nitric acid soluble nickel in composite municipal samples of stream sediments from the Østlandet - Trøndelag region, Norway.

Tabell 1. Innhold av 22 syreløselige grunnstoffer i bekkesedimenter for 159 kommuner på Østlandet og i Trøndelag (se Fig. 1). Dataene er fremkommet ved analysering av 1 representativ sammenblandet prøve for hver kommune. Fullstendig tabell finnes i Olesen og Finne (1982).

Grunnstoff	Arimetrisk gjennomsnitt	Standard- avvik	Laveste kommuneverdi (kommune)	Høyeste kommuneverdi (kommune)	Kontrast (høyeste: laveste)
Al (%)	1,06	0,32	0,34 (Nissedal)	2,12 (Lunner)	6,24
Ba (ppm)	84,0	53,0	27,0 (Fyresdal)	441,0 (Stange)	16,96
Be (ppm)	9,0	3,0	4,0 (Halden)	22,0 (Øystre Slidre)	5,5
Ca (%)	0,39	0,14	0,12 (Åmot)	1,12 (Drammen)	9,33
Ce (ppm)	46,0	22,0	16,0 (Skaun)	165,0 (Siljan)	10,31
Co (ppm)	8,0	3,0	2,0 (Flere)	18,0 (Mosvik)	9,0
Cr (ppm)	15,0	10,0	4,0 (Rendalen)	66,0 (Lunner)	22,0
Cu (ppm)	14,0	7,0	5,0 (Flere)	43,0 (Øystre Slidre)	8,60
Fe (%)	1,31	0,47	0,48 (Halden)	3,26 (Øystre Slidre)	6,79
K (ppm)	913,0	461,0	236,0 (Fyresdal)	3200,0 (Gjerdrum)	13,63
La (ppm)	19,0	13,0	2,0 (Skaun)	82,0 (Siljan)	41,0
Li (ppm)	8,0	4,0	3,0 (Flere)	25,0 (Flere)	5,0
Mg (%)	0,32	0,15	0,11 (Flere)	0,77 (Lunner)	7,00
Mn (ppm)	590,0	493,0	94,0 (Halden)	3100,0 (Hurdal)	32,98
Ni (ppm)	13,0	9,0	2,0 (Rømskog)	65,0 (Lunner)	64,00
P (ppm)	720,0	284,0	281,0 (Engerdal)	2000,0 (Flere)	7,12
Pb (ppm)	14,0	6,0	4,0 (Rømskog)	46,0 (Rælingen)	11,5
Sc (ppm)	2,0	1,0	1,0 (Skaun)	5,0 (Flere)	5,10
Sr (ppm)	24,0	12,0	5,0 (Nissedal)	77,0 (Hemsedal)	15,4
V (ppm)	27,0	8,0	9,0 (Engerdal)	48,0 (Lunner)	5,33
Zn (ppm)	54,0	49,0	14,0 (Halden)	494,0 (Lunner)	35,29
Zr (ppm)	9,0	5,0	3,0 (Lesja)	30,0 (Øystre Slidre)	10,0

Contents of 22 acid soluble elements in stream sediments from 159 municipalities in South-eastern Norway, see Fig. 1. One composite sample from each municipality has been analyzed

Tabell 2. Gruppering av 22 syreløselige grunnstoffer etter deres innhold i bekkesedimenter fra 159 kommuner på Østlandet og i Trøndelag. Grunnstoffene innenfor hver gruppe er interkorrelert. (Etter Olesen og Finne 1982).

Gruppe	Grunnstoff	Høyområde	Lavområde
1.	Al, Co, Cr, Cu, Mg, Ni, Sc, V	Trondheimsfeltet	Sparagmittområdene i Østerdalen
2.	Be, Fe, Li, Mn, Pb, Zn, Zr	Valdres	
3.	Ce, La	Søndre Oslofelt Telemarks dalfører	Trondheimsfeltet
4.	Ba, K	Østnorske dalfører	Vestfold, Telemark
5.	Ca, P, Sr	Gudbrandsdalen	Sparagmittområdene i Østerdalen

*Grouping of 22 elements in stream sediments from South-eastern Norway according to their intercorrelation.*

gjelder andre resultater av geomedisinsk forskning i Norge vises til litteraturlisten til denne artikkelen, spesielt Låg (1980a og b, 1983, 1984).

### Geokjemiske data

Norges geologiske undersøkelse har som et ledd i regional geokjemisk kartlegging samlet inn 4390 prøver av bekkesedimenter fra 159 kommuner på Østlandet og i Trøndelag. For geomedisinsk forskning ble like deler av alle prøver innenfor hver kommune sammenslått og blandet til en analyseprøve pr. kommune. 1 gram av analyseprøvene ble kokt 3 timer med 7N salpetersyre. Ekstraktet ble så fortynt og analysert på 22 grunnstoffer ved hjelp av plasmaspesktrometri (Ødegård 1981). Fig. 1 er eksempel på et geokjemisk kart over analyseresultatene. Kartet og Tabell 1 viser at det er store forskjeller i grunnstoffinnholdet mellom de ulike kommuner. De 22 grunnstoffer kan deles i 5 hovedgrupper. Grunnstoffene innen-

for hver gruppe viser likheter i fordelingsmønsteret. Man kan skille ut geografiske enheter hver med sin karakteristiske kombinasjon av grunnstoffer (Tabell 2).

Figurene 2 og 3 er eksempler på geokjemiske kart fra «Nordkalottprosjektet». Dette er et samarbeidsprosjekt mellom de geologiske undersøkelser i de nordiske land, se Bjørklund og Bølviken (1983), Bølviken og Ottesen (1984), Bølviken et al. (1982), Heier (1981) og Ottesen og Bølviken (1984).

Innholdet av totalt krom i moreneprøver fra Nordkalotten (Fig. 2) viser et belte med høye konsentrasjoner fra nord mot sør i østre deler av Karasjok kommune og derfra mot sørøst i Finland. Denne geokjemiske kromprovins faller i store trekk sammen med et østlig grønnstensbelte. Moreneprøver fra et vestlig grønnstensbelte fra Kautokeino og sydo-ver har gjennomgående lavere kromverdier enn prøvene fra det østlige belte.

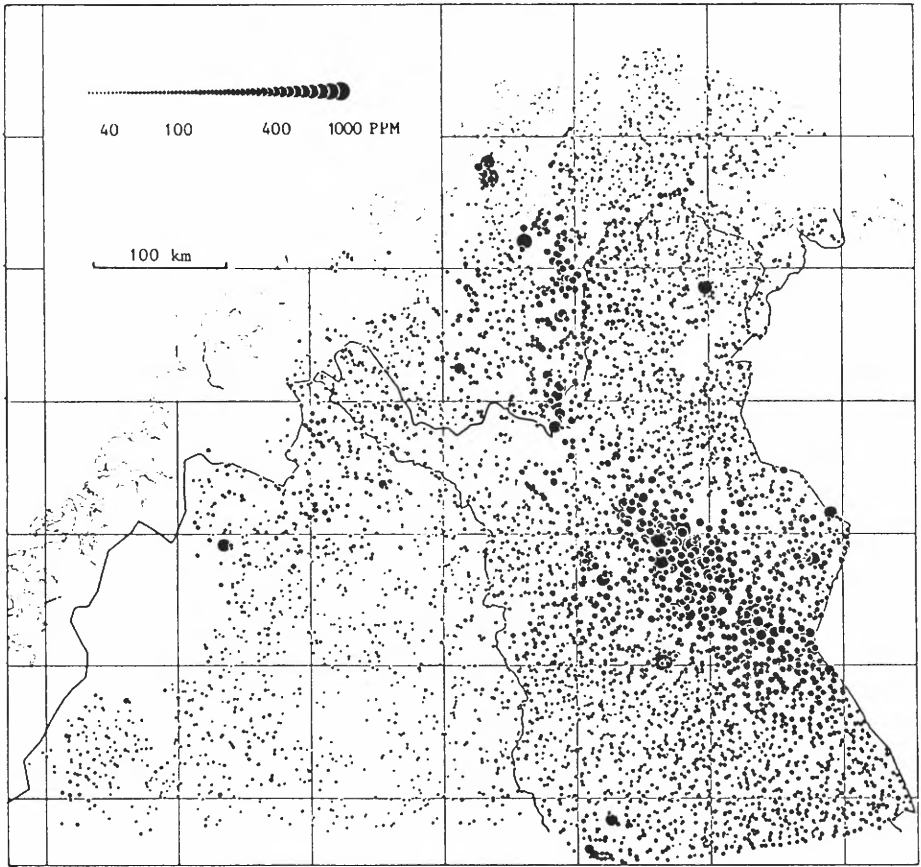


Fig. 2. Totalt krom i finfraksjonen  $<0.06\text{ mm}$  av moreneprøver fra Nordkalotten. Prøvene er tatt i 60 cm dyp med en gjennomsnittlig tetthet på 1 prøve pr. ca.  $50\text{ km}^2$ .

Fig. 2. Total chromium in the fine fraction  $<0.06\text{ mm}$  of till from Northern Scandinavia. The samples have been collected at a depth of 60 cm.

Innholdet av syreløselig barium i bekkesedimenter (Fig. 3) viser et sammenhengende høyområde innenfor deler av Varangerhalvøya og rundt indre Tanafjord. Geologisk er dette området karakterisert av senprekambriske sedimenter.

### Sykdomsdata

Legene i primærhelsetjenesten rapporterer sykdomstilfeller og dødsårsaker til

sentrale myndigheter. I Norge er det institusjoner som Statistisk sentralbyrå, Statens instiutt for folkehelse og Kreftregisteret som bearbeider denne type data. I forskningsøyemed er data for utbredelse av sykdommer vanligvis tilgjengelig som fylkesvise eller kommunevise rater. Når slike data kartfremstilles, viser noen sykdommer/sykdomsgrupper nokså tilfeldige geografiske fordelinger, mens andre

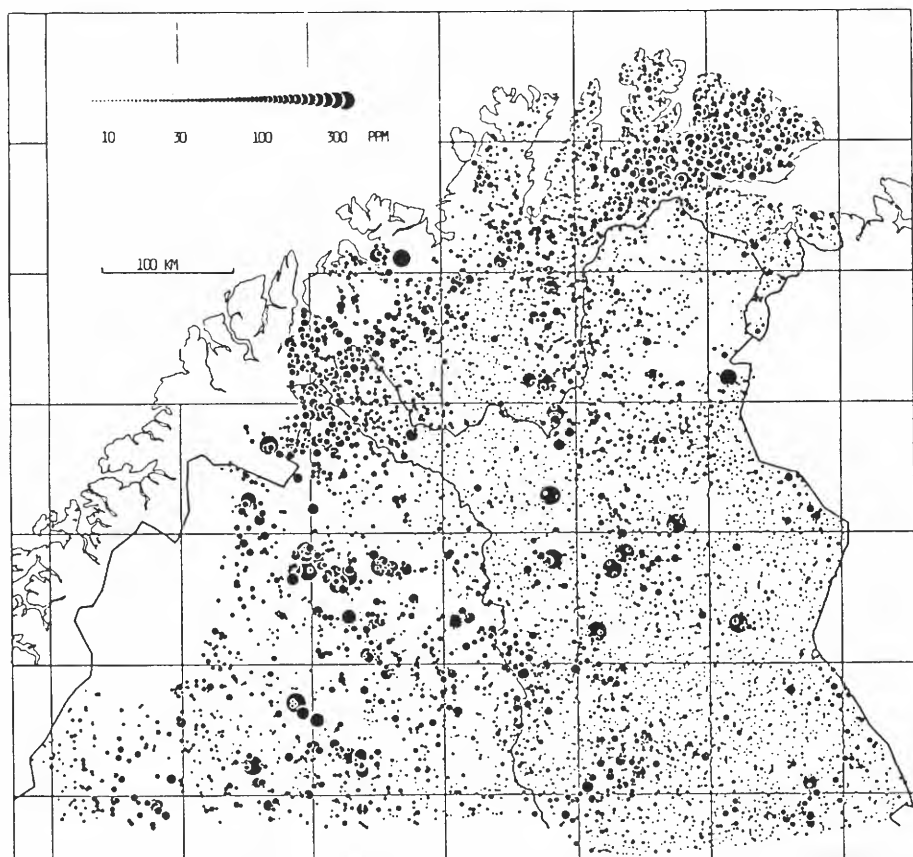


Fig. 3. Syreløselig barium i finfraksjon  $<0.2$  mm av bekkesedimenter på Nordkallotten. Gjennomsnittlig prøvetetthet er 1 prøve pr. ca.  $50 \text{ km}^2$ .

Fig. 3. Acid soluble barium in the fine fraction  $<0.2$  mm of stream sediments from Northern Scandinavia.

kan opptre i systematiske mønstre. Dødeligheten av hjerte-karsykdommer i Norge i tidsrommet 1971–78 (Fig. 4) hører til den siste kategori. Påfallende trekk ved kartbildet er relativ lav dødelighet i Sogn og Fjordane, relativ høy dødelighet i de største befolknings-sentra og særlig høy dødelighet lengst mot nord.

### Sammenligning av geokjemiske data og sykdomsdata

Landsforeningen mot Kreft har siden 1976 støttet prosjektet «Sammenstilling av geokjemiske og medisinske data i Norge». I prosjektet er samvariasjoner undersøkt ved sammenligning av geokjemiske kart og sykdomskart og ved statistisk behandling av kommunevis data for sykdom og geokjemi. Det er funnet flere

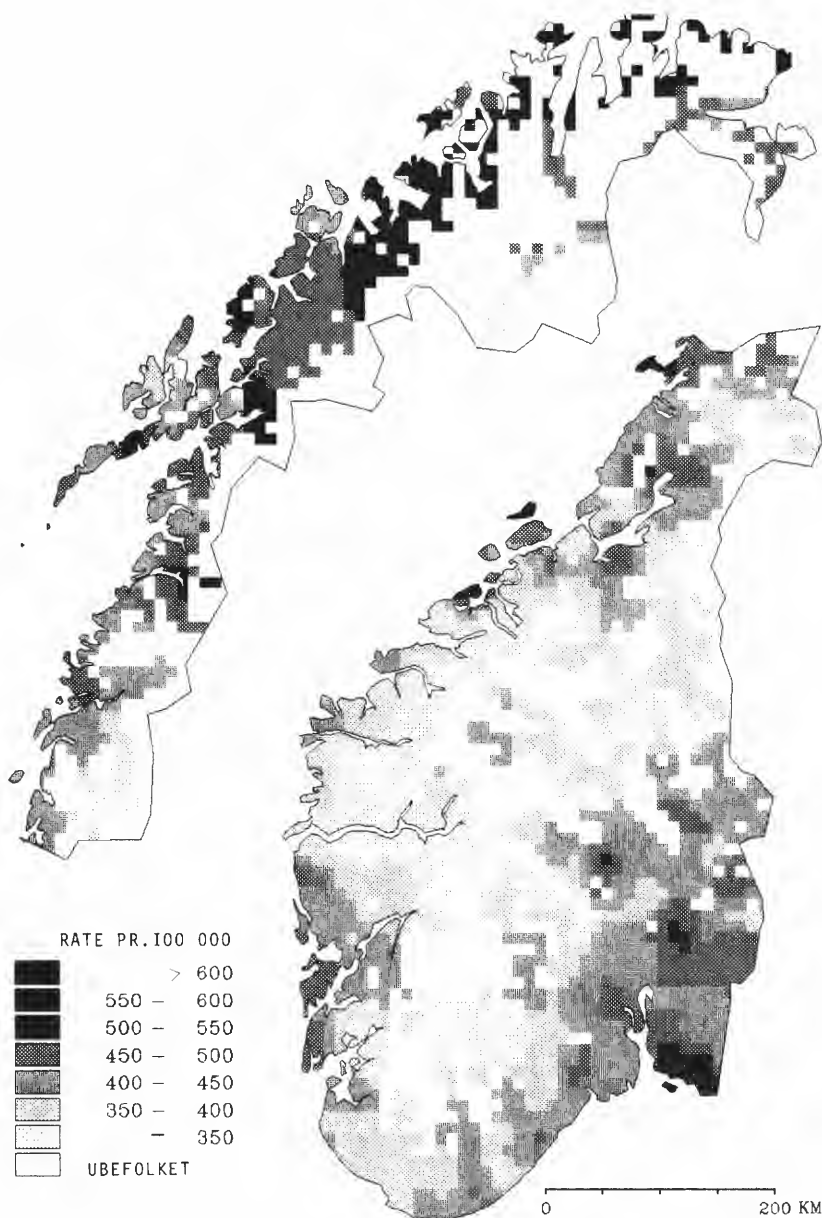


Fig. 4. Geografisk glattede data (løpende gjennomsnitt) for kommunevis, aldersjustert årlig dødelighet av hjertekarsykdommer (ICD8 Nr. 390-495) 1971-78. Data fra Statistisk sentralbyrå ved dr. E. Glatre.

Fig. 4. Smoothed data (moving average) of municipal age adjusted annual rates of coronary heart diseases (ICD8 No. 390-495) in Norway 1971-78.

korrelasjoner mellom geokjemi og sykdom, noen av disse er tilsynelatende statistisk signifikante, (se Bølviken et al. 1980, 1982, 1984, Bølviken og Olesen 1982, Finne 1984a og b, Finne et al. 1984, Glattre et al. 1985). Imidlertid er det mange problemer forbundet med denne type sammenstillinger. Noen av disse problemene omtales her:

Den arbeidsmåte vi bruker gir ikke holdpunkter for å konkludere noe om årsakssammenheng. De egentlige sykdomsårsaker kan være ukjente faktorer som varierer i takt med de undersøkte kjemiske parametre. Undersøkelser av samvariasjon kan gi grunnlag for å fremme hypoteser, men er mindre egnet til å teste hypoteser.

Klassisk statistikk rekker ikke alltid til i den type undersøkelser vi gjør. Studier av samvariasjon forutsetter således at observasjoner gjort i ett målepunkt (kommune) er uavhengige av observasjonene i alle andre målepunkter i datasettet (stokastiske variable). Denne betingelse vil ikke alltid være oppfylt i geomedisin, og de resultatene man får ved for eksempel korrelasjon- og regresjonsanalyse blir usikre. Nedenfor belyses dette nærmere for geokjemiske data med utgangspunkt i Figurene 1, 2 og 3. Helt tilsvarende resonanser kan gjennomføres for sykdomsdata.

Figurene 1, 2 og 3 viser store regionale mønstre for grunnstoffinnhold i geokjemiske prøver. Flere nabokommuner kan inngå i homogene deler av slike mønstre. Dette tilsier at det er mulig å anslå innholdet av et grunnstoff i geokjemiske prøver fra en bestemt kommune hvis man kjenner innholdet i prøver fra de omliggende kommuner. Anslått innhold vil variere fra kommune til kommune. Anslaget kan gjøres med større eller

mindre sikkerhet alt etter hvor homogent fordelingsmønsteret er. Sagt på en måte: En enkeltkommunes relative informasjonsbidrag i et stort sett av kommunevise geokjemiske data er mindre enn den brøk kommunen utgjør av alle kommuner i settet. Bidraget vil også kunne variere med geografisk lokalisering. Dette må bety at de kommunevise geokjemiske verdier ikke er uavhengige variable slik kravet er i klassisk statistikk. Håndtering av disse problemene krever videreutvikling av de klassiske statistiske metoder.

Det stilles meget store krav til presisjonen av de geokjemiske data som skal brukes i geomedisinsk forskning. Selv meget små, ofte uungåelige kalibreringsfeil eller andre små systematiske feil i analyseresultatene kan gi kunstige mønstre på geokjemiske kart, når mange prøver er analysert i en gitt geografisk rekkefølge. Systematiske feil vil også kunne forekomme i de medisinske data. Disse feil i datamaterialet vil kunne forårsake korrelasjoner mellom geokjemiske data og sykdomsdata, som i realiteten bare er artefakter. Geomedisinsk bruk av kjemiske analysedata krever at de geokjemiske prøver er analysert i tilfeldig rekkefølge og med løpende nitid analysekontroll.

Sykdomspåvirkende faktorer kan motvirke hverandre (antagonisme), og komplisere kartbildet over sykkeligheten. Fordelingen av sykkeligheten av thyroidcancer (ICD nr. 194) i Norge (Glattre et al. 1985) er antagelig et eksempel på dette. I Trøndelag-Møre regionen har denne sykdommen tydelig høyere rater langs kysten enn i innlandet. Imidlertid er tilsvarende forskjeller i sykdomsratene mellom kyst og innland ikke påvisbare lengre sydover. Parvise korrelasjonsanalyser med enkeltvise forklaringsvariable blir i slike tilfelle lett misvisende, hvis



hele datamaterialet behandles under ett. Det blir ønskelig å dele opp totalmaterialet i flere subsett, men kriterier for slik oppdeling vil være uklare. En bedre arbeidsmåte er å registrere flest mulig forklaringsvariable og å bruke multivariabel statistikk i behandlingen av dataene.

Sykdomspåvirkende faktorer kan også virke gjensidig forsterkende (synergisme). For eksempel regner man at kombinasjonen tobakksrøyking og eksponering for asbest er meget uheldig i forbindelse med lungekreft (Hammond et al. 1979 og Meurman et al. 1979). Man har også mistanke om at tobakksrøyking og eksponering for den radioaktive gass radon er en tilsvarende uheldig kombinasjon med synergistisk effekt (Radford et al. 1981, Bergmann et al. 1984 og Edling et al. 1984). Dette forhold tilsier at ukjente miljøfaktorer ikke uten videre kan utelukkes som medvirkende sykdomsårsak, selv i tilfelle der en eller flere dominerende årsaker allerede er kjent.

En vanlig innvending mot empiriske geomedisinske arbeidsmåter er: Det kan ikke forventes noen nær sammenheng mellom menneskenes helse og det geokjemiske miljø, fordi næringsmidlene i vår tid er av så variert opprinnelse at påvirkninger via lokalt produserte matvarer blir liten. Ved nærmere ettertanke er denne påstand neppe holdbar. La oss se på noen momenter i denne sammenheng.

I geomedisinske undersøkelser brukes vanligvis så store arealenheter at en betydelig del av menneskeføden kan regnes å være produsert innenfor det areal angjeldende konsumenter bor (Hopps 1979). De fleste vil vel være enige i at i Norge har konsumet av næringsmidler som melk, poteter, visse grønnsaker og bærslag et betydelig innslag av lokale produkter. I noen grad vil antagelig det samme være tilfelle for kjøtt og fisk.

En del av menneskenes mineralopptak skjer via drikkevann uavhengig av andre næringsmidler. Drikkevannets sammensetning avspeiler det lokale geokjemiske miljø. I Norge har Flaten (1984a og b) og Flaten og Bølviken (1985) vist at innholdet av ioner som  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  og  $\text{Br}^-$  er vesentlig høyere i drikkevannet langs kysten enn i drikkevannet fra innlandet. Innholdet av andre grunnstoffer kan være påvirket av sammensetningen av den lokale berggrunn. Ryghaug (1984) fant sammenheng mellom uraninnholdet i bergart og radoninnholdet i drikkevann, mens Flaten (op.cit.) for eksempel viste at innholdet av Ba i drikkevann er høyt der det forekommer bestemte senprekambriske bergarter (se også kommentarer til Fig. 3). Sammensetningen av drikkevann kan også være påvirket av langtransporterte luftforurensninger. Dette indikeres ved at Al- og Mn-innholdet i drikkevannet er høyest i de deler av Norge som er mest utsatt for sur nedbør (Flaten, og Flaten og Bølviken op.cit.).

En viss del av støvpartiklene og de oppløste salter i den luften vi lever i, vil være av lokal opprinnelse. Dette gir mulighet for lokal påvirkning av menneskene via luftveier, og dermed også via fordøyelseskanal, fordi endel av lungenes rensmekanisme innebærer at partikler vandrer oppover i luftveiene for så å havne i spiserøret (Hopps 1979, Wagner 1980). Her kan noe av forklaringen på synergismen mellom tobakksrøyking og ulike andre parametre i forbindelse med lungekreft ligge. Det er nemlig vist at støv har lengre oppholdstid i lungene hos røykere enn i lungene hos ikke-røykere (Cohen et al. 1979). Direkte inntak av jord er påvist hos beitende husdyr (Thornton and Webb, 1979, Thornton and Abrahams 1983), og kan heller ikke utelukkes hos barn og voksne mennesker

via partikler på hendene (Barthorp et al. 1975. Thornton 1984).

Den naturlige radioaktive stråling fra undergrunnen varierer med sammensetningen av bergarter og løsmasser. Ulike befolkningsgrupper vil derfor utsettes for ulik eksponering av stråling på naturlig måte og i arbeidslivet (Solli et al. 1985).

Mekanismene som ligger til grunn for samvariasjoner mellom miljøparametre og helse kan være meget kompliserte. Halvorsen et al. (1979) og Andersen og Halvorsen (1984) har vist at *Elaphostromyhis rangiferi*, som er en farlig parasitt (hjernemark) på rein, har en kalsiumkrevende snegle som nødvendig mellomvert. Dermed blir det mulighet for statistisk samvariasjon mellom kalsiuminnholdet i jord og forekomst av hjernemark på rein. Tilsvarende kompliserte mekanismer kan heller ikke utelukkes hos mennesker.

### **Konklusjon og sammendrag**

Geomedisinsk forskning utgjør et interessant nytt bruksområde for geokjemiske kart. Innen humanmedisinen er viktige sykdomsgrupper som hjerte-kar-sykdommer og kreft av spesiell interesse i denne sammenheng fordi mange av undergruppene i disse hovedkategorier opptrer i systematiske geografiske mønstre, uten at sykdomsårsakene er fullstendig kjent.

Ved sammenligning mellom geokjemiske og epidemiologiske data kan det avdekkes samvariasjoner, men anvendelse av klassiske statistiske metoder i denne sammenheng er problemfylt. De geokjemiske miljøfaktorer kan virke synergistisk eller antagonistisk i samspillet med kjente sykdomsårsaker. Studier av geokjemiske samvariasjoner kan føre til hypotesedannelse, men er lite egnet til å teste hypoteser. Slike studier krever

data der feilen er fordelt geografisk på en tilfeldig måte. Dette forutsetter at alle geokjemiske prøver er analysert i tilfeldig rekkefølge. Det hevdes ofte at studier av geomedisinsk samvariasjon er lite fruktbar innenfor humanmedisinen, fordi menneskenes ernæring i vår tid er av meget variert opprinnelse. Flere momenter kan hevdes mot denne innvendig: Mye av maten vi spiser er produsert lokalt når vi tar i betraktning de arealenheter det her er tale om. Drikkevannet er av lokal opprinnelse og avspeiler det geokjemiske miljø uavhengig av andre næringsmidler. Endel av miljøvirkningen på mennesker skjer som radioaktiv stråling og ved direkte inntak av støv og jordpartikler gjennom luftveier og fordøyelseskanal. Det er også muligheter for at det kan eksistere meget kompliserte, ikke forutsigbare årsakssammenhenger mellom sykdom og miljø.

### **Synopsis**

Examples of Scandinavian regional geochemical maps showing large scale distribution patterns are presented. These suggest that geochemical data can be used for other purposes than the traditional one in mineral exploration. Geomedicine is one of these new fields of application. The mortalities of some diseases e.g. those of coronary heart diseases (a distribution map for Norway is given) and certain types of cancer, have geographical patterns, which may well indicate the influence of environmental factors on the aetiology. By comparison of geochemical and epidemiological data possible associations may be disclosed, from which causal hypotheses can be suggested, but a great number of lurking variables is a complicating factor. One requirement when studying geomedical correlations is that the geochemical data

have a random distribution of systematic errors, implying that geochemical samples must be analyzed in random order.

Precautions should be taken in the application of classical statistical methods like correlation and regression analysis, because geographically distributed geochemical data are not true stochastic variables due to their spatial autocorrelation. Reports in the literature indicate possible synergistic effects of tobacco smoking and exposure to radon or asbestos in the aetiology of lung cancer. It can be inferred that natural environmental factors may contribute to the geographical distribution patterns of mortality and morbidity even in cases where the dominating aetiological factors are known.

Geomedical influences may operate despite of the diverse origin of food consumed by human beings. This is because some of it is produced locally even in countries like Norway. Furthermore, human beings are also influenced by other local environmental factors such as the drinking water, inhalation/ingestion of dust and soil particles and exposure to natural radiation. The pathway from environment to man may even be so complicated that the mechanisms are unpredictable.

## Litteratur

- Andersen, J. and Halvorsen, O., 1984. Species composition, abundance, habitat requirements and regional distribution of terrestrial gastropods in arctic Norway. *Polar Biology*, Vol. 3, p. 45–53.
- Barltorp, D., Strehlton, C.D., Thornton, I. and Webb, J.S., 1975. Absorption of lead from dust and soil. *Postgraduate Medical Journal* 51, p. 801–804.
- Bergmann, H., Edling, C. and Axelson, O., 1984. Indoor radon daughter concentrations and passive smoking. *Indoor air*.
- Radon, passive smoking, particulates and housing. *Epidemiology*. Swedish Council for Building Research, p. 79–84.
- Bjørklund, B. and Bølviken, B., 1983. Geochemical data available for geomedicine: Northern Fennoscandia. *Nordic Council for Arctic Medical Research Report No. 35*, p. 20–26.
- Bjørlykke, A., Bølviken, B., Eidsvig, P. and Svinndal S., 1983. Exploration for disseminated lead in Southern Norway. In: Jones, M.J. (ed.): *Prospecting in areas of glacial terrain*. Institute of Mining and Metallurgy, London, p. 111–126.
- Bølviken, B., 1967. Recent geochemical prospecting in Norway. In: Kvalheim, A. (ed.): *Geochemical Prospecting in Fennoscandia*. Interscience Publisher, New York, p. 225–253.
- Bølviken, B., 1976. Snertingdal I: A lead occurrence found by systematic prospecting. In: Kauranne, L.K. (ed.): *Conceptual models in exploration geochemistry*. Norden 1975. *Journal of geochemical Exploration*, Vol.5, No. 3, p. 324–331.
- Bølviken, B., 1980. Geokjemiske kart, en ny type temakart med mange bruksområder. *Norges geologiske undersøkelse. Årsmelding 1979*, p. 43–47.
- Bølviken, B. og Olesen, O., 1982. Geomedisinsk bruk av geokjemiske data i sykdomsforskning. *Forskningsnytt Nr. 5*, p. 26–30.
- Bølviken, B., Bergstrøm, J. and Bjørklund, A., 1982. Geochemical mapping in northernmost Fennoscandia: a project of interest for circumpolar epidemiology. In: Harvald, B. and Hart Hansen, J.P. (eds.): *Circumpolar Health 81*, Proceedings of 5th international symposium on circumpolar health, Copenhagen 9–13 aug. 1981, Report Series 33, p. 226–228.
- Bølviken, B. and Gleeson, C.F., 1979. Focus on the use of soils for geochemical exploration in glacial terrain. In: Hood, P.J. (ed.): *Geophysics and geochemistry in the search for metallic ores*. Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 31, p. 295–326.
- Bølviken, B. and Låg, J., 1977. Natural

- heavy-metal poisoning of soils and vegetation: an exploration tool in glaciated terrain. Transactions/Sectons B of the Institution of Mining and Metallurgy, Vol. 86, p. 173–180. Discussion Vol. 87, p. 150–152.
- Bølviken, B. and Ottesen, R.T., 1984. Geochemistry in the Nordkalott project, Northern Finland, Norway and Sweden. In: Låg, J. (ed.): Geomedical research in relation to geochemical registrations, p. 17–25.
- Bølviken, B., Ek, J. and Kuusisto, E., 1980. Geochemical data: a basis for geomedical studies. In: Låg, J. (ed.): Geomedical aspects in present and future research. Norwegian Academy of Science and Letters, p. 20–32.
- Bølviken, B., Finne, T.E. og Olesen, O., 1982. Geomedisinsk forskning ved NGU. NGUs årsmelding for 1981, p. 32–34.
- Bølviken, B., Finne, T.E., Glatte, E. and Olesen, O., 1984. Geomedical investigations in Norway. In: Hemphill, D.D. (ed.): Trace Substances in Environmental Health XVIII, University of Missouri, p. 534–538.
- Bølviken, B., Nilsson, C.A. and Wennervirta, H., 1971. Summary of research and development in geochemical exploration in Scandinavian countries. In: Boyle, R.W. and Mc Gerrigle, J.I. (eds.): Geochemical Exploration. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special Volume 11, p. 1–4.
- Bølviken, B., Ottesen, R.T. and Glatte, E., 1980. Comparison of geochemical and epidemiological data from South-Eastern Norway. In: Hemphill, D.D. (ed.): Trace Substances in Environmental Health XIV, University of Missouri, p. 19–26.
- Cohen, D., Arai, S.F., and Brain, J.D., 1979. Smoking impairs longterm dust clearance from the lung. Science, 204, p. 514–517.
- Edling, C., Wingren, G. and Axelsson, O., 1984. Radon daughter exposure in dwellings and lung cancer. Indoor air. Radon, passive smoking, particulates and housing. Epidemiology. Swedish Council for Building Research, p. 29–34.
- Edward, P.R. and St. Clarie Renard, K.G., 1984. Lung cancer in Swedish iron miners exposed to low doses of radon daughters. New England Journal of Medicine. Vol. 310, No 23, p. 1485–1494.
- Finne, T.E., Glatte, E. and Langmark, F., 1984. Norwegian cancer atlas. In: Låg, J. (ed.): Geomedical research in relation to geochemical registrations, p. 81–88.
- Finne, T.E., 1984a. Comparison of stream sediment data and death rates in Southern Norway. In: Låg, J. (ed.): Geomedical research in relation to geochemical registrations, Universitetsforlaget, p. 71–80.
- Finne, T.E., 1984b. Sammenstilling av geokjemiske og medisinske data i Norge. Status pr. 1. juli 1984. Landsforeningen mot kreft, Norges geologiske undersøkelse. Rapport 84.107.
- Flaten, T.P., 1984a. The regional distribution of some constituents in Norwegian drinking water. In: Låg, J. (ed.): Geomedical research in Relation to Geochemical Registrations, Universitetsforlaget, p. 167–174.
- Flaten, T.P., 1984b. Drinking water geochemistry as a basis for geomedical research in Norway. In: Hemphill, D.D. (ed.): Trace substances in environmental health XVIII, University of Missouri. p. 149–153.
- Flaten, T.P. og Bølviken, B., 1985. Regionale forskjeller i sammensetningen av drikkevannet i Norge. Norges geologiske undersøkelse. Årsmelding 1984, p. 21–24.
- Glatte, E., 1982. Geomedisin. I: Natvig, H., Bjerkedal, T., Høstmark, A.T. and Vellar, O.D. (redaktører): Forebyggende medisin 2. Miljø – arbeid – helse, Gyldendal Norsk Forlag, p. 10–20.
- Glatte, E., Finne, T.E., Olesen, O. og Langmark, F., 1985. Atlas over kreftinsidens i Norge 1970–1979, Krefregisteret, Oslo. Under trykking.
- Halvorsen, O., Andersen, J., Skorping, A. and Lorentzen, G., 1980. Infection in reindeer with the nematode *Elaphostrongylus rangiferi mitskevich* in relation to climate and distribution of intermediate hosts.

- In: Reimers, E. and Skjenneberg, S. (eds.): Proc. 2nd Int. Reindeer/Caribou symposium. Røros 1979. Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Trondheim, p. 449–455.
- Heier, K.S., 1982. Nordkalottprosjektet. Norges geologiske undersøkelse. Årsmelding 1981, p. 42–44.
- Holmsen, E. og Låg, J., 1984. Byggefelt for boliger – geomedisinske problemer. Tidsskrift for Den norske lægeförening, 104, p. 175–177.
- Hopps, H.C., 1979. The geochemical environment in relationship to health and disease. Interface, Vol.8, p. 24–38.
- Låg, J., 1980a. Geomedicine in Norway. Journal of the geological Society, London, 137, p. 559–564.
- Låg, J., 1980b. Geomedical aspects in present and future research. Universitetsforlaget, 226 pp.
- Låg, J., 1983. Geomedicine in Scandinavia. In: Thornton, I. (ed.): Applied environmental geochemistry. Academic Press, p. 335–353.
- Låg, J., 1984. Geomedical research in relation to geochemical registrations. Universitetsforlaget, 189 pp.
- Olesen, O. og Finne, T.E., 1982. Regional bekkesedimentgeokjemi på Østlandet og i Trøndelag. Del I. Norges geologiske undersøkelse. Rapport 1494 W.
- Ottesen, R.T. og Bølviken, B., 1984. Storregional geokjemisk kartlegging på Nordkalotten. Norges geologiske undersøkelse. Årsmelding 1983, p. 43–45.
- Ottesen, R.T., Ekremsæter, J. and Bølviken, B., 1983. Nitric acid soluble heavy metals in stream sediments from the Oppland–Hedemark region. Norges geologiske undersøkelse, Bull. 389, p. 57–64.
- Ryghaug, P., 1983. Geokjemiske tolkningskart – en mulig presentasjon av geokjemiske data for planleggingsformål. Norges geologiske undersøkelse. Årsmelding 1982, p. 37–42.
- Ryghaug, P., 1984. En uranomalie i Telemark og dennes innvirkning på radoninnholdet i drikkevann. Vann 18, nr. 2, p. 172–181.
- Sharp, W.E. and Bølviken, B., 1978. Brown Algae: A sampling medium for prospecting fjords. In: Watterson J.R. og Theobald D.K. (eds.): Geochemical Exploration 1978, Association of Exploration Geochemists, p. 347–356.
- Solli, H.M., Andersen, A., Strandén, E. and Langård, S., 1985. Cancer incidence among workers exposed to radon and thoron daughters at a niobium mine. Scandinavian journal of working and environmental health, 11, p. 7–13.
- Thornton, I., 1984. Environmental geochemistry and health in the United Kingdom. In: Låg, J. (ed.): Geochemical research in relation to geochemical registrations. Universitetsforlaget. p. 125–136.
- Thornton, I., and Abrahams, P.W., 1983. Soil ingestion – a major pathway of heavy metals into livestock grazing contaminated land. Science of the total Environment, 28, p. 287–294.
- Wagner, J.C., 1980. The pneumoconioses due to mineral dusts. Journal of the geological Society, London, 137, p. 537–545.
- Ødegård, M., 1981. The use of inductively coupled argon plasma (ICAP) atomic emission spectroscopy in the analysis of stream sediments. Journal of geochemical Exploration, 14, p. 119–130.