

Rapport nr. 86.160

Kartlegging av radioaktivt
nedfall etter
Tsjernobylulykken



Norges geologiske undersøkelse

Leiv Eirikssons vei 39, Postboks 3006, 7001 Trondheim - Tlf. (07) 92 16 11
Oslokontor, Drammensveien 230, Oslo 2 - Tlf. (02) 50 25 00

| | | | |
|--|----------------------------|---|------------------------------|
| Rapport nr. 86.160 | ISSN 0800-3416 | Åpen/Fortryk tlf. XXXXXXX | |
| Tittel: Kartlegging av radioaktivt nedfall etter Tsjernobylulykken | | | |
| Forfatter: I. Lindahl og H. Håbrekke | | Oppdragsgiver: Sosialdepartementet/NGU | |
| Fylke: | | Kommune: | |
| Kartbladnavn (M. 1:250 000) | | Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) | |
| Forekomstens navn og koordinater: | | Sidetall: 19 | Pris: kr. 350,- |
| | | Kartbilag: 8 | |
| Feltarbeid utført: 06.05.-07.06.86 | Rapportdato: 03.09.1986 | Prosjektnr.: 2396.00 | Prosjektleder: I. Lindahl |
| Sammendrag: Rapporten inneholder resultater fra NGUs samlede innsats i forbindelse med Tsjernobylulykken i USSR. Resultater fra de radiometriske bilmålingene over hele landet i et grovmasket nett er presentert. Disse dataene er tolket i et nedfallskart. Helikopter og flymålingene dekker Nord-Trøndelag, og sørlige deler av Nordland og sentrale fjellområder i Sør-Norge. Fra disse områdene er manuelt og statistisk tolkede nedfallskart presentert. Rapporten er en samling av materiale som tidligere er presentert for myndigheter og mediaene. | | | |
| Emneord | Flymåling | Fagrapport | |
| Geofysikk | Bilmåling | | |
| Helikoptermåling | Radiometri | | |

INNHOOLD

| | Side |
|---|------|
| INNLEDNING | 5 |
| RADIOMETRISKE BILMÅLINGER | 8 |
| Målebetingelser etter Tsjernobylulykken | 10 |
| Måleinstrumenter | 10 |
| Resultater av målingene | 10 |
| RADIOMETRISKE HELIKOPTER OG FLYMÅLINGER | 12 |
| Målebetingelser ved målingene | 13 |
| Målemetode og instrumenter | 13 |
| Utførelse | 14 |
| Bearbeiding av dataene | 15 |
| Resultater av målingene | 16 |
| PRØVETAKING OG ANALYSE | 17 |
| VURDERING | 18 |

TEGNINGER

- 86.160-01 Dekningsgrad for radiometriske bilmålinger,
M 1:2.8 mill.
- 02 Radiometriske bilmålinger etter Tsjernobylulykken,
rådata, M 1:1 mill.
- 03 Radiometriske bilmålinger etter Tsjernobylulykken,
tolkningskart, M 1:2 mill.
- 04 Punktobservasjon av gammastråling i Trondheim,
daglig variasjon
- 05 Helikopterprofiler i Nord-Trøndelag, M 1:325 000

- 06 Helikoptermåling i Nord-Trøndelag, tolkningskart
(manuelt), M 1:325 000
- 07 Nedfallskart for Nord-Trøndelag og Sørlege Nordland,
helikoptermålinger, M 1:1 mill.
- 08 Nedfallskart for sentrale fjellstrøk i Sør-Norge,
flymålinger, M 1:1 mill.

INNLEDNING

Ulykken ved kjernekraftverket i Tsjernobyl 26.04.86 førte til radioaktivt nedfall også i Skandinavia. Fra meteorologiske observasjoner og rapporter fra Sverige ble det klart at fordelingen av nedfallet hadde store lokale variasjoner og at høyst sannsynlig vårt land hadde fått en betydelig del. Med dette som bakgrunn og den ekspertise og utrustning vi sitter inne med, fant vi det riktig å sette i gang en landsomfattende kartlegging.

Denne rapporten presenterer våre målemetoder og resultatene av undersøkelsene. Vi går ikke inn på mediadekkingen av uhellet og kontroverser mellom personer og institusjoner. Noen av disse forhold blir omtalt i en egen rapport. (NGU rapport nr. 86.161).

Arbeidet med kartlegging av det radioaktive nedfallet over Norge er gjort som tilskuddsprosjekt fra Helsedirektoratet/Sosialdepartementet. Det vises til bevilgningsbrev datert 22.05. og 28.05.86 på tilsammen kr. 360 000,- til dekning av driftsutgiftene i forbindelse med dette. I tillegg har NGU fått tildelt 25 helikoptertimer fra Forsvaret. Om dette sammen med lønner etc. til de involverte personer, instrumentavskrivning og datamaskintid tas med dreier hele prosjektet seg kostnadsmessig om ca. 1 mill. kroner. Prosjektleder for undersøkelsene i NGUs regi har vært I. Lindahl med meget stor innsats fra flygeofysikkgruppen ved H. Håbrekke. Operasjonslog for målingene er gitt i Tabell 1.

Måling av radioaktiv stråling (gammastråling) er gjort av NGU fra siste verdenskrig og opp til i dag som rutine. Omfanget av målingene har variert. Det vi vanligst måler er det en benevner naturlig stråling som er sum av stråling på det enkelte sted vi observerer eller i det profil vi måler kontinuerlig. Bidrag kommer i dette tilfelle både fra kosmisk stråling og stråling fra radioaktive elementer i bakken. De viktigste er uran, thorium og kalium og isotoper fra disse. Målingene utføres til fots med

bærbare instrumenter, fra bil med tyngre utstyr og fra fly/helikopter med ennå mer fintfølende utstyr.

TABELL 1 Operasjonslog for NGU ved måling av radioaktivt nedfall

- 30.4. Punktobservasjoner i Trondheim som viste stor økning i radioaktivitet
- 1.-4.5. Fortsatte observasjoner, oppretting av referansepunkter for daglige målinger
- 5.5. Diskusjoner på NGU om hvordan informasjonen skulle behandles, med konklusjon å presentere dem åpent i pressekonferanse neste dag
- 6.5. Oppstarting av bilmålinger i Trondheim by og Trondheim-Storlien (1 bil)
- 7.5. Bilmåling Trondheim-Nordli-Namsos-Trondheim (1 bil)
- 8.5. Bilmåling Trondheim-Orkanger-Berkåk-Støren-Røros-Trondheim (1 bil)
- 9.5. Bilmåling på Fosen-Namdal (1 bil)
- 10.5. Bilmåling Trondheim-Selbu-Tydal (1 bil)
Forberedelse for helikoptermålinger
- 11.5. Forberedelse for helikoptermålinger
- 12.5. Helikoptermåling i Nord-Trøndelag
- 13.5. Helikoptermåling i Nord-Trøndelag
Bilmåling i Sør-Trøndelag og i Møre og Romsdal
- 14.5. Helikoptermåling i Nord-Trøndelag
Bilmåling (2 biler), en i sørlige Nordland, en til Narvik
Prøvetakning av jordsmonn Sør- og Nord-Trøndelag
- 15.5. Helikoptermålinger i Nord-Trøndelag
Bilmålinger: 2 biler i Nordland
1 bil i Gudbrandsdal
Prøvetakning i Nord-Trøndelag

- Foreløpig tolkningskart for Nord-Trøndelag ferdig
- 16.5. Bearbeiding av helikopterdata
Bilmålinger: 2 biler i Nordland
1 bil i Østerdalen
Prøvetakning i Nord-Trøndelag
- 17.-18.5. Helg
- 19.-21.5. Bearbeiding - planlegging - møtevirksomhet
- 22.-29.5. Bilmålinger (1 bil) vestlige Sør-Norge (Vestlandet ned til Kristiansand, ytre og indre rute)
- 22.-29.5. Bilmålinger (1 bil) Troms og Finnmark
- 29.5.-1.6. Helikoptermålinger sørlige Nordland, opp til Mosjøen
- 2.-7.6. Bilmålinger (2 biler). Fjelltrakter midt-Norge og Østlandet
Flymålinger Rondane-Jotunheimen-Hardangervidda
- 8.-11.6. Bearbeiding og sammenstilling av dataene
- 12.6. Framlegging av tolkningskart for Norge basert på ovenfornevnte målinger
- 12.-30.6. Bearbeiding statistisk. EDB-behandling av fly og helikopterdataene

Med de enkle måleinstrumentene måler vi summen av stråling i gamma-spekteret. Med de større instrumentene kan vi måle vinduer i spekteret som dekker uran, thorium og kalium, og med den mest raffinerte instrumentutrustningen kan vi måle gamma-spekteret delt inn i 256 kanaler som dekker hele spekteret. Dataene skrives ut på analog skriver og digitalt på tape som senere mates inn i datamaskinen. Etter at de geografiske data er lagt inn tegnes måledata ut direkte, statistisk tolket og automatisk tegnet som fargekart.

NGU er den eneste institusjon i Nord-Europa som har komplett utstyr for måling av radioaktiv stråling, magnetisme og kartlegging av elektriske ledere fra helikopter. Årsaken er at våre topografiske forhold krever dette for at datene skal bli gode.

Resultatene fra måling av radioaktivitet er en geofysisk/geo-kjemisk parameter som er viktig ved geologisk kartlegging og tolkning av bergarters opprinnelse. Også ved direkte kartlegging av uran benytter vi radiometri. Slike målinger kan også benyttes ved kartlegging av kalium.

Ved oppbygging av NGUs ekspertise på måling av radioaktiv stråling har vi vært i nær kontakt med de skandinaviske geologiske undersøkelsene, International Atomic Energy Agency (IAEA) i Wien og med de instrumentprodusenter, spesielt i Canada, som ligger lengst fremme på dette området.

RADIOMETRISKE BILMÅLINGER

NGU har gjort radiometriske målinger periodevis på 1950 og 60-tallet og en systematisk måling med hensikt å dekke landet ble påbegynt i 1975. Den dekningsgrad vi hittil har oppnådd er vist på Tegning 1. De radiometriske bilmålingene har hatt til hensikt å kartlegge eventuelle ressurser av uran og i tillegg kartlegge spesielle bergarter som sammen med uran og thorium inneholder andre typer mineraliseringer viktig i ressursammenheng for landet.

De radiometriske bilmålingene har gitt en god oversikt over den naturlige radioaktive strålingen som en har i de forskjellige regionene. Sammen med de geologiske dataene NGU sitter inne med har vi derfor en god oversikt over strålingsnivåene for naturlig gammastråling rundt omkring i landet.

Ved utføringen av bilmålingene søker en å holde målebetingelsene mest mulig konstant. Det vil si:

- Hastighet ved målingene er 45 km/t maksimum.
- Plassering av krystallet som registrerer strålingen er den

samme. Det ligger ca. 1 m over bakken på høyre side i bilen.
- Alle veiene måles tur/retur, slik at stråling fra veikanten og opp mot 10 m utover kan registreres.

Ved bilmålingene vil den lokale topografi (veiskjæring, tunneler, oppbygd veibane, etc.) bety mye. Erfaring har imidlertid gjort geolog/ingeniør i stand til å vurdere disse topografiske innvirkningene under veis.

Måleresultatene ved bilmålingene registreres kontinuerlig på analog skriver, oftest med km-markør koblet til bilens speedometer. De forskjellige målte strålingsnivå sjekkes ved å stoppe bilen og måle over et visst areal med håndinstrumentet på bakken. Dette areal gis en gjennomsnittlig måleverdi i samme enhetlige skala (impulser/sekund - i/s), basert den mest stabile instrumenttypen vi har. Samtidig er det den samme instrumenttypen som brukes i Sverige ved SGAB/SGU og i flere andre land. Det er et fransk instrument av type SAPHYMO. Dette har også den fordel at vi i diskusjoner med fagfolk i nabolandene kan referere til samme skala.

Alle innsamlede data plottes på kart i målestokkene 1:50 000 og 1:250 000. Det er hittil ikke framstilt noe oversiktskart over den naturlige stråling i Norge.

Alle våre måleinstrumenter har en thallium aktivert NaI-krystall som oppfanger gammastrålingen. Antallet impulser blir registrert med viserutslag eller digitalt. Instrumentenes følsomhet øker med økende krystallvolum.

Målebetingelser etter Tsjernobylulykken

Når radiometriske målinger er gjort etter Tsjernobylulykken har nedfallet lokale variasjoner, men samtidig ikke dramatiske variasjoner over 1-5 meter som vi normalt ved bilmålinger også ser etter. Derfor har vi ved undersøkelsene kjørt opp mot fartsgrensen på 80 km. Med den hastigheten får en like godt fram variasjonene i nedfallsmønsteret. Videre er de fleste områdene målt bare en retning langs veiene. Innsamling av dataene er ellers gjort som tidligere beskrevet og plassering av instrumentene i bilene er den samme.

Måleinstrumenter

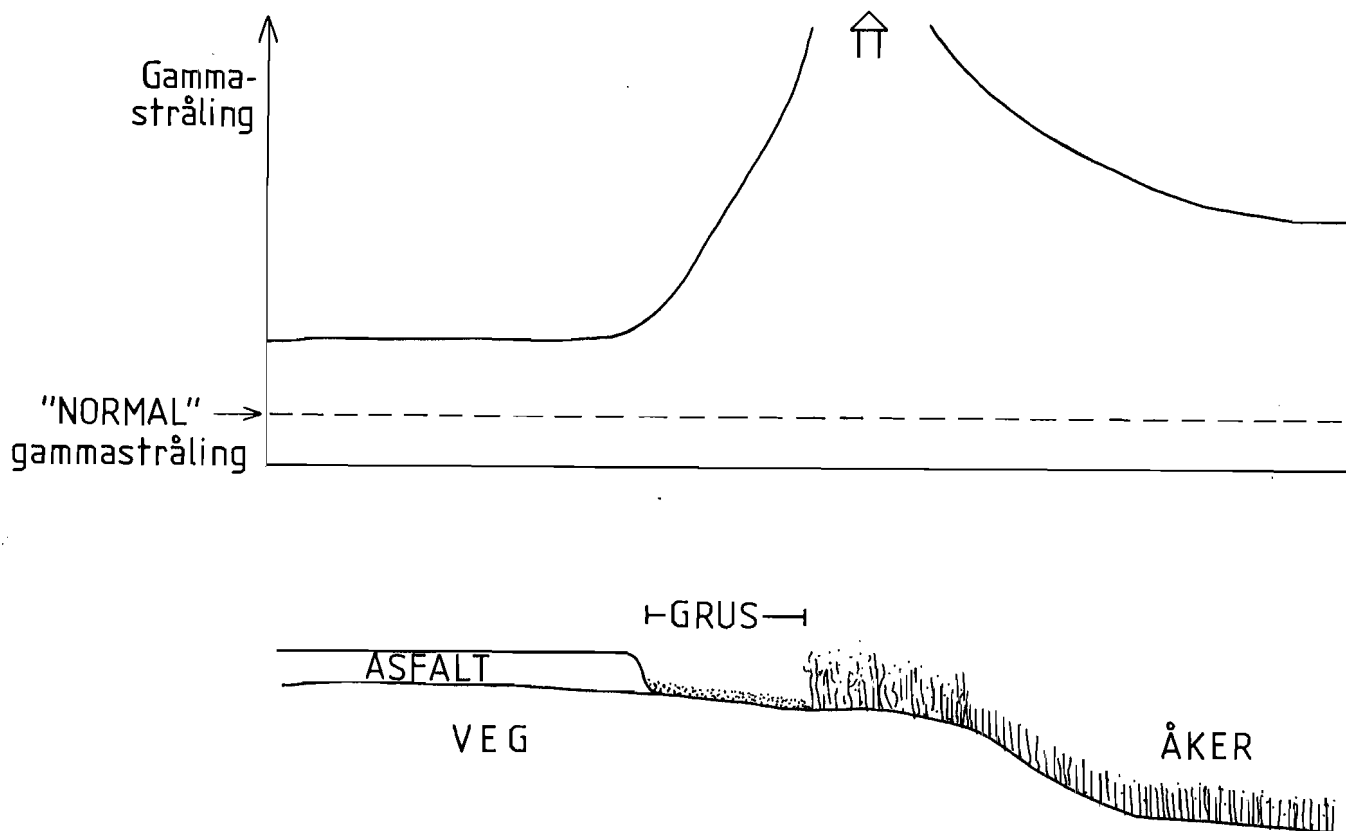
Ved målingene er det brukt to typer instrumenter, ett med krystallvolum på ca. 8 liter med mulighet til å måle i tre vinduer. Uran og thorium kanalene ble målt sammen med totalstråling. Med slikt utstyr kan en f.eks. umiddelbart se om økning i total gammastråling skyldes naturlig opptredende uran eller thorium. Det andre instrumentet som ble brukt var et totalstråleinstrument med en krystallstørrelse på 75x35 mm. To dager ble det brukt et tredje instrument med krystallstørrelse 35x25 mm.

Resultater av målingene

De radiometriske bilmålingene viste at det meste av Sør-Norge opp til Korgenfjellet i Nordland har fått et teppe med nedfall av varierende tykkelse. Det synes også å være hull i dette teppet lokalt samtidig som andre deler har fått temmelig store mengder nedfall. Det var enkelt å se hvilke områder som var påvirket ved at strålingen ligger like høyt og høyere over jordsmonn og åker

enn over steder der berggrunnen er blottet. Et annet klart tegn på nedfall er strålingsbildet som vist på nedenforstående skisse.

Etter nedfallet er dette for det meste vasket bort fra asfalten ved senere regn og biltrafikk. Nedfallet er konsentrert utenfor asfalten og spesielt anriket i gresset utenfor gruskanten (se skisse). På åkeren eller utenfor veikanten er strålingen markert høyere enn i veibanen.



Tegning 2 viser på kart over Norge hvor radiometriske målinger fra bil er foretatt. Måleverdiene er framstilt langs veiene på dette kartet. Tolkningskart over radioaktivt nedfall basert på Tegning 2 og dels fra helikopter og flymålinger er framstilt på Tegning 3. Måledataene er innsamlet i tiden 06.05.-07.06. For å komme fram til tolkningskartet er måleverdiene omregnet til strålingsnivå pr. 10.05.86. Dette er gjort etter kurven som er framstilt på Tegning 4. Kurven viser reduksjonen i gammastrålingen med tiden. Den viser samtidig at nedfallet i Trondheim kom på et tidspunkt som vi vet var på ettermiddagen den 28. april.

De avmerkede områdene på Tegning 3 som viser stor mengde nedfall er kun de som har fått aller mest. De dataene som denne tolkningen er gjort på er vist med inntegning av veiene og av rådatakartet på Tegning 2. I det materialet som foreligger er det områder utenom dette som har fått en god del nedfall, men observasjonene er såpass begrensede at vi ikke finner det kartografisk forsvarlig å legge inn flere isolinjer på kartet. Ved en utfylling av det grovmaskede målenettet i tillegg til de utvalgte veiene kunne dette vært gjort.

RADIOMETRISKE HELIKOPTER OG FLYMÅLINGER

NGU fikk først tildelt 15+10 helikoptertimer fra Forsvaret og senere ca. 20 timer med sivilt helikopter. Dette ble benyttet til å dekke hoveddelen av Nord-Trøndelag og sørlige deler av Nordland. I tillegg ble det bevilget ca. 15 timer med fly over fjellstrøkene Rondane-Jotunheimen-Hardangervidda. Dette var etter forslag fra NGU godkjent av Oftedal-utvalget og Helsedirektoratet.

Målebetingelser ved målingene

NGU har utført radiometriske målinger fra fly siden først på 60-tallet og fra helikopter fra 1975 som ledd i geofysisk kartlegging.

For at radiometriske målinger fra fly/helikopter skal gi gode resultater må værforholdene under måling være rimelig gode, og i områder med store høydegradienter kan selv målinger fra helikopter være vanskelig å utføre og gi mangelfulle opplysninger om stråling fra bakken under helikopteret. Målehøyden er derfor av avgjørende betydning for et godt resultat ved radiometriske målinger.

Ved målingene over Nord-Trøndelag og søndre Nordland med helikopter var værforholdene relativt gode, og de topografiske forhold var også vel egnet for helikoptermålinger.

Flymålingene over fjellpartiene i Sør-Norge ble utført i delvis overskyet vær med lavt skydekke. Dette bevirket - sammen med det vanskelige terrenget - at den ønskede lave målehøyde var vanskelig å oppnå. Over Hardangervidda var imidlertid både værforholdene og topografi egnet for radiometriske målinger fra fly.

Målemetode og instrumenter

Det ble benyttet samme måleinstrumenter ved fly og helikoptermålingene. Instrumentene består av 4 målekrystaller av Natriumjodid. Totalt volum er 16,8 liter og krystallene står koblet til et GR 800B (GEOMETRICS) 256 kanals gammaspektrometer. Måleresultatene fra spektrometeret registreres på en analog skriver og samtidig digitalt sammen med sann tid, profilidentifikasjon, høydedata etc. Til digital datalogging ble benyttet en Geometrics G714 datalogger sammen med en Kennedy 9700 magnetbåndspiller.

Systemet mottar og lagrer digitale data på 9 spors $\frac{1}{2}$ inch tape, 800 bpi. Målerepetisjonsfrekvensen var satt til 1 sek. for helikoptermålingene og 2 sek. for flymålingene.

I tillegg til radiometriske måledata ble flyets/helikopterets høyde over bakken målt med en Bonzer radarhøydemåler. Målenøyaktigheten av dette instrumentet er ca. 10 fot ved målehøyder under ca. 600 fot. Radarhøydemåler ble ikke montert i det militære helikopteret.

Under flygingen har navigatøren merket av lett kjennbare punkter langs profilene på navigasjonskartene. (1:50 000 målestokk i Nord-Trøndelag og 1:250 000 målestokk ved flymålingene over Sør-Norge.

Slike plottemerker er også avtegnet på analoge opptak og på de digitale registreringene.

Utførelse

Profilnettets ved helikopter- og senere flymålingene ble valgt ut fra meteorologiske observasjoner og ut fra observasjoner som NGU framskaffet ved bilmålingene. Valg av måleprofiler i Syd-Norge med fly ble i tillegg gjort ut fra Oftedals-utvalgets ønske om å dekke fjellpartier i Syd-Norge og ut fra måletekniske vurderinger av radiometriske flymålinger i fjellterreng.

Det ble fløyet ca. 25 timer over Nord-Trøndelag fylke med militært helikopter og ca. 18 timer over samme fylke og sydlige deler av Nordland fylke med sivilt helikopter. I løpet av disse ca. 43 timer med helikopterflyging ble ca. 4500 km profil fløyet, og en oppnådde relativt brukbar dekning, spesielt over indre og midtre strøk til å kunne lage et konturkart av nedfallsmønsteret. Flymålingene over fjellområdene i Syd-Norge (ca. 17 t og ca. 3500

km profil) dekker et meget stort område, og uttegningen av måleresultatene i form av konturkart er her langt mere usikker enn i Nord-Trøndelag. Radiometriske flymålinger i fjellstrøk med store høydegradier forsterker denne usikkerheten.

Spektrometeret som ble benyttet kan også tegne ut en analog utskrift av gammaspekteret. Denne egenskap ble benyttet over Nord-Trøndelag. Ved spesielt høye måleverdier landet helikopteret for prøvetaking og spektralplott. En kan fra disse spektralplottene tydelig se bidrag fra Jod¹³¹ og Cesium¹³⁷ på kurven.

Bearbeiding av dataene

Bearbeiding av måleresultatene starter med plotting av profilene på navigasjonskartet. Disse vil oftest avvike noe fra det planlagte. Som plottepunkter benyttes punkter som navigatøren har avsatt på kartet og som finnes som referansepunkter på digitale og analoge registreringer. Mellom referansepunktene har en antatt at fly/helikopter har holdt konstant hastighet og kurs. Etter at referansepunktene er bestemt, blir de digitalisert, dvs. gitt koordinater. Ved den digitale behandlingen interpolerer datamaskinen mellom referansepunktene og gir hvert målepunkt koordinater.

Digitale måledata fra spektrometeret og andre instrumenter mates inn i datamaskinen etter redigering, filtrering av støy, høydekorrigering etc. sammen med navigasjonsdata, og maskinens grafiske utstyr, tegner deretter ut profilkurvekart eller konturkart etter ønske. Vi har valgt å tegne ut konturfargekart over totalstråling fra bakken i målestokk 1:500 000. I tillegg er de forskjellige profillinjer forsøkt lagt inn på kartene som fargebånd der strålingsintensiteten er angitt etter en gitt fargeskala. Det er tidligere utarbeidet foreløpige kart over

totalstråling både konturkart og profilkart med strålingsintensitet. Disse er basert på analoge registreringer av strålingsmengdene, hvoretter tolkning og konturering er utført manuelt.

Resultater av målingene

Resultatene fra fly-/helikoptermålingene etter Tsjernobylulykken er umiddelbart manuelt tolket langs profillinjer (Tegn. 5) og som tolkningskart for nedfall (Tegn. 6). Det endelige kartet er fremstilt som konturkart i farger i målestokk 1:500 000 med profillinjene lagt inn som fargebånd. Se Tegn. 7 og 8.

Måleverdiene er angitt i counts/sec som er spektrometerets måleenhet. Ved kalibreringsmåling over sjø eller store vannflater måles bakgrunnsstråling. Denne består bare av kosmisk stråling og stråling fra helikopteret. Normalt - uten "Tsjernobylnedfall" vil strålingsmengden over land vise 2-8 ganger bakgrunn - alt etter hvilken type bergart/overdekning en flyr over. Nord-Trøndelags jordbruksområder og kyststrøk har normalt lav stråling, 1-3 ganger bakgrunn. Bakgrunnsstrålingen ble målt til ca. 250 c/s ved helikoptermålingene og litt lavere ved flymålingene (ca. 220 c/s).

Økningen i strålingsmengden var stedvis over 40 ganger bakgrunn i Nord-Trøndelag. Det ble tatt prøver av jordsmonnet på en del punkter med høyest strålingsintensitet, og det ble utført endel spektralplott mens helikopteret stod på bakken under prøvetakingen. Fra disse plottene kan en tydelig se topper på energikurven fra Jod¹³¹ og Cesium¹³⁷.

Formålet med fly-/helikoptermålingene var hurtig å skaffe en oversikt over nedfallsbelastede områder. Nøyaktige radiometriske målinger fra fly betinger at det terrenget en opererer over ikke er for kupert. For å skaffe en rask oversikt over fjellområdene

i Sør-Norge for begrensede midler måtte en i dette tilfelle se bort fra bruk av helikopter som ville gitt et bedre og mer nøyaktig oversiktskart. Et helikopter flyr imidlertid bare $\frac{1}{2}$ parten så hurtig som et fly, og pris pr. time er nesten dobbelt så høy.

Over Nord-Trøndelag er måletettheten større og målehøyden med helikopteret er lavere. Kartet over dette området er derfor bedre enn kartet over Syd-Norge. Som oversiktskart gir imidlertid også Syd-Norge kartet bra informasjon om nedfallsbelastede områder.

PRØVETAKING OG ANALYSE

I forbindelse med de radiometriske bilmålingene ble det samlet et titalls prøver. Også ved helikoptermålingene ble det tatt en del prøver hvor vi landet for å utføre spektralplott med gamma-spektrometeret. I første fase ble det samlet en del jordprøver og i den siste delen av prosjektet en del gressprøver. De siste ble tatt på den av SIS foreskrevne måte. De første prøvene som ble tatt var blandede, dvs. både jordsmonn og gammelt gress og hadde liten verdi ut over det å se hvilke radioaktive isotoper nedfallet inneholdt.

De relativt få prøvene som ble innsamlet i perioden ble analyserte av R. Næumann på NTH og av SIS. NGU har ikke behandlet disse dataene videre, men analyseresultatene finnes hos SIS.

VURDERING

Med den erfaring, det utstyr og den datamengden NGU har var det nokså fort mulig å få en oversikt over nedfallsmønsteret etter Tsjernobylulykken. Kartene og informasjonen i forbindelse med arbeidet ble lagt fram etter hvert. De framlagte kart fra Norge og Sverige passer som ventet godt overens i grenseområdene. Det burde de også gjøre med samme type måleutstyr.

Kartene som er framlagt viser et nedfallsmønster hvor områdene med det største nedfallet er markert. Nedfall finnes i hele Sør-Norge og opp til Korgenfjellet i Nordland. Nordenfor Korgenfjellet er nedfallsmengden svært liten. Kartene burde være et godt utgangspunkt for videre oppfølging.

NGU kom på et relativt sent tidspunkt igang med kartleggingen av nedfallet. Datainnsamlingen gjort fra tidlig i mai fram til 7. juni har gått i rykk og napp. Den kartleggingen som er gjort vil ved en lignende situasjon kunne gjennomføres på to uker om midler øyeblikkelig stilles til rådighet.

Ved den kartleggingen som er gjort er det utført radiometriske målinger fra fly, helikopter og bil. Med den utrustningen og erfaring vi har med bilmålinger har det vært greitt å kartlegge profiler med varierende mengde nedfall. Veivalget som er gjort hadde til hensikt å få et grovmasket nett over landet. Målingene er billige, men tar lengre tid enn målinger fra luften, de gir en brukbar oversikt og kan om nødvendig kjøres døgnet rundt. Bilmålingene er heller ikke væravhengig slik som f.eks. helikopter- og i særlig grad flymålingene er.

Måling av gammastråling fra fly og helikopter kan raskt skaffe god oversikt over nedfallsbelastningen i områder. Flymålinger gir god nok dekning i topografisk flate områder og er både hurtig og rimelig å utføre. Målingene egner seg best til rekognoserende målinger over store områder. Få områder i Norge er egnet for en

systematisk flymåling for å ringe inn områder med nedfall. Det er vanskelig å holde jevn høyde over bakken med fly i kupert terreng, og selv om dataene høydekorrigeres etterpå kan feilkorrigerings av dataene lett forekomme og resultatet kan bli et dårligere kart.

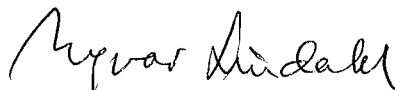
Helikoptermålinger bør benyttes i kupert terreng og særlig i fjellområder. Målingene med helikopter utføres i jevnere høyde over bakken og gir bedre grunnlag for nøyaktig karttegning. Med helikopter kan en dessuten lande i områder med høy strålingsbelastning, og en kan prøveta slike områder straks de oppdages. Helikopter er imidlertid dyrere å leie enn fly, og har lavere målehastighet. Måling fra helikopter er imidlertid å foretrekke over vanlig norsk kupert terreng.

Ved alle disse målemetodene kan en få fram data ganske fort. Manuelt kan en fra de analoge skriverrullene, som foreligger så snart fly/helikopter når bakken, utarbeide foreløpige kart og tolkninger. For å få en statistisk tolkning og digital karttegning vil det ta litt mer tid (1-2 dager).

De radiometriske dataene som NGU har framskaffet kan brukes til å finne fram til områder som har fått mye nedfall slik at en ut fra det kan prioritere for det videre arbeid med oppfølginger og eventuelle tiltak.

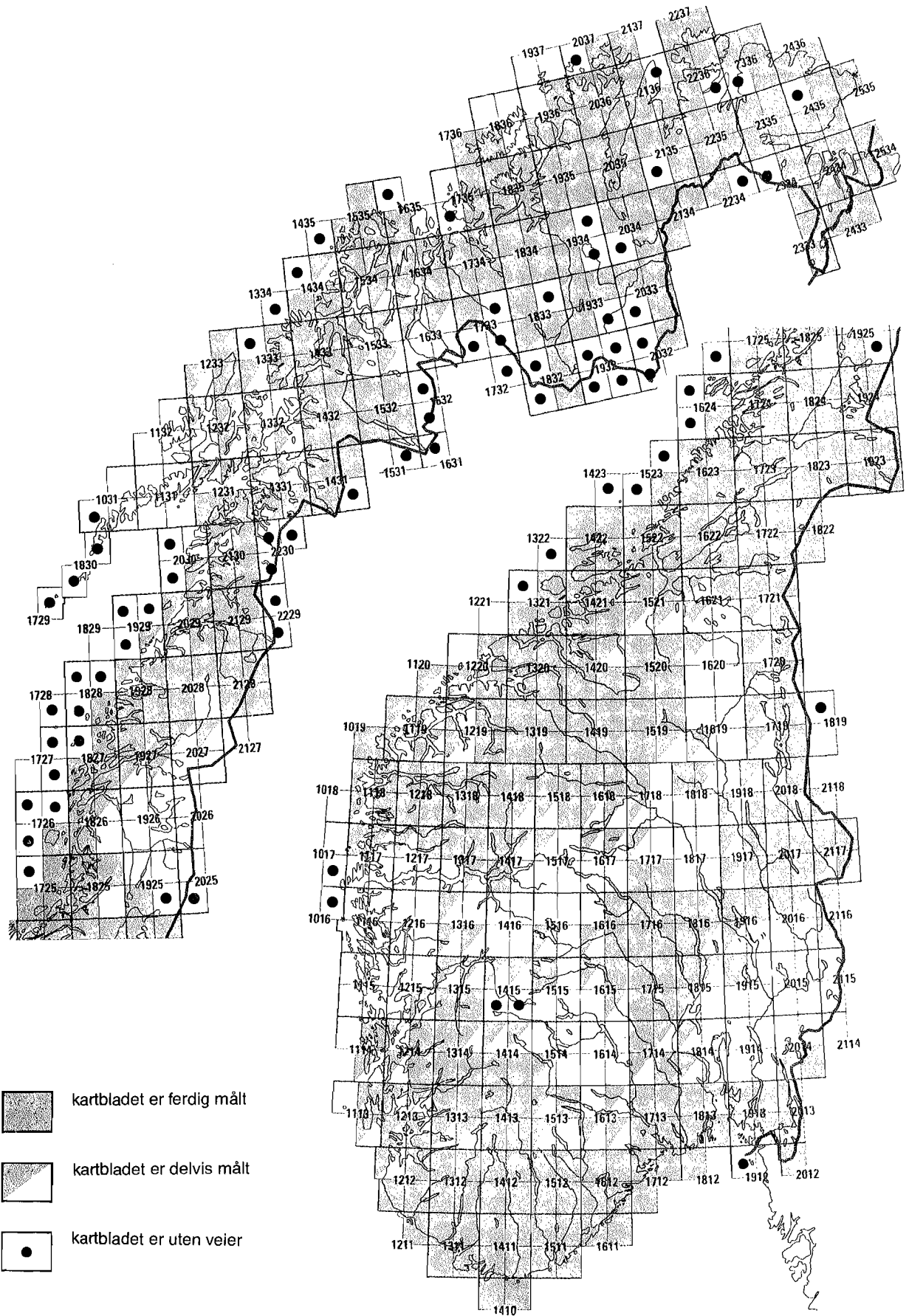
Trondheim, 3. september 1986
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE


Henrik Håbrekke


Ingvar Lindahl

RADIOMETRISKE MÅLINGER (LANGS VEIER)

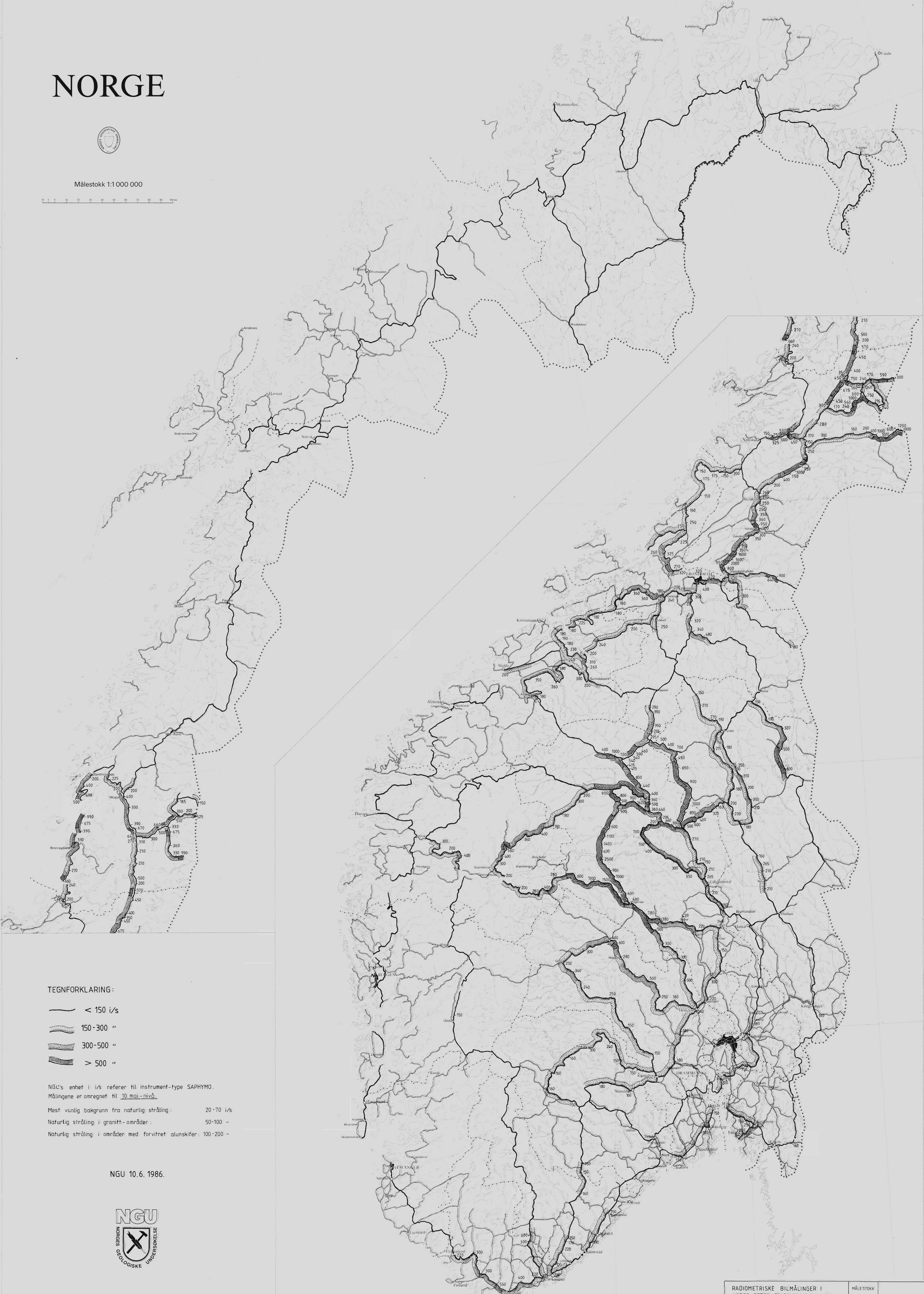
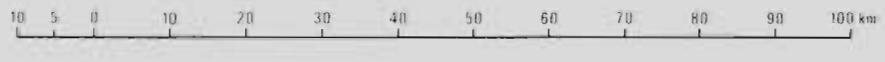
Målingene er utført i perioden 1975 – 1985



NORGE



Målestokk 1:1 000 000



TEGNFORKLARING:

- < 150 i/s
- 150-300 "
- 300-500 "
- > 500 "

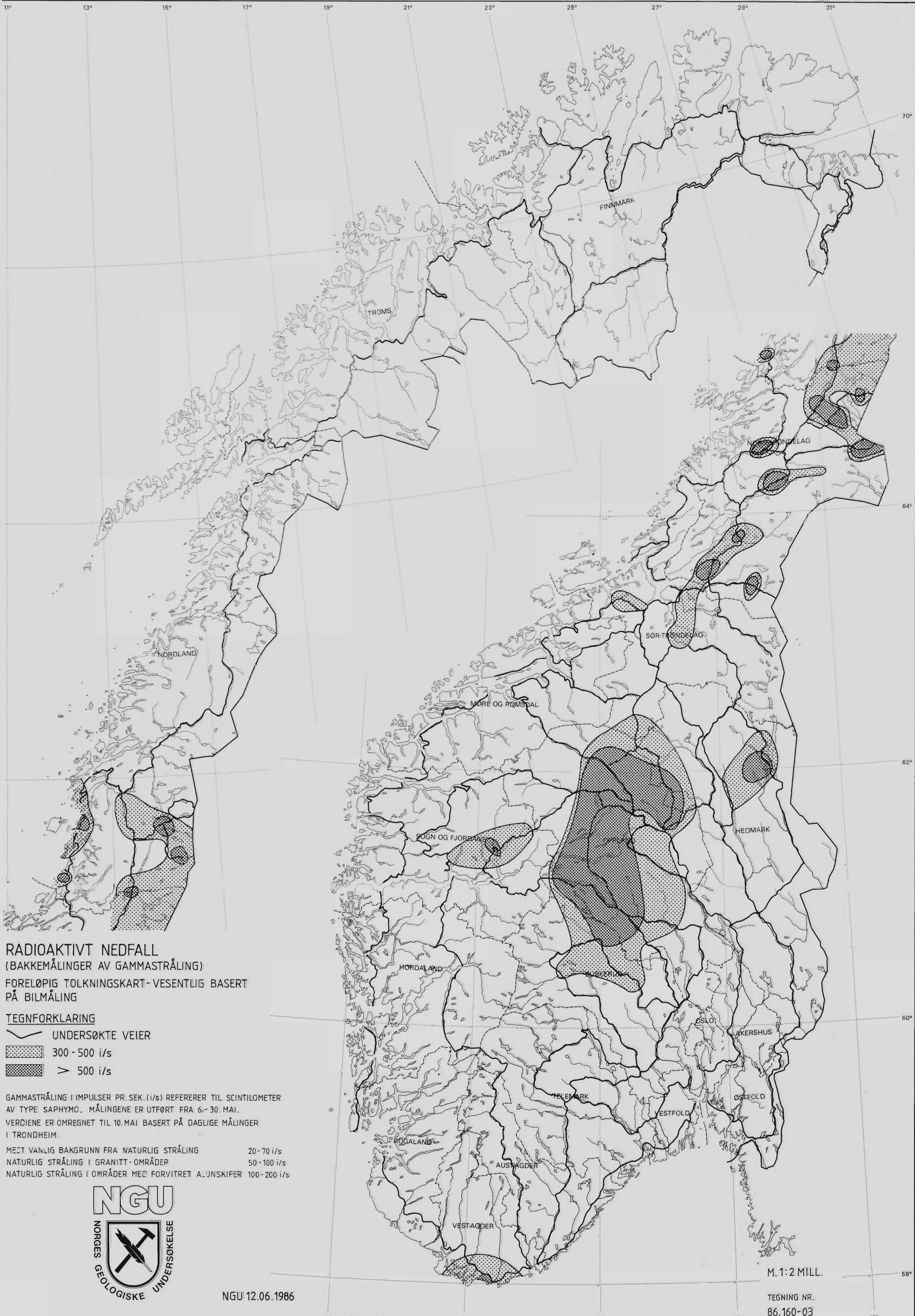
NGU's enhet i i/s referer til instrument-type SAPHYMO.
Målingene er omregnet til 10 mai-nivå.

- Mest vanlig bakgrunn fra naturlig stråling: 20-70 i/s
- Naturlig stråling i granitt-områder: 50-100 "
- Naturlig stråling i områder med forvitret alusulfid: 100-200 "

NGU 10.6.1986.



| | | |
|---|--|--------------------------|
| RADIOMETRISKE BILMÅLINGER I NORGE ETTER TSJERNOBYLULYKKEN | | MÅLESTOKK |
| RÅDATA | | 1:1 mill |
| NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM | | TEGNING NR. 86.160-02 |



RADIOAKTIVT NEDFALL
 (BAKKEMÅLINGER AV GAMMASTRÅLING)
 FORELØPIG TOLKNINGSKART - VESENTLIG BASERT
 PÅ BILMÅLING

TEGNFORKLARING
 ——— UNDERSØKTE VEIER
 [Dotted pattern] 300 - 500 i/s
 [Cross-hatched pattern] > 500 i/s

GAMMASTRÅLING I IMPULSER PR. SEK. (i/s) REFERERER TIL SCINTILOMETER
 AV TYPE SAPHYMO. MÅLINGENE ER UTFØRT FRA 6.-30. MAI.
 VERDIENE ER OMREGNET TIL 10. MAI BASERT PÅ DAGLIGE MÅLINGER
 I TRONDHEIM.

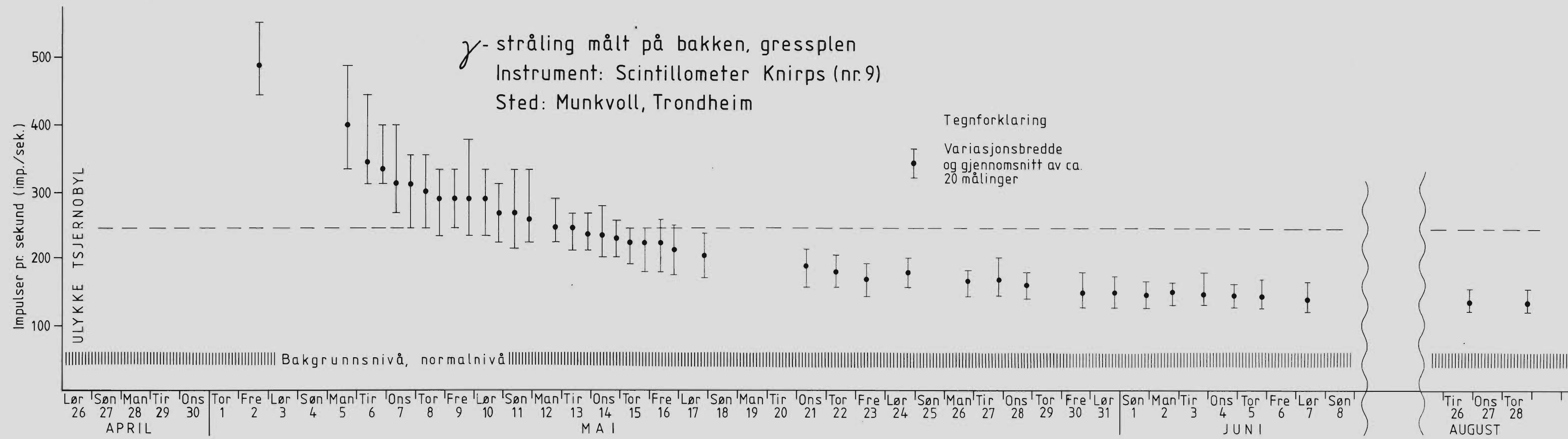
MEST VANLIG BAKGRUNN FRA NATURLIG STRÅLING 20-70 i/s
 NATURLIG STRÅLING I GRANITT-OMRÅDER 50-100 i/s
 NATURLIG STRÅLING I OMRÅDER MED FORVITRET ALJUNKIFER 100-200 i/s



NGU 12.06.1986

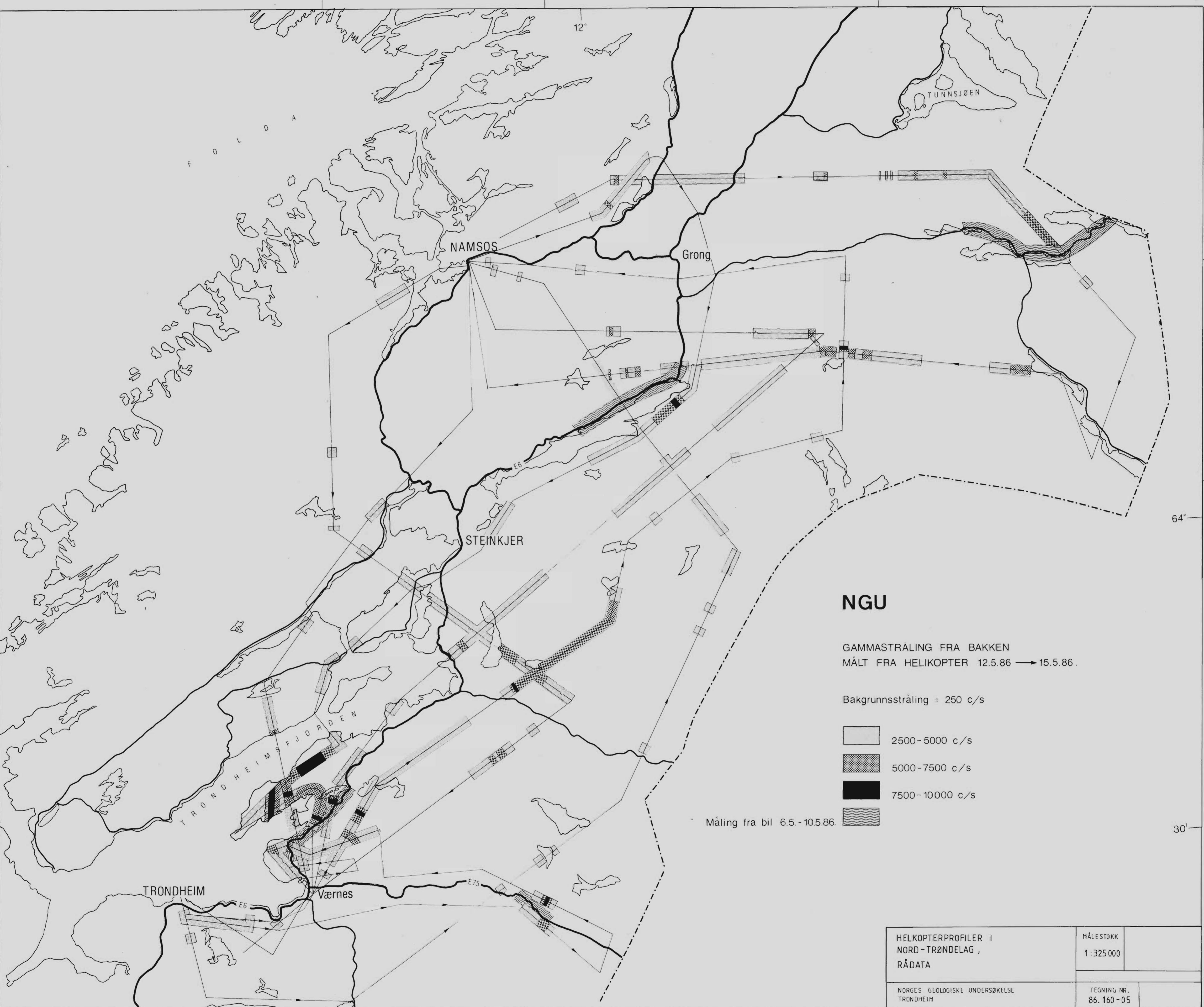
M. 1:2 MILL.

TEGNING NR.
86.160-03



M.OFTEN, NGU 29/8-1986

| | | | |
|--|--------------------------|-----------|---------|
| PUNKTOBSERVASJON AV GAMMASTRÅLING I TRONDHEIM | MÅLESTOKK | MÅLT M.O. | |
| | | TEGN M.O. | |
| | | TRAC ALH | AUG.-86 |
| | | KFR | |
| DAGLIG VARIASJON | | | |
| NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM | TEGNING NR. 86.160-04 | KARTBLAD | |



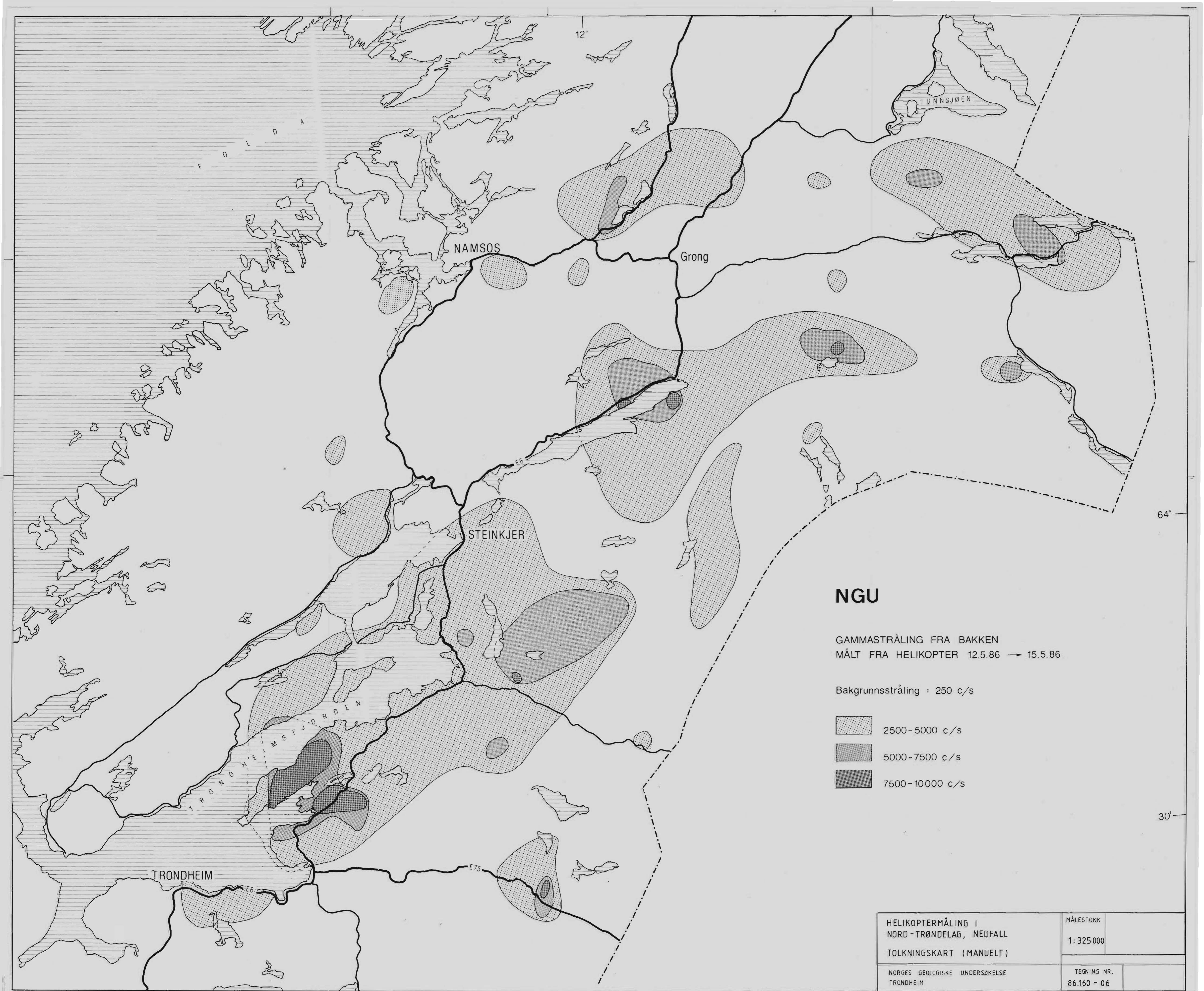
NGU

GAMMASTRALING FRA BAKKEN
MÅLT FRA HELIKOPTER 12.5.86 → 15.5.86.

Bakgrunnsstråling = 250 c/s

- 2500-5000 c/s
- 5000-7500 c/s
- 7500-10000 c/s
- Måling fra bil 6.5.-10.5.86.

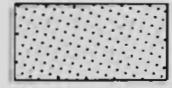
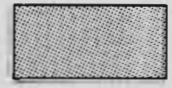

| | |
|---|--------------------------|
| HELIKOPTERPROFILER I NORD-TRØNDELAG, RÅDATA | MÅLESTOKK |
| | 1:325 000 |
| NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM | TEGNING NR. 86.160-05 |



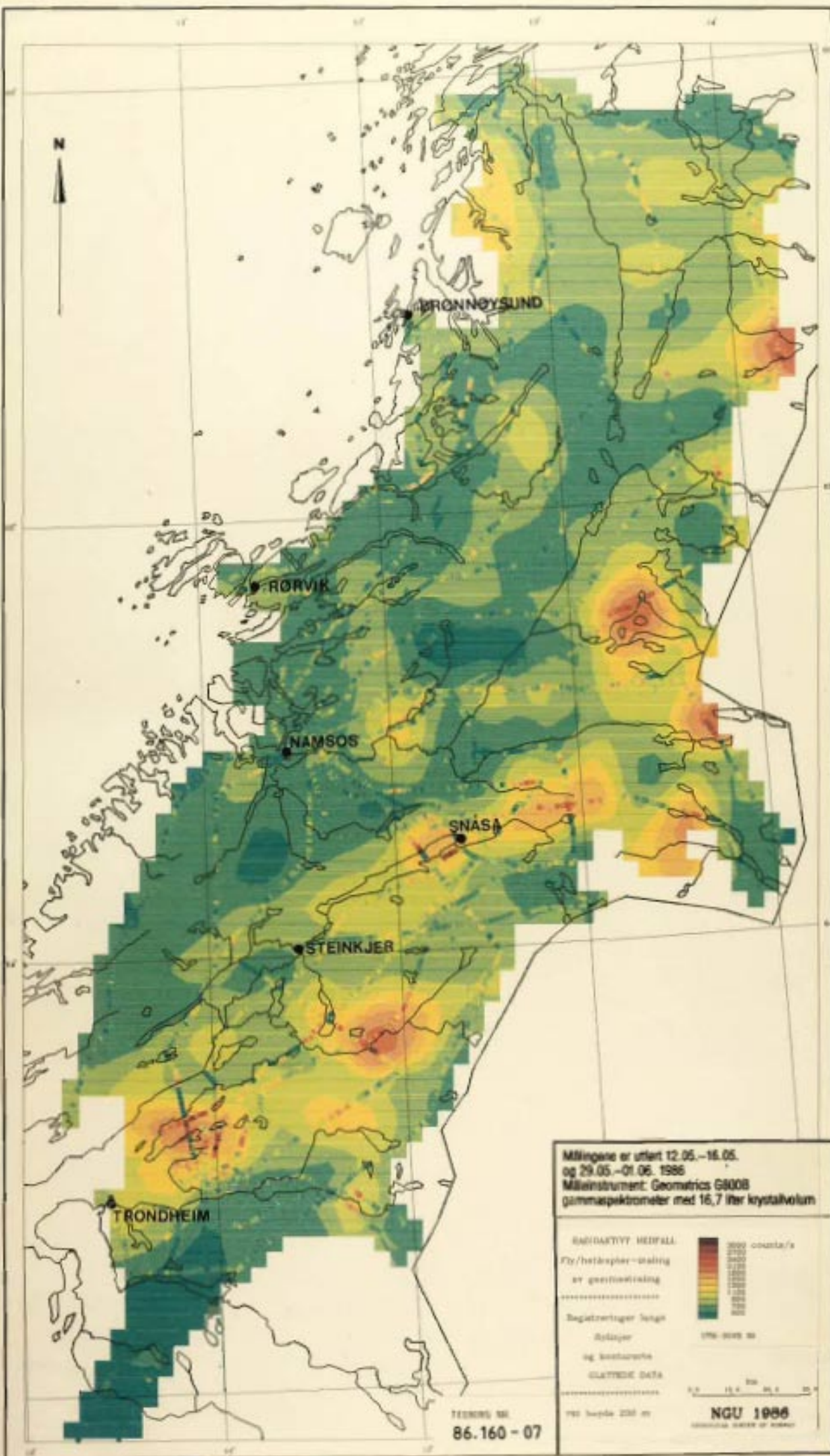
NGU

GAMMASTRÅLING FRA BAKKEN
MÅLT FRA HELIKOPTER 12.5.86 → 15.5.86.

Bakgrunnsstråling = 250 c/s

-  2500-5000 c/s
-  5000-7500 c/s
-  7500-10000 c/s

| | | |
|--|----------------------------|--|
| HELIKOPTERMÅLING I NORD-TRØNDELAG, NEDFALL TOLKNINGSKART (MANUELT) | MÅLESTOKK | |
| | 1: 325 000 | |
| NORGES GEOLIGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM | TEGNING NR. 86.160 - 06 | |



Målingene er utført 12.05.-16.05.
og 29.05.-01.06. 1986
Måleinstrument: Geometrics G8008
gammalspektrometer med 16,7 liter krystallvolum

RADIATIVT MEDFALL
Fly/helårsplan-utslipp
av gassutvasking

Regulerte områder langs
kystlinjen
og kyststrøk

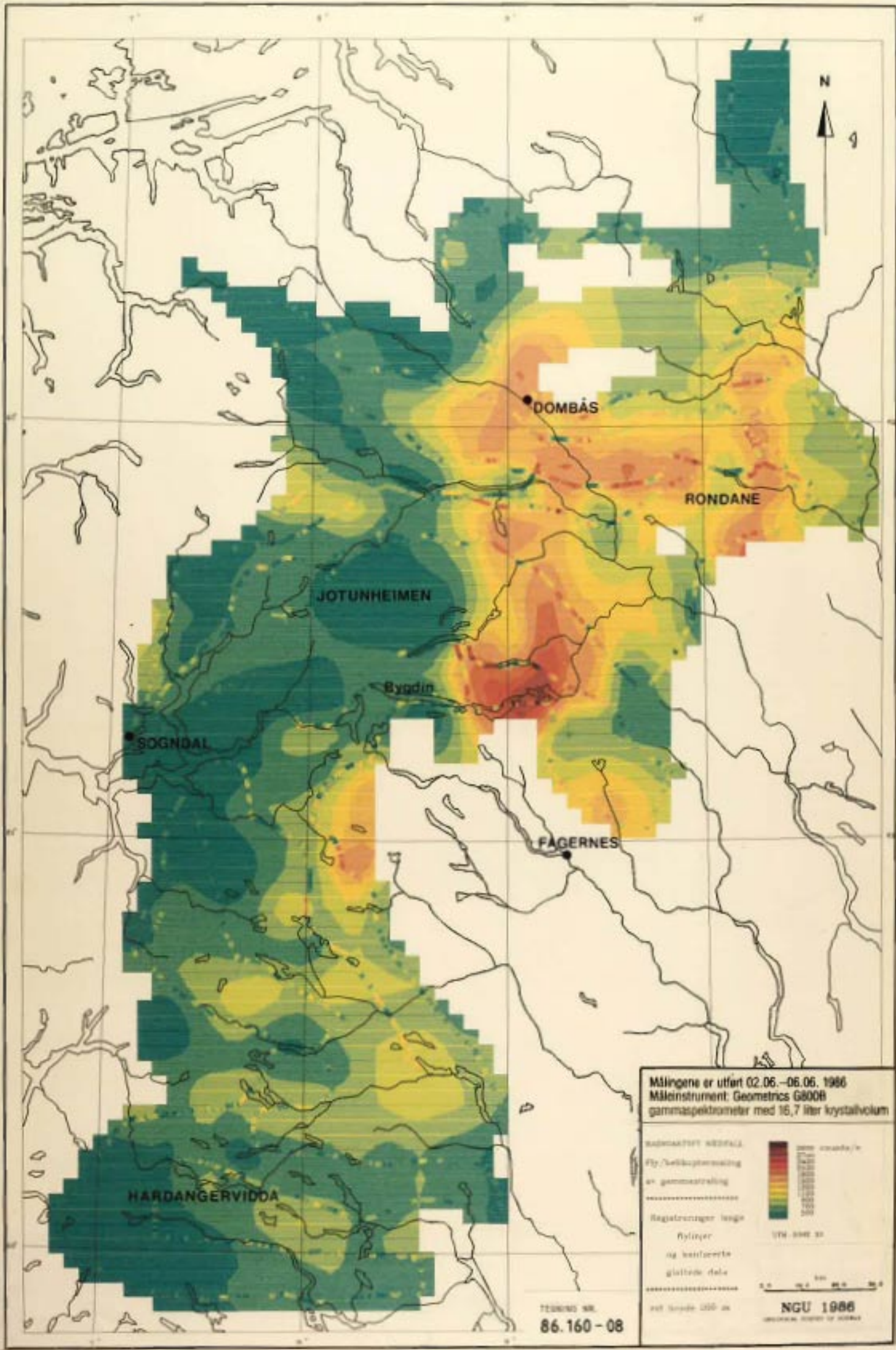
CLASSIC DATA

1:50 000 200 m

0 10 20 km

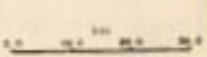
NGU 1986
NORWEGIAN GEOSCIENCE CENTER OF NORWAY

TEKNISSKISSE
86.160 - 07



Målingene er utført 02.06.-06.06. 1986
 Måleinstrument: Geometrics G800B
 gammaspesktrometer med 16,7 liter krystallvolum

-
- Fly/bakkemåling av gammastråling
-
- Registreringer langs flylinjer og kystlinjer
-
- glatte dele
-
- rot høyde 100 m



TEKNISS NR.
 86.160-08

NGU 1986
 NORSK GEOL. BUREAU