

NGU rapport nr. 90.085

Helikoptermålinger kartblad
GRONG og sydlige halvpart
av kartblad HARRAN



**Postboks 3006 - Lade
7002 Trondheim
Tlf. (07) 92 16 11
Telefax (07) 92 16 20**

RAPPORT

Rapport nr. 90.085	ISSN 0800-3416	Åpen/Fordigtil
Tittel: Helikoptermålinger kartblad GRONG og sydlige halvpart av kartblad HARRAN		
Forfatter: Stig Rønning, Ola Kihle, Oddvar Blokkum, Henrik Håbrekke	Oppdragsgiver: NGU, Nord-Trøndelagsprogrammet	
Fylke: Nord-Trøndelag	Kommune:	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Grong	Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1823 IV Grong, 1824 III Harran	
Forekomstens navn og koordinater:	Sidetall: 22 Kartbilag: 17 (5 i rull)	Pris: kr. 4.000,-
Feltarbeid utført: 30.08.-11.09.89	Rapportdato: 03.07.1990	Prosjektnr.: 61.1889.34 Seksjonssjef: <i>Jens, Reamy</i>
Sammendrag: Rapporten inneholder resultater fra geofysiske målinger fra helikopter over kartblad GRONG og sydlige halvpart av kartblad HARRAN, Nord-Trøndelag fylke. Oppdraget var finansiert av NGU/Nord-Trøndelagsprogrammet og det ble flyøyet 4000 profilkilometer. Flyhøyde og profilavstand var henholdsvis 200 fot og 250 meter. Datainnsamlingen foregikk med flyplassen, Namsos som base, og data ble prosessert ved NGUs dataanlegg. Resultatene er presentert som profil- og kotekart tegnet ut på Applicon og Calcomp fargeplottere. Målestokken er 1:50 000 og 1:20 000.		
Emneord	Magnetometri	
Geofysikk	Radiometri	
Helikoptermåling	Elektromagnetisk måling	Fagrappo

INNHOLDSFORTEGNELSE

INNLEDNING.....	4
UNDERSØKELSESBETINGELSER.....	5
MÅLEMETODER OG INSTRUMENTER.....	6
1. MAGNETISKE MÅLINGER.....	6
2. ELEKTROMAGNETISKE MÅLINGER.....	6
3. VLF MÅLINGER.....	7
4. RADIOMETRISKE MÅLINGER.....	7
5. RADARHØYDEMÅLER, DATALOGGERSYSTEM OG DIVERSE TILLEGGSSUTSTYR.....	8
UTFØRELSE.....	10
BEARBEIDELSE AV DATA.....	11
RESULTAT.....	13
REFERANSER.....	14
APPENDIKS I	15

INNLEDNING

Høsten 1988 utførte geofysisk avdeling ved NGU helikoptermålinger over hele kartblad Grong og den sørlige halvparten av kartblad Harran. Området ble målt i forbindelse med Nord-Trøndelag programmet.

Måleområdet var ca. 1000 kvadratkilometer i utstrekning, og totalt ble det fløyet 4000 profilkilometer. Avstand mellom profilene ble bestemt til 250 meter.

Området er tidligere dekket med magnetiske flymålinger.

På grunn av områdets geografiske utstrekning var det nødvendig å foreta en oppdeling i to deler ved plotting av data i målestokken 1:50000. Oppdelingen følger kartbladgrensene, slik at det ene delområdet dekker kartblad Grong. Det andre delområdet dekker den sørlige halvparten av kartblad Harran. Ved plotting av Em - profilkurvekart i målestokk 1:20000 var det nødvendig med en oppdeling i tre delområder.

UNDERSØKELSESBETINGELSER

Ved geofysiske helikoptermålinger er det en rekke faktorer som virker inn på målingenes kvalitet. De største påvirkningsfaktorene er vær og magnetiske forhold.

Værforholdene vil bety mye for resultatet av helikoptermålingene. Regn og vind fører til høyt støynivå. I tillegg vil dårlige værforhold vanskelig gjøre navigasjonen. Under målingene over kartblad Grong og Harran var det gode værforhold hele tiden, slik at alle data som ble samlet inn, er av god kvalitet.

Topografien i måleområdet virker også inn på resultatet. Ved kupert og vanskelig terreng er det vanskelig for piloten å holde eksakt målehøyde, dvs 60 meter over bakken. I tillegg vil hastighet og stigevinkel variere. Under prosesseringen er det imidlertid mulig å korrigere for variasjon i høyden ved hjelp av data fra en radarhøydemåler.

Det var ikke spesielt vanskelige topografiske forhold i måleområdet.

Det ble benyttet manuell navigasjon under dette oppdraget. Navigatøren merket av kjente punkt (vann, elver, bekker, myr etc.) på kartet langs forhåndspåtegnede profil. Samtidig registreres disse punktene i dataloggeren. Under helikopteret er det festet et videokamera som brukes under målingene. Videooppaktene brukes til å rette opp eventuelle feil i navigasjonen (f.eks. feil plassert referansepunkt).

Ideelt sett bør det jordmagnetiske totalfeltet være konstant mens målingene pågår, men ofte vil tids-relaterte variasjoner oppstå. For å korrigere for disse variasjonene benyttes et stasjonsmagnetometer som plasseres så nært målområdet som mulig. På dager med store variasjoner (magnetisk storm) avbrytes målingene.

Til VLF målingene benyttes primærfeltet fra militære radiosendere som signalkilde. Sendetiden for disse senderne varierer. Under dette oppdraget var senderene ikke operative i lange perioder. VLF data er av denne grunn sløyfet for hele oppdraget.

MÅLEMETODER OG INSTRUMENTER

Ved NGU's kombinerte geofysiske målinger fra helikopter utføres fire måletyper samtidig :

1. Måling av det jordmagnetiske feltet
2. Elektromagnetiske målinger (4 frekvenser)
3. VLF målinger (Very Low Frequency)
4. Radiometriske målinger

1. Magnetiske målinger.

Det benyttes et cesiummagnetometer av typen scintrex MEP 410 til å måle det jordmagnetiske totalfeltet. Målesonden henger 15 meter under helikopteret i en kabel som er surret felles med kablene for VLF og EM sondene.

Følsomheten for cesiummagnetometeret er meget høy (0.005 nT). Instrumentet kan foreta 10 målinger pr. sekund, men vanligvis benyttes to målinger i sekundet. Med disse målebetingelsene kan man med en hastighet på 30 meter/sekundet på helikopteret skille mellom anomaliårsaker med 30-40 meters avstand fra hverandre i bakkenivå.

2. Elektromagnetiske målinger.

NGU's elektromagnetiske målesystem for helikoptermålinger består av et fire frekvens sender - mottaker system av type EMEX - 2 , levert av Aerodat Ltd i Canada. Systemet består videre av en 7 meter lang slepesonde med to koaksiale og to koplanare spolekonfigurasjoner. Sender og mottakerspolene med tilhørende elektronikk er plassert i hver sin ende av målesonden som slepes 30 meter under helikopteret.

Primærfeltet fra senderspolene induserer strømmer i eventuelle elektrisk ledere i bakken. De induserte strømmene setter opp et sekundærfelt som registreres av mottakerspolene i målesonden. Respons (anomalier) fra elektrisk ledende materialer i bakken kan dermed registreres. Systemet kan registrere sekundærfelt som er under 1 ppm (1 milliontedel) av primærfeltet.

Fordelene med et multifrekvens system er at man under gode målebetingelser oppnår respons fra geologiske objekter med resistivitet varierende fra noen tidels ohm-meter til flere tusen ohm-meter. Tolkningen av måledatalettes også ved at man benytter flere sender - mottaker spolekonfigurasjoner.

De fire frekvensene som benyttes i NGU's målesystem er :

- Koaksial spole 1 : 923 Hz
- Koaksial spole 2 : 4557 Hz
- Koplanar spole 1 : 4287 Hz
- Koplanar spole 2 : 34165 Hz

Systemet registrerer en reell og en imaginær komponent for hver frekvens. Reellkomponenten er i fase med primærfeltet, mens imaginærkomponenten er 90 grader faseforskøvet i forhold til primærfeltet. I tillegg registreres respons fra kraftlinjer.

Kraftlinjer vil påvirke spesielt de lave frekvensene slik at måledata nær kraftlinjer ofte må fjernes.

EMEX-2 systemet måler kontinuerlig, mens det digitale systemet samler data 10 ganger i sekundet. På denne måten øker oppløsningen og "spikes" fra elektriske feil eller utladninger i atmosfæren kan fjernes fra måledata. Dybderekkevidden for systemet er ca. 100 meter under bakkenivå når målebetingelsene er gode.

3. VLF - elektromagnetiske målinger.

Ved VLF - målinger fra helikopter benyttes måleinstrumenter av type TOTEM 2A levert av Herz Industries, Kanada. VLF målingene bruker primærfeltet fra militære radiosendere i Europa og USA som signalkilder. Senderne opererer i frekvensområdet 15 - 25 kHz.

TOTEM 2A systemet består av en målesonde med tre ortogonale målespoler og tilhørende elektronikk. Sonden slepes ca. 10 meter under helikopteret. Målesignalene sendes via en kabel til et konsol i helikopteret der de omformes og behandles. Systemet måler samtidig signaler fra to sendere som velges før målingene startes. For å oppnå god kobling med eventuelle elektriske ledere i området som skal undersøkes bør sendere med geografisk beliggenhet mest mulig i eller perpendikulært på flyretningen velges. Dette kan ofte by på store problemer, særlig når man opererer i Nord-Norge.

VLF målingene er som EM målingene følsomme for forstyrrelser fra kraftlinjer og radiosendere. Dersom målebetingelsene er gode vil VLF målingene kunne gi respons fra objekter med svak elektrisk ledningsevne, og vil derfor utfylle målinger med lavfrekvente EM instrumenter. Dybderekkevidden er ofte bedre ved VLF målinger enn for EM målinger når overdekket har høy resistivitet. Dette skyldes høy utgangseffekt og stor avstand til senderne (se appendix 1).

4. Radiometriske Målinger.

Til måling av gammastråling fra bakken benyttes et spektrometersystem levert av Geometrics, USA.

Udstyrspakken består av :

1. Multikanal gammaspektrometer, type GR 800 B
2. Krystalldetektor (NaI), type DET 1024
3. Detektor styreenhet, type GR 900

Krystalldetektoren består av 4 NaI (natriumjodid) krystaller med totalt volum 1024 kubikk-tommer (16.8 l). Detektoren plasseres på en plattform som festes på undersiden av helikopteret, slik at målekristallene har uhindret sikt ned mot bakken. Krystalldetektoren blir varmestabilisert ved hjelp av et termostatstyrt varmeelement.

Spektrometeret er en pulshøydeanalyseator som analyserer måledata etter energi og sorterer data i 256 kanaler. Hver kanal har en energibredde på 0.012 Mev i gamma energispekteret." Vinduer" i spekteret som består av flere kanaler samler bidrag fra Kalium-40, Bismuth-214 og Thallium-208. Totalstrålingen mellom 0.2 Mev og 6 Mev blir også registrert. Bismuth-214 og Thallium-208 er isotoper i Uran og Thorium kjedene som avgir gammastråling.

Målefrekvensen for de radiometriske målingene kan varieres mellom 0.1 - 9.9 sekunder. Vanligvis benyttes en måletid på 1-2 sekund. Mellom hvert målepunkt akkumuleres tellingene og under prosesseringen ved NGU blir måledata normalisert til 1 måling pr. sekund

5. Radarhøydemåler,dataloggersystem og diverse tilleggsutstyr.

Under målingene registreres høyden på helikopteret hele tiden ved hjelp av en radarhøydemåler av typen King KRA-10A. Piloten kan under flyvning se høyden over bakken på et instrument som er plassert foran ham. Høyden registreres også i dataloggeren for bruk under prosesseringen. Nøyaktigheten for radarhøydemåleren er 2 meter i den aktuelle målehøyden.

Dataloggersystemet som benyttes består av en utstyrspakke levert av RMS Instruments, Kanada. Denne pakken inneholder følgende :

1. DAS 8 - dataloggersystem
2. TCR 12 - datakassett recorder
3. GR 33 - 32 kanals analog skriver, alfanumerisk

På skriveren registreres :

EM : 8 signalkanaler og 1 kraftlinjeindikator

VLF : 4 signalkanaler

Magnetometer : Magnetisk totalfelt med varierende følsomhet

Spektrometer : Totalstråling og uran kanalen

I tillegg kommer radarhøyden, klokke og fiducialpunkter.

DAS 8 dataloggeren er kjernen i systemet som formidler data både til skriver og datarecorder (TCR 12). Systemet er meget fleksibelt og kan konfigureres til å samle og behandle data fra flere instrument samtidig. Formatterte data blir lagt ut på en datakassett via TCR 12 enheten. Datakassettene har en lagringskapasitet på 12 Mbyte og dekker vanligvis lagringsbehovet for en flytur. Data fra kassettene blir ved prosessering lest inn i NGU's dataanlegg via TCR 12 enheten.

For å registrere daglige og tidsavhengige variasjoner i det jordmagnetiske feltet benyttes et basemagnetometer med både analog og digital registrering. Basemagnetometeret består av :

1. Protonmagnetometer av type Scintrex MP-3.
2. Skriver av type TOA EPR-121A.
3. PC av type Toshiba T3100e.

Basemagnetometeret plasseres i eller nær området som skal undersøkes. Data som registreres av basemagnetometeret brukes under prosesseringen av måledata for å korrigere for tidsavhengige variasjoner i magnetfeltet.

UTFØRELSE

Målingene over kartblad Grong og Harran ble utført i tidsrommet 30.08 til 11.09 1988. Som base for oppdraget ble flyplassen i Namsos benyttet. Her ble også basemagnetometeret montert.

Flyretningen ble bestemt til å være øst-vest. Profilavstanden over hele måleområdet var 250 meter, mens flyhøyden var 60 meter over bakken. Totalt ble det målt 4000 profilkilometer ved dette oppdraget. Måleområdets størrelse var ca. 1000 kvadratkilometer.

Til navigasjon ble kart i 1:50 000 serien oppfotografert til 1:20 000 og deretter påtegnet profillinjer. Kartene som ble benyttet var :

1823 IV Grong

1824 III Harran

Det ble benyttet et helikopter av typen Aerospatiale Ecureuil SA 350 B1 fra Helikopterteneste A/S i Kinsarvik under målingene.

Det var gode værforhold gjennom hele måleperioden, slik at alle innsamlede data er av god kvalitet. På grunn av at de militære senderne som benyttes under VLF målingene ikke var operative i måleperioden, mangler VLF data for hele området.

Fra NGU deltok :

Overingeniør : John Olav Mogaard

Avdelingsingeniør : Stig Rønning

Ingeniør : Oddvar Blokkum

Fra Helikopterteneste A/S deltok :

Pilot : Leif Hus

Mekaniker : Anders Eringdal

BEARBEIDELSE AV DATA

Alle geofysiske data blir prosessert i NGU's dataanlegg. En datamaskin av type Microvax II benyttes til dette formålet. Alle profilkurvekart og kotekart med eller uten farger plottes ut på en Calcomp 58000 elektrostatisk fargeplotter. Relieffkartene blir produsert på en Applicon inkjet fargeplotter. All programvare som benyttes ved prosesseringen er levert av Aerodat, Kanada. Grafisk programvare som benyttes kommer dels fra samme firma, og dels av egen produksjon (O. Kihle 1985).

Bearbeiding av måleresultatene starter med å gjenskape profilnettet ved hjelp av navigasjonsdataene. Alle målepunktene blir gitt x-y koordinater, slik at data kan plottes ut i form av kurver og kart etter bearbeiding i datamaskinen.

Magnetiske data blir lett filtrert for å fjerne støy uten at informasjon av betydning går tapt. Deretter korrigerer man de målte data for tidsavhengige variasjoner i det jordmagnetiske feltet. Dette gjøres ved å korrelere de registrerte basemagnetometer data med de data man mäter i helikopteret. Som referanse bruker man tid ved denne korreleringen. Under denne prosessen blir alle målepunktene normalisert mot en basisverdi som måles av basemagnetometeret. Denne prosessen sikrer at målte helikopter anomalier skyldes geologiske forhold, og ikke de tidsavhengige variasjonene. Ved produksjon av magnetiske kotekart ble data prosessert med en gridrutine som bygger på prinsippet Akima-Spline interpolasjon (Akima 1970). Farger som er distribuert etter konturintervallene legges på kartet for å øke den visuelle virkningen.

De elektromagnetiske data er prosessert med en rutine for støyfiltrering. Dette utføres for å fjerne mikrofoniske effekter fra kabel og målesonde, spikes og påvirkning fra kraftlinjer etc. Etter filtrering blir data nivåjustert slik at eventuell langbølget drift som skyldes termiske effekter blir fjernet. For å kontrollere nullnivå ble målesonden løftet til ca. 500 meter over bakken flere ganger i løpet av en flytur. Dette brukes i prosesseringen under nivåjusteringen av hvert profil. Ferdige prosesserte EM-data blir plottet ut som profilkurvekart. I tillegg gjøres et anomaliutplukk langs profilene. For disse anomaliene beregnes tilsvynelatende elektrisk ledningsevne ut fra en vertikal tynnplatemodell med uendelig utstrekning til sidene og mot dypet. Ut fra disse beregningene lages et symbolkart som kombineres med et resistivitetskart. Resistivitetskortet fremstilles ved hjelp av ledningsevnekalkulasjoner. Resultatet presenteres ved et kotekart som viser tilsvynelatende resistivitet for hele området. Vanligvis benyttes koaksial 2 frekvensen (4551 Hz) til dette formålet.

Som ved de magnetiske målingene blir EM data prosessert med Akima-Spline gridrutine.

VLF data ble prosessert på vanlig måte med støyfiltrering og nivåjustering. På grunn av at de militære senderene som setter opp primærfeltet ved VLF målingene ikke var operative i

måleperioden, inneholdt VLF dataene ingen informasjon av nytte. Det er derfor ikke fremstilt kart med VLF data i denne rapporten.

De radiometriske data er prosessert med en programpakke som opprinnelig er utviklet av instrumentprodusenten Geometrics.

Data korrigeres først for deadtime (forsinkelse i A/D omformerne i spektrometeret) og normalisert til cps (counts per secund). Deretter blir bakgrunnsverdiene for de forskjellige kanalene trukket fra. Bakgrunnsstråling skyldes først og fremst kosmisk stråling og stråling fra instrumenter og materialer i helikopteret. Bakgrunnsverdiene finner man ved å foreta målinger over vann slik at man er sikker på at ingen stråling fra bakken registreres.

Deretter blir alle data normalisert til en høyde av 250 fot ved å bruke data fra radarhøydemåleren. Til slutt korrigeres data for Compton Scatter effekt. Compton scatter betyr at registreringer med høy energi også vil gi utslag i kanaler med lavere energi.

For dette oppdraget er de radiometriske data presentert i farge kotekart som viser stråling i total, thorium, kalium og uran kanalen.

På grunn av lave tellinger i urankanalen er det en viss stripevirkning på urankartene.

RESULTAT

Resultatene fra målingene er presentert som kart i målestokk 1:50000 og 1:20000. Kart med benevnelse A dekker kartblad Grong, mens kart med benevnelsen B dekker den sørlige halvparten av kartblad Harran.

Ved plotting av EM profilkurvekart i målestokk 1:20000 var det nødvendig å dele måleområdet i tre deler med benevnelse A,B og C.

Kartene som er presentert i denne rapporten er :

90.085	-01A	Magnetisk totalfelt,kotekart farger	1:50000
	-01B	Magnetisk totalfelt,kotekart farger	1:50000
	-02A	Magnetisk anomalikart,relieff farger	1:50000
	-02B	Magnetisk anomalikart,relieff farger	1:50000
	-03A	EM - tilsynelatende motstand,4551 Hz	1:50000
	-03B	EM - tilsynelatende motstand,4551 Hz	1:50000
	-04A	EM - profilkurvekart,4 frekvenser	1:20000
	-04B	EM - profilkurvekart,4 frekvenser	1:20000
	-04C	EM - profilkurvekart,4 frekvenser	1:20000
	-05A	Radiometri total,kotekart farver	1:50000
	-05B	Radiometri total,kotekart farver	1:50000
	-06A	Radiometri urankanalen,kotekart farver	1:50000
	-06B	Radiometri urankanalen,kotekart farver	1:50000
	-07A	Radiometri thoriumkanalen,kotekart farver	1:50000
	-07B	Radiometri thoriumkanalen,kotekart farver	1:50000
	-08A	Radiometri kaliumkanalen,kotekart farver	1:50000
	-08B	Radiometri kaliumkanalen,kotekart farver	1:50000

REFERANSER

- Akima, H. 1970 :** A new method of interpolation and smooth curve fittings based on local procedures. Jour. of Ass. for computing Machinery 17, 589-602
- Kihle, O. 1985 :** Produksjonssystem for fargerasterkart, versjon 85-X. Foreløpig brukerbeskrivelse. NGU rapport nr. 88.127.

GENERELLE BETRAKTNINGER VED TOLKNING AV DATA FRA HELIKOPTERMÅLINGER

Elektromagnetiske målinger

4-frekvens systemet fra Aerodat benytter to forskjellige sender-/mottaker antennegemetrier. Den tradisjonelle vertikale, ko-aksiale konfigurasjonen benyttes med to moderat atskilte frekvenser (900 Hz og 4200 Hz) mens de to horisontale, ko-planare spolesettene opererer med høyt atskilte frekvenser (4600 Hz og 34000 Hz).

Elektromagnetisk respons som måles med helikopter-målesystemer er en funksjon av lederens "elektriske" egenskaper og geometri. De "elektriske" egenskapene hos en leder bestemmes hovedsakelig av elektrisk ledningsevne, magnetisk susceptibilitet, størrelse og geometri.

Elektriske betrakninger

For en gitt leder/ledende sone er størrelsen av den målte ledningsenvnen (konduktansen) nært sammenhengende med den målte fasevinkelen mellom utsendt og mottatt signal. En liten fasevinkel indikerer en relativt høy ledningsevne mens det motsatte er tilfelle når faseforskjellen er stor. En liten faseendring resulterer i et høyt forhold mellom de målte "I fase" (Re) og "Ut av fase" (Im) komponentene, mens det motsatte er tilfelle når forholdet er lavt.

Forholdet mellom Re - og Im -komponentene fra et helikopter EM-måleinstrument er vist for en ikke-magnetisk, vertikal halvplan-modell i fig. 1. Andre fysiske modeller vil vise den samme trend, men har forskjellige kvantitative forhold.

Fasediagrammet (fig. 2) er konstruert ut fra målinger med et koaksialt målespolesett og amplitudene er målt i ppm (parts per million) av primærfeltet (senderfeltet), målt over lederen. Ved prosessering av måledata benyttes datamaskin og programvare til å plukke ut ledende soner og enkeltledere og til beregning av tilsynelatende ledningsevne. Beregningen av ledningsevnen blir riktig bare når modellen er tilnærmet lik den virkelige geologiske situasjonen. Den aktuelle geologiske kilden kan ha begrenset lengde, ha upassende dipvinkel, være sterkt magnetisk samt ha ledningsevne og tykkelse som varierer med dyp eller med strøkretning. Nærliggende enheter kan også sammen med overdekket ha innvirket på den responsen vi mäter. Generelt bør ledningsevnestimeringen bare betraktes som relativ og ikke som en absolutt guide for anomaliens egenskaper.

Ledningsevnen (mhos) er motsvarende til elektrisk motstand (ohms) og i tilfeller med tynne, platelignende anomaliårsaker er den tilsynelatende ledningsevnen tilnærmet lik produktet av elektrisk ledningsevne og lederens tykkelse.

I de fleste tilfeller vil overdekket ha en tilsynelatende ledningsevne mindre enn 2 mhos. Marine leirer kan imidlertid ha en ledningsevne mellom 2 og 4 mhos. Elektrolyttiske ledere i sprekksoner og forkastninger har også ledningsevne som kan plasseres i det lavt-ledende sjiktet.

Større ledningsevne, høyere enn for eks. 4 mhos, indikerer at en signifikant del av den elektriske ledningsevnen er elektronisk heller enn elektrolyttisk av natur. Materialer som har elektronisk ledningsevne er begrenset til enkelte metalliske sulfider og til grafitt. Gode ledere, 10 mhos eller bedre er generelt begrenset til sulfid- eller grafittførende bergarter.

Sulfidmineraler, med noen unntak, er gode ledere. Sulfidene kan imidlertid opptre som impregnasjonsmalmer uten elektrisk ledningsevne i bergarten. I slike tilfeller kan den lave tilsynelatende

ledningsevnen bety at en undervurderer lederens geologiske kvaliteter. I forbindelse med gullprospektering er ledningsevnemålinger av liten direkte nytte. Skjønt gull er en ypperlig elektrisk leder så venter en ikke at gull finnes i så store mengder at en vil få en målbar anomali, men mindre mengder sulfider kan gi en nyttig indirekte påvisning.

Konklusjon: Den beregnede ledningsevnen av en leder kan gi en relativt positiv identifikasjon av betydningsfull sulfid- eller grafittmineralisering. Moderate/lave ledningsevnearomalier ute- lukker ikke muligheten av god økonomisk interessant mineralisering.

Geometriske betrakninger

Geometriske betrakninger av en geologisk leder kan ofte best gjøres ut fra den målte profilkurven. Forandringen i kurveforløpet er primært bestemt av den induktive koblingen mellom sender-spolen, lederen og mottakerspolen.

I tilfellet med en tynn, steil, platelignende leder vil ko-aksiale målesystemer gi et nesten symmetrisk kurveforløp over lederen. De ko-planare systemene vil ha 0-kobling og gi minimum utslag over lederen, flankert av positive sideutslag. Ettersom dip- vinkelen blir mindre vil anomalien fra ko-aksialspolene forandres lite mens de ko-planare spolene vil vise en økning i sideutslaget på bunnsiden i forhold til toppsiden (fig. 1).

Med økende tykkelse vil de induserte strømmene på tvers av lederen bli større og 0-kobling mellom målespolene og lederen umuliggjøres. Som et resultat av dette vil den negative responsen i ko-planar spolene over lederen minke med økende tykkelse av lederen og til slutt, når en har å gjøre med et horisontalt lag eller "half-space", vil den negative responsen forsvinne helt.

Et horisontalt, ledende lag (f.eks. overdekket) vil gi en respons i de ko-aksiale og ko-planare spolene som er en funksjon av høyde. Profilkurveforløpet vil bli det samme i begge spolekonfigurasjonene med et amplitudeforhold ko-planar/ko-aksial på ca. 4:1.

For en kuleformet anomalিårsak vil det samme forholdet bli opp til 8:1.

Oppsummering

En vertikal, platelignende anomalিårsak vil gi en negativ anomali i det ko-planare målesystemet sammenfallende med en positiv topp i det ko-aksiale. Den relative styrken av den negative anomalien har et motsatt forhold til tykkelsen av lederen, dvs. en kraftig negativ respons fra en relativt tynn leder. Dipvinkelen til en slik leder kan en finne fra forholdet mellom de positive sideutslagene (side-lobes). Massive ledere som har "kulefasong" vil gi en enkel anomalikurve både fra de ko-aksiale og ko-planare spole-systemene med et forhold i styrke mellom ko-planar/ko-aksial respons opp mot 8.

Overdekkeanomalier lager ofte brede og vanskelig definerbare anomaliprofiler. I de fleste tilfeller vil respons fra både ko-planare og ko-aksiale spoler være identiske med et relativ amplitudeforhold lik 4.

I enkelte tilfeller, dersom sidekantene av en overdekkesone har en skarp avgrensning, og med brukbar tykkelse, så vil en kunne se en sidekanteffekt i de ko-aksiale kanalene.

Magnetiske målinger

Totalfeltkartene viser normalt konturer av det totale magnetiske feltet uten korreksjoner for regionale variasjoner. Hvorvidt en EM-anomali med en magnetisk korrelasjon skyldes en sulfidmineralisering eller har andre årsaker avhenger av mineraliseringstypen. En tilsynelatende sammenheng mellom en EM-anomali og en magnetisk anomali kan skyldes en leder som også er magnetisk eller en leder som ligger tett inntil magnetiske materialer. Størstedelen av ledere som er magnetiske er sulfider som inneholder pyrrhotitt eller/og magnetitt. Elektrisk ledende og magnetiske kilder som ofte sammenfaller er grafitt og magnetitt. Det er ofte meget vanskelig å sjeldne mellom disse tilfellene. Dersom lederen også er magnetisk vil en få en EM-anomali som i kurveforløp ligner den magnetiske kurven. Avhengig av den magnetiske permeabiliteten av lederen vil amplituden av Reellkomponentene svekkes. Dersom en også har svak ledningsevne kan Reellkomponentene til og med skifte fortegn.

VLF-elektromagnetiske målinger

Very Low Frequency - målingene benytter utstråling fra kraftige militære radiosendere som sendersignal. Magnetfeltet som er assosiert med transmisjonene er elliptisk polarisert i nærheten av elektriske ledere. NGUs målesystem (Herz Totem 2-A) benytter 3 målespoler i x,y,z konfigurasjon for å måle totalfeltet og den vertikale Imaginær (Im) komponenten av den polariserte ellipse.

Den relativt høye frekvensen (15-25) kHz gir høye responsfaktorer for legemer med lav ledningsevne. Relativt dårlig ledende sulfid-mineraliseringer kan derfor gi brukbare VLF-signaler. Av samme grunn vil dårlige ledere som skjærsoner, brekksjesoner, smale forkastninger og omvandlingssoner normalt gi VLF-anomalier. Metoden er derfor viktig og effektiv i forbindelse med geologisk kartlegging.

En ulempe med metoden er stor følsomhet ovenfor ledende overdekker, og dybderekkevidden avtar kraftig under slike forhold.

Totalfeltresponsen indikerer eksistens og posisjon av en ledningsevneanomali. Responsen vil bli størst over lederen uten noen spesiell filtrering og den øvre kant av lederen blir sterkt favorisert sjøl med relativt lav dipinkel.

Den vertikale IM-komponenten vil være av "cross-over" type over tynne, vertikale ledere med "cross-over" punkt assosiert med toppen av lederen.

Responsen er av "cross-over" type fordi en måler vertikalkomponenten av feltet heller enn totalfeltets Im-komponent. Responsekurven har primært geometriske årsaker mens ledningsevnen og avstand mellom max. og min. på hver side av "cross-over" skyldes dyp til anomaliårsak. For en gitt geometri vil derfor denne avstanden kunne angi dypet.

Amplituden av Im-responsen er i motsetning til kurveformen en funksjon av ledningsevnen og dypet samt ledningsevnen i overdekket og i sidebergartene. Ettersom primærfeltet gjennomtrenger et ledende overdekke ned til lederen blir det attenuert og negativt fasevridd. Sekundærfeltet som produseres av dette forvrengte feltet i lederen har i tillegg en fasevridning. Denne vridningen er positiv og større for dårlige ledere. Sekundærfeltet blir så attenuert og negativt fasevridd under returnen til overflaten. Nettoeffekten av disse tre prosessene bestemmer fasen av sekundærfeltet som treffer mottakerspolene.

Derfor vil en relativt dårlig leder i resistive omgivelser gi en positiv fasevridning. En relativt god leder i ledende medium vil gi en negativ fasevridning. En kombinasjon er kanskje tilfelle når netto fasevridning er 0. Responsen er da Reell (Re) og har ingen Im-komponent.

En netto positiv fasevridning kombinert med geometrisk "cross-over" vil gi positiv Im respons på "ankomstsiden" av anomalien og negativ på "avgangssiden". En netto negativ fasevridning produserer motsatt effekt. En fortegnreversering oppnås når orienteringen av instrumentene forandres 180° . Ved digital dataprosessering blir alle data derfor normalisert til samme flyretning.

Radiometriske målinger

Gammaspektrometret som NGU benytter består av en natriumjodid (NAI) krystalldetektor og en elektronisk enhet som omformer de mottatte gammastrålene til elektroniske signaler, proporsjonale med intensitet og energi.

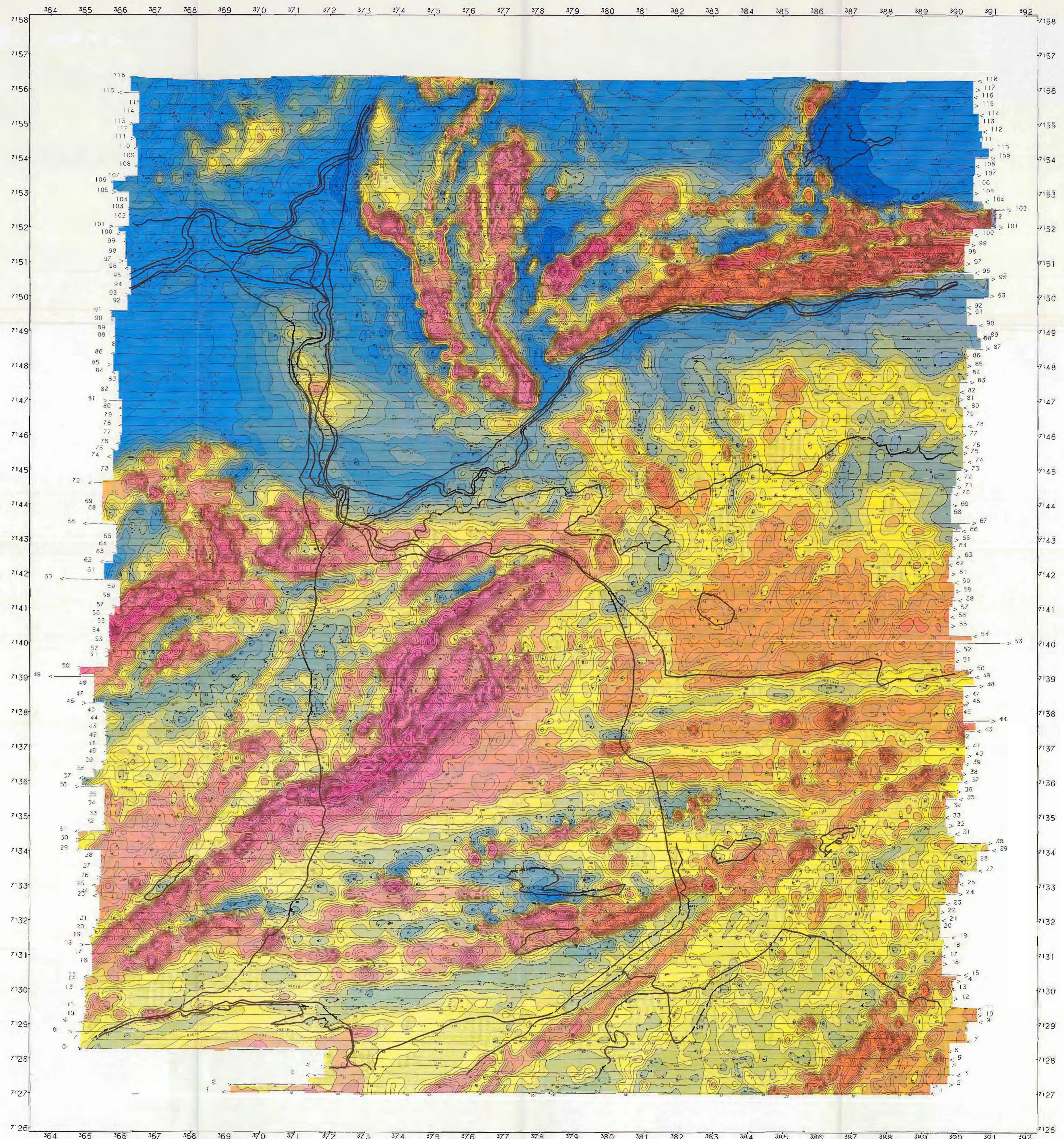
Kalium, uran og thorium er de vesentligste bidragsytere til strålingen fra bakken under helikopteret. Ved å analysere energinivåene og forholdet mellom antall scintillasjoner i de tre kanalene (K, Ur, Th) kan en tolkning av målingene med henblikk på bergarter med variert innhold av disse elementene utføres. Tolkningen baseres på kjente egenskaper hos bergartene samt på empiriske observasjoner og korrelasjoner med kjent geologi.

Gammastrålingen reflekterer bare nær-overflate-egenskaper hos bergartene/overdekket. Ved tolkning bør en også huske at vann og våtmark effektivt skjermer all stråling fra underliggende bergarter. Anomalier fra overdekket kan være representative for underliggende bergarter, men kan også være transportert og ha opprinnelse i andre områder.

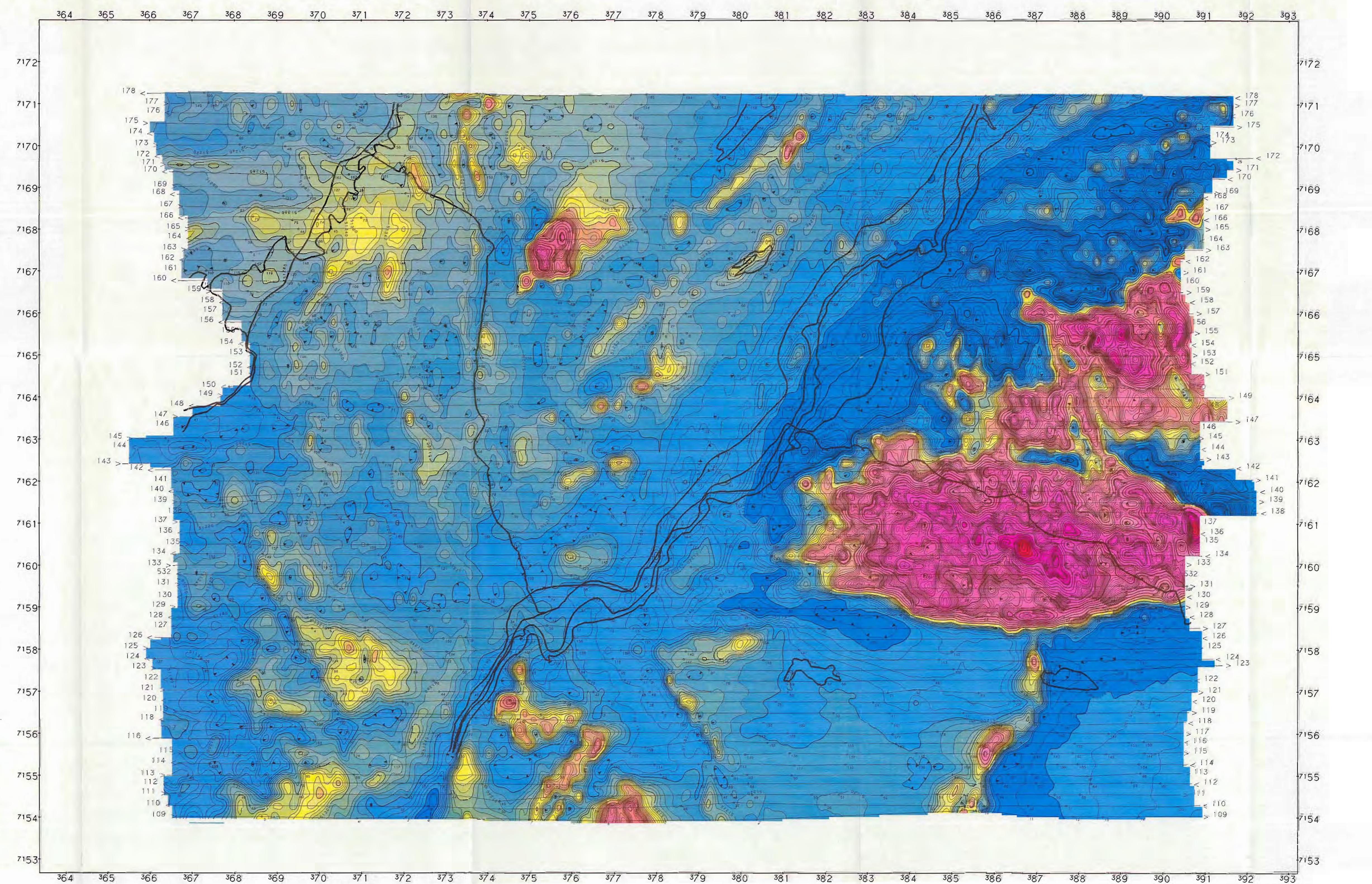
Radiometriske målinger er mest benyttet ved geologisk oversikt-kartlegging, men en bør ikke overse mulighetene for direkte eller indirekte å finne interessante objekter ved bruk av måleresultatene. En kan f.eks. gjennom vanlig radiometrisk kartlegging finne anomalier som kan lede til funn av karbonater eller pegmatitter i

granittiske bergarter samt finne områder med høyt kaliuminnhold (Tiltvika, Hamarøy). Forhøyet strålingsnivå er også observert i forbindelse med porfyr-kobber og enkelte blymineraliseringer. Forholdet mellom måleverdiene for uran-, thorium- og kaliumstråling er viktig ved tolkning av anomale områder. Både vedprospekering etter kalirike bergarter, kobber, mangan, jern, sink og sjeldne mineraler og jordarter er forholdstallene mellom K^{40} , Bi^{214} og Tl^{208} til stor nytte.

Radongass, et av datterproduktene i uranserien, kan trenge gjennom sprekker og porøst materiale, produsere Bi^{214} og derved indikere anomalier av uran over større områder og tykke overdekker. Meteorologiske forhold er også viktige fordi radongassen kan blåse bort fra området over kilden og derved introdusere et usikkerhetsmoment ved tolkningen.



N-TRØNDELAG PROGRAMMET	
MAGNETISK TOTALFELT KONTURER OG FARGER	
GRONG	
N-TRØNDELAG FYLKE	MALESTOKK 1 : 50,000
	0 500 1000 2500 5000 meter
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE	DATO: AUGUST 1988
Lidiv Eirikssons vei 39	TEGNING NR: 90.085-01A
N-7040 TRONDHEIM	KARTBLAD NR: 1623 IV GRONG
TEL 07-90 40 11	



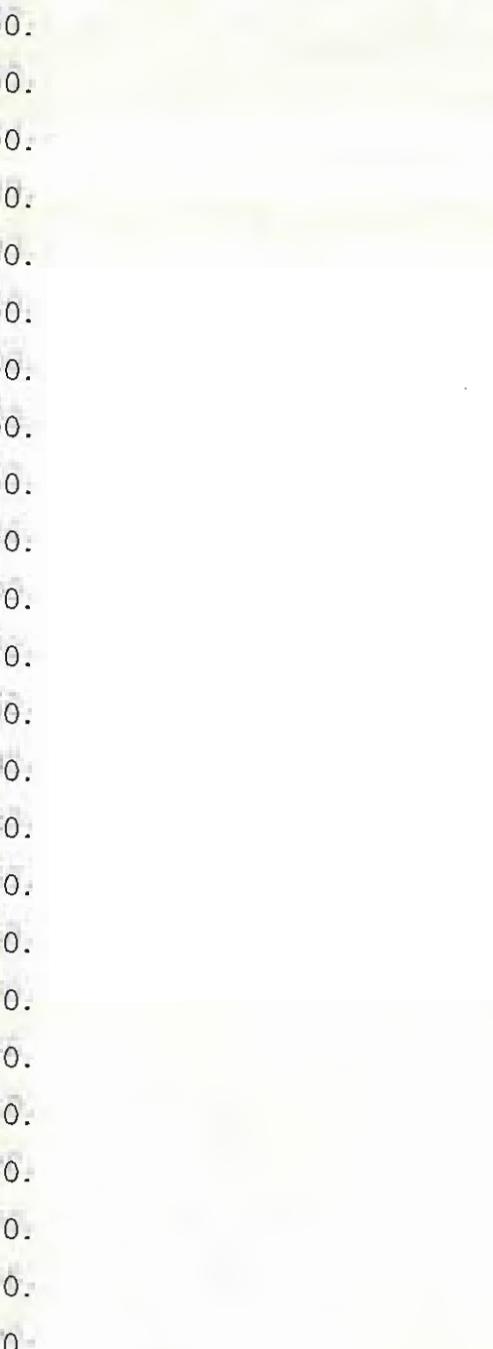
Flymønster

Flymønsteret er rekohistert fra
navigatørens merker på kartene.
Middels lørrøngskjæring = 60m
Linhjævstand = 250m

Magnetisk totalfelt

Total Feit Magnetisk Intensitet
(i NanoTeslas)
Farger = distribuert etter farge-
skala vist nedanfor

Gestum high sensitivity magnetometer
Sensor høyde = 45m



N-TRØNDELAG PROGRAMMET

MAGNETISK TOTALFELT KONTURER OG FARGER

HARRAN

N-TRØNDELAG FYLKE

MALESTOKK 1 : 50,000

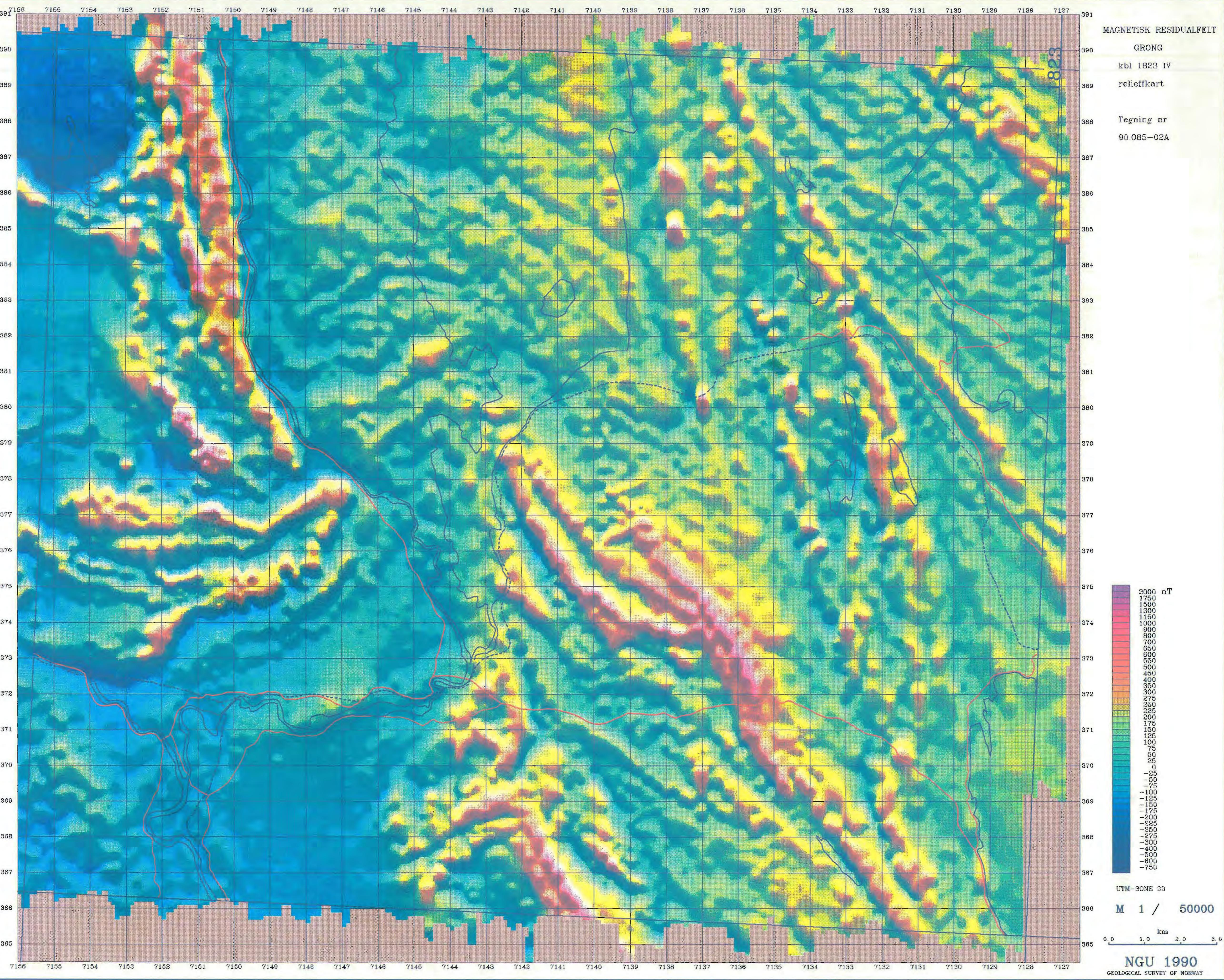
0 500 1000 2500 5000 meter

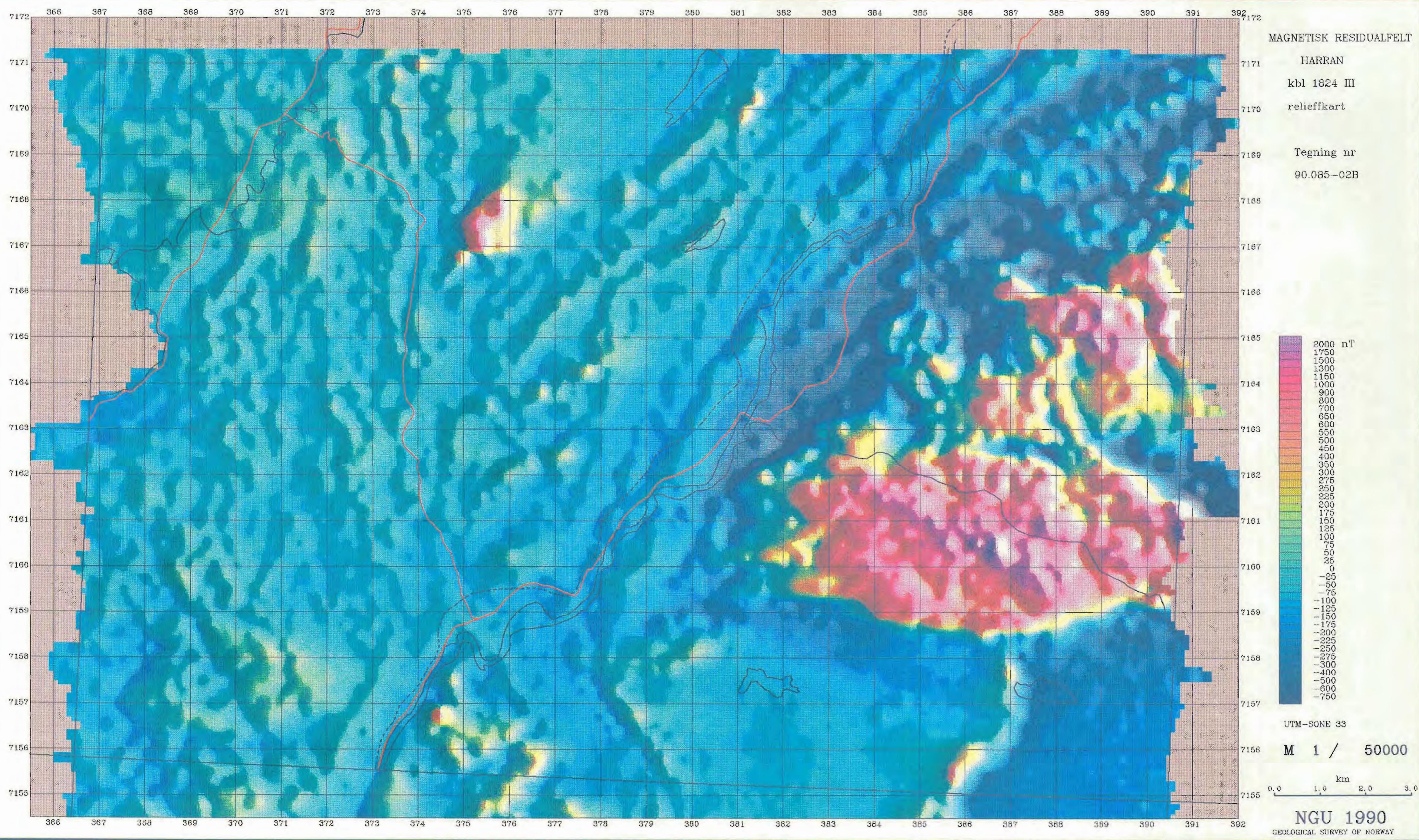
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE DATO: AUGUST 1988

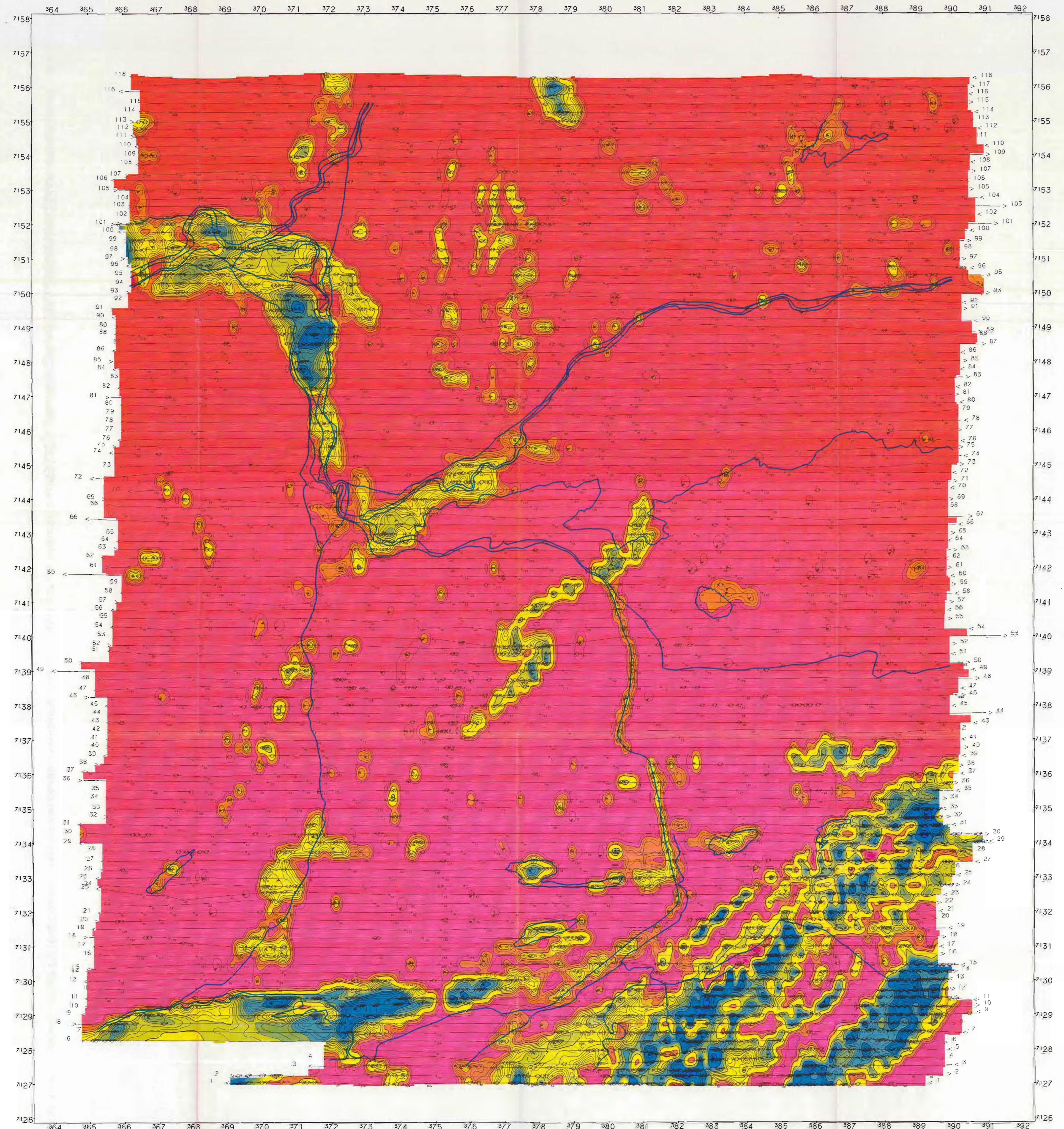
Leiv Eriksens vei 39 TEGNING NR: KARTBLAD NR:

N-7040 TRONDHEIM 90.085-01B 1824 III HARRAN

TEL: 07 - 90 40 11







Flymonster

Flymonstret er rekonstruert fra
navigatørens merker på kartene

Middels terreng-klaring 60m
Linjesslank = 250m

Tilsynelatende motstand

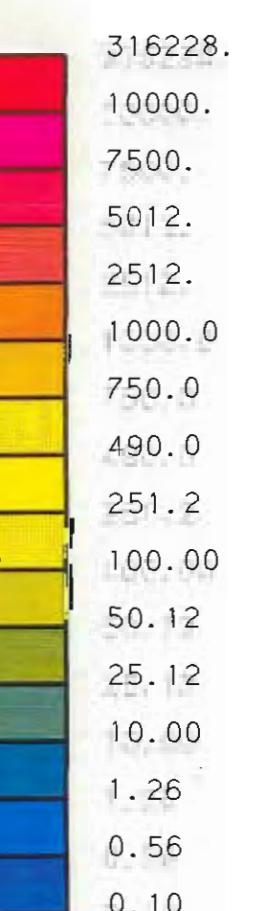
Konturer = logaritmisk intervall 0.1 ohmm

Farger = distribuert etter en fargeskala
Som viser negativ
- minimum logaritmisk
- intervall 0.1 ohmm

Beregnet fra 4551 Hz koaksial respons
med et modell på 50 m overdekket
Sensor høyde 30 meter

EM Anomalier

- Læringssone X tilknytning (spes)
- 0 - 1
 - 1 - 2
 - 2 - 4
 - 4 - 8
 - 8 - 16
 - 16 - 30
 - > 30



N-TRØNDELAG PROGRAMMET

TISSYNELATENDE MOTSTAND
KONTUR OG FARGER
MED EM-SYMBOLER

GRONG

N-TRØNDELAG FYLKE

MALESTØRKE 1 : 50,000



NORGES GEOLISKE UNDERSØKELSE DATO: AUGUST 1988

Leiv Eriksens vei 39 TEKNING NR: 90.085-03A

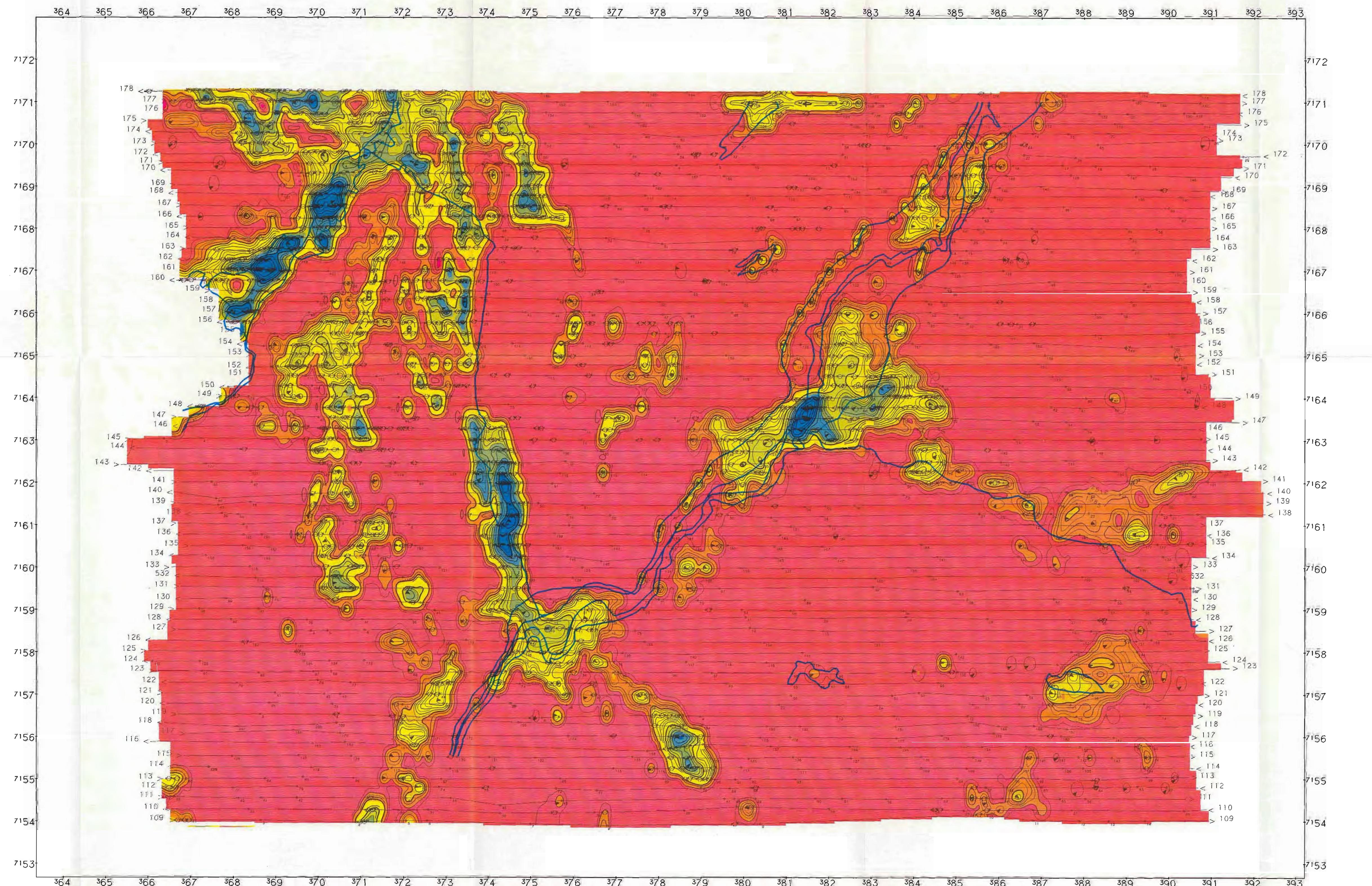
N-7040 TRONDHEIM KARTBLAD NR: 1823 IV GRONG

TEL: 07 - 90 40 11



NGU

NORGES GEOLGIKSE UNDERSØKELSE
Geological Survey of Norway



Flymønstre

Flymønstret er rekonstruert fra
navigasjonsmerker på kartene

Middels terräng-klærering 60 m
Linjeavstand = 250 m

EM-Anomalier

Ledningsevne X lykkelse (mos)

- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 4
- 4 - 8
- 8 - 15
- 15 - 30
- > 30

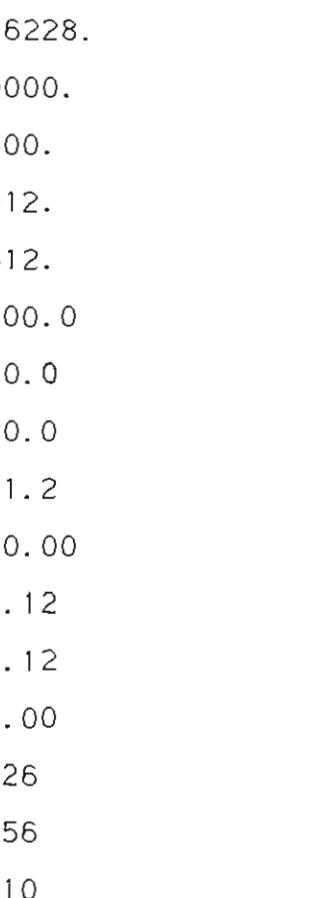
TILSYNELATENDE MOTSTAND

Konturer = logaritmisk intervall 0.1 ohm-m
Farger = distribuert etter en fargeskala
som viser nedenfor
- minimum logaritmisk
- intervall 0.1 ohm-m

Beregnet fra 4551 Hz koksial respons

med en modell på 50 m overdekket

Sensor høyde 30 meter



N-TRØNDELAG PROGRAMMET

TILSYNELATENDE MOTSTAND
KONTUR OG FARGER
MED EM-SYMBOLER

HARRAN

N-TRØNDELAG FYLKE

MÅLESTOKK 1 : 50,000

0 500 1000 2500 5000 meter

DATO: AUGUST 1988

LEIV ERIKSSON S VEI 39

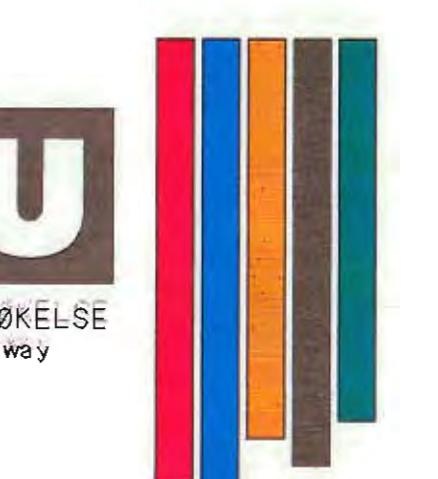
N-7040 TRONDHEIM

TEL 07 - 90 40 11

TEGNING NR:

90.085-03B

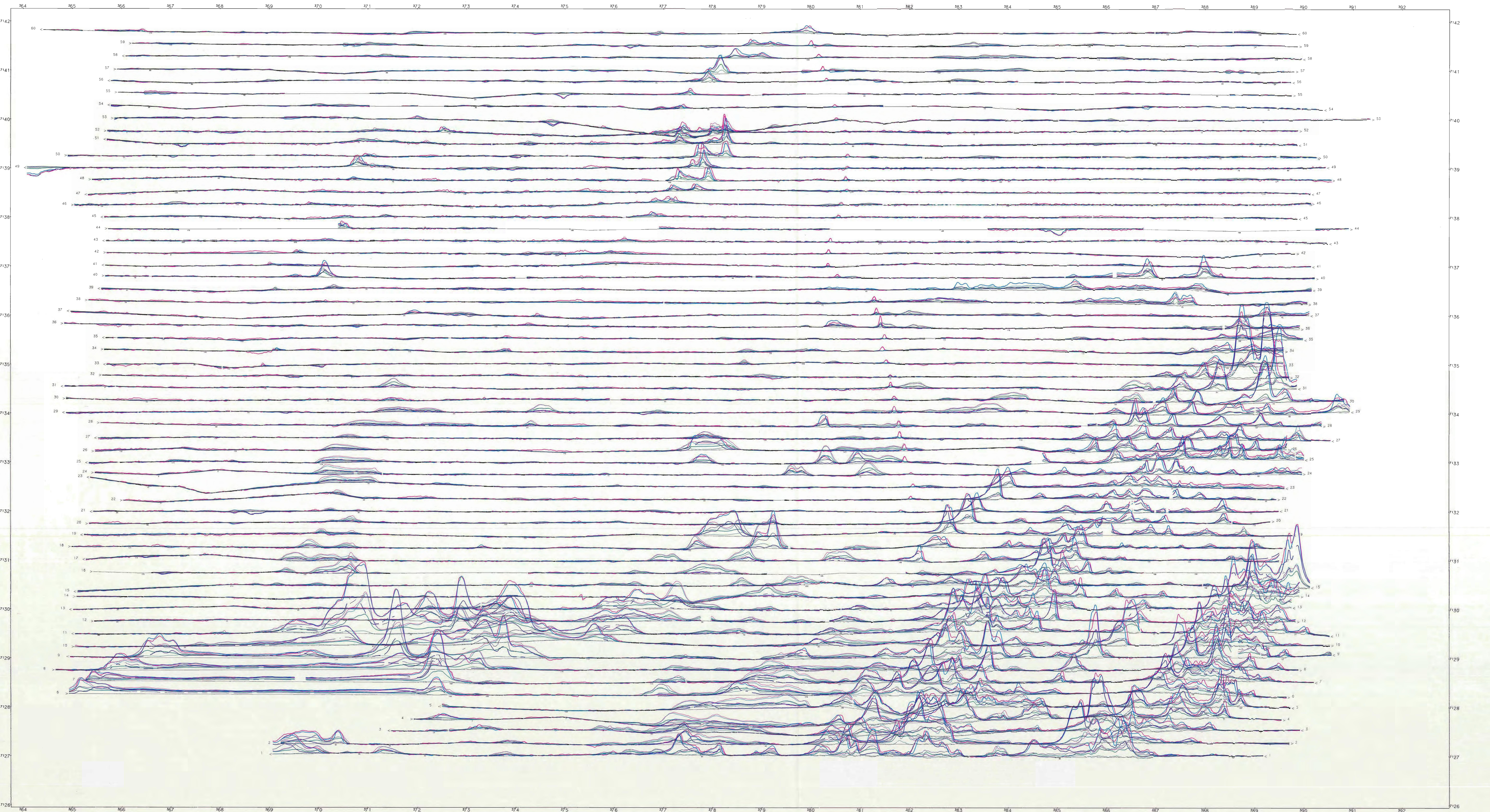
1824 III HARRAN

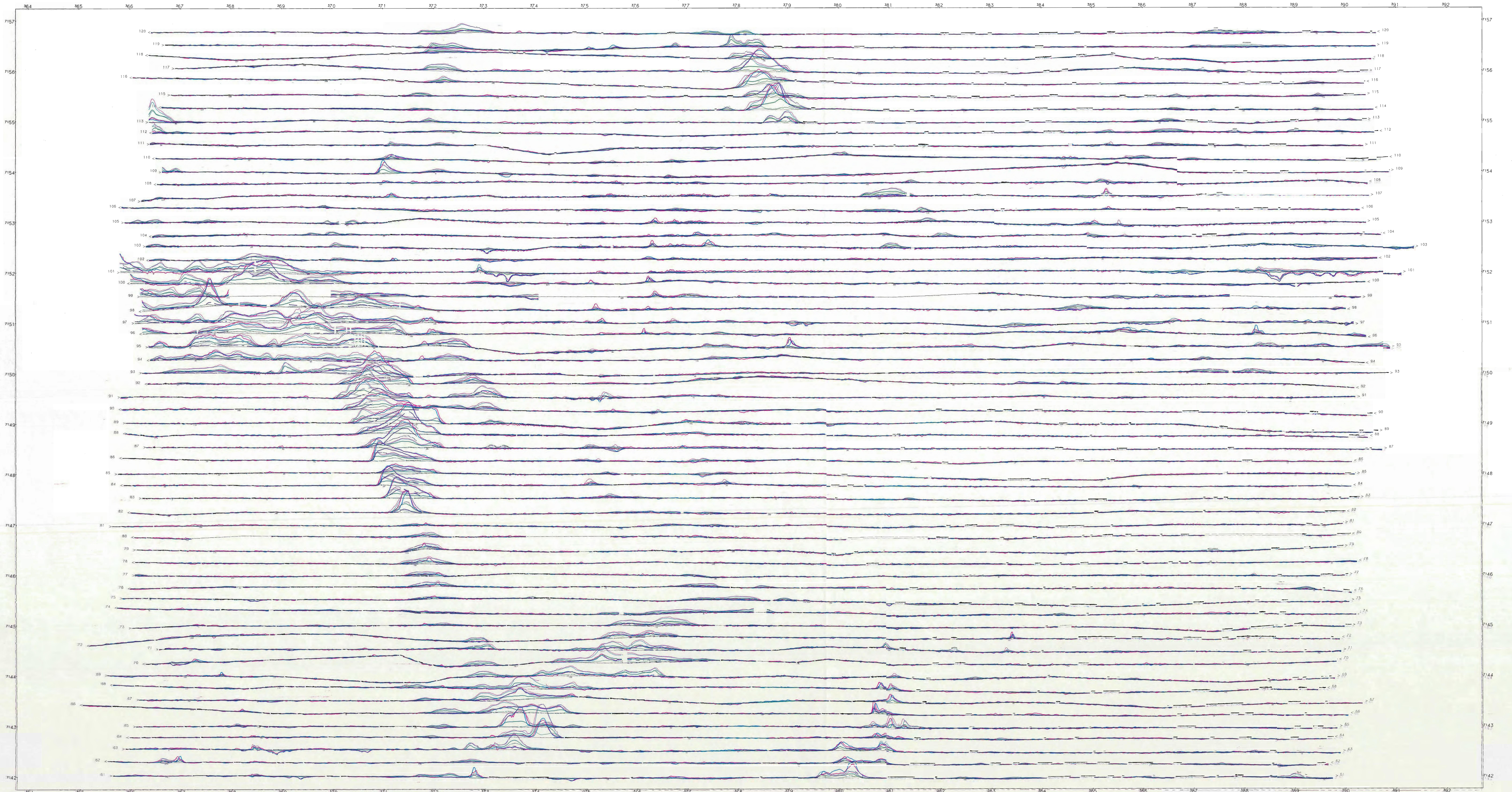


Flymønster
Flymønsteret er rekonstruert fra
navigatoren merket på Kartens
Middel terreng klarering 50m
Linjeavstand = 250m

EM Profiler
923 Hz Coaxial 2 ppp/mm
Feilkomponent
Imaginær komponent
4551 Hz Coaxial 2 ppp/mm
Real komponent
Imaginær komponent
4287 Hz Coplanar 8 ppp/mm
Real komponent
Imaginær komponent
3416 Hz Coplanar 30 ppp/mm
Real komponent
Imaginær komponent
Sensør høyde.....135m
Spole sepsjonstid.....7m

N-TRØNDALAG PROGRAMMET
ELEROMAGNETISKE MÅLINGER
PROFILKURVEKART
GRONG sør
N-TRØNDALAG FYLKE
VARESTØR 1 : 20000
LEVI EITZINGER VOL 29
N-7040 TROMSØ
TEL. 07 - 90 40 11
NORGES GEOLISKE UNDERSEKSELSE DATO: AUGUST 1988
TEGNING NR: 90.085-04A KARTBLAD NR: 1823 IV GRONG







Flymodster

Flymodsteret er rekonstruert fra
navigatoren merker på kartene
Middels terrengsignering 60m
Liniestrekkevidde = 250m

EM Profiler

923 Hz Coaxial 2 ppm/mm
real komponent
imaginær komponent
4551 Hz Coaxial 2 ppm/mm
real komponent
imaginær komponent
4287 Hz Coplanar 8 ppm/mm
real komponent
imaginær komponent
34169 Hz Coplanar 30 ppm/mm
real komponent
imaginær komponent
Sensor høyde.....30m
Spesie sersjonsj.....30m

N-TRØNDALAG PROGRAMMET

ELEKTROMAGNETISKE MÅLINGER
PROFILKURVEKART

HARRAN sør

N-TRØNDALAG FYLKE

MALESTOKKE 1 : 20000

0 200 400 600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 METRER

DATO: AUGUST 1988

LEI: ERIKSENSEN vei 39

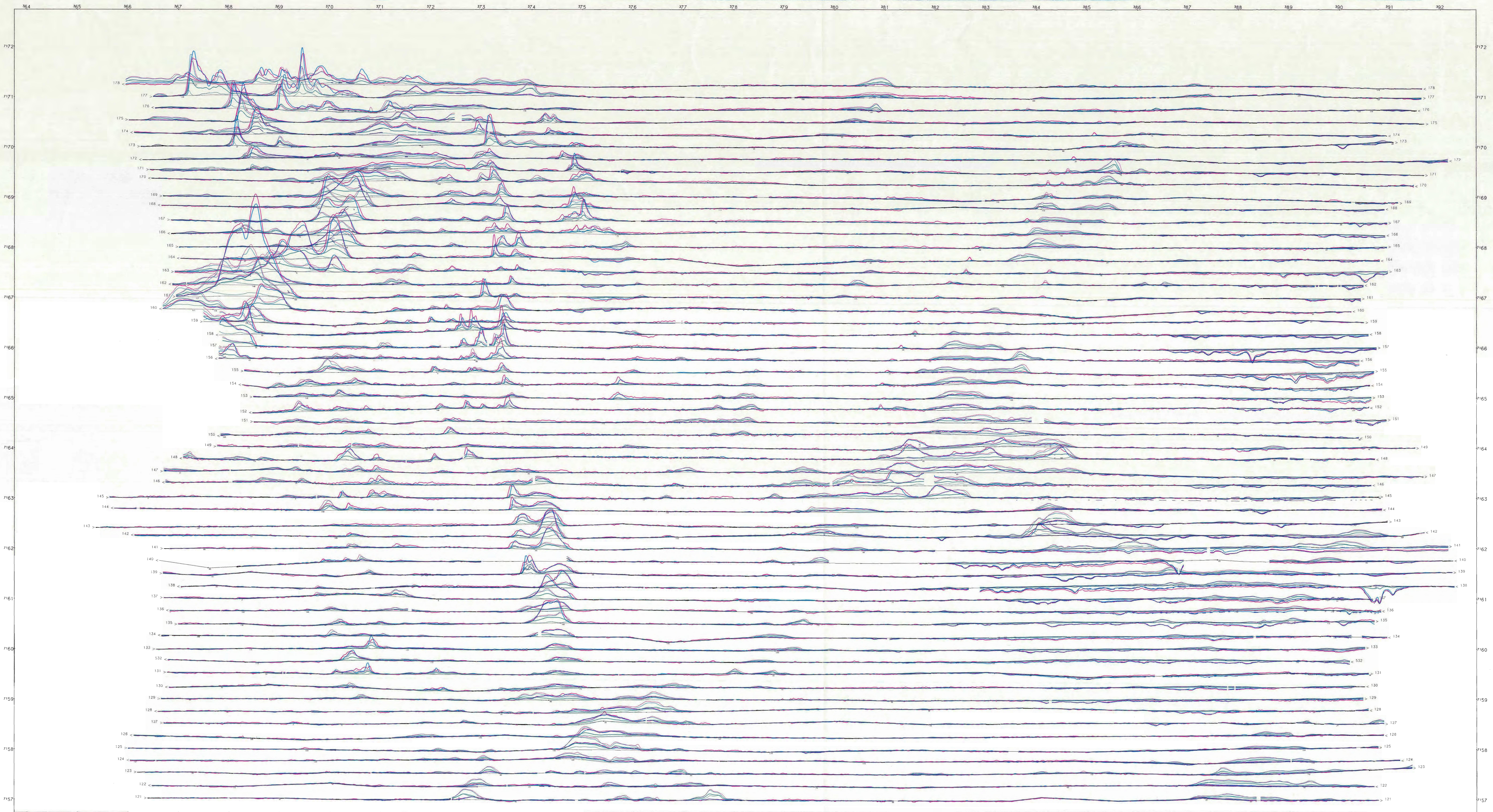
N-7040 TRONDHJEM

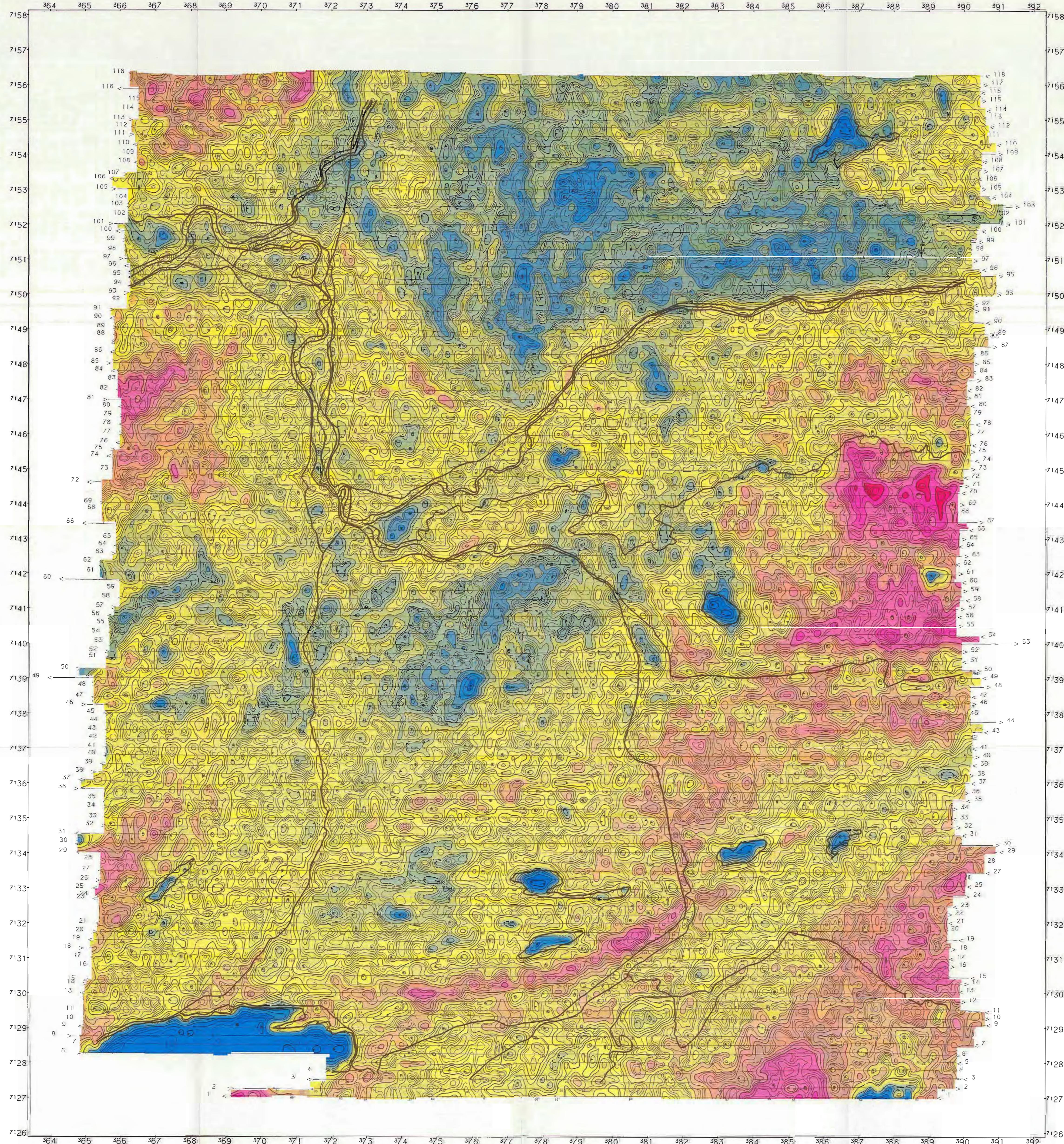
TEL: 07 - 90 40 11

TEGNING NR: 1824 111 HARRAN

NORES GEODISKE UNDERSØKELSE

KARTBLAD NR: 90.085-04C





Flymønster

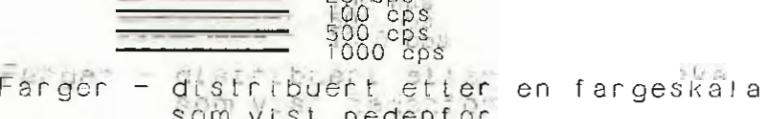
Flymønsteret er rekonstruert fra havvidtarens mørker på kartene

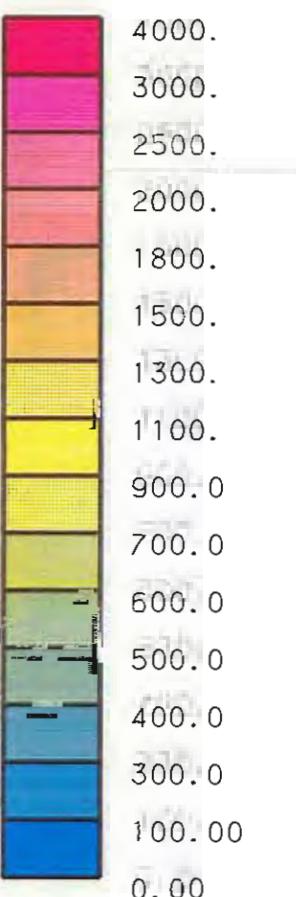
Middels terreng-klæring 60m
Linjeavstand = 250m

Totalstraling

Radiometrisk totalstraling
(i tellinger per sekund)

Kartkohärens er nullpunkt av
de som er listet nedenfor


 Farger - distribuert etter en fargeskala
som visst nedenfor



N-TRØNDELAG PROGRAMMET

RADIOMETRISK TOTALSTRALING KONTURER OG FARGER

GRONG

N-TRØNDELAG FYLKE

MÅlestokk 1 : 50,000

0 500 1000 2500 5000 meter

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE	DATO: AUGUST 1988
IIV Pålsviksvei 39	TEGNING NR: 90.085-05A
N-7040 TRONDHJEM	KARTBLAD NR: 1823 IV GRONG
TEL: 07 - 90 40 11	



N

Flymønster

Flymønstret er rekonstruert fra
navigatørens merker på kartene

Middels terreng-klarering 60m
Linjeavstand = 250m

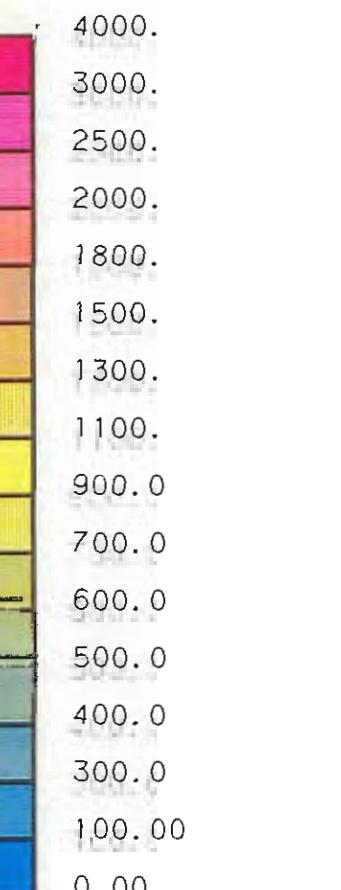
Totalstråling

Radiometrisk totalstråling
(i ledninger per sekund)

Kartkonturene er nullstrålning av
de som er tilstede nedenfor

— 500 cps
— 1000 cps
— 10000 cps

Farger - distribuert etter en fargeskala
som viser nedover



N-TRØNDALAG PROGRAMMET

**RADIOMETRISK TOTALSTRÅLING
KONTURER OG FARGER**

HARRAN

N-TRØNDALAG FYLKE

MALESTOKK 1 : 50,000

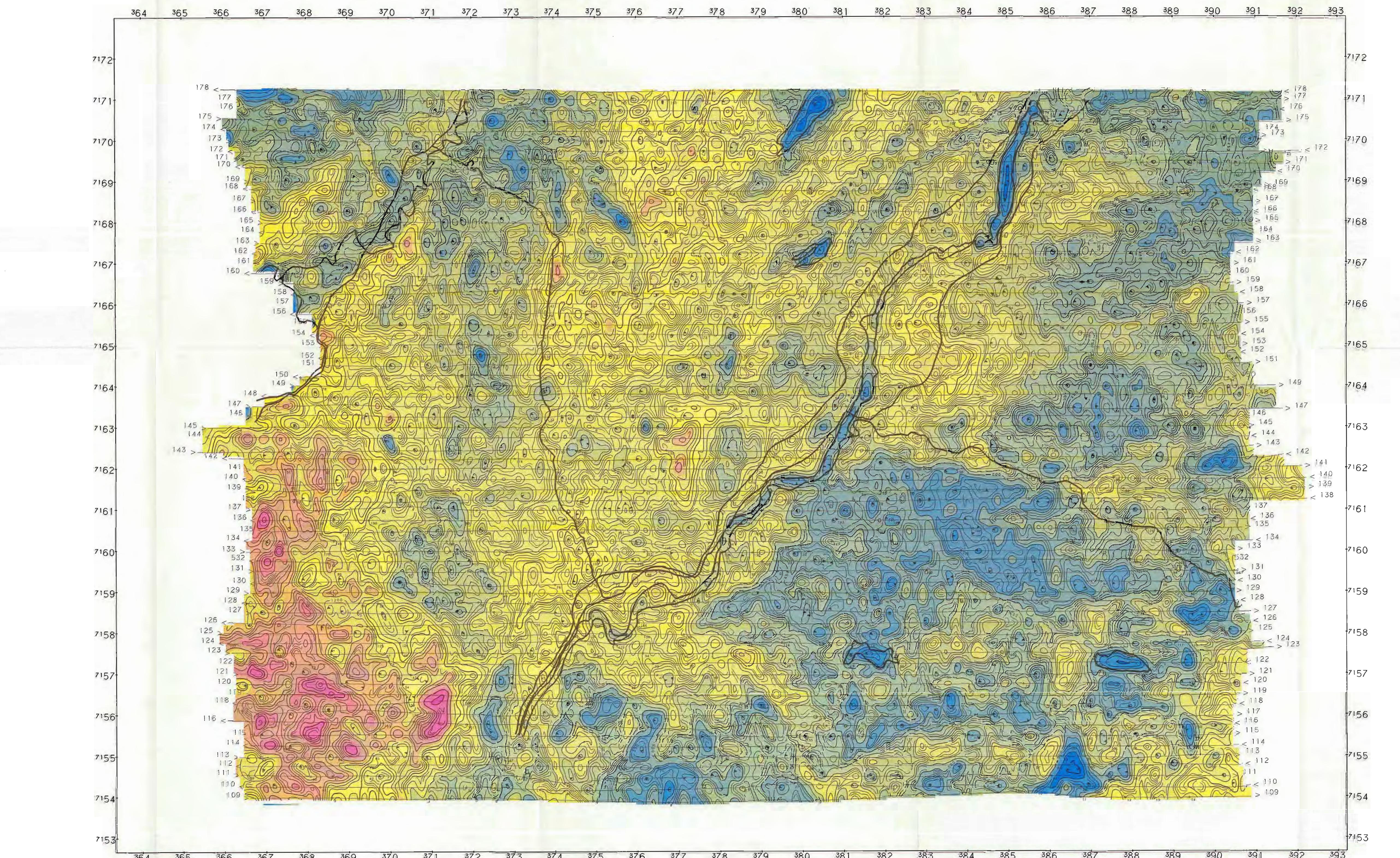
0 500 1000 1500 2000 5000 meter

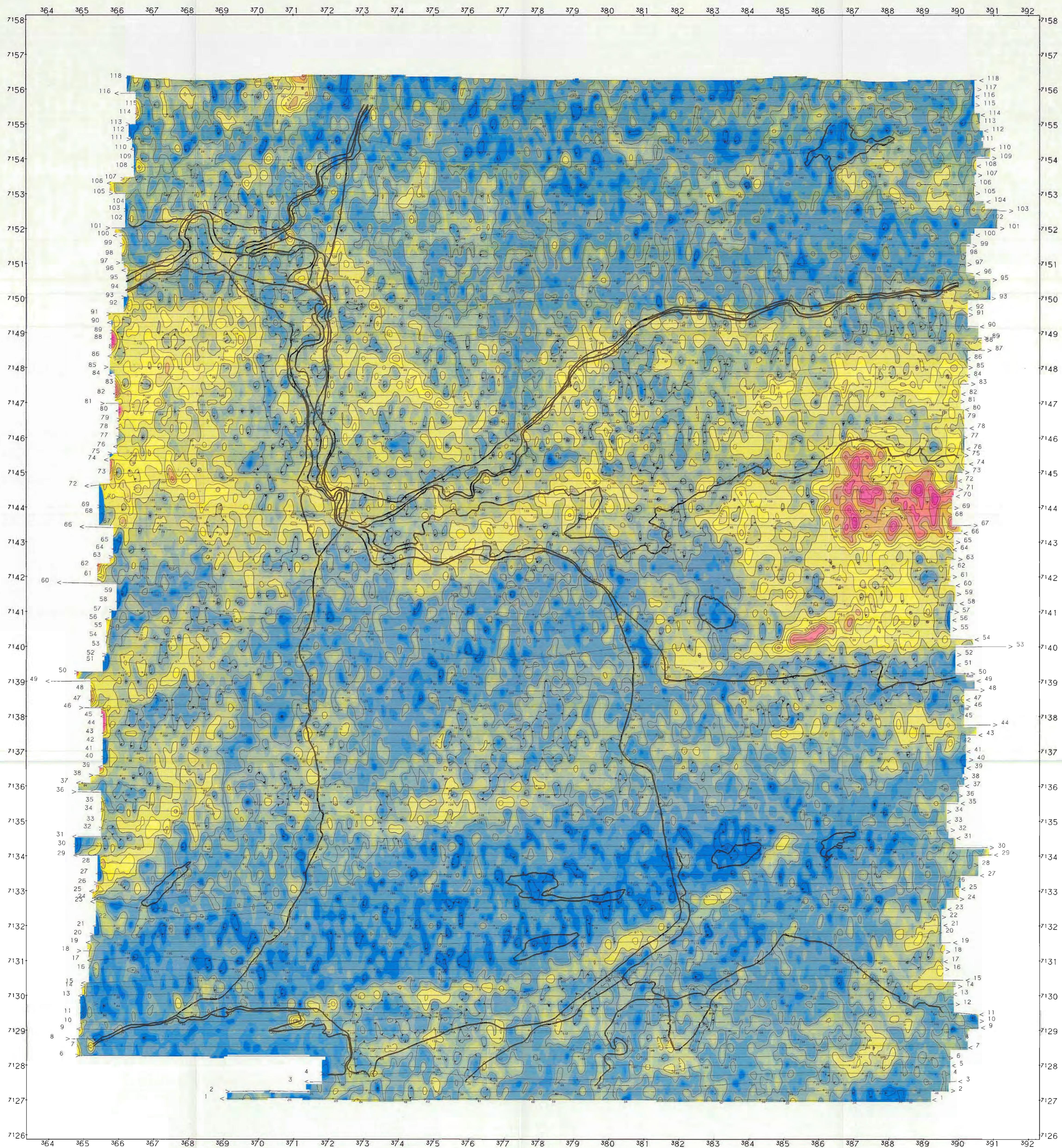
NORGES GEOLISKE UNDERSØKELSE

Lov Eriksens vei 39
N-7040 TRONDHEIM
TEL 07 - 90 40 11

DATO: AUGUST 1988

TEGNING NR: KARTBLAD NR:
90.085-05B 1824 III HARRAN



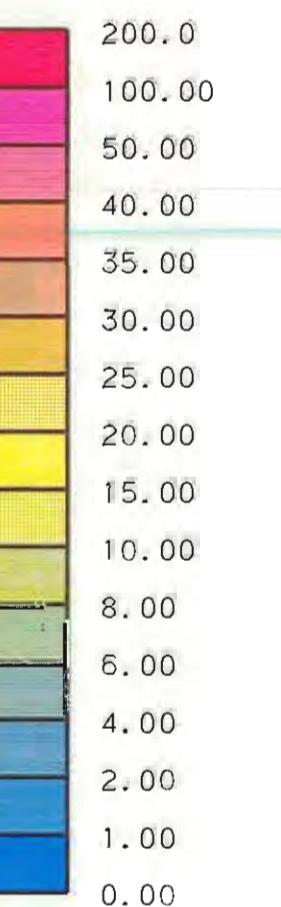

Flymønster

Flymønstret er rekonsistert fra
navigatørens merker på kartene
Middels terrengsklaring 60m
Linjeavstand = 250m

Uran kanalen

Radiometri urankanalen
(i tellinger per sekund)
Kartkonturen er multiplem av
de som er listet nedenfor
— 5 cps
— 10 cps

Farger = distribuert etter en fargeskala
som viser nedover

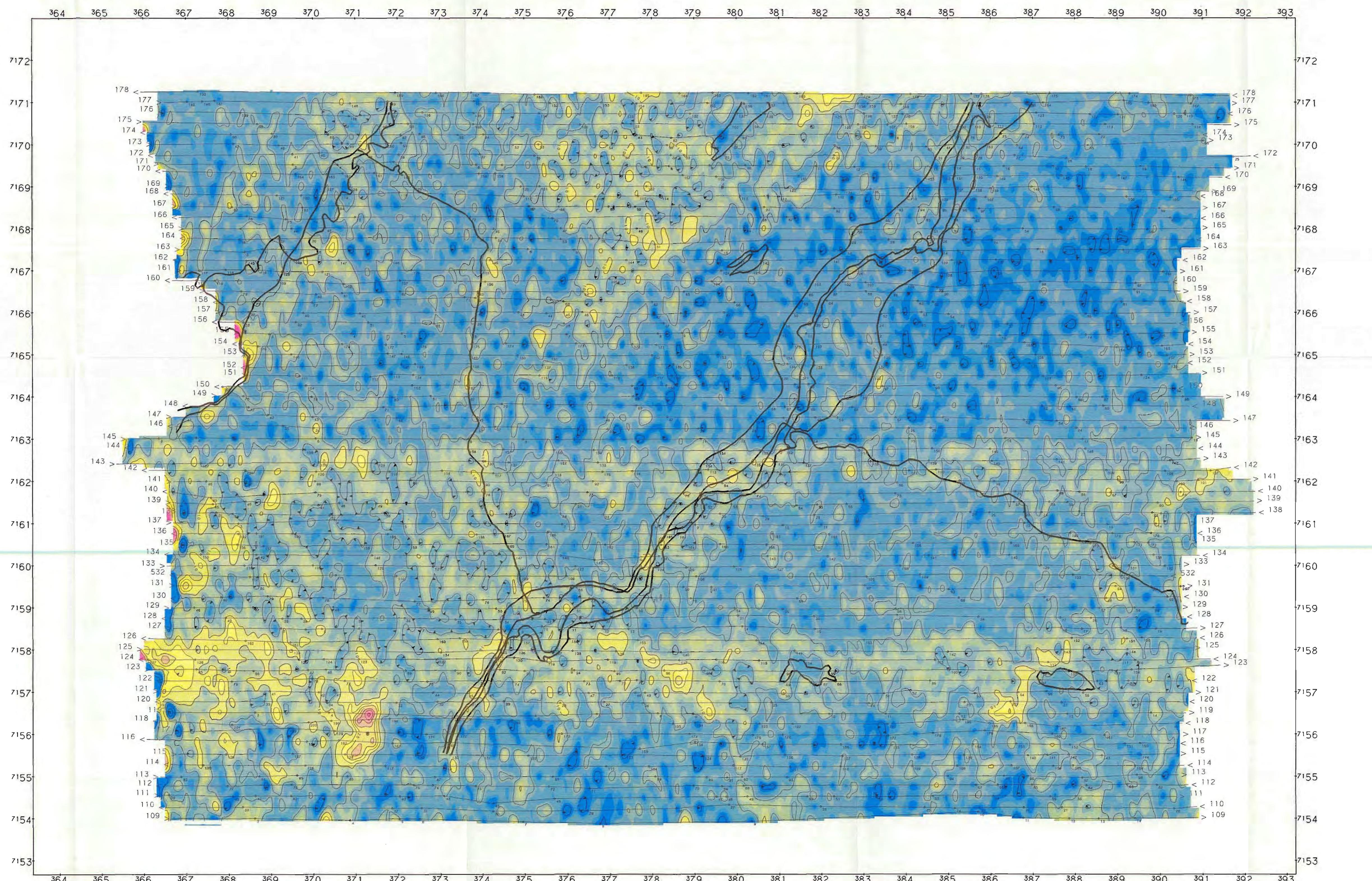

N-TRØNDELAG PROGRAMMET
**RADIOMETRI URAN KANALEN
KONTURER OG FARGER**
GRONG

N-TRØNDELAG FYLKE

MALESTØRKK 1 : 50,000

0 250 500 750 1000 1250 1500 1750 2000 2500 3000 3500 4000 4500 5000 meter

NORGES GEOLISKE UNDERSØKELSE	DATO: AUGUST 1988
Leiv Eirikssons vei 39	TEGNING NR:
N-7040 TRONDHEIM	KARTBLAD NR:
TEL 07 - 90 40 11	90.085-06A 1823 IV GRONG



N-TRØNDELAG PROGRAMMET

RADIOMETRI URAN KANALEN KONTURER OG FARGER

HARRAN

N-TRØNDELAG FYLKE

MALESTOKK 1 : 50,000

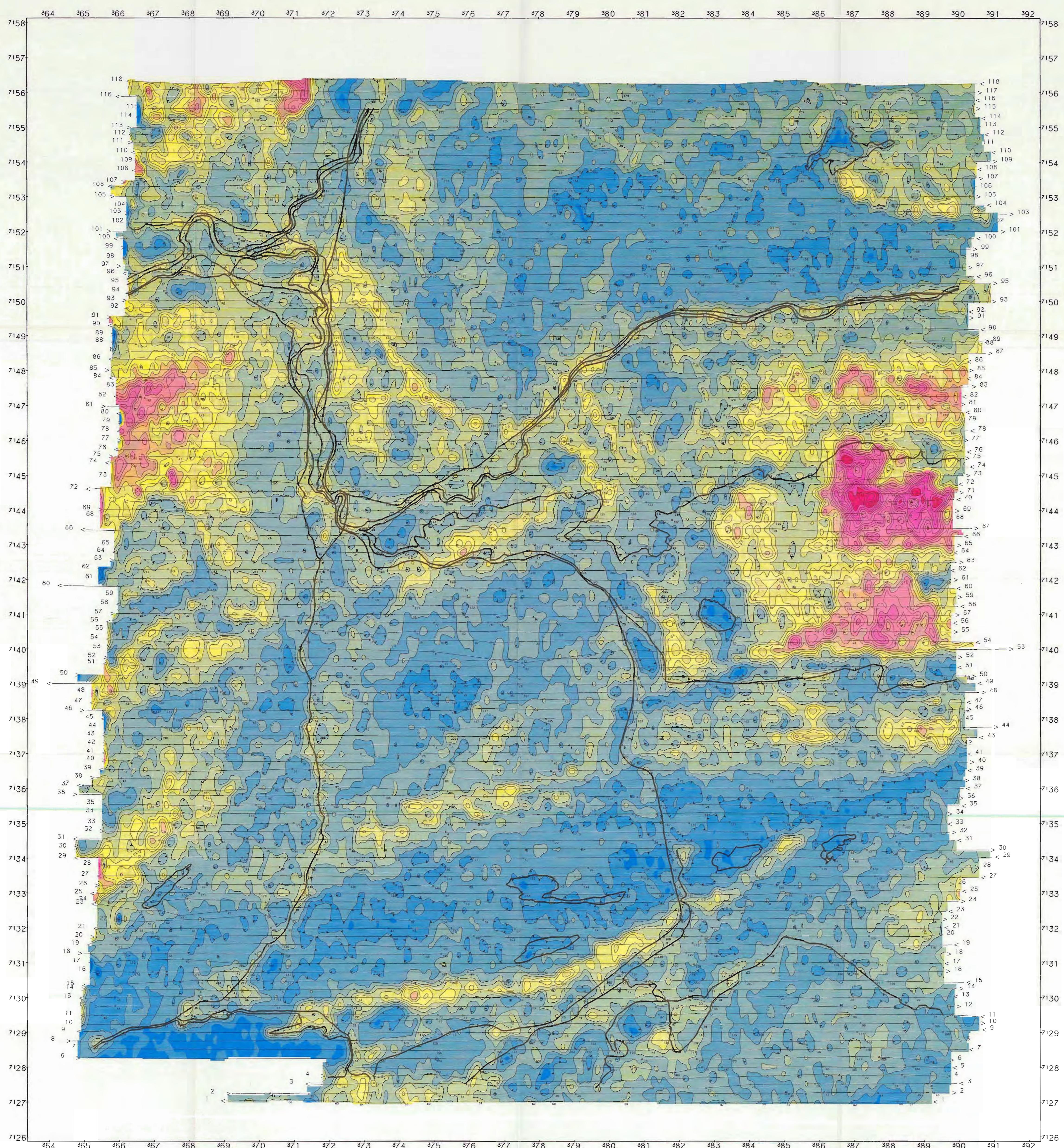
0 500 1000 2500 5000 meter

NORGES GEOLISKE UNDERSØKELSE

Leiv Eirikssons vei 39
N-7040 TRONDHEIM
TEL 07 - 90 40 11

DATO: AUGUST 1988

TEGNING NR: KARTBLAD NR:
90.085-06B 1824 III HARRAN

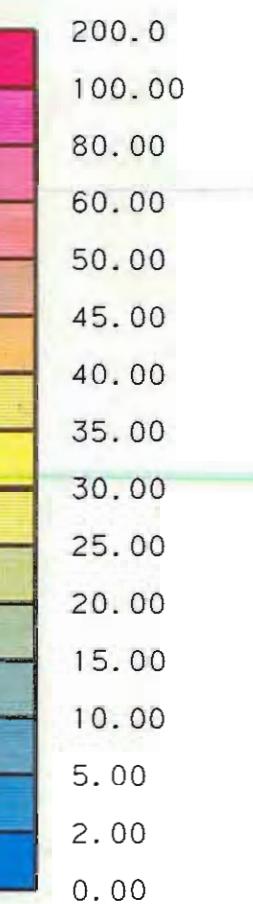

Flymønster

Flymønstret er rekonstruert fra
navigatørens merker på kartene
Middels terreng klarlaring 60m
Linjeavstand = 250m

Thorium kanalen

Radiometri thoriumkanalen
(i tellinger per sekund)
Konturkurvene er multiplum av
de som er listet nedenfor
5 cps
10 cps

Farger = distribuert eller en fargeskala
som vist nedenfor


N-TRØNDELAG PROGRAMMET
**RADIOMETRI THORIUM KANALEN
KONTURER OG FARGER**
GRONG

N-TRØNDELAG FYLKE

MALESTOKK 1 : 50,000

DATO: AUGUST 1988

TEGNING NR:

90.085-07A

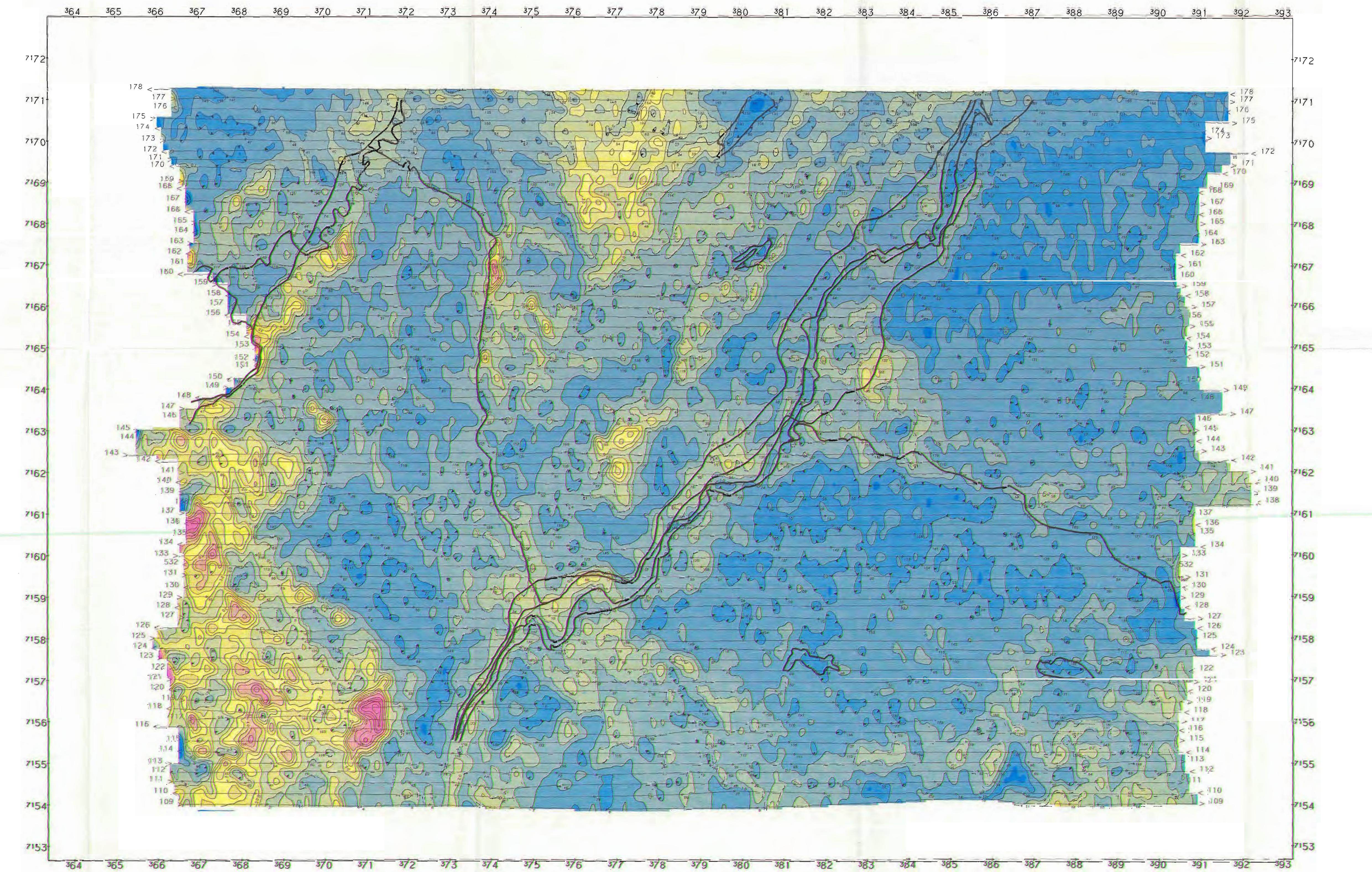
KARTBLAD NR:

1823 IV GRONG

LIV ERIKSSONS VEI 39

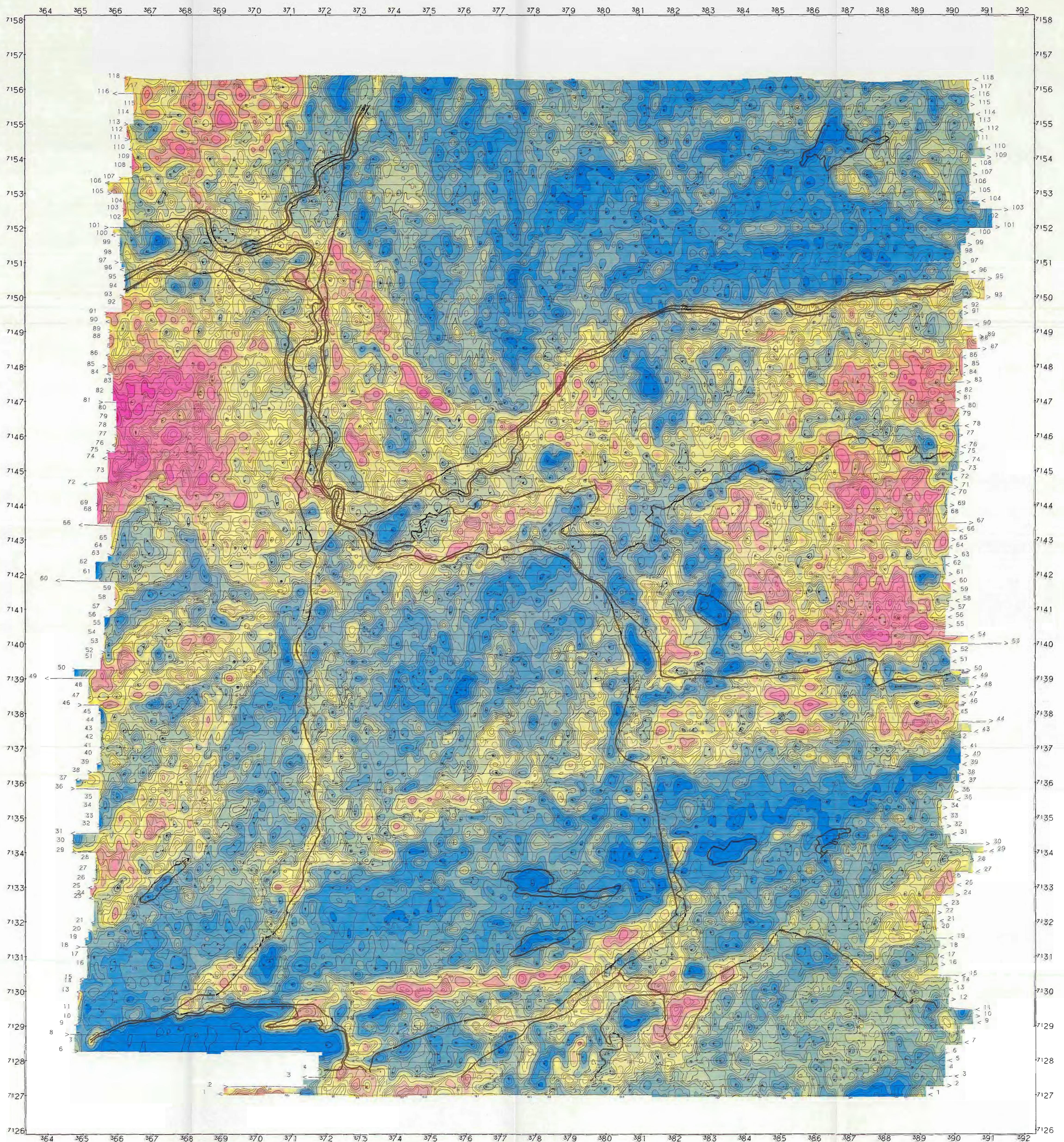
N-7040 TRONDHEIM

TEL 07 - 90 40 11



ES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE DATO: A
Leriv Erikssons vei 39 TEGNING
N-7040 TRONDHEIM 90.085-
TEL 07 - 90 40 11

JUGUST 1988



Flymøster

Flymøsteret er rekognosert fra flybanerens merker på kartene

Middels terreng klarering 50m

Litt avstand = 250m

Kalium kanalen

Radiometri kaliumkanalen

(tilfelling per sekund)

Konturenene er multiplum av

de som er listet underfor

0.000

50.000

100.000

150.000

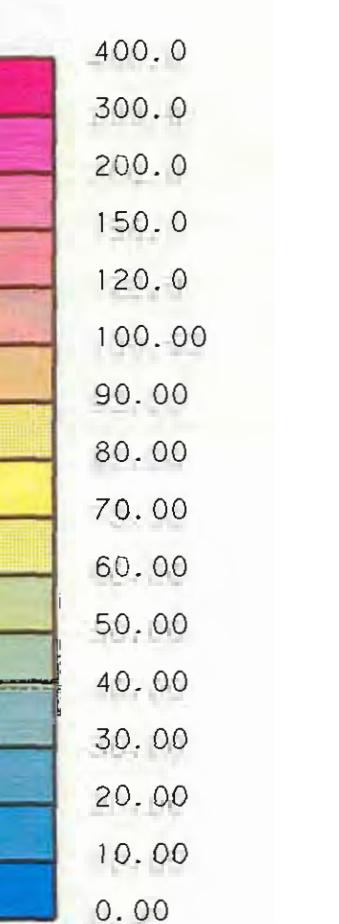
200.000

250.000

300.000

350.000

400.000



N-TRØNDELAG PROGRAMMET

RADIOMETRI KALIUM KANALEN KONTURER OG FARGER

GRONG

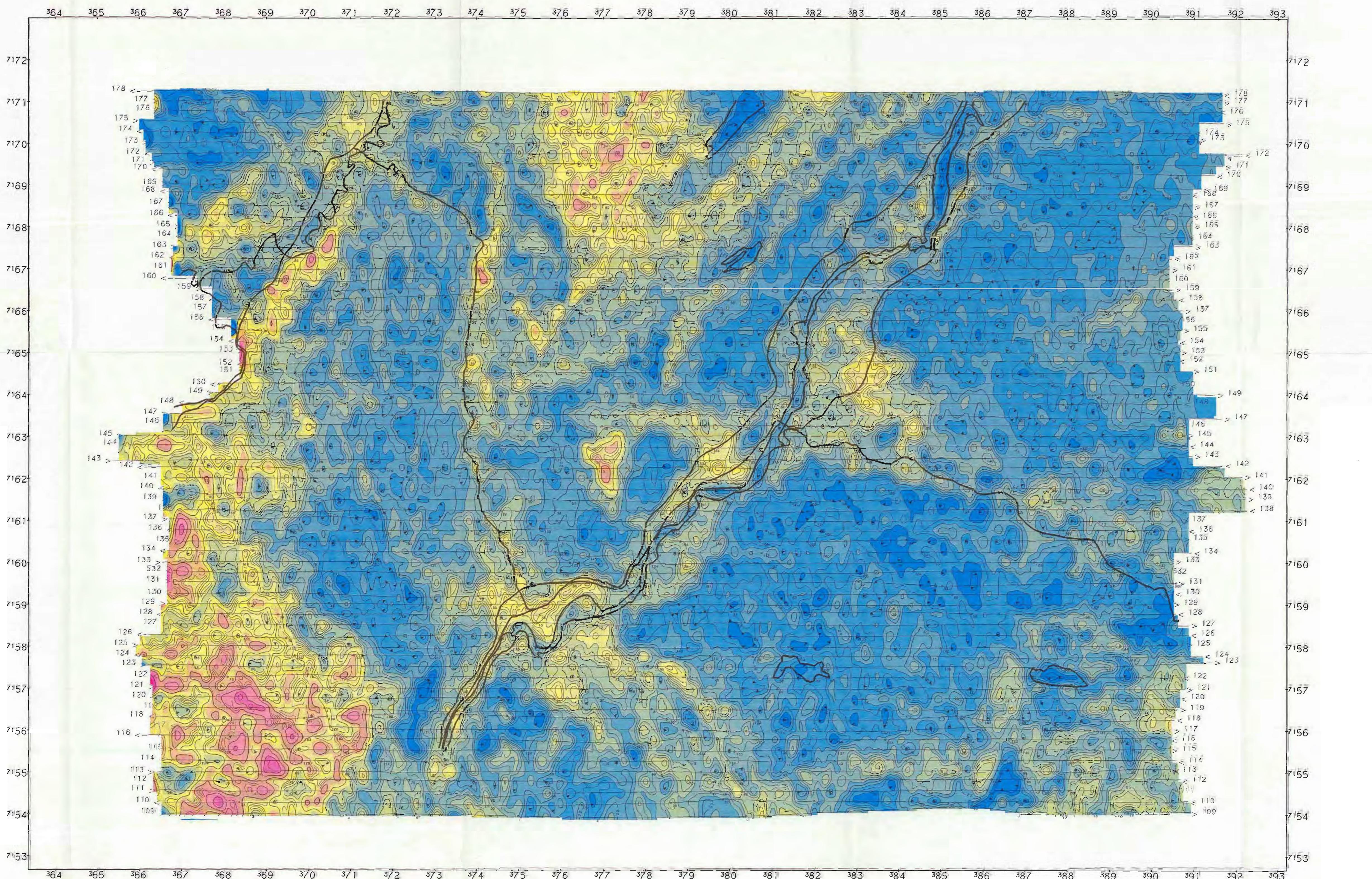
N-TRØNDELAG FYLKE

MALESØRK 1 : 50,000

0 500 1000 1500 2000 2500 3000 meter

NORGES GEOLIGISKE UNDERSØKELSE	DATO: AUGUST 1988
Leiv Eirikssons vei 39	
N-7040 TRONDHEIM	
TEL 07 - 90 40 11	
TEGNING NR: 90.085-08A	KARTBLAD NR: 1823 IV GRONG

N



Flymonster

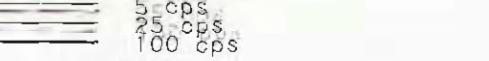
Flymonstret er rekonstruert fra
navigatørens merker på kartene

Middels terreng-klatring 60m
linjeavstand = 250m

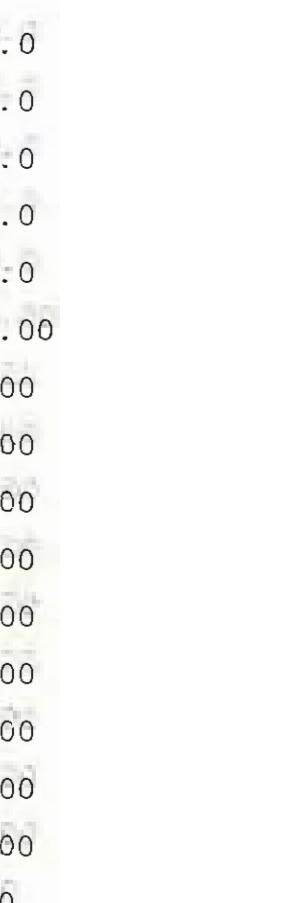
Kaliumkanalen

Radiometri, Kaliumkanalen
(i terahertz per sekund)

Kartkohärense er multiplum av
de som er listet nedenfor

 5 cps
100 cps

Farger = distribuert etter en fargeskala
som viser nedover



N-TRØNDÅLAG PROGRAMMET

RADIOMETRI KALIUM KANALEN KONTURER OG FARGER

HARRAN N-TRØNDÅLAG FYLKE

MALESTOKK 1 : 50,000

0 500 1000 1500 2000 2500 3000 meter

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE DATO: AUGUST 1988

Løv Eirikssons vei 39 TEGNING NR: KARTBLAD NR:

N-7040 TRONDHEIM 90.085-08B 1824 III HARRAN

TEL 07 - 90 40 11