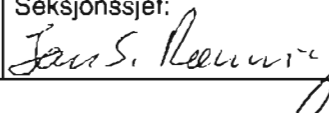


Rapport nr. 88.157

Geofysiske målinger fra  
helikopter over et område  
rundt Høgtuva,  
Nordland

Rapport nr. 88.157	ISSN 0800-3416	Åpen/ <del>Forkølig</del> stik	
Tittel: Geofysiske målinger fra helikopter over et område rundt Høgtuva, Nordland			
Forfatter: J.O. Mogaard, S. Rønning, O. Blokkum		Oppdragsgiver: Folldal Verk/Nordland fylkeskommune/NGU	
Fylke: Nordland		Kommune: Rana, Lurøy, Rødøy	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Mo i Rana		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1827 I Lurøy, 1828 II Rødøy, 1927 IV Sjona, 1928 III Melfjord	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 25	Pris: kr. 6.175,- Med farvekart Kr. 285.- uten fargeplott
Feltarbeid utført: 21.09.-01.10.87 24.08.-25.08.88	Rapportdato: Januar 1989	Prosjektnr.: 32.2441.01	Seksjonssjef: 
Sammendrag: Denne rapporten inneholder resultater fra geofysiske helikopter-målinger over et område rundt Høgtuva, Nordland fylke. Målingene ble utført i 1987 og 1988. Oppdraget var et samarbeidsprosjekt mellom Folldal Verk A/S, Nordland fylkeskommune og NGU. Det ble målt totalt ca. 3500 profilkilometer (2900 i 1987 og 600 i 1988). Av dette ble målt ca. 1500 profilkilometer med elektromagnetiske målinger. Flyhøyde og profilavstand var henholdsvis 200 fot og 250 meter. Data er prosessert ved NGUs dataanlegg. Resultatene er presentert som profil- og kotekart tegnet ut med pennplotter samt kote og relieff-kart tegnet ut med en Applicon fargeplotter. Målestokken er 1:50 000. For målingene utført i 1987 er det laget en tolkningsrapport (Midtun, R.: Tolkning av regional geofysikk over Høgtuva og Sjona grunnfjellsvinduer. NGU rapport nr. 88.127).			
Emneord	Magnetometri	VLF-måling	
Geofysikk	Radiometri		
Helikoptermåling	Elektromagnetisk måling	Fagrapport	

INNHOOLD

	Side
INNLEDNING	4
UNDERSØKELSESBETINGELSER	8
MÅLEMETODER OG INSTRUMENTER	10
UTFØRELSE	16
BEARBEIDELSE AV DATA	19
RESULTATER	23
REFERANSER	25

KARTBILAG

88.157 - 01	Magnetisk totalfelt kotekart	
- 02a	Magnetisk anomalikart, relieff farger	(v)
- 02b	" " "	(Ø)
- 03a	VLF totalfelt, kotekart farger	(v)
- 03b	" " "	(Ø)
- 04	EM profilkurvekart, 923 Hz Koaksial1	
- 05	" " 4551 Hz Koaksial2	
- 06	" " 4287 Hz Koplanar1	
- 07	" " 34165 Hz Koplanar2	
- 08	Elektromagnetisk symbolkart	
- 09a	Radiometrisk total, kotekart farger	(v)
- 09b	" " "	(Ø)
- 10a	Uran, kotekart, farger	(v)
- 10b	" " "	(Ø)
- 11a	Thorium, kotekart farger	(v)
- 11b	" " "	(Ø)
- 12a	Kalium, kotekart farger	(v)
- 12b	" " "	(Ø)

## INNLEDNING

Geofysisk avdeling, NGU fikk høsten 1987 som oppgave å utføre geofysiske helikoptermålinger over et større område rundt Høgtuva, Nordland fylke. Dette var et samarbeidsprosjekt mellom Follidal Verk, Nordland fylkeskommune og Norges geologiske undersøkelse. På grunn av værforholdene ble et område i sør-vest først målt høsten 1988 (se fig. 1).

Det ble målt ca. 3500 profilkilometer totalt (2900 i 1987 og 600 i 1988). Dette dekker et areal på ca. 900 kvadratkilometer. Av dette ble det fløyet ca. 1500 profilkilometer med elektromagnetiske målinger.

Området er tidligere dekket med magnetiske flymålinger.

På grunn av områdets geografiske utstrekning var det nødvendig å foreta oppdeling i delområder ved plotting av data da det ellers ikke var mulig å presentere alle data. Dette gjelder bare for fargekartene og oppdelingen er best illustrert i fig. 3. Figur 1 viser det totale området som ble målt. Figur 2 viser området som er dekket med elektromagnetiske målinger. Figur 3 viser oppdelingen for fargekartene der område A er den vestlige delen og område B er den østlige delen.



020

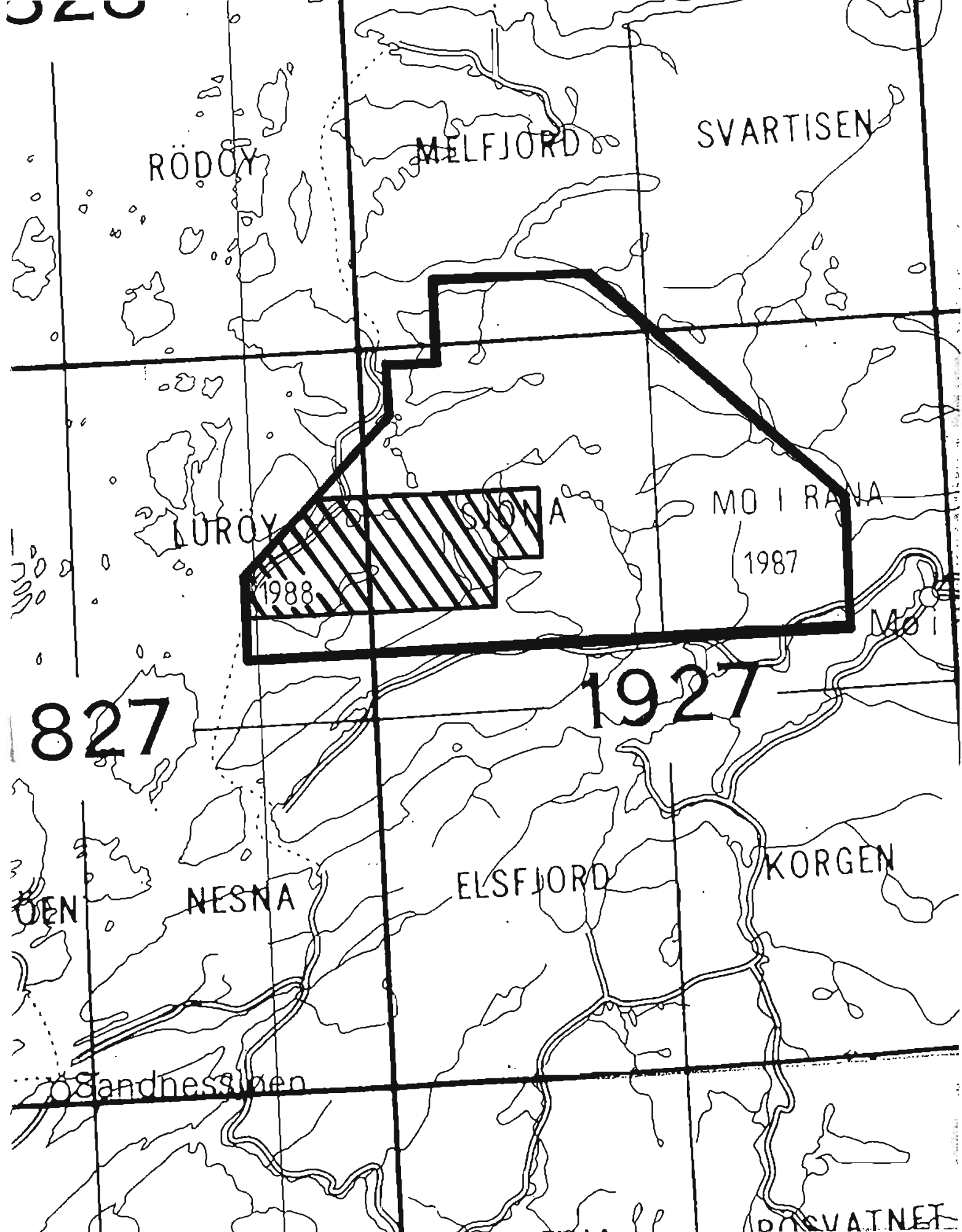


Fig. 1 Område målt i 1987 og 1988

020

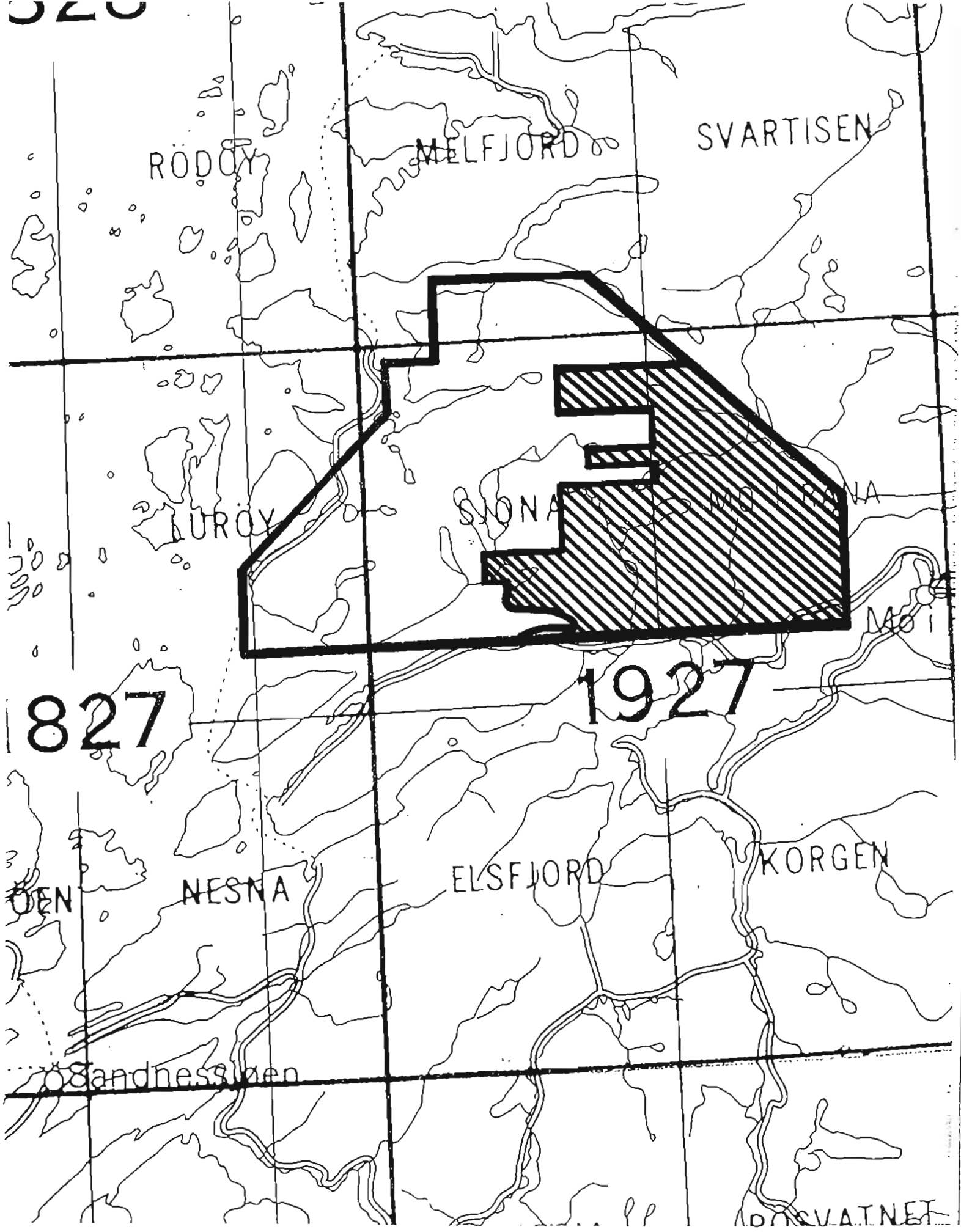


Fig. 2 Område dekket med EM-målinger

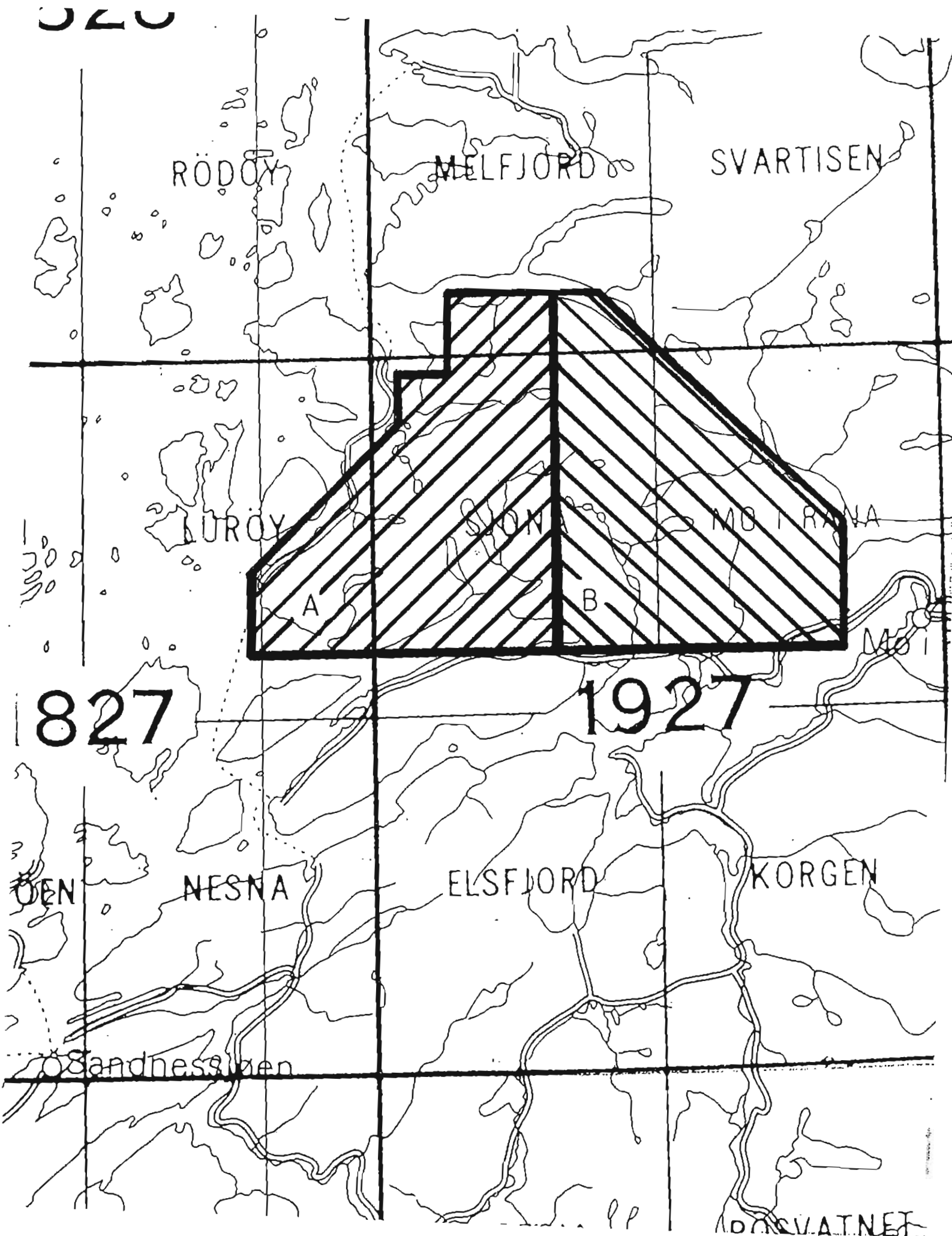


Fig. 3 Oppdeling av fargekart

## UNDERSØKELSESBETINGELSER

Ved geofysiske målinger fra helikopter er det mange betingelser som må være oppfylt for å få vellykkede resultater. Den største påvirkende faktor i så måte er værforholdene i og omkring måleområdet.

Sterk sidevind i forhold til flyretningen bevirker at målesondene som blir slept under helikopteret vil kunne begynne å svinge ukontrollert. For de elektromagnetiske målingene betyr dette at signal/støyforholdet for de forskjellige frekvensene kommer under et akseptabelt nivå.

I utstyrskonfigurasjoner der sonden for magnetometeret henger nære helikopteret (10-15 meter) vil sideveis svingninger forårsake at helikopterets magnetiske masse kan bli registrert som en anomali under målingene. Dette vil gi seg utslag som en lavfrekvent bølgebevegelse på skriveren med en amplitude på 10-20 nanoTesla. Frekvensområdet er vanligvis det samme som for anomalier fra geologiske årsaker. Dette fenomenet gjør seg spesielt gjeldende i områder med sterkt varierende topografi der det er meget vanskelig å holde konstant bakkehastighet på helikopteret.

VLF-målingene vil også til en viss grad kunne bli påvirket av svingninger da orienteringen av målespoler og referansespole blir endret i forhold til feltet.

Ved nedbør er det særlig de elektromagnetiske målingene som blir påvirket. Regn som treffer EM-sonden skaper en mikrofonsk effekt i denne og støynivået øker betraktelig.

Små anomaliårsaker kan forsvinne i det støyteppet som blir dannet. Risikoen for at sondene (særlig EM-sonden) kan bli ladet av statisk elektrisitet under sterk nedbør er stor og dette kan ødelegge de følsomme elektroniske kretsene i forforsterkere osv.

I tillegg minskes sikten betraktelig for flyger og navigatør under nedbør slik at visuell navigasjon blir vanskelig. Under slike

forhold blir målingene avbrutt både av måletekniske og flytrygghetsmessige årsaker.

I områder med store høydegradienter kan målinger fra helikopter være vanskelig å utføre og gi mangelfulle opplysninger om berggrunnen. Dette gjelder spesielt for elektromagnetiske og radiometriske målinger der målehøyden er av avgjørende betydning for et godt resultat. Det blir brukt radarhøydemåler i systemet slik at en kan korrigere for moderate høydevariasjoner, men i enkelte fjellområder vil høydevariasjonene være så store at en slik korreksjon er vanskelig å utføre. Vanligvis utelates EM-systemet i områder med ekstrem topografi på grunn av begrensninger i helikopterets løftekapasitet og overnevnte målebegrensninger.

Det magnetiske totalfeltet kan forandres i løpet av en flytur. Slike tids-relaterte variasjoner i totalfeltet må en kunne korrigere for slik at de ikke påvirker måleresultatene. Til dette bruker en et stasjonært magnetometer (basemagnetometer) som plasseres så nært måleområdet som mulig.

Data fra basemagnetometeret blir registrert og lagret både digitalt og analogt og korreksjoner blir foretatt under prosesseringen av de magnetiske data på NGU. Dager med stor nordlysaktivitet kan forårsake magnetisk storm. Under slike forhold blir målingene avbrutt.

## MÅLEMETODER OG INSTRUMENTER

Ved oppdraget over Høgtuva ble fire forskjellige målemetoder utført samtidig. Disse var:

1. Måling av det jordmagnetiske totalfelt
2. Radiometriske målinger (måling av gammastråling)
3. Elektromagnetiske målinger (EM-målinger)
4. VLF-EM målinger (Very Low Frequency)

### 1. Magnetiske målinger

Det jordmagnetiske totalfeltet ble målt med et Geometrics G-813 protonmagnetometer. Dette instrumentet måler det magnetiske totalfeltet, og sensoren som vanligvis blir slept ca. 15 meter under helikopteret trenger ingen spesiell orientering i forhold til feltet. Protonmagnetometeret er et punktregistrerende instrument, og tiden mellom hvert målepunkt bør avpasses slik at en får best mulig oppløsning mellom de forskjellige anomaliårsaker. Hvis måletiden blir for lav vil nøyaktigheten i målingene reduseres. Ved en målerepetisjonstid på 0.8 sekunder vil en når gjennomsnittelig hastighet på helikopteret er ca. 100 km/t og målehøyden er 60 meter over bakken kunne skille anomaliårsaker som ligger 40-50 meter fra hverandre i bakkenivå.

### 2. Radiometriske målinger

Radiometriske målinger, dvs. registrering av gammastråling fra bakken ble utført med en utstyrspakke levert av Geometrics. Detektoren i dette systemet består av 4 stk. 4"X4"X16" NaI krystaller med et totalt volum på 1024 kubikktommer (16.8 liter). Detektoren plasseres på en plattform som festes under helikop-

teret slik at krystallvolumet har uhindret sikt nedover. Stabilisering av detektoren skjer ved at en opprettholder konstant temperatur i krystallene. Denne temperaturen er valgt til 20 grader og en termostatstyrt "heater" sørger for at kravet til stabilisering er oppfylt.

Spektrometeret er en pulshøydeanalysator som analyserer pulsetoget etter energi i 256 kanaler. Hver kanal har en bredde på 0.012 MeV i energispekteret og det er definert vinduer i spekteret for Kalium40, Bismuth214 og Thallium208. Også totalstrålingen blir registrert. Bismuth214 og Thallium208 er isotoper som emitterer gammastråler av henholdsvis Uran238 og Thorium232. Radiometriske målinger foregår punktvis med en samplingsfrekvens som kan varieres fra 0.1 sekund til 9.9 sekunder. Vanligvis nyttes en samplingstid på 1 sekund. Mellom hvert sample akkumuleres tellingene og under prosesseringen ved NGU blir disse normalisert til cps (counts per second).

### 3. Elektromagnetiske målinger

Ved elektromagnetiske målinger brukes et system av typen EMEX-2 levert av AERODAT LIMITED i Canada. Dette er et firefrekvens system med to koaksiale og to koplanare spolekonfigurasjoner. Sender og mottakerspolene med tilhørende elektronikk er plassert i hver sin ende av en syv meter lang målesonde. Denne blir slept 100 fot (30 meter) under helikopteret i en spesiell slepekabel.

Primærfeltet fra senderspolene induserer strømmer i eventuelle elektriske ledere i bakken. Disse strømmene setter opp et sekundærfelt som blir registrert av mottakerspolene og en får indikert anomalier. Oppløsningen av de målte signalene fra elektrisk ledende materialer er bedre en 1 milliontedel (1 ppm) av primærfeltet.

Fordelen med et multi-frekvenssystem er en større optimal responsbredde i forhold til ledningsevnen til kilden og derav større mulighet til tolkning av måledata.

De fire frekvensene som nyttes i NGUS system er:

Koaksial1	:	923 Hz
Koaksial2	:	4551 Hz
Koplanar1	:	4287 Hz
Koplanar2	:	34165 Hz

I tillegg til de åtte signalkanalene (fire i fase med og fire 90 grader faseforskjøvet fra primærfeltet) registrerer en også en "powerline"-indikator. Denne er konstruert for å detektere 50 Hz feltet fra en kraftlinje når denne blir passert. Feltet fra en kraftlinje påvirker måledata for alle fire frekvenser og gjør data verdiløse over og tett ved kraftlinjen. Det er nyttig å kunne bruke denne indikatoren under prosesseringen av EM-data for å kunne skille mellom reelle anomaliårsaker og kraftlinjer. EMEX-2 er et kontinuerlig registrerende system og det blir samlet 10 ganger i sekundet for å få en så god oppløsning at en kan skille ut og fjerne "spikes" som skyldes elektriske utladninger (f.eks. tordenaktivitet et stykke unna måleområdet) fra reelle anomalier. Penetrasjonsevnen til EMEX-2 er angitt til ca. 100 meter (avhengig av hvilken frekvenser som benyttes).

#### 4. VLF-elektromagnetiske målinger

Ved VLF-målinger brukes et system av type TOTEM 2A levert av Herz Industries i Canada. I motsetning til EMEX-2, som er utstyrt med egne sendere som signalkilde, benytter en ved VLF-målinger militære radiosendere beregnet for kommunikasjon med ubåter som kilde for det primære feltet. Disse senderne er plassert over hele jordkloden og opererer i frekvensområdet 15 - 25 kHz. TOTEM 2A består av en to-kanals mottaker (Line og Ortho) som hver



registrerer i fase og 90 grader faseforskjøvet respons fra eventuelle ledere i bakken. Målesonden henger ca. 7 meter under helikopteret langs samme kabel som går til den magnetiske (og eventuelt elektromagnetiske) sonden og består av tre spoler samt forforsterkere til disse. Orienteringen av spolene er slik at en spole står vertikalt på helikopterets lengdeakse, en spole ligger langs lengdeaksen og en er vinkelrett på lengdeaksen i horisontalplanet. Den vertikale spolen brukes som referanse i begge kanaler mens de to andre er mottakerspoler for henholdsvis linekanalen og ortho-kanalen der line og ortho refererer til plasseringen av VLF-sendere i forhold til helikopterets lengdeakse. Hensikten med et slikt to-kanalsystem er at en ved riktig valg av sendere kan få en meget god kobling med ledere av vilkårlig orientering. TOTEM 2A er som EMEX-2 følsom for kraftlinjer. I tillegg blir VLF-målingene sterkt forstyrret eller ødelagt når en flyr over eller i nærheten av radiosendere (Omega osv.). VLF-målinger har større penetrasjonsevne enn EM-målinger da avstanden mellom sender og mottaker er mye større. Høyere målefrekvens gjør at en får bedre respons fra svake, langstrakte lederobjekter. VLF-målinger og lavfrekvente elektromagnetiske målinger utfyller hverandre og gir samlet et godt bilde av elektriske ledere i de aktuelle områdene.

I tillegg til de geofysiske parametrene ble helikopterets høyde over bakken målt med en radarhøydemåler av type KING KRA10A. Høyden blir vist på et instrument montert foran piloten samt registrert både på skriver og i dataloggeren. Målenøyaktigheten for radarhøydemåleren er 5 fot i den aktuelle målehøyden.

En benytter visuell navigasjon under målingene. Navigatøren registrerer lett kjennbare punkter langs profilene på navigasjonskartet. Disse punktene blir også registrert på skriver og i dataloggeren og danner grunnlaget for rekonstruksjon av profilene ved senere prosessering. Som en ekstra sikkerhet og for visuell kontroll under prosesseringen blir profilene filmet med et videosystem av type Panasonic. Videokameraet (WV-F2) er montert på

samme plattformen som krystallpakken i det radiometriske systemet og peker rett nedover. Bildene blir registret på bånd i en opp-taker (AG-2400) som er montert inne i helikopteret. Overlagt bildene blir lagt inn navigasjonspunkter samt opplysninger om flight, dato og klokkeslett.

Dataloggersystemet består av en pakke levert av RMS INSTRUMENTS i Canada. Pakken består av:

1. GR33 - 32 kanals alfanumerisk chart recorder
2. TCR-12 - Tape cartridge recorder
3. DAS 8 - Data acquisition system

På skriveren registreres:

For EM : 8 signalkanaler + powerline indicator  
For VLF : 4 signalkanaler  
For Spektrometer : Total-kanal og Uran-kanal  
For Magnetometer : Magnetisk totalfelt samt numerisk verdi langs kanten av papiret hvert minutt  
: Radarhøydemåler

Klokkeslettet blir lagt ut numerisk hvert 20. sekund langs kanten av papiret og navigasjonspunktene blir merket av i en egen fiducial-kanal langs siden av papiret.

DAS 8 er "hjernen" i systemet og formidler data både til skriver (analoge og digitale) og tape recorder (digitale). Systemet er meget fleksibelt og kan konfigureres til å samle og behandle data fra de aller fleste instrumenter som finnes på markedet i dag. Formattede data blir lagt ut på datakasett via TCR-12 og en slik kasett har en lagringskapasitet på ca. 12 Mbyte og dekker normalt behovet for en flight. Datakasettene blir under prosesseringen lest inn i dataanlegget via TCR-12.

Ved basen for flygingen blir det satt opp et basemagnetometer for å registrere og varsle om daglige variasjoner i det jordmagnetiske

totalfeltet. Disse data blir registrert både analogt på en skriver og digitalt på en PC. De digitale data blir brukt under prosesseringen for å korrigere for daglige variasjoner. Base-stasjonen består av:

Protonmagnetometer av type Scintrex MP-3

Strip chart recorder av type TOA EPR-121A

Personal computer av type Toshiba T1100 Plus

## UTFØRELSE

Ut fra geologiske betraktninger ble flyretningen ved oppdraget over Høgtuva valgt til 90/270 grader. Strøkretningen i området er i hovedsak nord/syd og en ønsket å foreta målingene mest mulig i rett vinkel på strøkretningen.

Da værforholdene høsten 1987 ble dårlig og ikke tillot flyging måtte målingene avbrytes mens det sto igjen et område i sør-vest. Dette området ble målt ferdig høsten 1988. (Se fig.1)

På grunn av topografiske forhold var det ikke mulig å utføre elektromagnetiske målinger i hele området. Det var et delområde i øst hvor det ble funnet forsvarlig å utføre slike målinger. Dette er vist i fig.2.

Det ble fløyet totalt ca. 3500 profilkilometer (magnetiske, VLF radiometriske målinger) som dekker et areal på ca. 920 kvadratkilometer. Av dette ble det fløyet ca. 1500 profilkilometer med elektromagnetiske målinger (ca. 390 kvadratkilometer). Profilavstanden var 250 meter og flyhøyden 200 fot og flygingen foregikk til tider i svært kupert terreng.

Som kartgrunnlag for navigasjon ble benyttet kart fra 1:50000 serien. Disse ble oppfotografert til målestokk 1:20000 og påtegnet profillinjer. Kartene som ble benyttet var:

1827	I	LURØY
1828	II	RØDØY
1927	IV	SJONA
1928	III	MELFJORD

Målingene ble utført i perioden 21 september til 1 oktober 1987 samt 24 og 25 august 1988.

Som base for helikopteret valgte en Røsvoll flyplass nær Mo i Rana. Her hadde en tilgang til strøm både for basemagnetometer og til helikopteret.

Basemagnetometeret ble satt opp inne i en av luftfartsverkets garasjer og målesonden ble plassert ute på et jorde godt unna trafikkerte områder slik at en unngikk påvirkninger fra fly og biler.

Helikopteret som ble benyttet var innleid av Helikopterteneste as i Kinsarvik og var av typen Aerospatiale Ecureuil SA350B1. Denne helikoptertypen egner seg godt til geofysiske målinger selv om løftekapasiteten er i minste laget (ca. 1000 kilo) når en flyr i kupert terreng. Kabinen er romslig for montering av måleutstyret og det er enkelt å henge på utvendige tilkoblinger.

I de områdene der det ble fløyet elektromagnetiske målinger var det mye feilslag på magnetometeret. Årsaken til dette er at den elektromagnetiske og den magnetiske målesonden henger langs samme slepekabel. Et protonmagnetometer krever en polariseringsstrøm for orientering av protoner i sonden. Når signalkablene ligger tett, får en gjensidig påvirkning mellom signaler til og fra EM- og magnetometer. Dette svekker kvaliteten på de magnetiske data, men kan knapt registreres for de elektromagnetiske. Feilslagene ble tatt vekk under prosesseringen og ved hjelp av de analoge opptaksrullene kunne en ved interpolasjonsmetoder rekonstruere data slik at minst mulig informasjon langs profilene gikk tapt.

I den sør-vestlige delen av måleområdet ble VLF-målingene ødelagt på grunn av forstyrrelser fra navigasjonssenderen på Aldra. Denne senderen opererer på så lave frekvenser at signalene interfererer med signalene fra VLF-senderne. Det går fram av VLF-kartene hvor denne påvirkningen var spesielt stor. En valgte å forkaste VLF-data fra en måletur da disse ikke inneholdt opplysninger av verdi.

Da måleområdet ligger nære kysten fikk en for de elektromagnetiske målingene stor påvirkning fra sjøen. Saltvann virker som en meget god leder for disse målingene og en får store utslag over og nære sjøen. Denne informasjonen er uinteressant ut fra et geologisk synspunkt og under prosesseringen ble disse data fjernet. Dette

gir seg utslag i at de elektromagnetiske profilene blir avsluttet et stykke fra kystlinjen.

Da oppdraget ble utført såpass sent på høsten ble det en del liggedager på grunn av værforholdene.

Fra NGU deltok:

Overingeniør John Olav Mogaard

Avd.ingeniør Stig Rønning

Ingeniør Oddvar Blokkum

Fra Helikopterteneste as deltok:

Leif Hus - pilot

Conny Olsson - mekaniker

## BEARBEIDELSE AV DATA

Alle geofysiske data blir prosessert i NGUS data-anlegg. Det byttes en datamaskin av type microVAX II til bearbeidelse av data og alle kartbilagene (untatt fargekartene) blir tegnet ut på en HP-7585A plotter. Fargekartene blir tegnet ut på en APPLICON ink-jet fargeplotter.

All programvare som benyttes til prosessering av data er levert som en pakke av AERODAT LIMITED i Canada og denne ble installert på NGUS microVAX ved årsskifte 87/88.

Bearbeidelse av måleresultatene begynner med plotting av riktig profilkurs på grunnlagskartene. Gjennomsnittlig blir et plottepunkt benyttet per kilometer langs profilet. Som plottepunkter benyttes de punktene som navigatøren har merket av på kartet og som også finnes i de digitale og analoge registreringene. Mellom disse referansepunktene antar en at helikopteret holder konstant hastighet og kurs. Referansepunktene blir gitt koordinater ved digitalisering av grunnlagskartene. De digitaliserte referansepunkter blir korrelert med referansepunktene som er registrert på kassett. En interpolasjon mellom referansepunktene gir så et sett med koordinater til hver måleverdi.

De magnetiske data ble støyfiltrert før videre behandling. Særlig i de områdene der både magnetiske og elektromagnetiske målinger ble utført samtidig er dette nødvendig da magnetiske data ofte blir påvirket av EM-senderne. Filtreeringen fjerner "spikes" og glatter kurven uten at informasjon av betydning forsvinner. Deretter ble data korrigert for daglige variasjoner i det jordmagnetiske totalfeltet. Disse variasjonene er registrert med basemagnetometeret. En bruker tid som referanse for å korrelere data og variasjoner. Under denne prosessen blir alle målepunktene normalisert mot en basisverdi som er normalverdien av regionalfeltet der basemagnetometeret er plassert. På flyplassen ved Mo i Rana (Røsvoll) var denne verdien høsten 87 på 51800 nanoTesla. Denne korreksjonen gjøres for å sikre at indikerte

anomalier skyldes geologiske forhold og ikke tidsvariasjoner i totalfeltet. Ved produksjon av kotekart (penn-plotter) ble de magnetiske data prosessert med en grid-rutine som bygger på prinsippet "Akima-spline" interpolasjon (Akima 1970). Data for fargekartene er prosessert med en grid-rutine etter prinsippet "minimum curvature" interpolasjon (Swain 1976). Disse kartene er dessuten framstilt med en relieffvirkning for å framheve anomali-mønsteret. Denne metoden kan forklares med en tenkt lyskilde plassert i øst som gir opplysning på østsiden av anomaliene og skygge på vestsiden. Dette kartproduksjonssystemet er beskrevet av Kihle (1985).

De radiometriske data er prosessert med en programpakke som opprinnelig er utviklet av instrumentprodusenten Geometrics. Først blir data korrigert for "deadtime" (en forsinkelse i AD-omformerne i spectrometeret) og normalisert til cps (counts per second). Deretter blir bakgrunnsverdiene for de forskjellige kanalene trukket fra. Bakgrunnsstråling skyldes først og fremst kosmisk stråling og stråling fra instrumenter og materialer i helikopteret, og verdiene finner en ved å fly over vann langt fra land slik at en er sikker på at ingen stråling fra bakken blir registrert. Verdier for bakgrunnsstråling brukt ved Høgtuva er:

Total	:	165 cps
Kalium	:	20 cps
Uran	:	10 cps
Thorium	:	8 cps

Deretter blir alle data normalisert til en høyde av 250 fot ved å bruke radarhøydemålerdata. I områder der en har variasjoner i målehøyden er dette meget viktig for at en skal få et ensartet bilde av strålingen. Deretter blir data korrigert for "Compton Scatter" effekt.

Compton Scatter betyr at registreringer i krystallene av stråling fra elementer med høy energi også vil gi utslag hos elementer med lavere energi. Det er tre korreksjoner som blir utført. Dette er korreksjon av:



Thorium stråling	i	Uran-kanal
Thorium stråling	i	Kalium-kanal
Uran stråling	i	Kalium-kanal

Det blir benyttet "stripping coefficients" som er definert av Geometrics. Radiometriske data blir presentert som farge kote-kart. Et produksjonssystem utviklet av Kihle (1985) er benyttet.

De elektromagnetiske data ble prosessert med rutiner for støy-filtrering og lavpassfiltrering. Dette ble gjort for å fjerne effekter som ikke er til å unngå ved målingene (mikrofoniske effekter på målesonden, terrengeffekter, "spikes", påvirkning av kraftlinjer osv.). Lokal sfærisk aktivitet kan produsere skarpe, store utslag som ikke kan fjernes med konvensjonelle filterprosedyrer. Glatting vil redusere amplituden og gjøre responsen bredere slik at den kan misoppfattes som en geofysisk anomali. For å unngå denne situasjonen brukes en algoritme som plukker ut og forkaster store utslag som skyldes sfæriske hendelser. Etter filtrering ble data nivåjustert "base-lining". Dvs. langbølget drift i de forskjellige kanaler som skyldes termiske effekter i elektronikken ble fjernet. Korreksjonen er en lineær funksjon av tiden og sørger for at den korrekte amplitude for de forskjellige reell og imaginærkanalene er null når ingen ledende materialer er tilstede. De korrigererte data ble plottet ut som profilkurvekart på penn-plotteren. I tillegg til de elektromagnetiske profilkurvekartene ble det også utarbeidet et kart med tolkningssymboler som viser antatt ledningsevnetykkelse for diskrete anomalier langs profilene. En bruker koaksial2 (4551 Hz) frekvensen som basis for beregningen av symbolene. Etter at anomalier er plukket ut fra kurvene kalkuleres  $\sigma \times t$  (ledningsevne  $\times$  tykkelse). Kalkulasjonen er basert på en modell med en vertikal tynn plate med uendelig utstrekning. For "powerline" indikatoren ble det generert egne symboler. Disse kan brukes mot både EM og VLF-data for å skille ut utslag som skyldes kraftlinjer.

VLF-data ble som MAG og EM-data filtrert for støy. De ble i tillegg normalisert til null. Dvs. langbølgede fluktasjoner og nivåforskjeller som blant annet skyldes forandringer i signalstyrke ble tatt bort. De to totalkomponentene fra "line" og "ortho" kanalene ble så prosessert hver for seg med gridderutinen som bygger på "minimum curvature" interpolasjon (Swain 1976). De to filene med griddede data ble summert og resultatet er presentert som farge kotekart på samme måte som de radiometriske fargekartene.

## RESULTATER

Resultatene fra målingene over Høgtuva 1987/88 er framstilt som kart i målestokk 1:50000. På grunn av den geografiske utstrekningen av måleområdet var det nødvendig å foreta en oppdeling av området i delområder for å kunne plote ut resultatene i ønsket målestokk (se INNLEDNINGEN og fig. 3). Kartene som er presentert i denne rapporten er som følger:

88.157 - 01	Magnetisk totalfelt kotekart	
- 02a	Magnetisk anomalikart, relieff farger	(v)
- 02b	" " "	(Ø)
- 03a	VLF totalfelt, kotekart farger	(v)
- 03b	" " "	(Ø)
- 04	EM profilkurvekart, 923 Hz Koaksial1	
- 05	" " 4551 Hz Koaksial2	
- 06	" " 4287 Hz Koplanar1	
- 07	" " 34165 Hz Koplanar2	
- 08	Elektromagnetisk symbolkart	
- 09a	Radiometrisk total, kotekart farger	(v)
- 09b	" " "	(Ø)
- 10a	Uran, kotekart, farger	(v)
- 10b	" " "	(Ø)
- 11a	Thorium, kotekart farger	(v)
- 11b	" " "	(Ø)
- 12a	Kalium, kotekart farger	(v)
- 12b	" " "	(Ø)

Der (v) - vestlig del, (Ø) - østlig del.

På alle profilkurvekartene samt kartene med tolkningssymboler er flylinjene tegnet inn med profilnummer, flyretning samt lokalisering og nummer på navigasjonspunkter.

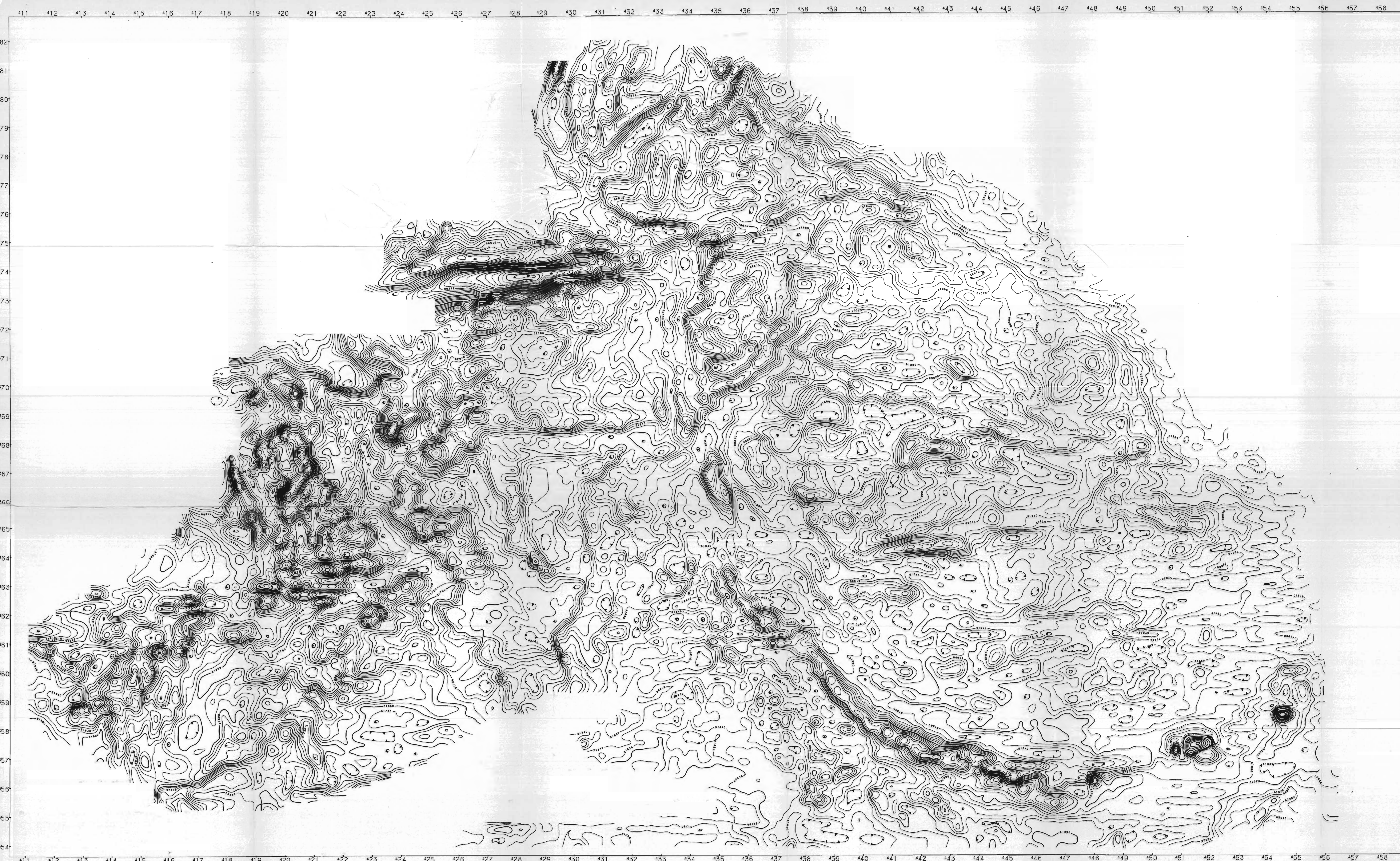
For fargekartene er det en overlapp på ca. 2 km.

For målingene som er utført i 1987 foreligger NGU rapport nr. 88.127 "Tolkning av regional geofysikk over Høgtuva og Sjona grunnfjellsvinduer" av R. Midtun.

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.
- Midtun, R.: Tolkning av regional geofysikk over Høgtuva og Sjona grunnfjellsvinduer. NGU rapport nr. 88.127.
- Swain, C.J. 1976: A Fortran IV program for interpolating irregularly spaced data using the difference equations for minimum curvature. Computers and Geosciences 1, 231-240.





SKALA : 250 NT/CM  
 FØRSTE KONTUR : 51488 NT  
 SISTE KONTUR : 52632 NT  
 KONTURINTERVALL 1 : 20 NT  
 KONTURINTERVALL 2 : 100 NT  
 KONTURINTERVALL 3 : 1000 NT  
 CELLESTØRRELSE : 50 m  
 INTERPOLASJONSRADIUS : 700 m

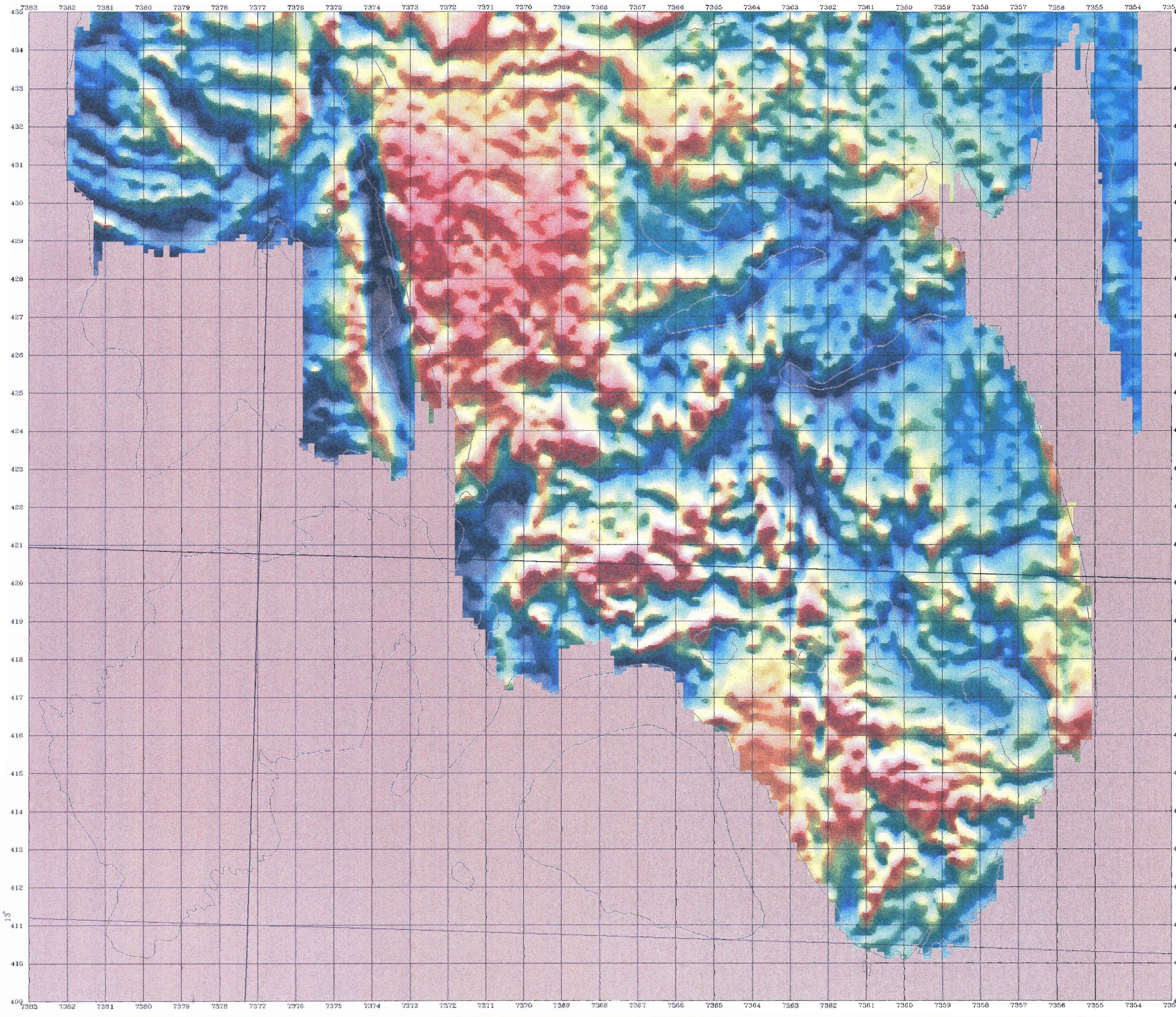
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 HELI KOPTERMÅLINGER  
 MAGNETISK TOTALFELT  
 HØGTUVA, NORDLAND  
 NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK	1:50000	OBS. JOM/SR	1987/88
TEGN.	TRAC.	TEGN.	DEC 1988
		KFR.	H. H.

TEGNING NR. 88.157-01  
 KARTBLAD NR. 1827 I 1927 I I  
 1828 I 1928 I I I

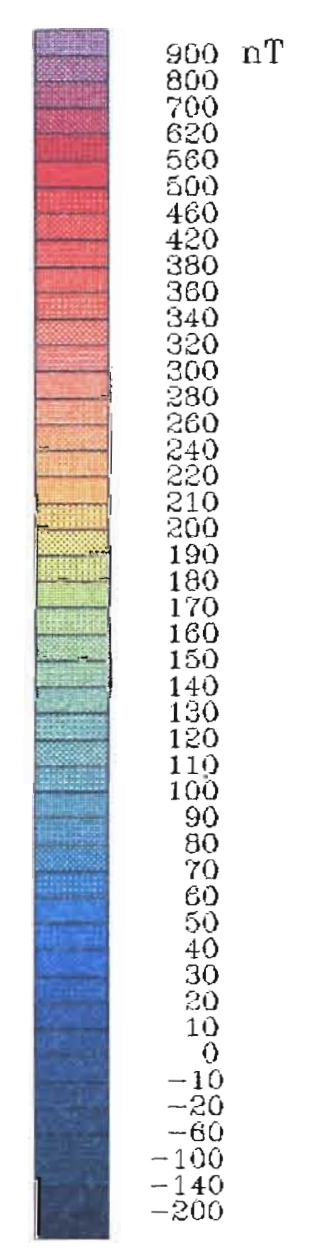
1 KM





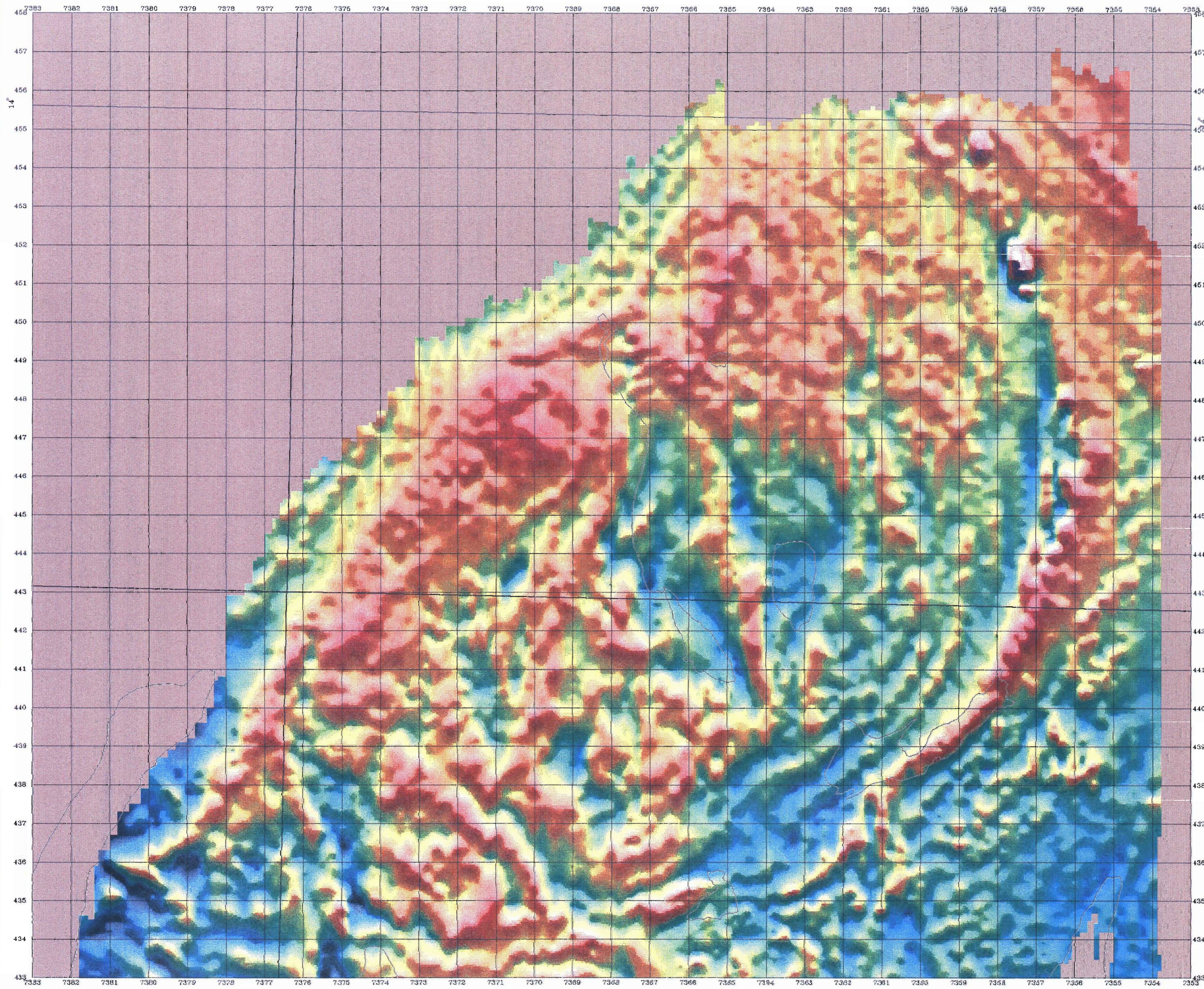
MAGNETISK  
 RESIDUALFELT  
 RELIEFF-KART  
 Høgtuva vest  
 K.bl. 1827 I  
 K.bl. 1927 IV  
 Rapport nr. 88.157  
 Tegning nr. 02 A

målinger 1987-88 O.B. J.O.M. S.P.  
 prosessering 1985-89 J.O.M.  
 kartproduksjon 1989 O.K. O.B. S.P.



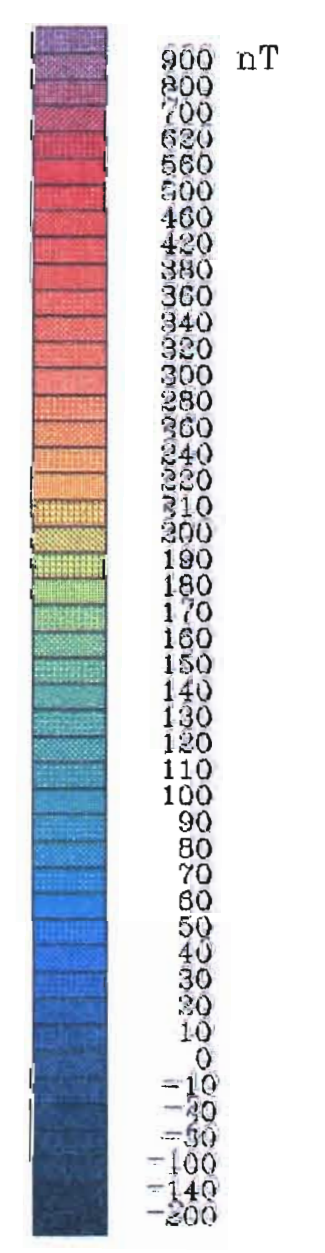
UTM-ZONE 33  
 M 1 / 50000  
 0 0 1,0 2,0 3,0 km





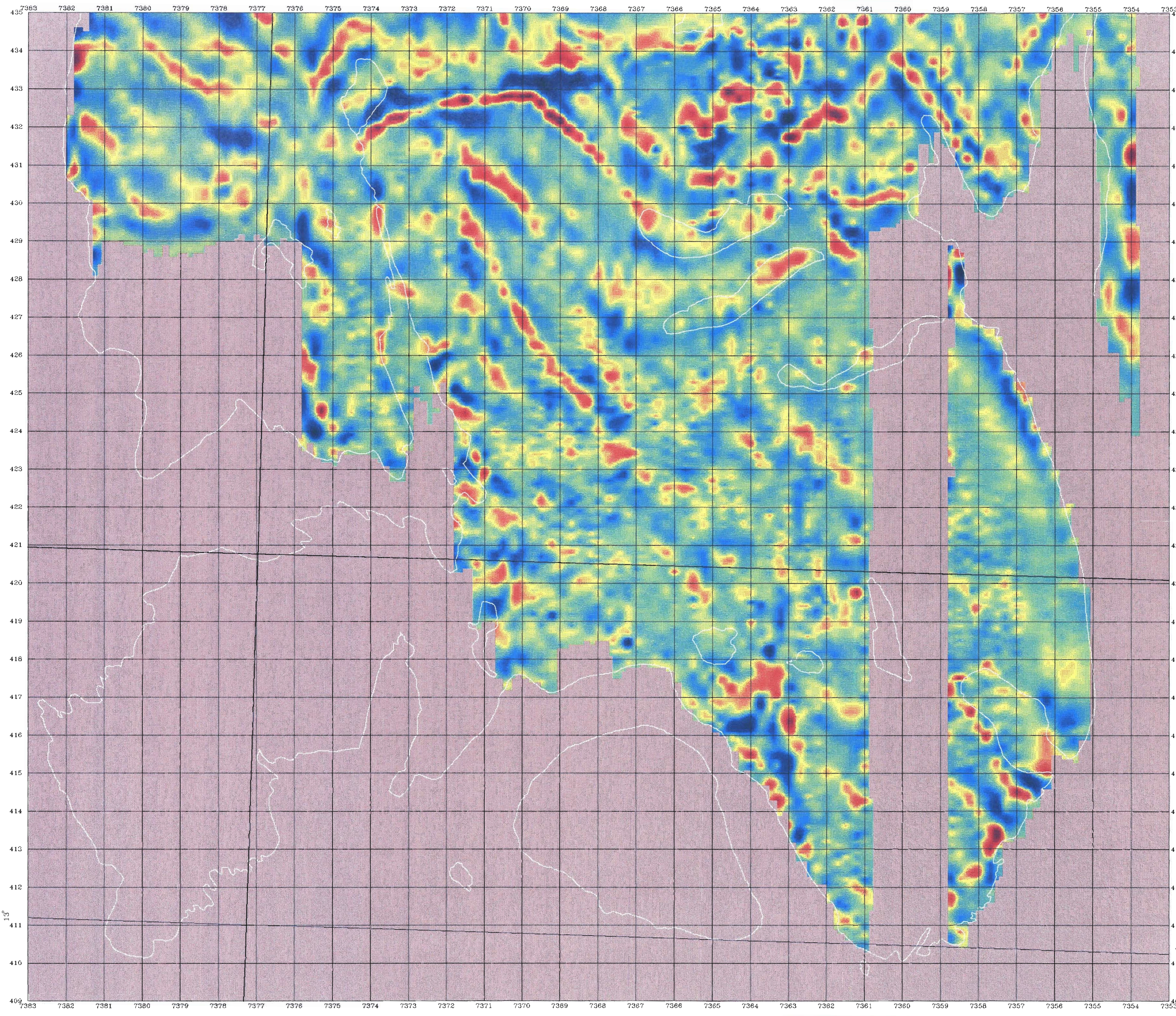
MAGNETISK  
 RESIDUALFELT  
 RELIEFF-KART  
 Høgtuva øst  
 K.bl. 1927 I, IV  
 Rapport nr. 88.157  
 Tegning nr. 02 B

målinger 1987-88 O.K. Ø.B. S.R.  
 prosessering 1988-89 J.O.M.  
 kartproduksjon 1989 O.K. Ø.B. S.R.

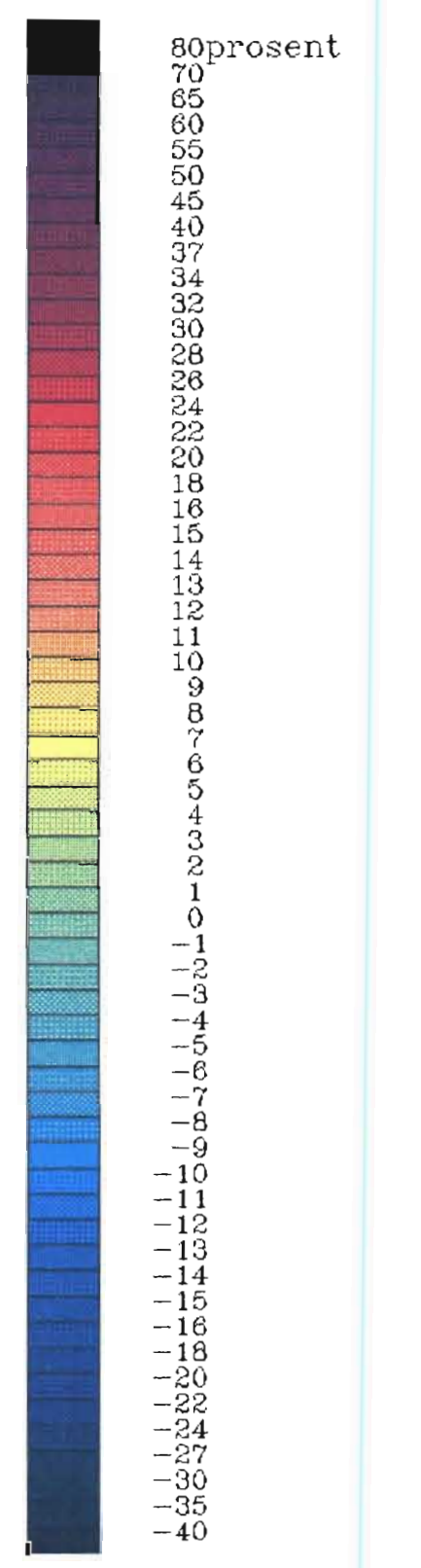


UTM-ZONE 33  
 M 1 / 50000  
 0,0 1,0 2,0 3,0 km  
 NGU 1988  
 GEOLOGICAL SURVEY OF NORWAY



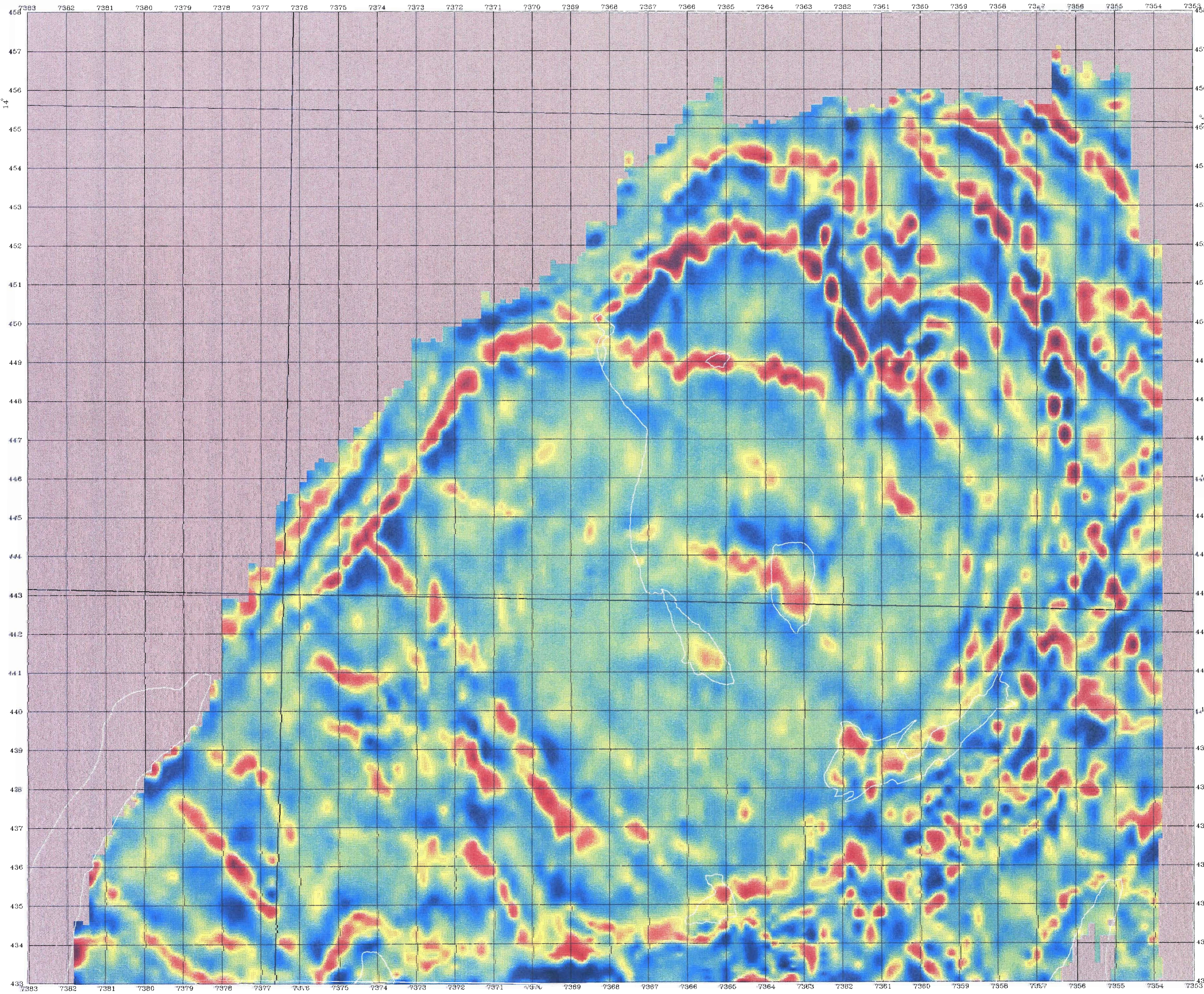


VLF-LINE + ORTHO  
(2 sendere komb.)  
HØGTUVA VEST  
KBL. 1827 I  
1927 IV  
Rapport nr 88.157  
tegning nr 03 A

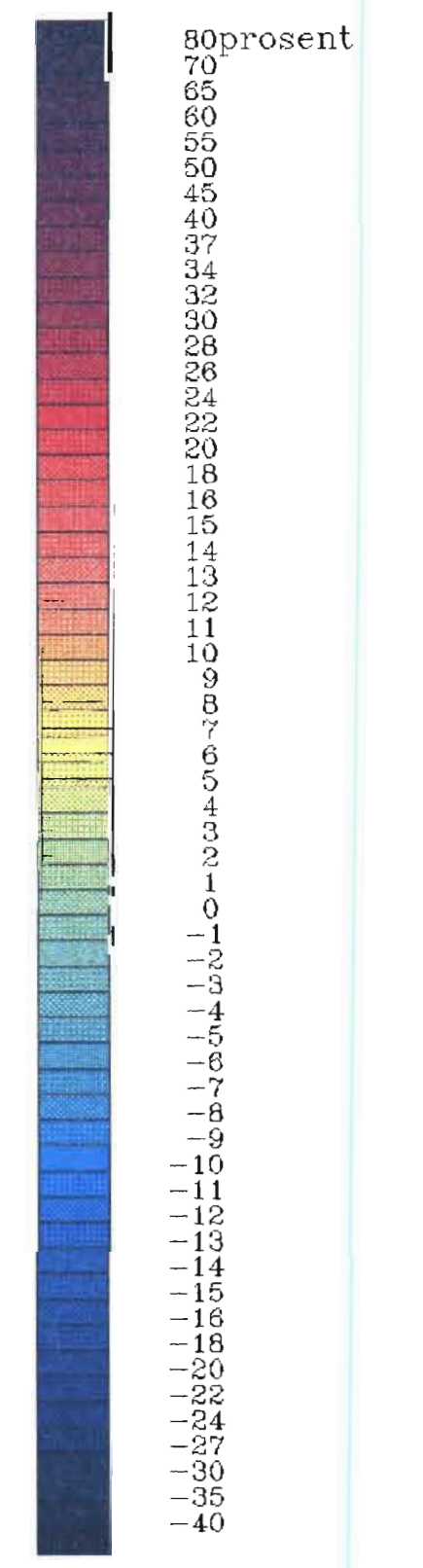


UTM-SONE 33  
M 1 / 50000  
0.0 1.0 2.0 3.0 km





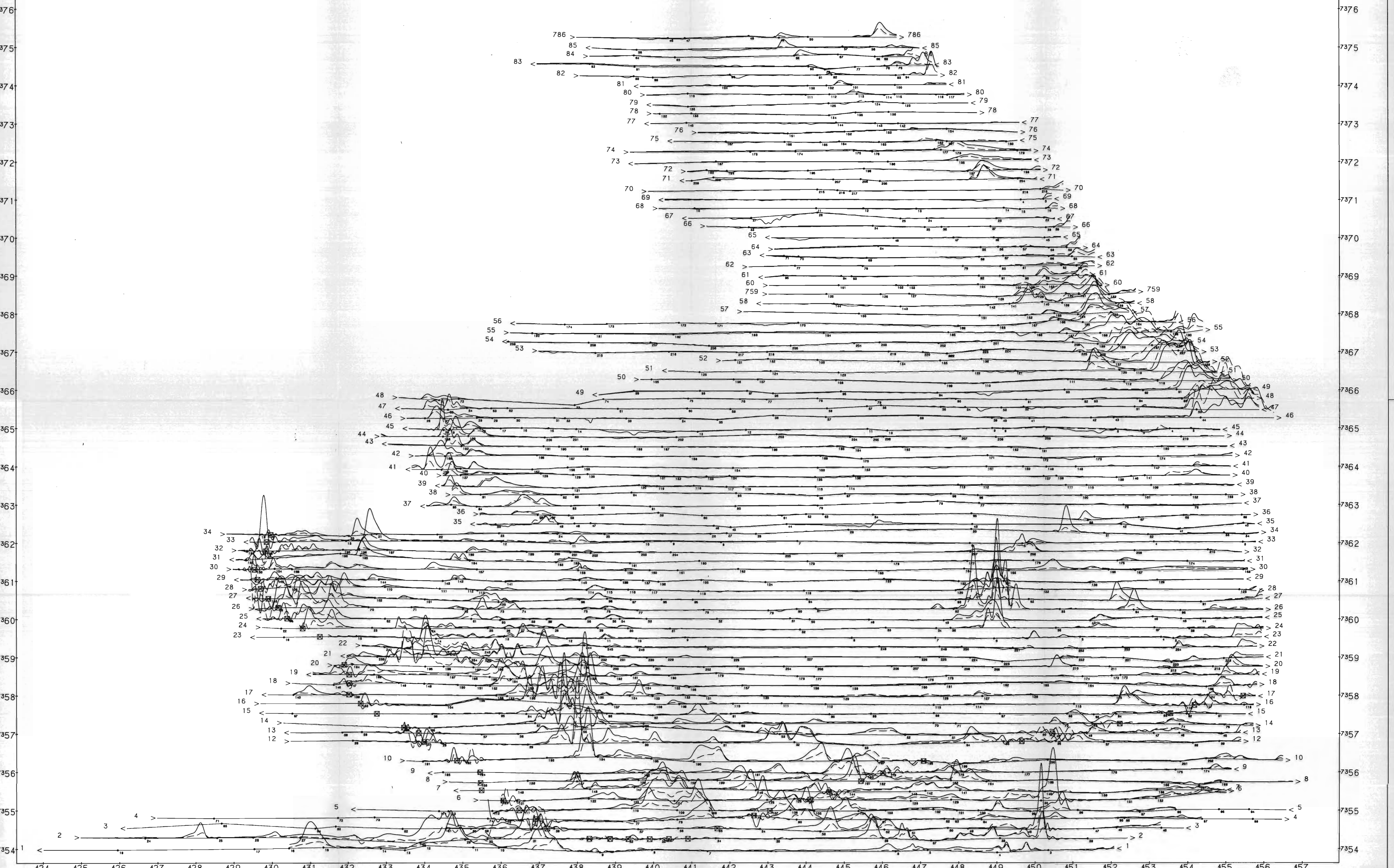
VLF-LINE + ORTHO  
(2 sendere komb.)  
HØGTUVA ØST  
KBL. 1927 I, IV  
Rapport nr 88.157  
tegning nr 03 B



UTM-SONE 33  
M 1 / 50000  
0.0 1.0 2.0 3.0 km



424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457



HELTRUKKET LINJE - REELLKOMPONENT  
 STIPLET LINJE - IMAGINERKOMPONENT  
 SKALA : 25 ppm/CM  
 FREKVENSI: 923 Hz  
 ORIENTERING: COAXIAL  
 ☒ - KRAFTLINJE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		MÅLESTOKK	OBS. JM/SR	1987/88
HELIKOPTERMÅLINGER		1:50000	TEGN.	NOV 1988
ELEKTROMAG. MÅLINGER COAXIAL 1 923 Hz			TRAC.	
HØGTUVA, NORDLAND			KFR. HH	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
TRONDHEIM		88.157-04	1827 I 1927 I IV 1828 II 1928 III	

1 KM



424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457



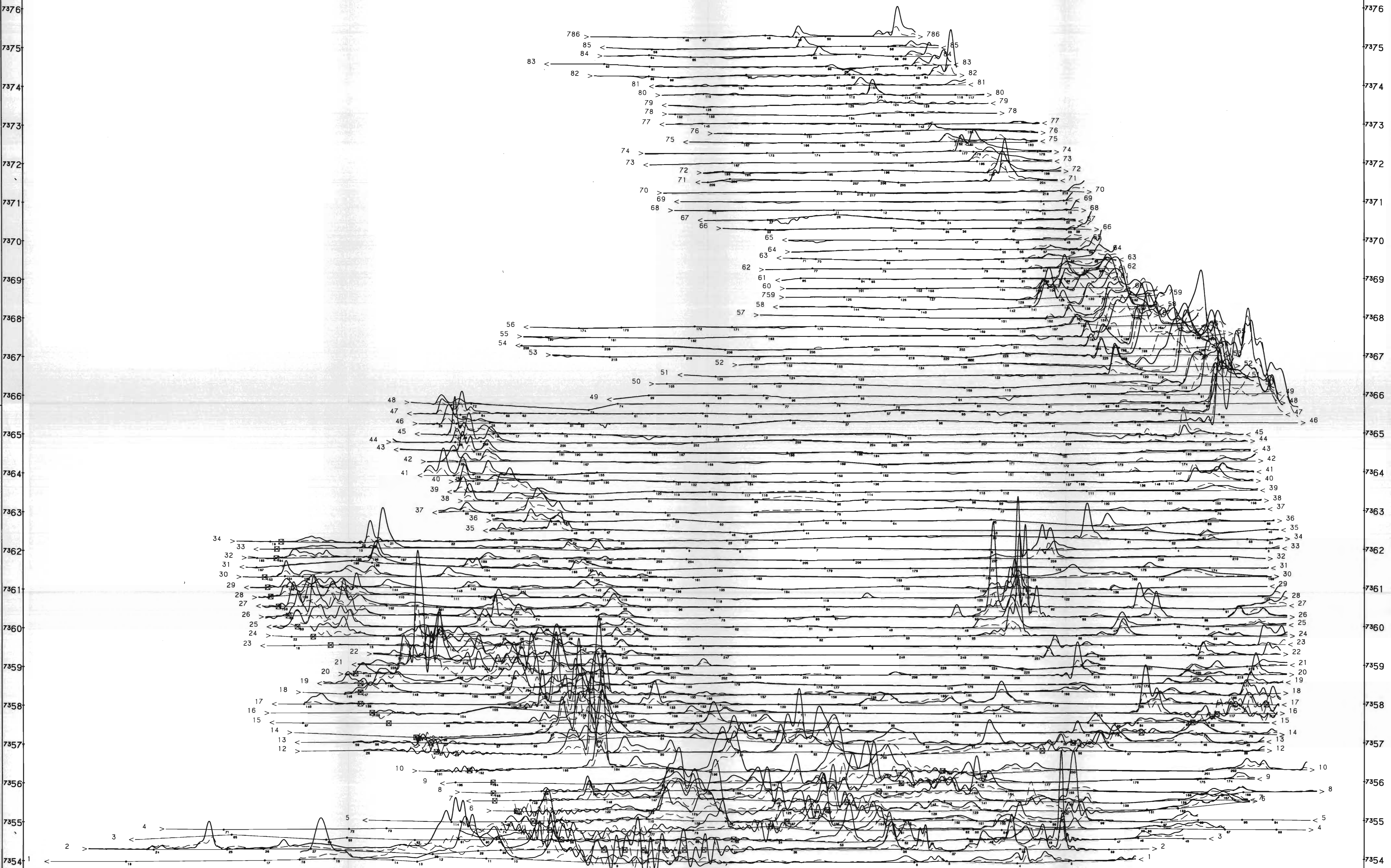
HELTRUKKET LINJE - REELLKOMPONENT  
 STIPLLET LINJE - IMAGINERKOMPONENT  
 SKALA : 50 ppm/CM  
 FREKVENNS: 4551 Hz  
 ORIENTERING: COAXIAL  
 ☒ - KRAFTLINJE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		MALESTOKK	OBS. JM/SR	1987/88
HELIKOPTERMÅLINGER		1:50000	TEGN.	NOV 1988
ELEKTROMAG. MÅLINGER COAXIAL 4551 Hz			TRAC.	
HØGTUVA, NORDLAND			KFR. HH	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
TRONDHEIM		88.157-05	1827   1927   IV 1828   1928   I	

1 KM



424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457

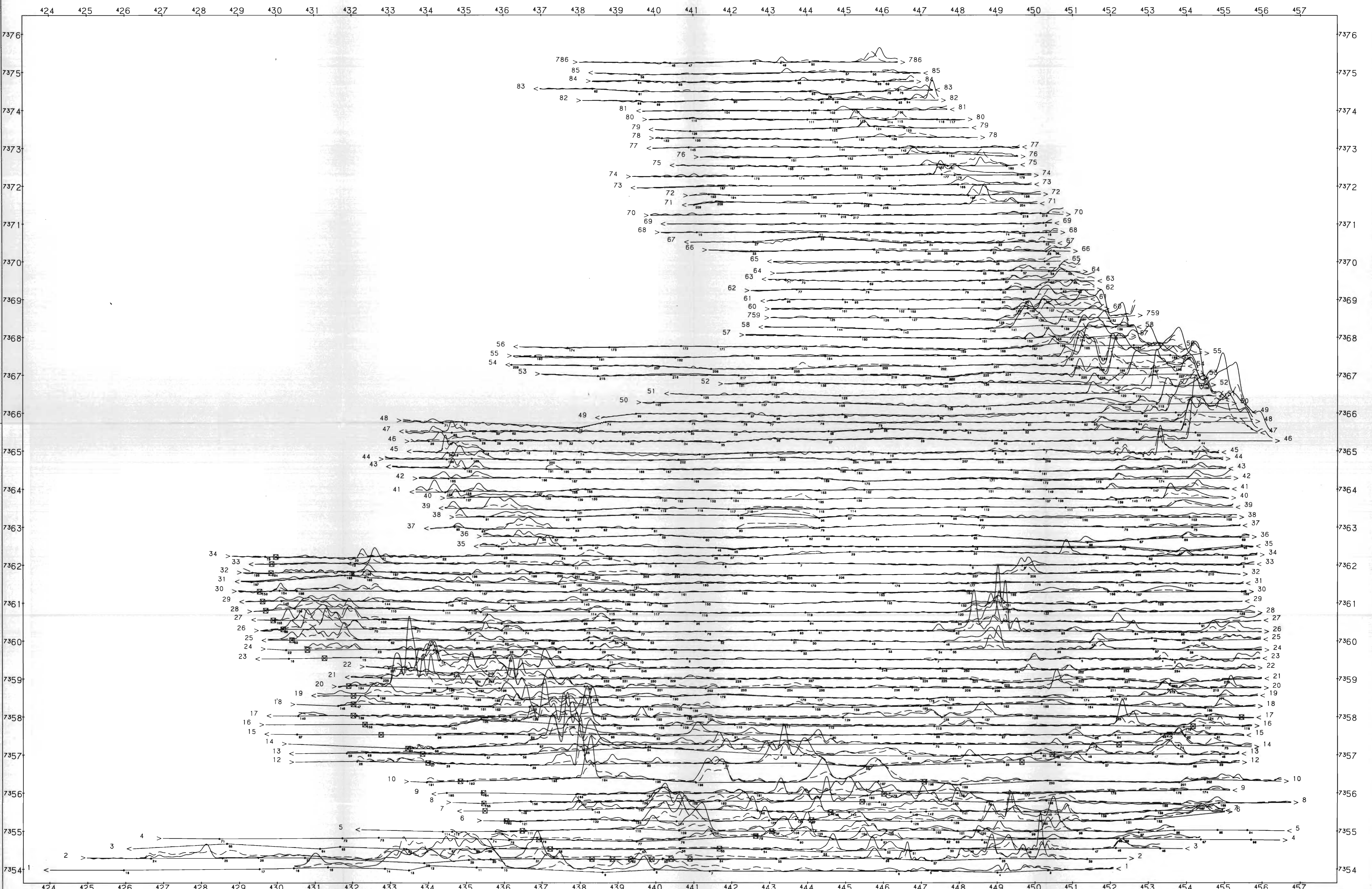


HELTRUKKET LINJE - REELLKOMPONENT  
 STIPLET LINJE - IMAGINERKOMPONENT  
 SKALA : 50 ppm/CM  
 FREKVENSI: 4287 Hz  
 ORIENTERING: COPLANAR  
 ☒ - KRAFTLINJE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		OBS. JM/SR 1987/88	
HELIKOPTERMÅLINGER		TEGN. NOV 1988	
ELEKTROMAG. MÅLINGER COPLANAR 4287 Hz		TRAC.	
HØGTUVA, NORDLAND		KFR. HH	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		TEGNING NR. 88.157-06	KARTBLAD NR. 1827 I 1927 I IV
TRONDHEIM			1828 II 1928 III

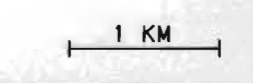
1 KM





HELTRUKKET LINJE - REELLKOMPONENT  
 STIPLET LINJE - IMAGINERKOMPONENT  
 SKALA : 200 ppm/CM  
 FREKVENSI: 34165 Hz  
 ORIENTERING: COPLANAR  
 ☒ - KRAFTLINJE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE HELIKOPTERMÅLINGER ELEKTROMAG. MÅLINGER COPLANAR2 34165 Hz HØGTUVA, NORDLAND NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		MÅLESTOKK 1:50000	OBS. JM/SR TEGN. TRAC. KFR. HH	1987/88 NOV 1988
TEGNING NR. 88.157-07		KARTBLAD NR. 1827 I 1927 I IV 1828 II 1928 III		





424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457

TEGNFORKLARING

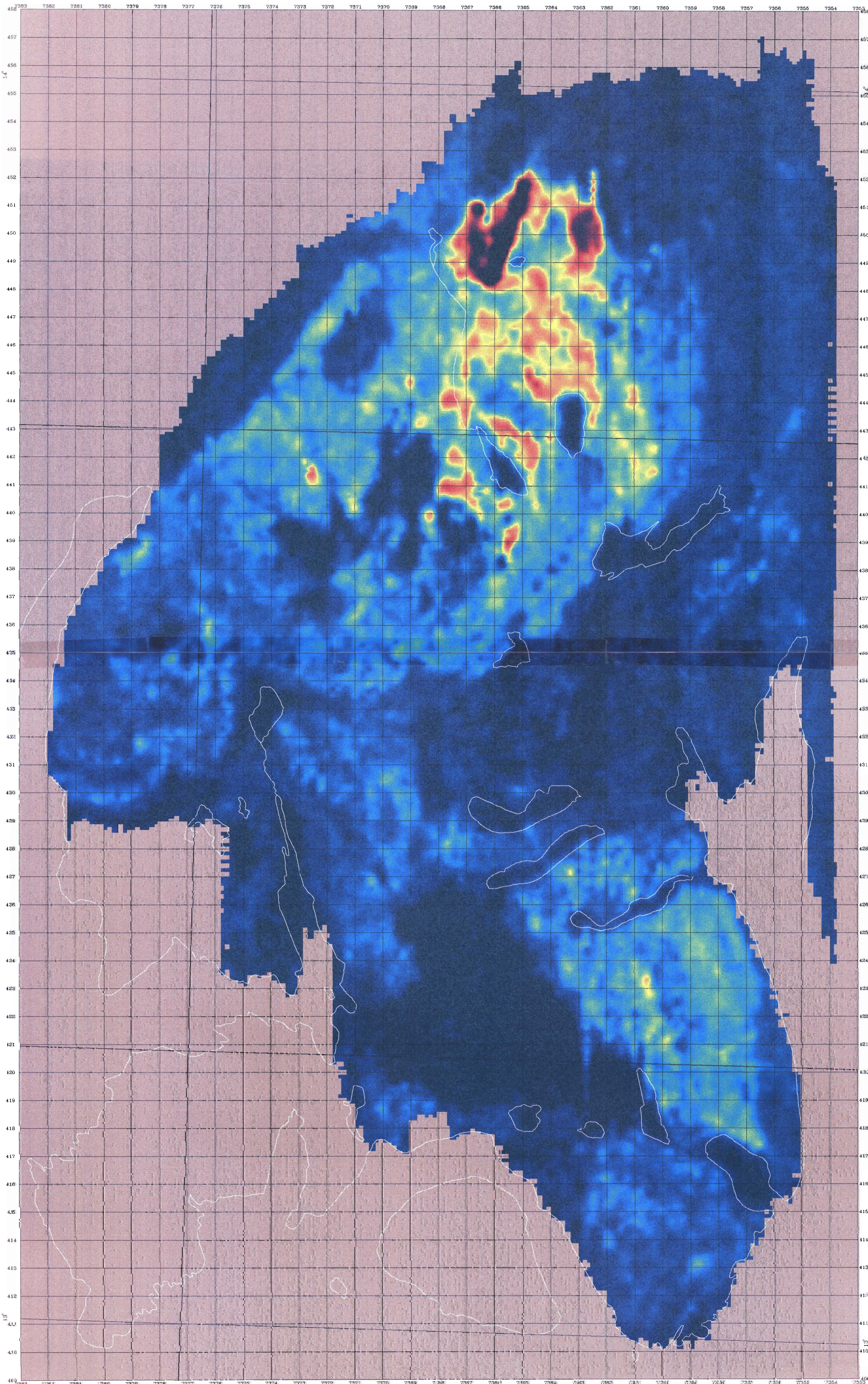
- ☐ KRAFTLINJE
- KONDUKTANS > 50
- KONDUKTANS 20-50
- KONDUKTANS 10-20
- KONDUKTANS 5-10
- KONDUKTANS 2-5
- KONDUKTANS 1-2
- KONDUKTANS < 1
- \* POSITIV REELL ANOMALI
- △ NEGATIV REELL ANOMALI
- × POSITIV IMAGINÆR ANOMALI
- | SVAK ANOMALI (MULIG STØY)



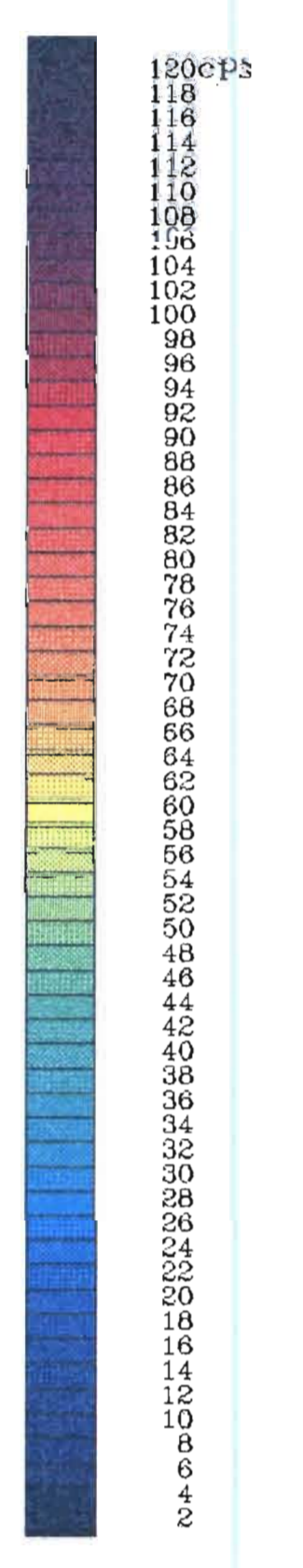
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		OBS. JM/SR 1987/198	
HELIKOPTERMÅLINGER		TEGN. DEC 1988	
SYMBOLKART-EM 4551 HZ COAXIAL		TRAC.	
HØGTUVA, NORDLAND		KFR. HH	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		TEGNING NR. 88.157-08	KARTBLAD NR. 1827 I 1927 I I
TRONDHEIM			1828 II 1928 III

1 KM

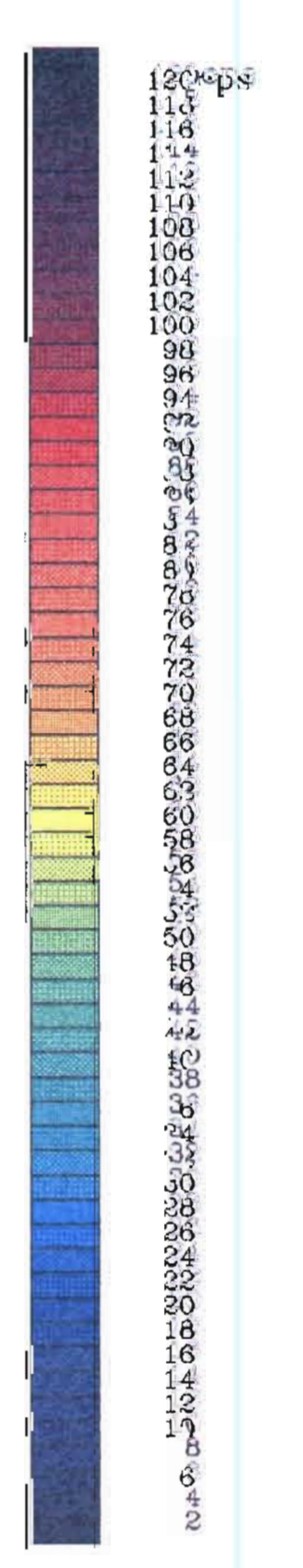




RADIOMETRI, URAN  
 HØGTUVA ØST  
 KBL 1927 I, IV  
 Rapport nr 88.157  
 tegning nr 09 B

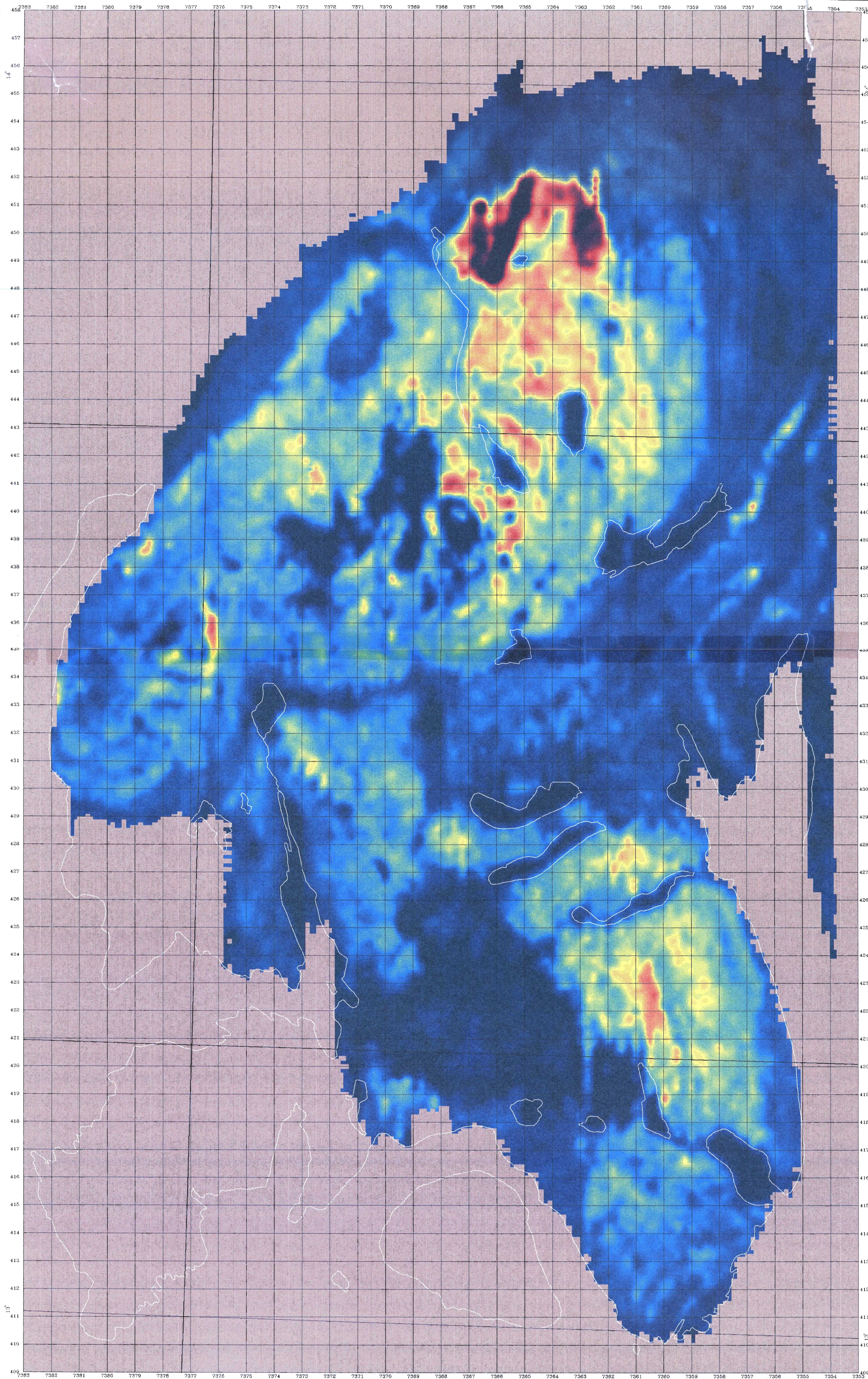


UTM-SONE 38  
 RADIOMETRI, URAN  
 HØGTUVA VEST  
 KBL 1927 I  
 1927 IV  
 Rapport nr 88.157  
 tegning nr 09 A

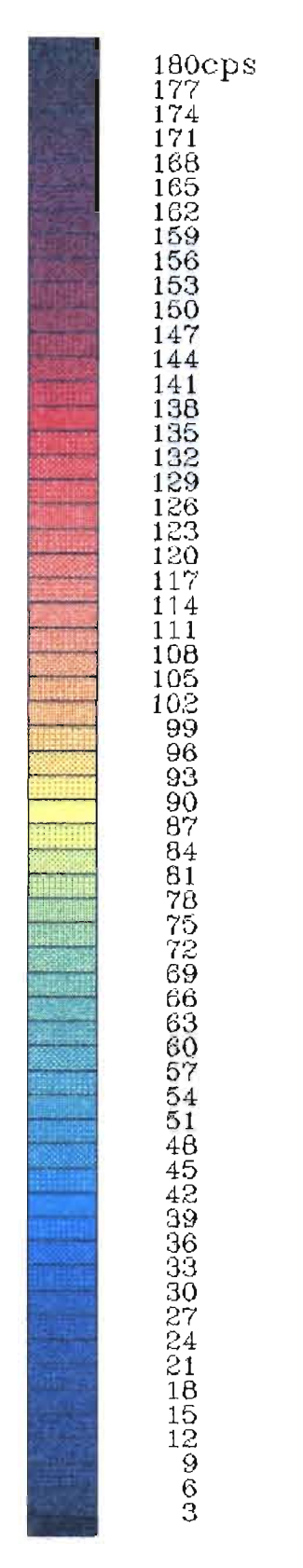


UTM-SONE 38  
 M 1 / 50000  
 0 0 1 0 2 0 3 0  
 km  
 NGU 1988  
 GEOLOGICAL SURVEY OF NORWAY

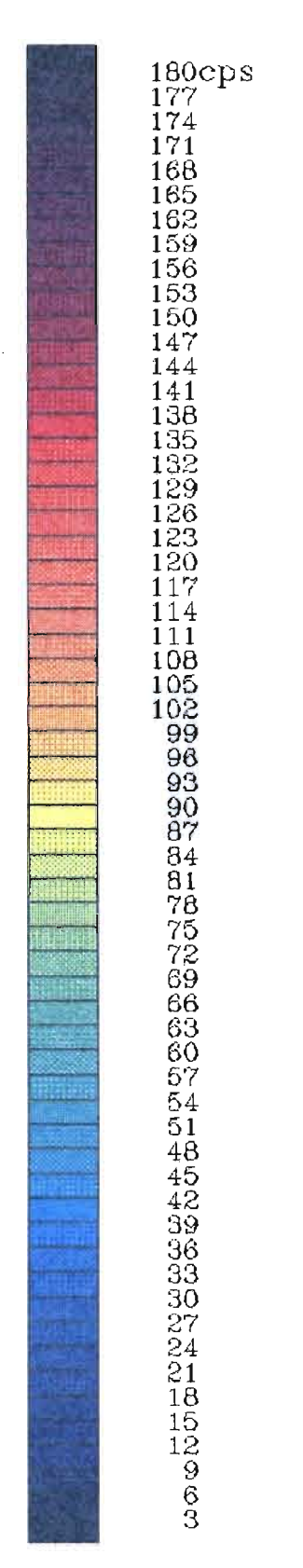




RADIOMETRI, THORIUM  
 HØGTUVA ØST  
 KBL. 1927 I, IV  
 Rapport nr 88.157  
 tegning nr 10 B

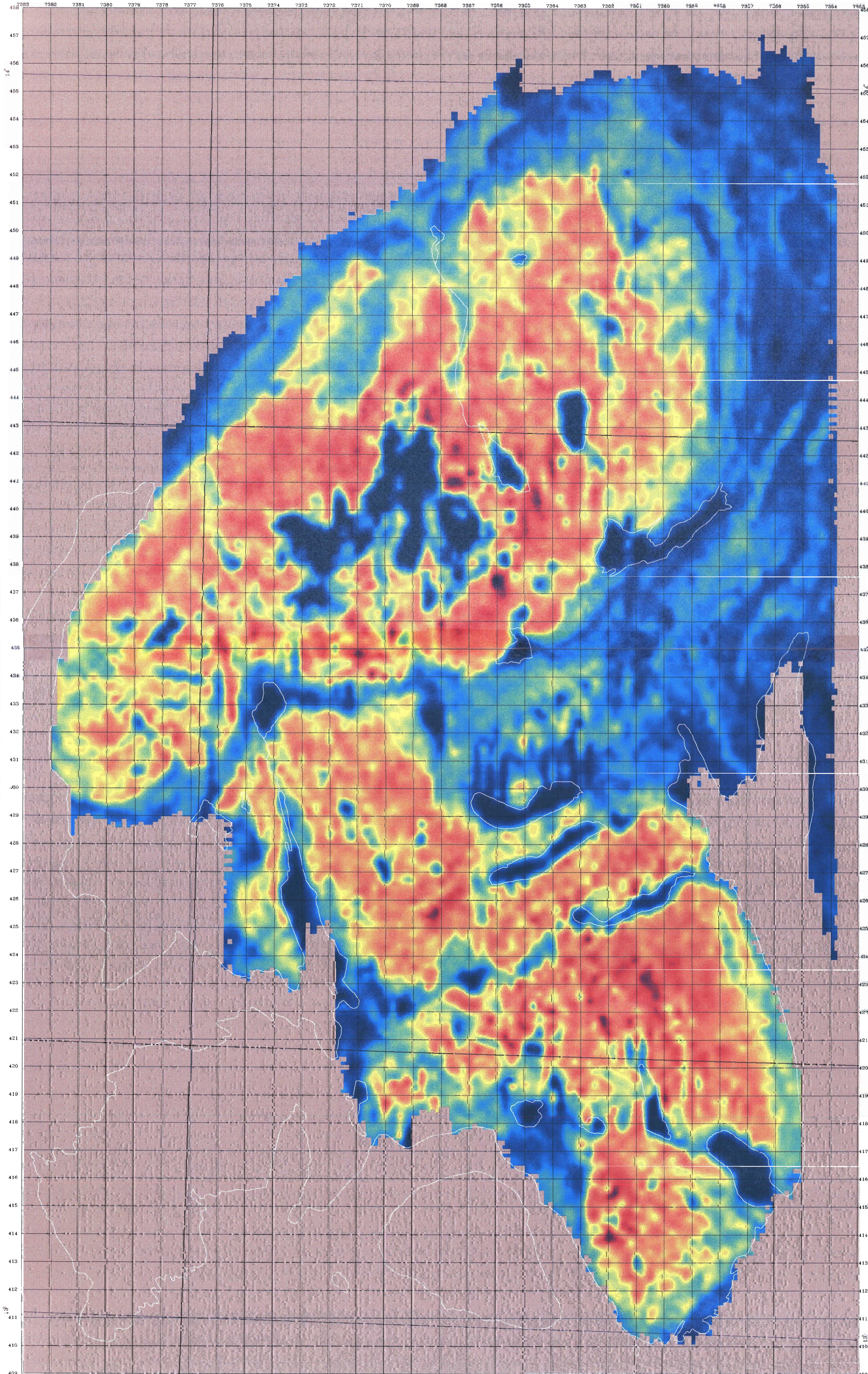


RADIOMETRI, THORIUM  
 HØGTUVA VEST  
 KBL. 1827 I  
 1927 IV  
 Rapport nr 88.157  
 tegning nr 10 A

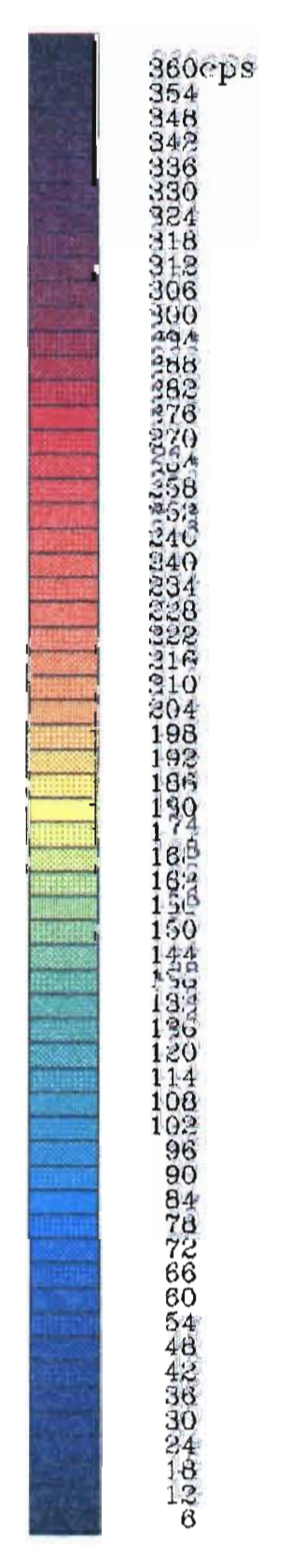


UTM-ZONE 33  
 M 1 / 50000  
 0,0 1,0 km 2,0 3,0  
 NGU 1988  
 GEOLOGICAL SURVEY OF NORWAY

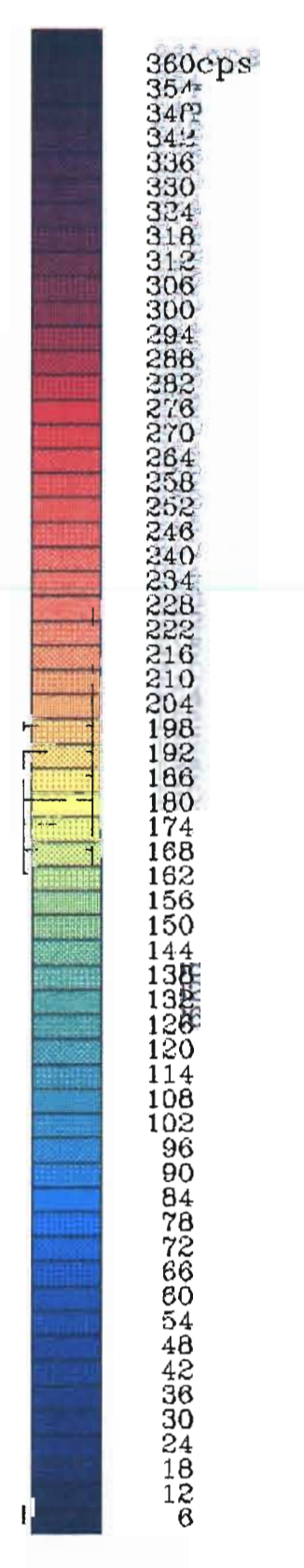




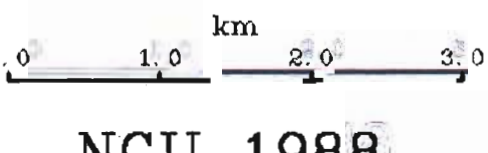
RADIOMETRI, KALIUM  
 HØGTUVA ØST  
 KBL. 1927 I, IV  
 Rapport nr 88.157  
 Tegning nr 11 B



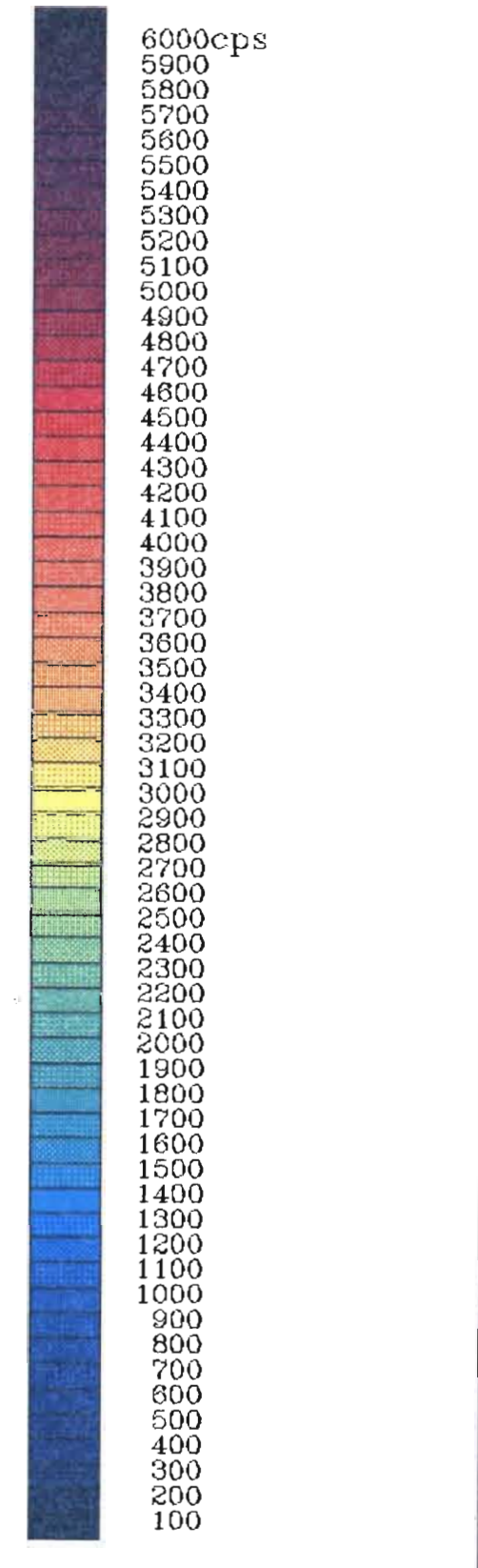
RADIOMETRI, KALIUM  
 HØGTUVA VEST  
 KBL. 1927 I  
 1927 IV  
 Rapport nr 88.157  
 tegning nr 11 A



UTM-ZONE 33  
 M 1 / 50000

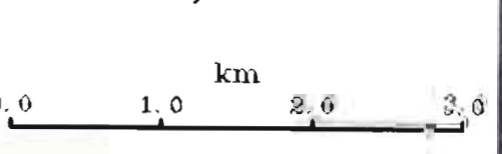






UTM-ZONE 33

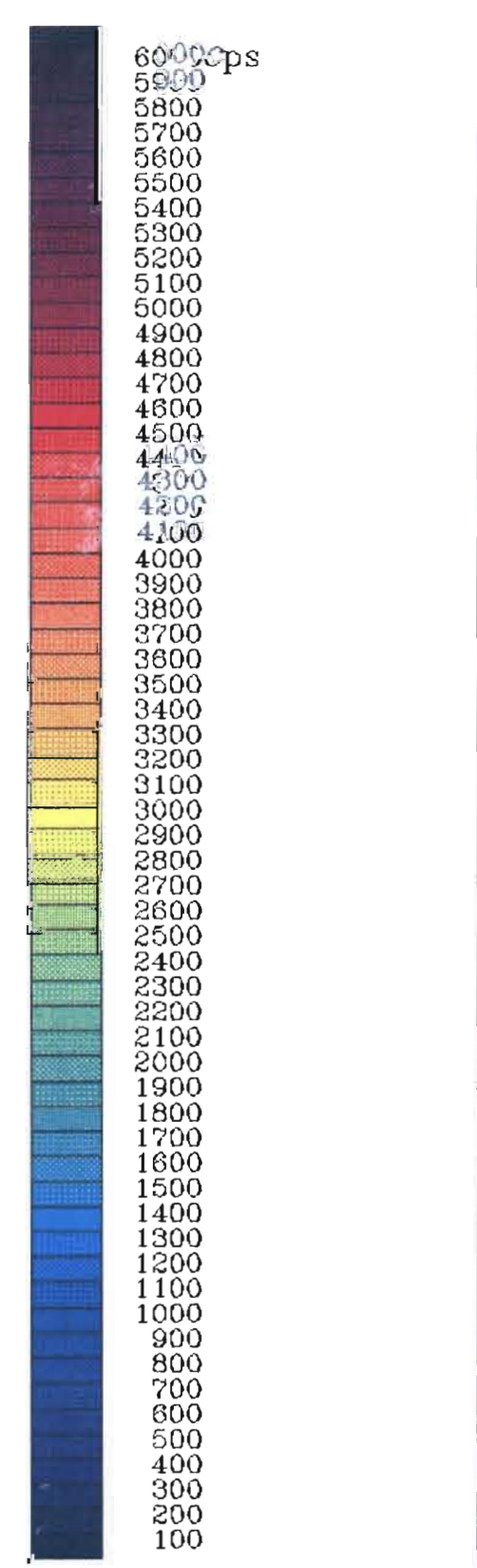
M 1 / 50000



1927 IV

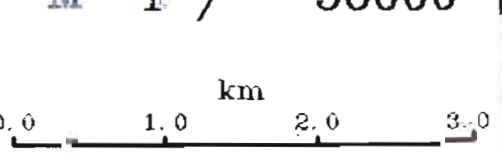
Rapport nr 88.157

tegning nr 12 A



UTM-ZONE 33

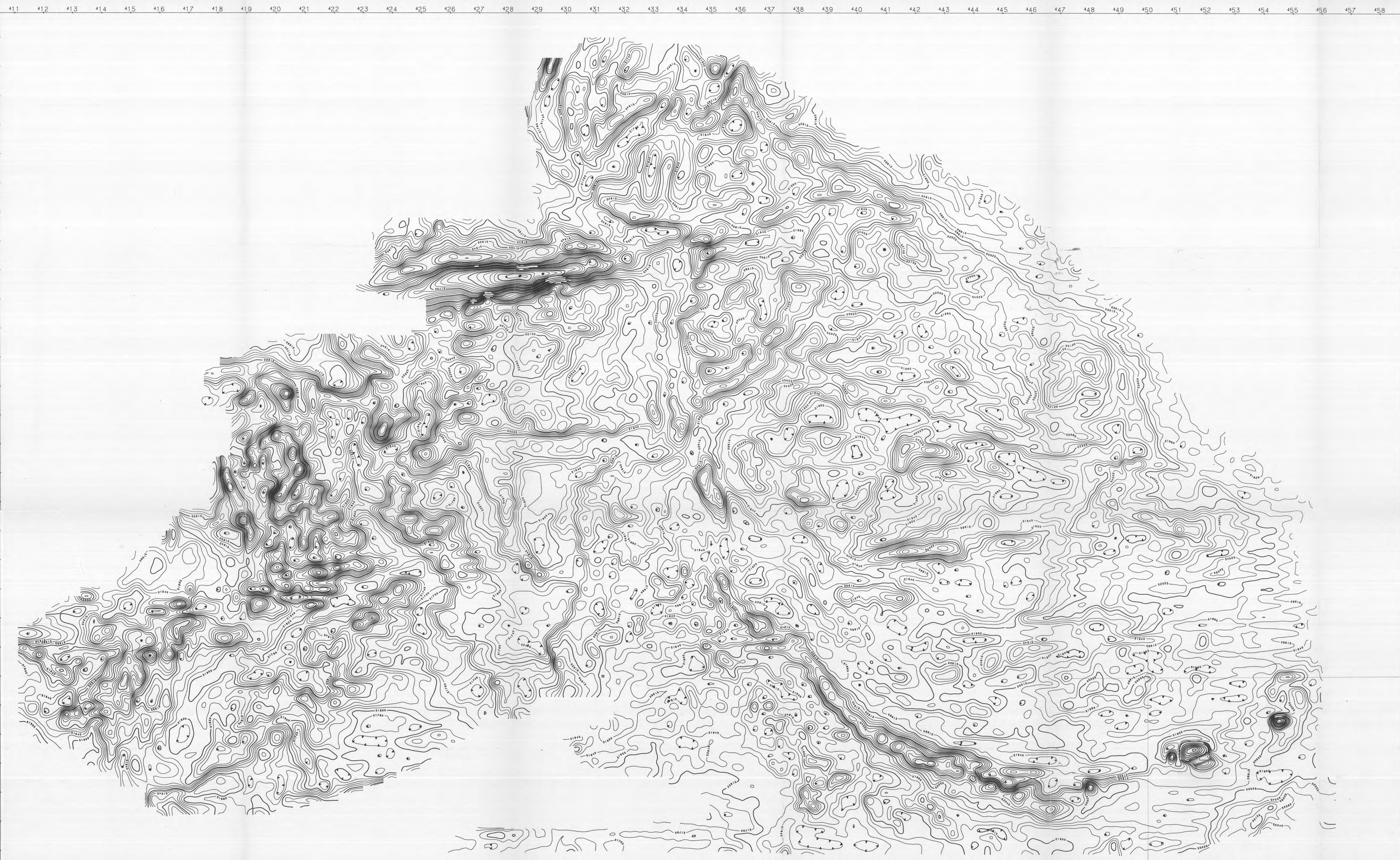
M 1 / 50000



NGU 1988

GEOLOGICAL SURVEY OF NORWAY





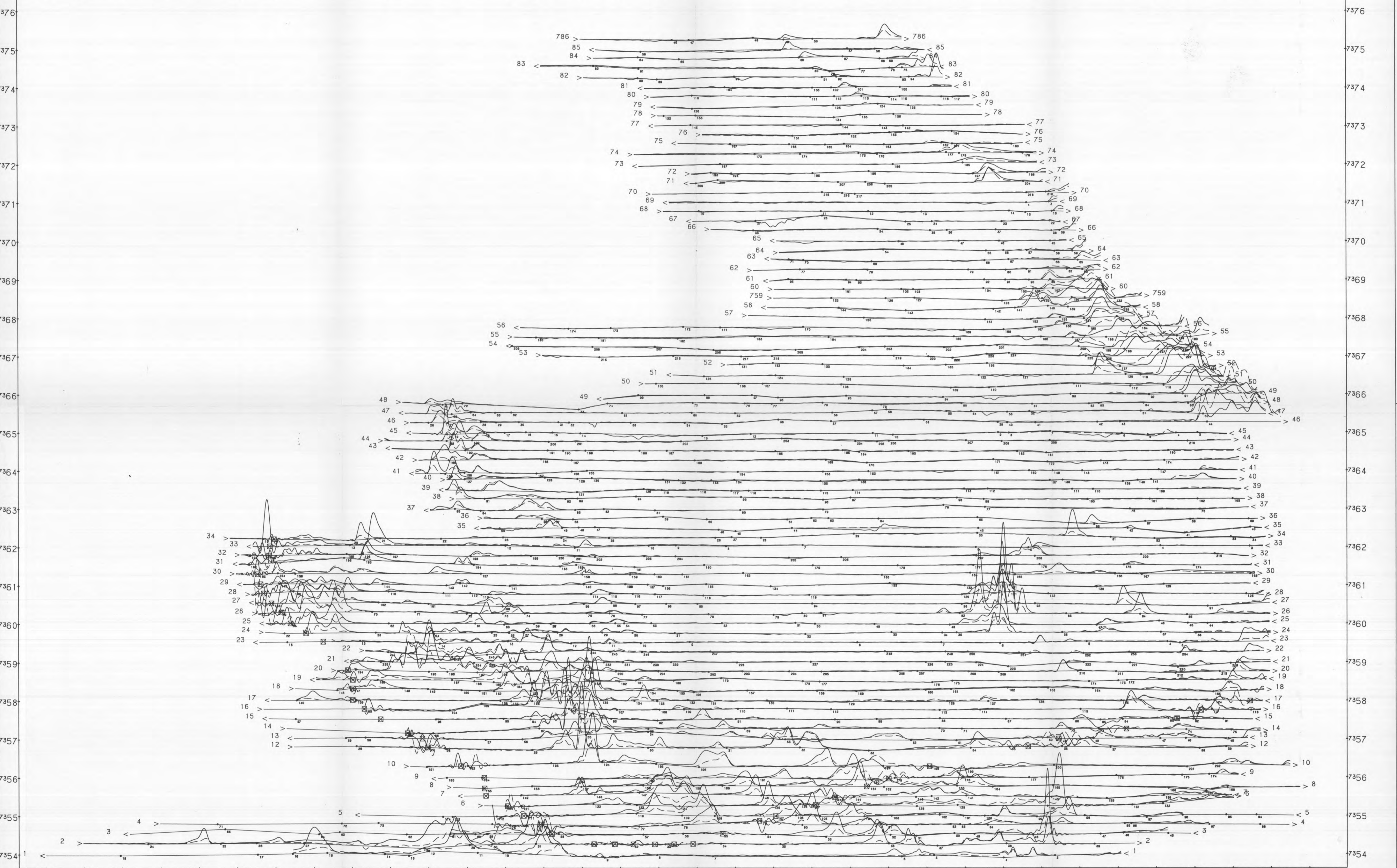
SKALA : 250 m/CM  
 FØRSTE KONTUR : 51468 m  
 SLETTES KONTUR : 52632 m  
 KONTURINTERVALL 1 : 25 m  
 KONTURINTERVALL 2 : 100 m  
 KONTURINTERVALL 3 : 1000 m  
 CELLESTØRRELSE : 50 m  
 INTERPOLASJONSRADIIUS : 700 m

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		MÅLESTOKK	ØSS. JDM/SR	1987/88
HELIKOPTERMÅLINGER		1:50000	TEGN.	DEC 1988
MAGNETISK TOTALFELT			TRAC.	
HØGTUVA, NORDLAND			KFR. H. H.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
TRONDHEIM		88.157-01	1827 I	1927 I I
			1828 II	1928 I I I

1 KM



424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457



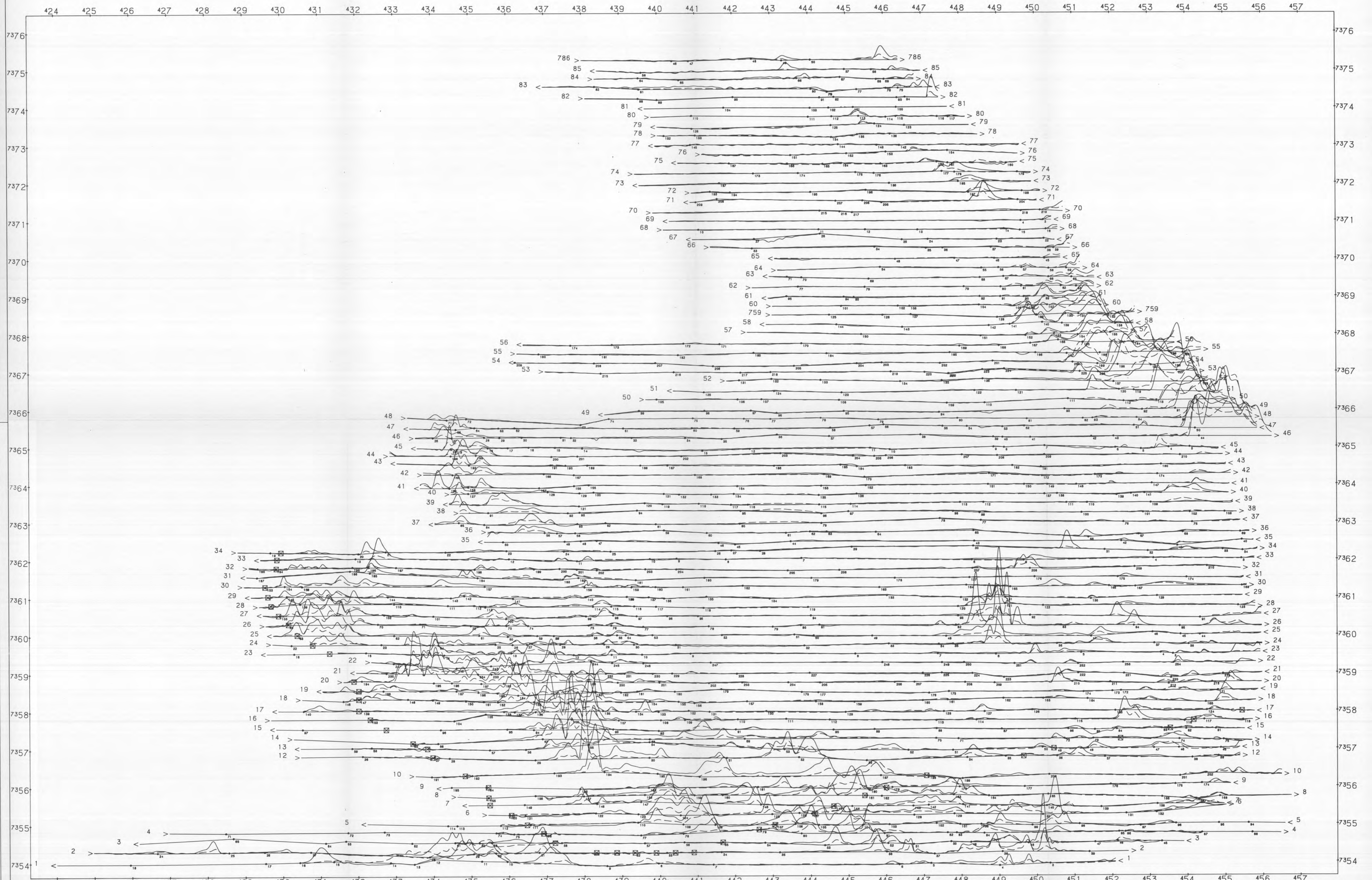
HELTRUKKET LINJE - REELLKOMPONENT  
 STIPELET LINJE - IMAGINERKOMPONENT  
 SKALA : 25 ppm/CM  
 FREKVENSI: 923 Hz  
 ORIENTERING: COAXIAL  
 ☒ - KRAFTLINJE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 HELIKOPTERMÅLINGER  
 ELEKTROMÅG. MÅLINGER COAXIAL 923 Hz  
 HØGTUVA, NORDLAND  
 NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK 1:50000	OBS. JM/SR TEGN. TRAC. KFR. HH	1987/88 NOV 1988
TEGNING NR. 88.157-04	KARTBLAD NR. 1827 I 1927 I IV 1828 II 1928 III	

1 KM





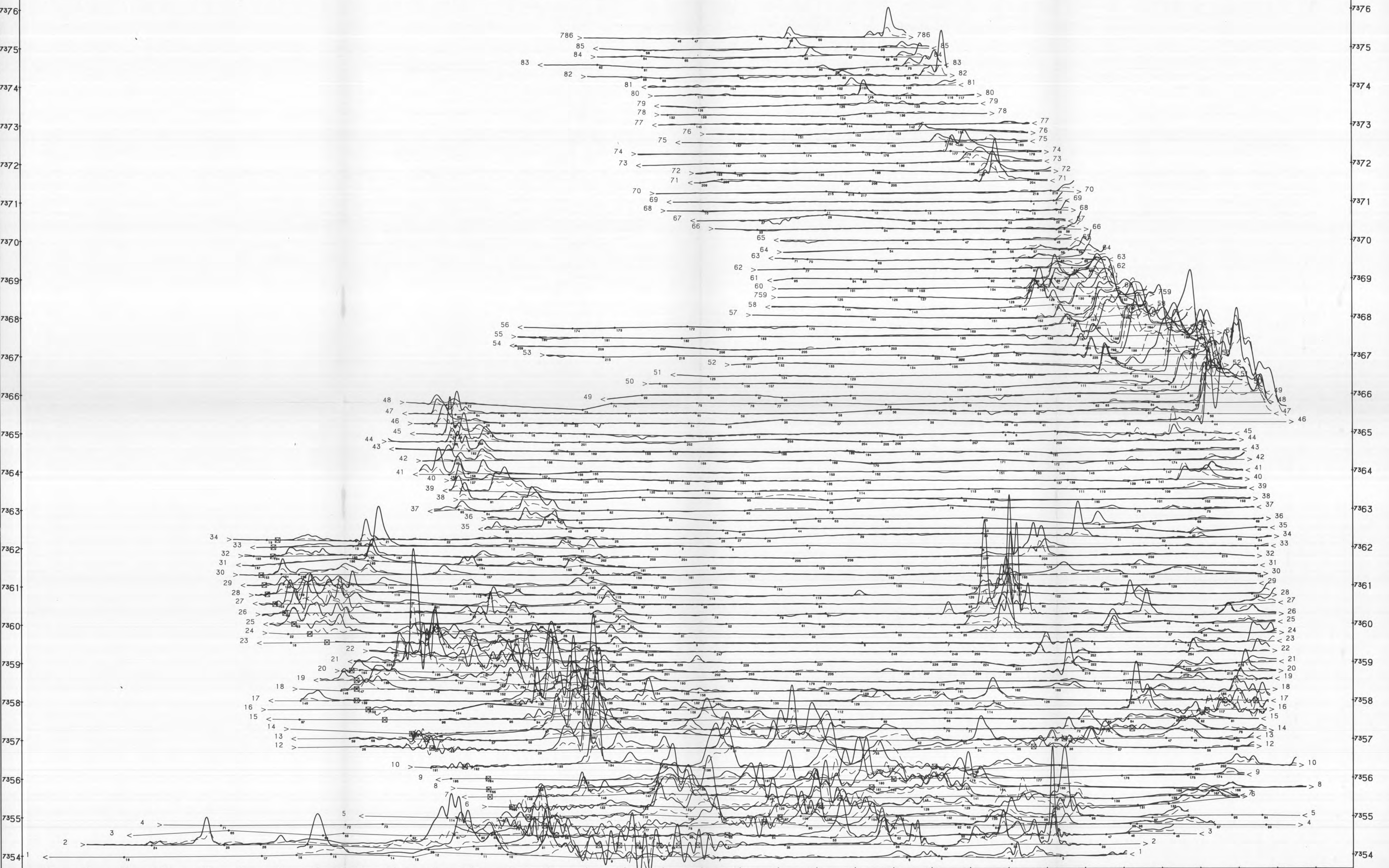
HELTRUKKET LINJE - REELLKOMPONENT  
 STIPLET LINJE - IMAGINERKOMPONENT  
 SKALA : 50 ppm/CM  
 FREKVENNS: 4551 Hz  
 ORIENTERING: COAXIAL  
 ☒ - KRAFTLINJE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE HELIKOPTERMÅLINGER ELEKTROMAG. MÅLINGER COAXIAL2 4551 Hz HØGTUVA, NORDLAND NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		MÅLESTOKK 1:50000	OBS. JM/SR 1987/88 TEGN. NOV 1988 TRAC. KFR. HH
TEGNING NR. 88.157-05		KARTBLAD NR. 1827 I 1927 I IV 1828 II 1928 III	

1 KM



424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457



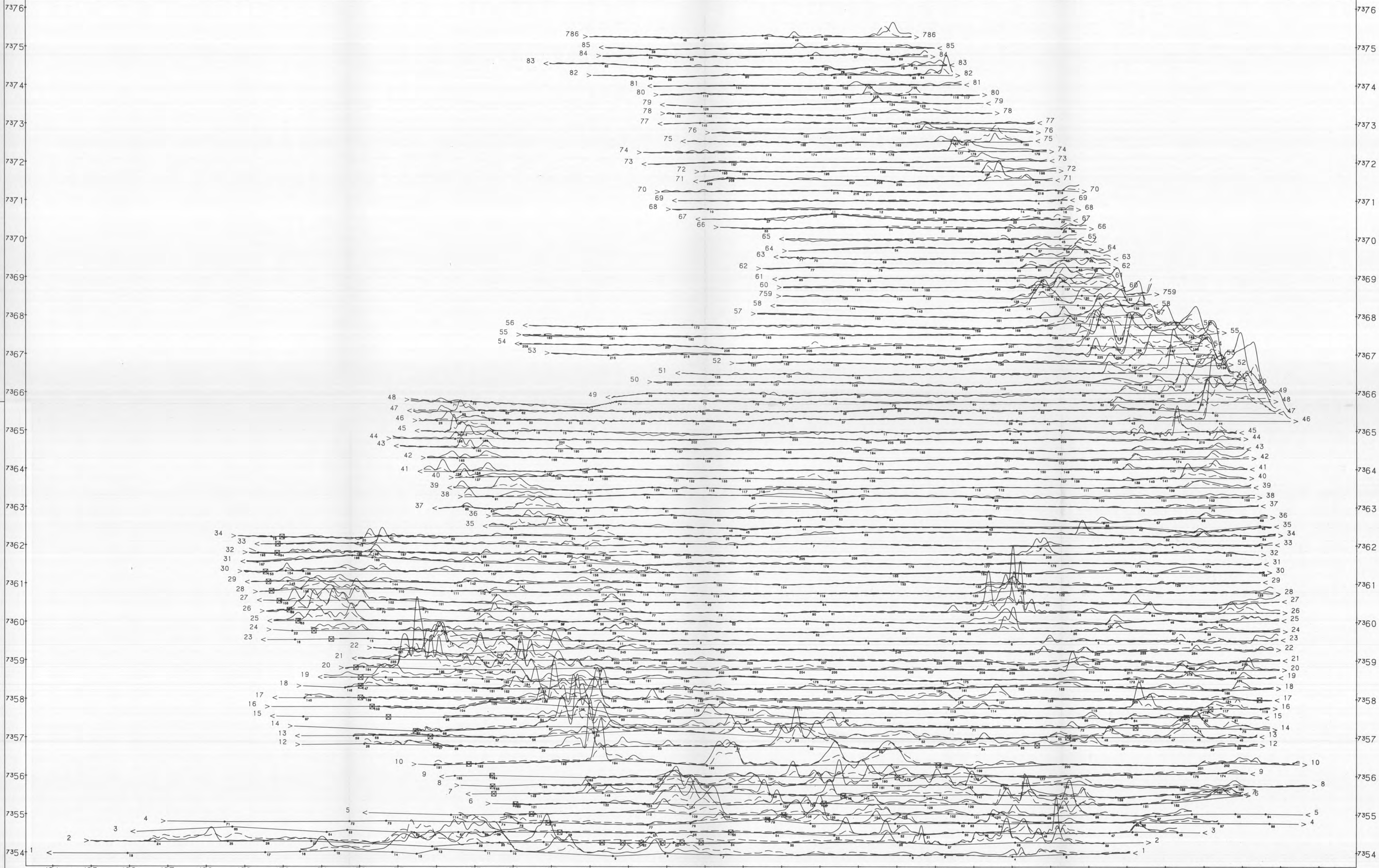
HELTRUKKET LINJE - REELLKOMPONENT  
 STIPLET LINJE - IMAGINERKOMPONENT  
 SKALA : 50 ppm/CM  
 FREKVENSI: 4287 Hz  
 ORIENTERING: COPLANAR  
 ☒ - KRAFTLINJE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		MÅLESTOKK	OBS. JM/SR	1987/88
HELIKOPTERMÅLINGER		1:50000	TEGN.	NOV 1988
ELEKTROMAG. MÅLINGER COPLANAR1 4287 Hz			TRAC.	
HØGTUVA, NORDLAND			KFR. HH	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
TRONDHEIM		88.157-06	1827   1927   IV 1828   1928   III	

1 KM



424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457



HELTRUKKET LINJE - REELLKOMPONENT  
 STIPLET LINJE - IMAGINERKOMPONENT  
 SKALA : 200 ppm/CM  
 FREKVENSI: 34165 Hz  
 ORIENTERING: COPLANAR  
 ☒ - KRAFTLINJE

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		MALESTOKK	OBS. JM/SR	1987/88
HELIKOPTERMÅLINGER		1:50000	TEGN.	NOV 1988
ELEKTROMAG. MÅLINGER COPLANAR 34165 Hz			TRAC.	
HØGTUVA, NORDLAND			KFR. HH	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
TRONDHEIM		88.157-07	1827   1927   IV 1828   1928   III	

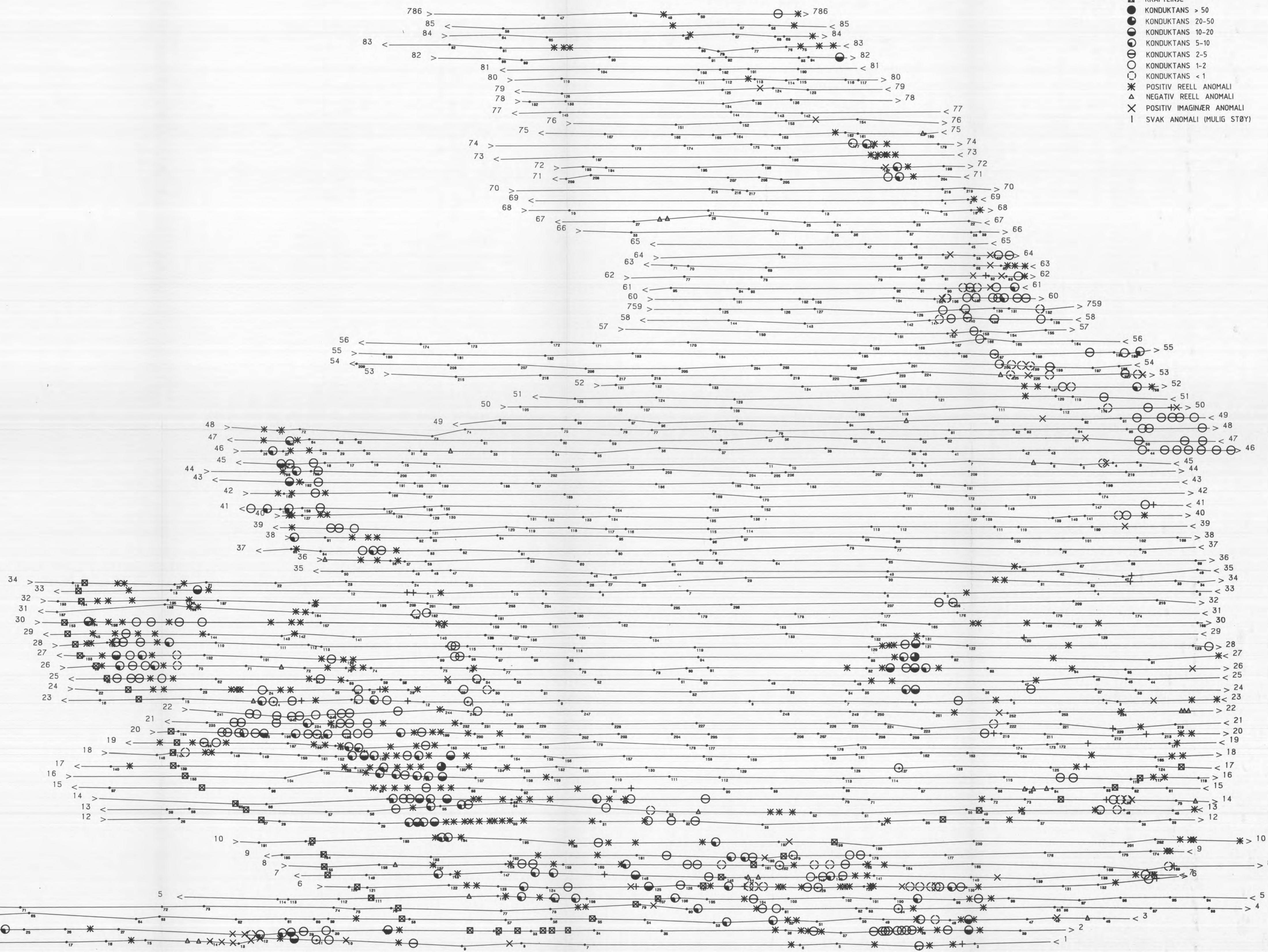
1 KM



424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457

TEGNFORKLARING

- ☐ KRAFTLINJE
- KONDUKTANS > 50
- KONDUKTANS 20-50
- KONDUKTANS 10-20
- KONDUKTANS 5-10
- KONDUKTANS 2-5
- KONDUKTANS 1-2
- KONDUKTANS < 1
- \* POSITIV REELL ANOMALI
- △ NEGATIV REELL ANOMALI
- × POSITIV IMAGINÆR ANOMALI
- | SVAK ANOMALI (MULIG STØY)



NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		MÅLESTOKK		OBS. JM/SR	
HELIKOPTERMÅLINGER		1:50000		1987/1988	
HØGTUVA, NORDLAND				DEC 1988	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		TEGNING NR.		KARTBLAD NR.	
TRONDHEIM		88.157-08		1827   1927   I	
				1828   1928   III	

1 KM