

NGU rapport nr. 91.211

Gravimetri for kartlegging
av løsmassemektheter i
Gaulosen

Rapport nr. 91.211	ISSN 0800-3416	Åpen/Forlagt til	
Tittel: Gravimetri for kartlegging av løsmassemektheter i Gaulosen			
Forfatter: Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Sør-Trøndelag		Kommune: Melhus, Skaun og Trondheim	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Trondheim		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1521 I Orkanger 1621 IV Trondheim	
Forekomstens navn og koordinater: Gaulosen 32 5610 70240		Sidetall: 25	Pris: kr. 65,-
Feltarbeid utført: 07.-09.07.81	Rapportdato: 09.09.1991	Prosjektnr.: 62.2243.00	Seksjonssjef: <i>Jens S. Reuning</i>
Sammendrag: <p>Seismiske målinger har tidligere påvist store løsmassemektheter i Gauldalen. Tyngdemålingene i Gaulosen-området er utført for å se på tyngdeeffekten av de mektige avsetningene. Målingene omfatter 39 observasjonspunkter hvorav 24 er plassert på løsmasser langs et profil på tvers av dalføret, mens de øvrige er plassert på fjell nord og sør for dalen.</p> <p>Målingene indikerer at løsmassene forårsaker en negativ tyngdeanomali på opptil 10.5 mgal. Tilpasset tyngdemodell gir et maksimaldyp til fjell på ca. 430 m under havnivå et stykke nord for midten av dalbassenget. Fra begge sider av dalen flater fjellet ut i området 150-200 m under havnivå for derfra å gå steilere ned mot dypområdet sentralt i dalen.</p> <p>Under søndre dalskråning ligger tolket fjelloverflate dypere enn seismikktolkningen i samme område tilsier. Forskjellen skyldes trolig at det er benyttet for lav seismisk hastighet i dybdeberegningen, men kan delvis også ha andre årsaker.</p>			
Emneord	Kvartærgeologi	Geomorfologi	
Geofysikk	Løsmasse		
Gravimetri	Mektighet	Fagrapport	

INNHold

	<u>Side</u>
1. INNLEDNING	5
2. DATAINNSAMLING	5
2.1. Tyngdedata	5
2.2. Høydedata	5
3. BEARBEIDING AV DATA	6
4. ANOMALIVURDERINGER	7
4.1. Bouguer-anomalier	7
4.2. Regional- og residualanomalier	8
5. DENSITETER	8
6. MODELLBEREGNINGER	9
7. DISKUSJON	10
8. KONKLUSJON	11
9. REFERANSER	12

TEKSTBILAG

1. Prosjekt 62.2243.00: Prosjektskisse
2. Kort beskrivelse av gravimetri

DATABILAG

- 1 Gravimetridata fra 1981
- 2A Profilutplukk fra gravimetridatabasen (utskrift)

- 2B Profilutplukk fra gravimetridatabasen, Bougueranomali
(grafisk)
- 3 Bougueranomali, Profilutsnitt 18-24 km
- 4 Residualanomali
- 5A Tyngdemodellering - seismikkmodell
- 5B Tyngdemodellering - best tilpasset modell
- 5C Modelldata

KARTBILAG

- 91.211-01 Oversiktskart - målepunkter og tolket fjelloverflate
- 02 Fjelloverflaten i tyngdemodellene

1. INNLEDNING

I forbindelse med seismiske målinger i Gauldalen i perioden 1976-79 ble det i Gaulosen påvist løsmassemektheter på opptil ca. 440 m (Sindre 1980). I 1981 ble det utført tyngdemålinger i Gaulosen-området for å se på tyngdeeffekten av de mektige avsetningene. Direkte ut fra ukorrigerede måleverdier kunne det fastslås at løsmassene gav en negativ anomali større enn 8 mgal.

Denne rapporten omfatter bearbeiding av disse måledata og tyngdemodellering av løsmassemektheter og fjelloverflatens forløp under Gaulosen. Arbeidet inngår som første ledd under prosjekt 62.2243.00: Gravimetrisk kartlegging av løsmassemektheter i nedre dalområder i Trøndelag (tekstbilag 1).

2. DATAINNSAMLING

2.1. Tyngdedata

Feltarbeidet ble utført med NGUs Worden gravimeter, Master nr. 780. Målingene omfatter 39 målepunkter, hvorav 15 er plassert på fjelloverflate eller nær fjell på begge sider av dalen, mens de øvrige er plassert på løsmasser langs et profil på tvers av dalføret med punktavstand stort sett 100 m. Målepunktfordeling er vist i kartbilag 91.211-01. For kontroll av daglig drift ble målingene knyttet til en lokal basisstasjon på Klett. Denne ble igjen knyttet til NGOs basisstasjon ved NGU i Trondheim for absoluttbestemmelse av tyngdefeltets verdi.

2.2. Høydedata

I profilet er punktene 100N-1500N plassert langs et markert flomål i strandsonen. Høyden på dette ble beregnet til 1,0 m over havnivå

ut fra kjent høyde på trig.pkt. Ølholmskjær (1.72 m o.h.) vest for Buvika. Høydenivå for målepunktene 1600N-1850N er bestemt ved nivellement fra 1500N. Ved å sammenholde sjønivået ved trig.pkt. Ølholmskjær med tidevannstabell (Norges sjøkartverk) ble det anslått at tallverdiene i tabellen (sjønivå over vårjevndøgns spring lavvann) var 1.67 m større enn høyder bestemt i NGOs høydereferanse (midlere sjønivå). Tidevannstabellen ble brukt til å beregne høydeverdi for punktene 1960N og 2032N, mens de øvrige punktene på Storøra (2132N-2332N) er bestemt ut fra disse.

For målestasjonene på fjell representerer punktnr. med endelse "G" kommunale polygonpunkter i Trondheim. Disse punktene har midlere lavvann som referansenivå, og for å knyttes til standard NGO-nivå ble de oppgitte høyder redusert med 0.87 m. De øvrige målepunkter ligger på kjente høyder i det økonomiske kartverket. Høydenøyaktigheten vil variere om målestasjonen er plassert på trig.pkt., fotogrammetrisk bestemt høydepunkt eller lettkjennelig punkt på høydekote.

Feltarbeidet ble utført i løpet av 3 dager av Jan Fredrik Tønnesen med en dags assistanse av Mai-Brit Tønnesen.

3. BEARBEIDING AV DATA

Måledata ble først korrigert for daglig drift og deretter friluftskorrigert for stativhøyde. De korrigerte observasjonsverdiene vist som utskrift i databilag 1, er beregnet i ECS62-systemet.

Beregning av Bouguer-anomalier er utført etter vanlig prosedyre ved NGU (Mathisen 1976). Både i Bouguer- og terrengkorreksjonen er det benyttet en standard densitet på 2670 kg/m^3 . For området innenfor 1 km fra et målepunkt ble terrengkorreksjonen bestemt ved sirkelhøyder. For målepunktene sentralt i dalen ble det bare brukt en sirkel. For målepunkter nærmere dalsidene og for alle punktene på

fjell ble det benyttet tre sirkler med henholdsvis 100 m, 300 m og 600 m radius. Som høydedatagrunnlag ble benyttet økonomisk kartverk i målestokk 1:5 000 med 5 m ekvidistanse. Korreksjonsverdier og Bouguer-anomalier er vist som utskrift i databilag 1.

Alle data er nå lagt inn i gravimetri-databasen ved NGU med oppdragskode 811863. I den forbindelse er observasjonsverdiene regnet om til IGSN71-systemet og det er benyttet en ny formel for normaltyngden.

4. ANOMALIVURDERINGER

4.1. Bouguer-anomalier

For vurdering av anomaliverdiene ble det i første omgang tatt et utplukk fra gravimetri-databasen langs en 2 km bred sone på tvers av Gaulosen og med betydelig utstrekning nord og sør for dalen. I sonen er det registrert 57 punkter og Bouguer-anomaliene for disse er vist tabellarisk i databilag 2A og grafisk i databilag 2B. I databilag 2A er anomaliene angitt i mgal mens de har benevning GU i etterfølgende databilag (1 mgal = 10 GU). I området 35-42 km er anomaliene beregnet fra sjømålinger på Trondheimsfjorden, mens innvirkningen av løsmassene i Gaulosen viser seg i området 19-22 km. For den videre anomalivurdering viser databilag 3A et profilutsnitt i området 18-24 km langs sonen. De laveste anomaliene over løsmassene, fra -24.5 til -25.0 mgal, opptrer i området 20.7-21.1 km i profilet, mens anomaliverdiene over fjell sør for dalsedimentene er fra -12.4 til -15.0 mgal og nordafor fra -14.2 til -15.4 mgal.

4.2. Regional- og residualanomalier

Bougueranomaliene fra målepunkter på fjell nord og sør for dalen vil være lite påvirket av dalsedimentene og kan derfor benyttes til å legge inn et regionalt anomalifelt som skyldes berggrunnen i området. En komplikasjon oppstår når den virkelige berggrunnsdensiteten avviker fra standarddensiteten 2670 kg/m^3 som er brukt ved reduksjon av data til havnivå. Bougueranomaliene vil da være avhengig av topografisk høyde på målepunktene. Berggrunnsdensiteten i området er anslått til 2840 kg/m^3 (kapittel 5). Anomali-verdiene for målepunktene på fjell i databilag 3A ble korrigert for denne densitetsforskjellen og ble da liggende $0.5\text{-}1.7 \text{ mgal}$ lavere, som vist i databilag 3B. Det er rimelig å anta at regionalanomalifeltet varierer lineært over den relativt korte avstanden på tvers av dalsedimentene, spesielt når dalføret er omgitt av en bergartstype. Feltet ble lagt inn med start- og sluttverdi -12.5 mgal og -16.5 mgal , henholdsvis i første og siste punkt i det opprinnelige datautplukket (databilag 2). I profilutsnittet $18\text{-}24 \text{ km}$ gir dette residualanomalier som vist i databilag 4. Løsmassene ser ut til å gi et negativt anomalibidrag på opptil 10.5 mgal .

5. DENSITETER

For modellberegning av løsmassemektheter er det viktig å kjenne densiteter både på løsmasser og berggrunn best mulig. Berggrunnsgeologisk kart Trondheim i målestokk $1:250\ 000$ (Wolff 1979) viser at området ligger innenfor Størendekket i Trondheimsfeltet og består av grønnstein og grønnskifer med lag av kvartskeratofyr. Utplukk av prøver fra petrofysikk-databasen ved NGU innenfor kartbladene Trondheim og Orkanger (M $1:50\ 000$) gir densitetsverdier for grønnstein og grønnskifer i området $2770\text{-}3000 \text{ kg/m}^3$ (15 prøver).

Den nærmeste prøveserien ved Buvika indikerer relativt lave verdier, og gjennomsnittsverdien av disse på 2840 kg/m^3 (7 prøver) ble brukt for fjellgrunnens densitet i området.

Løsmassene i Gaulosen er en stor deltaavsetning. Boringer indikerer sand/grus i toppen med vekslende lag av sand/grus og silt ned til 75 m, men med økende innhold av finstoff mot dypet (Reite 1983a og b). Det regnes at deltaavsetningene er bygd ut over marin silt og leire av stor mektighet. Ut fra tidligere vurderinger (Tønnesen 1978) anslås sediment-densiteten for vannmettet sand-dominerte avsetninger å ligge rundt 2000 kg/m^3 . Underliggende leirer, som er relativt godt komprimert, må også kunne regnes å ha omtrent samme densitetsverdi.

6. MODELLBEREGNINGER

Tyngdemodellering er utført med tolkningsprogrammet GAMMA 86 (Hesselström 1987) implementert på MicroVax ved NGU. Programmet beregner anomalivirkningen fra horisontale kropper med polygonformet tverrsnitt og endelig lengde ($2\frac{1}{2} D$).

Tyngdemodellen ble i første omgang laget slik at fjelloverflaten best mulig var i overensstemmelse med tolkningen av seismikkprofilen. Modellen består av to kropper. Kropp 1 er best mulig tilpasset terrengoverflaten med en horisontal bunn bare 2 m under havnivå. For dette overflatematerialet, som øverst delvis ikke er vannmettet, er densiteten satt til 1950 kg/m^3 . Kropp 2 omfatter resten av modellen med densitet 2000 kg/m^3 , mens berggrunnsdensiteten er 2840 kg/m^3 . Modellen og anomalivirkningen den gir er vist i databilag 5A. Modellanomalien stemmer relativt bra overens med residualanomalien når det gjelder form og maksimal størrelse, men modellanomalien er for liten over søndre dalskråning, dvs. en forskjell på 1.0-1.5 mgal i området 19.7-20.7 km i profilet.

Kropp 2 ble deretter justert for å oppnå best mulig overensstemmelse mellom modellanomali og residualanomaliene. Tilpasset modell og anomali er vist i databilag 5B. Modelldata for begge modellene

er gitt i databilag 5C. I kartbilag -02 er fjellforløpet under dalen ut fra begge modellene tegnet inn for direkte å kunne sammenligne. I kartbilag -01 er det tegnet fjellkonturer ut fra modellen med best anomalitilpasning.

Sammenstillingen i kartbilag -02 viser at seismikkmodellen har 20-35% mindre dyp til fjell i området 19.65-20.65 km, dvs. en dybdeforskjell på fra 20 til 100 m. For øvrig stemmer modellene relativt godt overens.

7. DISKUSJON

Tyngdemodelleringen viser at begge dalsidene har en utflating et stykke utover i dalbassenget for derfra å gå steilere ned mot dypområdet sentralt i dalen. I modellen med best tilpasning ligger utflatingen i området 150-200 m under havnivå. Dalprofilet kan gjenspeile at dalutformingene har foregått i flere erosjonsfaser fra prekvartær tid og framover gjennom istidene.

Forskjellen mellom seismikktolkning og tyngdetolkning kan skyldes flere forhold. De seismiske grunnlagsdata i Gaulosen er noe begrenset på grunn av dårlig energiforplantning i løsmassene. Refrakterte bølger ble ikke registrert i store deler av profilet, og dyp til fjell er vesentlig tolket på grunnlag av reflekterte bølger fra fjelloverflaten. I området ca. 19.8-20.5 km er det registrert seismiske hastigheter i løsmassene på bare 600-900 m/s, mens vannmettet sediment for øvrig langs profilet har en hastighet på ca. 1500 m/s. Det er rimelig å anta at hastigheten øker noe med dypet i løsmassene. Dersom det er benyttet for lav hastighet ved beregning av dyp til fjell, kan dette alene forklare hovedforskjellen mellom tolkningene.

Andre bidrag til tolkningsforskjellen kan ligge i tyngdedata og feil densitet i tyngdemodell. Det vil alltid være noe usikkerhet

i nivået for regionalanomalien og spesielt om den varierer lineært over dalføret slik som antatt. Dersom løsmassene har lavere densitet enn antatt, vil dette bidra til for store dyp i modellen. Det er f.eks. mulig at det overflatenært langs deler av profilet kan ligge organisk materiale med lav densitet.

I området 21.15- ca. 21.5 km i profilet er det ikke målt seismikk, så fjellforløpet i den steile dalskråningen i nord er derfor bare anslått.

8. KONKLUSJON

Gravimetri i Gaulosen indikerer at løsmassene gir en negativ tyngdeanomali på opptil 10.5 mgal. Tilpasset tyngdemodell gir et maksimaldyp til fjell på ca. 430 m under havnivå et stykke nord for midten av dalbassenget. Fra begge sider av dalen flater fjellet ut 150-200 m under havnivå for derfra å gå steilere ned mot dypområdet sentralt i dalen. Dette kan gjenspeile at utformingen av dalprofilet har foregått i flere faser fra prekvartær tid og framover gjennom istidene.

Under søndre dalskråning ligger tolket fjelloverflate dypere enn seismikktolkningen i samme område tilsier. Forskjellen skyldes trolig at det er benyttet for lav seismisk hastighet i dybdeberegningen, men kan delvis også ha andre årsaker.

Trondheim, 9. september 1991
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
Geofysisk avdeling

Jan Fredrik Tønnesen

Jan Fredrik Tønnesen
forsker

9. REFERANSER

- Hesselström, B. 1987: GAMMA 86 user's manual. Swedish geological company.
- Mathisen, O. 1976: Method for Bouguer Reduction with Rapid Calculation of Terrain Corrections, Norges geografiske oppmåling, Geodetiske arbeider 18.
- Norges sjøkartverk: Tidevannstabeller for den norske kyst ved Svalbard 1981, 44. årgang.
- Reite, A.J. 1983a: Trondheim. Beskrivelse til kvartærgeologisk kart 1621 IV - M 1:50 000. Norges geologiske undersøkelse 391.
- Reite, A.J. 1983b: Orkanger. Beskrivelse til kvartærgeologisk kart 1521 I - M 1:50 000. Norges geologiske undersøkelse 392.
- Sindre, A. 1980: Seismiske målinger i Gauldalen 1972-1979. NGU rapport nr. 1641.
- Tønnesen, J.F. 1978: Geofysiske undersøkelser av kvartære sedimenter i Numedal. Hovedfagsoppgave i geofysikk/kvartærgeologi, Institutt for geologi, Universitetet i Oslo.
- Wolff, F.C. 1979: Beskrivelse til de berggrunnsgeologiske kart Trondheim og Østersund 1:250 000 (med fargetrykte kart). Norges geologiske undersøkelse 353.

Prosjekt 62.2243.00: Prosjektskisse

Tittel

Gravimetri for kartlegging av løsmassemektheter og fjellforløp i de nedre dalområdene innenfor kartblad Trondheim 1:250 000.

Situasjon og ønskemål

Løsmassene i de lavereliggende deler av de større dalførene er avsatt i fjordbassenger under og etter isens tilbaketrekning, og mektighetene er som regel store. Fjellformen i bassengene og løsmassemekthetene er bare kjent fra enkelte steder hvor det er målt seismikk. Det finnes også enkelte gamle dypboringer. For å få et bedre bilde av forholdene vil det være ønskelig å kartlegge områdene ved hjelp av gravimetri.

Metodefordeler

1. Gravimetri er rimelige og enkle målinger som egner seg godt for kartlegging av store løsmassemektheter. Seismiske målinger blir dyrere og mer omstendelige når mektighetene blir store.
2. Bebyggelse og tekniske installasjoner er ingen hindring for målingene. Disse forhold kan begrense muligheten for og brukbarheten av seismiske og elektriske målinger. Områdene som ønskes undersøkt er av de mest bebygde i Trøndelag og er typiske pressområder.

Forventede produkter

1. Tyngdeanomali-kart/profiler over dalområdene med omgivelser.
2. Tolknings-kart/profiler over løsmassemektheter og fjelloverflatens forløp.
3. Volum og masseberegning av løsmassene i dalførene.

Bruk av dataene

1. De kan gi bedre forståelse av den geomorfologiske utvikling av dalførene i løpet av kvartærtiden.
2. For vurdering av den kvartargeologiske utvikling vil det være viktig å ha kjennskap til størrelsen av løsmasseavsetningene.
3. For planleggings- og utbyggingsformål vil det alltid være nyttig å ha kjennskap til fjelloverflatens forløp under løsmassene.
4. Målingene vil redusere omfanget og nødvendigheten av andre geofysiske målinger og boringer i forbindelse med kartlegging, planlegging og utbygging. Disse kan da lettere konsentreres om utvalgte områder og for nærmere kartlegging av løsmassetyper.
5. Når et dalområde er målt gravimetrisk vil det være lett å gjøre utfyllende målinger innen bestemte områder senere.
6. En del av målingene vil gå naturlig inn som en videreføring av de regionale målingene som allerede er utført innenfor kartbladet (oppdrag 1377).

KORT BESKRIVELSE AV GRAVIMETRI

Tyngdekraften er et naturfenomen som alle mennesker er fortrolig med, men tyngdeloven ble ikke formulert før i 1687 av Isaac Newton. Newtons lov er enkel, $K=G \cdot \frac{M \cdot m}{R^2}$, eller med ord: To legemer trekker på hverandre med en kraft (K) som er proporsjonal med legemenes masser (M og m) og omvendt proporsjonal med kvadratet på avstanden mellom dem (R^2). G i formelen er en konstant.

Størstedelen av den tyngdekraft en merker på jordoverflaten skyldes jordens enorme masse som kan tenkes konsentrert i jordens midtpunkt. Denne masse virker på mindre masser (gjenstander, mennesker osv.).

Hvis jorden ikke roterte og var fullstendig kuleformet og homogen, ville en ha samme tyngdekraft over alt på jordoverflaten. Dette er ikke tilfelle, flattrykningen ved polene gjør at en der er 21 km nærmere jordens tyngdepunkt enn ved ekvator, og sammen med sentrifugalkraften gjør dette at en har større tyngdekraft på polene enn ved ekvator.

Hvis en måler tyngdekraften over en lett bergart, vil en få mindre tyngde enn normalt for breddegraden fordi en da har mindre masse like under observasjonspunktet. Over en malmforekomst eller bergart med stor egenvekt vil en observere større tyngde enn normalt.

I første omgang fikk gravimetrien stor betydning for utrekning av jordens form og jordskorpens sammensetning i grove trekk. Til nøyaktig måling av tyngdekraften, eller det en egentlig er ute etter, tyngdens akselerasjon g, bruker en pendelmålinger. Dette er tidkrevende og innviklete målinger, hvor svingetiden for en pendel brukes til å bestemme absoluttverdien av g.

Det var først da en utviklet de moderne instrumentene som hurtig måler relative verdier eller tyngdeforskjeller, at gravimetrien også fikk stor anvendelse innen malmløting og for berekning av mindre geologiske strukturer.

NGU har et Worden gravimeter og et LaCoste & Romberg gravimeter. I grove trekk er slike instrumenter fjærvekter. På et sted med stor g blir massen i fjæra dratt lenger ned enn på et sted med mindre g . Forlengelsen av fjæra er da et mål for g på stedet. For at temperatursvingninger ikke skal influere på målingene, er instrumentene bygget inne i termos-"flasker". De nyeste instrumentene har dessuten batteri og termostat for å oppnå konstant temperatur.

Enheden Gal (cm/sek^2) blir brukt når det gjelder tyngde, men i gravimetrien benyttes mest milliGal. På våre breddegrader er g normalt ca. $9.81 \text{ m}/\text{sek}^2 = 981 \text{ Gal} = 981\,000$ milliGal.

På Worden gravimetret kan en lese av tyngdevariasjoner på 0.01 milliGal, på LaCoste & Romberg gravimetret 0.001 milliGal.

Instrumentene er små og lette, og en mann kan utføre målingene alene, hver observasjon tar bare et par minutter. På grunn av drift i instrumentene og daglige variasjoner i tyngden forårsaket av sol og måne, må en flere ganger om dagen tilbake til et fast punkt og ta ny observasjon for å få en "driftskurve".

Når de innsamlede tyngdemålingene skal bearbeides, må en innføre en hel del korreksjoner, slik at de anomaliene en får fram kun skyldes forhold nede i grunnen.

Fordi avstanden til jordens massemidtpunkt spiller så stor rolle, (en høydeforskjell på 5 cm vil utgjøre 0.01 milliGal), må en ha høyden på alle målepunktene, og alle observasjonene må reduseres til ett nivå. Ved undersøkelser av mindre strukturer eller malmløkomster må punktene nivelleres, mens en ved større regionale undersøkelser ikke trenger den samme nøyaktighet og kan velge målepunkter med kjent høyde direkte fra kart.

Breddegradskorreksjon, driftskorreksjon og høydekorreksjon er enkelt og raskt å gjøre, men i et land som Norge vil også topografien ha stor innflytelse på målingene. Hvis det er et fjell eller en knaus i nærheten av et observasjonspunkt, vil fjellets masse virke på instrumentene. Massen som ligger høyere enn instrumentene vil virke med en kraft oppover, og en får for lav verdi. En dal vil ha samme virkning da der mangler en masse som skulle ha virket nedover.

Korreksjonen for terrengoverflaten var før svært arbeidskrevende å berekne, men etter at datateknikken er tatt i bruk går det greit. Det er nødvendig at en har gode kart over området rundt målepunktene.

Etter at reduksjonsarbeidet er gjort, og en trekker fra den tyngde en teoretisk skulle ha på stedet, vil en få et Bouguer-anomalikart. (Bouguer var en fransk geodet). De anomaliene en da har, skyldes bare forhold (egenvektsfordelinger) nede i grunnen.

En tyngdeanomali kan skyldes et uendelig antall kombinasjoner av egenvektskontrast og dimensjon på den kroppen en har nede i grunnen. Men som regel vet en hva slags egenvekter en har med å gjøre, og en har også andre opplysninger om geologien som begrenser antall muligheter.

Det en ofte gjør når en skal tolke en tyngdeanomali, er at en tenker seg visse modeller som er sannsynlige og berekner hvilke anomalier disse ville forårsake. En sammenlikner så med de observerte anomaliene og varierer dimensjonene på modellene til en får samme anomalier som de observerte. Til dette arbeidet bruker vi nå vårt EDB-anlegg, Hewlett-Packard 3000. Maskinen rekner ut og tegner opp anomali-kurver over en modell på få sekunder. På den måten kan et stort antall modeller bli prøvd på kort tid.

Sted : GAULOSEN : Oppdragsnr. : 1863 : Målingene utført i 1981 : Beregningene utført i DEC 1989

Stasjon	Profil punkt	Bredde-grad	Lengde-grad	UTM-soner	UTM-øst	UTM-nord	Høyde (i m)	Observervert tyngde	Bouguer korr.	Terrang- korr.	Friluftskorr.	Bouguer-anomali
317G	63 20 61	10 14 70	32V	562324	7024635	982164.400	14.35	1.63	1.51	4.43	-7.79	
328G	63 20 92	10 10 29	32V	558635	7025147	982150.590	95.86	10.86	1.10	29.56	-6.48	
794G	63 20 84	10 14 68	32V	562305	7024687	982161.550	30.09	3.41	1.72	9.28	-7.36	
945G	63 20 81	10 15 72	32V	563161	7025030	982152.320	85.36	9.67	1.26	26.33	-6.51	
971G	63 21 34	10 15 25	32V	562751	7026005	982133.550	193.71	21.94	1.99	59.74	-5.04	
976G	63 21 08	10 14 70	32V	562300	7025505	982135.190	179.49	20.33	1.49	55.35	-5.42	
978G	63 21 04	10 14 03	32V	561743	7025433	982136.840	169.33	19.18	2.17	52.22	-4.95	
985G	63 21 33	10 12 54	32V	560494	7025950	982142.200	137.34	15.56	2.64	42.36	-5.74	
992G	63 21 78	10 11 67	32V	559751	7026758	982141.160	147.16	16.67	1.36	45.38	-6.64	
1H	63 20 95	10 13 22	32V	561070	7025255	982149.990	93.00	10.54	2.61	28.68	-6.12	
2H	63 19 38	10 14 21	32V	561954	7022356	982155.060	60.00	6.80	1.89	18.50	-6.35	
3H	63 19 14	10 11 95	32V	560075	7021868	982150.220	85.70	9.71	2.19	26.43	-5.62	
4H	63 19 21	10 12 43	32V	560474	7022004	982140.890	131.00	14.84	3.87	40.40	-4.56	
5H	63 18 97	10 12 73	32V	560735	7021557	982112.460	277.30	31.40	4.72	85.52	-3.20	
6H	63 18 60	10 9 62	32V	558150	7020834	982153.560	72.73	8.24	1.76	22.43	-4.52	
100N	63 19 42	10 12 66	32V	560660	7022395	982165.300	1.00	1.11	2.02	31	-7.61	
200N	63 19 47	10 12 71	32V	560703	7022486	982165.060	1.00	1.11	1.62	31	-8.25	
300N	63 19 52	10 12 76	32V	560740	7022580	982164.670	1.00	1.11	1.23	31	-9.15	
400N	63 19 57	10 12 80	32V	560775	7022672	982164.120	1.00	1.11	1.03	31	-8.91	
500N	63 19 62	10 12 85	32V	560809	7022765	982163.580	1.00	1.11	86	31	-10.74	
600N	63 19 67	10 12 89	32V	560840	7022862	982163.080	1.00	1.11	79	31	-11.31	
700N	63 19 72	10 12 91	32V	560862	7022958	982162.690	1.00	1.11	73	31	-11.76	
800N	63 19 77	10 12 94	32V	560885	7023055	982162.330	1.00	1.11	67	31	-12.26	
900N	63 19 83	10 12 97	32V	560905	7023155	982161.830	1.00	1.11	66	31	-12.94	
1000N	63 19 88	10 12 98	32V	560915	7023253	982161.400	1.00	1.11	63	31	-13.40	
1100N	63 19 93	10 13 00	32V	560925	7023353	982160.940	1.00	1.11	65	26	-13.98	
1200N	63 19 99	10 13 01	32V	560935	7023453	982160.470	1.00	1.11	66	31	-14.89	
1300N	63 20 04	10 13 02	32V	560941	7023553	982160.150	1.00	1.11	64	31	-14.89	
1400N	63 20 09	10 13 03	32V	560943	7023653	982159.850	1.00	1.11	62	31	-15.19	
1500N	63 20 15	10 13 03	32V	560943	7023752	982159.760	1.00	1.11	63	31	-15.42	
1600N	63 20 20	10 13 03	32V	560945	7023853	982159.820	1.00	1.11	63	31	-15.60	
1700N	63 20 25	10 13 04	32V	560947	7023953	982159.910	1.00	1.11	64	31	-15.64	
1800N	63 20 31	10 13 04	32V	560947	7024056	982159.950	1.00	1.11	67	31	-15.56	
1850N	63 20 34	10 13 04	32V	560950	7024108	982160.360	1.00	1.11	66	31	-15.14	
1960N	63 20 40	10 12 99	32V	560950	7024218	982161.200	1.00	1.11	69	31	-14.48	
2032N	63 20 43	10 13 07	32V	560967	7024288	982161.680	1.00	1.11	72	31	-13.97	
2132N	63 20 49	10 13 07	32V	560967	7024388	982162.310	1.00	1.11	80	31	-13.11	
2232N	63 20 54	10 13 07	32V	560966	7024490	982163.170	1.00	1.11	85	31	-12.33	
2332N	63 20 60	10 13 08	32V	560966	7024590	982164.300	1.00	1.11	86	31	-11.30	

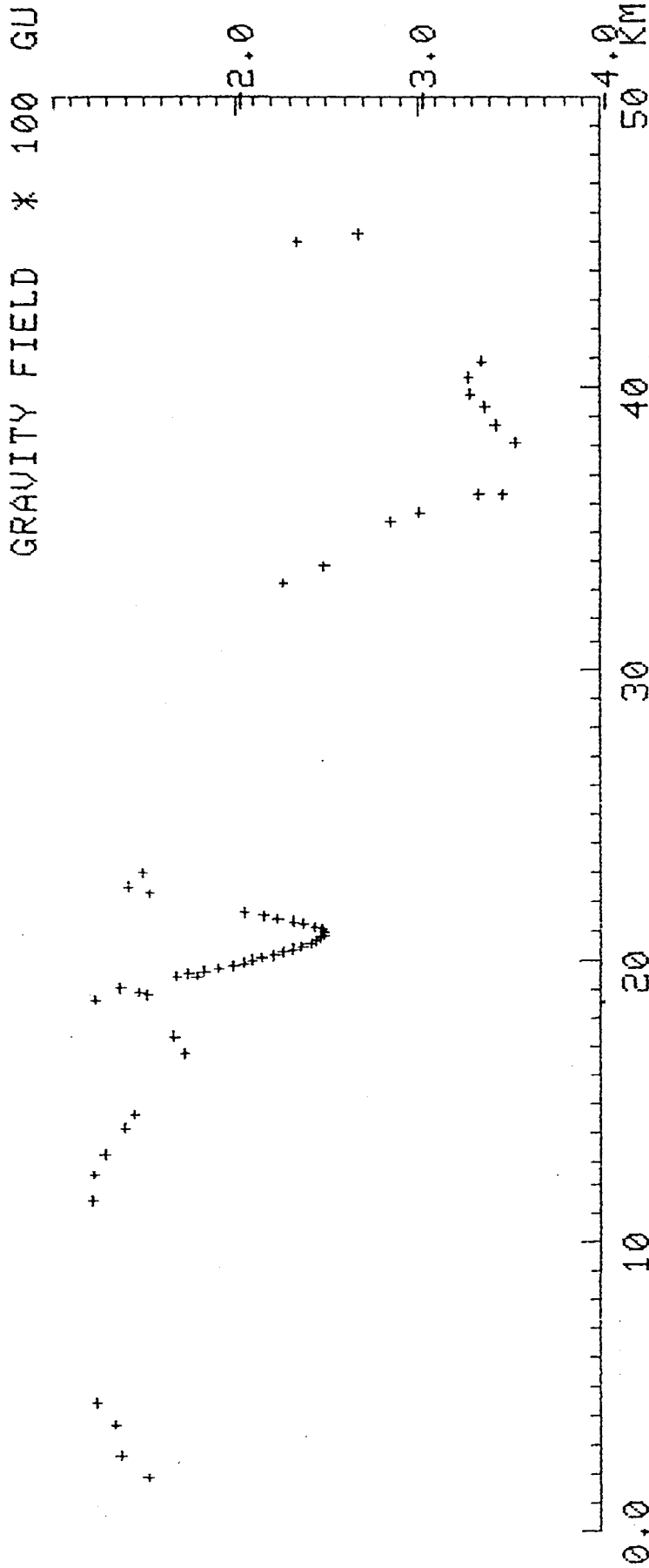
Gravimetridata innsamlet 1981.
 Observervert tyngde er beregnet i ECS62-systemet.
 Standard-tyngdensitet 2670 kg/m³ er benyttet i Bouguer- og terrengkorreksjonene.

Utplukks- nr.	Målepunktplassering i profil	Høyde (m o.h.)	Observert tyngde (mgal)	Bouguer- anomali (mgal)	Målestasjon Profil Punkt kode	Oppdrags- kode
1	1.741	238.00	982095.630	-15.315	410	720969
2	2.459	216.50	982101.850	-13.818	408	720969
3	3.520	278.50	982090.190	-13.488	408	720969
4	4.275	219.00	982103.390	-12.510	407	720969
5	11.328	123.80	982126.750	-12.245	507	720969
6	12.242	89.40	982133.500	-12.344	506	720969
7	13.169	107.00	982130.820	-12.938	505	720969
8	14.087	117.20	982128.670	-14.040	504	720969
9	15.733	100.50	982130.690	-14.552	2005	720969
10	17.325	52.80	982138.440	-17.278	2003	720969
11	18.571	55.80	982139.860	-16.702	2002	720969
12	18.788	277.30	982097.860	-12.441	2205	811863
13	18.858	85.70	982135.440	-15.277	3H	720969
14	19.009	85.70	982126.290	-14.854	4H	811863
15	19.009	131.00	982126.290	-13.798	4H	811863
16	19.406	1.00	982150.700	-16.848	100N	811863
17	19.418	3.00	982149.700	-17.854	2204	720969
18	19.499	1.00	982150.460	-17.492	200N	811863
19	19.587	1.00	982150.070	-18.382	300N	811863
20	19.687	1.00	982149.520	-19.145	400N	811863
21	19.781	1.00	982148.980	-19.878	500N	811863
22	19.876	1.00	982148.480	-20.553	600N	811863
23	20.074	1.00	982148.090	-20.998	700N	811863
24	20.142	1.00	982147.730	-21.500	800N	811863
25	20.175	1.00	982147.230	-22.183	900N	811863
26	20.273	1.00	982146.800	-22.638	1000N	811863
27	20.373	1.85	982146.340	-23.224	1100N	811863
28	20.474	1.00	982145.870	-23.675	1200N	811863
29	20.574	1.00	982145.550	-24.129	1300N	811863
30	20.674	1.00	982145.250	-24.431	1400N	811863
31	20.773	1.00	982145.160	-24.665	1500N	811863
32	20.874	1.00	982145.220	-24.844	1600N	811863
33	20.974	1.00	982145.310	-24.879	1700N	811863
34	21.077	1.00	982145.350	-24.803	1800N	811863
35	21.129	1.68	982145.760	-24.385	1850N	811863
36	21.237	1.14	982146.600	-23.719	1960N	811863
37	21.309	1.78	982147.080	-23.212	2032N	811863
38	21.409	1.75	982147.710	-22.350	2132N	811863
39	21.511	1.0	982148.570	-21.573	2232N	811863
40	21.611	20.00	982149.700	-20.539	2332N	811863
41	22.279	93.00	982135.390	-15.369	1H	811863
42	22.482	169.33	982122.240	-14.194	978G	811863
43	22.953	137.34	982127.600	-14.982	985G	811863
44	33.238	37.00	982147.490	-22.693	1309	720969
45	33.836	15.00	982149.000	-24.902	1308	720969
46	35.385	395	982123.300	-28.460	206	SJTRON
47	35.711	480	982121.600	-30.107	206	SJTRON
48	36.338	691	982118.600	-33.378	29	SJTRON
49	36.342	498.00	982117.200	-34.663	205	SJTRON
50	38.109	497.10	982117.700	-35.350	205	SJTRON
51	38.726	157	982119.300	-34.276	204	SJTRON
52	39.343	853	982120.600	-33.688	204	SJTRON
53	39.768	849	982122.100	-32.914	203	SJTRON
54	40.332	684	982124.400	-32.797	203	SJTRON
55	40.877	684	982126.800	-33.504	203	SJTRON
56	45.021	2.00	982160.450	-23.391	132	871889
57	45.278	7.66	982154.810	-26.700	3945	NG01

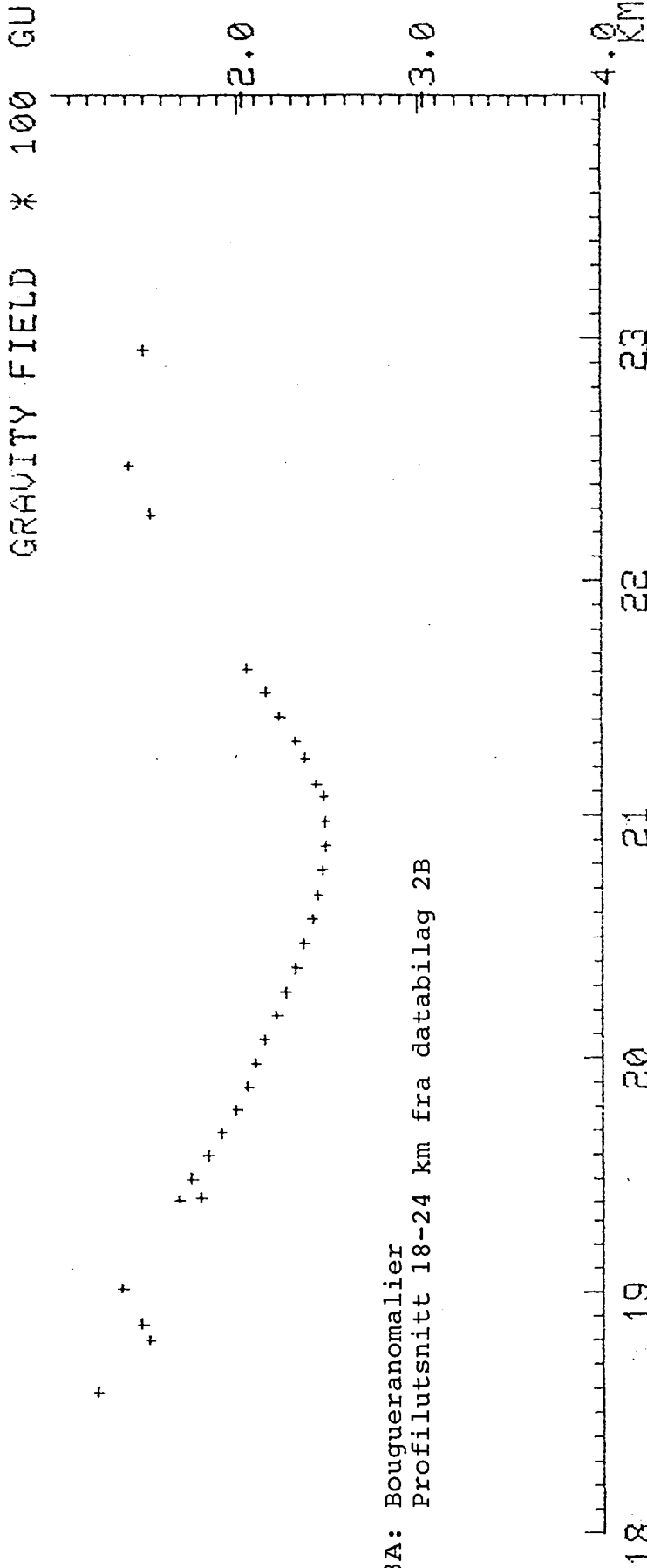
Profilutplukk fra gravimetridatabasen.

Observerte tyngde er beregnet i IGSN71-systemet.

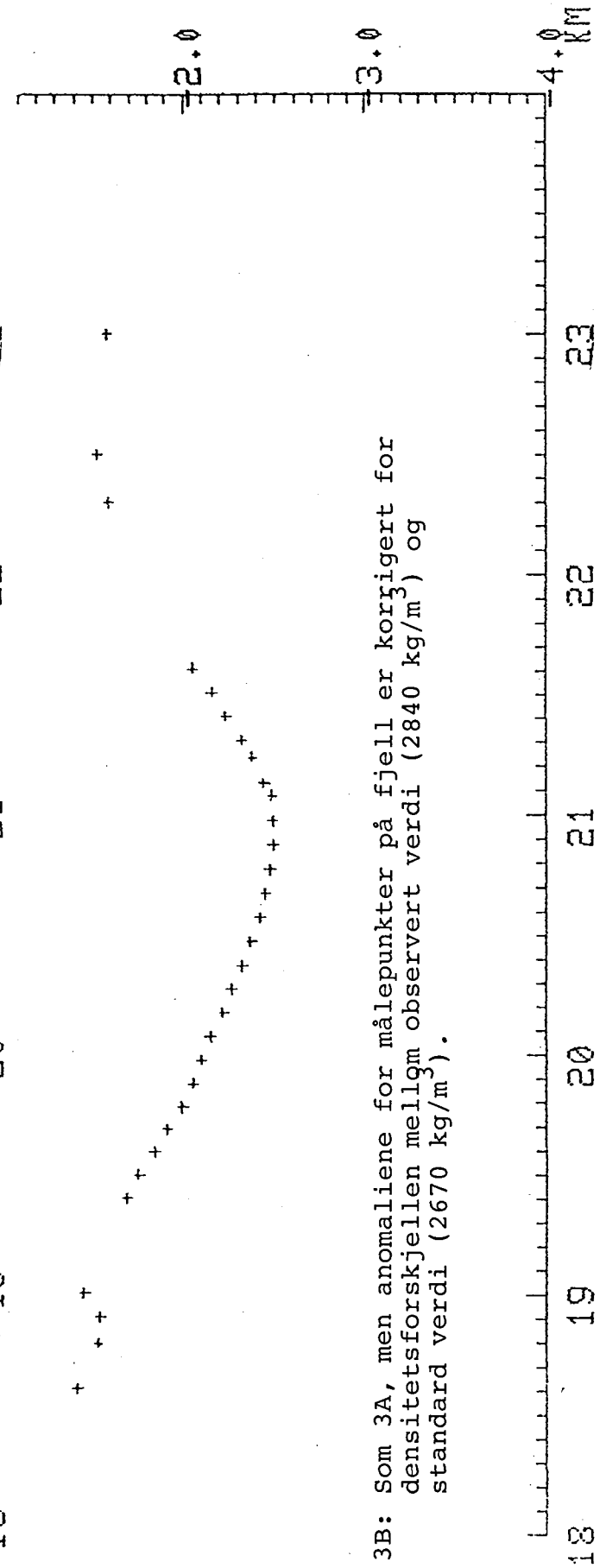
Bougueranomaliene er beregnet med ny formel for normaltyngden.



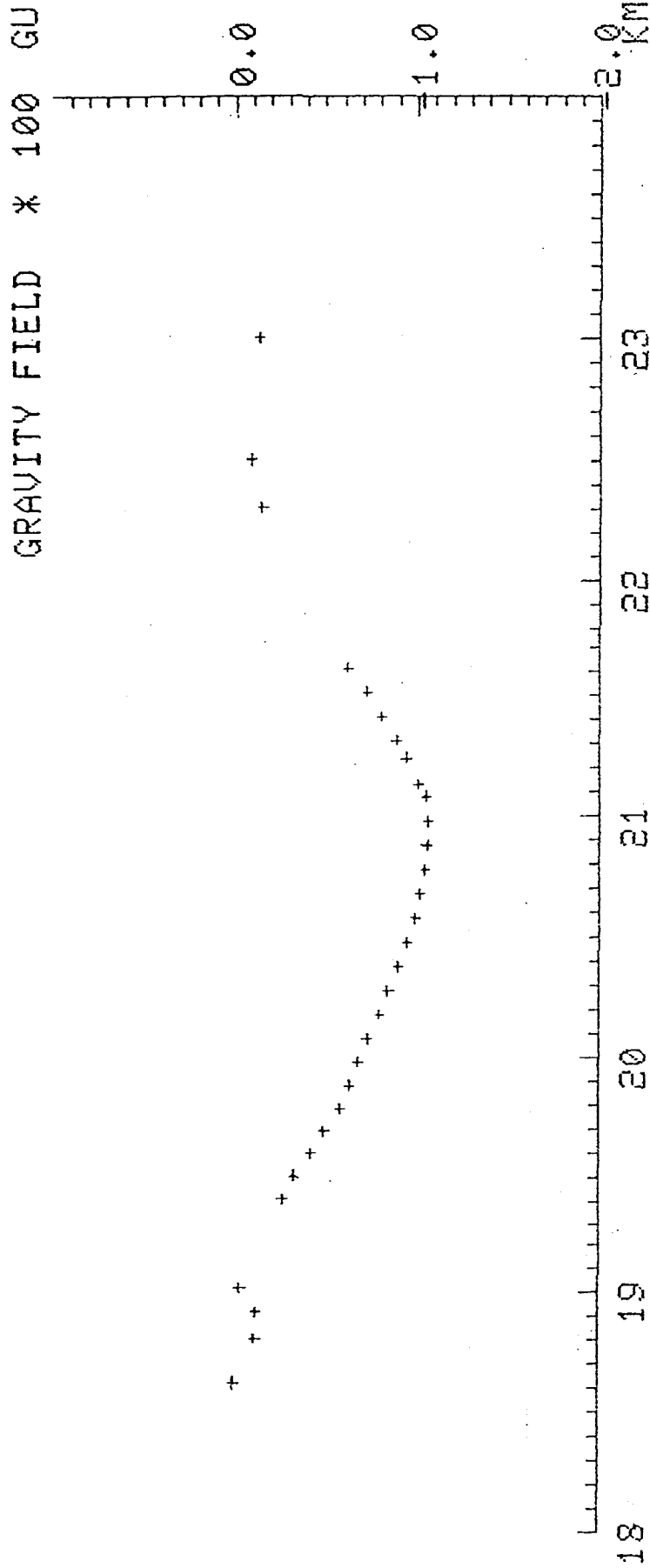
Profilutplukk fra gravimetridatabasen (Bougueranomaliene fra databilag 2A).
 Startkoordinat for profil: UTM-øst = 560000, UTM-nord = 7003000
 Sluttkoordinat for profil: UTM-øst = 562000, UTM-nord = 7057000
 SØkebredde i profil: 2 km
 100 GU (gravity units) = 10 mgal (milligal).



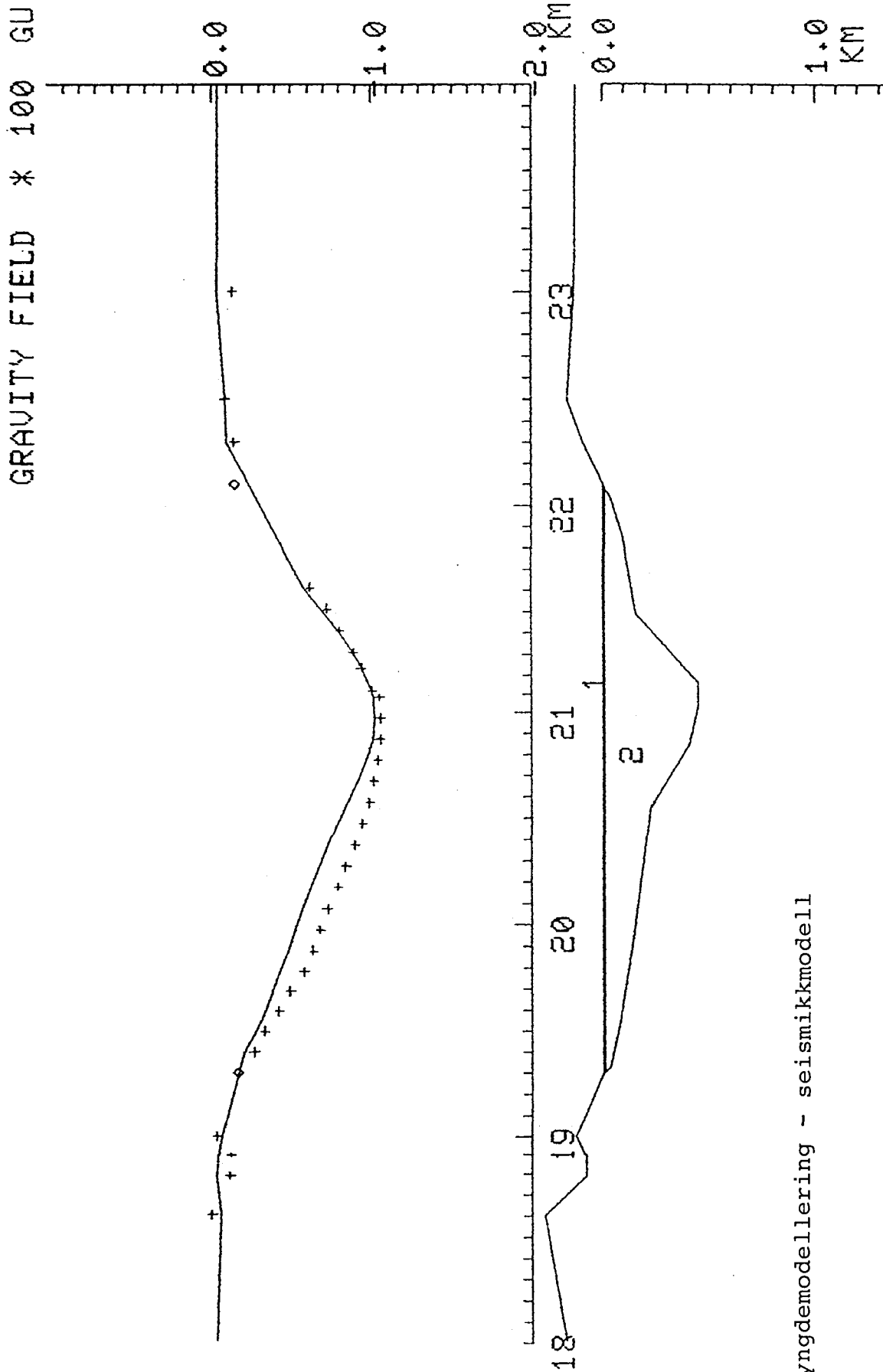
3A: Bougueranomali
 Profilutsnitt 18-24 km fra databilag 2B



3B: Som 3A, men anomaliene for målepunkter på fjell er korrigert for
 densitetsforskjellen mellom observerte verdi (2840 kg/m³) og
 standard verdi (2670 kg/m³).

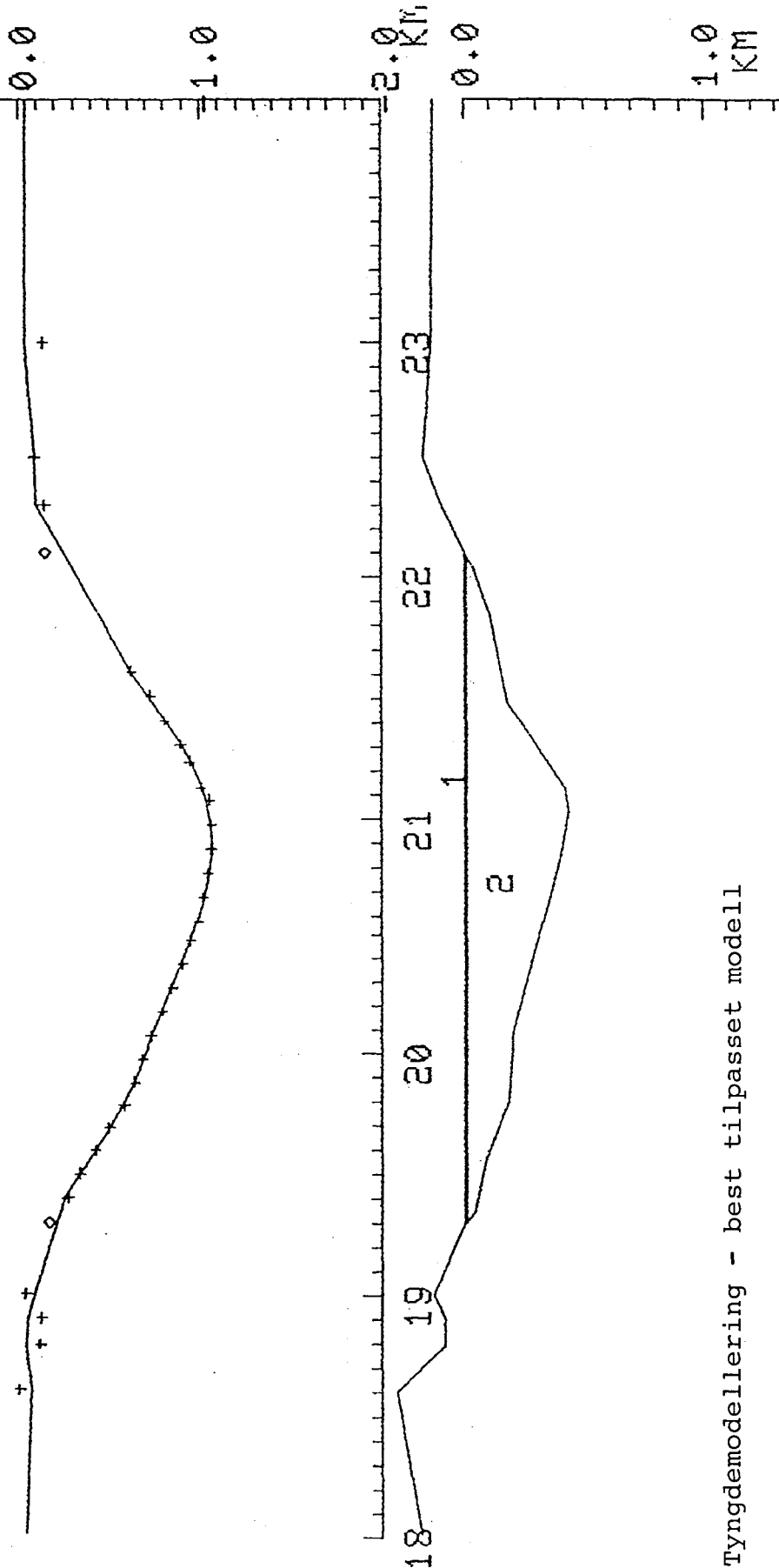


Residualanomalier
 = Bougueranomalier fra databilag 3B - regionalanomalifelt.
 Regionalanomalifeltet er regnet å variere lineært langs profilet med nivå
 -125 gu i første utplukkspunkt i databilag 2
 og -165 gu i siste utplukkspunkt i databilag 2



Tyngdemodellering - seismikkmodell

GRAVITY FIELD * 100 GU



Tyngdemodellering - best tilpasset modell

MODELLDATA

Densitetsverdier:

Løsmasser kropp 1: 1950 kg/m³
Løsmasser kropp 2: 2000 kg/m³
Berggrunn : 2840 kg/m³

Hjørnekoordinater for kroppene i tolkningsmodellene

x = Horisontalakse i tolkningsprofil. Angitt i km
z = Vertikalakse i tolkningsprofil, positiv nedover.
Angitt i m u.h. (meter under havnivå)

Kropp 1: Felles for begge tolkningsmodellene

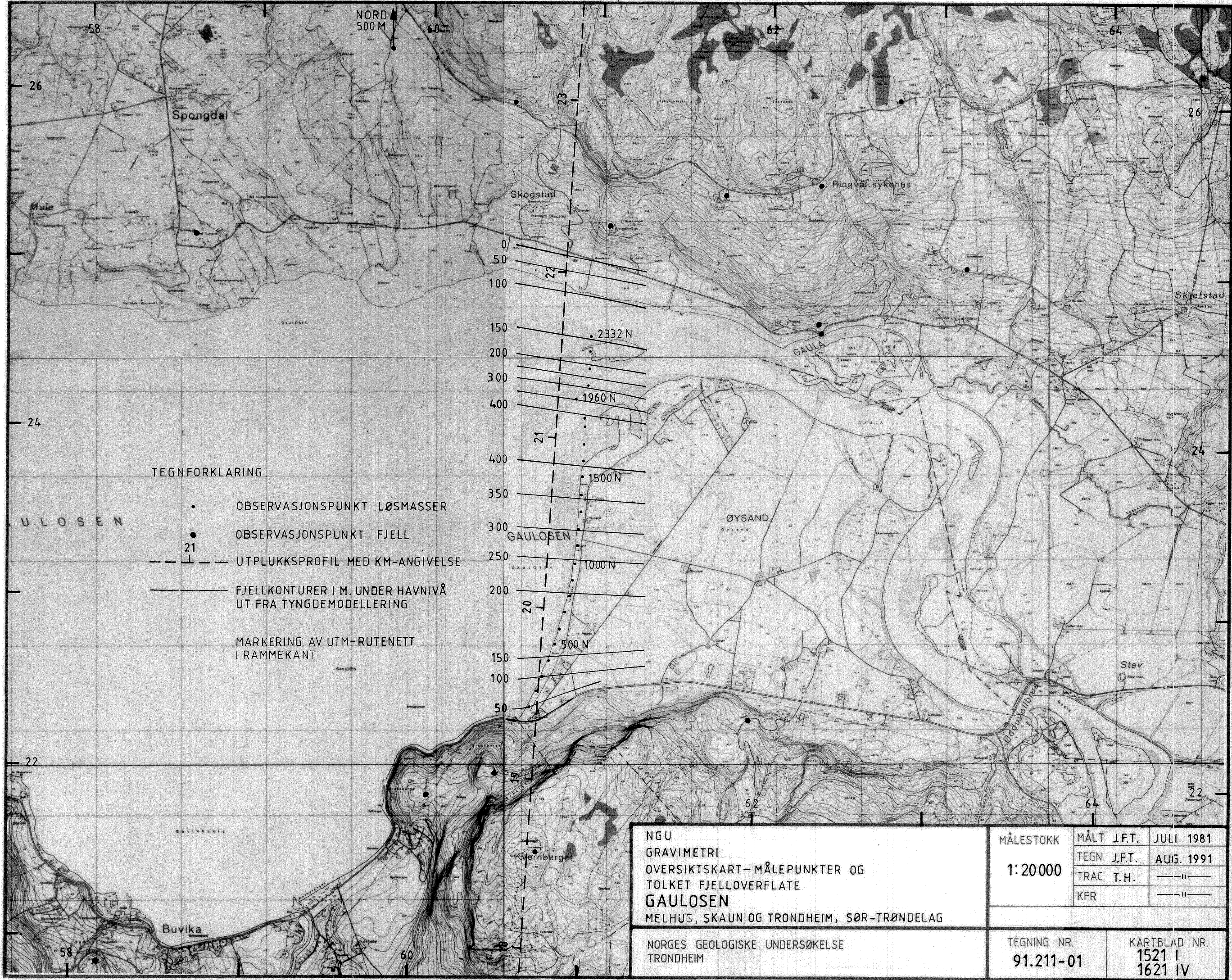
Hjørne	x	z
1	19.300	-1
2	19.305	2
3	22.080	2
4	22.100	-4
5	21.950	-3
6	21.880	0
7	21.500	0
8	21.400	-1
9	21.280	1
10	20.810	0
11	20.780	-1

Kropp 2: Seismikkmodell

Hjørne	x	z
1	19.305	2
2	19.330	30
3	19.550	80
4	19.930	135
5	20.550	220
6	20.850	400
7	21.030	440
8	21.170	435
9	21.490	150
10	21.850	90
11	22.040	30
12	22.080	2

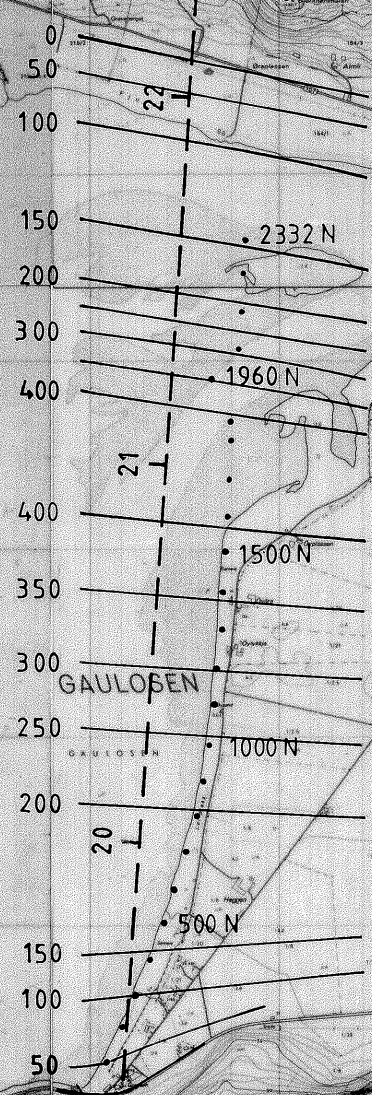
Kropp 2: Best tilpasset modell

Hjørne	x	z
1	19.305	2
2	19.350	40
3	19.550	80
4	19.800	180
5	20.100	200
6	20.550	320
7	20.850	400
8	21.030	430
9	21.130	420
10	21.490	170
11	21.850	100
12	22.040	30
13	22.080	2



TEGNFORKLARING

- OBSERVASJONSPUNKT LØSMASSER
- OBSERVASJONSPUNKT FJELL
- 21 ——— UTPLUKKSPROFIL MED KM-ANGIVELSE
- FJELLKONTURER I M. UNDER HAVNIVÅ
UT FRA TYNGDEMELLERING
- MARKERING AV UTM-RUTENETT
I RAMMEKANT

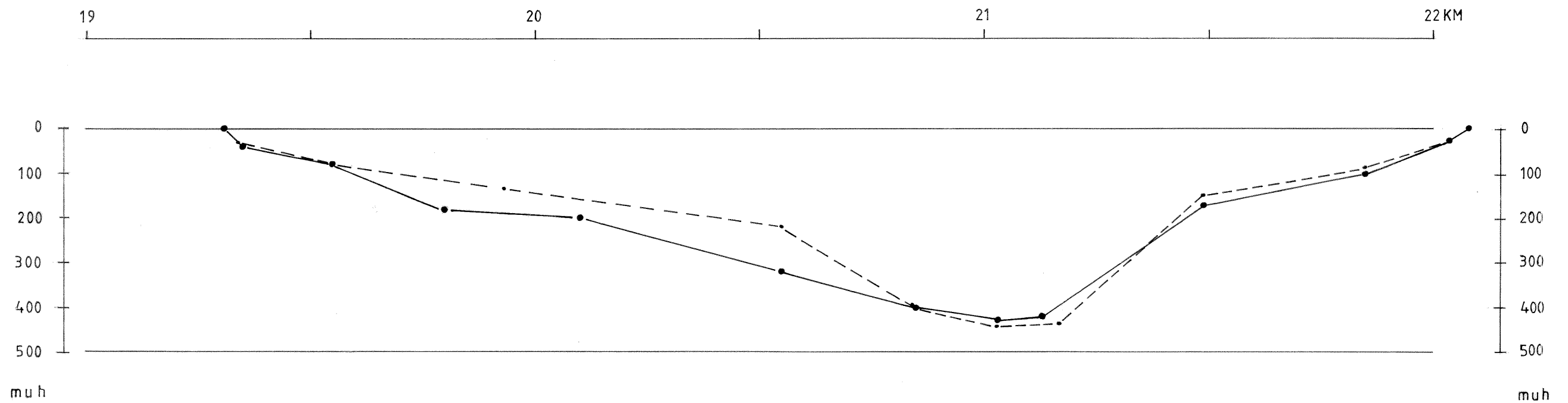


NGU
 GRAVIMETRI
 OVERSIKTSKART-MÅLEPUNKTER OG
 TOLKET FJELLOVERFLATE
GAULOSEN
 MELHUS, SKAUN OG TRONDHEIM, SØR-TRØNDELAG

MÅLESTOKK	MÅLT J.F.T.	JULI 1981
1:20 000	TEGN J.F.T.	AUG. 1991
	TRAC T.H.	— —
	KFR	— —

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR.	KARTBLAD NR.
91.211-01	1521 I 1621 IV



TEGNFORKLARING

- - - - - • MODELL AV SEISMIKKTOLKNING
- ——— • MODELL MED BEST TILPASNING

NGU GRAVIMETRI TYNGDEMODELLERING – FJELLOVERFLATE GAULOSEN MELHUS, SKAUN OG TRONDHEIM, SØR-TRØNDELAG	MÅLESTOKK	MÅLT J.F.T.	JULI 1981
	1:10 000	TEGN J.F.T.	AUG. 1991
		TRAC T.H.	— " —
		KFR	— " —
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 91.211-02	KARTBLAD NR. 1521 I 1621 IV	