

Rapport nr. 85.219

Gravimetrisk Bougueranomali-kart,  
Finnmark, M 1:500 000



# Norges geologiske undersøkelse

Leiv Eirikssons vei 39, Postboks 3006, 7001 Trondheim - Tlf. (07) 92 16 11  
Oslokontor, Drammensveien 230, Oslo 2 - Tlf. (02) 55 31 65

Rapport nr. 85.219	ISSN 0800-3416	Åpen/Forfattetil	
Tittel: Gravimetrisk Bougeranomalikart, Finnmark, M 1:500 000			
Forfatter: Jomar Gellein		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Finnmark og Troms		Kommune: Alle i Finnmark	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Hammerfest, Nordreisa, Enontekiø, Nordkapp, Honningsvåg, Karasjok, Inari, Vadsø, Kirkenes		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) Tilsammen 121 kartblad	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 11	Pris: kr. 500,-
		Kartbilag: 1	
Feltarbeid utført: 1980-85	Rapportdato: 18.12.1985	Prosjektnr.: 1886.42	Prosjektleder: Atle Sindre
Sammendrag: <p>Rapporten presenterer ett gravimetrisk Bougeranomalikart i farger over Finnmark i målestokk 1:500 000. Kartet er framstilt ved hjelp av Applicon rasterplotter, og det er basert på observasjoner utført til og med 1985 av Norges geografiske oppmåling, Norges geologiske undersøkelse, Lønne og Sellevoll, Brooks og Chroston, et samarbeidsprosjekt mellom Norges geografiske oppmåling, Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd og U.S. Defence Mapping Agency.</p> <p>Anomaliverdiene er gitt i IGSN 71 systemet, tyngdeformel 1980.</p> <p>NGU er i gang med å øke måletettheten, og kartet vil bli oppdatert etter hvert som materialet øker.</p>			
Emneord	Geofysikk	Bakkemåling	
	Gravimetri	Kartlegging	

Fagrapport

Hydrogeologiske rapporter kan lånes eller kjøpes fra Oslokontoret, mens de øvrige rapportene kan lånes eller kjøpes fra NGU, Trondheim.

INNHOOLD

	<u>Side</u>
INNLEDNING	4
GRUNNLAGSMATERIALE	4
KARTFRAMSTILLING	6
REFERANSER	8

BILAG Kort beskrivelse av gravimetri

Bouguer gravity anomaly map, Finnmark. M 1:500 000

## INNLEDNING

Norges geologiske undersøkelse har på grunnlag av egne og andres tyngdeobservasjoner i Finnmark og den østlige delen av Troms framstilt to gravimetriske Bougueranomali-kart i farger.

Kartene gir en meget god oversikt over variasjonene i tyngdefeltet og derved verdifulle opplysninger om store geologiske strukturer.

Geofysisk avdeling ved NGU arbeider med å øke punkttettheten, og kartene vil bli oppdatert etter hvert som materialet øker.

Denne rapporten omfatter målingene i store deler av Finnmark.

Deler av materialet er tidligere framstilt i kartform, Norges geografiske oppmåling (1979), Sindre, Olesen & Gellein (1984) og Olesen, Sindre & Gellein (1984).

Gravimetriske data fra den vestlige delen av Finnmarksvidda er tolket av Olesen & Solli (1985).

## GRUNNLAGSMATERIALE

Norges geografiske oppmåling (1979) har gitt ut gravimetriske Bougueranomali-kart i målestokk 1:250 000 for store deler av landet inkludert Finnmark. Kartene er basert på en måletetthet av 1 punkt pr. 100 km<sup>2</sup>. Målingene ble gjort på trigonometriske- og andre punkt med nøyaktig bestemt høyde.

NGU har så i årene 1980-85 utført gravimetri i Finnmark og Troms og fortettet målenettet betydelig. Ved mange av målingene er det brukt helikoptertransport i samarbeid med Nordkalottprosjektets

geokjemikere. Det er målt langs veier i hele området og dessuten med snøscooter langs profiler og målinger spredt jevnest mulig utover området. I noen spesielt interessante områder har en målt tettere.

Målepunktene er lagt slik at en har kunnet finne høyden ut fra topografiske kart. Noen få profil er nivellert. Korreksjonsarbeidet er gjort etter Mathisens (1976) metode.

For å få fortsettelsen av anomalidragene nordover har en tatt med Sjøgravimetriske målinger utført i 1970-81 som et samarbeid mellom Norges geografiske oppmåling, Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråds Kontinentalsokkelkontor og U.S. Defence Mapping Agency, Topographic Centre.

Videre har en tatt med tilgjengelige tyngdedata samlet inn av andre forskere. Dette gjelder målinger på og ved Magerøy utført av Lønne og Sellevoll (1976), og målinger utført av Brooks og Chroston (1974).

Alle disse bidragene er lagt inn på en felles database ved NGU og brukt til framstillingen av det gravimetriske Bougueranomali-kartet. Grunnlagsmaterialet er derfor noe uensartet. Punkthøyden, som er viktig, er bestemt på ulike måter, fra de mest nøyaktige nivellerte punkt til dem som er bestemt med høydebarometer. Alle målingene på land er korrigert for topografi, men etter ulike metoder, Mathisen (1976), Hammer (1939). Målingene på sjøen er korrigert for vanddyppet.

Instrumentene som er benyttet til målingene er Worden- og Lacoste & Romberg gravimetre.

I korreksjonsarbeidet er benyttet egenvekten 2,67. Bougueranomali-verdiene er beregnet i IGSN 71 systemet, tyngdeformel 1980.

En regner med at usikkerheten i Bougueranomali-verdi er maksimalt +2 mGal, og at den for det meste av datamaterialet holder seg innenfor +1 mGal.

Antall målepunkt:

	Prosjektnr.	År	Antall
NGU	1817	1980	81
"	1817	81	437
"	1817	82	225
"	1930	82	139
"	1817	83	346
"	1886	83	47
"	1930	83	136
"	2110	83	180
"	1886	84	598
"	1930	84	439
"	1886	85	729
NGO			1247
NTNF, USDMA (Sjøgravimetri)			690
Lønne og Sellevoll			78
Brooks og Chroston			<u>324</u>
Sum			<u>5696</u>

Gjennomsnittlig måletetthet på 1 punkt pr. 13 km<sup>2</sup>.

Datainnsamling, bearbeidelse og kartframstilling ved NGU er utført av: E. Dalsegg, J. Gellein, O. Olesen, A. Sindre og J.F. Tønnesen.

#### KARTFRAMSTILLING

Ved kartframstillingen har en benyttet UNIRAS raster software system (European Software Contractors 1982). Selve kartuttegningen er utført med Applicon fargerasterplotter.

Prosesseringen er foretatt på NGUs dataanlegg (HP3000 III).

Ut fra Bouguer-anomaliverdiene er det beregnet verdier i et gridnett med celledørrelse 1x1 km for hele kartet. Disse er så konturert ved bruk av UNIRAS-rutinen GCONR2.

Til grid-beregningene har en benyttet UNIRAS-rutinen GINTP1 en rekke ganger for overlappende delområder. Det er brukt en interpolasjonsradius på 12 km. Rutinen GINTP1 benytter lineær og kvadratisk interpolasjon i tillegg til veid middel. Dersom en gridcelle inneholder flere datapunkter, benyttes middelveiden. For øvrig beholdes de opprinnelige dataverdier, dvs. praktisk talt ingen glatting er foretatt. Koteintervall for kartet er 2 mGal.

Målepunktene er angitt på kartet.

Trondheim, 18. desember 1985  
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
Geofysisk avdeling

*Jomar Gellein*  
Jomar Gellein  
tekniker

REFERANSER

- Brooks, M. & Chroston, P.N. 1974: Gravity Survey Data from North Troms and West Finnmark. *Nor. geol. unders.* 311, 1-16.
- Hammer, S. 1939: Terrain corrections for gravimeter stations. *Geophysics.* 4, 184-194.
- Lønne, W. & Sellevoll, M.A. 1975: A Reconnaissance Gravity Survey of Magerøy, Finnmark, Northern Norway. NGU nr. 319.
- Mathisen, O. 1976: A Method for Bouguer Reduction with Rapid Calculation of Terrain Corrections. *Norges geografiske oppmåling, Geodetiske arbeider, hefte 18.*
- Norges geografiske oppmåling 1979: Tyngdeanomalikart, terrengkorrigerede Bougueranomaliar, M 1:250 000.
- Forskningsrådets Kontinentalsokkelkontor, U.S. Defence Mapping Agency, Topographic Centre 1970-71: Sjøgravimetrisk målinger utenfor Norskekysten, upubl.
- Olesen, O., Sindre, A. & Gellein, J. 1984: Gravimetrisk Bougueranomaliakart Vest-Finnmark, M 1:500 000. NGU rapport nr. 84.170, 11 s.
- Olesen, O. & Solli, A. 1985: Geophysical and geological interpretation of regional structures within the Precambrian Kautokeino Greenstone Belt, Finnmark, North Norway. *Nor. geol. unders.* 403, in press.
- Sindre, A., Olesen, O. & Gellein, J. 1984: Gravimetrisk Bougueranomaliakart Nord-Finnmark, M 1:500 000. NGU rapport nr. 84.169, 11 s.
- UNIRAS GEOPAK manual 1982: European software Contractors Aps, Gentofte, Danmark.



BILAG

KORT BESKRIVELSE AV GRAVIMETRI av Atle Sindre

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,  $K=G \frac{M m}{R^2}$ , 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 tetthet 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 innviklede 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 "termosflasker". De nyeste instrumentene har dessuten batteri og termostat for å oppnå konstant temperatur.

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

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 ved nøyaktige detaljmålinger 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 massemittpunkt 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 malmløforekomster 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 (tetthetsfordelinger) nede i grunnen.

En tyngdeanomali kan skyldes et uendelig antall kombinasjoner av tetthetskontrast og dimensjon på den kroppen en har nede i grunnen. Men som regel vet en hva slags tettheter 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 anomalikurver over en modell på få sekunder. På den måten kan et stort antall modeller bli prøvd på kort tid.

# FINNMARK FYLKE TYNGDE- ANOMALIKART

Målestokk 1:500.000



## Terrengekorrigerte Bougueranomalier

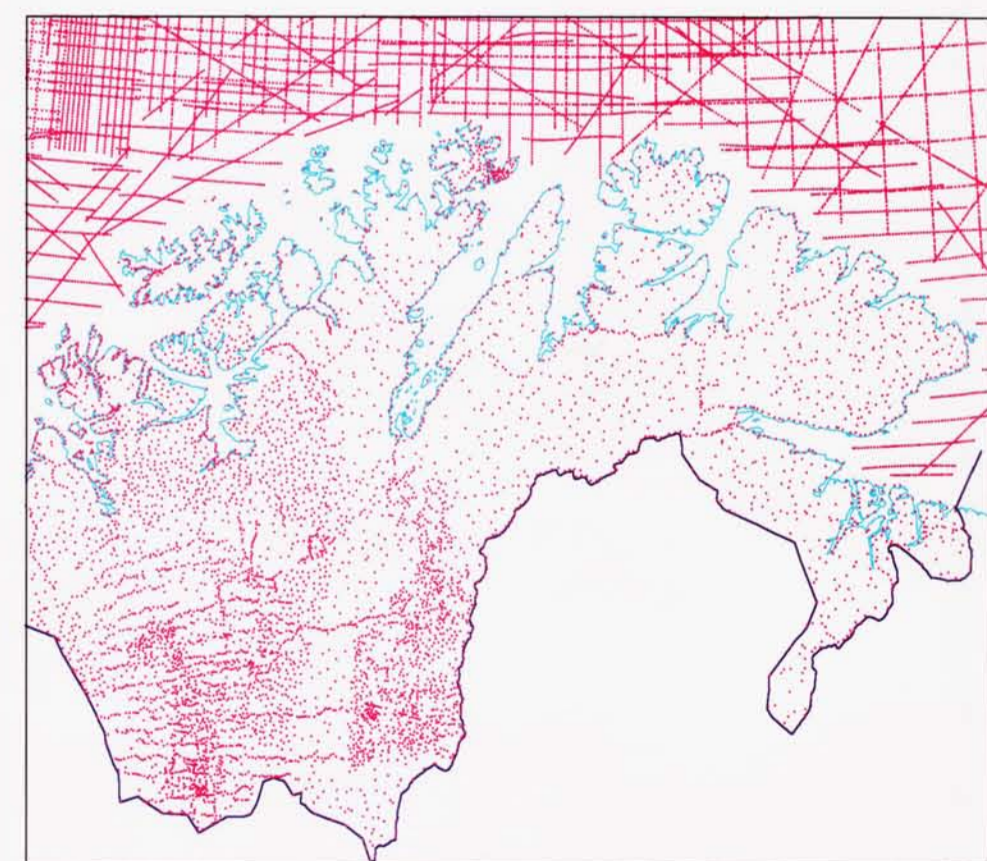
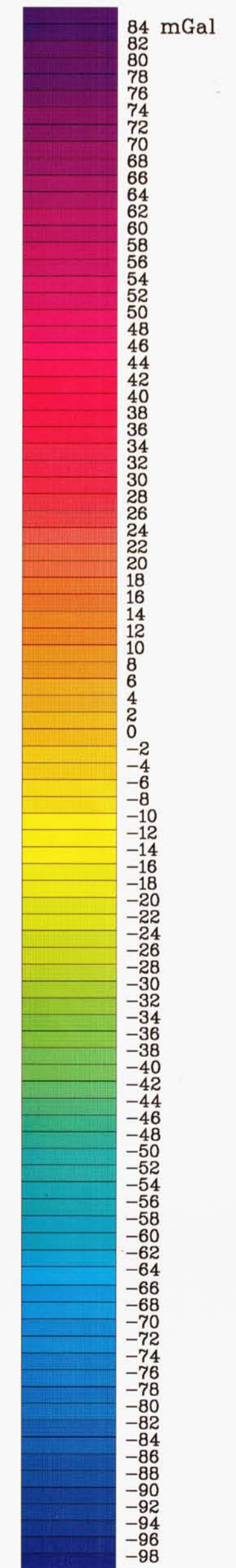
Tyngdedata er innsamlet av Norges geologiske undersøkelse, Statens kartverk, Ojedirektoratet og norske og utenlandske universiteter. På land er tyngdemålinger utført på bakken ved bruk av helikopter-, snøscooter- og biltransport. Til sjøs er målinger utført av Statens kartverk og Ojedirektoratet fra skip i tilknytning til handelsvis geodetiske og sesimiske undersøkelser. Sjømålingene er retusjert av Amaroq a.s. Databasen består av Bouguerverdier beregnet på grunnlag av observert tyngde. Observasjonene på land er terrengekorrigerte. En berøringsflate på 2670 kg/m<sup>3</sup> er brukt i beregningen av Bouguer- og terrengekorrigerede. Det globale referansesystemet I.G.S.N. 71 (The International Gravity Standardization Net 1971) og tyngdeformelen av 1980 for normal tyngde er brukt for bestemmelse av Bouguerverdiene.

Den ujevne fordelingen av målepunkter er kompensert ved å ta punkter med en minimum avstand på 1000 m fra det originale datasettet på 28.000 punkter. Dette reduserte datasettet på 13.500 punkter er interpolert til et regulært nett bestående av 1 km x 1 km ruter ved hjelp av en metode basert på minimalisering av flatekurvatur.

Tyngdekraften varierer fra sted til sted avhengig av tettheten av massen under og omkring målepunktet. Tyngde bergrarter gir økt tyngdekraft. Tyngdemålingene gjenspeiler derfor bergartenes sammensetning av tunge/lette mineraler og viser disse bergartenes utbredelse på overflaten og mot dypt. Økningen i tyngdefeltet langs kysten i Finnmark skyldes i hovedsak en tynning av jordskorpa ut mot kontinentalsokkelen. Den 7-8 km tykke Seilandsprovisjonen som hovedsakelig består av tunge størkningsbergarter, forårsaker en stor økning i tyngdefeltet på Sorøya. En reduksjon av tyngdefeltet i Loppavet ca. 30 km nordvest for Sorøya skyldes lette sedimenter avsatt i et basseng. Tyngdekartet avspeiler også utstrekningen mot dypt av grunnsteinbeltene i grunnfjellet. Tolkninger viser at Bidjovagge pullkobberforekomst ligger i et område hvor tykkelsen av de sammenføyde vulkaniske og sedimentære bergartene innenfor Kautokino-grønnsteinbeltet er spesielt stor, 5-6 km.

En langbølget negativ og en positiv tyngdeanomalier langs Karasjok-grønnsteinbeltet og Levajok-granulittkomplekset fortsetter gjennom Finland og inn på Kolahalvøya. Slike karakteristiske par av anomalier er vist i fallet sammen med prekambriske kontinent-kontinent kollisjoner i Canada, Afrika, Australia og India. Dette anomalimønstret representerer grensen mellom kontinentale blokker med forskjellig tykkelse og tetthet. Tilstedeværelsen av tilsvarende anomalier i Finnmark styrker den geologiske tolkningen at Karasjok-grønnsteinbeltet og Levajok-granulittkomplekset er blitt deformert i en karelsk kontinent-kontinent kollisjon.

Referanse til kartet: Olesen, O., Gulltun, J., Kihle, O. og Sindre, A. - 1993: FINNMARK FYLKE, tyngdeanomalikart, M. 1:500.000. Norges geologiske undersøkelse, Trondheim.



KART OVER TYNGDESTASJONER

### Litteratur

Brooks, M. 1970: A gravity survey of coastal areas of West Finnmark, Northern Norway. *Q. Jour. Geol. Soc. London* 125, 171-192.  
 Brooks, M. & Chroston, P. N. 1974: Gravity survey data from North Troms and West Finnmark. *Nor. geol. unders.* 311, 1-16.  
 Chroston, P. N. 1974: Geological interpretation of gravity data between Tromsø and Øksfjord (Finnmark). *Nor. geol. unders.* 312, 59-90.  
 Chroston, P. N. 1986: Gravity anomalies on Varangerhalvøya, Finnmark. *Nor. geol. unders.* Bull. 404, 43-54.  
 Eho, S., Lanne, E., Ruusio-Aho, T. & Sindre, A. 1989: Interpretation of gravity anomalies along the POLAR Profile in the northern Baltic Shield. I Freeman, R., von Knorring, M., Korhonen, H., Lund, C.-E. & Mueller, St. (red.), *The European Geotraverse, Part 5: The POLAR Profile*. Tectonophysics 162, 135-150.  
 Lonne, W. & Sellevoll, M. A. 1975: A reconnaissance gravity study of Magerøy, Finnmark, Northern Norway. *Nor. geol. unders.* 319, 1-15.  
 Midtun, R. D. 1988: Karasjok-grønnsteinbeltet. Regionalgeofysisisk tolkning. (Abstr. in English). *Nor. geol. unders.* Skriftr. 88, 19 s.  
 Olesen, O., Roberts, D., Henshel, H., Lille, O.B. & Torvik, T.H. 1990: Aeromagnetic and gravimetric interpretation of regional structural features in the Caledonides of West Finnmark and North Troms, northern Norway. *Nor. geol. unders.* Bull. 419, 1-24.  
 Olesen, O. & Silli, A. 1985: Geophysical and geological interpretation of regional structures within the Precambrian Kautokino Greenstone Belt, Finnmark, North Norway. *Nor. geol. unders.* Bull. 403, 119-129.  
 Torvik, T.H., Olesen, O., Treusch, A., Andresen, T.B., Waldterhaug, H.J. & Smørdal, M.A. 1992: Geophysical investigations of the Honningsvåg Igneous Complex, Scandinavian Caledonides: An integrated approach. *Jour. Geol. Soc. London* 149, 373-381.

Bidragstere utgitt av NGU: Mike Brooks, Peter Neil Chroston, Trond Christoffersen, Willy J. Lonne, Åge Midtun, Morten Sand, Jon Sandvik og Markvard A. Sellevoll.

Kartprosjekt: Statens kartverks kart (fig. brukstilfelle)  
 Reprograf: Norges geologiske undersøkelse  
 Trykk: Weinbergs Trykkeri A/S, Trondheim 1993

Datum: ED 50  
 Kartprojeksjon: Universal Transverse Mercator, Midtmeridian 27° E.G.