

NGU Rapport 99.025

Georadarundersøkelser i forbindelse med
undersøkelser av fjellskred i Romsdalen, Møre
og Romsdal

Rapport nr.: 99.025		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen													
Tittel: Georadarundersøkelser i forbindelse med undersøkelser av fjellskred i Romsdalen, Møre og Romsdal																
Forfatter: Harald Elvebakk og Lars H. Blikra		Oppdragsgiver: NGU														
Fylke: Møre og Romsdal		Kommune: Rauma														
Kartblad (M=1:250.000) Ålesund		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1319 I Romsdalen, 1320 II Eresfjord														
Forekomstens navn og koordinater: Se sammendrag		Sidetall: 19	Pris: 210													
Feltarbeid utført: 15.06-20.06 1998		Rapportdato: 15.03.98	Prosjektnr.: 2689.00	Ansvarlig: <i>Jens S. Rasmussen</i>												
Sammendrag: <p>Georadarmålinger har vært utført 4 steder i Romsdalen. Hensikten med målingene var å kartlegge skred- og rasmasser i forbindelse med store fjellskred.</p> <p>Skred- og rasmasser er indikert ved alle lokaliteter. Slike masser gir et kaotisk refleksjons- mønster og viser ingen lagdeling. Ved Grytten indikeres et betydelig innslag av blokker i massene. Ved Remmem ser en skredets utbredelse (front) og overgangen til upåvirkede elveavsetninger. Ved samme lokalitet ser en tektoniserte primæravsetninger med bl.a. foldninger av løsmassene. Stedvis kan det være vanskelig å skille mellom rasmasser og deformerte elveavsetninger, men ofte er det mere strukturer i elveavsetningene. Forholdsvis liten penetrasjon av EM-bølgene kan tyde på underliggende marine sedimenter. En viktig observasjon er at en tydelig ser forskjell på primære elveavsetninger og avsetninger som er deformert av ras og skred eller rene ras-/skredmasser. Målingene, sammen med kartlegging i området, viser at det har gått store fjellskred fra fjellområdet på Børa. En bør undersøke om de store sprekkene i dette fjellområdet er i bevegelse.</p> <p>Forekomstenes navn og koordinater (Sone 32V, datum WGS84)</p> <table> <tr> <td>Remmem</td> <td>441200</td> <td>6922800</td> </tr> <tr> <td>Myrabø</td> <td>439100</td> <td>6926300</td> </tr> <tr> <td>Lyngjemsgjerdet</td> <td>438300</td> <td>6926300</td> </tr> <tr> <td>Grytten</td> <td>436500</td> <td>6932500</td> </tr> </table>					Remmem	441200	6922800	Myrabø	439100	6926300	Lyngjemsgjerdet	438300	6926300	Grytten	436500	6932500
Remmem	441200	6922800														
Myrabø	439100	6926300														
Lyngjemsgjerdet	438300	6926300														
Grytten	436500	6932500														
Emneord: Geofysikk		Kvartærgeologi		Georadar												
Skredavsetninger																
				Fagrapport												

INNHold

1. INNLEDNING	4
2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE	4
3. RESULTATER	5
3.1 Remmem	5
3.2 Myrabø	7
3.3 Lyngjemsgjerdet.....	9
3.4 Grytten.....	10
4. KONKLUSJON	11
5. REFERANSER	12

TEKSTBILAG

Tekstbilag 1 : Georadar, metodebeskrivelse

Tekstbilag 2 : Skjema for tolkning av refleksjonsmønstre ved georadaropptak

FIGURER

Figur 1 : Tolkning profil 1, Remmem

Figur 2 : Utbredelse av fjellskred i området fra Remmen til Lyngjem

Figur 3 : Ustabil fjellområde med store sprekker/forkastninger ved Børa i Romsdalen

Figur 4 : Fjellskred i nedre deler av Romsdalen

DATABILAG

Databilag 1 : CMP-måling P1-40, Remmem

Databilag 2 : CMP-måling P2-15, Remmem

Databilag 3 : CMP-måling P1-195, Myrabø

Databilag 4 : CMP-måling P2-235, Myrabø

Databilag 5 : CMP-måling P3-212, Lyngjemsgjerdet

Databilag 6 : CMP-måling P4-10, Lyngjemsgjerdet

Databilag 7 : CMP-måling P1-55, Grytten

Databilag 8 : CMP-måling P2-160, Grytten

KARTBILAG

99.025-01 Oversiktskart, undersøkte områder, M 1:50 000

99.025-02 Detaljkart M 1:5000, georadarprofil P1 og P2, Remmem

99.025-03 Detaljkart M 1:5000, georadarprofil P1, Myrabø

99.025-04 Detaljkart M 1:5000, georadarprofil P2, Myrabø

99.025-05 Detaljkart M 1:5000, georadarprofil P3 og P4, Lyngjemsgjerdet

99.025-06 Detaljkart M 1:5000, georadarprofil P1 og P2, Grytten

1. INNLEDNING

Det er gjort georadarundersøkelser ved 4 lokaliteter i Romsdalen, Møre og Romsdal. Områdene som ble undersøkt var Remmem, Myrabø, Lyngjemsgjerdet og Grytten, se kartbilag -01. Hensikten med målingene var å kartlegge strukturer i løsmassene og avsetningstyper i forbindelse med mulige fjellskred.

Målingene ble utført i tiden 15.06-20.06.98 av Harald Elvebakk og Bjørn Iversen.

2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av løsmassenes lagdeling og strukturer, samt grunnvannsnivåets beliggenhet. En mer detaljert beskrivelse er vedlagt i tekstbilag 1.

Målingene ble utført med georadar av typen pulseEKKO 100 (Sensors & Software Inc., Canada). Det ble brukt 100 MHz-antenner og senderspenningen var 1000V. Ved målingene ble det benyttet en antenneavstand på 1 m og flyttavstand 0.25 m. Målingene ble utført med vogn påmontert målehjul hvor målingene ble utført automatisk på innstilt målepunktavstand. I flatt terreng gir dette en sikker avstand mellom hvert målepunkt. Profilene ble merket med stikker for hver 25 m. Kommentarer under opptakene kan bidra til at en lettere kan plassere posisjoner riktig i forhold til kartet. Ved beskrivelsen av opptakene refereres det til posisjoner angitt over opptakene. Samplingsintervall var 0.8 ns og det ble foretatt 8 summerte registreringer (stacks) i hvert punkt. Opptakstid var 700 - 1000 ns. Det ble målt 8 profiler på til sammen 2.4 km.

Alle profilene ble nivellert og terrengkorleksjon er utført på grunnlag av dette. Ved utskrift av opptakene er det benyttet 5-punkts gjennomsnitts langs traser for å redusere høyfrekvent støy. I tillegg er det på to profiler (Remmem) brukt medianfiltrering for å redusere høyfrekvent støy fra en mobiltelefonsender som sto like i nærheten av måleområdet. Det ble benyttet SEC forsterkning på alle profilene (Spreading and Exponential Compensation).

Det ble gjort CMP-måling (hastighetsanalyse) (databilag 1 – 8) på hvert profil for å finne den gjennomsnittlige EM-bølgehastigheten i løsmassene. De beregnede hastighetene er benyttet ved dybdekonvertering og varierer fra 0.06 – 0.11 m/ns alt etter vannmetning. Vannmettede masser har lavest hastighet.

3. RESULTATER

Tolkning av geologiske hendelser som kan observeres på georadaropptakene er gjort i samarbeid med forsker Lars H. Blikra. Kartbilag –02 til –06 viser georadaropptak og plassering av profiler. Tabell 1 viser en oversikt over de profiler som ble målt.

Tabell 1. Oversikt over profilenes plassering, lengde og opptakstid

Profil	Sted	Lengde (m)	Opptakstid (ns)	Kartbilagsnr.
P1	Remmem	355	700	-02
P2	Remmem	262.5	700	-02
P1	Myrabø	422.5	1000	-03
P2	Myrabø	375	700	-04
P3	Lyngjemsgjerdet	370	1000	-05
P4	Lyngjemsgjerdet	200	1000	-05
P1	Grytten	199	1000	-06
P2	Grytten	235	1000	-06

Ved tolkning av georadaropptak beskriver en ofte hva slags refleksjonsmønster opptaket viser. Refleksjonsmønsteret kan avspeile bestemte avsetningstyper som f.eks lagdelt sand og grus (horisontalt, skrått), morene, rasmasser (kaotisk), diffraksjoner (blokker). Som en veiledning til beskrivelse av refleksjonsmønstre kan en benytte et skjema (etter Beres & Haeni, 1991) som er vist i tekstbilag 2. Dette skjemaet gir ikke noe absolutt svar, og mye av tolkningen baserer seg på erfaring fra målinger med påfølgende boringer. Georadarundersøkelser kan gi informasjon om løsmassenes beskaffenhet (grovkornig/finkornig), grunnvannsspeilets beliggenhet, lagtykkelse og dyp til fjell. Hvis grunnvannsspeilet ligger svært grunt (0 – 1 m) kan det være vanskelig å se det på opptakene da refleksjonene fra grunnvannsspeilet faller sammen i tid med de direkte bølgene mellom sender og mottaker (i bakken og i luft). Penetrasjonen (dybderekkevidden) av EM-bølgene er avhengig av den elektriske ledningsevnen i undergrunnen. Reflektiviteten, antall refleksjoner som observeres, er avhengig av variasjoner i vanninnholdet som igjen er avhengig av kornstørrelse og massenes sammensetning. Strukturer i løsmassene kan også observeres så som f.eks ras, utglidninger som vil forandre de primære avsetningsmønstre. Nedenfor blir hver enkelt profil beskrevet, hvilke masser som indikeres, tykkelsen av disse, dyp til grunnvannsspeil og strukturer som kan skyldes skred.

3.1 Remmem

To profiler ble målt ved Remmem (se kartbilag –02). Lokaliteten ligger på sørsiden av Rauma. P1 går fra elvekanten mot sør like ved Remmem gård. Deler av profilet går over

dyrket mark i flatt terreng. P2 går fra elvekanten ca 600 m lenger vest med retning sørøstover. Her er terrenget mer småkupert. Store deler av måleområdet er beiteland. Flere store blokker ble observert i området på overflaten.

Profil 1

Georadaropptak og profilplassering er vist i kartbilag –02. CMP-måling ved posisjon 40 (databilag 1) viser en hastighet på 0.08 m/ns. Med en penetrasjon på ca 10 m tyder dette på høyt grunnvannsspeil. Det er imidlertid vanskelig å se grunnvannsspeilet på opptaket. Penetrasjonen er ca 10 m men stedvis bare 3 – 4 m. Dette kan skyldes dyrket mark (gjødsling) hvor forhøyet elektrisk ledningsevne vil dempe EM-bølgene.

Området har vært utsatt for fjellskred som har kommet fra de bratte fjellssidene sørsørvest for profilet (Figur 2). Fra posisjon 120 – 355 er refleksjonsmønsteret kaotisk. Dette er tolket til å være skredmateriale. Skredmassene kiler ut mot nord ved posisjon 75, se fig. 1 som viser et utsnitt av P1 med tolkningsforslag. Grensen mellom skredmassene og de primære avsetningene sees som en reflektor fra posisjon 115 (61 moh.) – 75 (67 moh.). Fronten på skredmassene avspeiler seg også som en haug i terrenget. Under og nord for denne reflektoren bærer opptaket preg av å indikere primære avsetninger, lagdelte elveavsetninger. Området nærmest skredfronten er trolig tektoniserte elveavsetninger.

Mellom posisjon 110 og 130 og mellom 141 og 151 ser en to groper (bassenger) i skredmassene hvor det senere trolig er dannet myr. Dette ble også delvis observert under målingene. Under skredmassene/elveavsetningene ligger dalbunnssedimenter, trolig marine sedimenter. Dette kan forklare at penetrasjonen opphører på ca 10 m dyp. Figur 2 viser en oversikt over kartlagte fjellskred i området fra Remmem til Lyngjem. Figur 3 viser et bilde fra ustabil fjellområde med store sprekker ved Børa i Romsdalen. Dette fjellområdet er kildeområde for mange av fjellskredene som gått i dalen.

Profil 2

Georadaropptaket er vist i kartbilag –02. Opptaket er preget av til dels kraftig støy fra en mobiltelefonssender like ved profilet. Noe av støyen er fjernet ved filtrering (medianfilter). CMP-måling ved posisjon 15, databilag 2, viser en bølgehastighet på 0.11 m/ns ned til ca 200ns. Dette tyder på at en stor del av de indikerte massene ligger over grunnvannsspeilet da tørr sand/grus har en bølgehastighet på 0.12 – 0.14 m/ns. På dette profilet indikeres grunnvannsspeilet tydelig på nivå 59 moh. (5 - 6 m dyp) fra posisjon 0 –90. Dette stemmer bra med terrenget da det var en bratt skrent på 5 – 6 m ned til elva.

Et tydelig skille i refleksjonsmønster observeres mellom posisjon 35 og 65. Fra posisjon 0 til ca 35 indikeres lagdelte grus/sandavsetninger, trolig primære elveavsetninger. Fra posisjon 50 til 262 er refleksjonsmønsteret haug/kaotisk. Lagpakken med det kaotiske mønsteret ser ut

til å kile ut fra posisjon 70 til 35/40 hvor det også opptrer en haug i terrenget. Det kaotiske mønsteret kan enten avspeile skredmasser eller tektoniserte primæravsetninger (elveavsetninger). Det siste er trolig mest sannsynlig da en observerer utholdende reflektorer på flere nivåer. En delvis sammenhengende reflektor kan følges fra posisjon 0, (56 moh.) og inn i det kaotiske området til posisjon 90, (55 moh.). Den samme (?) reflektoren kan følges videre fra posisjon 125 og mer eller mindre sammenhengende ut profilet. Dette styrker teorien om tektoniserte primæravsetninger. Fra posisjon 180 til 262 observeres foldinger i løsmassene. Disse foldestrukturene følger delvis terrengoverflaten og er trolig forårsaket av de enorme kreftene ved fjellskred i bakkant. Observerte fine marine avsetninger i en bekk 100 – 150 m sør for P2 viste tydelige tegn på sekundære strukturer (tektonisering).

En meget tydelig reflektor fra posisjon 255 (60 moh.) kan følges til ca posisjon 190 (65 moh.). Massene over denne reflektoren kan være skredmasser som kiler ut ved posisjon 190. Massene over en annen reflektor kiler ut ved posisjon 160 som også kan representere fronten av en del av et fjellskred.

En svakt stigende reflektor fra posisjon 70, (51 moh.) til posisjon 180 (55 moh.) kan representere toppen av underliggende dalbunnssedimenter som her trolig er marine sedimenter. Penetrasjonen forsvinner under denne reflektoren noe som vil være naturlig med bedre elektrisk ledningsevne i de marine sedimentene.

Oppsummering

Opptakene fra Remmem viser tydelig at området har vært utsatt for skred. Profilet forbi Remmem gård viser et kaotisk refleksjonsmønster som trolig indikerer skredmasser som kiler ut over deformerte primære elveavsetninger 70 – 80 m fra elva. 500 – 600 m lenger vest er det mest sannsynlig tektoniserte primære avsetninger som kiler ut mot horisontale elveavsetninger ca 50 m fra elva. Det er god overensstemmelse med de indikerte skredavsetningene ved georadarmålingene og den kartlagte utbredelsen av skredet ved Remmem, se figur 2.

3.2 Myrabø

Georadaropptak og profilplassering er vist i kartbilag -03 og -04. Profil 1 går i øst – vest retning ca 150 m sør for gården Myrabø. Østligste del av profilet går over en markert haug, mens den vestligste delen går i flatt terreng med innslag av myr. Profil 2 går på østsiden av riksvegen nærmest som en fortsettelse av P1 med start ca 150 m fra P1 posisjon 0.

Profil 1

CMP-måling ved posisjon 195, databilag 3, viser en bølgehastighet på 0.08 m/ns hvilket betyr høy vannmetning. Penetrasjonsdypet varierer mellom 10 og 15 m, stedvis noe mindre. Fra

posisjon 0 til ca 220 er refleksjonsmønsteret både kaotisk og hauget. Resten av profilet viser mer utholdende, svakt bølget mønster. Det er tydelig forskjell i refleksjonsmønstrene og massene i den østligste delen. Mellom posisjon 0 – 220 er sedimentene tolket til å være tektoniserte elveavsetninger pga. fjellskred og noen reflektorer kan følges også i denne delen. Fra posisjon 0 til 55 indikeres et 2 – 4 m tykt lag (horisontale) over de kaotiske massene. Dette er trolig myr som er dannet etter skredpåvirkningen av elveavsetningene. Myr ble her stedvis observert i dagen. Samme fenomen observeres mellom posisjon 140 og 170. Fra posisjon 180 (52 moh.) til 238 (58 moh.) indikeres en meget tydelig reflektor. Det er meget vanskelig å tolke hva denne reflektoren avspeiler. Ut fra geologien er det lite sannsynlig at det er fjellet som kommer opp midt i en dalbunn fylt med tykke sedimenter. Reflektoren opptrer i overgangen mellom de tektoniserte elveavsetningene og massene med bølget refleksjonsmønster som er tolket til å representere primære elveavsetninger, fra posisjon 220 – 422. I dette området indikeres tilnærmet horisontale avsetninger som synes upåvirket av ytre krefter. Også her indikeres grunne bassenger trolig fylt med myr som mellom posisjon 375 og 422. Den forholdsvis dårlige penetrasjonen kan skyldes underliggende marine sedimenter.

Profil 2

Profil 2 startet ved riksvegen ca 150 m øst for start P1 og ble målt nordøstover langs en traktorveg. CMP-måling ved posisjon 235, databilag 4, viser en bølgehastighet på 0.06 m/ns hvilket indikerer vannmettet sand/grus. Penetrasjonen øker fra 5 – 6 m ved posisjon 0 til ca 12 m på siste del av profilet. Fra posisjon 0 (64 moh.) til 90 (60 moh.) indikeres masser med kaotisk refleksjonsmønster. Dette kan være skredavsetninger. Fra posisjon 15 (64 moh.) til 118 (62 moh.) indikeres en sammenhengende reflektor som kan representere myrbunn som avsluttes ved posisjon 118. Bølgehastigheten i myr er 0.04 – 0.05 m/ns så den indikerte tykkelsen av myra er litt for stor. Selv om området nå var dyrket, har det vært myr i dagen her (se kartbilag -04) og det kan fortsatt være myr under veggen og den dyrka jorda. Reflektoren ser ut til å fortsette nordøstover men det indikeres nå flere horisontale reflektorer i et tilnærmet parallelt mønster. Dette fortsetter til ca posisjon 260 og det er trolig primære elveavsetninger som indikeres. Fra posisjon 260 går refleksjonsmønsteret gradvis over til kaotisk og massene som indikeres fra posisjon 260 til 375 er trolig rasmasser i en skredvifte som er dannet av mange jord- og snøras gjennom tidene. Også på dette profilet kan liten penetrasjon tyde på underliggende marine sedimenter.

Oppsummering

Deler av elveavsetningene (østligste del av P1) sør for Myrabø gård ser ut til å være deformert av fjellskred. Området lengst vest, ca 200 m fra elva, ser ut til å være upåvirket av skredkreftene. Øst for riksvegen indikeres masser med kaotisk mønster som trolig er skred- og rasmasser. Sedimentene er tolket til å være avsatt og deformert av et stort fjellskred fra de store sprekkpartiener på Børa (se Figur 2 og 3).

3.3 Lyngjemsgjerdet

Lokaliteten ligger 500 – 600 m vest for Myrabø på vestsiden av Rauma. Georadaropptak og profilplassering er vist i kartbilag -05. Det undersøkte området går fra elvebredden sørvestover mot fjellsiden så langt det var mulig å måle (ca 600 m).

Profil 3

Profilen ble målt fra vestre fjøsvegg på Lyngjemsgjerdet sørvestover langs en veg mot fjellsiden. CMP-måling ved posisjon 212, databilag 5, ga en bølgehastighet på 0.06 m/ns hvilket betyr vannmettede masser. Penetrasjonsdypet varierer fra 7 – 10 m. Refleksjonsmønsteret er kaotisk langs hele profilen. Dette kan tyde på at en her har ras- og skredmasser langs hele profilen. Det er vanskelig å se strukturer eller mønstre som kan tyde på deformerte eller udeformerte primæravsetninger bortsett fra i området mellom posisjon 290 og 370. I dette området ser en et topplag med tydelig parallellstruktur som tyder på finkornige avsetninger. Dette ble også observert under målingene da vestligste del av profilen gikk over en pløyd åker. Her var det bare finkornige masser (brune). Dette er avsetninger fra bekker som kommer ned fjellsiden. Maksimum tykkelse på disse massene er ca 3 m ved posisjon 335. En tolker disse massene til å være bekkersedimenter, og mulig i veksling med torv/myr.

Profil 4

Profil 4 ble målt fra elvebredden opp mot fjøset på Lyngjemsgjerdet. CMP-måling ved posisjon 10, databilag 6, ga en bølgehastighet på 0.06 m/ns. Dette betyr vannmettet sand/grus. Finsand ble observert langs elvebredden. For øvrig var det meget vått i deler av området som tyder på at grunnvannspeilet går helt i dagen. Penetrasjonsdypet varierer mellom 5 og 10 m. Fra posisjon 0 til 80 er refleksjonsmønsteret hauget og avspeiler lagdelt sand/grus. Dette er trolig primære elveavsetninger, muligens noe deformert. Området nærmest elva synes upåvirket. Området fra posisjon 80 til 200 har kaotisk refleksjonsmønster og representerer trolig fortsettelsen av ras- skredmassene som ble indikert på profil 3. Det spesielle mønsteret mellom posisjon 160 og 200 skyldes trolig siderefleksjoner fra bygninger og diverse andre objekter. Et område med dårlig penetrasjon og svake signaler skyldes naturgjødning på overflaten.

Oppsummering

Målingene ved Lyngjemsgjerdet har indikert ras- og skredmasser (kaotisk mønster) i en lengde på 400 – 500 m. Nærmest elva kan en se primære elveavsetninger mens en nærmest fjellsiden får indikert fine bekkersedimenter avsatt fra fjellsiden. Liten penetrasjon (5 – 10 m) skyldes trolig underliggende marine sedimenter. Skredmassene og deformasjonene er tolket til å være resultatet av store fjellskred fra fjellområdet på Børa (se Figur 2 og 3).

3.4 Grytten

Området ligger 6 - 7 km nord for Lyngjemsgjerdet. Kartbilag -06 viser georadaropptak og profilplassering. To profiler ble målt på østsiden av Rauma. Figur 4 viser kartlagte store fjellskred i nedre deler av Romsdalen med bl.a. et stort skred ved Grytten 8 (Anda & Blikra 1998).

Profil 1

Profilen ble målt fra jernbanelinja forbi Grytten museum til ca 100 m øst for riksvegen. CMP-måling ved posisjon 55 ga en bølgehastighet på 0.08 m/ns. Hele måleområdet er preget av store blokker som er del av et fjellskred fra fjellsiden i øst. Flere av blokkene er store som hus og det er klart at nedslag og transport av disse har påvirket og deformert primære avsetningsstrukturer i løsmassene. Penetrasjonen er 10 – 15 m og refleksjonsmønsteret er både kaotisk og hauget. Strukturene synes ikke å avspeile typiske skredmasser så mest sannsynlig er det tektoniserte primære avsetninger som indikeres. Fra posisjon 170 til 194 kan en følge tilnærmet horisontale strukturer som ser ut til å fortsette inn i mer deformerte strukturer. Delvis det samme kan observeres mellom posisjon 55 og 135, men her synes reflektorene mer oppstykket. Sedimentene tolkes også her til å være deformerte primære avsetninger. Siden de horisontale reflektorene fortsetter inn i kaotisk refleksjonsmønster er de tolket til å indikere sedimenter som er mindre deformert. Diffraksjoner (noen utydelige) kan observeres ved posisjonene 5, 28, 45, 110 og 130. Dette kan skyldes overlagrede blokker. Felles for alle er de ligger på et dyp større enn 5 m.

Profil 2

Profil 2 ble målt i nordøstlig retning ca 150 m vest for gården Hole. CMP-måling ved posisjon 160, databilag 8, ga en bølgehastighet på 0.08 m/ns som betyr forholdsvis høyt grunnvannsspeil. Profilen startet på kanten av en elveterrasse og gikk for det meste langs dyrket mark. Penetrasjonen varierer fra 8 – 18 m. Refleksjonsmønsteret er for det meste kaotisk, men stedvis opptrer lagdelte strukturer. Mellom posisjon 10 og 50 indikeres flere horisontale reflektorer ned til ca 5 m dyp. Dette kan være lagdelte sand/grusavsetninger som elveterrassen er bygd opp av. Også her kan en følge tilnærmet horisontale strukturer inn i sedimenter med kaotisk refleksjonsmønster som tyder på at vestligste del av profilen er mindre deformert. Resten av profilen er kaotisk, men det er vanskelig å si om det er deformerte primæravsetninger eller skred-/rasmasser som indikeres. En tydelig reflektor indikeres fra posisjon 100 (13 moh.) til 175 (12 moh.). Det kan se ut som om de kaotiske massene over denne reflektoren kiler ut mot posisjon 100. Dette er trolig fronten av et stort fjellskred som kiler ut, og indikerer at området mellom posisjon 0 og 100 er dominert av deformerte elvededimenter. Flere steder observeres bruddstykker av skrå reflektorer som bl.a. ved posisjon 50, 72, 250, 255, 280. Dette er deler av diffraksjonsmønstre (flanker) og det kan være vanskelig å identifisere hele diffraksjonshyperbelen med toppunkt. Diffraksjonene skyldes trolig blokker i løsmassene. Det er tydelig at massene inneholder mye blokker noe

som styrker teorien om at det er skred- og rasmasser som indikeres. En svakt hellende reflektor indikeres mellom posisjon 230 (9 moh.) og 275 (10 moh.). Dette er neppe fjelloverflaten, men kan være toppen av underliggende dalbunnssedimenter. Bruddstykker av samme (?) reflektor ved posisjon 285 og 300.

Oppsummering

Målingene ved Grytten har indikert skred- og rasmasser langs et profil vest for Hole. Massene ser ut til å inneholde store blokker noe en også kan observere på overflaten. Langs et profil ved Grytten museum indikeres store partier med deformerte elveavsetninger. Det er ikke registrert yngre elveavsetninger over de deformerte sedimentene langs profil 1. Dette viser at elva eller havet ikke har gått høyere enn 10 m.o.h. under eller etter skredhendelsen. Det store fjellskredet er derfor yngre enn ca. 2000 år.

4. KONKLUSJON

Georadarmålinger har vært utført 4 steder i Romsdalen ikke langt fra Trolltindan. Hensikten med målingene var å kartlegge skred- og rasmasser i forbindelse med store fjellskred.

Skred- og rasmasser er indikert ved alle lokaliteter. Slike masser gir et kaotisk refleksjonsmønster og viser ingen lagdeling. Ved Grytten indikeres et betydelig innslag av blokker i massene. Ved Remmem ser en skredets utbredelse (front) og overgangen til upåvirkede elveavsetninger. Ved samme lokalitet ser en tektoniserte primæravsetninger med bl.a. foldinger av løsmassene. Stedvis kan det være vanskelig å skille mellom rasmasser og deformerte elveavsetninger, men ofte er det mulig å se strukturer i elveavsetningene. Forholdsvis liten penetrasjon av EM-bølgene kan tyde på underliggende marine sedimenter. En viktig observasjon er at en tydelig ser forskjell på ¹⁾ primære elveavsetninger ²⁾ avsetninger som er deformert av skred og ³⁾ rene ras-/skredmasser.

Georadarmålingene sammen med kartlegging i området beviser at det har gått store fjellskred fra fjellområdet ved Børa (se Figur 2 og 3). Det største skredet har krysset dalføret. Dette viser at det bør gjøres undersøkelser av fjellområdet på Børa for bedre å kunne vurdere om sprekkesystemene her er i bevegelse.

Georadarmålingene har vært utført med 100 MHz antenner og 0.25 m flyttavstand. Dette har gitt gode måledata med tilstrekkelig oppløsning. Det er ved slike målinger nødvendig å nivellere overflaten for å få riktig høydekorrigering. Dette er gjort på alle profiler.

5. REFERANSER

Anda, E. & Blikra L.H. 1998: Rock avalanche hazard in Møre & Romsdal, western Norway. *NGI Publikasjon 203*, 53-57.

Beres, M. Jr. & Haeni, F.P. 1991: Application of ground-penetrating-radar methods in Hydrogeologic studies. *Groundwater 29*, 375 – 386.

GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i grunnen. Med en spesiell antenne sendes elektromagnetiske bølgepulser ned i jorda. En del av bølgeenergien blir reflektert tilbake til overflaten når bølgepulsen treffer en grense som representerer en endring i mediets dielektriske egenskaper. Resten av energien vil fortsette nedover og det kan fås reflekterte signaler fra en rekke grenseflater. Refleksjonene kan registreres med en mottakerantenne på overflaten. De mottatte signaler overføres til en kontrollenhet for forsterkning (og digitalisering ved digital georadar). Signalene sendes derfra til skriver (ved analog georadar) eller PD (digital georadar). Fra en utskrift av et georadar-opptak kan toveis gangtid (t_{2v}) til de forskjellige reflektorene avleses. For å bestemme virkelig dyp til en reflektor må bølgehastigheten (v) i overliggende medium være kjent eller kunne bestemmes.

Bølgehastigheten kan bestemmes ved CDP-målinger ('common depth-point'). Slike målinger utføres ved å flytte sender- og mottakerantenne skrittvis og like langt ut til hver side fra et fast midtpunkt og registrere for hver ny posisjon. Refleksjoner vil da ideelt sett komme fra samme punkt på en reflektor som er planparallel med overflaten. Når antenneavstanden øker, vil reflekterte bølger få lenger gangvei og økning i gangtid. Denne økning i gangtid kan det ved digitale opptak kompenseres for ved å utføre NMO-korreksjon ('normal move-out'). Størrelsen på korreksjonen er avhengig av antenneavstand, toveis gangtid og bølgehastighet i materialet over reflektoren. Et CDP-opptak korrigeres med forskjellige hastigheter, og den hastighet som etter NMO-korreksjon gir best amplitude etter summering av trasene, angir radarbølgehastigheten i mediet.

Etter at hastigheten er bestemt kan dypet (d) beregnes etter uttrykket;

$$d = \frac{vt_{2v}}{2}$$

I vakuum er bølgehastigheten lik lyshastigheten: $c = 3.0 \cdot 10^8$ m/s. I alle andre media gjelder følgende relasjon;

$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

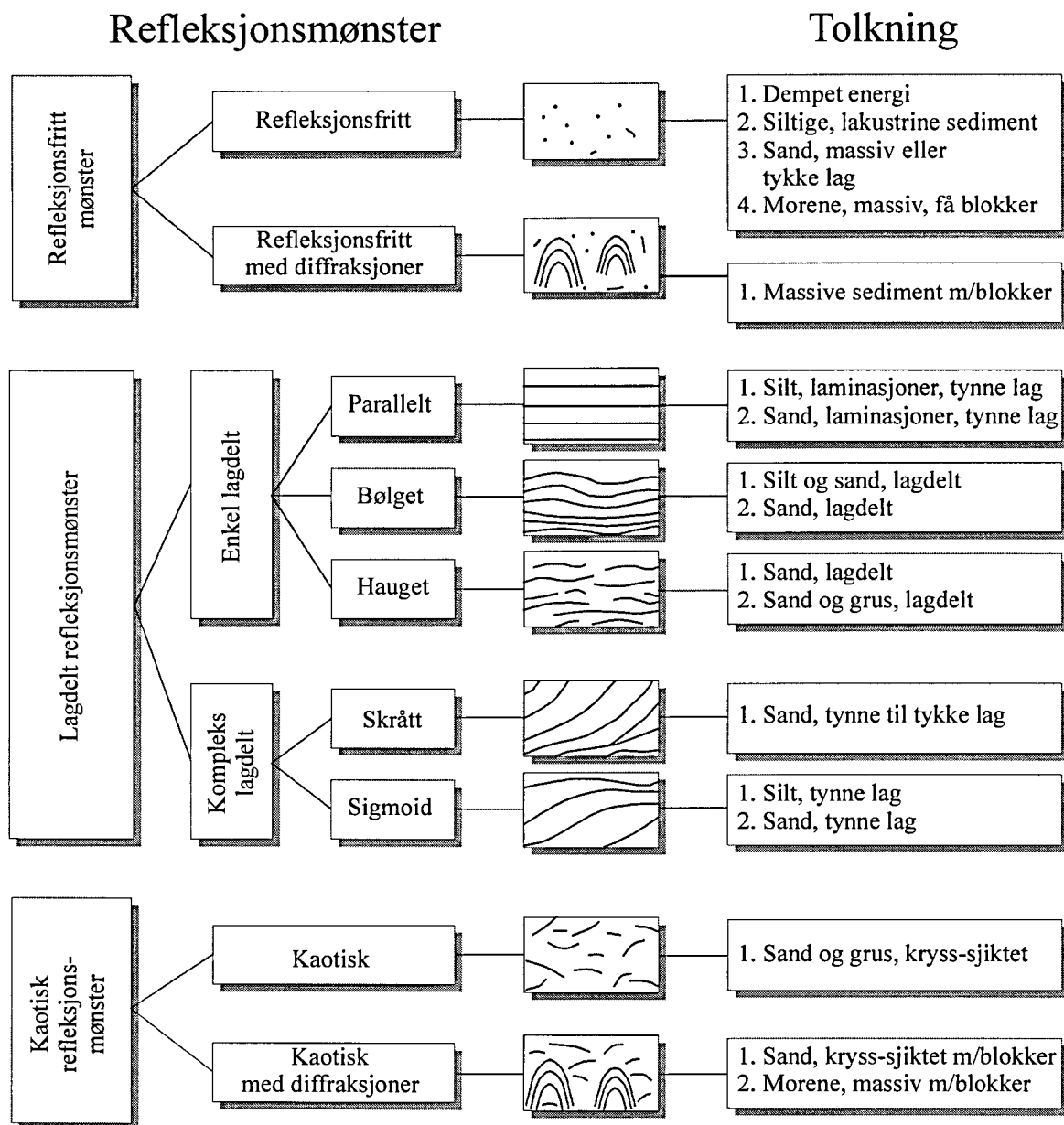
hvor ϵ_r er det relative dielektrisitetsstallet. ϵ_r -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for ϵ_r i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til hurtigere demping av bølgepulsene og dermed minkende

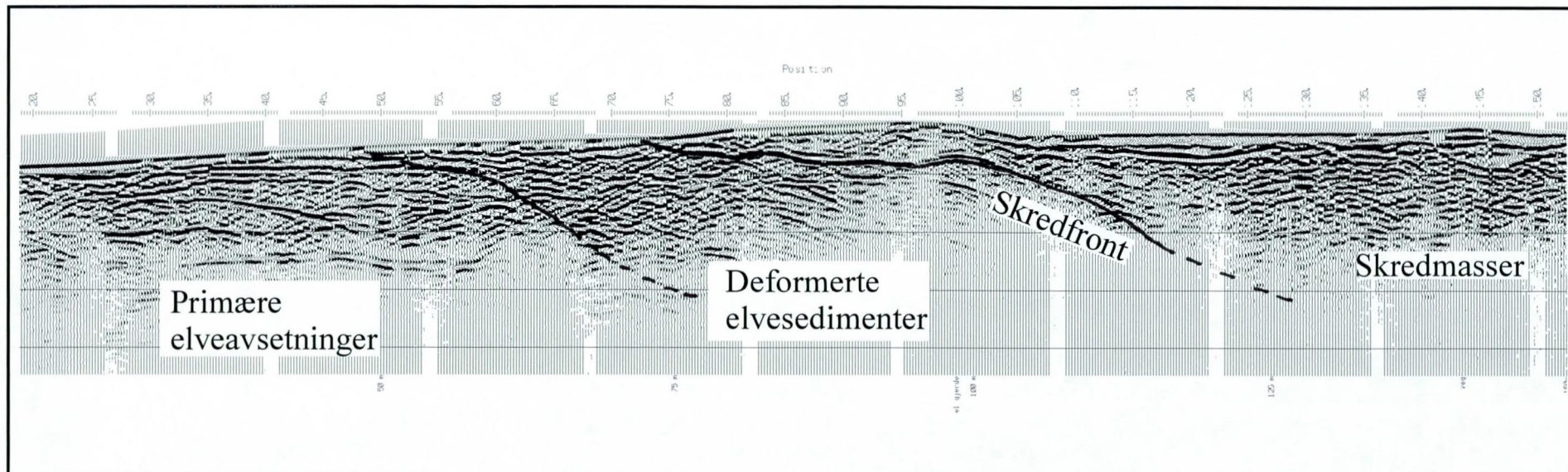
penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

<u>Medium</u>	<u>ϵ_r</u>	<u>v (m/ns)</u>	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
<i>Luft</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>	<i>0</i>
<i>Ferskvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>0.1</i>
<i>Sjøvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>1000</i>
<i>Leire</i>	<i>5-40</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-300</i>
<i>Tørr sand</i>	<i>5-10</i>	<i>0.09-0.14</i>	<i>0.01</i>
<i>Vannmettet sand</i>	<i>15-20</i>	<i>0.07-0.08</i>	<i>0.03-0.3</i>
<i>Silt</i>	<i>5-30</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-100</i>
<i>Fjell</i>	<i>5-8</i>	<i>0.10-0.13</i>	<i>0.01-1</i>

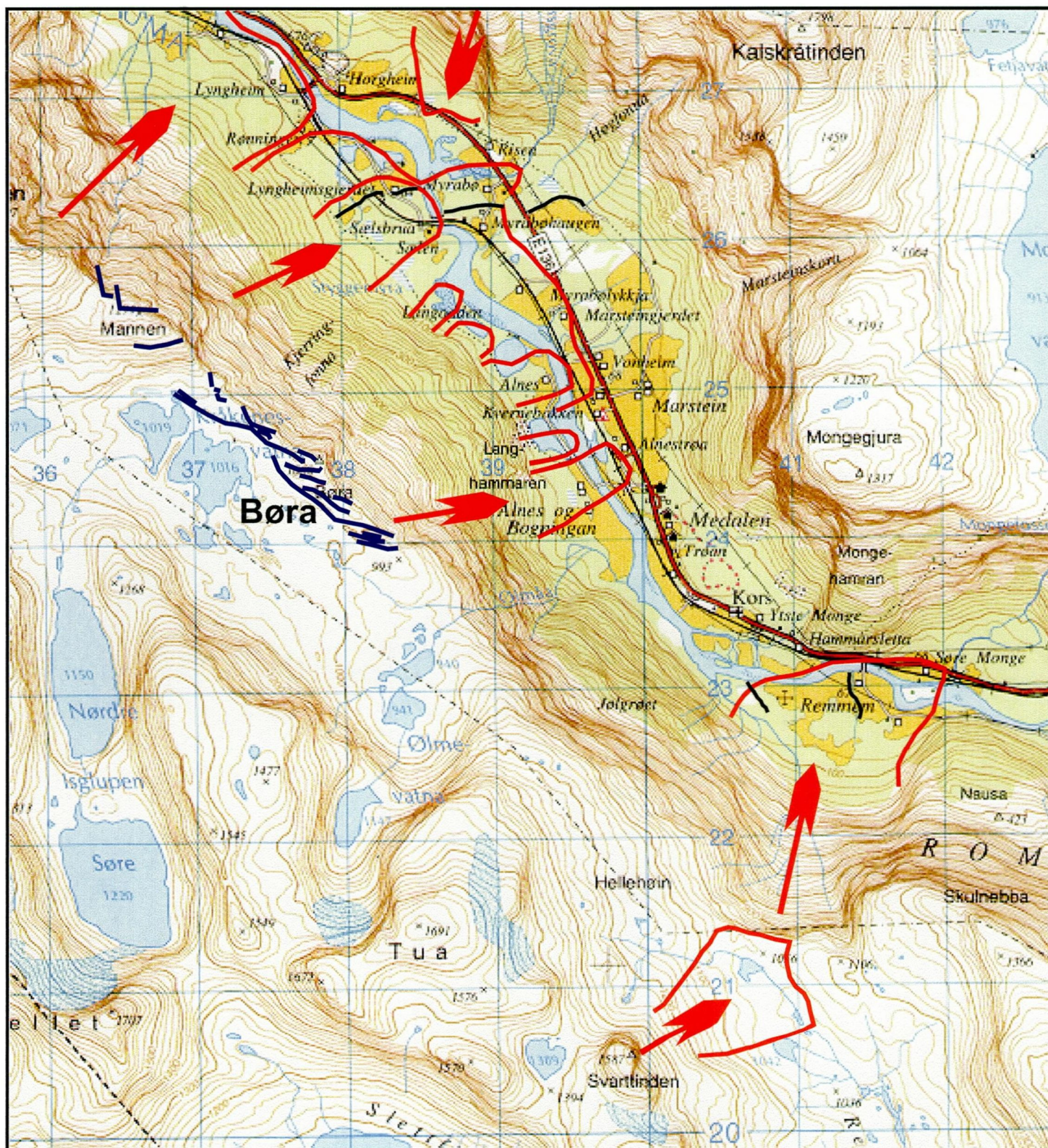
Tabell over relativt dielektrisitetstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.



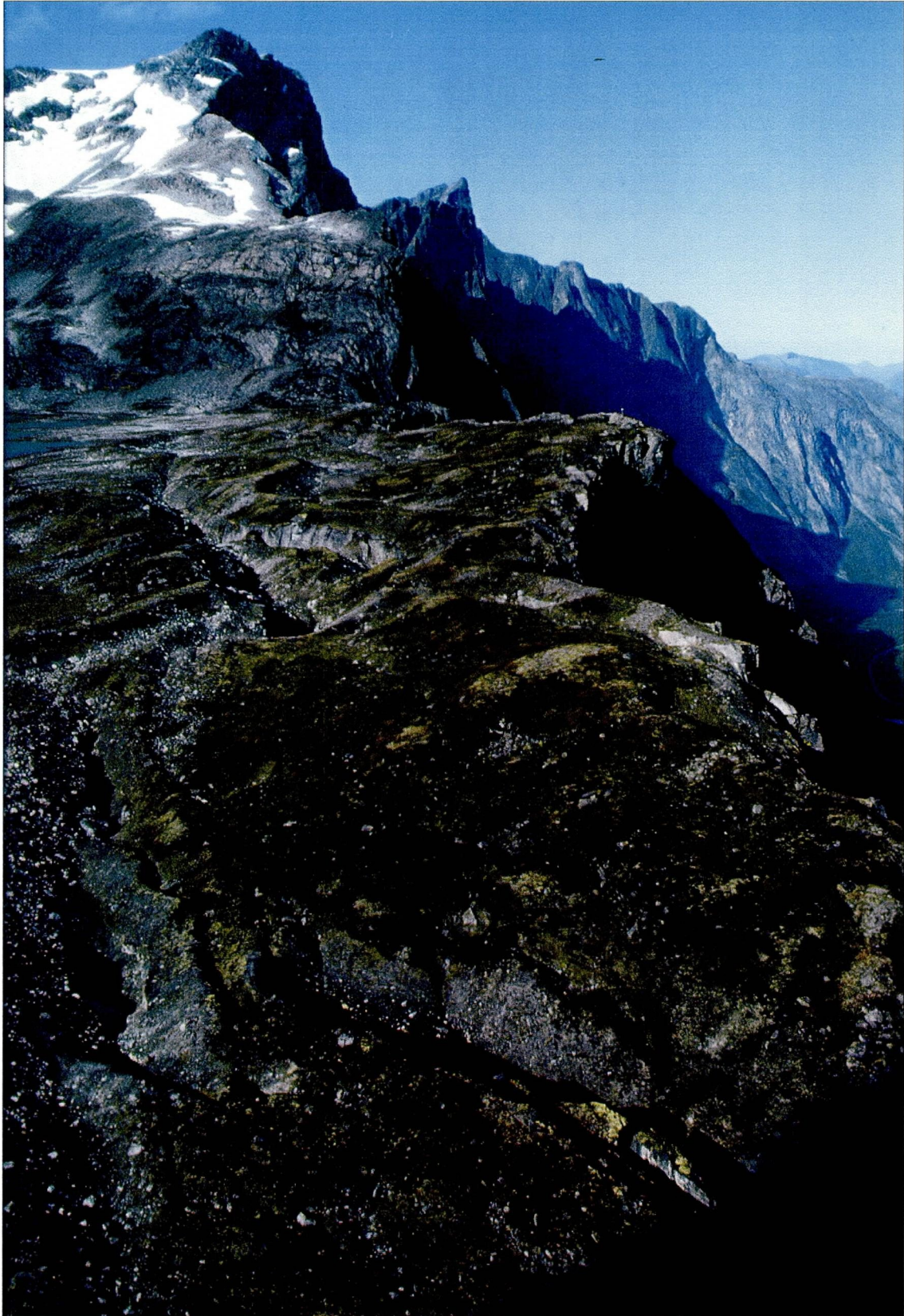
Skjema som knytter refleksjonsmønster på georadaropptak til avsetningstype og lagdeling (etter Beres & Haeni, 1991).



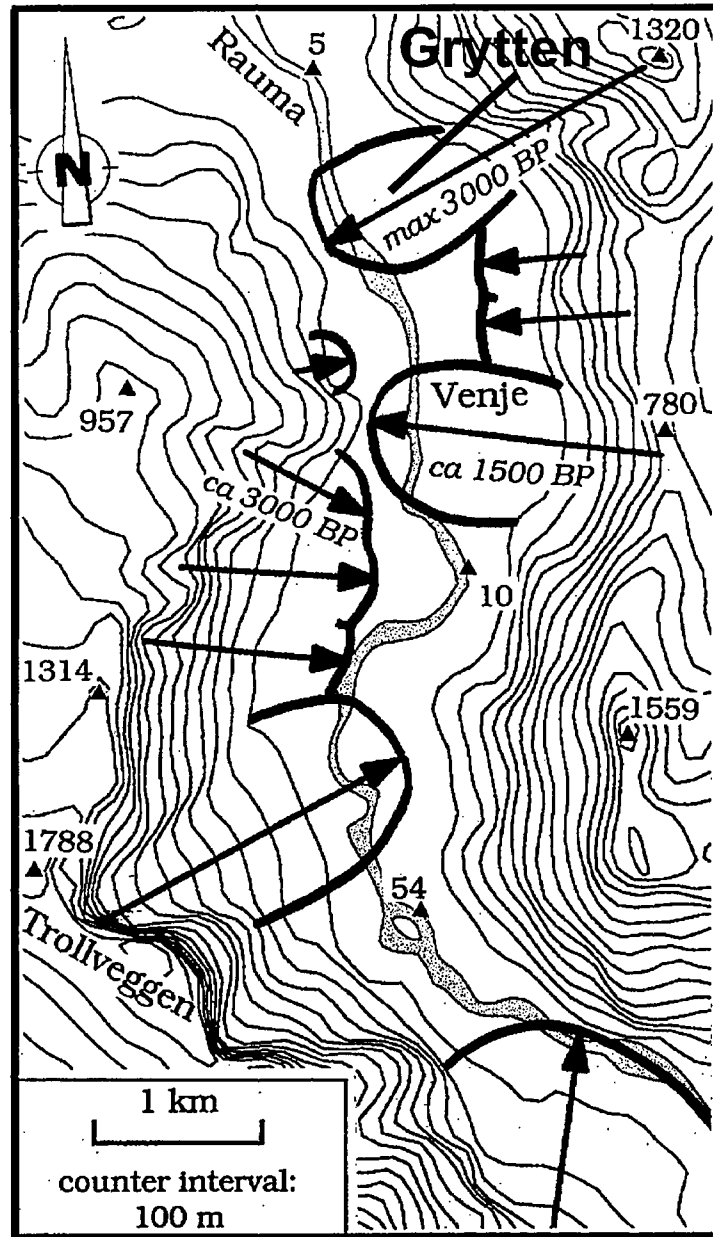
Figur 1. Tolkning av profil 1



Figur 2. Utbredelse av store fjellskred i området fra Remmem til Lyngjem. De største sprekkenes i kildeområdet for mange av fjellskredene på Børa er vist (se også figur 3).



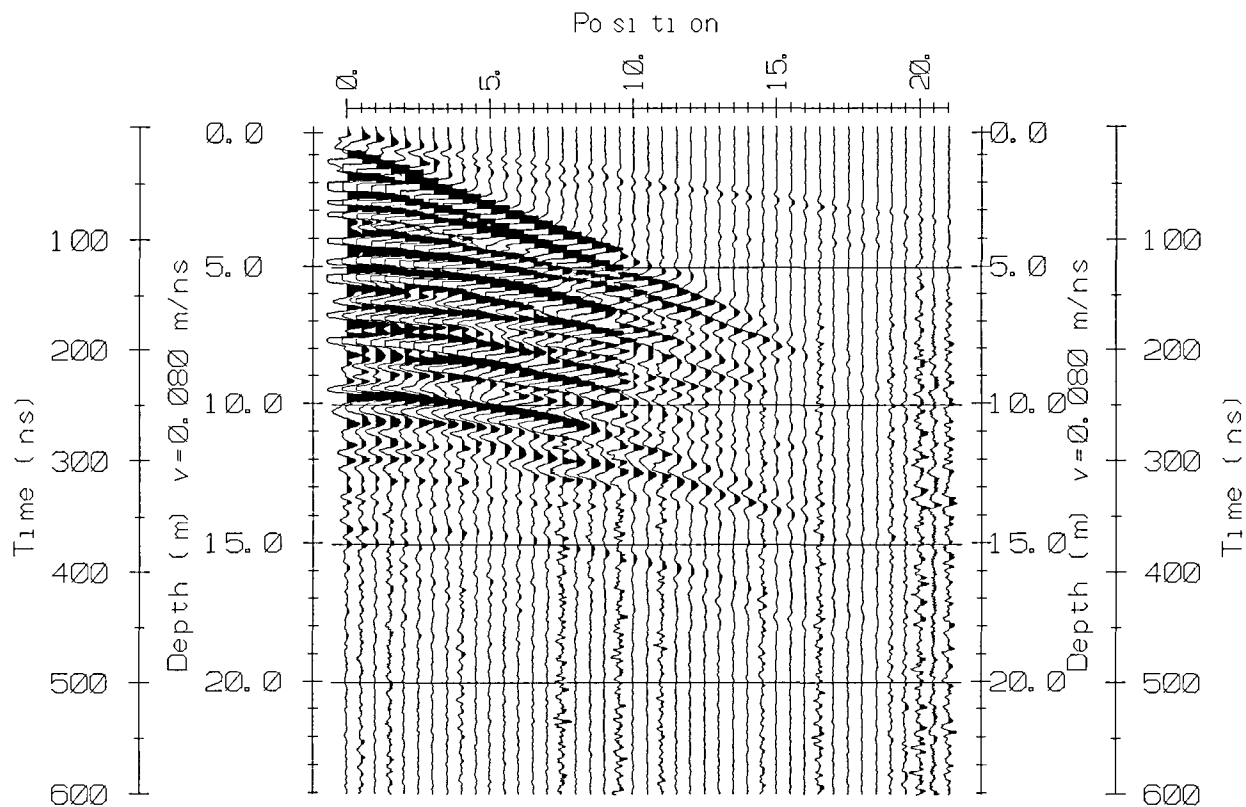
Figur 3. Ustabilt fjellområde ved Børa i Romsdalen. Store sprekker/forkastninger kan følges i en lengde på over to kilometer. Mange av de store fjellskredene nede i dalen er utløst fra dette fjellplatået. (Foto L. H. Blikra)



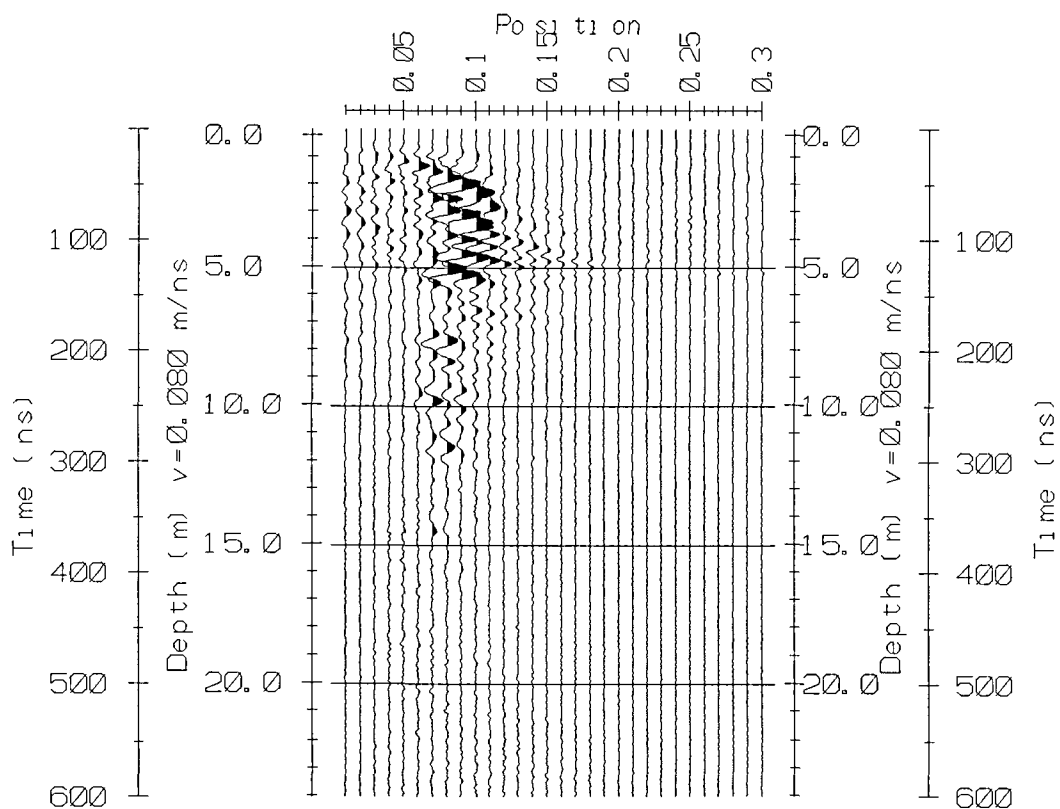
Figur 4. Store fjellskred i nedre deler av Romsdalen. Fjellskredet ved Grytten ligger helt i øvre høyre hjørne av kartet.

CMP-måling, Remmem, CMP1, P1-40

CMP råopptak

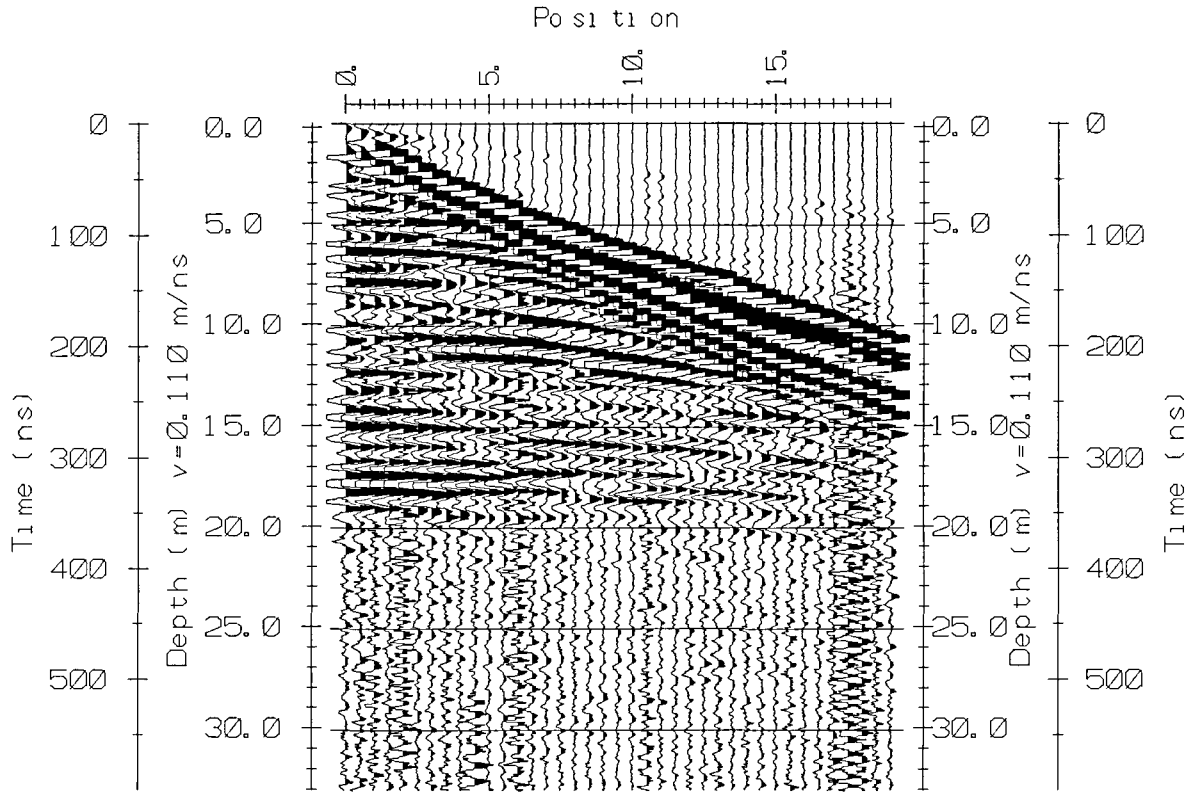


Hastighetsanalyse

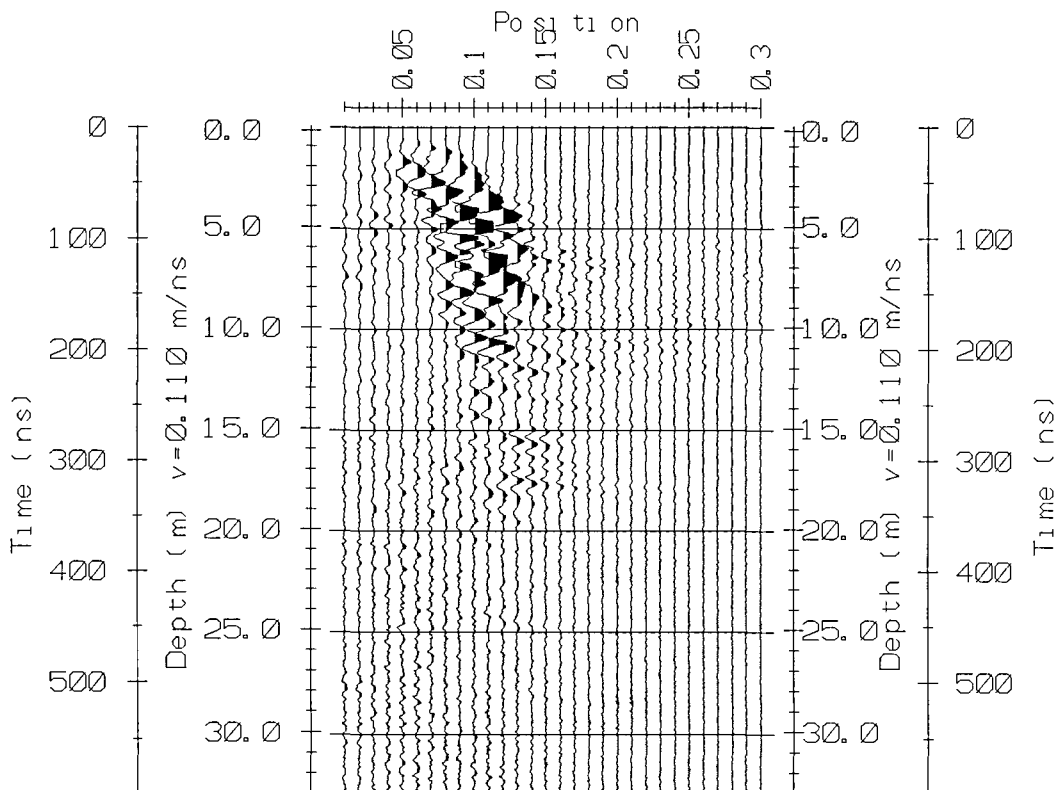


CMP-måling, Remmem, CMP2, P2-15

CMP råopptak

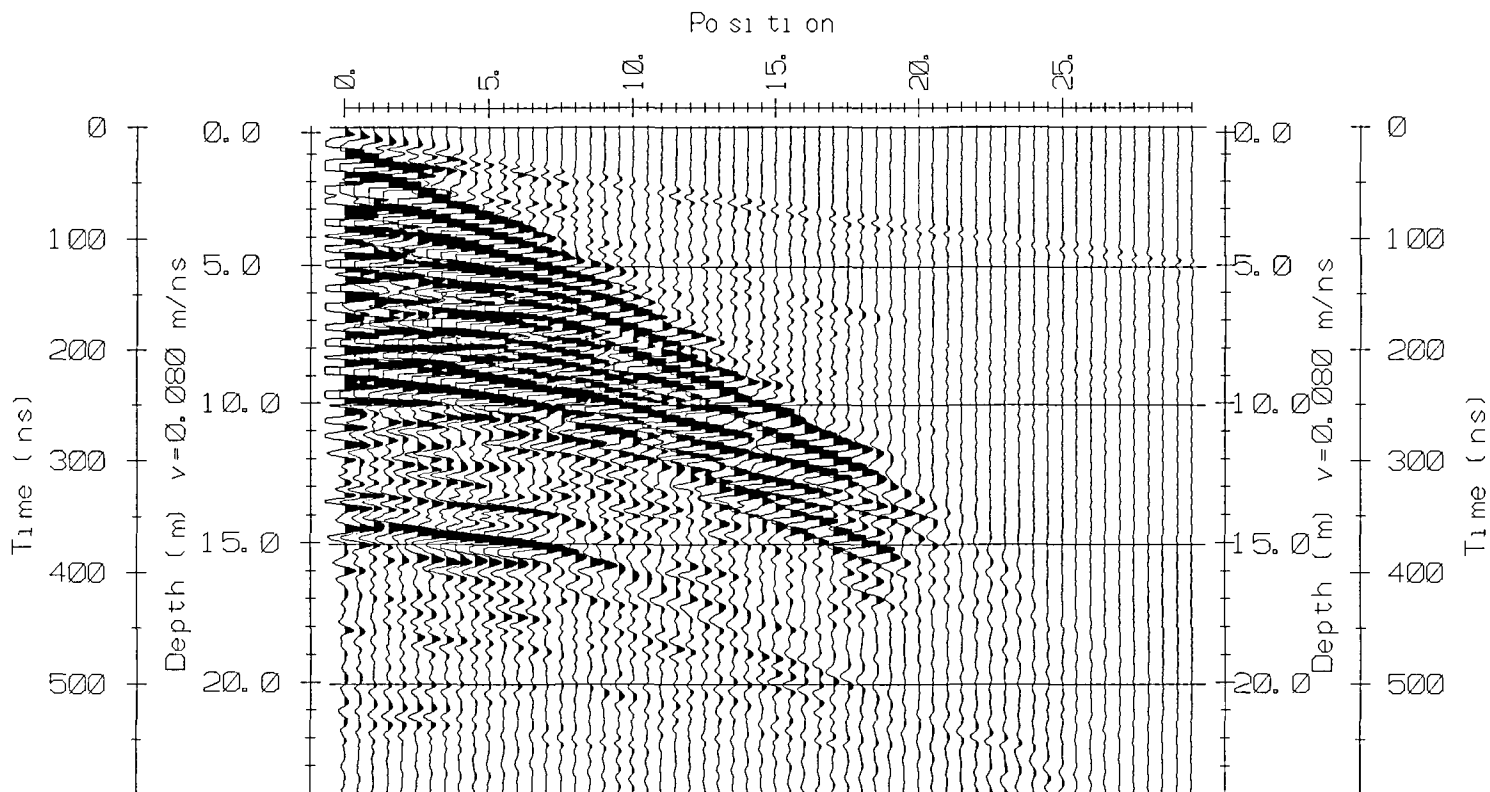


Hastighetsanalyse

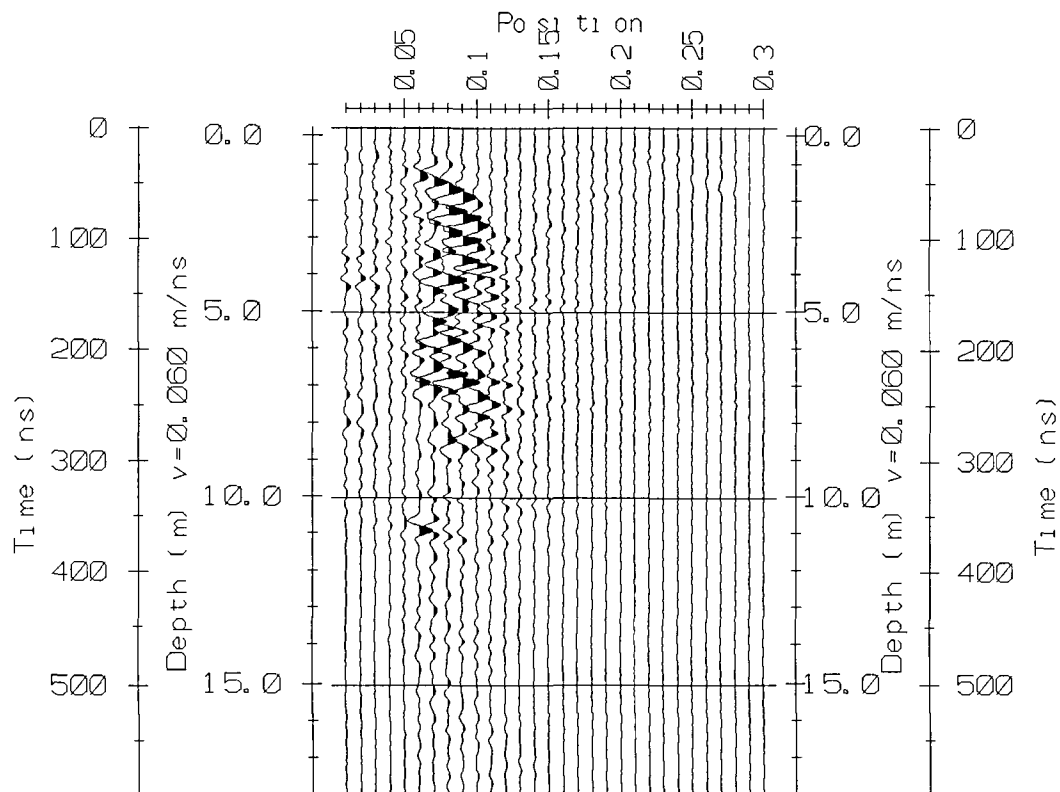


CMP-måling, Myrabø, CMP1, P1-195

CMP råopptak

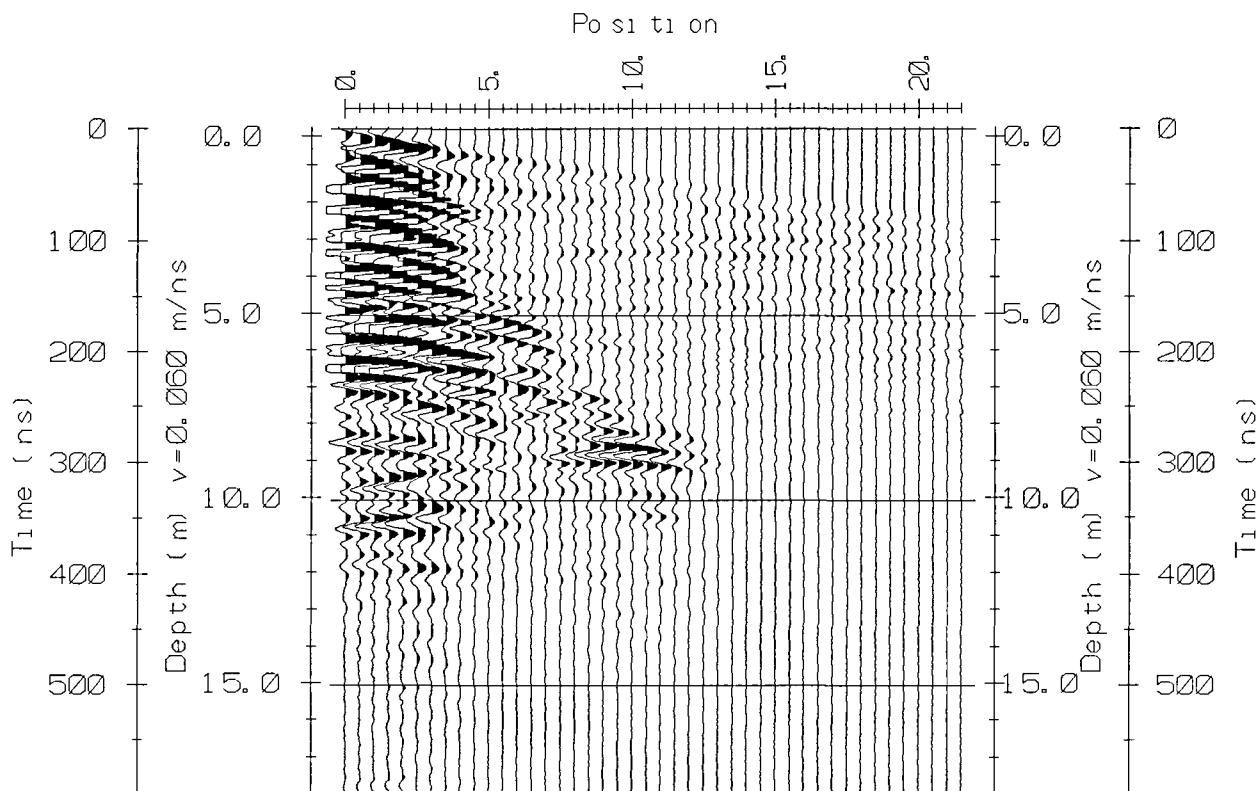


Hastighetsanalyse

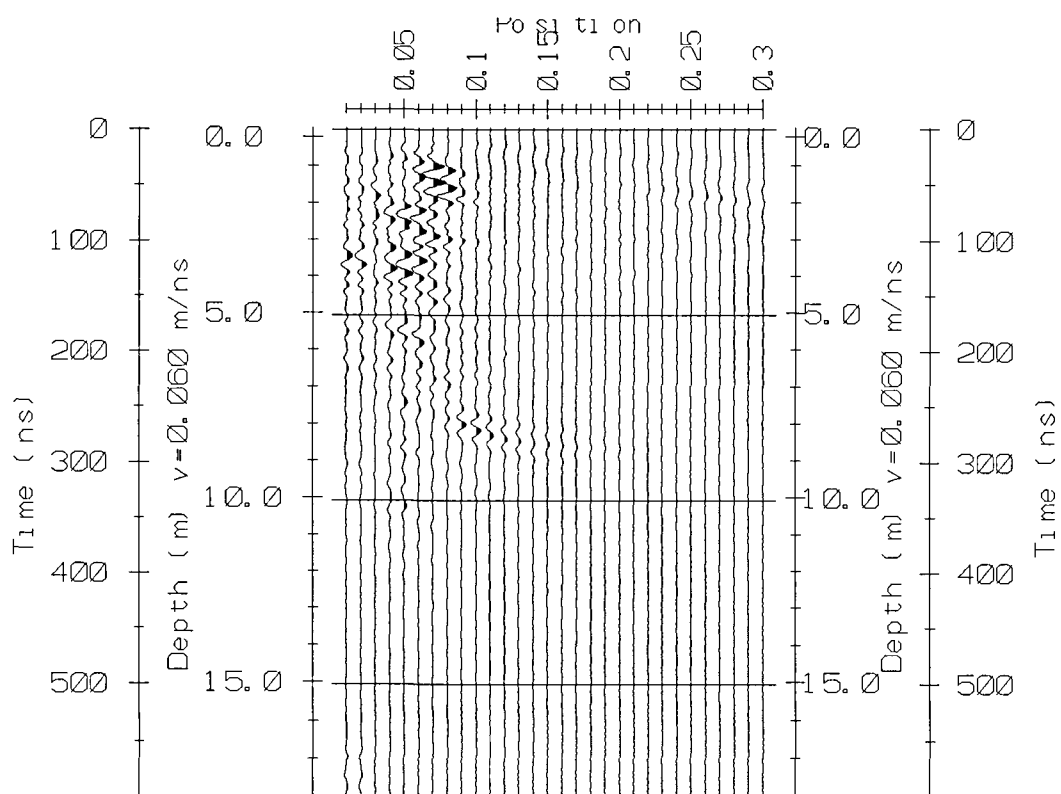


CMP-måling, Lyngjemsgjerdet, CMP3, P3-212

CMP råopptak

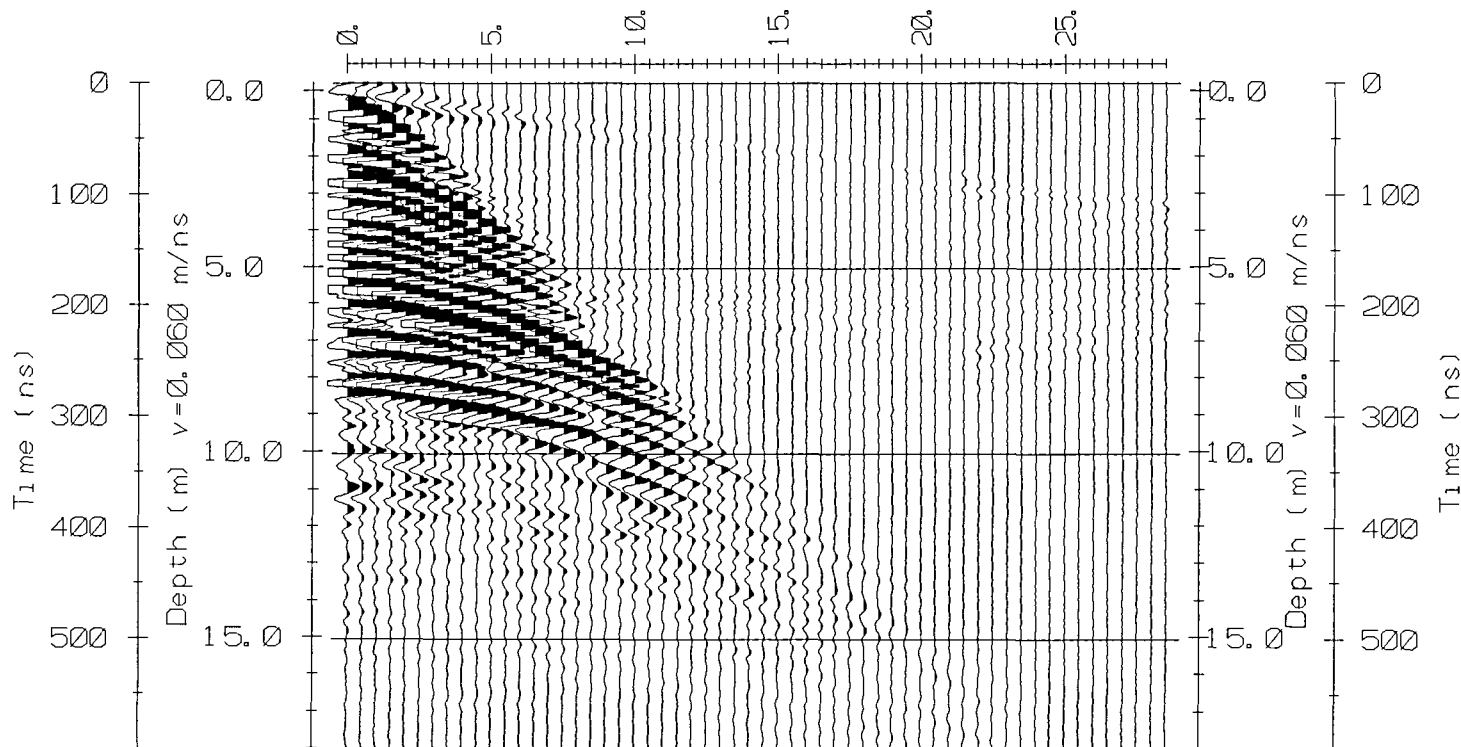


Hastighetsanalyse

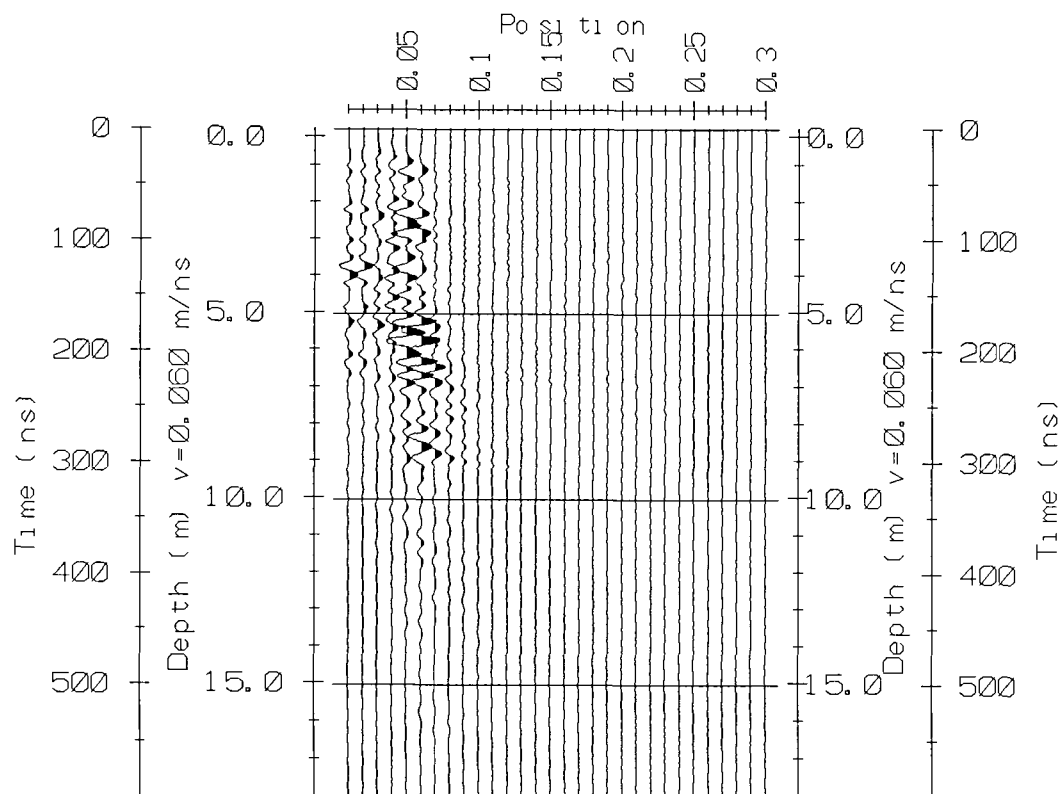


CMP-måling, Lyngjemsgjerdet, CMP4, P4-10

CMP råopptak

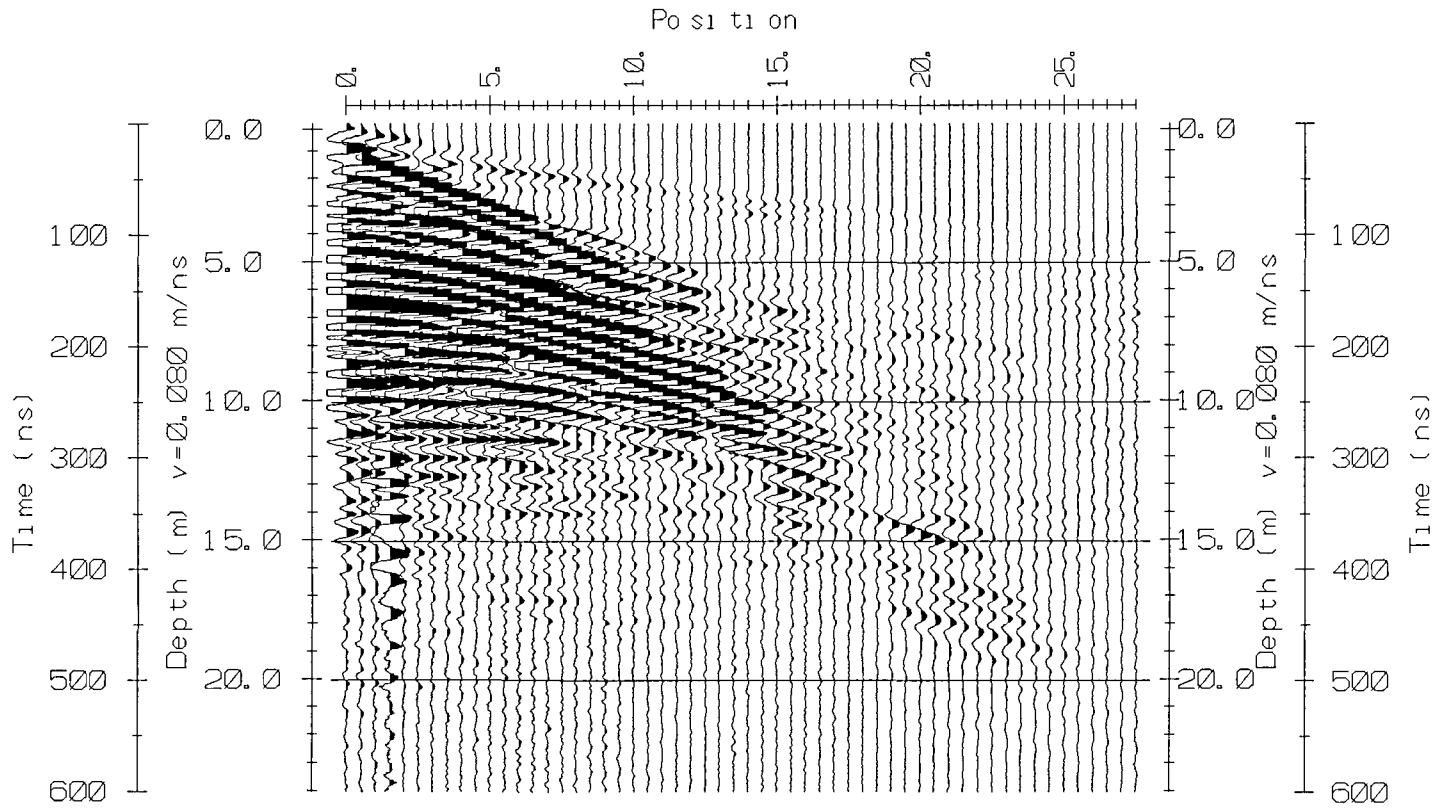


Hastighetsanalyse

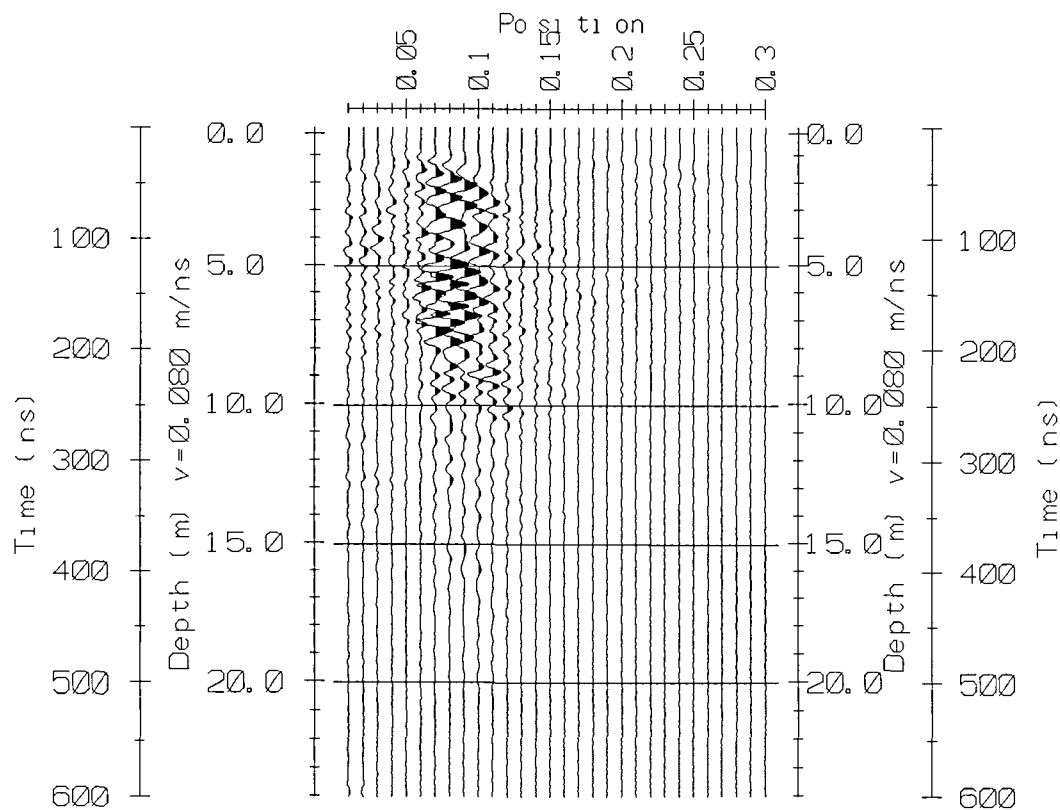


CMP-måling, Grytten, CMP1, P1-55

CMP råopptak

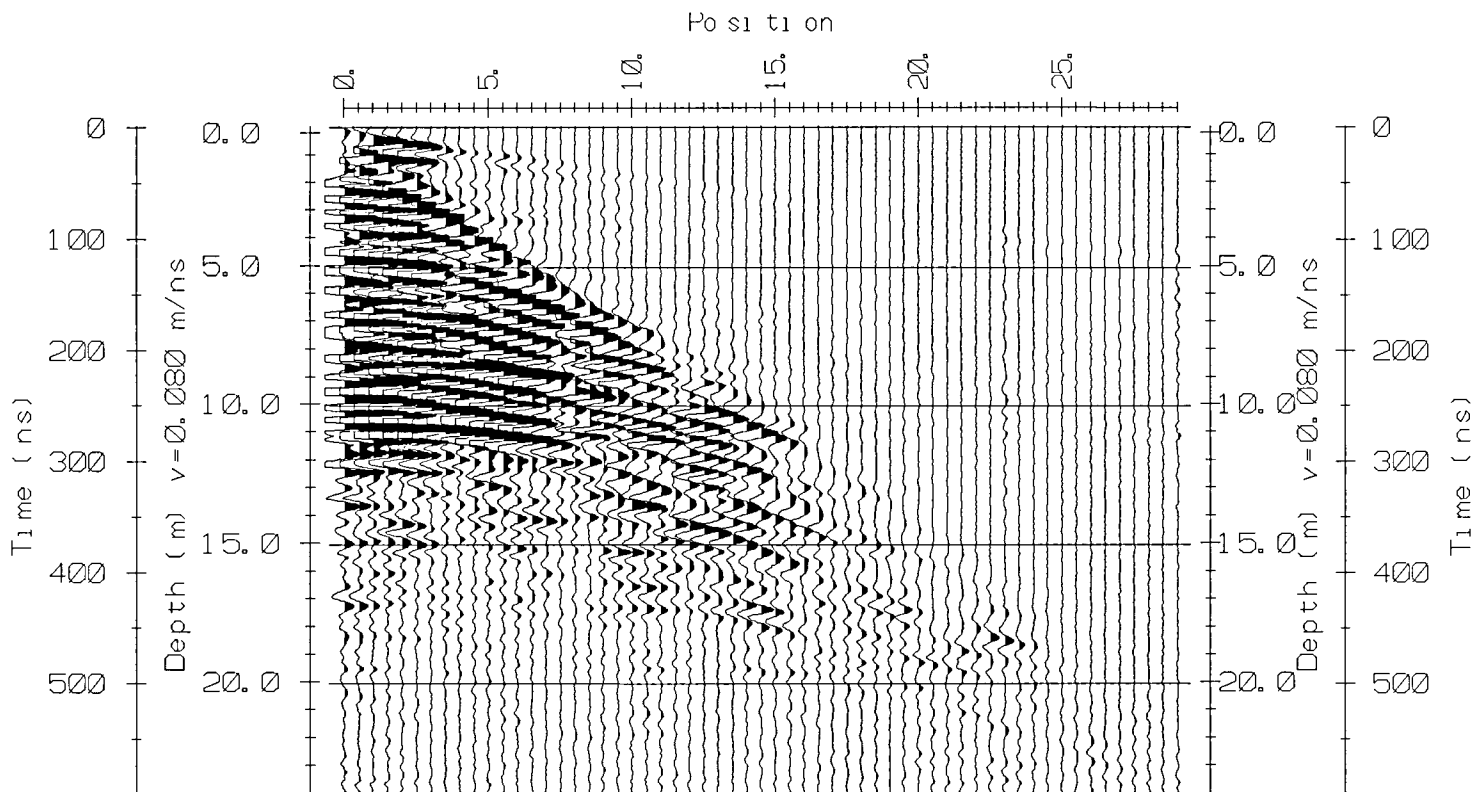


Hastighetsanalyse

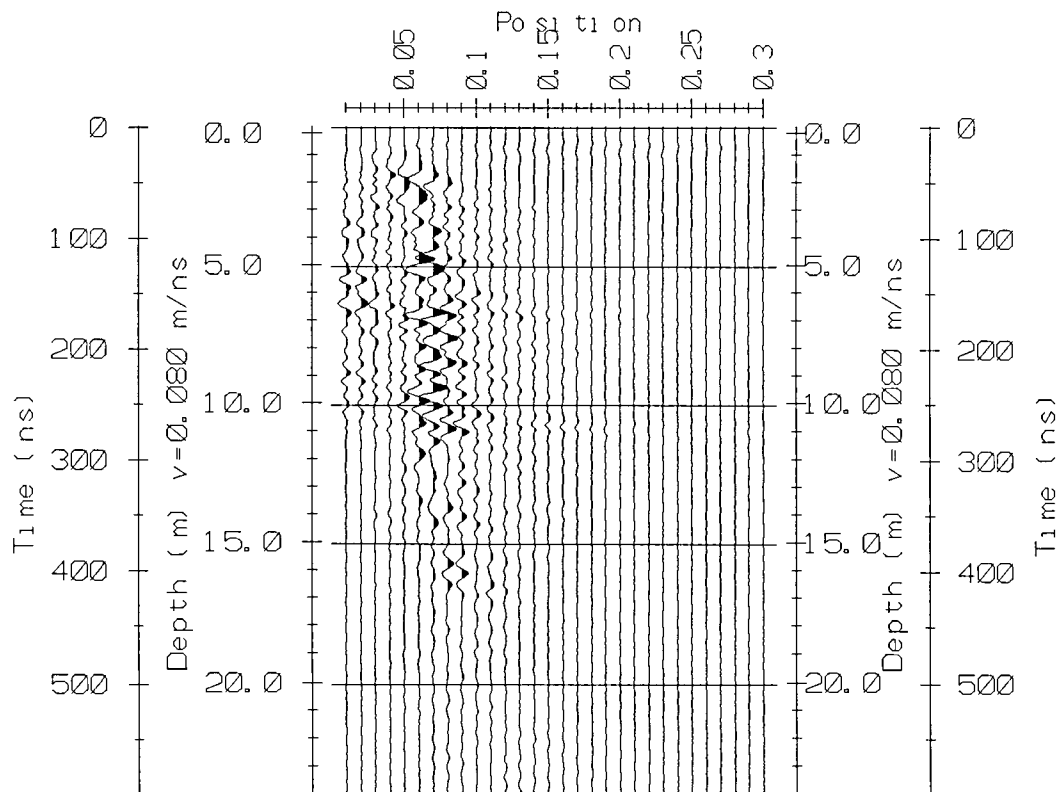


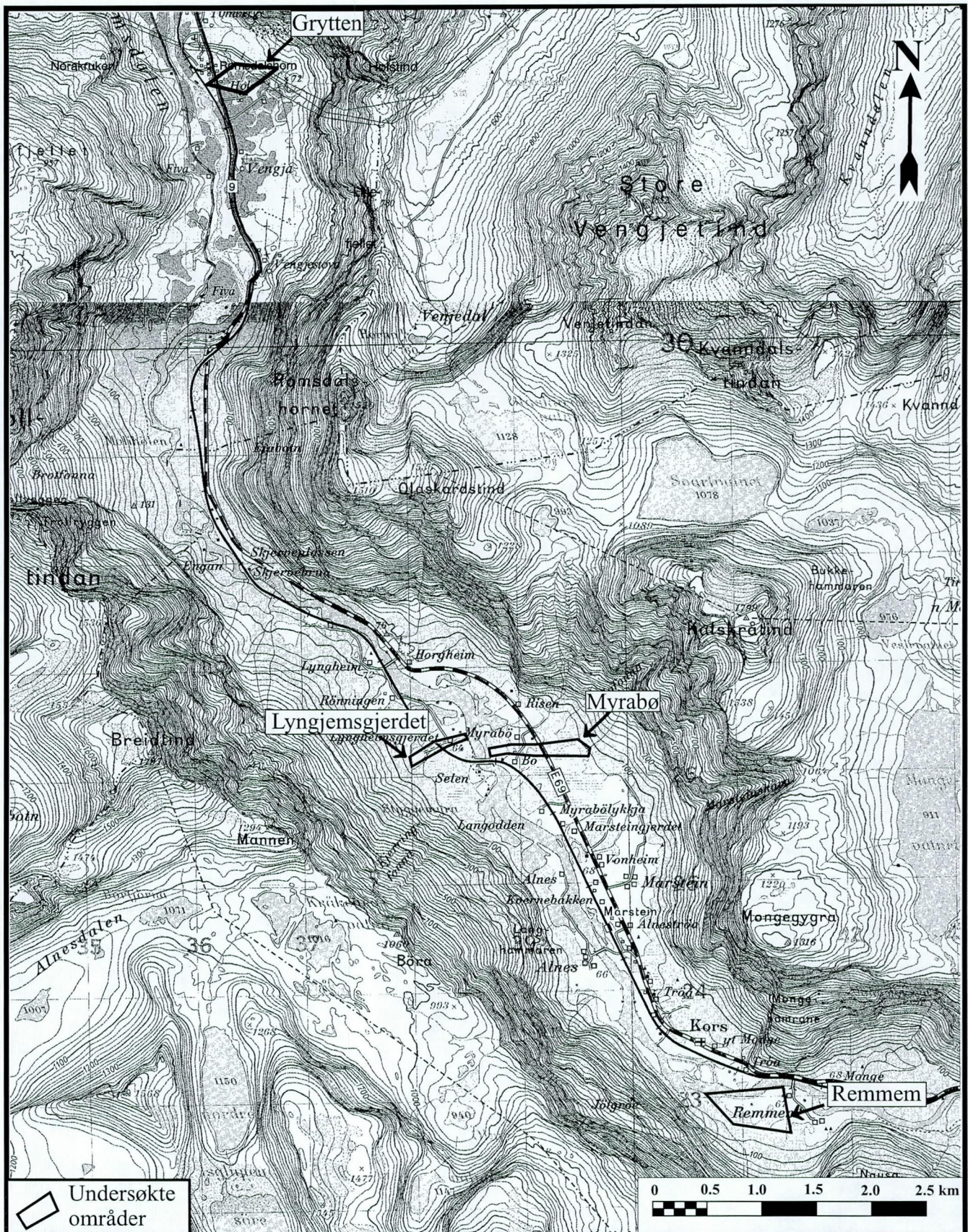
CMP-måling, Grytten, CMP2, P2-160

CMP råopptak



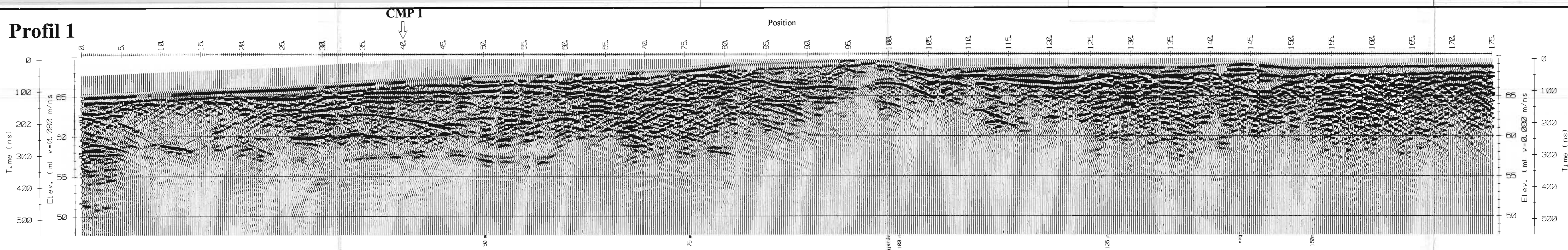
Hastighetsanalyse



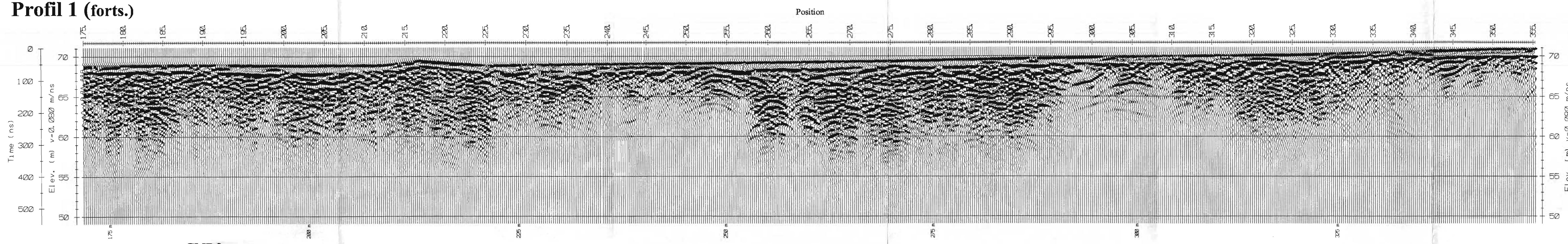


NGU OVERSIKTSKART, UNDERSØKTE OMRÅDER ROMSDALEN RAUMA KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK	MÅLT HE/BI	Juni -98
	1:50 000	TEGN HE	Febr. -99
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 99.025-01	KARTBLAD NR 1320 II, 1319 I	

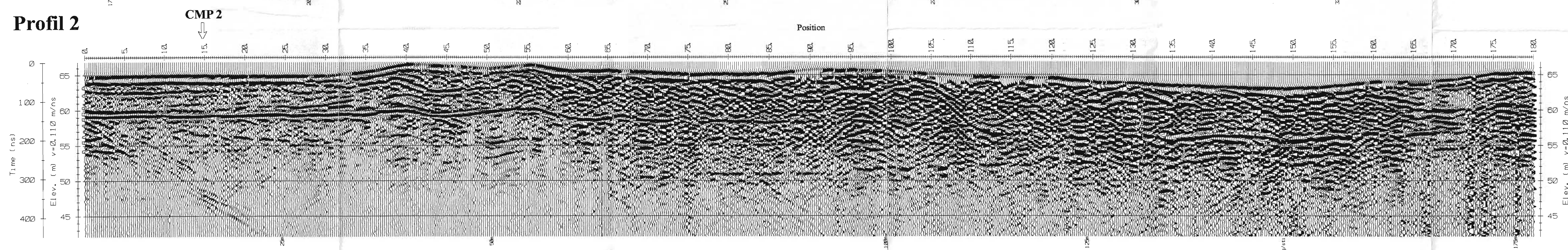
Profil 1



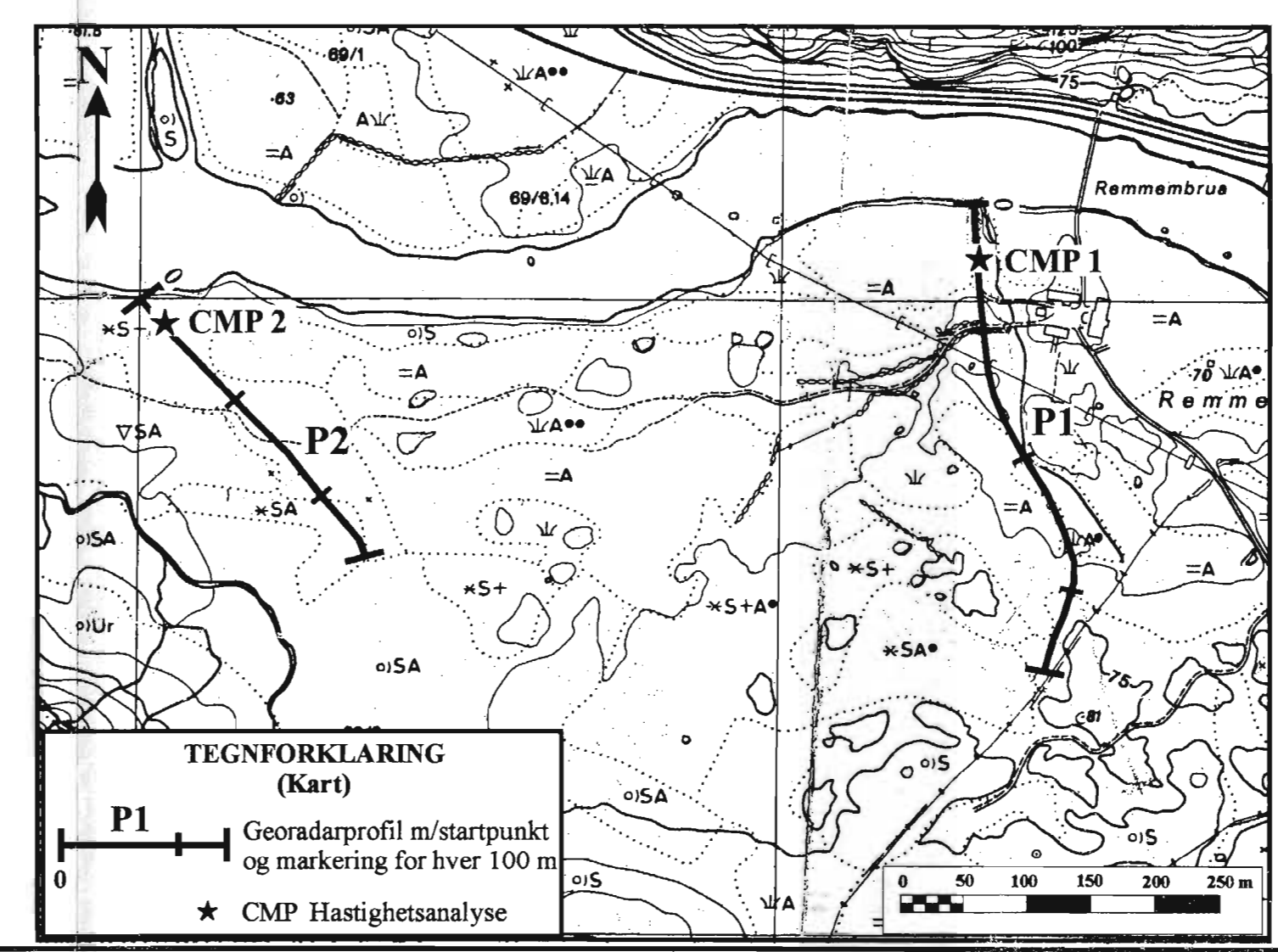
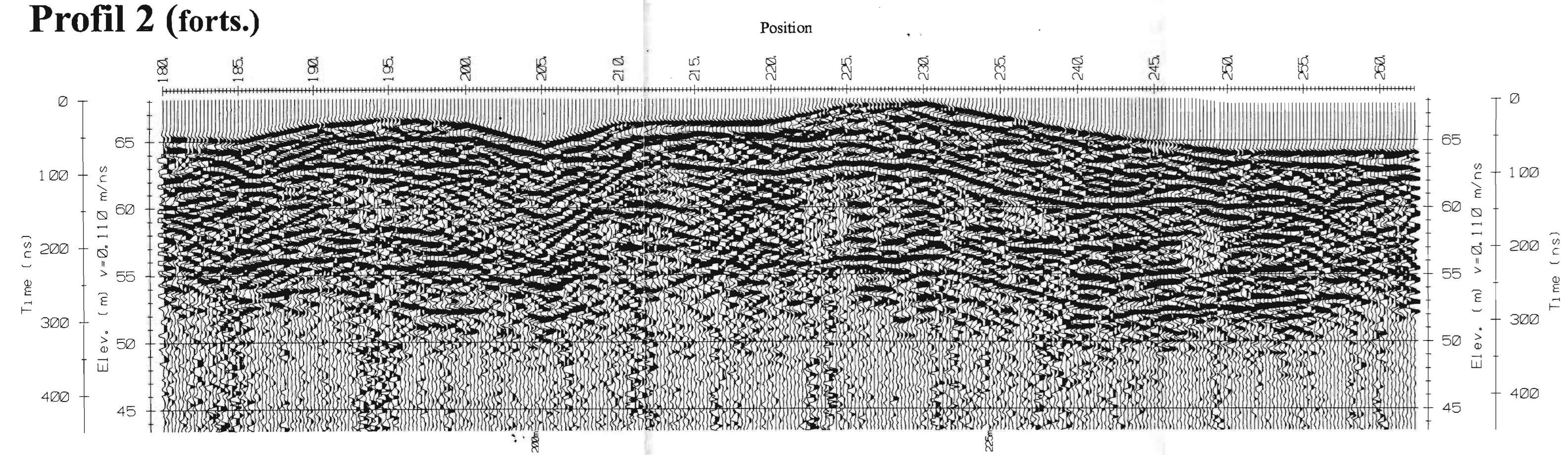
Profil 1 (forts.)



Profil 2



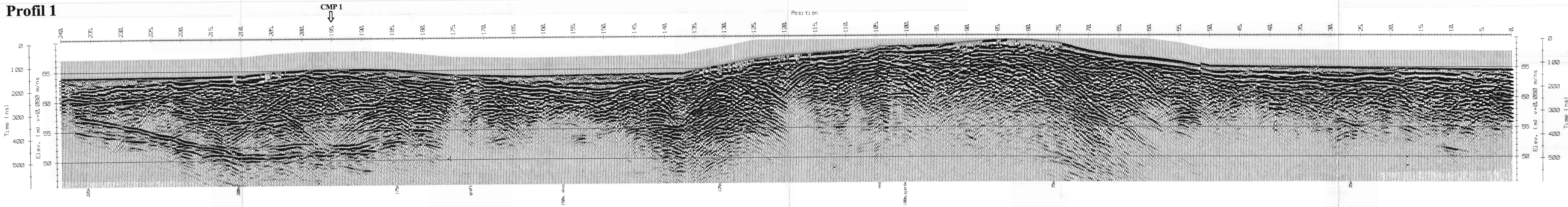
Profil 2 (forts.)



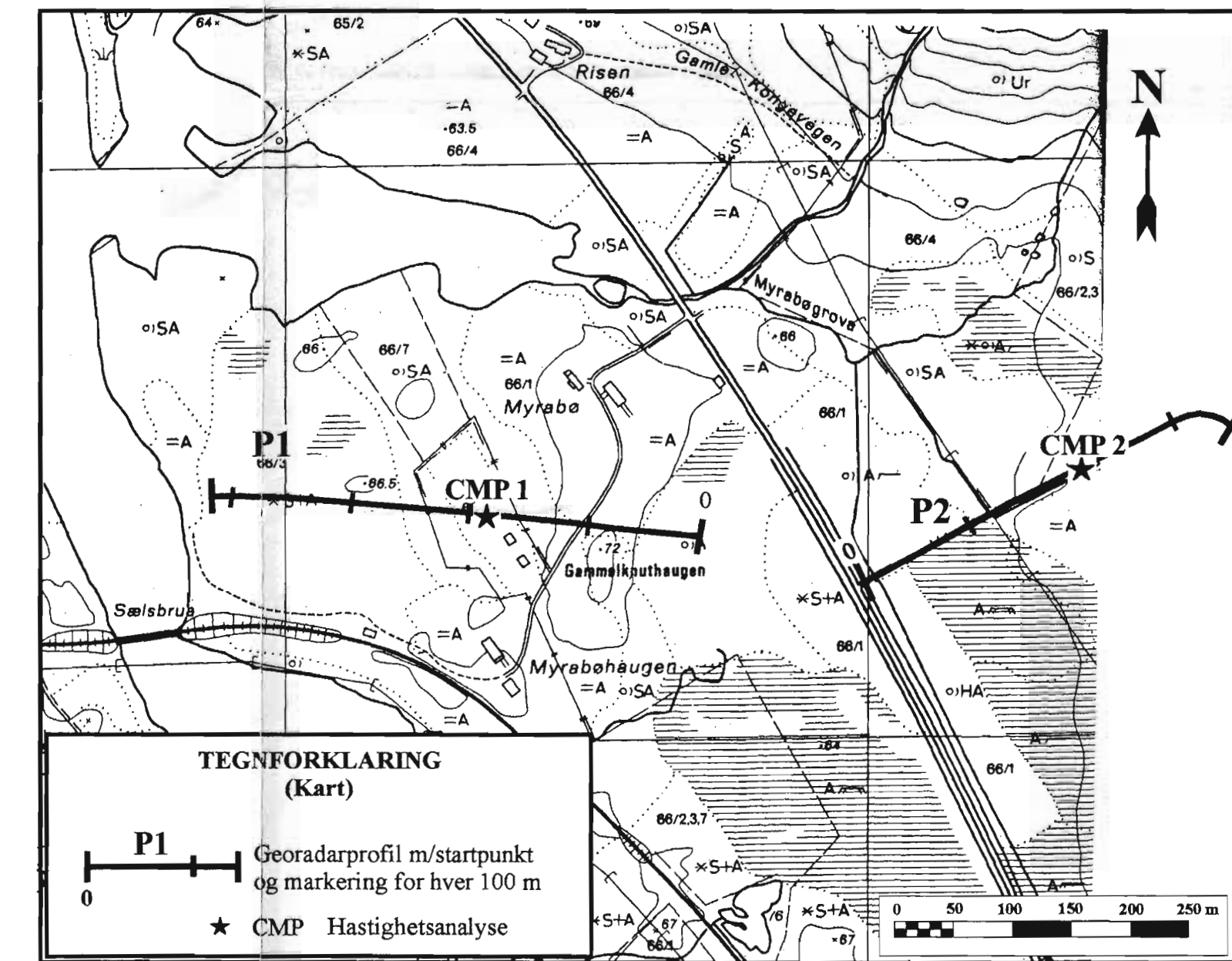
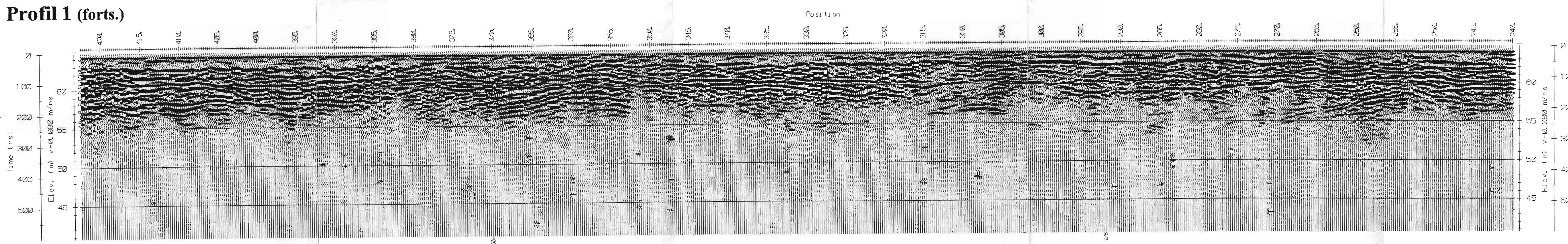
TEGNFORKLARING (opptak)
 CMP 1 CMP hastighetsanalyse

NGU GEORADAROPPTAK P1 og P2 REMMEM RAUMA KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MÅLSTOKK 1:5000 (kart)	MÅLT HE/BI Juni -98 TEGN HE Febr. -99 TRAC KFR KONF
	TEGNING NR 99.025-02	KARTBLAD NR 1319 I

Profil 1



Profil 1 (forts.)

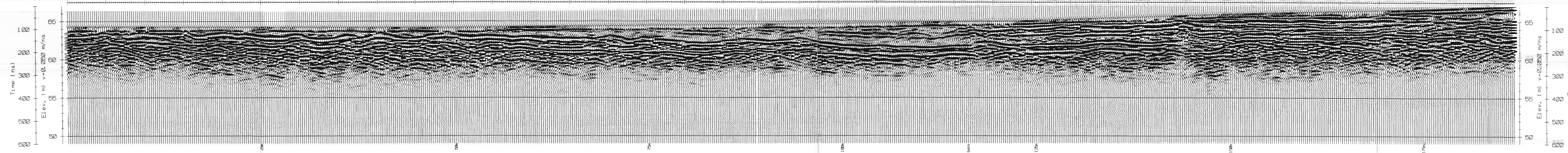


TEGNFORKLARING (opptak)

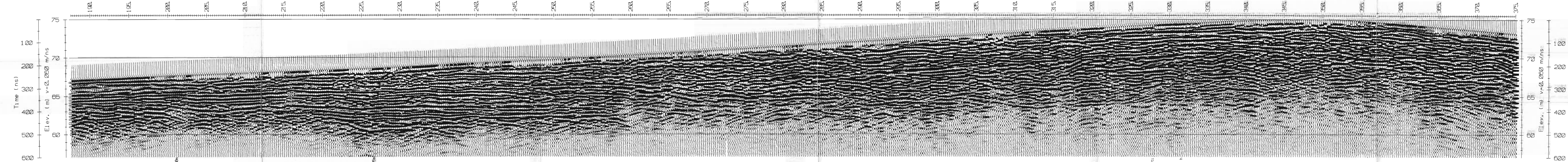
↓ CMP 1 CMP hastighetsanalyse

NGU GEORADAROPPTAK P1 MYRABØ RAUMA KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MÅLESTOKK 1:5000 (kart)	MÅLT HE/BI JUNI -98 TRAC KFR KONF
	TEGNING NR 99.025-03	KARTBLAD NR 1319 I
	FEBR. -99	

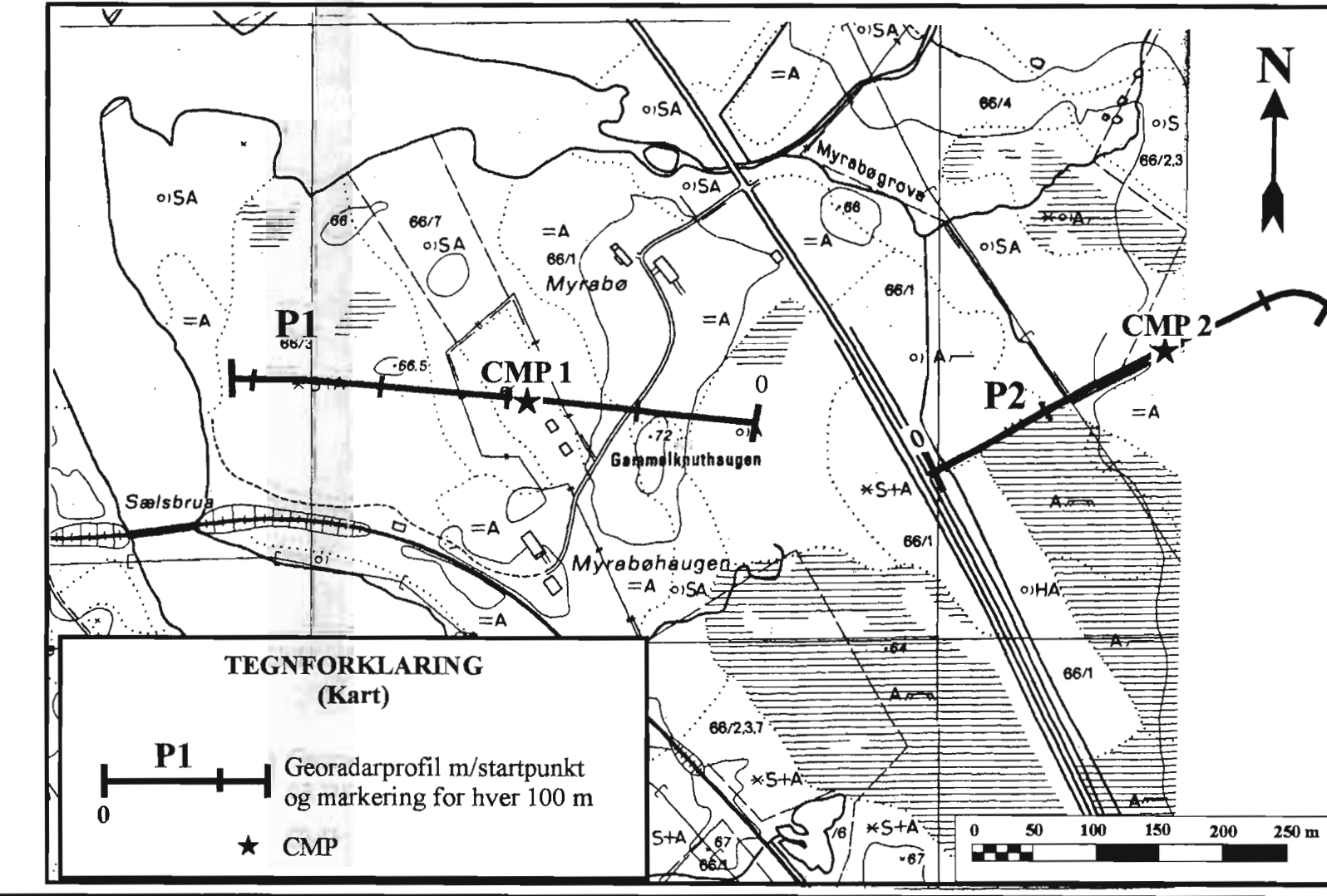
Profil 2



Profil 2 (forts.)



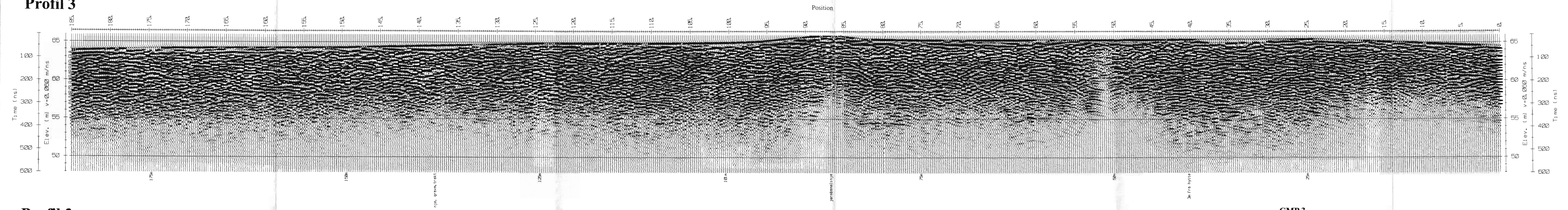
CMP 2



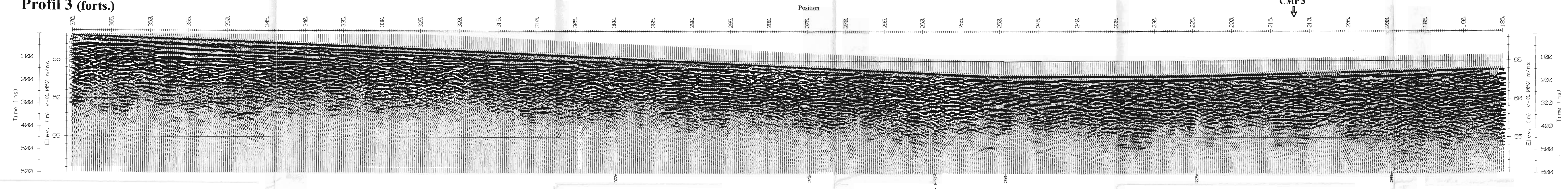
TEGNFORKLARING (opptak)
 CMP 1 CMP hastighetsanalyse

NGU GEORADAROPPTAK P2 MYRABØ RAUMA KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK 1:5000 (kart)	MÅLT HE/BI TEGN HE TRAC KFR KONF	Juni -98 Febr. -99
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 99.025-04	KARTBLAD NR 1319 I	

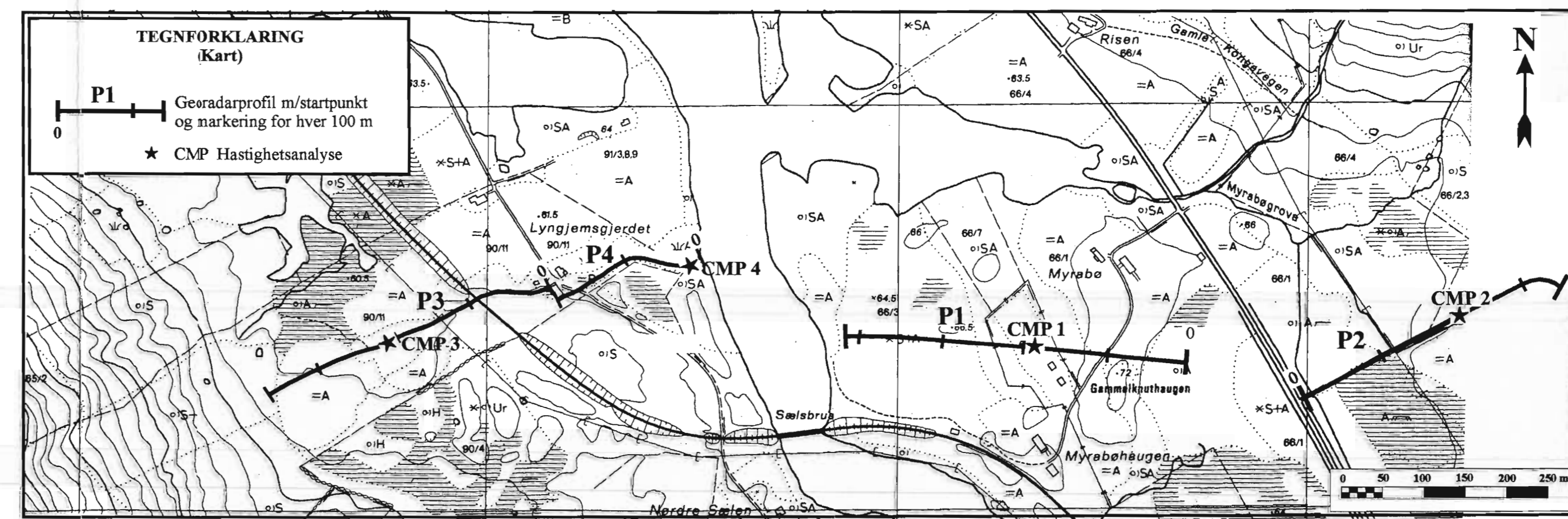
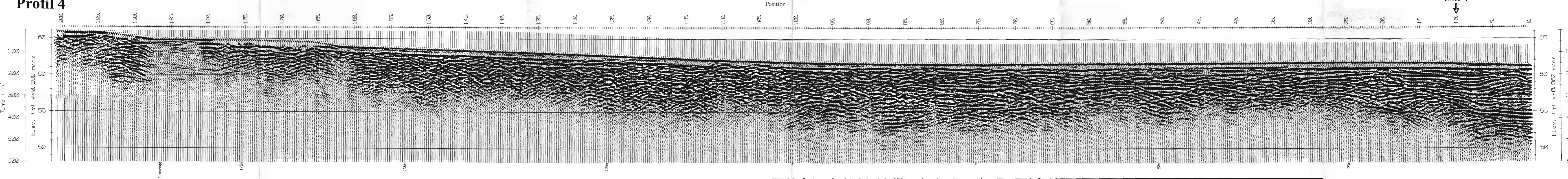
Profil 3



Profil 3 (forts.)

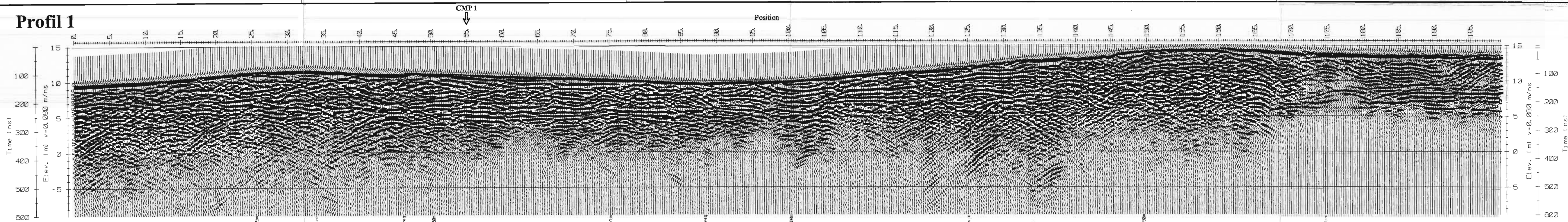


Profil 4

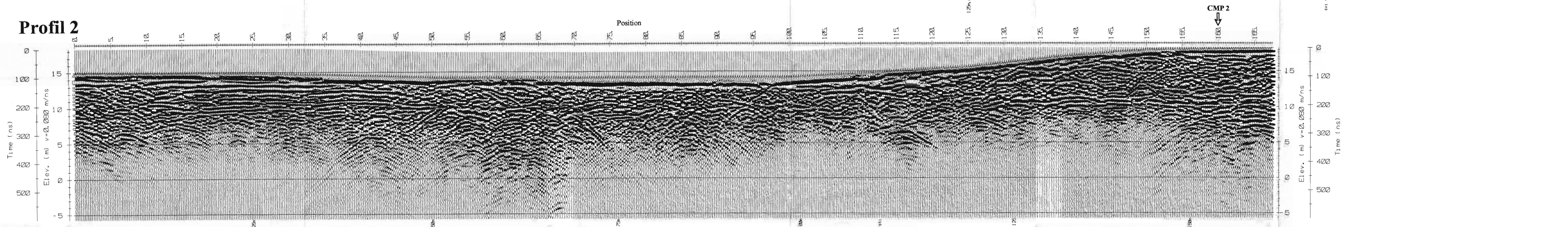


NGU GEORADAROPPTAK P3 og P4 LYNGJEMSGJERDET RAUMA KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK 1:5000 (kart)	MALT HE/BI Juni -98 TEGN HE Febr. -99 TRAC KFR KONF	TEGNING NR 99.025-05	KARTBLAD NR 1319 I
---	-------------------------------	--	-------------------------	-----------------------

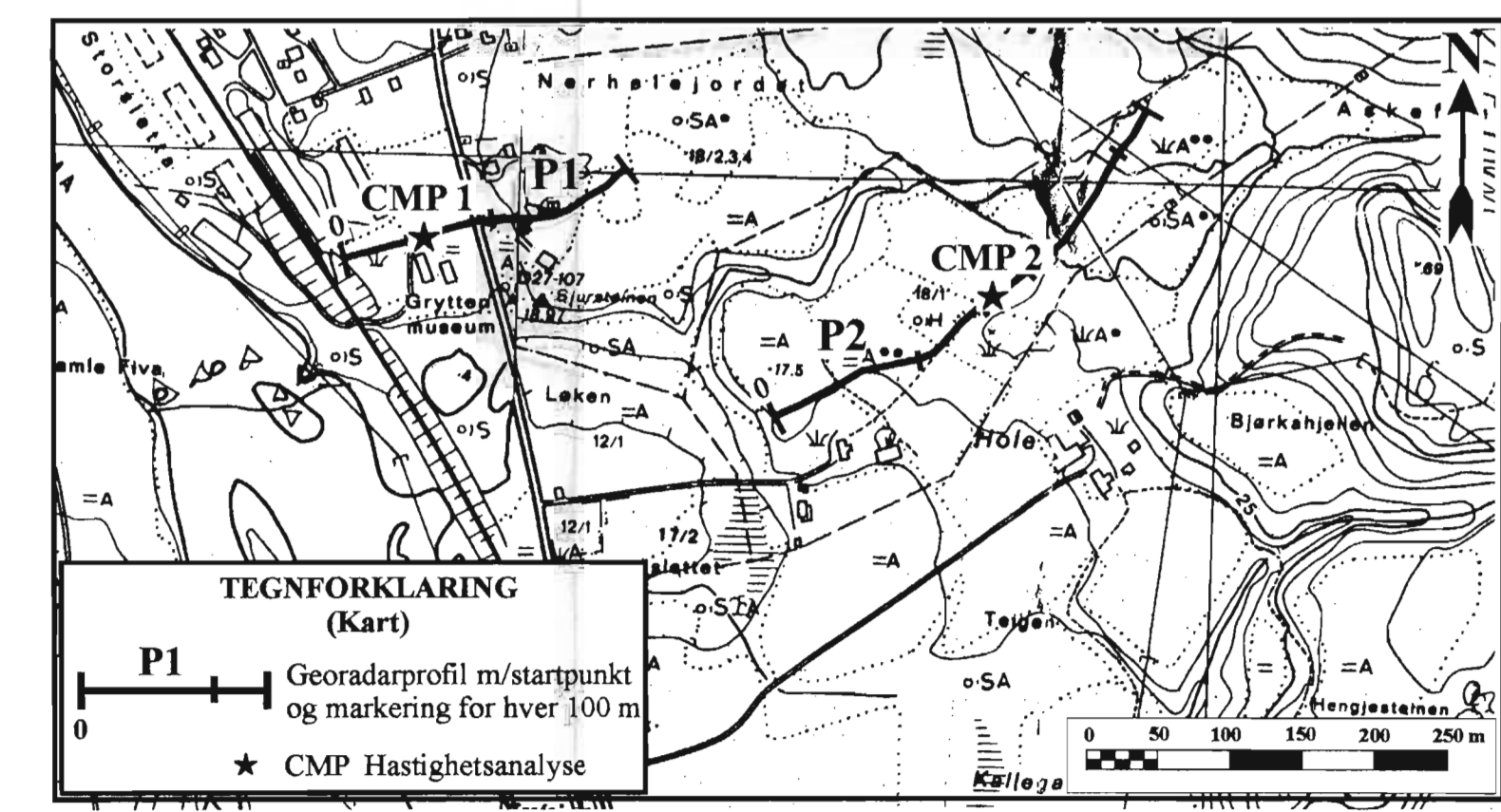
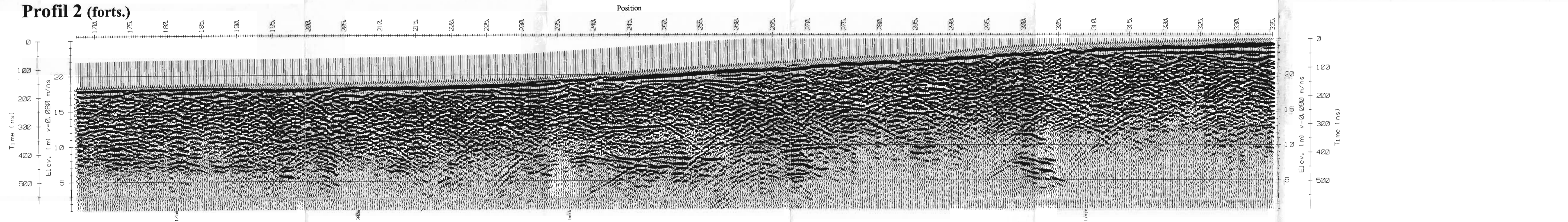
Profil 1



Profil 2



Profil 2 (forts.)



TEGNFORKLARING (opptak)

↓ CMP 1 CMP hastighetsanalyse

NGU GEORADAROPPTAK, P1 og P2 GRYTTE RAUMA KOMMUNE, MØRE OG ROMSDAL NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MÅLESTOKK 1:5000	MÅLT HE/BI TEGN HE TRAC KFR KONF	Juni -98 Febr. -99
	TEGNING NR 99.025-06	KARTBLAD NR 1320 II	