

| | | | | |
|--|--|---|------------------------|-------------|
| Rapport nr.: 98.146 | | ISSN 0800-3416 | Gradering: Åpen | |
| Tittel: TESTPROSJEKT FINNEIDFJORD; INTEGRERT SKREDFAREKARTLEGGING - METODEVURDERING. FORELØPIG RAPPORT. | | | | |
| Forfatter: Oddvar Longva, Lars Harald Blikra, Eirik Mauring, Terje Thorsnes og Else Reither | | Oppdragsgiver: Statens kartverk/ NGU | | |
| Fylke: Nordland og Troms | | Kommune: Hemnes og Balsfjord | | |
| Kartblad (M=1:250.000) Mo i Rana og Tromsø | | Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1927.2 Korgen, 1927.3 Elsfjord, 1533.1 Balsfjord og 1533.2 Tamokdalen | | |
| Forekomstens navn og koordinater: | | Sidetall: 37 | Pris: 130,- | |
| Feltarbeid utført: 19.08.98 - 02.10.98 | | Rapportdato: 16.11.98 | Prosjektnr.: 281200 | Ansvarlig: |
| Sammendrag: I denne rapporten gis en foreløpig oppsummering av Testprosjekt Finneidfjord , som er et av testprosjektene foreslått i Statens kartverks prosjekt <u>Videreføring av kartlegging av fare for løsmasseskred i Norge</u> . Testprosjektet er utvidet geografisk i forhold til forslaget i forprosjektet til også å gjelde Balsfjord hvor det i 1988 gikk et fatalt leirskred med tap av menneskeliv. Testprosjektet er et samarbeidsprosjekt mellom Statens kartverk og NGU. Innenfor prosjektet er det fokusert på anvendelsen og nytten av ulike geologiske og geofysiske metoder for å påvise skredfarlige sedimenter i sjøen og strandnært på land. I tillegg er det lagt ned en betydelig innsats på å sammenstille både eksisterende og nyinnsamlede data i forskjellige GIS-verktøy for å lette tolkingen av data og å se sammenhenger mellom de forskjellige datasett. Målet er å komme fram til de mest kostnadseffektive metoder for en sikker påvisning av skredfarlige områder i strandsonen. I tidsrommet august til oktober i 1998 er det samlet inn nye data i Finneidfjord og Balsfjord. Følgende metoder er benyttet; refleksjonsseismikk, sidesøkende sonar, enkel- og multistråle-ekkolodd, georadar og refraksjonsseismikk. I tillegg er bunnsedimentene i Sørfjorden og i Balsfjord prøvetatt og det er gjennomført kvartærgeologisk kartlegging og gravinger på land i Balsfjord. Det er påvist flere områder med ustabile løsmasser. Geotekniske undersøkelser som Statens vegvesen i Troms har gjennomført bekrefter uavhengig at områdene har stabilitetsproblemer. Alle metodene som er testet er nyttige i en skredfarevurdering, og foreløpig synes det klart at kvartærgeologiske kart, seismikk og en type detaljtopografi/bilder av sjøbunnen er nødvendige data. Endelig rapportering foretas i mai-1999. | | | | |
| Emneord: Refleksjonsseismikk | | Refraksjonsseismikk | | Georadar |
| Sidesøkende sonar | | Batymetri | | Prøvetaking |
| Kvartærgeologi | | Geoteknikk | | Fagrapport |

INNHOOLD

| | |
|--|----|
| 1. INNLEDNING | 4 |
| 2. METODER..... | 5 |
| 2.1 Refleksjonsseismikk i sjøen | 6 |
| 2.2 Sidesøkende sonar | 8 |
| 2.3 Enkeltstråle-ekkolodd | 10 |
| 2.4 Multistråle-ekkolodd | 12 |
| 2.5 Prøvetaking av bunnsedimenter | 14 |
| 2.6 Georadar | 16 |
| 2.7 Refraksjonsseismikk på land | 18 |
| 2.8 Kwartærgeologisk kartlegging | 20 |
| 2.9 Gravinger i skredmasser på land | 22 |
| 3. HVA ER GJORT HVOR | 24 |
| 3.1 Finneidfjord..... | 24 |
| 3.2 Balsfjord..... | 24 |
| 4. FORELØPIGE RESULTATER | 26 |
| 4.1 Finneidfjord..... | 26 |
| 4.2 Balsfjord..... | 28 |
| 5. GEOGRAFISKE INFORMASJONS SYSTEMER ELLER GIS | 34 |
| 5.1 Sammenstillinger i GIS | 34 |
| 6. ØKONOMI..... | 36 |
| 7. OPPFØLGING OG KONKLUSJON..... | 37 |

1. INNLEDNING

Etter kvikkleireskredet i Rissa i 1978 ble det satt igang kartlegging av faren for kvikkleireskred på Østlandet og i Trøndelag. Arbeidet ble primært utført av Norges Geotekniske Institutt og Norges geologiske undersøkelse. Dette arbeidet nærmer seg sin avslutning. Det tragiske skredet i Finneidfjord i 1996, hvor fire mennesker omkom, aktualiserte en videreføring av denne kartleggingen.

Statens kartverk, som nå administrerer skredkartleggingen i Norge, ga NTNU ansvar for å lage en utredning for et slikt prosjekt og leverte i desember 1997 følgende rapport: Emdal, A., Nordal, S. og Janbu, N. 1997: **Videreføring av kartlegging av fare for løsmasseskred i Norge**. Høringsutkast. Rapport nr:O.97.03-1, NTNU, Institutt for geoteknikk.

Rapporten skisserer følgende tidsplan for kartleggingen:

1997: Forprosjektfase, rapportert i Emdal, Nordal og Janbu (1997)

1998: Testprosjektfase, for utprøving og endelig fastlegging av metodikk

1999 - : Hovedprosjektfase, utføres i henhold til konklusjoner fra forprosjekt og mellomfase.

Tidsplanen er allerede forskjøvet slik at testprosjektfasen også vil gå inn i 1999.

I denne rapporten gis en foreløpig oppsummering av **Testprosjekt Finneidfjord**, som er et av testprosjektene foreslått i forprosjektet. Prosjektet er utvidet geografisk, i forhold til forslaget i forprosjektet, til også å gjelde Balsfjord hvor det i 1988 gikk et fatalt leirskred med tap av menneskeliv. Testprosjektet er et samarbeidsprosjekt mellom Statens kartverk og NGU. Innenfor prosjektet er det fokusert på anvendelsen og nytten av ulike geologiske og geofysiske metoder for å påvise skredfarlige sedimenter i sjøen og strandnært på land. I tillegg er det lagt ned en betydelig innsats på å sammenstille både eksisterende og nyinnsamlede data i forskjellige GIS-verktøy for å lette tolkingen av data og å se sammenhenger mellom de forskjellige datasett.

Målet er å komme fram til de mest kostnadseffektive metoder for en sikker påvisning av skredfarlige områder i strandsonen.

2. METODER

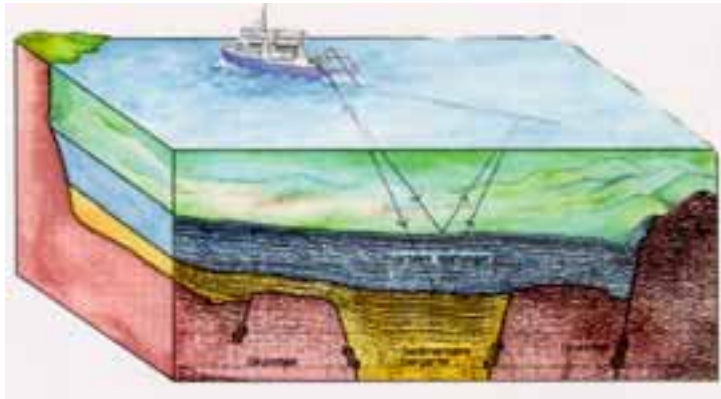
Følgende geofysiske og geologiske metoder er testet:

| Metode | Utført av | Avsnitt |
|---------------------------------|-----------|---------|
| Refleksjonsseismikk i sjøen | NGU | 2.1 |
| Sidesøkende sonar | NTNU/NGU | 2.2 |
| Enkeltstråle-ekkolodd | SKSK | 2.3 |
| Multistråle-ekkolodd | SKSK | 2.4 |
| Prøvetaking av bunnsedimenter | NGU/UiTø | 2.5 |
| Georadar | NGU | 2.6 |
| Refraksjonsseismikk på land | NGU | 2.7 |
| Kvartærgeologisk kartlegging | NGU | 2.8 |
| Gravinger i skredmasser på land | NGU | 2.9 |

2.1 Refleksjonsseismikk i sjøen

Ved den seismiske målemetoden sendes en seismisk bølge (lydpuls) ut fra ett punkt og mottas i et annet punkt. I praksis skjer dette ved at det sendes lyd signaler ut fra en signalkilde. Lyden forplanter seg gjennom vannet og ned i sedimentet. Når lyden treffer grenseflater, som overgangen fra vann til sediment eller mellom forskjellige sjikt i sedimentet med ulik tetthet eller seismisk hastighet, sendes det reflekser tilbake mot vannflaten. Ekkoene fanges opp av hydrofoner som enten taues i en kabel bak båten eller er montert på skroget og signalene skrives ut på en skriver, samt lagres elektronisk. Resultatet blir et tverrsnitt gjennom sedimentene. Rekkevidden av lydbølgene ned i sediment eller fjell og oppløsningen av de detaljer man kan se på seismikken avhenger av signalkilden og de lydfrekvenser som sendes ut.

I dette prosjektet er TOPAS Ps 40 og Geopulse Boomer brukt som signalkilder. TOPAS har en oppløsning av detaljer i sedimentene fra 0.1 m til 0.5 m, mens Geopulse Boomer har en oppløsning på 0.5 m til 1 m. Penetrasjonen av lydbølgene fra disse kildene er begrenset i sedimenter og stopper mot fjell.

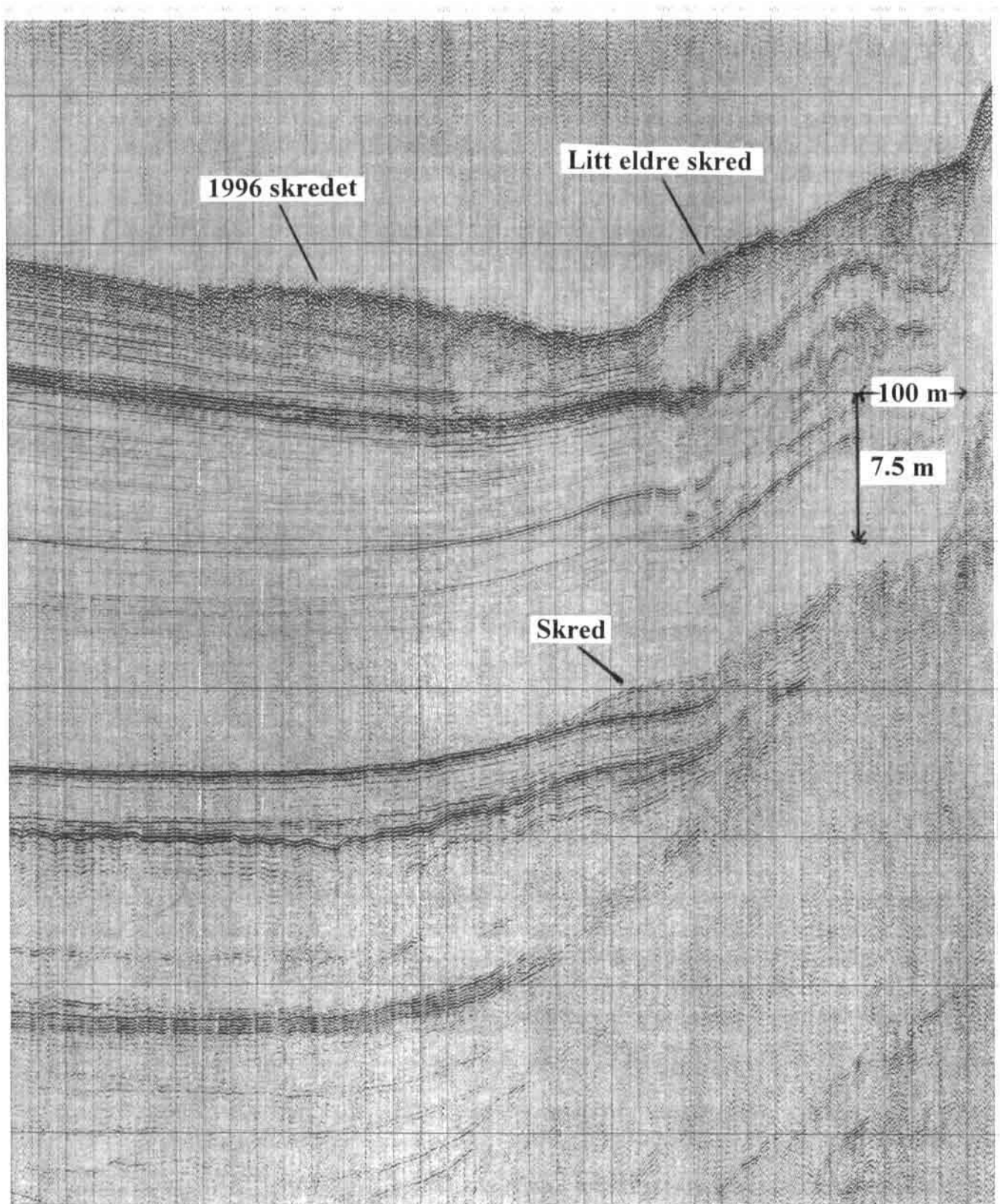


Formål:

- påvise unge skred som avsetninger på overflaten av sjøbunnen eller eldre skred som er begravd av yngre sedimenter.
- etablere en skredfrekvens for området.
- finne skredkanter og utglidninger i finkornige sedimenter i sjøen.
- påvise ustabile, finkornige sedimenter som strekker seg fra sjøen og inn på land.
- se på berggrunnsflaten og eventuelle terskler under finkornige sedimenter i strandsonen som kan fungere som demninger mot utglidning.

Eksempel:

Prosessert TOPAS registrering fra Finneidfjord. Utsnittet viser den seismiske lagdelingen i de øverste ca 50 m av sedimentene like utenfor rasgropa fra raset i 1996. Det ligger flere raspakker nedover i sedimentet. I nedre del av sekvensen ser vi flere tykke pakker som vi antar er dannet i slutten av istiden. Skredpakken som er merket med skred, ble dannet av et skred som gikk like etter istiden (anslagsvis for 8500 år siden). Raspakkene i overflaten er raset fra 1996 og et som har gått noe tidligere, tiår til hundreår. Fra seismikken ser en at 1996-raset fremdeles har svært ujevn overflate, mens det eldre raset er slettet til og har fått en tynn hinne av sedimenter over. Det typiske i Finneidfjord-området er at det ligger flere skredpakker over hverandre. Det vil si, ras har gått fra samme sted gjentatte ganger.

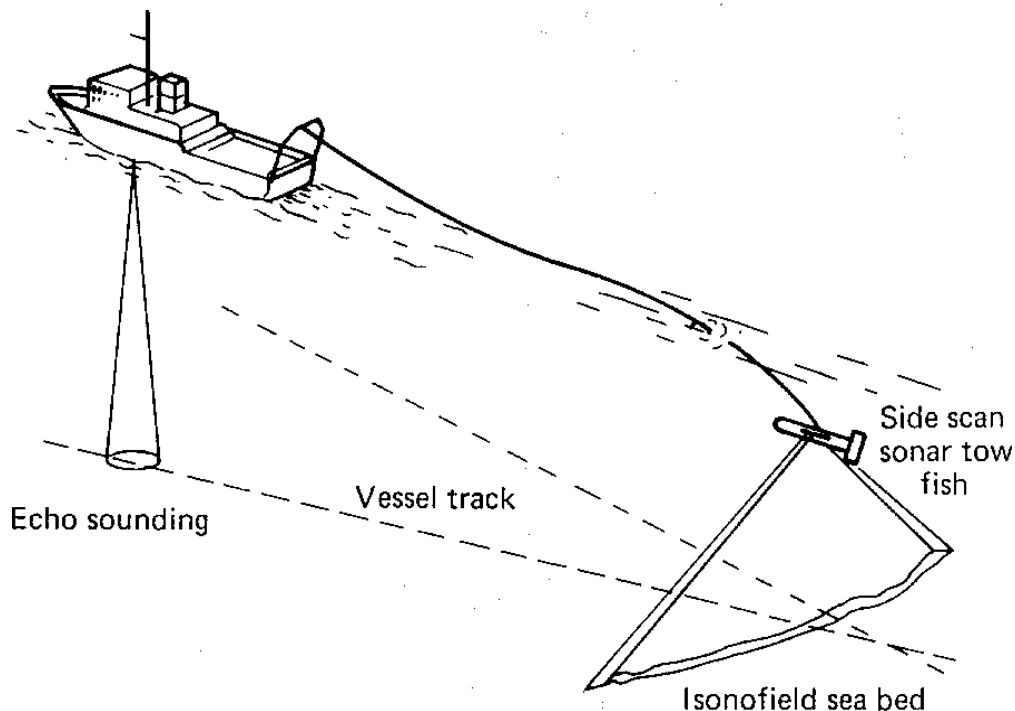


Eksempel på refleksjonsseimisk registrering

2.2 Sidesøkende sonar

En sidesøkende sonar taues som en fisk etter et fartøy og sender ut en smal lydstråle i en sektor mot havbunnen og ut til hver side. Signalene reflekteres som ekko fra sjøbunnen, fanges opp i fisken og sendes til en skriver som tegner et bilde av havbunnen.

I denne undersøkelsen er det benyttet en SeaScan PC. med sonarfisk som sender på høye frekvenser (600 kHz), og har stor detaljoppløsning, men relativt liten rekkevidde.

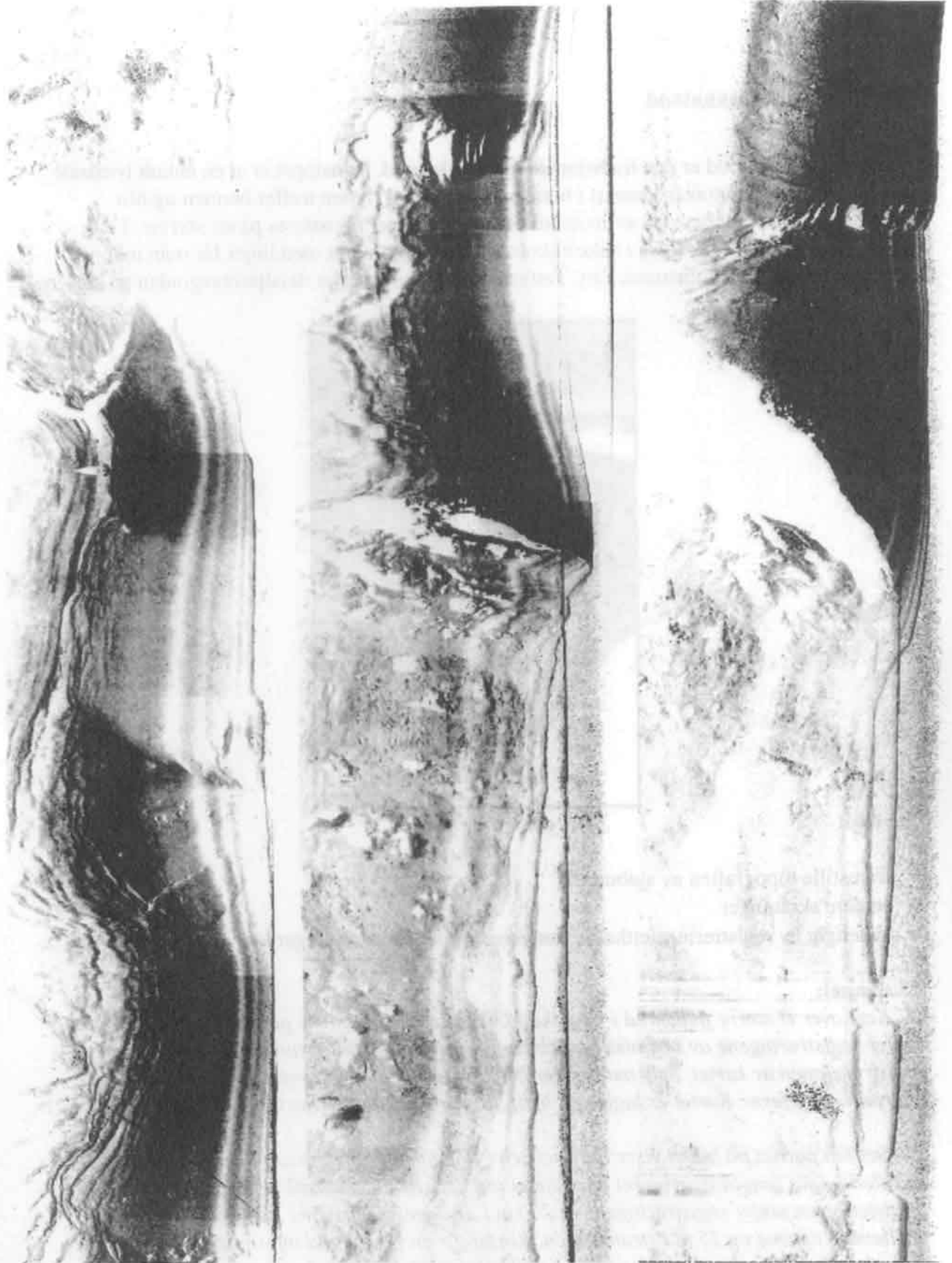


Formål:

- se skredkanter, skredgroper og skredmasser på sjøbunnen.
- se sigeformer på sjøbunnen som indikerer ustabil grunn.
- se etter veksling i sedimenttype og fjellblotninger på bunnen.
- se etter gass som siver ut av bunnen.

Eksempel:

Sidesøkende sonarregistreringer fra Finneidfjord. Hver av stripene viser en sektor på ca 75m av havbunnen. A: Sonaren ser inn mot marbakken utenfor fyllingen i strandsonen som ligger inn til rasgropen fra 1996. Til høyre på registreringen A sees skredkanten fra 1996-raset. Registreringen viser at det har gått flere initialras i marbakken i nærheten av hovedraset. B: Bildet viser den sørlige skredkanten av 1996-raset og at større blokker langs raskanten har satt seg, men ennå ikke glidd ut. Sigestrukturer i marbakken ved siden av skredet er et signal på ustabilitet. C: Stripen tilsvarer omtrent stripe B, men er sett i en litt annen vinkel.



Eksempler på sidesøkende sonar registreringer

2.3 Enkeltstråle-ekkolodd

Enkeltstråle-ekkolodd er den tradisjonelle type ekkolodd. Prinsippet er at en enkelt lydstråle går fra en sender/mottaker plassert i bunnen av et fartøy, lyden treffer bunnen og blir reflektert. Ekkoet fanges opp av mottakeren og vanddyppet registreres på en skriver. I dag nyttes digitale teknikker også i slike ekkolodd. Ved å kjøre tett med linjer får man målinger som kan brukes til å konstruere kart. Tettheten av linjene avgjør detaljeringsgraden på kartene.



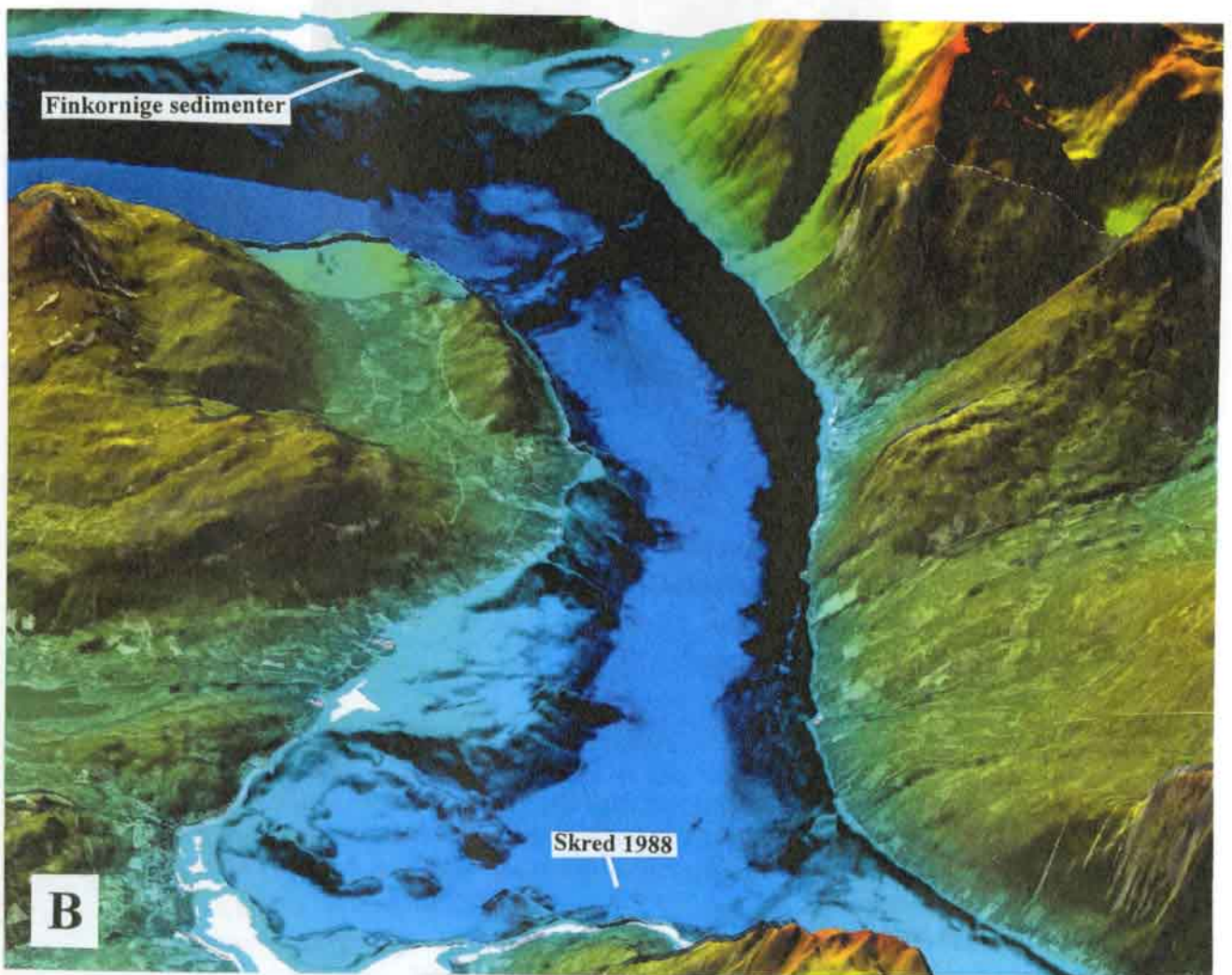
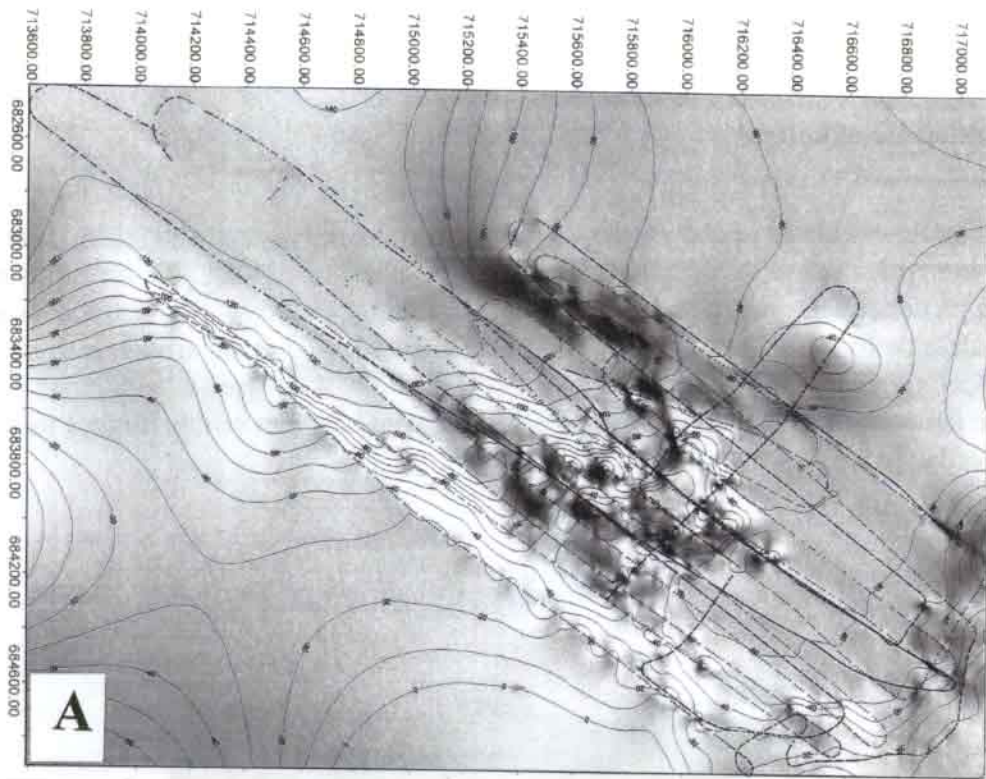
Formål:

- framstille topografien av sjøbunnen.
- studere skråninger.
- avhengig av registreringstetthet se om skredgroper og avsetninger kan identifiseres.

Eksempel:

A: Kart over et større fjellskred i Urdvika i Ullsfjord. Profillinjene på kartet viser fartøylinjer under registreringene av seismikk og dybdemålinger og gir datagrunnlaget for konstruksjonen av kartet. Selv om linjene er få gir kartet en god oversikt over skredets utbredelse og form. Kartet er laget ved hjelp av programpakken Surfer (Golden Software Inc).

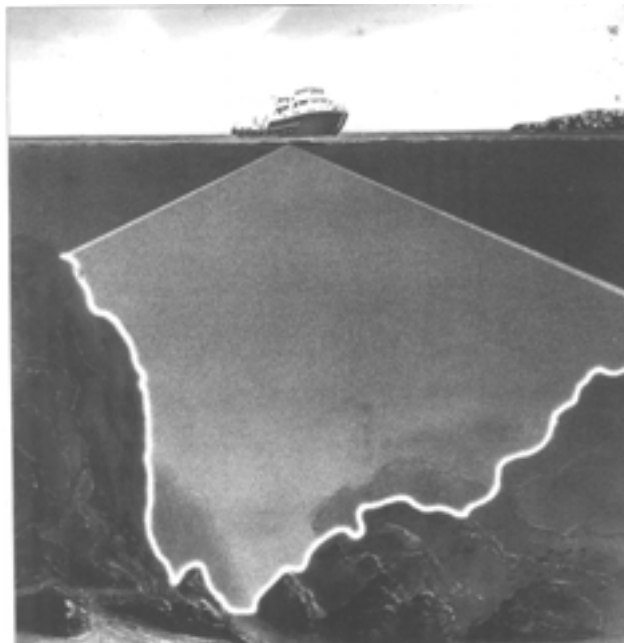
B: Det blå partiet på bildet viser batymetrien i Balsfjord basert på digitale enkeltstråle-ekkolodd-data som Sjøkartverket har samlet inn til bruk for framstilling av sjøkart. Linjetettheten under registreringene er 200 m i de dypeste partiene, 100 m og 50 m i de mellomste dypene og 25 m i strandsonen. Kartet gir en veldig god informasjon om hovedtrekkene i fjorden, og det er råd å plukke ut områder hvor det sannsynligvis ligger finkornige sedimenter i strandsonen. Man kan også se en del detaljer, mellom annet leirskredet som gikk i 1988. Kartet er framstilt tredimensjonalt i programpakken ER-Mapper.



Eksempler på kart laget på basis av enkeltstråleekkolodd-registreringer

2.4 Multistråle-ekkolodd

I et multistråle-ekkolodd sender ekkoloddet ut et stort antall lydstråler samtidig. Disse er plassert innbyrdes slik at de kartlegger havbunnen i en sektor til hver side for fartøyet. Bredden på denne sektoren avhenger av type ekkolodd og vandyp. De mest moderne multistråle-ekkoloddene har også en sonarfunksjon som kan gi et sonarbilde av bunnen. I prinsippet gir multistråle-ekkoloddet en flatedekkende beskrivelse av havbunnen og ved moderne datateknologi kan man lage framstillinger som best kan sammenlignes med flyfoto av landjorda.

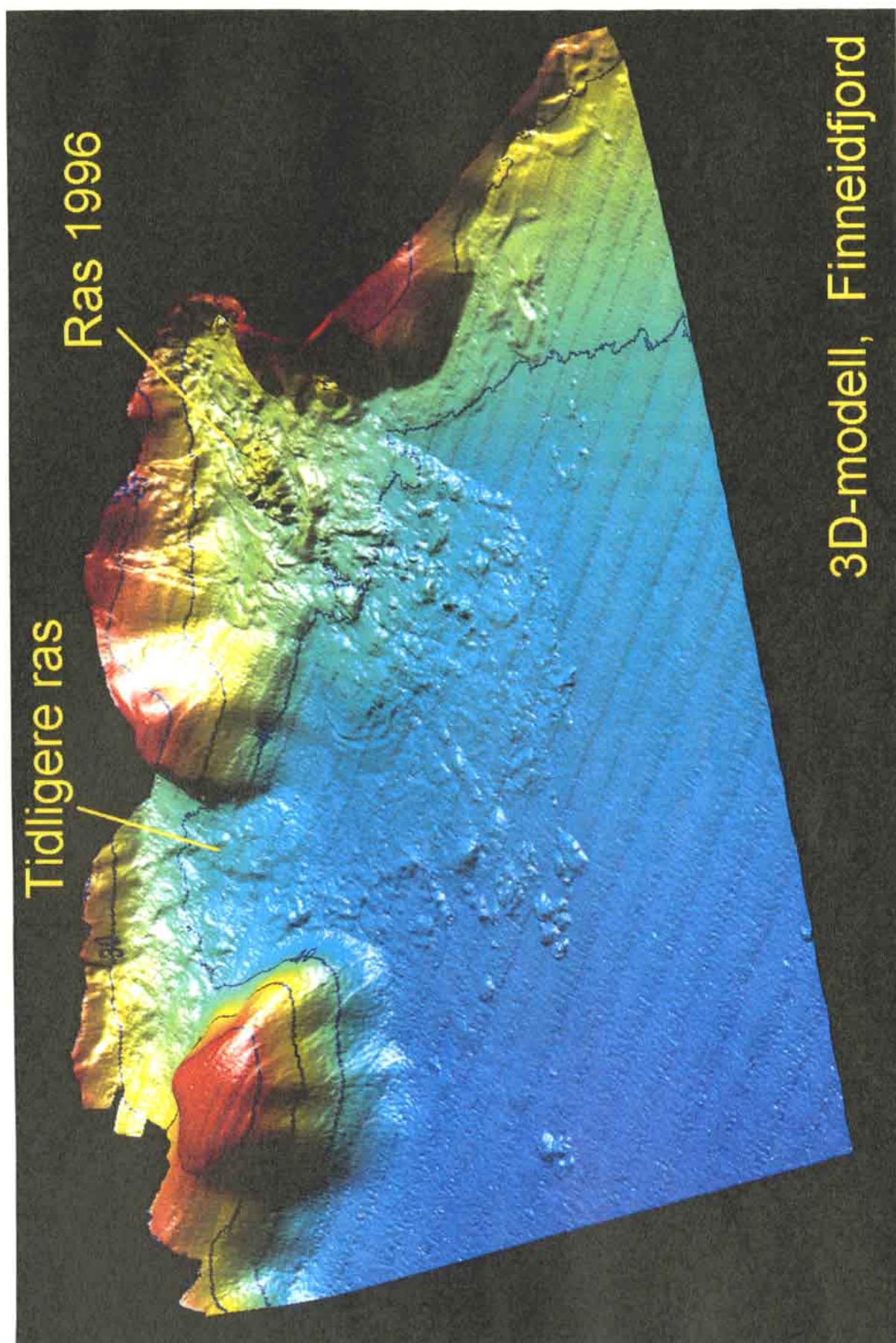


Formål:

- få fram detaljerte bilder av havbunnen.
- påvise skredgroper og skredavsetninger.
- se på erosjonsformer på sjøbunnen.
- se om gass siver opp av sedimentene.

Eksempel:

Bildet viser et skyggerelieff-bilde av avsetningene på bunnen av Sør fjorden etter skredet som gikk i Finneidfjord i 1996. Skyggerelieffet framkommer ved at det lages en digital terrengmodell som «belyses» ved hjelp av en kunstig sol. Solens plassering i forhold til himmelretning og horisont kan varieres for å framheve ulike strukturer. Bildet er laget i programpakken ER-Mapper på basis av multistråle-ekkolodd-registreringer som Sjøkartverket samlet inn på oppdrag fra NGU i september 1997.



3D bilde av 1996-raset i Finneidfjord basert på multistråleekkolodd-registreringer

2.5 Prøvetaking av bunnsedimenter

Elver og bekker, skred og bølgevasking i strandsonen fører sedimentpartikler ut i fjorden hvor de bunnfelles. De groveste partiklene, som sand og grus, avsettes i elveosen eller ligger igjen i strandsonen. De fineste partiklene, som silt og leire, føres ut på dypere vann og bunnfelles der. Skred som går ut i fjorden vil føre en blanding av sedimenttyper med seg og avsette et «rotete» sedimentlag.

Føres det mye sedimenter ut i fjorden, «vokser» tykkelsen av bunnsedimentene fort og tilsvarende sakte om lite materiale tilføres. Når sedimentene bunnfelles, begraver de dyre- og planterester (fossiler) og de binder til seg kjemiske stoffer som finnes i havvannet. De organiske restene og noen av de kjemiske forbindelsene inneholder radioaktive isotoper som kan brukes til å datere tidspunktet for når sedimentet ble avsatt.

Prøver av bunnsedimenter tas opp enten med grabb eller forskjellige typer fallprøvetakere. Prinsippet er at et rør, på grunn av prøvetakerens vekt, presses ned i sedimentet og skjærer inn en sylinder av sedimentet. I Sørfjorden er det benyttet en Niemisto prøvetaker som tar opp 30 - 70 cm lange kjerner og i Balsfjorden en stempelprøvetaker som kan ta opp inntil 12 m lange kjerner.

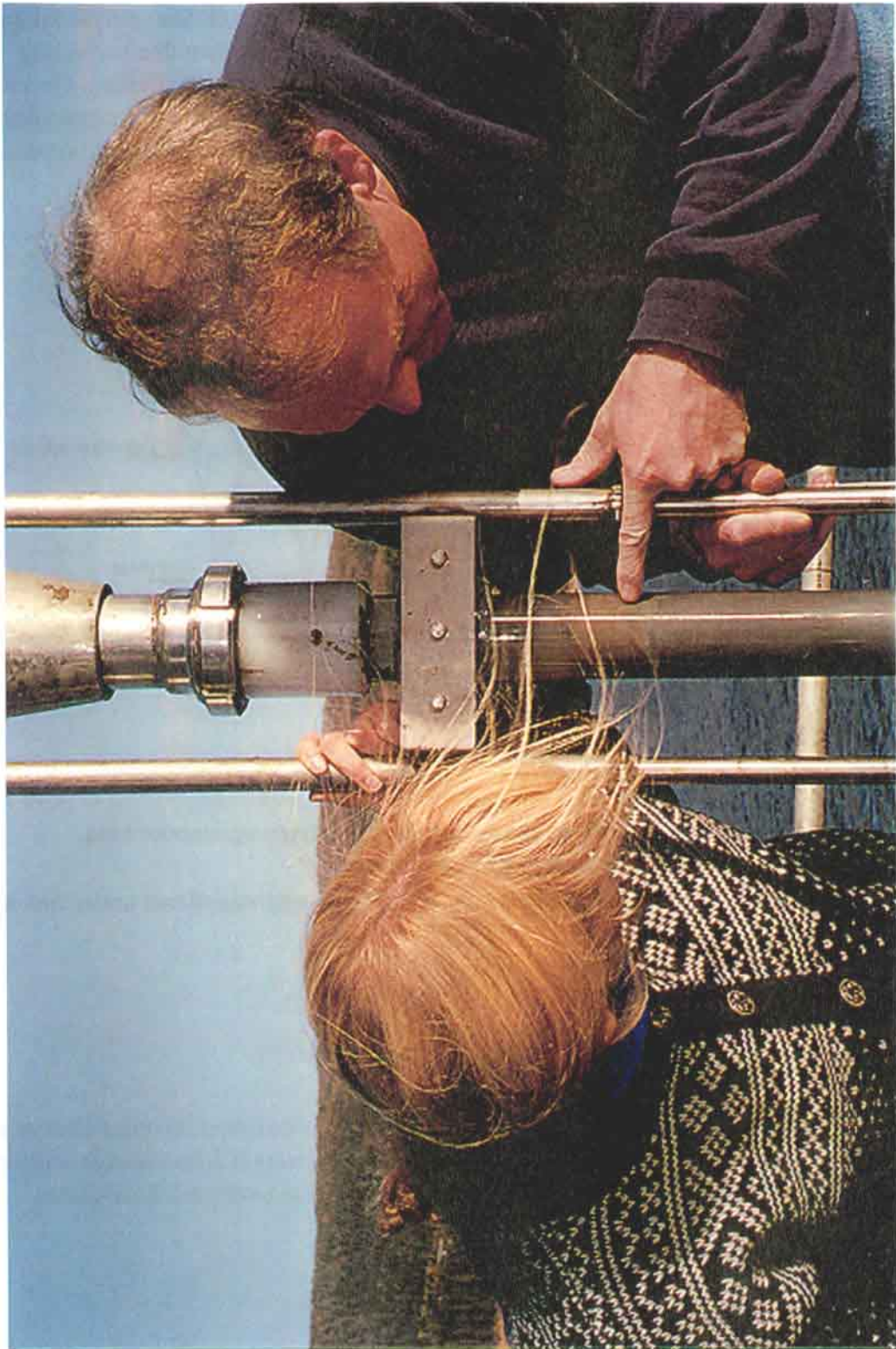


Formål:

- finne skredlag i kjernene.
- få opp materiale som kan datere skred.
- utarbeide en oversikt over hvor fort sedimentene i området «vokser» (sedimentasjonsrate).
- muliggjøre sammenligning av seismisk lagfølge og sedimentasjonsrate og få relative aldre for de ulike skredepisodene.

Eksempel:

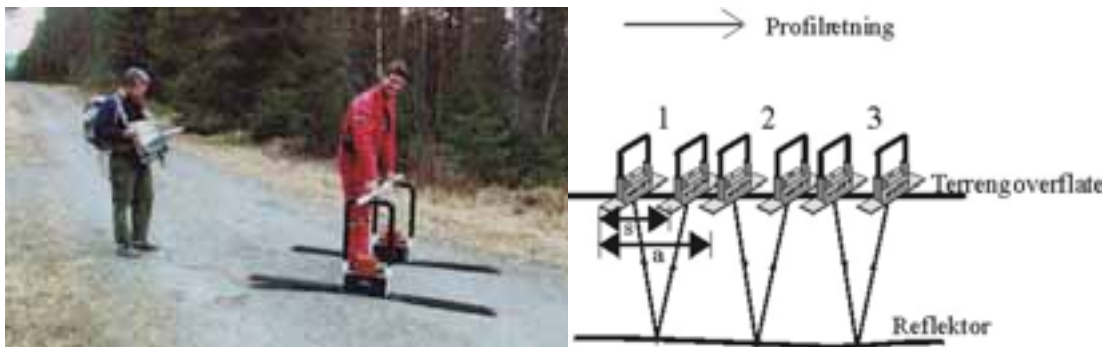
Kjernen på bildet er en 63 mm Niemisto kjerne fra overflaten av et skred i området mellom Kleivneset og Kvalneset, vest for Finneidfjord sentrum. Den viser to brune horisonter med et tynt grått lag mellom. Sannsynligvis er det grå laget rasmasser som har begravd et brunt overflatelag og igjen er dekket av ny sjøbunn.



Eksempel på kjerne av bunnsedimenter

2.6 Georadar

Georadar er et instrument som sender elektromagnetiske bølger ned i grunnen. Disse bølgene reflekteres av sjikt i løsmassene eller av fjelloverflaten. Georadar er den geofysiske metode som kan gi størst detaljinformasjon om beskaffenhet i løsmasser, men den har veldig begrenset rekkevidde - fra meter til timeter alt etter sedimentenes beskaffenhet. Georadarregistreringer måles i profiler der man stegvis flytter antennen ca 1 m om gangen eller man kan dra utrustningen på en slede eller vogn. Registreringene bearbejdes i en datamaskin og profiler over sedimentdyp og lagdeling kan tegnes ut.

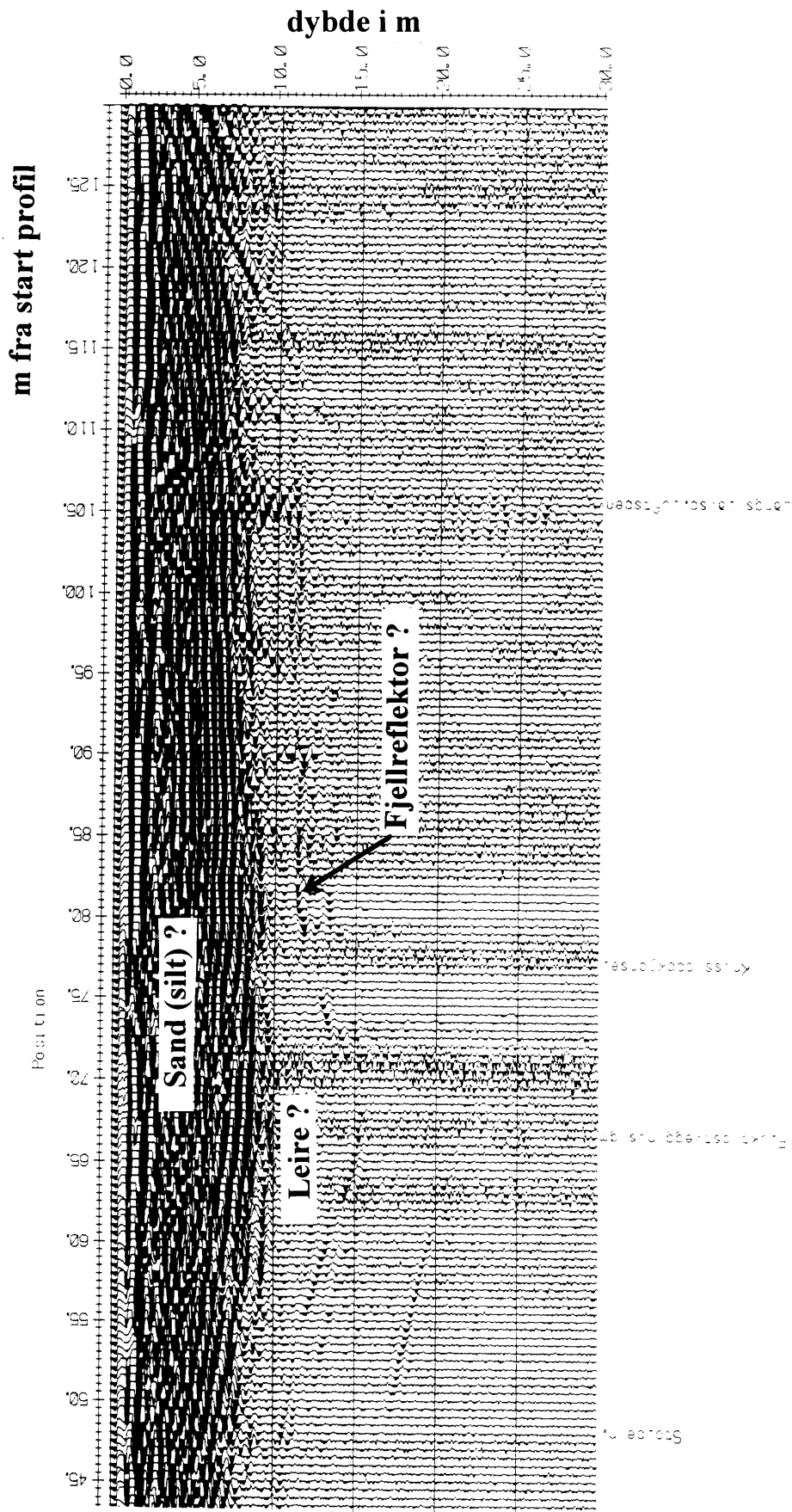


Formål:

- kartlegge utbredelse av finkornige sedimenter i strandsonen og innover land.
- påvise finkornige sedimenter under andre avsetninger.
- i de tilfeller hvor penetrasjonen er god nok, kartlegge berggrunnsflaten under finkornige sedimenter.

Eksempel:

Utskriften viser et georadarprofil langs veien i Loddbukta i Balsford. Profilet viser at det sannsynligvis ligger en 2 - 5 m mektig leirpakke under maksimum 10 m sandige sedimenter sentralt i bukta. Fjelloverflaten ligger på sitt dypeste ca 15 m under markoverflaten.



Eksempel på georadar registrering

2.7 Refraksjonsseismikk på land

Metoden baserer seg på å måle hastigheten på lydbølger som brer seg i jord og fjell. Lydbølgene utløses ved å detonere små sprengladninger langs en kabel med mikrofoner eller såkalte geofoner. Ved å sammenligne tiden lyden bruker fra forskjellige detoneringspunkter til geofonene, lages en modell over lag i jord og fjell med samme hastighet. Vanlige lydhastigheter i tørr sand er 400 - 800 m/s, i vannmetta sand og i leire ca 1500 m/s, i morene ca 2000 m/s og i fjell mer enn 3500 m/s. Registreringene gir også mulighet til å beregne nøyaktig avstand fra overflaten til de forskjellige lag - eksempelvis bergoverflaten under et dekke av sedimenter.



klipp og lim

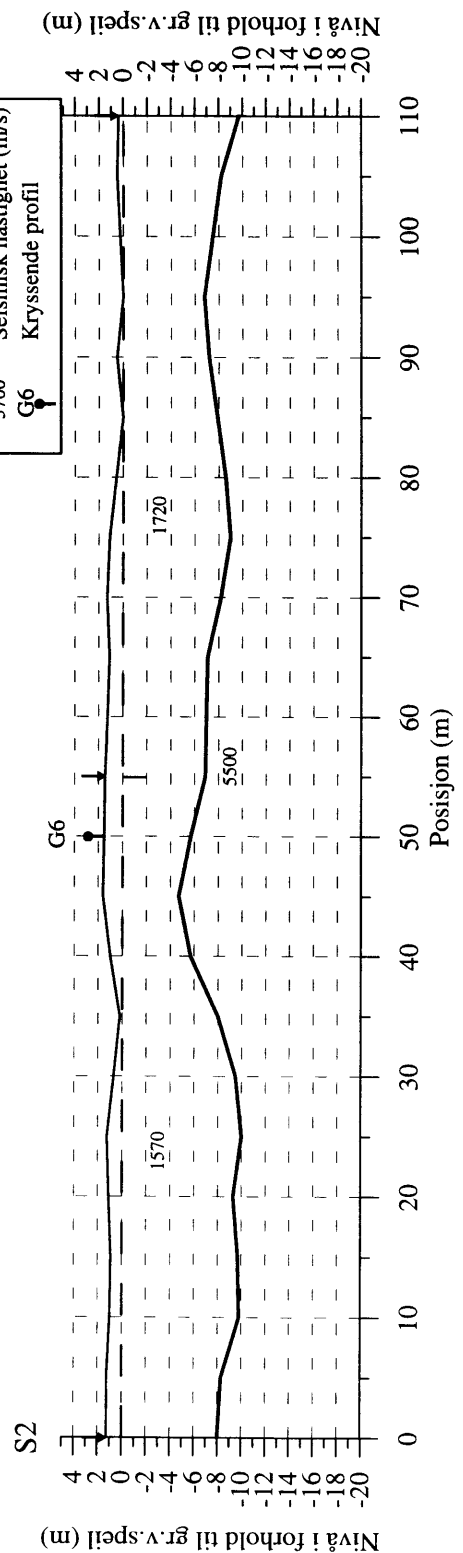
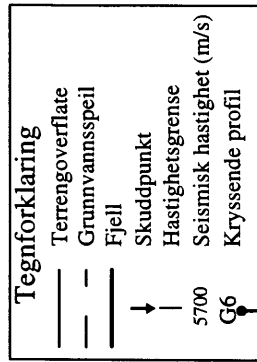
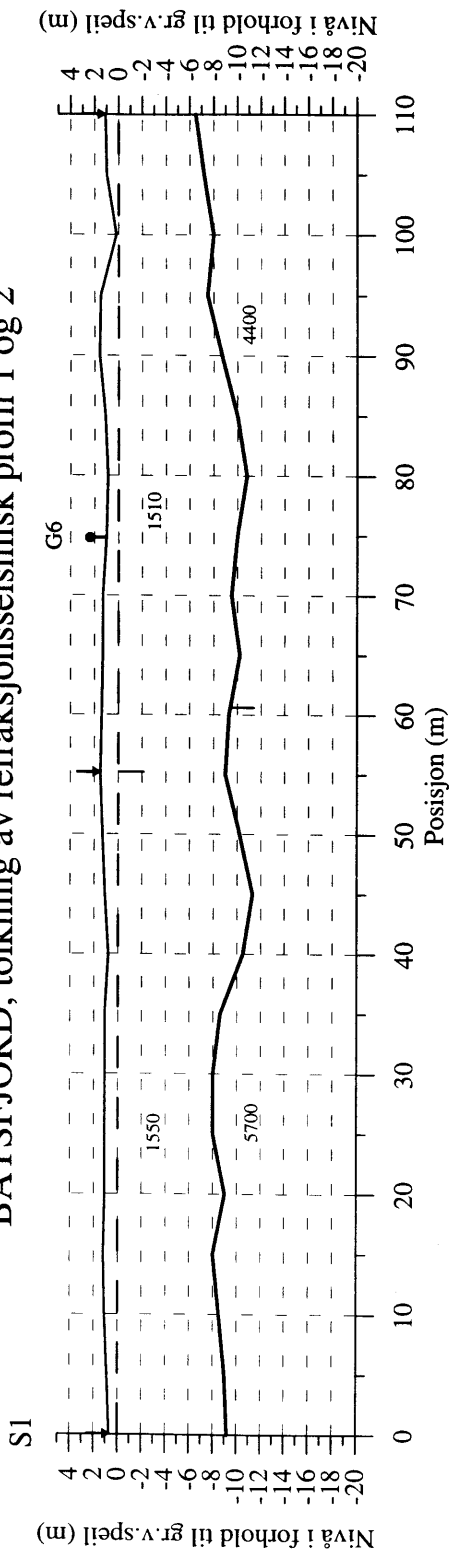
Formål:

- avgjøre om det ligger lag av finkornige sedimenter under andre sedimenter.
- kartlegge berggrunnsflaten under sedimenter.
- påvise sprekkesoner i fjellet, ettersom slike soner kan være vannførende og lede til økt skredfare.

Eksempel:

Seismiske profiler laget på basis av utført refraksjonsseismiske registreringer. Profilene viser sann dybde av løsmasser med lydhastighet mellom 1510 m/s og 1720 m/s. Sedimentet er sannsynligvis sand eller leire. Skille i lydhastighet i sedimentene, som også markerer en jordartsgrense, er markert på profilene. Det samme gjelder for underliggende berggrunn.

BÅTSFJORD, tolkning av refraksjonsseismisk profil 1 og 2



Eksempel på tolka refraksjonsseismiske profil

2.8 Kwartærgeologisk kartlegging

Kwartærgeologisk kartlegging er en kartlegging av løsmassene i et område. Man deler løsmassene inn etter om de er avsatt av en isbre, av ras, av elver eller utfelt i havet. Videre fastsettes utbredelsen og tykkelsen av de ulike sedimentene og prøver å forstå de geologiske prosessene som er aktive i området. Alt dette tegnes inn på kart ved hjelp av farger og symboler. Viktige hjelpemidler under kartleggingen er detaljerte topografiske kart, flybilder og gravinger, boringer og blotninger i sedimentene. I tillegg benyttes flere av de geofysiske metodene som er beskrevet ovenfor.

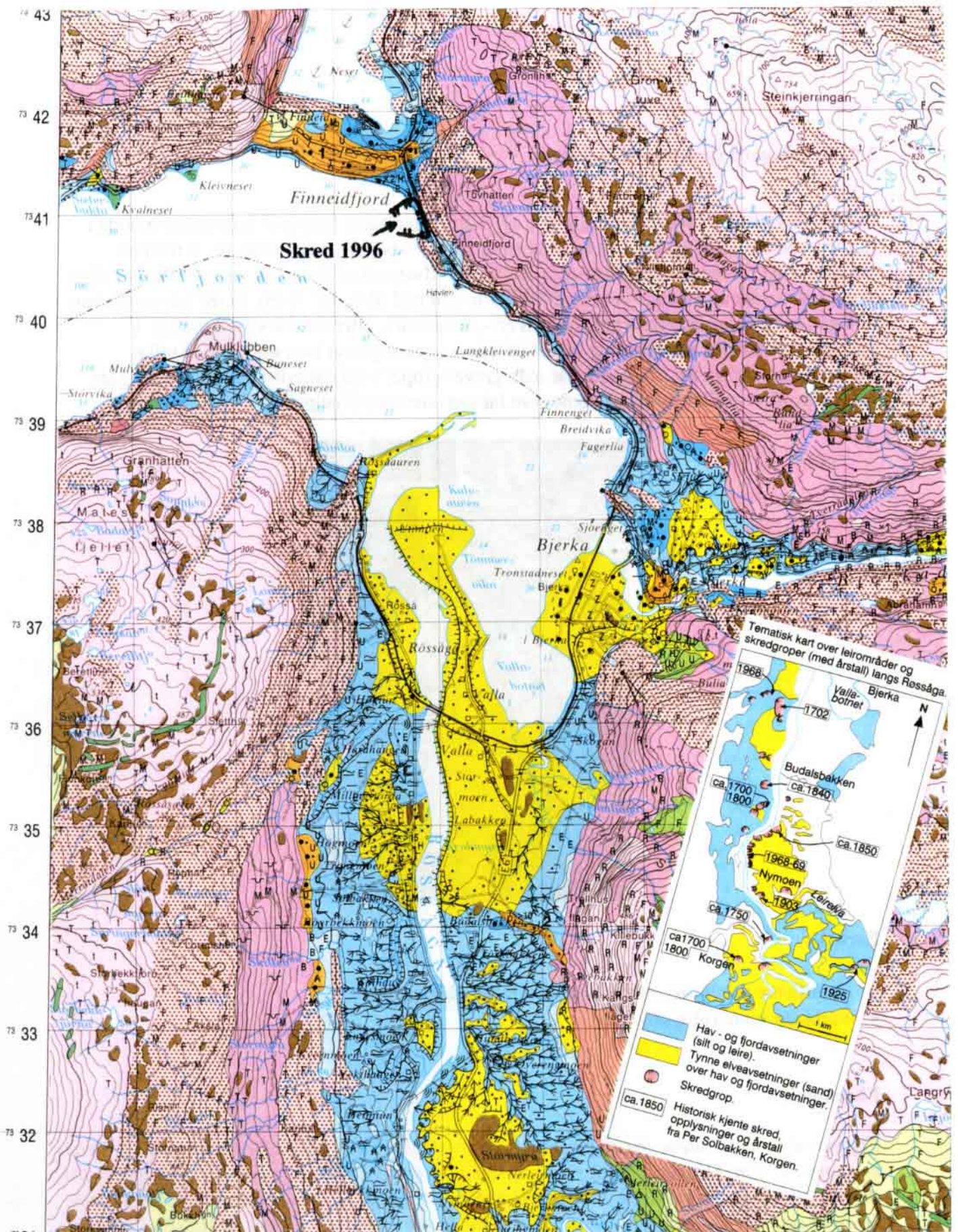


Formål:

- finne utbredelsen av sedimenter som kan være skredfarlige
- påvise tidligere skred
- påvise grunnvannsutslag

Eksempel:

Figuren viser et utsnitt av det kvartærgeologiske kartbladet Korgen i M 1:50 000. Rosa farger viser fjell, grønne farger tykt eller tynt dekke av morene som er avsatt av isbreer, oransje og gule farger viser sand og grus som er avsatt av elver, enten smeltevannselver fra istiden eller moderne elver. Blå farger viser sedimenter som er avsatt i havet, enten silt og leire avsatt i fjorden eller mer sandige og grusige sedimenter dannet i strandsonen. Det er de finkornige sedimentene silt, leire og sand avsatt i havet som er de mest rasfarlige. Kartet viser at det har gått en mengde større og mindre ras i slike sedimenter langs elva innover dalføret mot Korgen i historisk tid. Kartet viser også at det ligger mange flekker med «blå sedimenter» langs stranden av Sørkjøfjorden og at veier og bebyggelse gjerne ligger på disse flekkene. Det var en av disse «flekkene» som så tragisk raste ut i 1996 (se pil og inntegnet raskant).



Utsnitt av kvartærgeologisk kart

2.9 Gravinger i skredmasser på land

I nord-Norge ligger mye av bebyggelsen og veier og jernbane i en smal sone langs stranda i fjorder med bratte fjellsider. Det betyr at strandsonen også kan være utsatt for skred ned skråningene i tillegg til at fundamentet i selve strandsonen kan svikte og rase ut. Når det skjer skred i skråningene avsettes det skredvifter ofte helt ned til og ut i sjøen. Skred har en tendens til å gå i samme område flere ganger med års-, hundreårs- eller tusenårs mellomrom. I avsetningsområdene for skredene legges skredmassene seg over hverandre og de ulike skredene kan skilles fra hverandre når man graver groper i slike rasvifter. Som oftest ligger det jordprofiler mellom skredpakkene som lar seg datere ved hjelp av ¹⁴C metoden.

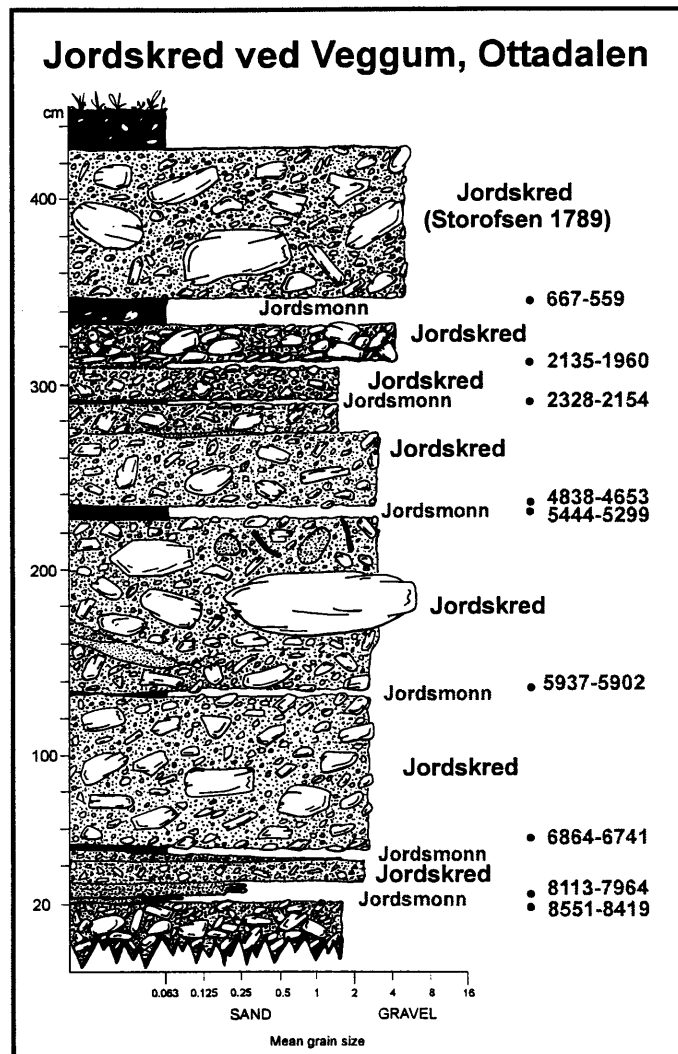


Formål:

- identifisere antall ras i området og datere skredepisoder.
- utarbeide sannsynlig skredfare.

Eksempel:

Figuren viser resultatene fra en graving i et jordskredområde i Sel i Gudbrandsdalen. Dette er et område som ble meget hardt skadet under Storofsen i 1789. Det øverste skredlaget er fra denne hendelsen, og en kan se at kulturlaget fra før Storofsen er bevart under skredmassene. Gravegropa viser at det må ha gått minst 7 jordskred i området i løpet av de siste 8000 år. Normalt klarer en ikke å fange opp alle skredene i en grop, derfor må en regne med dobbelt så mange hendelser i dette området. Basert på eldre hendelser kan en da estimere en skredsannsynlighet på ca. 5×10^{-2} pr år (1 skred pr 500 år). Slike gravegroper er ofte avgjørende for å kunne estimere en skredsannsynlighet i jordskredområder.



Eksempel på lagfølge i en gravegrop i et skredområde

3. HVA ER GJORT HVOR

3.1 Finneidfjord

I Finneidfjord eksisterte mye data før testprosjektet ble startet (se Tabell 1). Spesielt framheves kvartærgeologisk kart, multistråle-ekkolodd og geotekniske boringer. Det er derfor fokusert på å samle inn høyoppløselig seismikk som støtte til å tolke skredfrekvens ut fra det bilde multistrålebatymetrien gir (Fig. 1, Tabell 2). Det er samlet inn prøver av bunnsedimentene for å datere de forskjellige skredene. Seismikk er samlet inn over geotekniske boringer for å se om det ved hjelp av prosessert seismikk er råd å påvise sensitiv leire. Videre er det gjort en seismisk registrering langs land ellers i Sørfjorden for å teste om skred og skredfare lar seg påvise ved enkel seismisk rekognosering. Det er samlet inn sidesøkende sonarregistreringer i marbakken i indre del av Sørfjorden.

3.2 Balsfjord

I Balsfjord fantes mindre data på forhånd enn i Finneidfjord (Tabell 1). Testingen som er lagt opp (Fig. 1, Tabell 2) vil derfor gi en mer reell innsikt i hvilke metoder som er uunnværlige og hvilke som overlapper hverandre. Testen startet med en GIS-sammenstilling av Sjøkartverkets digitale enkeltstråle-ekkolodd data. På basis av den ble det kjørt seismisk registrering i fjorden og langs land i deler av fjorden. På bakgrunn av dette ble det gjennomført sonarregistreringer og senere multistråle-ekkoloddregistreringer i deler av fjorden. I noen områder der hvor seismikken registrerte finkornige sedimenter og indikasjoner på skred i sjøen, ble dette fulgt opp med en kvartærgeologisk kartlegging og tester av geofysiske metoder som georadar og refraksjonsseismikk. Eksisterende detaljtopografi og geotekniske boringer fra Troms vegkontor er trukket inn både som uavhengig test av enkeltresultater og som generell støtte for tolkninger.

Tabell 1: Eksisterende data

| Område | Sjø | | | | Land | | | |
|--------------|---|---------------------------------------|------------------------|--|---|--|--|--|
| | Geotekniske boringer <i>Statens Vegvesen</i> | Rekognoserende seismikk <i>NGU</i> | MuE <i>SKSK/NGU</i> | Digitale enkeltstråle-ekkolodd-data <i>SKSK</i> | Kvartærgeologisk kart M 1:50000 <i>NGU</i> | Berggrunns-geologisk kart M 1:250000 <i>NGU</i> | Høydedatabase M 1:50000 <i>SK</i> | Høydedatabase M 1:1000 <i>Statens Vegvesen</i> |
| Finneidfjord | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Balsfjord | x | x | | x | | x | x | x |

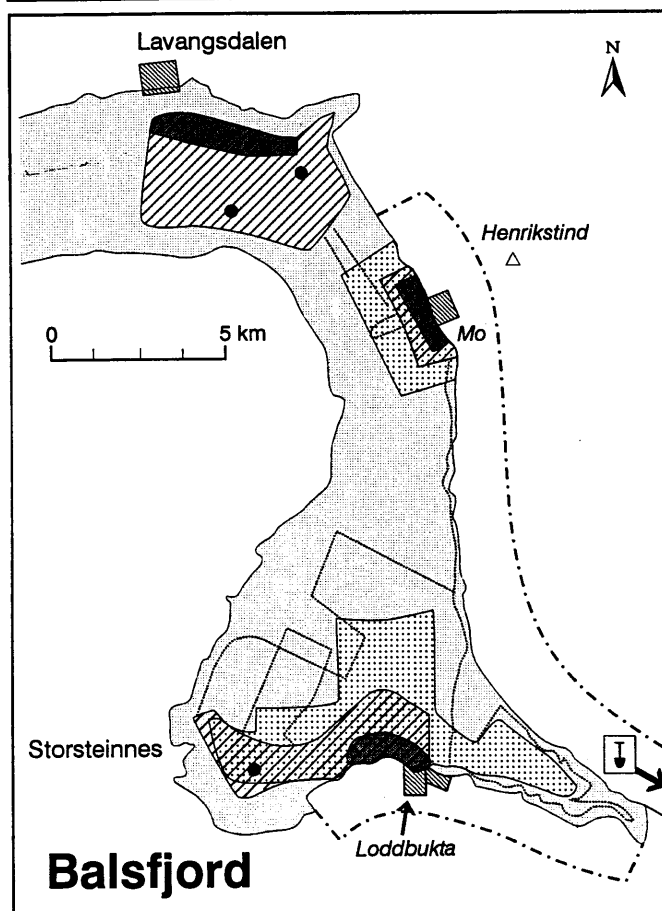
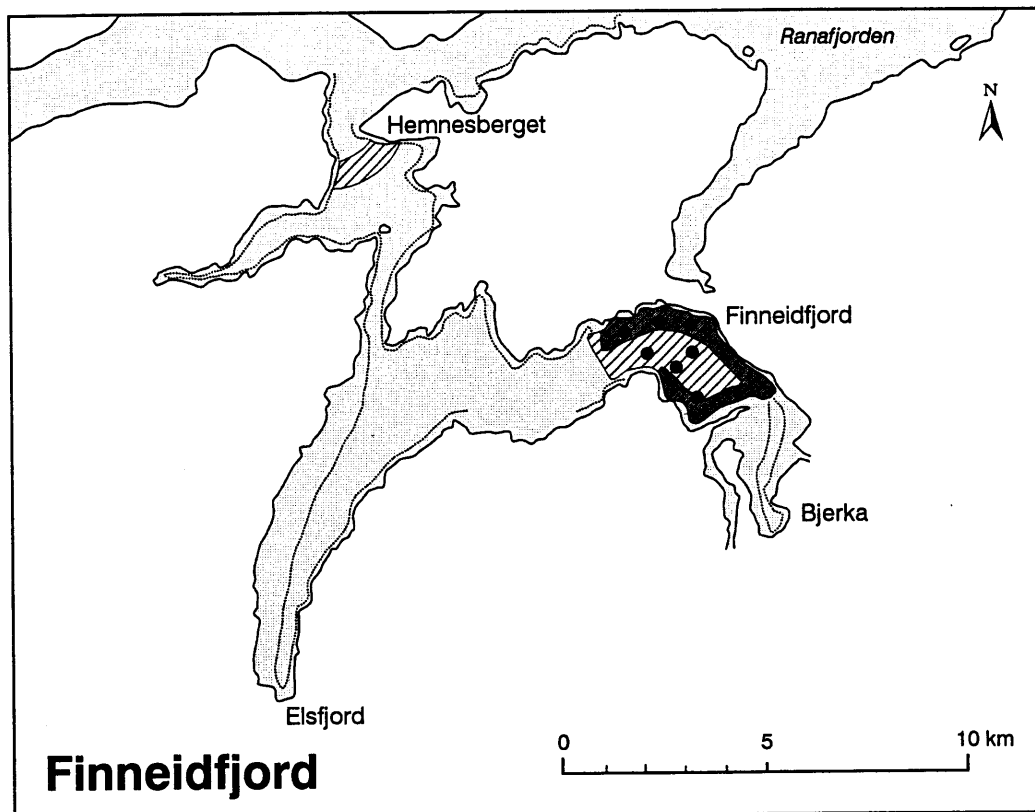
MuE: multistråle-ekkolodd data.

Kilder: *NGU*: Norges geologiske undersøkelse, *SK*: Statens kartverk, *SKSK*: Statens kartverk, Sjøkartverket

Tabell 2: Nye data

| Område | Sjø | | | | Land | | | |
|--------------|----------|----------------|-----|-------------|---------------------|----------|-----------------------|-----------|
| | Seismikk | Sidesøk. sonar | MuE | Prøvetaking | Refraksjonsseismikk | Georadar | Geologisk kartlegging | Gravinger |
| Finneidfjord | x | x | | x | | | | |
| Balsfjord | x | x | x | x | x | x | x | x |

Seismikk og sidesøkende sonarregistreringer er samlet inn med *NGU*'s fartøy «Seisma», prøvetaking i Sørfjorden er gjort med «Seisma» og i Balsfjord av Universitetet i Tromsø og deres fartøy «Jan Mayen». Multistråle-ekkolodd-dataene er innsamlet av Sjøkartverkets skip «Sjømåleren». Undersøkelsene på land er utført av *NGU*.



TEGNFORKLARING

- Seismisk linje
- ▨ Tett seismisk profilering
- Sidesøkende sonar
- ▤ Multistråleekkolodd
- Prøvetaking
- ▩ Georadar og refraksjonsseimikk
- - - - - Kvantærgeologisk kartlegging
- ⌋ Gravegroper

Fig. 1 Lokaliseringskart for anvendelsen av ulike geologiske og geofysiske metoder i Finneidfjord og Balsfjord.

4. FORELØPIGE RESULTATER

Bearbeidingen av det innsamlete materialet er igang og mange resultater er allerede kommet fram. Her presenteres noen av de viktigste. Det presiseres at resultatene baserer seg på foreløpige tolkninger.

4.1 Finneidfjord

Skredfrekvens

Noen rekognoserende seismikkprofiler som NGU kjørte i Sørfjorden i 1997, viste at det hadde gått skred i løsmasser mange ganger i indre deler av fjorden. Dette ble fulgt opp med en opptetting av det seismiske profilnettet i 1998. Formålet var å påvise hvor skred har gått, når de gikk og om skred går gjentatte ganger på samme sted. Dersom det har gått skred, ble det undersøkt om det er forhold på land som er karakteristiske og som kan gjenkjennes og benyttes i en generell utplukking av skredfarlige områder i strandsonen.

Figur 2 viser utsnitt av et seismisk profil gjennom ca 20 m sedimenter som er avsatt fra slutten av istiden og fram til i dag (se også eksempel side 7). Lagrekken er delt inn i pakker etter tydelige seismiske horisonter som kan gjenfinnes over hele fjordbassenget, og gitt fargekoder. Alderen på de ulike horisontene er usikker, men trolig er den blå pakken avsatt mellom ca 9000 og 4-5000 år før nåtid. De grønne, røde og gule lagene representerer trolig hver seg tidsbolker på 1 - 2000 år. På figur 3 er multistrålebatymetrien koblet sammen med det kvartærgeologiske kartet ved hjelp av ulike GIS-verktøy. Utstrekningen av forskjellige skred, som er påvist på de seismiske registreringene, er lagt inn på bildet og gitt farge etter hvilken seismisk lagpakke de ligger i. For eksempel viser blå strek skred som har gått i tidsrommet ca 9000 - 4-5000 år før nåtid osv. Der det er forskjellig farge i blått og gult, representerer strekene skred som har gått til ulik tid og de lyseste fargene viser de yngste rasene. For gult, er de yngste rasene «ferske». Sannsynligvis har de gått i løpet av siste århundre og trolig i løpet av de siste 20 - 30 år. De nest yngste rasene ser ut til å være litt eldre. Det er blitt spekulert på om de kan ha sammenheng med det kraftige jordskjelvet som rystet Rana-distriktet i 1819 og som vi vet utløste flere ras. Dette forsøkes bekreftet ved å datere sedimentene i og over noen av rasene, men resultatet av dateringene vil først foreligge ut på vårparten 1999.

For to av rasene som er avmerket, kjenner man enten dato eller sannsynlig tidspunkt for når de gikk:

Raset 20. Juni 1996 (Fig. 3) - skredmassene ligger nesten 1 km utover fjordbunnen fra rasgropa og på det tykkeste er avsetningene 3-4 m mektige (eksempel side 7). Noen leirblokker ligger spredt utenfor hovedskredmassen. Den største av disse er ca 75m lang, 50m brei og 2m tykk. Denne blokken (X på Fig. 3) ligger ca 2.4 km utenfor rasporten og har sannsynligvis «vannplanet» utover den slake sjøbunnen. Trolig ville den ha kuttet vann-, strøm- eller teleledninger dersom slike hadde krysset sporet den fulgte.

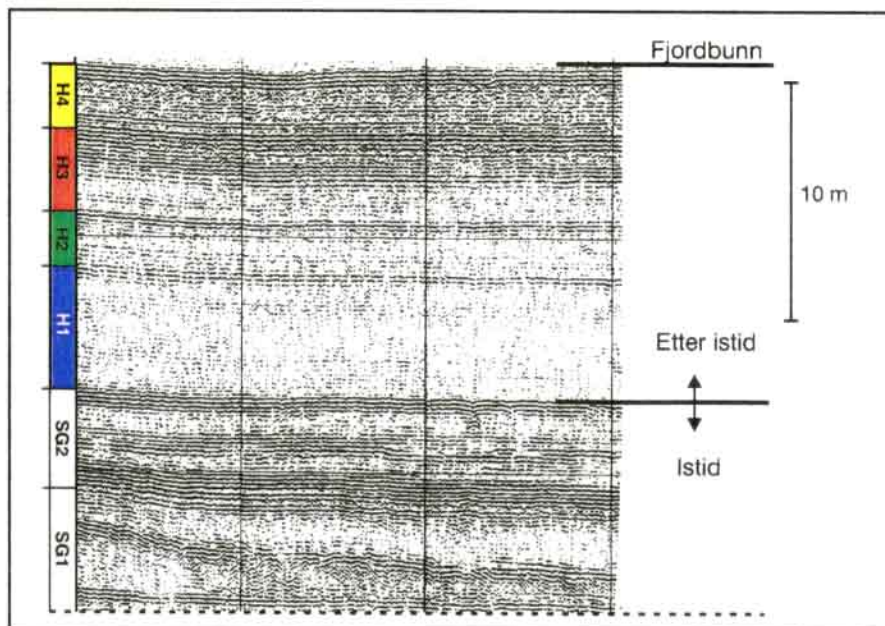


Fig. 2: Lagrekken av bunnsedimenter i Sør fjorden inndelt i tidshorisonter.

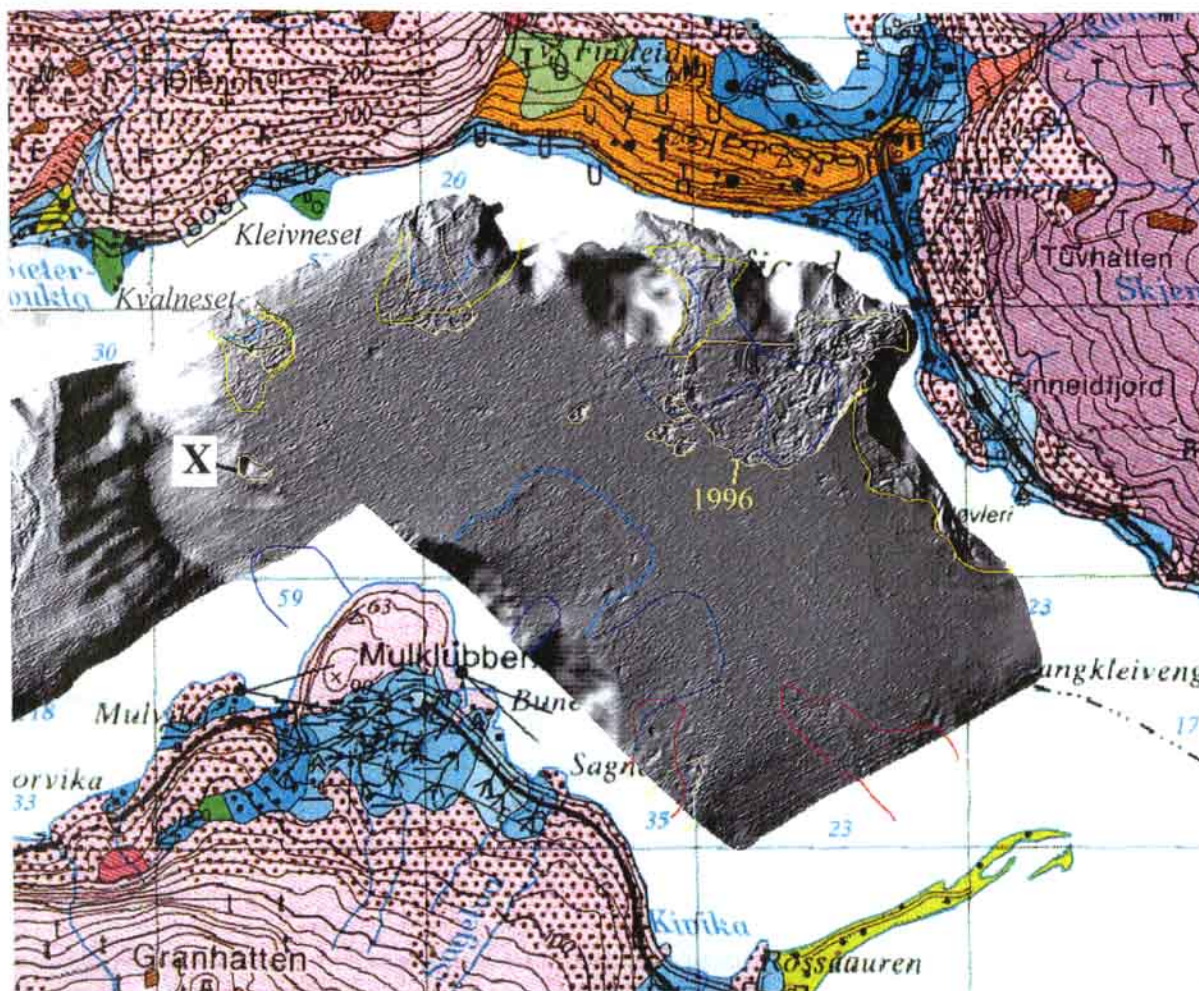


Fig. 3: Utstrekningen av skred som har gått i de ulike tidshorisontene på Fig. 2 er markert med tilhørende farge. Har det gått flere skred innenfor samme tidshorizont er de yngste rasene markert med lysere farge.

1996-raset er et av de største som har gått i fjorden etter istiden, men som man ser av figuren ligger det en «blå» skredpakke under med nesten samme omfang. Begge disse skredpakkene kan sees på seismikkeksempelen på side 7.

Mulig ras 1978/79 - i dette tidsrommet ble veien forbi Storkleiva, mellom Sjøsetta og Kleivneset vestover fra Finneidfjord, lagt i en større fjellskjæring. Under sprengningsarbeider oppdaget man at telekabelen som gikk i sjøen forbi anleggsområdet ble brutt (kilde: Arild Sleipnes, Nordland vegkontor). Man antok at det muligens var blokker av sprengt stein som hadde kuttet kabelen, men så ikke bort fra at det kunne ha skjedd undersjøisk skred. Multistråle-ekkolodd-registreringene viser at det ligger et ferskt ras, over eldre ras, utenfor Storkleiva og seismikken bekrefter at skredmassene ligger helt opp mot overflaten. Uten datering kan det ikke konkluderes med at raset gikk under anleggsarbeidene i 1978/79, men sannsynligheten er meget stor.

Konklusjon

Det er karakteristisk for Sørfjorden at det har gått flere ras i samme område (Fig. 3). Et klart eksempel er skredområdet helt i nordvest på figuren, i området mellom Kleivneset og Kvalneset. Der ligger det «blått»-, «grønt»-og to «gule»- ras ut fra samme område hvorav det yngste ser helt ferskt ut. Det må være noe som gjør at de finkornige sedimentene i dette området er mer ustabile enn til begge sider. Dette vil bli fulgt opp i den videre bearbeiding av materialet, med mellom annet sjekk mot sprekker i fjellgrunnen, grunnvannsdrenering, eventuelt underliggende løsmasser osv. **Foreløpig ser det ut som at leire som ligger direkte på fjell lettere sklir ut enn leire som ligger på andre løsmasser.**

Den viktigste observasjonen fra Sørfjorden er så langt: kan man ved seismikk, sonar eller detaljtopografi påvise undersjøiske løsmasse-skred i strandsonen, er det sannsynlig at det kan gå nye skred i det området.

4.2 Balsfjord

Det gjenstår fremdeles mye før dataene (Tabell 2, side 24) fra Balsfjord er bearbeidet. De foreløpig viktigste resultatene er knyttet til Loddbukta i indre deler av fjorden og til strandsonen ved Mo, under fjellet Henrikstind, lengre ut i fjorden. Loddbukta (Fig. 4) ligger like øst for Sandbukta der det tragiske raset, som krevde 2 menneskeliv, gikk i 1988.

Loddbukta

Skredgropa og avsetningene av skredet i Sandbukta i 1988 er godt synlige på seismikken og ekkoloddregistreringene (Fig. 4). Fremdeles er det ustabile sedimenter knyttet til dette skredet. I østveggen av skredgropa, på 20 - 30 m vanddyp, henger en leirblokk med et tverrsnitt på ca 5 x 50 m (Fig. 5). Den interne lagdelingen av sedimentene i blokken viser at den har beveget seg. I bakkant av blokken, langs bevegelsesplanet, er lagdelingen helt utvisket og sedimentene er blitt såkalt akustisk transparente. Denne blokken vil høyst sannsynlig gli ut før eller senere.

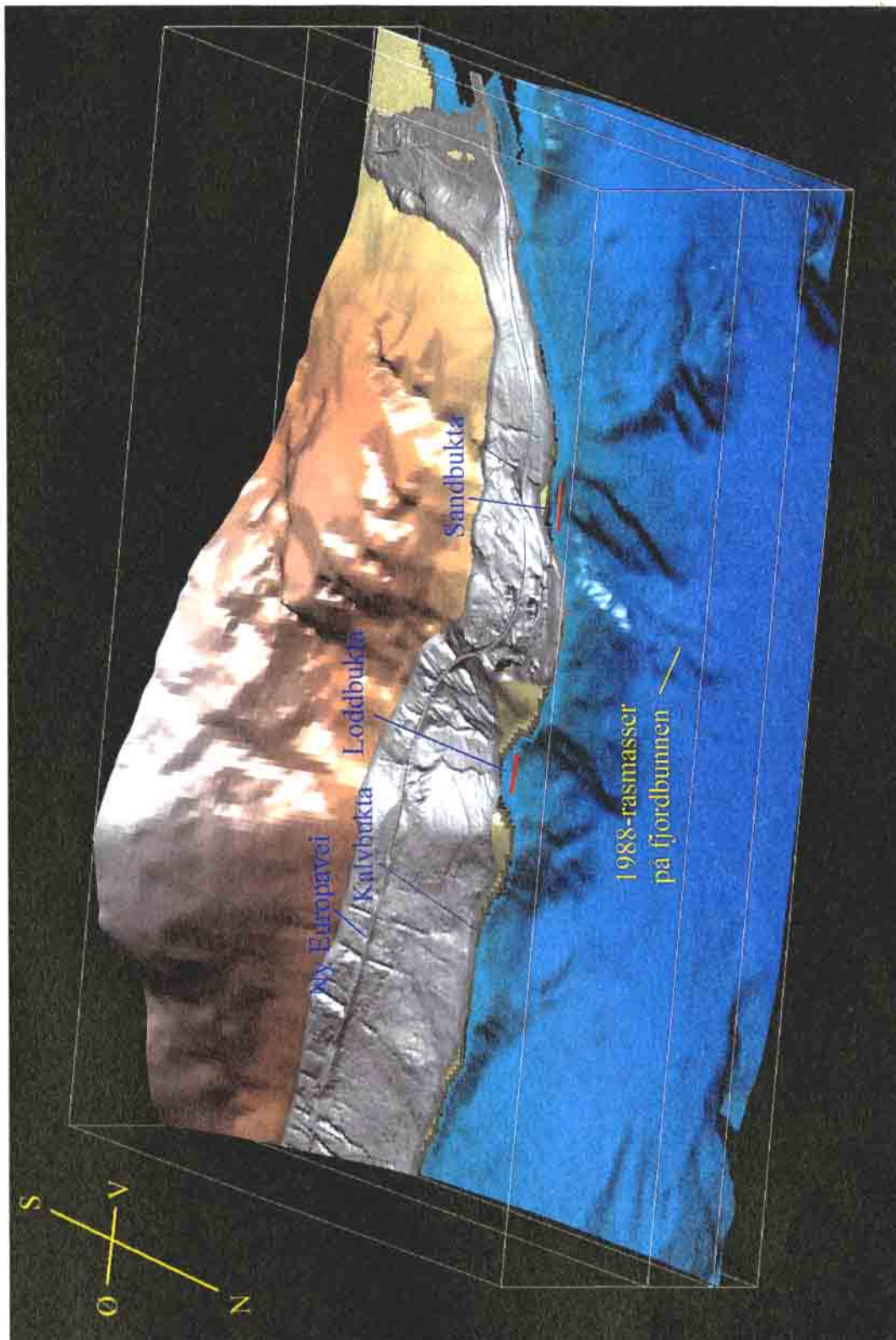


Fig. 4: 3D-modell fra sørenden av Balsfjord med Sandbukta, Loddbukta og Kalvbukta. Modellen er laget fra regionale høyde- og dybdedata fra Statens Kartverk og Sjøkartverket. Opp på terrenget modellen har vi drapert detaljerte høydedata fra Statens vegvesen i Troms. Modellen viser godt rasmassene fra 1988 og terrenget under vann tyder på at det har gått løsmasseskred i alle tre buktene tidligere. Foreløpig tolkning av seismikken ser ut til å bekrefte det. De røde strekene gir omtrentlig posisjon for seismikk-profilene på Fig 5 og 6.

Seismikk tvers over ytre deler av Loddbukta viser en mektig pakke av akustisk lagdelte, finkornige sedimenter som ligger på fjell (Fig. 5). Seismikken viser tydelig at sedimentene har vært utsatt for deformasjoner eller vært i bevegelse og det er dannet akustisk transparente soner som minner om bakveggen av den hengende leirblokka i Sandbuktaskredet. Seismikken viste også at de finkornige sedimentene fortsetter inn på land. De seismiske registreringene ble fulgt opp med sidesøkende sonar-registreringer. Det var problemer med å få gode registreringer, dels fordi bukta er trang og vanskeliggjør manøvrering med langt slep og fordi det var vanskelig å få sonarfisken til å gå dypt nok under disse forholdene. De registreringene som tross alt ble gjort, ga ingen sikker påvisning av skredkanter eller sigeformer på bunnen, som er indikasjoner på ustabile sedimenter. Multistråle-ekkolodd-registreringer fra området er ennå ikke ferdigprosessert.

På land ble tre profiler, to langs veien og et normalt på, undersøkt med georadar og refrak-sjonsseismikk (Fig. 1). Georadarregistreringene viser at forsenkningen i fjellet fortsetter innover land og at det sannsynligvis ligger silt/leire under sand til langt ovenfor veien (se eksempel s. 17 og Fig. 7. Profilet normalt på veien viser at det er bygget ut lagdelte sedimenter fra bekken i strandsonen i bukta under landhevingen som har skjedd siden istiden.

Statens Vegvesen har utført en rekke geotekniske borer i Loddbukta fra ovenfor veien og ut i sjøen. Disse boringene ble gjort under arbeidet med å finne ny trase for E6. Boringene viste svært dårlige grunnforhold med sensitiv leire, til dels kvikk, både i sjøen og innover land. Dette bekrefter de indikasjoner på ustabile sedimenter som seismikk i sjøen og georadar på land har gitt. Et viktig moment fra georadarregistreringene er utbyggingen av lagdelte sedimenter fra bekken og i strandsonen under landhevingen av området. Disse sedimentene er høyst sannsynlig vannførende og kan føre til oppbygging av høyt poretrykk og utvasking av leire og lede til økt risiko for skred.

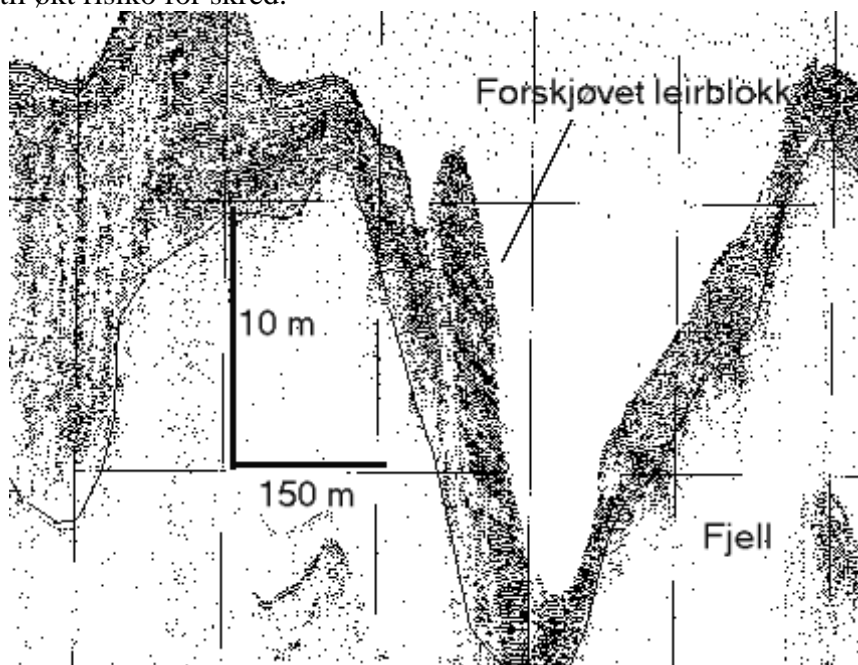


Fig. 5: «Hengende» leirblokk i den ene skredveggen av 1988-skredet.

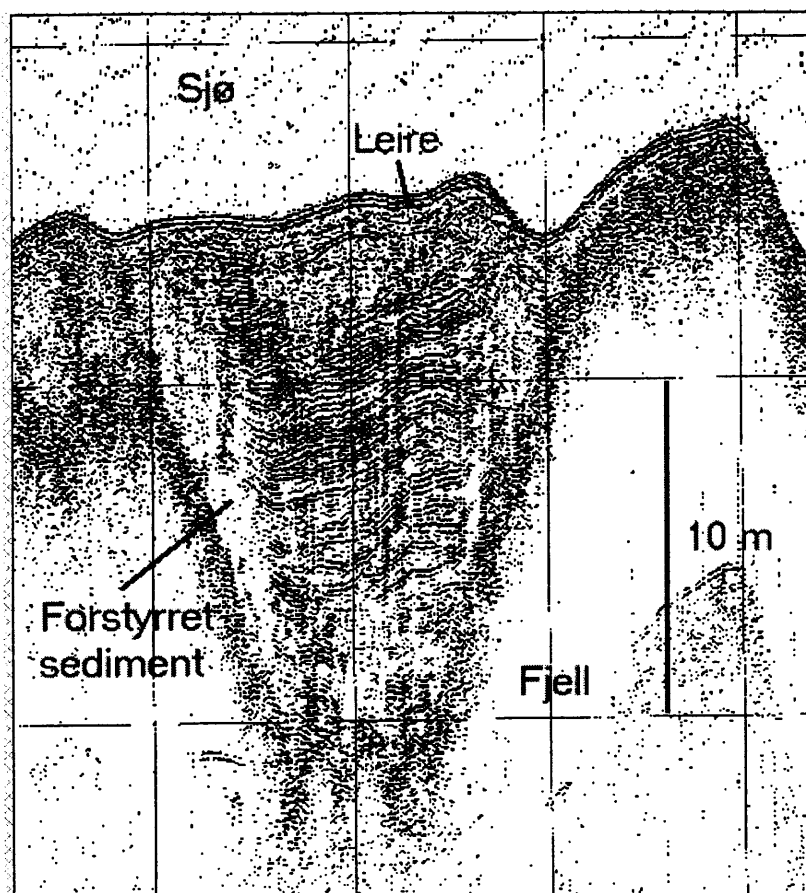


Fig. 6: Seismikk over ytre del av Loddbukta.

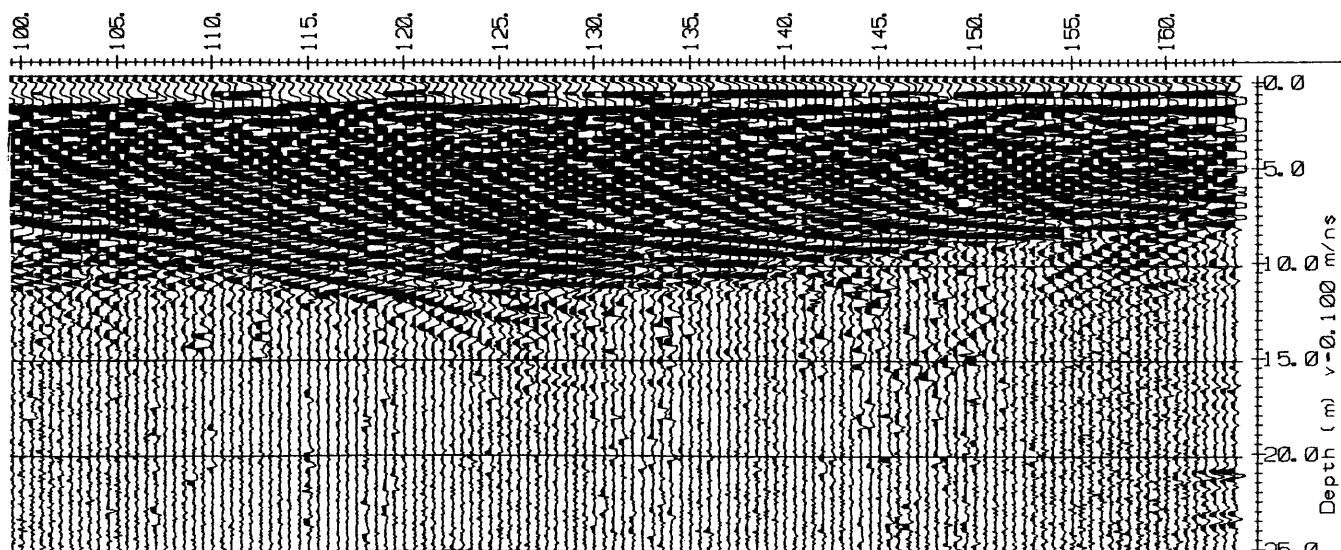


Fig. 7: Georadarprofil fra Loddbukta, normalt på vegen. Profilet viser utbygging av lagdelte trolig sandige sedimenter fra bekken som munner ut i bukta. Sanden ligger over et akustisk lysere sediment som tolkes som silt og leir. Profilet er ikke korrigert for terrengformene.

Seismikken i sjøen har videre vist skredkanter, skredavsetninger eller erosjonsrester av tykke pakker med finkornige sedimenter m.a. ved Kalvebukta, ved Russeneset lengre øst og på nordsida av Nordkjosen. Alle disse stedene viste Vegvesenets grunnboringer dårlige grunnforhold med sensitiv leire på land. På nordsida av Nordkjosen viste kvartærgeologisk kartlegging at skredkanter strekker seg fra sjøen og inn på land. Detaljbatymetrien basert på de digitale enkeltstråle-ekkolodd-dataene viste bunnformer i disse områdene som tydet på erosjonsrester, skredgroper eller tykke avsetninger av finkornige sedimenter.

Strandsonen under Henrikstind

I deler av strekningen mellom Melelva og Tomasjordelva (forbi Mo planteskole) viste seismikken en uventet ujevn bunntopografi (Fig. 8A). Det ble derfor gjort en sidesøkende sonarregistrering i samme området. Dette viste valker på bunnen fra marbakken og nedover, som minner mest om sigevalker i løsmasser som man kan se i skråninger i høyfjellet (Fig. 8B). Sonarregistreringer som senere ble gjort i Sørfjorden (eksempel side 9) viser lignende former inntil skredgroper. Valkene ble tatt som signal på at marbakken i området kunne være ustabil. Folk som bor i området har også gjort observasjoner som kan tyde på ustabile forhold. Bestyrer ved Mo planteskole har registrert 1 m dype sprekker i sandige sedimenter like ovenfor stranden og flere mener å ha registrert at strandsonen og marbakken har endret seg i løpet av de siste årene. Det ble derfor både utført kvartærgeologisk kartlegging og undersøkelser med georadar og refraksjonsseismikk på land, og kartlegging med multistråle-ekkolodd i sjøen for om mulig å få bedre oversikt over hva formene betydde. Figur 9 viser en GIS-sammenstilling av noen datasett fra området.

Den geologiske kartleggingen viste at det i strandsonen lå 4 m sand over leire i stranden. Det er også observert grunnvannsutslag med artesisk trykk i området. Georadarprofilene (lokalisering på Fig. 1) viser at det ligger lagdelte sedimenter over mer transparente sedimenter, sannsynligvis leire. De lagdelte sandige sedimentene kan føre mye vann og lede til høyt poretrykk og utvasking av leire. Geotekniske boringer som vegvesenet har utført i forbindelse med planlegging av ny vegtrase, viser at det er leire i området.

Multistråle-ekkolodd-dataene foreligger og en foreløpig sjekk har så langt ikke påvist tidligere omfattende skredvirksomhet i løsmasser i sjøen. Derimot ligger det et større fjellskred på fjordbunnen. Skredet har sannsynligvis gått like etter isavsmeltingen for rundt 9000 år siden. Også på land er dette skredet kartlagt (skredmasser har rød farge, se Fig. 8). I tillegg er det påvist flere skredvifter i løsmasser i den bratte dalsiden. Dette viser hvor det bør gjøres detaljerte skredfarevurderinger.

Rekognoseringen har vist at løsmassene i området kan være ustabile, men det er for tidlig i bearbeidingen av dataene til å uttale seg om eventuell skredfare.

Konklusjoner

- Ustabile masser er påvist ved hjelp av seismikk i sjøen i Loddbukta.
- Mulig ustabile masser i strandsonen er påvist i sjøen ved Mo ved hjelp av seismikk og sidesøkende sonar.
- Detaljbatymetri fra detaljerte ekkoloddmålinger er nyttig ved påvisning av potensielt skredfarlige områder

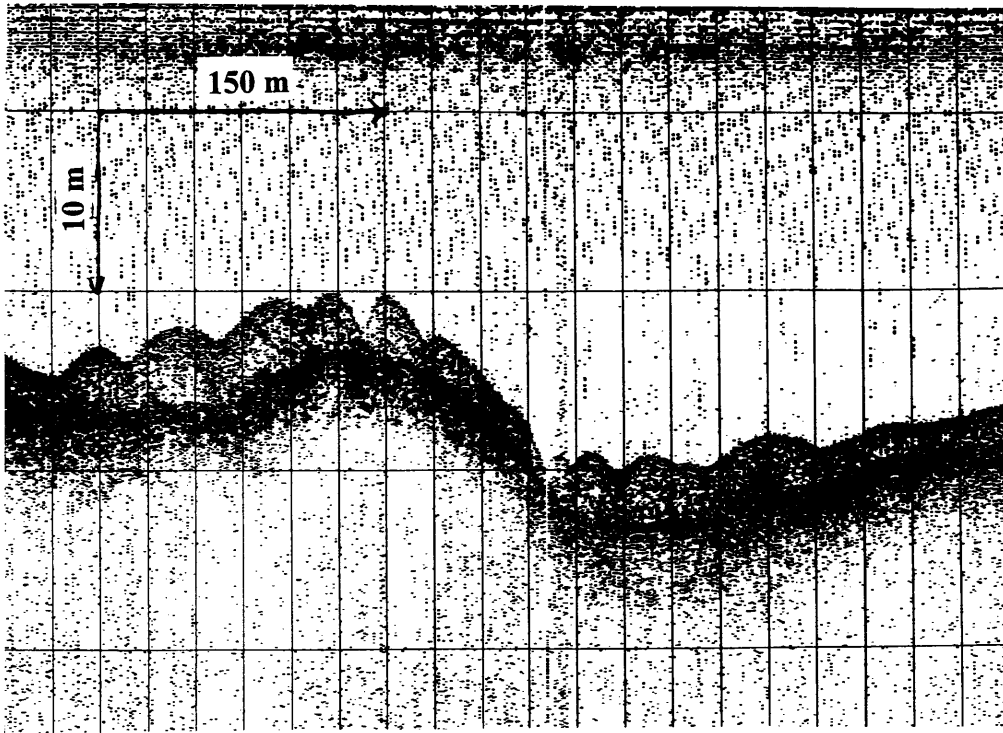


Fig 8 A: Seismikk over ujevn bunntopografi i området utenfor Mo.

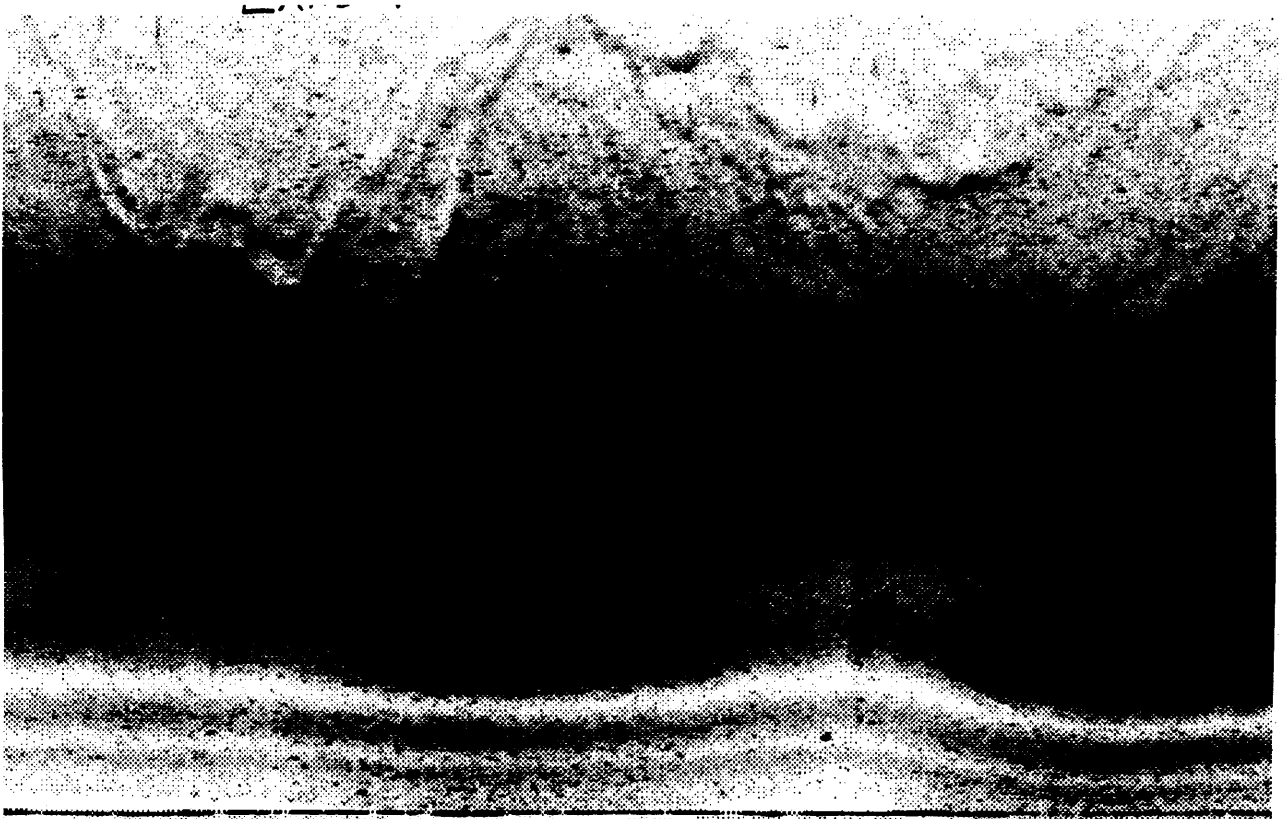


Fig. 8 B: Sidesøkende-sonar registrering med sigevalker i marbakken i området ved Mo.

5. GEOGRAFISKE INFORMASJONS SYSTEMER ELLER GIS

I prosjektet er det lagt ned en betydelig innsats på å sammenstille både eksisterende og nyinnsamlede data i forskjellige GIS-verktøy for å lette tolkingen av data og å se sammenhenger mellom de forskjellige datasett.

5.1 Sammenstillinger i GIS

Figur 9 gir et eksempel på en slik sammenstilling:

- rute 1**(venstre øverst) - 3D-modell fra Balsfjord, basert på regionale høyde- og dybde data fra Statens kartverk og Sjøkartverket. Detaljområde er avmerket med gult, og er 6 x 8 km (rutene 2-6).
- rute 2** (høyre øverst) - 2D-modell fra Balsfjord, basert på regionale høyde- og dybde data fra Statens kartverk og Sjøkartverket. Skyggerelieffteknikk er benyttet for å fremheve morfologi.
- rute 3**(venstre midt) - langs østre fjordside er det lagt inn detaljerte høyde data (M 1:1000) fra Statens vegvesen i Troms.
- rute 4** (høyre midt) - detaljerte dybde data fra Sjøkartverket er tilføyd.
- rute 5** (venstre nede) - manus til kvartærgeologisk kart er scannet og georeferert og føyd til.
- rute 6** (høyre nede) - alle datasett pluss flyfoto som er scannet og georeferert.

Balsfjord - eksempel på GIS og 3D-modellering for skredfarevurdering

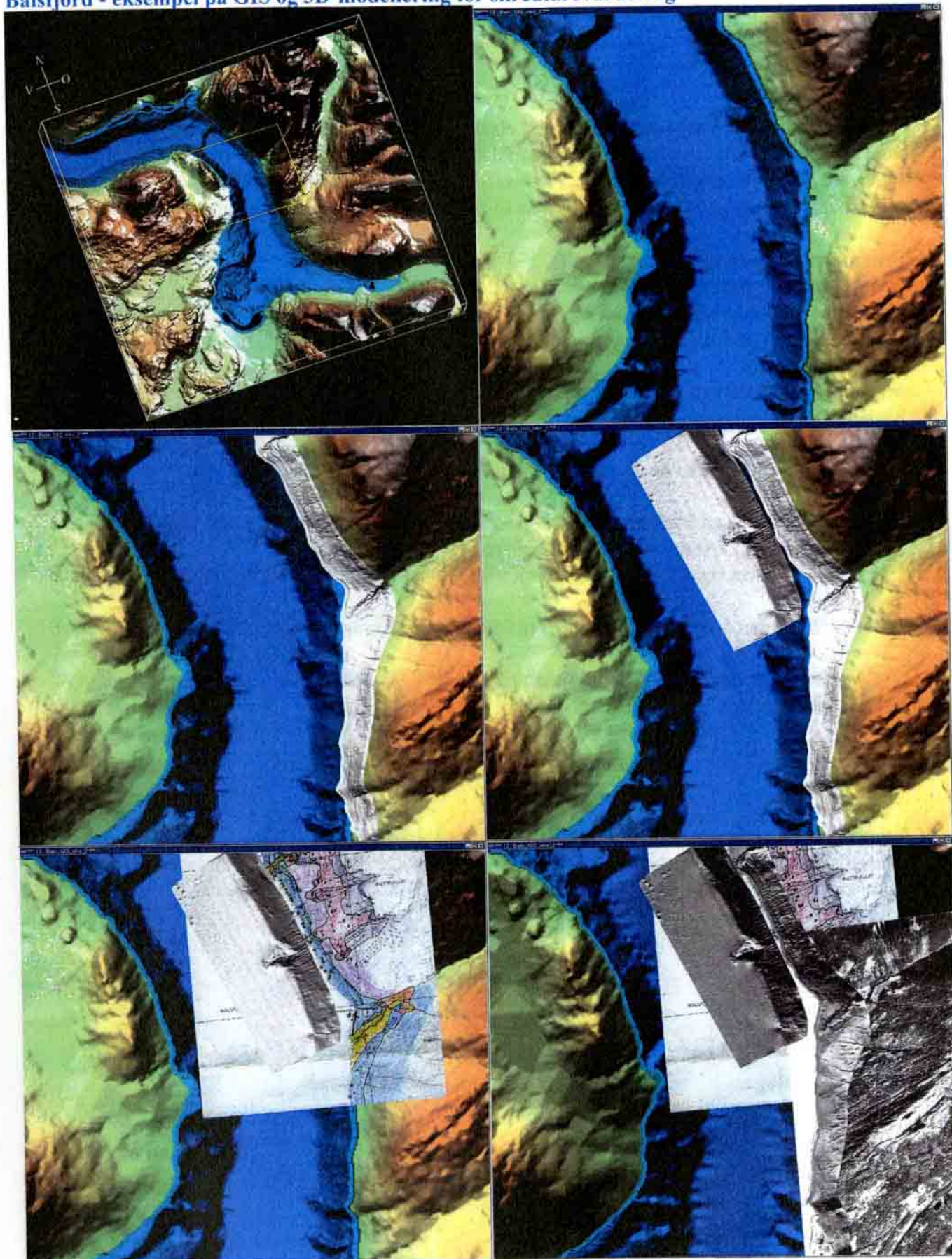


Fig. 9: Eksempler i fra Balsfjord på bruk av GIS og terrengmodellering i skredfarekartlegging

6. ØKONOMI

Følgende priser anskueliggjør hva undersøkelser med de testede metoder koster. Prisene er basert på Sjøkartverkets og NGU's rater og vil kunne variere etter hvem som utfører undersøkelsene. Prisene avhenger også av værforhold, områdets beskaffenhet, avstand mellom undersøkelsesområder osv. og må oppfattes som omtrentlige og foreløpige priser.

| | | |
|---|-----|--------------------------|
| kvartærgeologisk kartlegging | kr. | 1000 pr. km ² |
| seismisk registrering/sidesøkende sonar | kr. | 600 pr. profil km |
| profiltetthet 3x undersøkt strandlinje | kr. | 2000 pr km strandlinje |
| multistråle-ekkolodd-registreringer | kr. | 6000 pr km ² |
| georadarprofilering | kr. | 4000 pr profilkm |
| refraksjonsseismiske registreringer | kr. | 20000 pr profilkm |
| databearbeiding pluss omkostninger | kr. | 600 pr time |

Eksempel fra en fjord hvor en strandlinje på 40 km undersøkes:

A; det gjennomføres en kvartærgeologisk kartlegging av en 1 km bred sone langs stranden i tillegg til seismikk/sidesøkendesonarregistrering.

B; det gjennomføres også multistråle batymetriske registreringer i en 1 km bred sone langs stranden

C; det tar 200 timer å bearbeide dataene i tilfelle A og 250 timer i tilfelle A+B

| | | |
|---|----|-------|
| A+C gir en pris pr undersøkt strandlinjekm på | kr | 5800 |
| A+B+C gir en pris pr undersøkt strandlinjekm på | kr | 12550 |

Konklusjon:

Det er foreløpig ikke gjort en vurdering av hvilke områder som ut fra bebyggelse, samferdselsnett og næringshensyn bør undersøkes i Nordland, Troms og Finnmark. Når det er gjort, kan disse tallene gi en første tilnærming på hva et totalt prosjekt vil koste.

7. OPPFØLGING OG KONKLUSJON

Bearbeidingen av det innsamlete materialet skal ferdigstilles og endelig rapport utarbeides inn 1.5.1999.

Foreløpig konklusjon:

Alle metodene som er testet er egnet til bruk i skredfarevurdering.

Dersom en deler skredfarevurderingen i to, med en regional registrering og en mer detaljoppfølging av enkeltlokaliteter, har vi *foreløpig* gjort denne prioriteringen:

regional registrering

- kvartærgeologiske kart, seismikk og en type detaljtopografi/bilder av sjøbunnen er nødvendig.
- viktigheten av geofysikk på land, sonderboringer, grunnvann og berggrunnsgeologi er ennå ikke vurdert.

oppfølgende skredfarevurderinger lokalt

- geoteknikk er uunnværlig.