

NGU Rapport 98.144

Skredfarevurdering i forbindelse med  
undersjøiske kabeltraséer i Fedafjorden,  
Vest-Agder

Rapport nr.: 98.144		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Skredfarevurdering i forbindelse med undersjøiske kabeltraséer i Fedafjorden, Vest-Agder			
Forfatter: Reidulv Bøe, Lars Harald Blikra, Arne Reite, Terje Thorsnes		Oppdragsgiver: Statnett	
Fylke: Vest-Agder		Kommune: Farsund, Flekkefjord, Kvinesdal	
Kartblad (M=1:250.000) Mandal		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1311 I (Flekkefjord), 1311 II (Farsund)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetail: 32	Pris: 420,-
		Kartbilag: 8	
Feltarbeid utført: November 1998	Rapportdato: 20. november 1998	Prosjektnr.: 2664.27	Ansvarelig: <i>Oystein Nordjuler</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>I forbindelse med at Statnett planlegger å plassere likestrømskabler på bunnen av Fedafjorden, har NGU foretatt en skredfarevurdering. Et markert forkastningssystem (Fedafjordsforkastningen) går langsetter fjorden, og berggrunnen er gjennomgått av sprekker i forskjellige retninger. Studier av flybilder og befaring langs fjordsidene viser at sørsiden av fjorden er mest ustabil. Her har det vært en rekke mindre og større utglidninger fra de bratte fjellsidene. Det er registrert flere store fjellskred på land, både på sørsiden og nordsiden av fjorden. Flere av utglidningene og skredurene en finner på land kan en se fortsettelsen av ut i fjorden. Disse har dels gått ut til sentrale deler av fjordbassenget. På fjordbunnen ser en også store, isolerte, fjellblokker som er tolket til å være kommet på plass ved at enkeltblokker har rullet og hoppet nedover fjordsiden. Rekkevidden til disse steinsprangene er imidlertid oftest begrenset, og blokkene har stoppet opp før de har nådd sentrale deler av fjorden. I fjorden mellom Listranda og Indre Stuvik har en i tillegg hatt en stor, undersjøisk, utglidning av løsmasser. Sammenligner en Fedafjorden med andre fjordsystemer i Norge, er det klart at fjellsidene er meget ustabile. Fjellskred vil bevege seg nedover bratte fjellsider til de når den flate fjordbunnen. Der vil skredmassene kunne overbelaste løsmassene, og utløse løsmasseskred som kan føre med seg blokker og stein langt utover fjordbunnen. Det foreligger lite data som kan brukes til å si noe om alderen på de store skredene i Fedafjorden, og derfor er det også en del usikkerheter knyttet til estimering av skredfare. Vi har funnet at i løpet av de siste 10 000 år har det i hele fjordsystemet gått ca. 10 større skred som har krysset fjordbunnen og hatt potensiale til å kutte alle kabler på fjordbunnen. En blydatering viser at minst ett av disse er yngre enn 1000 år. Vi har dermed estimert en årlig sannsynlighet på <math>1 \cdot 10^{-3}</math> pr. år for at alle kablene kan bli kuttet av et skred (en skredsannsynlighet på 1 skred pr. 1000 år). I løpet av en periode på 25 år vil dette si en sannsynlighet i størrelsesorden 2-3 %. Sannsynligheten for at et skred skal kutte bare en kabel vil være større, men dette er avhengig av hvor kablene blir lagt.</p>			
Emneord: Maringeologi	Refleksjonsseismikk	Sonar	
Batymetri	Rasfare	Overflatesediment	
Risiko	Installasjon	Fagrapport	

## INNHOOLD

1. INNLEDNING.....	7
2. BERGGRUNNSGEOLOGI OG TEKTONISKE FORHOLD I FEDAFJORDEN .....	7
3. MULIGE SKREDUTSATTE OMRÅDER.....	13
3.1 Fjordbassenget mellom landfallsområdet i Breivika og terskelen ved Kvina Verft.....	13
3.2 Fjordbassenget mellom Kvina Verft og terskelen ved Tåjefjellet .....	18
3.3 Fjordbassenget mellom terskelene ved Tåjefjellet og sørspissen av Andabeløyna .....	21
4. OPPSUMMERING AV SKREDFORHOLD I FEDAFJORDEN.....	29
5. SKREDFAREANALYSE / RISIKOVURDERING.....	30
6. FORSLAG TIL OPPFØLGENDE UNDERSØKELSER.....	31
7. REFERANSER.....	32

## FIGURER

Fig. 1. Oversikt over Fedafjordsområdet, med omsøkt utbyggingsløsning. Figuren er hentet fra: Likestrømsforbindelser mellom Norge og kontinentet, likestrømskabler inn Fedafjorden (Statnett et al. 1997).

Fig. 2 (a-d). Skyggerelieffkart satt sammen av digitale høydedata (på land) og multistrålebatymetri (i sjøen). Dataene er belyst med en kunstig sol plassert 25° over horisonten i nordøst, for å få fram topografiske trekk i terrenget. De digitale høydedataene på land er fargelagt slik at grønt viser skrenter i terrenget med helning på 40-60°, og rødt viser skrenter med helning større enn 60°. Røde streker på multistråledataene viser grensen for rasavsetninger i sjøen. Denne grensen er også vist på kartene i Vedlegg 5-8. Utsnittet i Fig. 2a tilsvarer omtrent utsnittet i Vedlegg 5, 2b tilsvarer Vedlegg 6, 2c tilsvarer Vedlegg 7, og 2d tilsvarer Vedlegg 8. Avstanden mellom linjene i rutenettet er 500 m.

Fig. 3. Bratt, oppsprukket og ustabil fjellvegg ved Teistedalstranda like ovenfor Kvina Verft (se Vedlegg 1).

Fig. 4. Skyggerelieffkart (belyst fra nordøst) som viser skredloben på nordsiden av Fedafjorden rett sørvest for Breivika. Avstanden mellom linjene i rutenettet er 100 m. Legg også merke til den ca. 15 m brede kanalen midt i fjorden.

Fig. 5. Skyggerelieffkart (belyst fra nordøst) som viser skredtunger på havbunnen langs sørsiden av Fedafjorden, midt mellom Breivika og Kvina Verft. De digitale høydedataene på land er fargelagt slik at grønt viser skrenter i terrenget med helning på 40-60°, og rødt viser skrenter med helning større enn 60°. Legg merke til hvordan forløpet av kanalen er blitt forandret som resultat av utrasninger fra fjordsiden i sør. Avstanden mellom linjene i rutenettet er 100 m.

Fig. 6. Skyggerelieffkart (belyst fra nordøst) som viser skredtunger på havbunnen langs sørsiden av Fedafjorden, rett sør for Kvina Verft. De digitale høydedataene på land er fargelagt slik at grønt viser skrenter i terrenget med helning på 40-60°, og rødt viser skrenter med helning større enn 60°. Avstanden mellom linjene i rutenettet er 100 m.

Fig. 7. Spor etter en utglidning like øst for Kjellingskjær ved Tåjefjellet, sørsida av Fedafjorden (se Vedlegg 2). Fjellet er meget oppsprukket og virker ustabil.

Fig. 8. Skyggerelieffkart (belyst fra nordøst) som viser skredtunger på havbunnen langs sørsiden av Fedafjorden, mellom Vertonodden og Kvina Verft. De digitale høydedataene på land er fargelagt slik at grønt viser skrenter i terrenget med helning på 40-60°, og rødt viser skrenter med helning større enn 60°. Avstanden mellom linjene i rutenettet er 100 m.

Fig. 9. a) Utglidning (ca. 50 m bred) like øst for Kjeupsa vest for Geiskeli, sørsida av Fedafjorden (se Vedlegg 3). b) Bueformet forsenkning formet som resultat av en utglidning ved østlige del av Skagelistranda, sørsida av Fedafjorden (se Vedlegg 4). c) Begynnende utglidning ved Odreholet nord for Domkjørkkneben, sørsida av Fedafjorden (se Vedlegg 4).

Fig. 10. Skyggerelieffkart (belyst fra nordøst) som viser den store utglidningen på havbunnen i Fedafjorden mellom Listranda og Indre Stuvik. Avstanden mellom linjene i rutenettet er 100 m.

Fig. 11. Skyggerelieffkart (belyst fra nordvest) som viser blokkfelt på havbunnen på sørsiden av Fedafjorden, nordvest for Skagelistranda og Skarvodden. Legg merke til at blokkene ofte er omgitt av en forsenkning, og at enkelte blokker er mer diffuse (dekket av sedimenter) enn andre. De batymetriske dataene er fargelagt slik at grønt viser skrenter i terrenget med helning på 40-60°, og rødt viser skrenter med helning større enn 60°. Avstanden mellom linjene i rutenettet er 100 m.

## VEDLEGG

Vedlegg 1 (Fedafjorden 4). Lineamenter (sprekker og forkastninger) tolket fra flyfoto i målestokk 1: 15 000 og topografiske kart i målestokk 1: 5 000. Heltrukne linjer: lineamenter; stiplede linjer: utstrekning av antatt ustabile og rasutsatte fjellpartier; åpne trekant: ur; fylte firkanter: skredavsetninger. Kartet dekker området fra Feda i vest til Breivika i øst.

Vedlegg 2 (Fedafjorden 3). Lineamenter (sprekker og forkastninger) tolket fra flyfoto i målestokk 1: 15 000 og topografiske kart i målestokk 1: 5 000. Heltrukne linjer: lineamenter; stiplede linjer: utstrekning av antatt ustabile og rasutsatte fjellpartier; åpne trekant: ur; fylte firkanter: skredavsetninger. Kartet dekker området fra Ytre Stuvik - Lillehavn i vest til Feda i øst.

Vedlegg 3 (Fedafjorden 2). Lineamenter (sprekker og forkastninger) tolket fra flyfoto i målestokk 1: 15 000 og topografiske kart i målestokk 1: 5 000. Heltrukne linjer: lineamenter; stiplede linjer: utstrekning av antatt ustabile og rasutsatte fjellpartier; åpne trekant: ur; fylte firkanter: skredavsetninger. Kartet dekker området fra Stolsfjorden i vest til Krågenes - Eikelandsstronda i øst.

Vedlegg 4 (Fedafjorden 1). Lineamenter (sprekker og forkastninger) tolket fra flyfoto i målestokk 1: 15 000 og topografiske kart i målestokk 1: 5 000. Heltrukne linjer: lineamenter; stiplede linjer: utstrekning av antatt ustabile og rasutsatte fjellpartier; åpne trekant: ur; sorte

firkanter: skredavsetninger. Kartet dekker området Andabeløyna - Domkjørkkneben - Skarvefjellet.

Vedlegg 5 (Route Update 1997, Alignment Sheet no. 43). Tolkingskart fra Geoteam/Geoconsult. Kartet viser bunnforholdene i Fedafjorden, basert på sonardata, seismiske data, bunnprøver og multistrålebatymetri. Vår tolkning av områder med rasavsetninger i sjøen og ustabile, rasutsatte partier på land er vist med tykk, stiplet linje.

Vedlegg 6 (Route Update 1997, Alignment Sheet no. 42). Tolkingskart fra Geoteam/Geoconsult. Kartet viser bunnforholdene i Fedafjorden, basert på sonardata, seismiske data, bunnprøver og multistrålebatymetri. Vår tolkning av områder med rasavsetninger i sjøen og ustabile, rasutsatte partier på land er vist med tykk, stiplet linje.

Vedlegg 7 (Route Update 1997, Alignment Sheet no. 41). Tolkingskart fra Geoteam/Geoconsult. Kartet viser bunnforholdene i Fedafjorden, basert på sonardata, seismiske data, bunnprøver og multistrålebatymetri. Vår tolkning av områder med rasavsetninger i sjøen og ustabile, rasutsatte partier på land er vist med tykk, stiplet linje.

Vedlegg 8 (Route Update 1997, Alignment Sheet no. 40). Tolkingskart fra Geoteam/Geoconsult. Kartet viser bunnforholdene i Fedafjorden, basert på sonardata, seismiske data, bunnprøver og multistrålebatymetri. Vår tolkning av områder med rasavsetninger i sjøen og ustabile, rasutsatte partier på land er vist med tykk, stiplet linje.

## 1. INNLEDNING

Statnett planlegger å etablere likestrømsforbindelser mellom Norge og kontinentet, med legging av likestrømskabler på havbunnen inn Fedafjorden og ilandføring i Breivika ved Feda (Fig. 1). I den forbindelse har NGU fått i oppdrag å vurdere skredfaren i Fedafjorden.

I prosjektet er følgende aktiviteter utført:

- Hele traséen er gjennomgått for å identifisere mulige skredutsatte områder.
- En detaljert gjennomgang av antatt skredutsatte områder er utført.
- En vurdering av frekvens og utløpsrekkevidde av potensielle ras er foretatt.
- Det er utarbeidet kart som viser skredfaresoner i de aktuelle områdene for legging av kabler.
- Det er utført en risikoanalyse, og denne er kvalitetsvurdert sett i lys av de tilgjengelige data.
- Vi har satt fram forslag til oppfølgende undersøkelser.

Undersøkelsen er basert på eksisterende batymetriske og topografiske kart, flyfoto, skyggerelieffkart, grunnseismiske data, sonardata, prøvedata og videoopptak, samt publiserte rapporter og tolkningskart (Geoteam 1996, Geoconsult 1997, Statnett 1997). I tillegg har vi benyttet digitale høyde- og dybde data til å framstille terrengmodeller, blant annet detaljerte skyggerelieffkart. En feltbefaring med redningsskøyte ble utført 5. november 1998 for å kartlegge rasutsatte områder langs fjordsidene. Under feltbefaringen var det til dels snøvær og dårlig fotolys.

En oppsummering av resultatene etter feltbefaringen og flyfotostudiene er vist i Vedlegg 1-4, der vi har tegnet inn lineamenter (sprekker og forkastninger) samt områder med skredavsetninger og ur. I Vedlegg 5-8 har vi i sjøen tegnet inn områder med skredavsetninger/utraste masser, mens vi langs kysten har markert hvor bergartene og løsmassene er antatt å være ustabile og kan rase ut. En oppsummering av områder med rasavsetninger i sjøen (hovedsaklig tolket fra multistrålebatymetri) er vist på Fig. 2a-d.

## 2. BERGGRUNNSGEOLOGI OG TEKTONISKE FORHOLD I FEDAFJORDEN

Berggrunnen i de indre deler av Fedafjorden består hovedsaklig av båndgneis og øyegneis, mens charnockitt (granitt) dominerer i de ytre deler (Falkum 1982). I de ytre deler av fjorden går båndingen hovedsaklig vinkelrett på fjorden, med orientering NV-SØ. Innenfor Feda dreier båndingen slik at den på nordvestsiden av Fedafjorden går nesten Ø-V, mens den på sørøstsiden av fjorden går NØ-SV, nesten parallelt med fjorden.

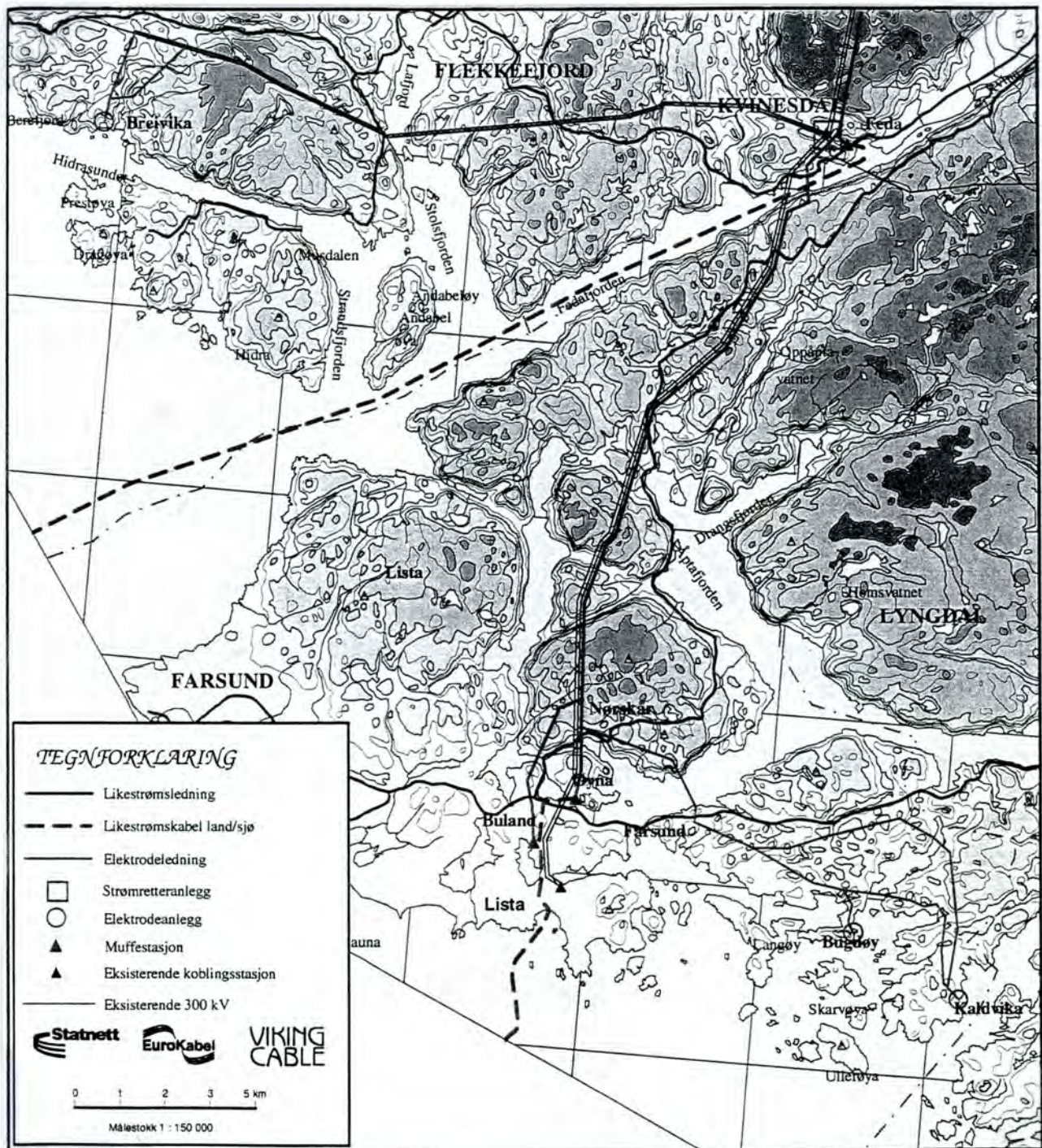


Fig. 1. Oversikt over Fedafjordsområdet, med omsøkt utbyggingsløsning. Figuren er hentet fra: Likestrømsforbindelser mellom Norge og kontinentet, likestrømskabler inn Fedafjorden (Statnett et al. 1997).



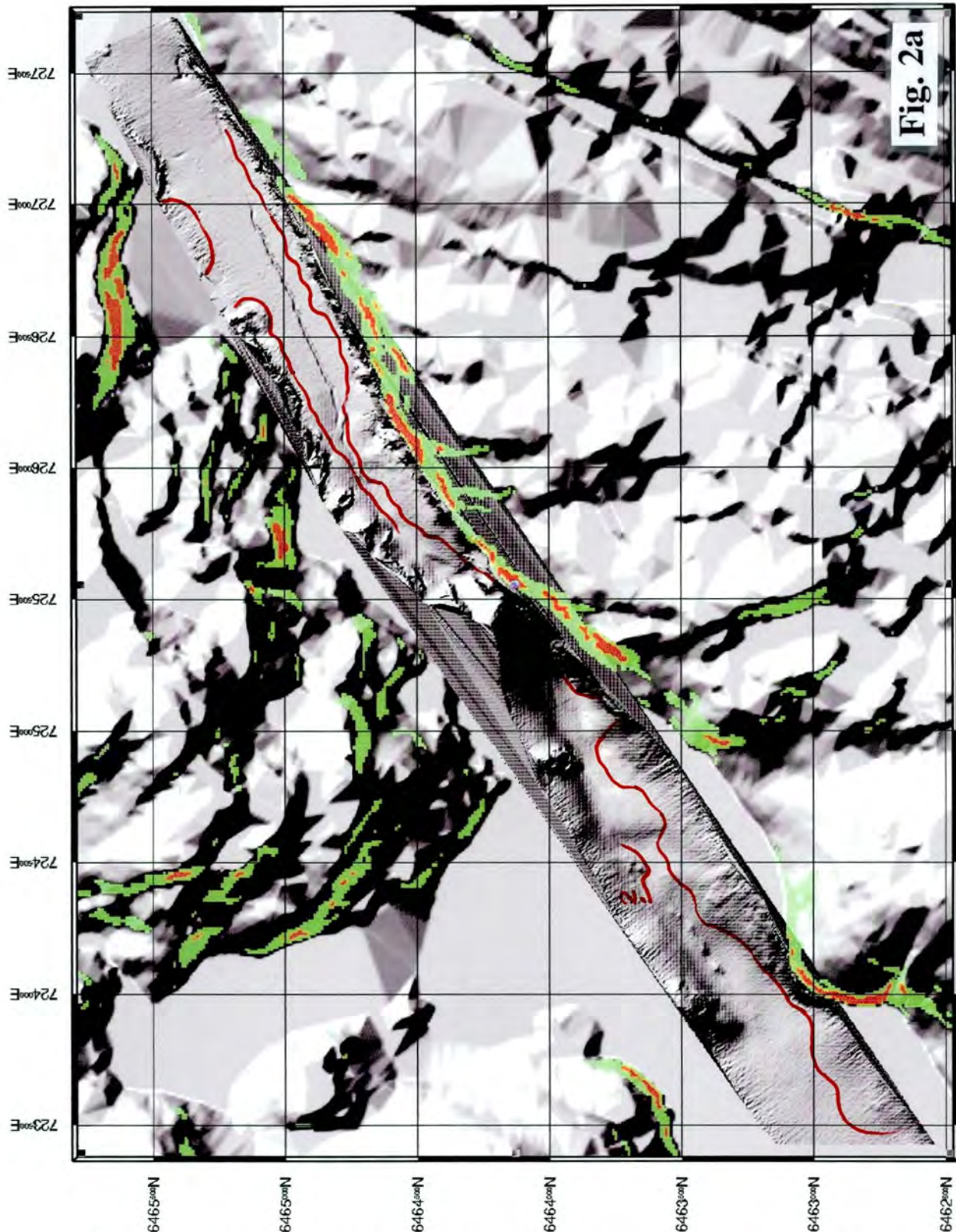


Fig. 2a

Fig. 2 (a-d). Skyggerelieffkart satt sammen av digitale høydedata (på land) og multistrålebatymetri (i sjøen). Dataene er belyst med en kunstig sol plassert 25° over horisonten i nordøst, for å få fram topografiske trekk i terrenget. De digitale høydedataene på land er fargelagt slik at grønt viser skrenter i terrenget med helning på 40-60°, og rødt viser skrenter med helning større enn 60°. Røde streker på multistråledataene viser grensen for rasavsetninger i sjøen. Denne grensen er også vist på kartene i Vedlegg 5-8. Utsnittet i Fig. 2a tilsvarer omtrent utsnittet i Vedlegg 5, 2b tilsvarer Vedlegg 6, 2c tilsvarer Vedlegg 7, og 2d tilsvarer Vedlegg 8. Avstanden mellom linjene i rutenettet er 500 m.

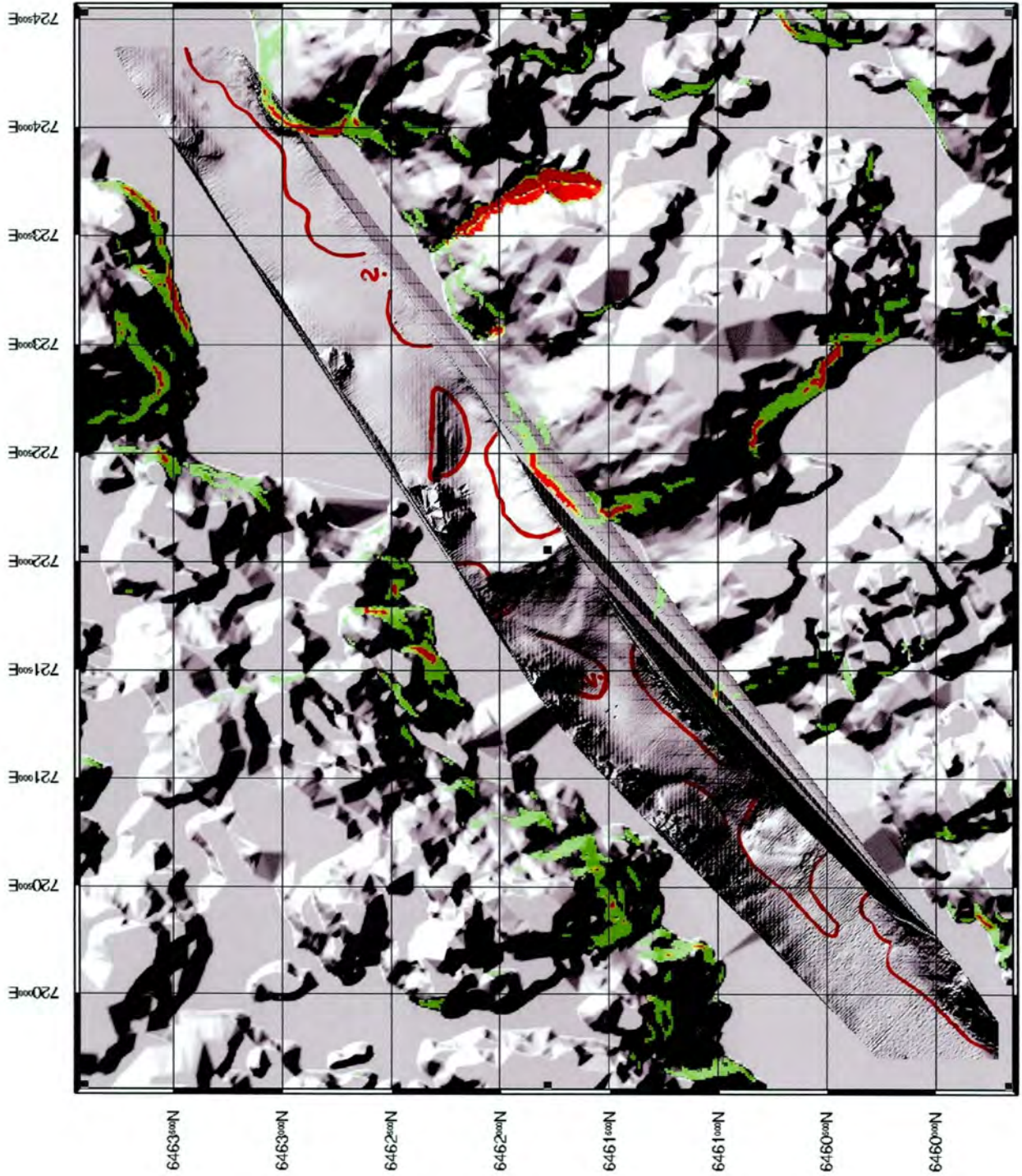


Fig. 2b

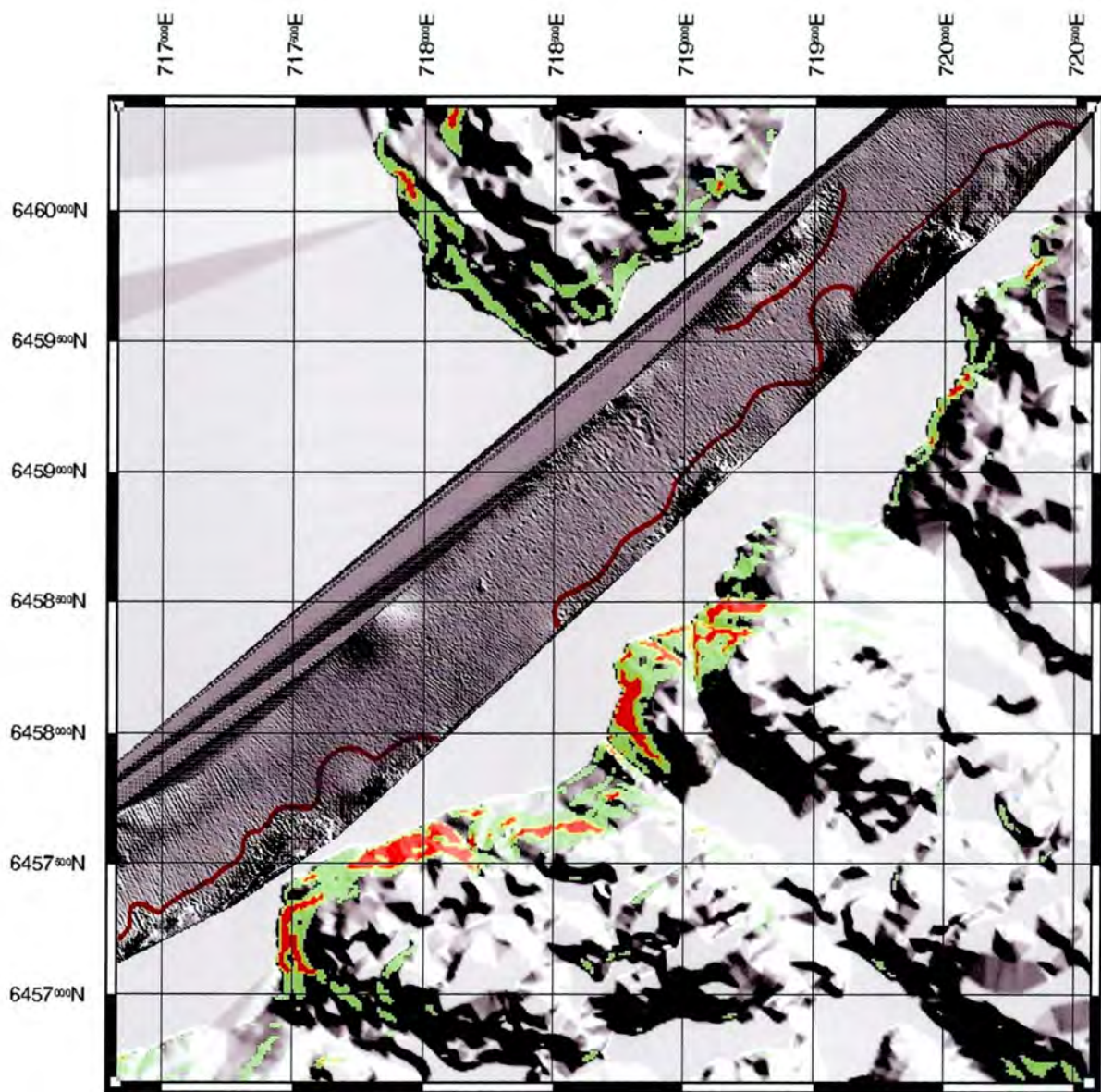


Fig. 2c

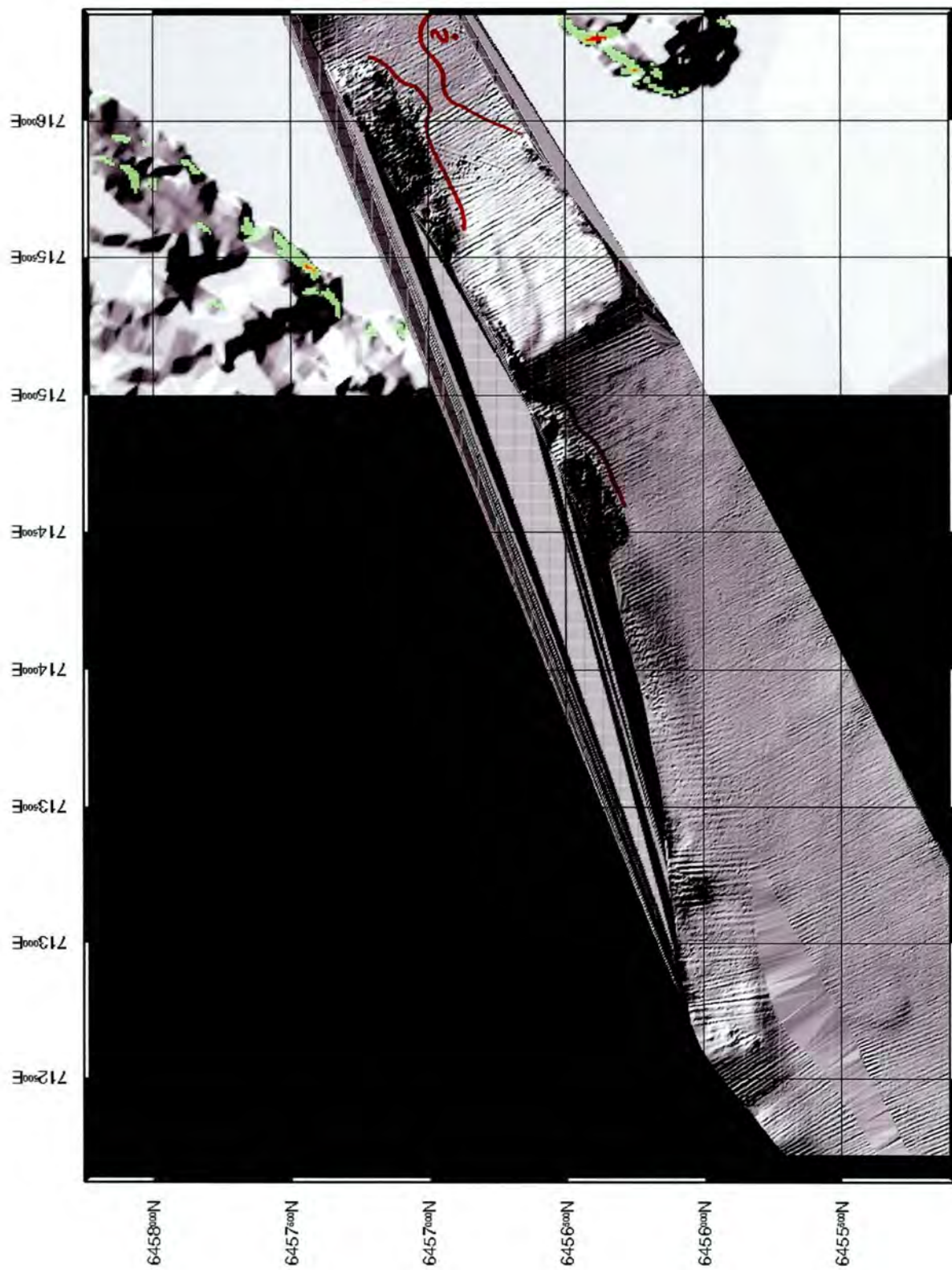


Fig. 2d

I området rundt Fedafjorden er bergartene til dels kraftig oppsprukket og gjennomslutt av større og mindre lineamenter (sprekker og forkastninger) i flere forskjellige retninger (se også Aamodt 1997). Sprekker og forkastninger er spesielt markerte på fjordens SØ-side. De dominerende lineamentretningene er NØ-SV og NV-SØ, mens Ø-V lineamenter opptrer i et noe mindre antall. Lineamenter med orientering NØ-SV og Ø-V finnes spesielt på sørøstsiden av Fedafjorden. NNØ-SSV og N-S lineamenter opptrer i et lite antall.

Fra studier av flyfoto og satelittbilder har det lenge vært kjent at et markert lineament er orientert NØ-SV langsseter Fedafjorden (Gabrielsen & Ramberg 1979, Aamodt 1997). Dette lineamentet reflekterer i hovedsak Fedafjordforkastningen, som er en stor forkastning/forkastningssone som har vært aktiv flere ganger i geologisk tid. På flymagnetiske data kan fortsettelsen av Fedafjordforkastningen følges videre i sørvestlig retning ut på kontinentalsokkelen, mens den på land kan kartlegges videre i nordøstlig retning. Forkastningen utgjør en opptil 700 m dyp (fra bunnen og til toppen av dalsidene) og 1 km bred dal som strekker seg fra Listafjorden i sørvest, langs Fedafjorden og over 80 km nordøstover mot Setesdalen.

Flankene langs Fedafjorden er steile (mange steder med helning 45-60°), og stryker som regel diagonalt til hovedlineamentretningen. Flankene faller gjerne sammen med bruddflater. Jevnt over ser det ut til at flankene mot sørøst er klarere definert enn nordlige flanker.

Fedafjordforkastningen er karakterisert av et komplekst deformasjonsmønster. Både subparallele og tverrstilte bruddsoner av varierende bredde (opptil 5-6 meter) og utstrekning preger forkastningssonen (Aamodt 1997). I bruddsonene er bergartene mange steder svært oppsprukket, og en finner forkastningsprodukter som for eksempel knusningsbreksjer og forkastningsmel. Der bruddsonene opptrer i bratte skråninger har en også gjerne ustabile og rasutsatte partier.

Tektonisk aktivitet (jordkorpebevegelser, ofte med jordskjelv) langsseter Fedafjordforkastningen er hovedårsak til den kraftige oppsprekningen og lineamentsutviklingen i dette området. Disse jordkorpebevegelserne var spesielt store i tidsperiodene devon, karbon og perm, men de har også forekommet i senere perioder. Det antas at Fedafjordforkastningen har vært aktiv i forbindelse med den postglasiale landhevningen, og en skal ikke utelukke at der fortsatt kan forekomme bevegelser.

### **3. MULIGE SKREDUTSATTE OMRÅDER**

#### **3.1 Fjordbassenget mellom landfallsområdet i Breivika og terskelen ved Kvina Verft**

Bunnsedimentene i dette området består av sandig silt og sandig, bløt leire. Flere steder, men først og fremst langs fjordsidene, inneholder sedimentene blokker av varierende størrelse. Den

sørlige fjordsiden ser ut til å være meget ustabil og rasutsatt. Bergartene er gjennomgått av sprekker i forskjellige retninger (Fig. 3, Vedlegg 1 og 5), og strøket av båndingen i bergartene er mer eller mindre parallel med fjordsidene, noe som på grunn av oppsprekningen fører til ytterligere øket ustabilitet. På nordsiden av fjorden har en skredavsetninger i vestlige del av Hangelandsvika og vestlige del av Breivika, mens rasutsatte områder er indikert i de østlige deler av de samme vikene. De potensielt mest rasutsatte partiene sammenfaller stort sett med de bratteste skrentene (Fig. 2a). En sprekk i et overheng ved landfallsområdet er under observasjon, men bevegelser er ikke målt.

I innerste del av Fedafjorden avtar vanddyppet fra 88 m nordøst for terskelen ved Kvina Verft til ca. 65 m utenfor Breivika (Vedlegg 5). I landfallsområdet avtar vanddyppet bratt videre oppover. Topografien på havbunnen rett øst for Breivika viser at en i dette området har hatt et stort ras (Vedlegg 5). Utløsningsområdet for raset har sannsynligvis vært på land innerst i Breivika, og de utraste massene har fulgt dypålen ut fra vika. Høyden på skredloben er på det meste ca. 4 m, mens den er ca. 100 m tvers over og ca. 180 m i lengderetningen. De utraste massene utgjør ca. 70 000 m<sup>3</sup>, og har beveget seg ca. 400 m ut fra land, innerst i Breivika.

To (muligens tre) lignende, men noe mindre skredlober, er lokalisert i fjordsiden like utenfor neset sørvest for Breivika. Den midterste og tydeligste av disse skredlobene strekker seg ca. 200 m ut fra land og er ca. 140 m tvers over (Fig. 4). Skredmassene i denne loben utgjør ca. 30 000 m<sup>3</sup>. Skredmassene er inspisert med miniubåt (ROV), og er observert å bestå av mye blokk, noe som indikerer utraste masser fra fjellsidene. Det er mulig at en del av disse rasmassene representerer utfyllt og nedrast materiale fra veibygging i strandsonen.

Videre vestover langs nordsiden av Fedafjorden mot terskelen ved Kvina Verft er det i flere områder kartlagt utraste masser og skredtunger. Rasmassene består av mye blokk. I Hangelandsvika er det på land kartlagt blokkfelt, som sannsynligvis representerer fjellkollaps. Det er mulig at en del av det utraste materialet har fortsatt ut i sjøen og rast ned mot fjordbunnen.

Fra tvers av Breivika og ca. 1 km utover fjorden er det kartlagt en kanal i dypålen på fjordbunnen (Fig. 2a, Fig. 4, Fig. 5, Vedlegg 5). Kanalen er opp til 1.5 m dyp og ca. 15 m tvers over. Kanalen ser ut til å peke videre innover fjorden mot munningen av Kvina, på sørsiden av Fedafjorden. Vi antar at dette er en turbidittkanal, der en har periodevis tilførsel av sedimenter fra Kvinadeltaet, enten i flomperioder eller når det skjer små utrasninger i deltaområdet. I sørvest slutter kanalen ved 79 m vanddypp, nordvest for Gullberget. I dette området ser det ut til at forløpet av kanalen er kraftig påvirket av utraste masser fra sørskrenten av Fedafjorden. Flere ras har gått fra fjordsiden inn mot midten av fjordbassenget.



Fig. 3. Bratt, oppsprukket og ustabil fjellvegg ved Teistedalstranda like ovenfor Kvina Verft (se Vedlegg 1).

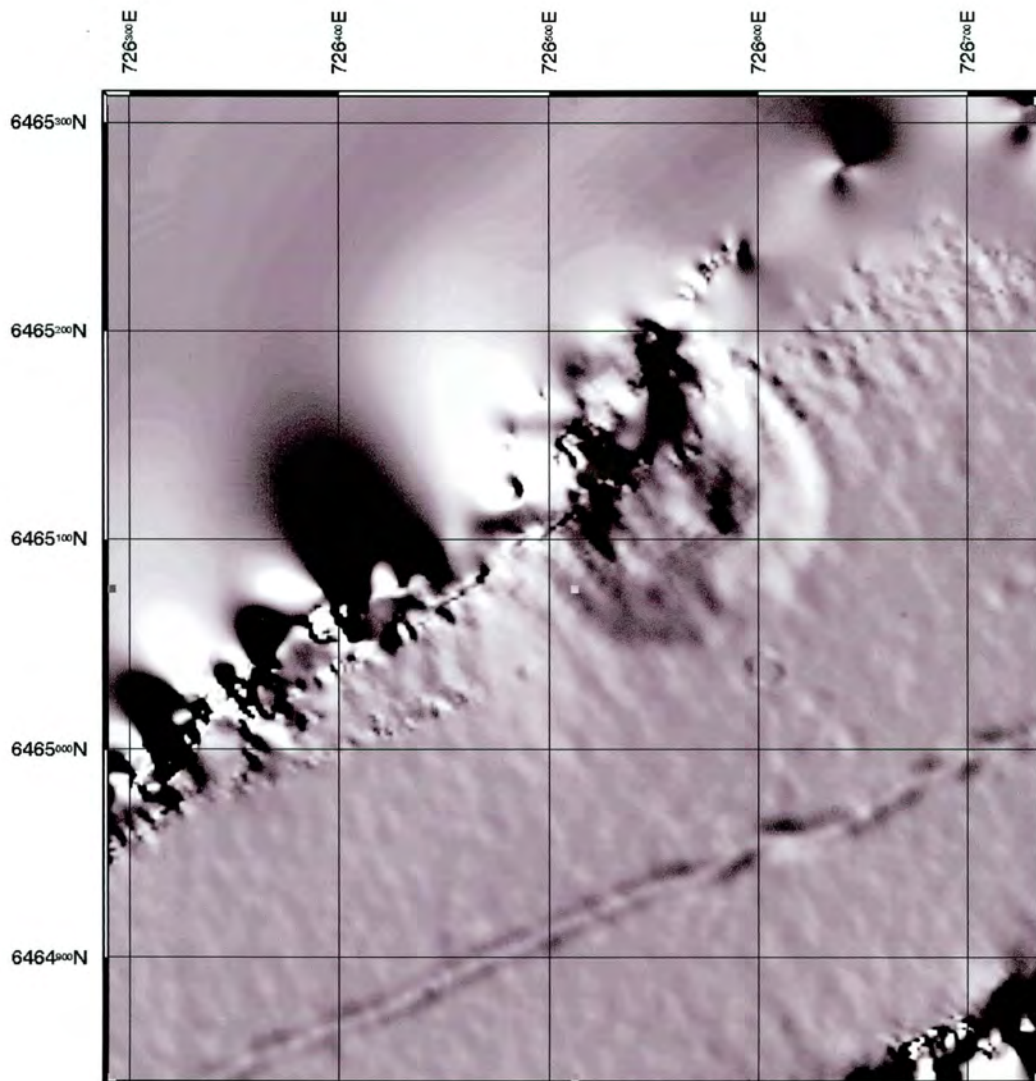


Fig. 4. Skyggerelieffkart (belyst fra nordøst) som viser skredloben på nordsiden av Fedafjorden rett sørvest for Breivika. Avstanden mellom linjene i rutenettet er 100 m. Legg også merke til den ca. 15 m brede kanalen midt i fjorden.



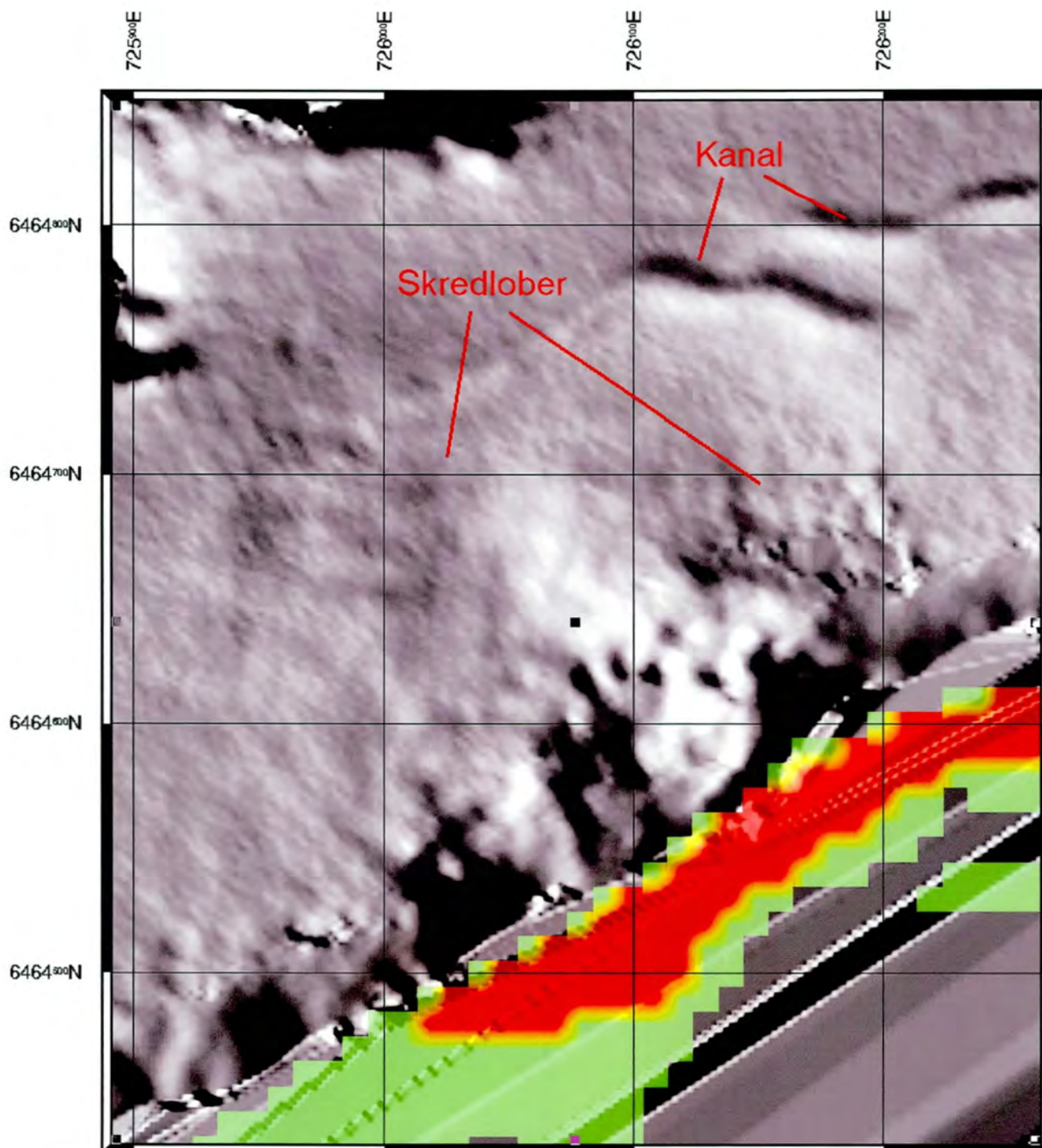


Fig. 5. Skyggerelieffkart (belyst fra nordøst) som viser skredtunger på havbunnen langs sørsiden av Fedafjorden, midt mellom Breivika og Kvina Verft. De digitale høydedataene på land er fargelagt slik at grønt viser skrenter i terrenget med helning på 40-60°, og rødt viser skrenter med helning større enn 60°. Legg merke til hvordan forløpet av kanalen er blitt forandret som resultat av utrasninger fra fjordsiden i sør. Avstanden mellom linjene i rutenettet er 100 m.

Utrasningene har nådd fram til kanalen og fylt opp denne, med det resultat at den har blitt presset nordover og har etablert seg på nytt i framkant av skredtungen (Fig. 5). Minst to slike kanalforflytninger kan kartlegges. Seismiske linjer fra midt i fjordbassenget viser at en her har kaotiske utseende, utraste masser. En har også store blokker i overflaten. Fra seismikken ser det ut til at ca. 1 m med finkornede sedimenter har blitt avsatt over de nyeste rasmassene.

Den nåværende sedimenttilveksten i det innerste fjordbassenget i Fedafjorden (utenfor Hangelandsvika, altså i området der kanalen slutter), er målt av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) til å være i gjennomsnitt 1.5 mm/år (Rygg & Schei 1986). Dette er en relativt lav sedimenttilvekst (1.5 m/1000 år), men Rygg & Schei (1986) viste at i perioder har sedimenttilveksten vært større, noe de tolket til å indikere enten ras eller flom. En må dessuten regne med at sedimenttilveksten var høyere før Kvina ble regulert. Utifra disse betraktningene må en kunne anta at det har tatt mindre enn 1000 år å avsette den ene meteren med sediment en kan observere over de siste rasmassene fra sørskrenten av fjorden. Det er med andre ord mindre enn 1000 år siden siste utrasning.

Selve terskelen ved Kvina Verft (minste vanddyb 33 m) utgjøres av grove, harde morenesedimenter avsatt på en fjellterskel. Disse sedimentene er stabile. Fjellskrentene langs sørsiden av Fedafjorden viser imidlertid kraftig oppsprekking langs hele fjordstrekningen fra tvers av Breivika til vestenfor Kvina Verft (Fig. 3), og på den sørlige del av terskelen ligger det utraste fjellblokker (Fig. 6).

### **3.2 Fjordbassenget mellom Kvina Verft og terskelen ved Tåjefjellet**

Største vanddyb i fjordbassenget mellom Kvina Verft og terskelen/moreneryggen ved Tåjefjellet er målt til å være 162 m, like nord for Tåjefjellet (Vedlegg 5 og 6). Derifra avtar vanddyppet hurtig i sørvestlig retning, og mer gradvis mot nordøst. Vanddyppet midt i fjorden på terskelen ved Tåjefjellet er 111 m. Sedimentene i det dype fjordbassenget består hovedsaklig av sandig leire, mens en på terskelen har grove og harde morenesedimenter over fjell.

Området med svært oppsprukket og dårlig fjell (med mange løse blokker) langs sørsiden av fjorden strekker seg forbi terskelen ved Kvina Verft vestover til Rørvikstrand. Rasutsatte fjellpartier med mye oppsprekking finnes også sørvestover fra Vertonodden og langs nordvestskrenten av Tåjefjellet (Fig. 2a-b, Fig. 7, Vedlegg 1 og 2). En god del skredmasser finnes langs stranda sørvest for Vertonodden/Glubedalen. Store skredavsetninger finnes også langs nordvestsiden av fjorden, først og fremst mellom Sagefoss Kraftstasjon og Feda (Sagefoss, Fornesodden, Kyrefjella og Revura) og mellom Nonåsen og Avern. Selv om fjellformasjonene langs nordvestsiden av Fedafjorden også i dette området er kraftig oppsprukket, ser det ut til at de er mer stabile enn langs sørøstsiden av fjorden.

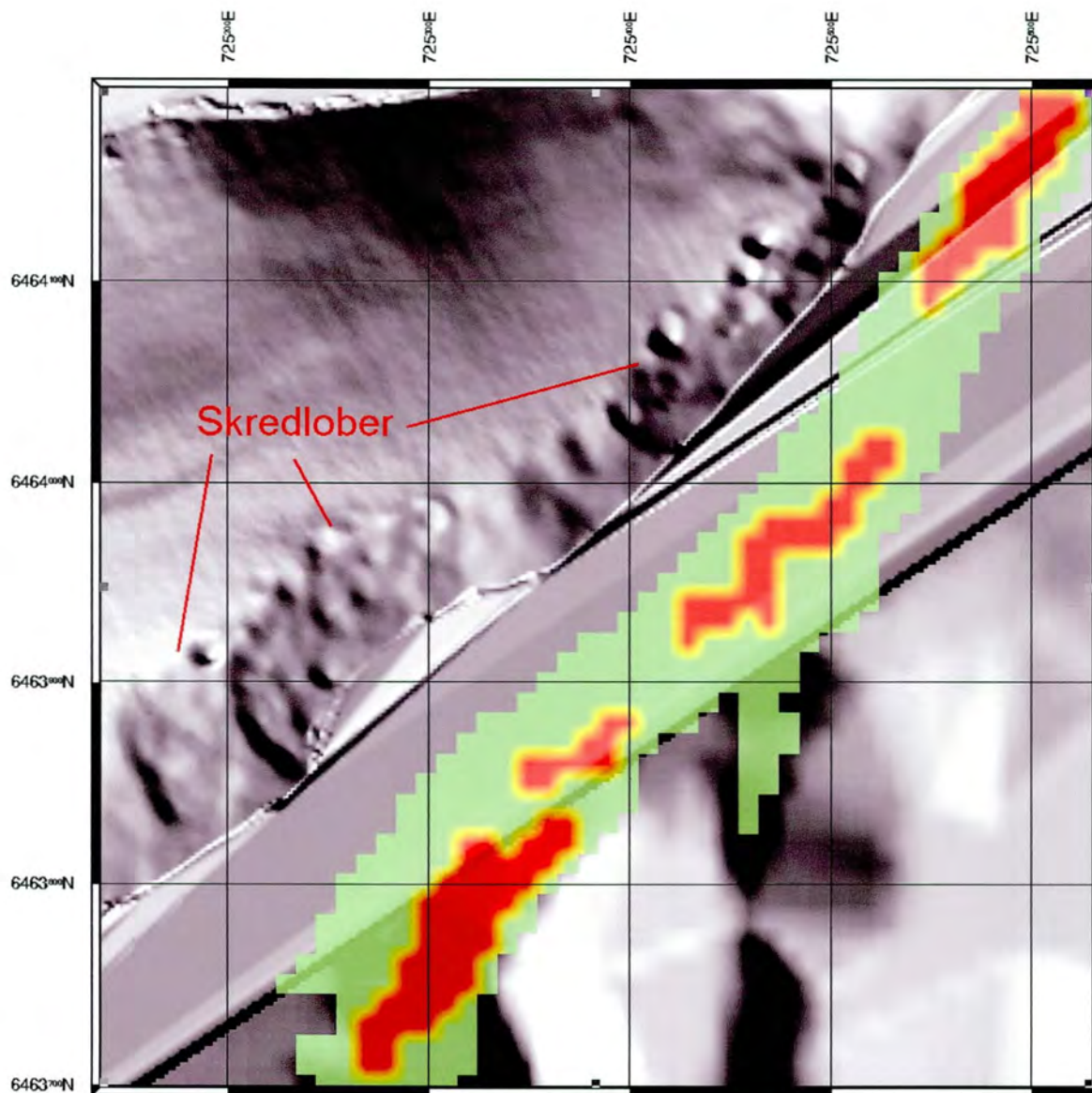


Fig. 6. Skyggerelieffkart (belyst fra nordøst) som viser skredtunger på havbunnen langs sørsiden av Fedafjorden, rett sør for Kvina Verft. De digitale høydedataene på land er fargelagt slik at grønt viser skreenter i terrenget med helning på 40-60°, og rødt viser skreenter med helning større enn 60°. Avstanden mellom linjene i rutenettet er 100 m.



Fig. 7. Spor etter en utglidning like øst for Kjellingskjær ved Tåjefjellet, sørsida av Fedafjorden (se Vedlegg 2). Fjellet er meget oppsprukket og virker ustabil.

I fjordbassenget mellom Kvina Verft og terskelen ved Tåjefjellet er det ved hjelp av sidesøkende sonar kartlagt utraste masser flere steder langs sørsiden av fjorden. Rasmassene inneholder en stor mengde blokker av varierende størrelse. Området rett sør for Kvina Verft (langs sørsiden av fjorden) ser ut til å være et aktivt rasområde (Fig. 6). I dypålen rett vest for terskelen ligger det utraste blokker i kabeltraseen. En blokk er målt til å være 10 x 6 x 4.5 m, og ligger bare 50 m fra den foreslåtte traséen.

Fjordbunnen langs sørsiden av fjorden er dekket av rasmasser nesten hele strekningen mellom Kvina Verft og Tåjefjellet (Fig. 2a og 8, Vedlegg 5 og 6). Kun rett nordøst for Tåjefjellet ser det ut til å være et område uten rasmasser. Det er sannsynlig at et par av rasene har gått helt ut til dypålen i fjorden.

Utifra eksisterende data har vi ikke kunnet kartlegge større rasavsetninger i sjøen noe sted langs nordvestsiden av fjorden. En skal imidlertid ikke se bort fra at rasmasser kan ligge nord for området undersøkt med sonar, spesielt fordi en her har store skredavsetninger på land. Disse skredene kan ha fortsatt ut i sjøen. Det er mulig at utraste masser ligger på vestsiden av terskelen ved Tåjefjellet, sørvest for Avern. Også midtfjords, rett nord for dypålen mellom Tåjefjellet og Avern, er det mulig at det har skjedd en utglidning i leirsedimentene på bunnen.

### **3.3 Fjordbassenget mellom terskelene ved Tåjefjellet og sørspissen av Andabeløyna**

Minste vanndyp over terskelen ved Tåjefjellet er 111 m, mens minste vanndyp på terskelen sør for Andabeløyna er 230 m (Vedlegg 6-8). Største vanndyp, nord for Skagelistranda og vest for Raunefjellet, er målt til 407 m. I de dypere delene av fjordbassenget består sedimentene hovedsaklig av leire og siltig leire, mens terskelene består av grove og harde morenesedimenter over fjell.

Langs sørsiden av fjorden er det oppsprukne og ustabile fjellpartier ved Hunnerodden, Eikelandsstranda, Havkattholet og kysten sør for Straumsteinen. Topografien er spesielt bratt, med kraftig oppsprukne og tydelig ustabile fjellsider, langs kysten fra Sandvikodden sørvestover til tvers av sørspissen av Andabeløyna (Fig. 9a-c, Vedlegg 2-4). Store fjellskred har gått ved Geiskeli og Skagelistranda (Fig. 9a).

Langs nordsiden av fjorden er bergartene mindre oppsprukket og tydeligvis mer stabile. Skredutsatte områder finnes i mer avgrensede partier. Det finnes likevel noen store skredavsetninger, først og fremst nordøst for Krågenes, i Sveigenesstranda og vest for Jonsnesodden.

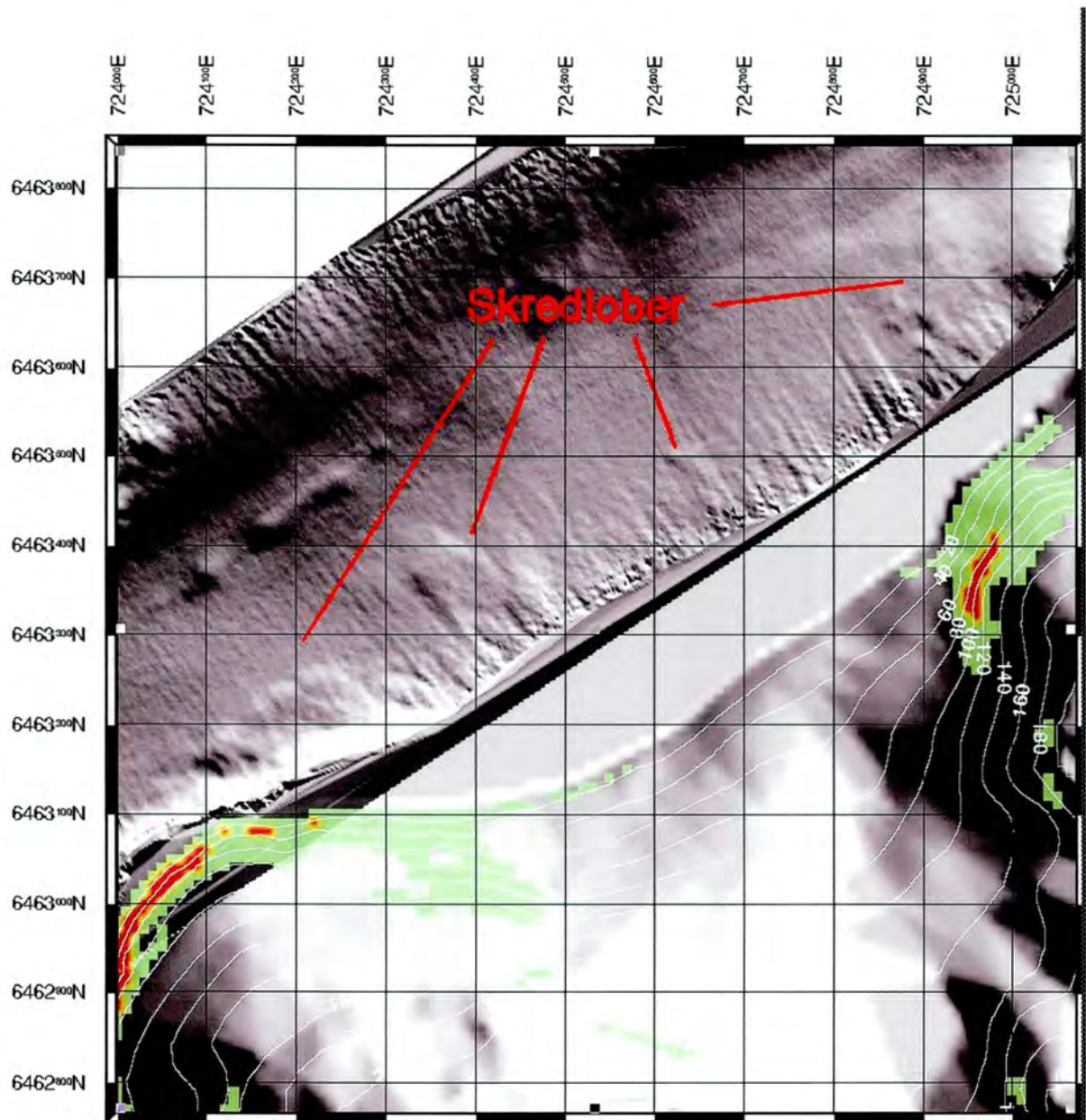


Fig. 8. Skyggerelieffkart (belyst fra nordøst) som viser skredtunger på havbunnen langs sørsiden av Fedafjorden, mellom Vertonodden og Kvina Verft. De digitale høydedataene på land er fargelagt slik at grønt viser skrenter i terrenget med helning på 40-60°, og rødt viser skrenter med helning større enn 60°. Avstanden mellom linjene i rutenettet er 100 m.



Fig. 9. a) Utglidning (ca. 50 m bred) like øst for Kjeupsa vest for Geiskeli, sørsida av Fedafjorden (sed Vedlegg 3). b) Bueformet forsenkning formet som resultat av en utglidning ved østlige del av Skagelistranda, sørsida av Fedafjorden (se Vedlegg 4). c) Begynnende utglidning ved Odreholet nord for Domkjørkkneben, sørsida av Fedafjorden (se Vedlegg 4).

**Fig. 9b**







**Fig. 9c**

I fjorden mellom Listranda og Indre Stuvik har det skjedd en stor undersjøisk utglidning i sørvestlig retning (Vedlegg 6, Fig. 2b og 10). Bakskrenten av utglidningen er minst 35 m høy, og er kartlagt å være minst 180 m lang på tvers av fjorden. Det er sannsynlig at rasskrenten kan følges videre sørover inn mot land, utenfor området dekket av multistrålebatymetri. I bakskrenten av rasgropen står det igjen flere roterte blokker, og selve utglidningsmassene har en bratt front med svakt buede rygger i overflaten. Hovedutglidningen er ca. 400 m lang, men en tunge på ca. 100 meters bredde har fortsatt enda 500 m videre mot sørvest. I øst er utglidningen ca. 300 m bred, og vi antar at de utglidde massene ligger i ca. 10 m mektighet. De utglidde massene utgjør dermed i overkant av 1 million m<sup>3</sup>. På grunn av mye sideekko på seismikken er det vanskelig å tolke denne. Vi vet ikke når utglidningen skjedde, og om her fortsatt pågår utglidning. I den smale rennen i dypålen 100-200 m nordøst for utglidningen ble det med ROV observert kantete blokker på bunnen. Disse kan muligens representere utglidde blokker fra fjordsidene, men de kan også være blokker avsatt under leirsedimentene på fjordbunnen i en tidligere periode.

Utenfor de bratteste skrentene langs sørsiden av fjorden er det flere steder observert blokkfelt på sjøbunnen. I enkelte områder representerer disse blokkfeltene sannsynligvis større utrasninger. I andre områder kan blokkfeltene representere steinsprang og utglidning av bare noen få blokker i gangen. Fig. 11 viser eksempel på et skyggerelieffkart fra et blokkfelt, der enkelte blokker ser ut til å være dekket med sedimenter, mens andre er avsatt mer nylig. Blokkene er i mange tilfeller omgitt av forsenkninger, muligens på grunn av at strømminger i vannmassene forårsaker turbulens og lavere sedimentasjonsrater rundt blokkene. Multistråledata og sonardata fra sørsiden av Fedafjorden mellom Sandvikstrand og Skagelistranda bør tolkes med varsomhet, da dette er et dumpeområde for utrangerte fartøy.

Langs sørsiden av fjorden har vi kartlagt rasmasser i sjøen mer eller mindre kontinuerlig fra Eikelandsstronda/Havkattholet sørvestover til neset tvers av sørspissen av Andabeløyna (Fig. 2c-d, Vedlegg 6-8). Noen av disse rasene ser ut til å ha gått helt ut til dypålen i fjorden.

I sjøen langs nordsiden av fjorden ligger det rasmasser nesten ut til dypålen mellom Avern og Krågenes (Fig. 2b). Utraste blokker finnes også på bunnen sørøst for Austre Stolsodden.

Sørvest for terskelen ved sørspissen av Andabeløyna har vi ikke observert rasmasser eller rasutsatte områder som kan representere en fare for kabler på havbunnen. En bør imidlertid merke seg at i Vedlegg 8 har Geoteam avmerket et område med "Numerous high reflective patches, probable pockmarks". Langsetter kabeltraseen kan det se ut som om en del av disse strukturene representerer sanddyner. Vi vet ikke om de er i bevegelse.

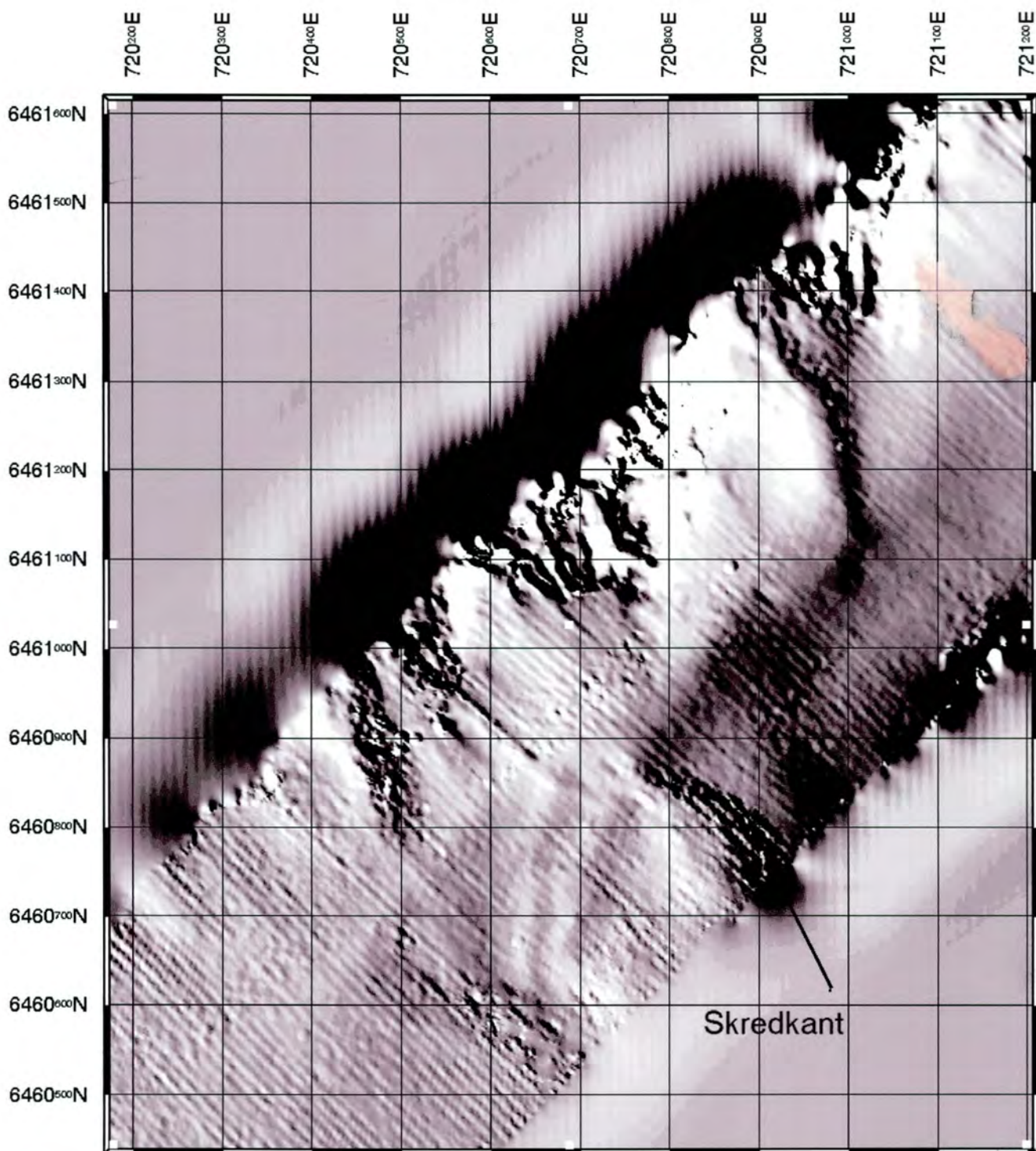


Fig. 10. Skyggerelieffkart (belyst fra nordøst) som viser den store utglidningen på havbunnen i Fedafjorden mellom Listranda og Indre Stuvik. Avstanden mellom linjene i rutenettet er 100 m.

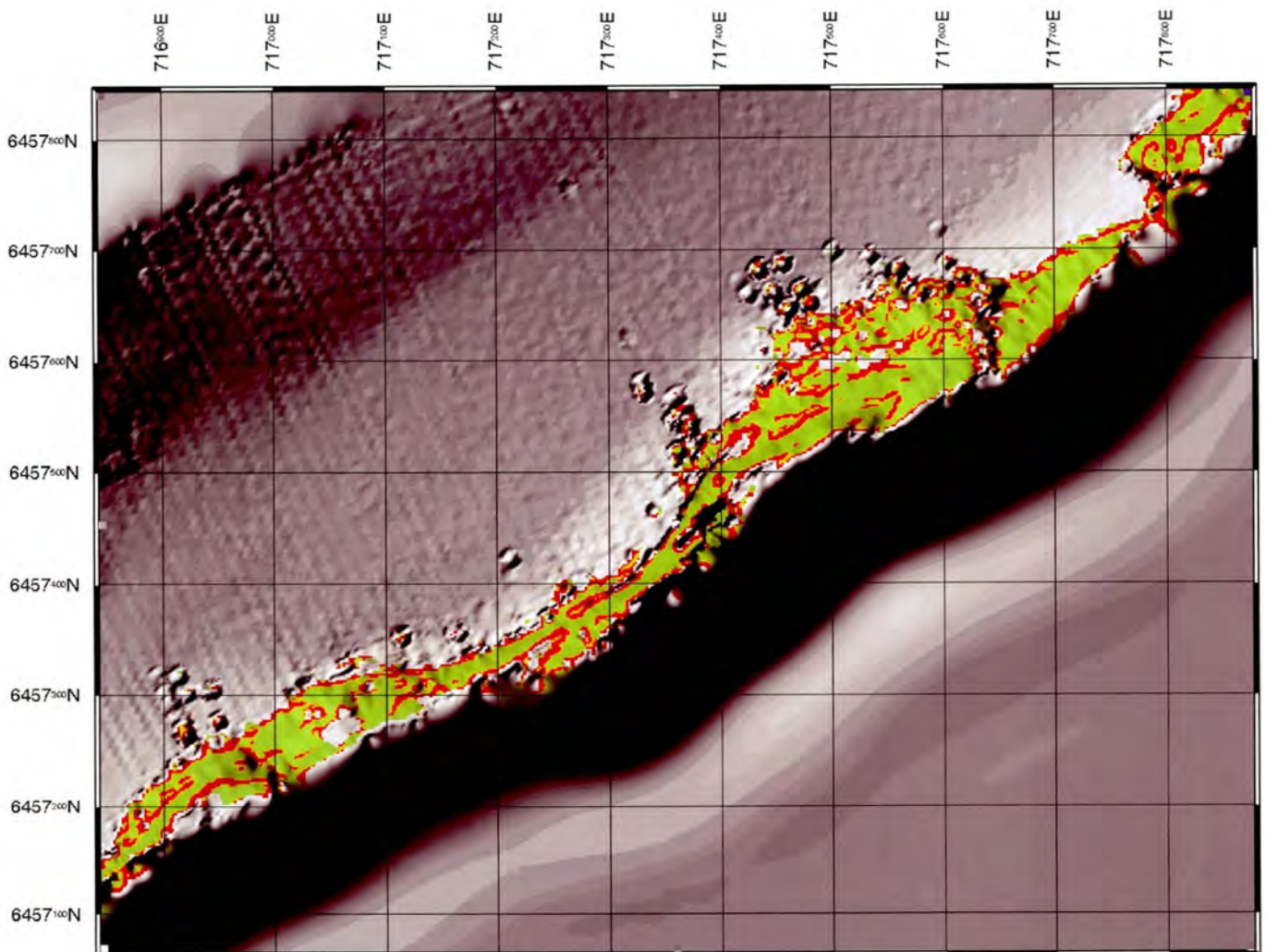


Fig. 11. Skyggerelieffkart (belyst fra nordvest) som viser blokkfelt på havbunnen på sørsiden av Fedafjorden, nordvest for Skagelistranda og Skarvodden. Legg merke til at blokkene ofte er omgitt av en forsenkning, og at enkelte blokker er mer diffuse (dekket av sedimenter) enn andre. De batymetriske dataene er fargelagt slik at grønt viser skrenter i terrenget med helning på 40-60°, og rødt viser skrenter med helning større enn 60°. Avstanden mellom linjene i rutenettet er 100 m.

#### 4. OPPSUMMERING AV SKREDFORHOLD I FEDAFJORDEN

Berggrunnen rundt Fedafjorden er gjennomgått av sprekker og forkastninger i forskjellige retninger. En markert forkastningssystem går langs fjordsystemet. Studier av flybilder og befaring langs fjordsidene viser at fjordsidene en rekke steder er meget ustabile, med sørøstsiden som den mest ustabile. Her har det vært en rekke mindre og større utglidninger fra de bratte fjellsidene.

Det er registrert flere store fjellskred på land, både på sørøstsiden og nordvestsiden av fjorden. Store fjellskred på land med store urmasser ligger ved Sagefoss Kraftverk, mellom Lia og Littlehamn, nord for Skranefjellet, ved Hangelandsvika og på østsiden av Hålandsvatnet. Flere av utglidningene og skredurene en finner på land kan en se fortsettelsen av ut i fjorden. Disse har dels gått ut til sentrale deler av fjordbassenget (Fig. 2a-d, ). På fjordbunnen ser en også store, isolerte fjellblokker som er tolket til å være kommet på plass ved at enkeltblokker har rullet og hoppet nedover fjordsiden. Rekkevidden til disse steinsprangene er imidlertid oftest begrenset, og blokkene stopper opp før de når sentrale deler av fjorden.

I fjordsystemet har en også større utglidninger av løsmasser (Fig. 10). En har for lite data til å kunne si noe om noen av disse fremdeles kan være i bevegelse. Vi anbefaler at eventuelle kabler legges utenfor disse utglidningssonene.

Sammenligner en Fedafjorden med andre fjordsystemer i Norge, er det klart at fjellsidene her er meget ustabile. Antall store fjellskred som er kartlagt er trolig like stort som i noen av de mest utsatte fjord- og fjellsider i Møre og Romsdal (Tafjorden, Geirangerfjorden og Romsdalen). Den største faren for brudd på kabler vil være ved at større fjellskred løsner i fjellsidene på land. Det viser seg at store volum har svært store rekkevidder (Nicoletti & Sorriso-Valvo 1991; Blikra & Anda 1997), og hele fjordens bredde vil ligge i skredutsatt område ved en stor utglidning. Selv om fjellsidene på land er mye lavere i Fedafjorden enn i fjordsystemene på Vestlandet, er likevel volumene av de registrerte rasene så store at de har potensiale til å krysse fjordbunnen enkelte steder. Fjellskred vil kunne bevege seg nedover bratte fjellsider til de når den flate fjordbunnen. Massene vil kunne overbelaste løsmassene og utløse løsmasseskred som kan føre med seg blokker og stein langt utover fjordbunnen. Dette er trolig en av hovedprosessene for de store skredene i Fedafjorden. Det foreligger lite data som kan brukes til å si noe om alderen på disse store skredene, og derfor er det også en del usikkerheter med hensyn til estimering av skredfare. Hvis skredene var svært gamle (f.eks. fra rett etter istiden), kan utløsningsårsaken skyldes store jordskjelv og aktiv tektonikk. Det store skredet på sørsiden av fjorden, mellom Breivika og Kvina Verft, er imidlertid dekket av bare ca. 1 m sediment, og sedimenttilvekstmålinger (Rygg & Schei 1986) viser at dette skredet sannsynligvis er mindre enn 1000 år gammelt.

Alle områder som vi mener har vært utsatt for skred, er tegnet inn på Vedlegg 5-8 og Fig. 2a-d. Videre er de mest ustabile fjellssidene tegnet inn i Vedlegg 1-4. Ved legging av kabler bør en unngå traséer hvor det er registrert eldre ras, bortsett fra i områder der alle ustabile masser i kildeområdet på land allerede er utrast. Et slikt tilfelle har vi i landfallområdet. De store skredmassene i fjorden stammer fra et stort fjellkollaps på land som har gått ut i fjorden. Hele det ustabile fjellområdet gikk med i raset, og skredfaren fra dette området er derfor blitt eliminert. En må imidlertid være klar over at neste store ras kan gå i et område hvor det ikke har gått skred tidligere, og derfor er det svært vanskelig å avgrense skredfarlige områder. Vi har foretatt en samlet risikovurdering for hele fjordsystemet. Ved en eventuell bestemmelse om legging av kabler bør det i forkant gjøres oppfølgende undersøkelser slik at en kan unngå de mest utsatte områdene.

## 5. SKREDFAREANALYSE / RISIKOVURDERING

Basert på kartlegging på land og i fjorden er det foretatt en samlet vurdering av risikoen for brudd på en eller flere kabler. Data fra NIVA (sedimenttilvekst) sammenkoblet med den geologiske kartleggingen viser at minst ett av de store skredene har gått i løpet av de siste tusen år. I analysen har vi derfor forutsatt at disse skredene har gått mer eller mindre jevnt de siste 10.000 år (etter at innlandsisen smeltet bort fra området). Vi har estimert at det i hele fjordområdet har gått mellom 8 og 12 større skred som har krysset fjordbunnen og hatt potensiale til å kunne kutte alle kablene. I den videre vurderingen har vi brukt et gjennomsnitt på 10 skred som har krysset fjordbunnen i løpet av de siste 10.000 år. *Vi kan dermed estimere en årlig sannsynlighet på  $1 \cdot 10^{-3}$  pr. år for at alle kablene kan bli kuttet av et skred (en skredsannsynlighet på 1 skred pr. 1000 år). I løpet av en periode på 25 år vil dette si en sannsynlighet i størrelsesorden 2-3 %.* Siden en går ut fra at slike store skred alltid vil kutte kablene, vil risikoen for kabelbrudd bli den samme som sannsynligheten for skred (risiko for kabelbrudd = skredsannsynlighet • faren for brudd ved et ras). Alle skred vil ikke nå like langt, og noen vil bare kunne kutte et mindre antall kabler. Sannsynligheten for at et skred skal kutte bare én kabel vil derfor være større, men dette er meget avhengig av hvor kablene blir lagt. Ved legging av opptil fire kabler med 10-20 meters innbyrdes avstand vil de ytterste kablene ligge mer utsatt til enn om det kun skulle ligge én kabel i fjorden. Hvis det kun ligger en kabel i fjorden, vil den estimerte sannsynligheten for at den skal bli ødelagt av et skred derfor være noe større enn  $1 \cdot 10^{-3}$  pr. år (1 skred pr. 1000 år). Grunnen til at sannsynligheten ikke er mye større, er at det er forholdsvis enklere å legge én kabel sikrest mulig.

De tilgjengelige data fra Fedafjorden er et godt grunnlag for estimering av risiko. Med rimelig god sikkerhet har det vært mulig å kartlegge gamle skred. Videre viser detaljene om sedimenttilvekst i det indre bassenget at slike store skred opptrer opp mot vår tid (yngre enn 1000 år). Vi vurderer skredfareanalysen/risikoanalysen å være av en god kvalitet. Vi kunne imidlertid ha ønsket noe bedre data i enkelte områder (seismikk, prøvetaking, datering av

sedimentene), men dette ville trolig ikke ha endret mye på resultatene. Datagrunnlaget som har vært basis for risikoanalysen, har vært bedre enn for de fleste tilsvarende analyser på land.

Det kan nevnes at en i Norge har bestemmelser om krav til sikkerhet for bygninger i vedtektene til Plan og bygningsloven. Disse sier at sannsynligheten for skred ikke skal overstige 1 skred pr. 1000 år for vanlige bolighus. Risikoen for at et menneske skal miste livet er normalt 10 ganger mindre p.g.a. at 90% overlever et ras. Dette vil si at risikoen for at menneskeliv skal gå tapt ikke skal være større enn  $1 \cdot 10^{-4}$ . Dette er omtrent den samme risikoen som for å bli drept i trafikken pr. år. For større bygninger hvor det oppholder seg flere mennesker (f.eks. skoler, sykehjem, industriområder etc.), blir skredfare ikke akseptert overhodet. Det er imidlertid vanskelig å vurdere konsekvensen av tapte menneskeliv opp mot økonomiske og materielle skader.

En risikoanalyse er basert på produktet av skredsannsynlighet og konsekvens (risiko = skredsannsynlighet • konsekvens). For å kunne vurdere risikoen for et samtidig brudd på alle kabler opp mot brudd på kun én kabel er det derfor nødvendig å foreta en vurdering av konsekvensene av et brudd. Det bør gjøres en konsekvensanalyse av effektene av både et samtidig brudd og et enkeltbrudd.

## **6. FORSLAG TIL OPPFØLGENDE UNDERSØKELSER**

For å kunne vurdere skredfaren i Fedafjorden i enda større detalj, må en samle inn mer data gjennom oppfølgende undersøkelser. Eventuelt videre arbeid bør i så tilfelle omfatte:

- Detaljert kartlegging langsetter kysten på land for å lokalisere og vurdere de mest skredutsatte områdene.
- Innsamling av mer grunnseismiske data i de mest skredutsatte områdene for å kartlegge skredmassene som finnes i fjorden.
- Kjerneprøvetaking av sedimentene på fjordbunnen innen utvalgte områder for å fastslå sedimenttypen og alderen på sedimentene ved datering.

## 7. REFERANSER

Aamodt, L.R. 1997: Paleozoiske og kenozoiske bruddsystemer i det sydligste Norge og tilliggende kontinentalsokkelområdet. Cand. Scient. oppgave, Universitetet i Bergen, 157 s.

Blikra, L.H. & Anda, E. 1997: Large rock avalanches in Møre og Romsdal, western Norway. NGU Bull. 433, 44-45.

Falkum, T. 1982: Geologisk kart over Norge, berggrunnskart MANDAL - 1:250 000. Norges geologiske undersøkelse.

Gabrielsen, R.H. & Ramberg, I.B. 1979: Fracture patterns in Norway and Landsat imagery: results and potential use. Proceedings, Norwegian Sea Symposium, Tromsø, NSS/23:1-28.

Geoconsult 1997: NorNed kabel supplementary cable route survey Fedafjorden. Project 11206.

Geoteam 1996: Viking Cable/NorNed Kabel. Survey of Cable Route Corridors. NorNed Kabel. Project 96/1003.

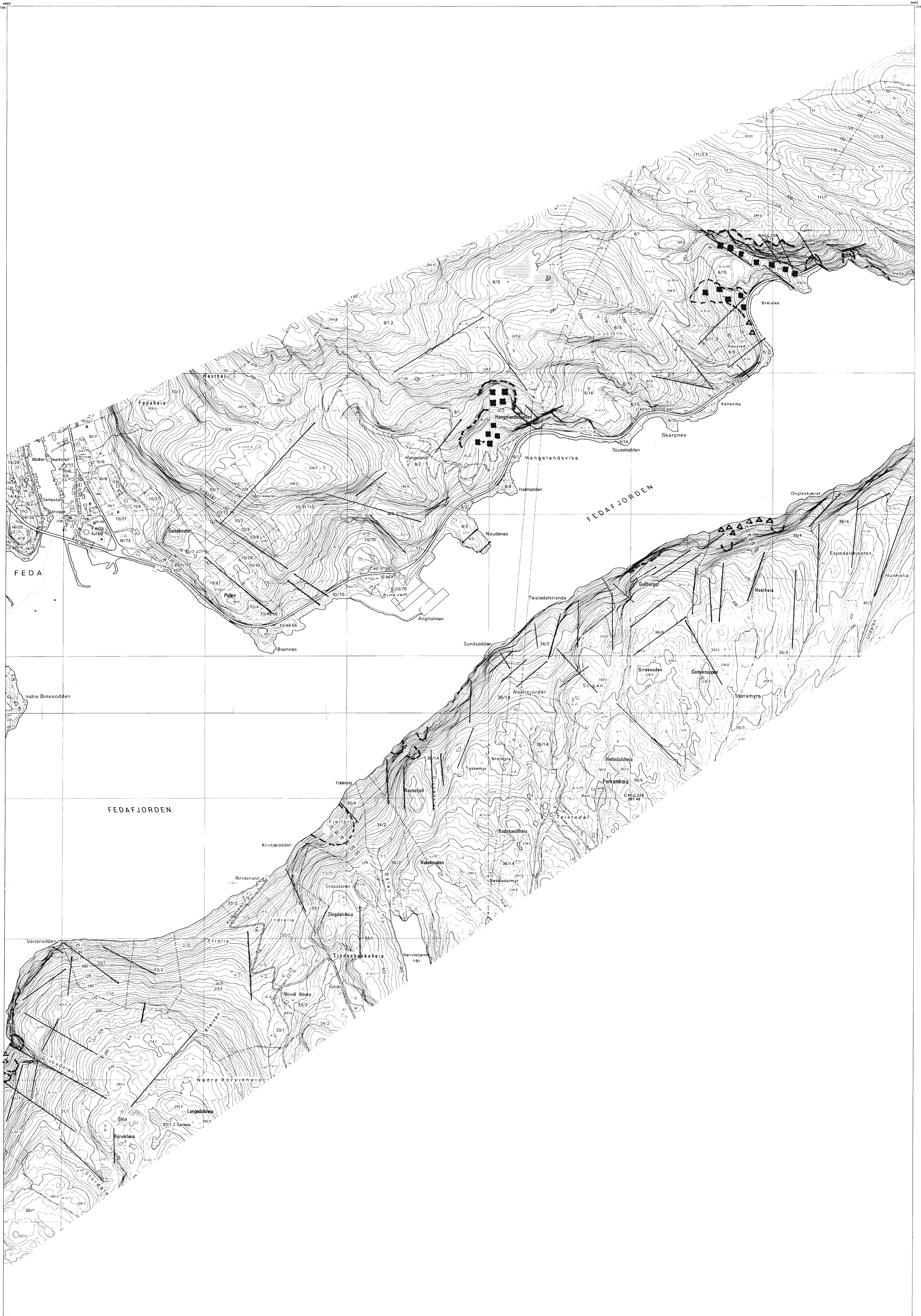
Nicoletti, P.G. & Sorriso-Valvo, M. 1991: Geomorphic controls of the shape and mobility of rock avalanches. Geol. Soc. Am. Bull. 103, 1365-1373.

Rygg, B. & Schei, J. 1986: Undersøkelser i Fedafjorden 1984-1985. Delrapport 1. Sedimenter og bløtbunnsfauna. NIVA Rapport 214/86, 53 s.

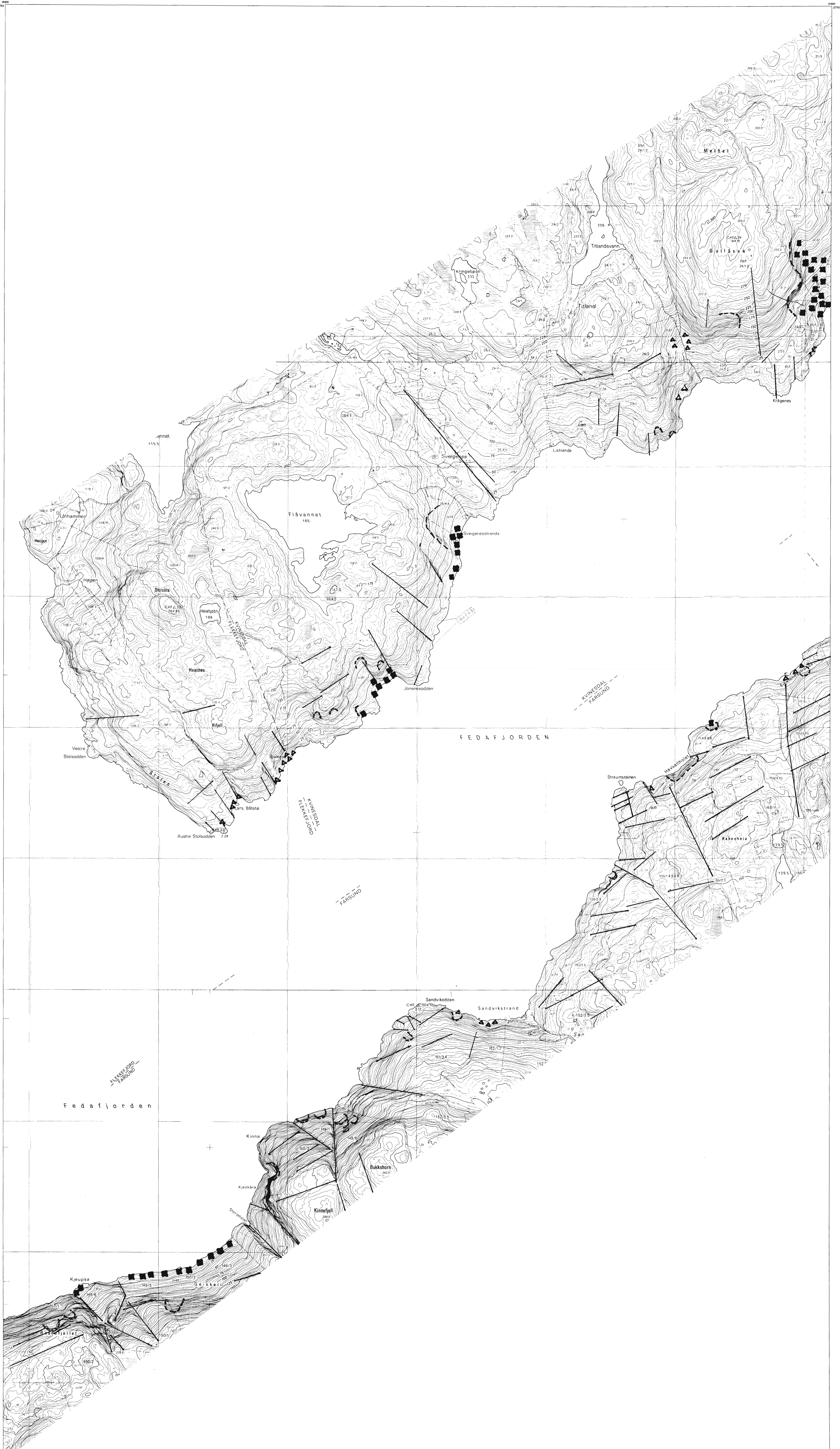
Statnett 1997: Route Update 1997. NorNed kabel HVDC project.

Statnett NorNed kabel, Viking Cable & EuroKabel 1997: Likestrømsforbindelser mellom Norge og kontinentet. Rapport Februar 1997.

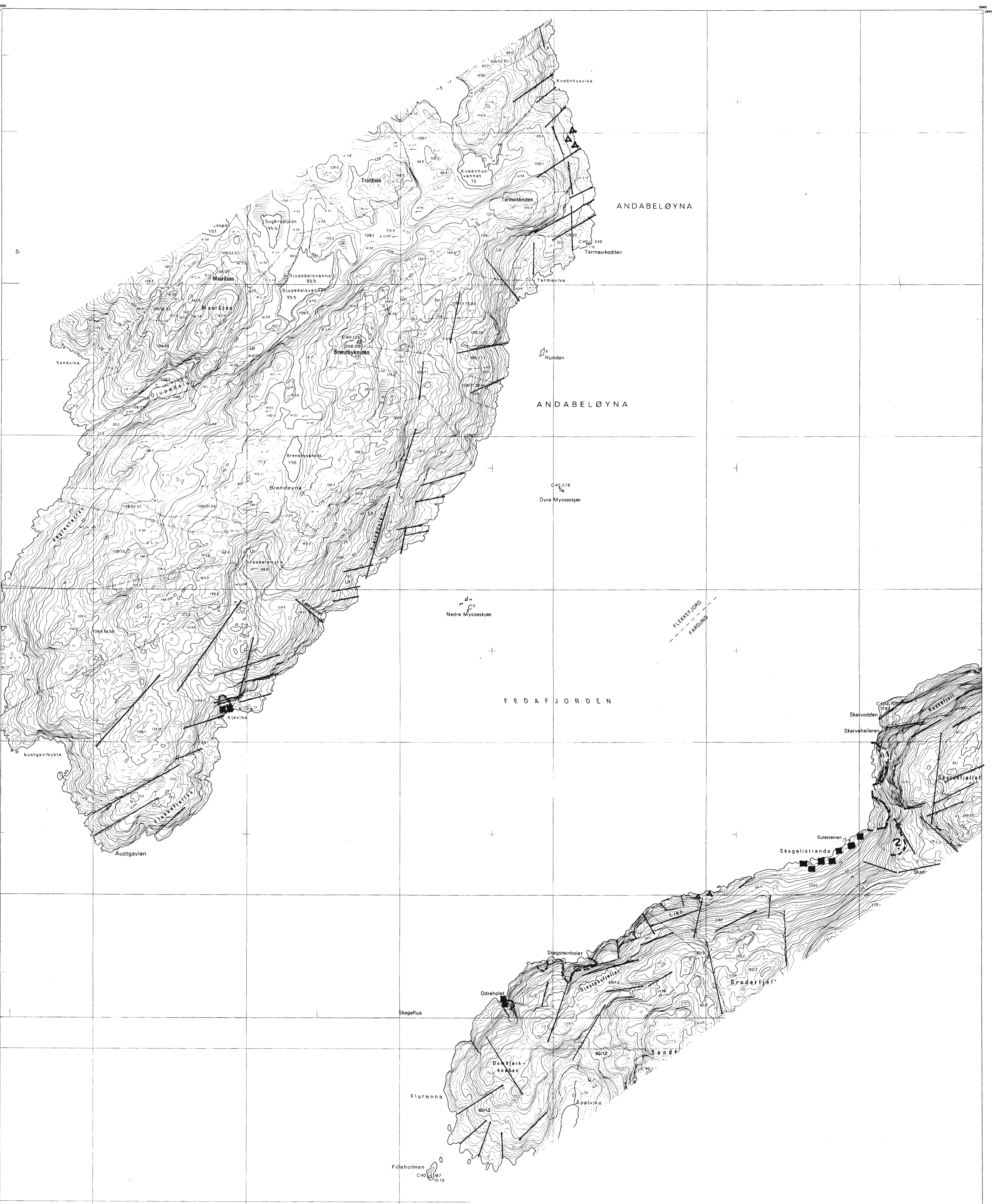






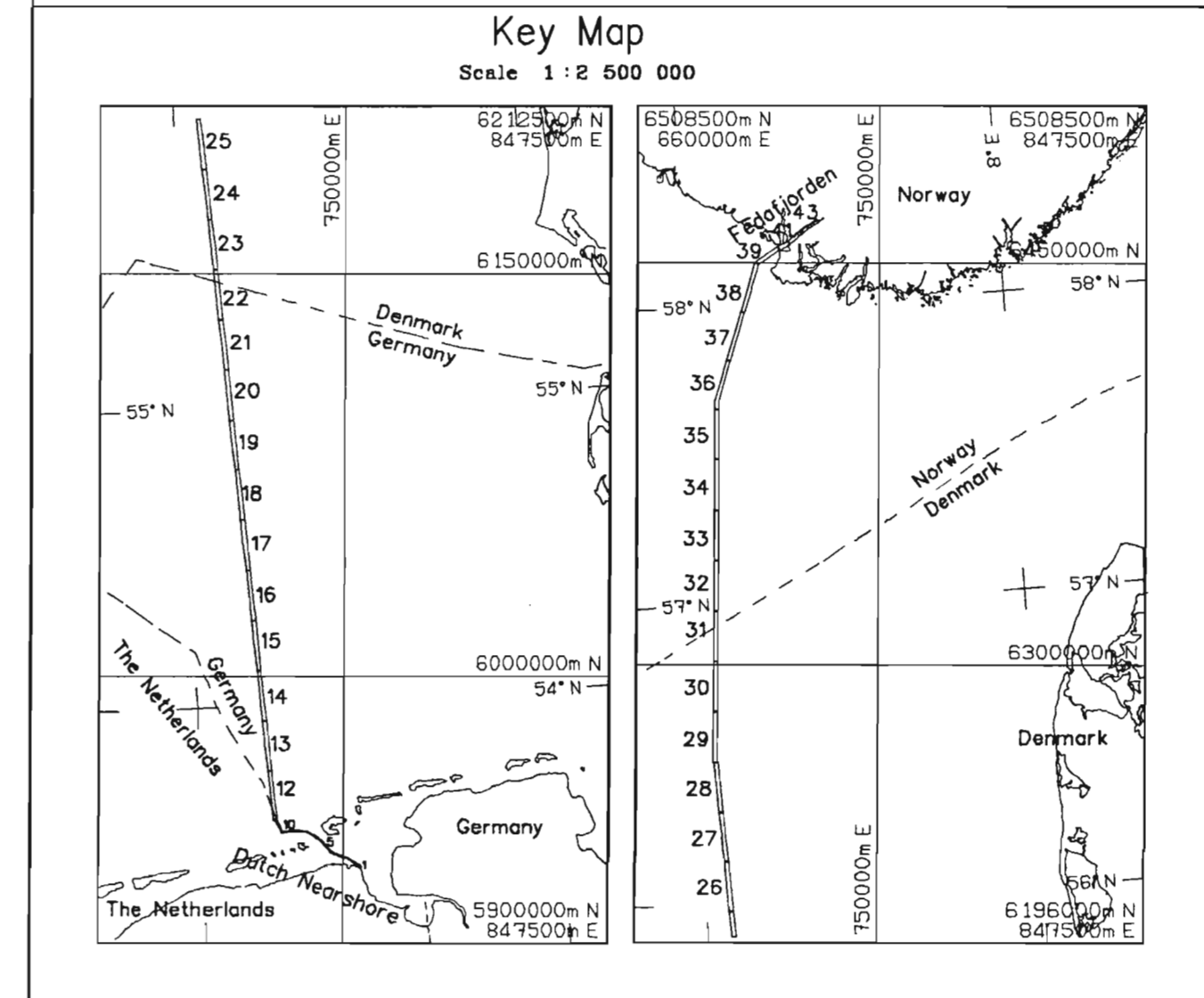
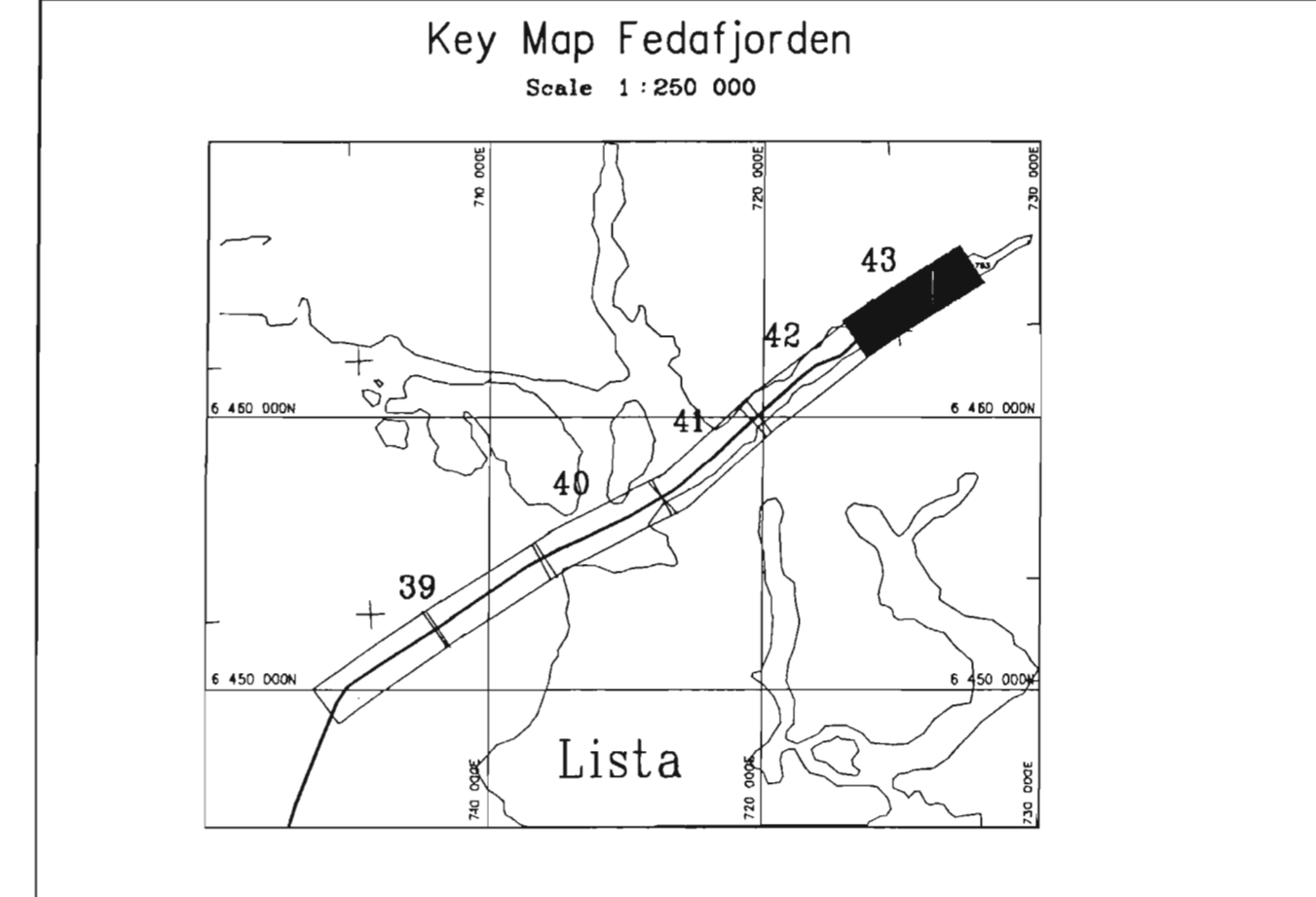
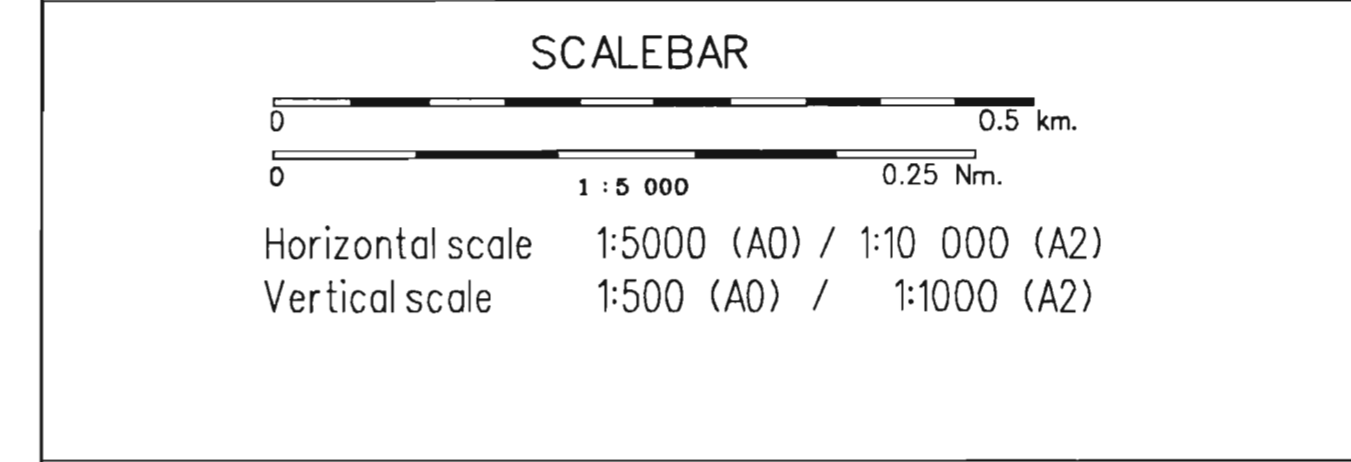
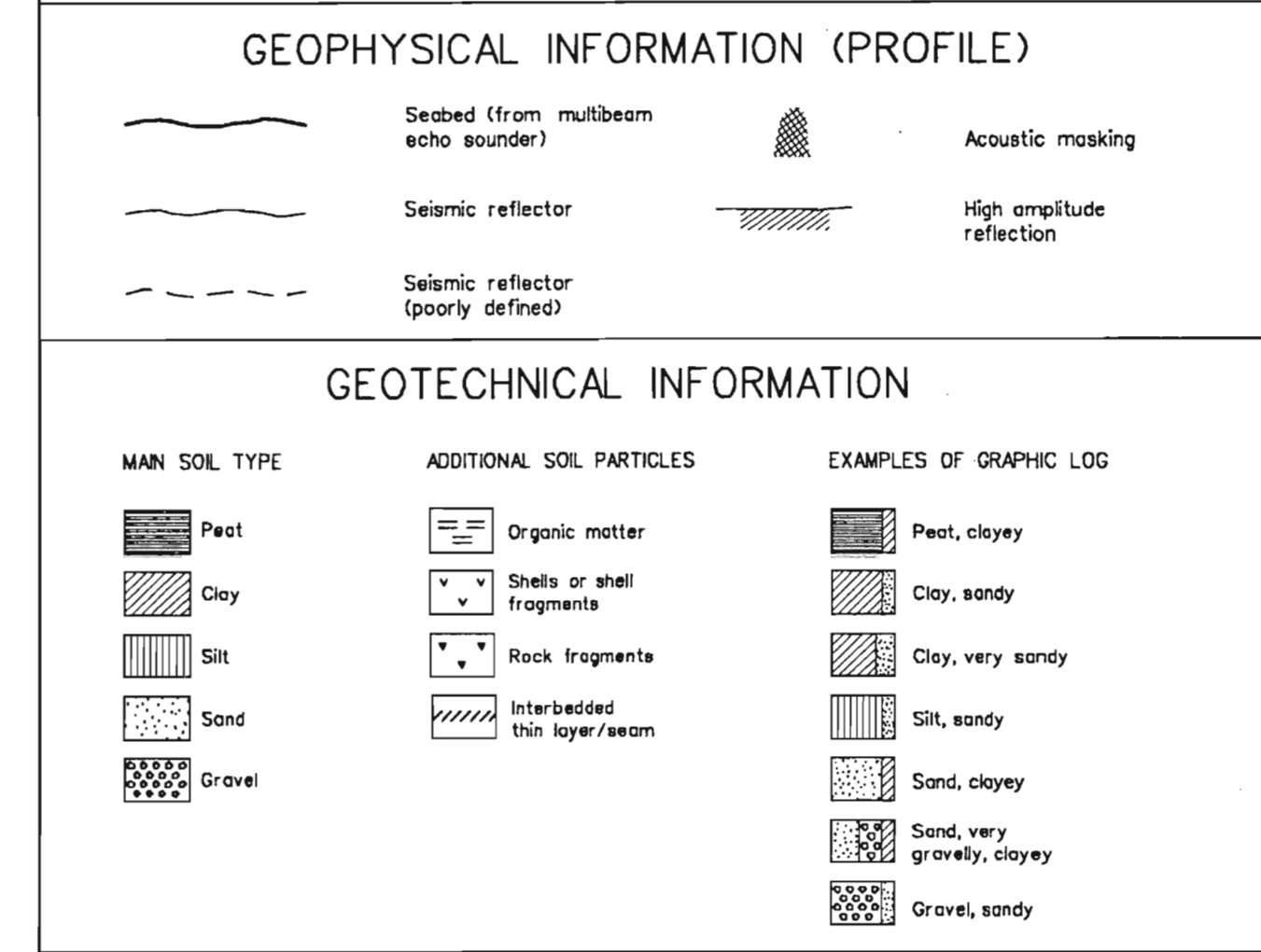
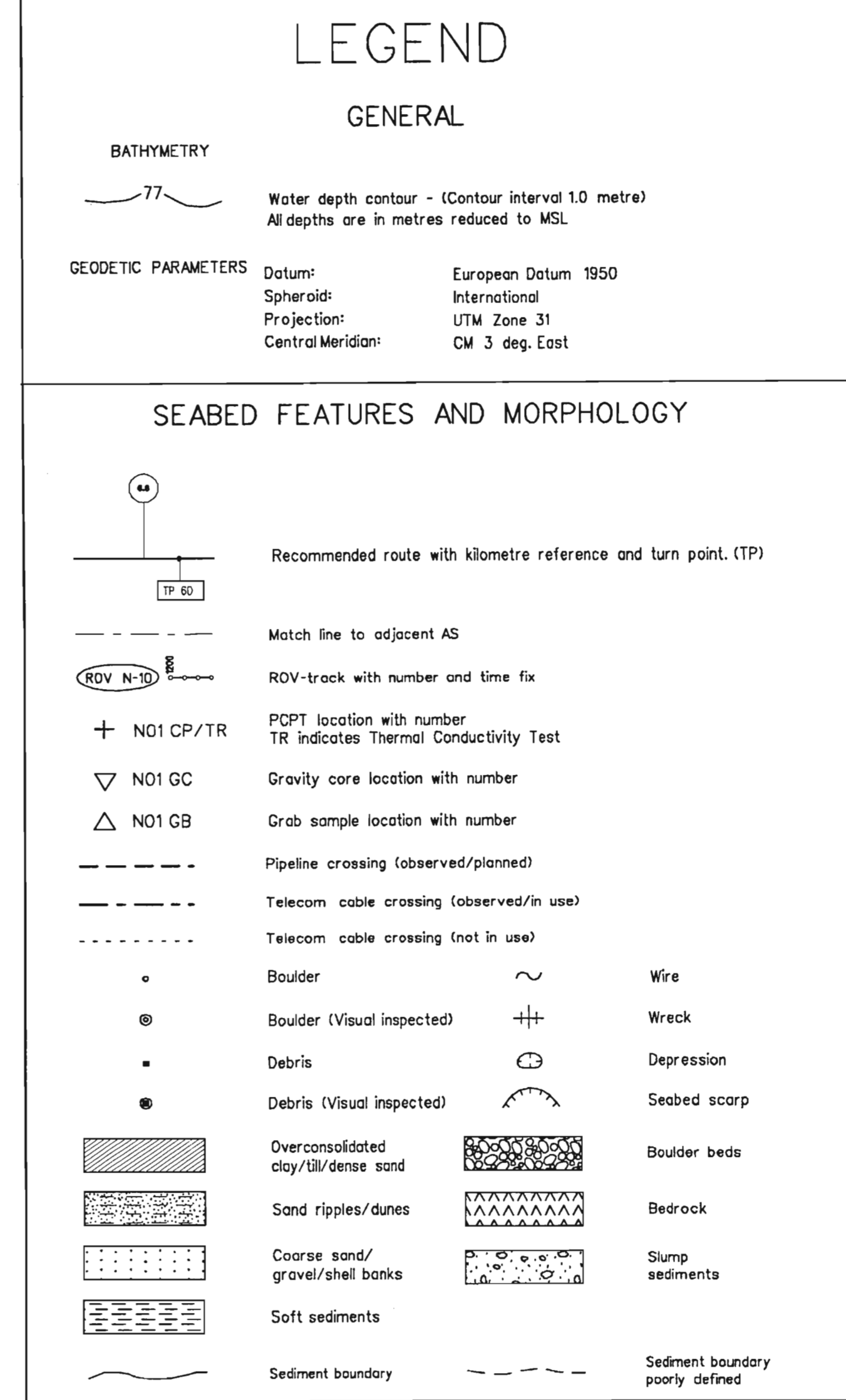
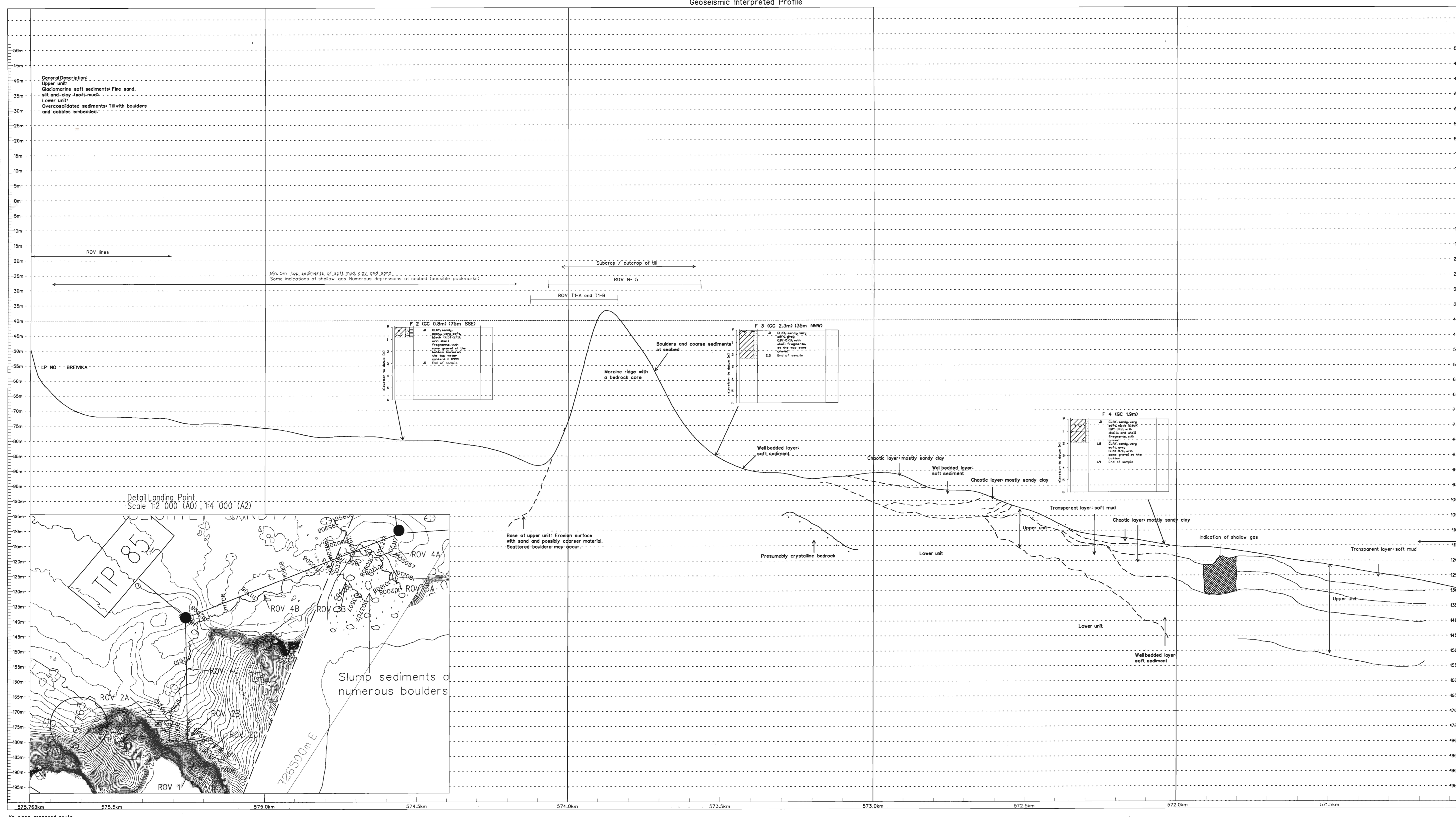
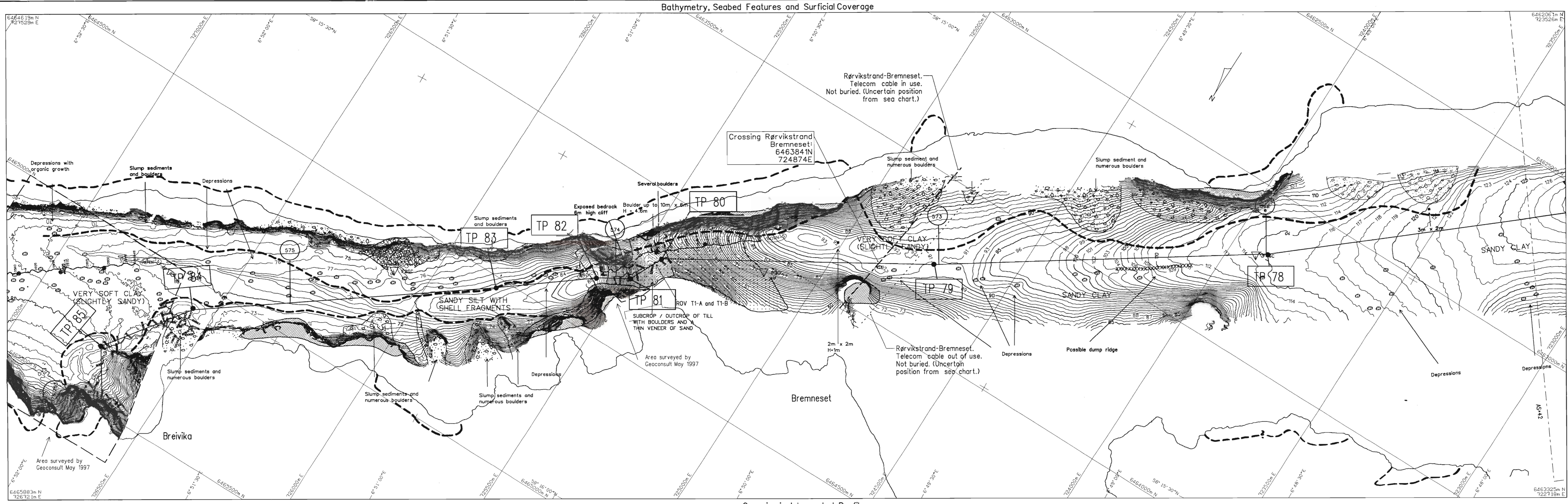


Vedlegg 3 (NGU Rapport 98.144)  
 Fedafjorden 2, Plottedato 22.10.1998



Vedlegg 4 (NGU Rapport 98.144)

Fedafjorden 1, Plottedato 22.10.1998 Målestokk 1:5000



### Vedlegg 5 (NGU Rapport 98.144)

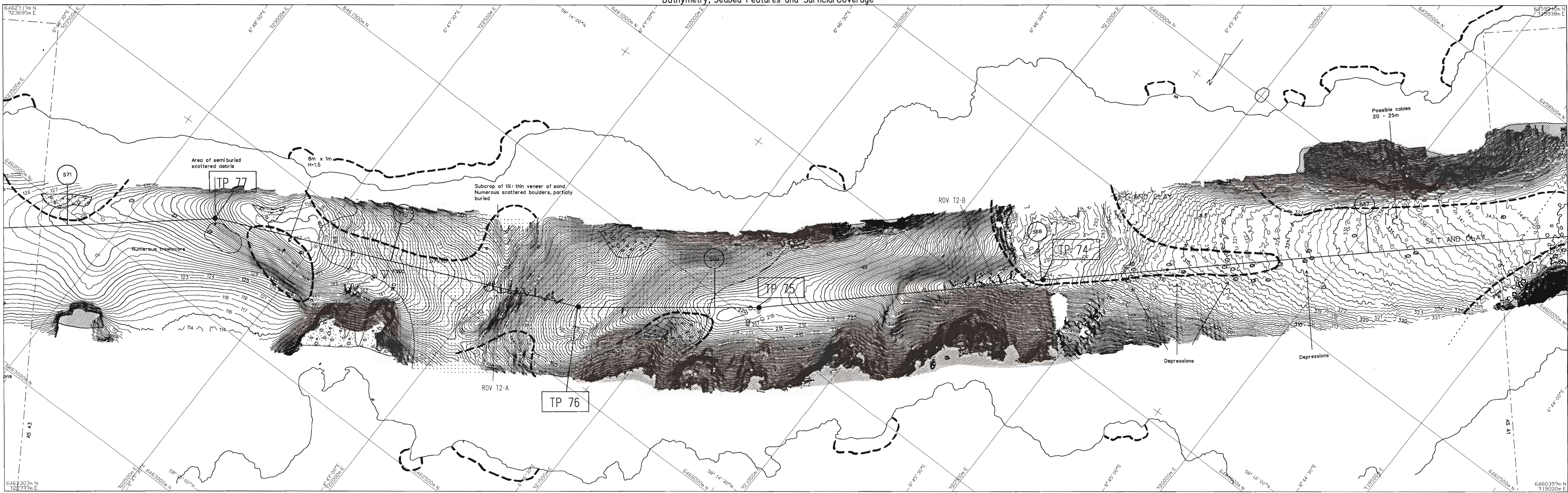
Revision	Description	Prepared	Checked	Approved	Date
1116	ROUTE UPDATE 1997	RW	BHD	JCH	98.01.08
	Appendix B4				98.01.08
	ALIGNMENT SHEET NO. 43.				
	Kp. 571.080 to Kp. 575.763				

Electronic file name: norred\_43.dgn  
 Replaces drawing: Statnett AS 46  
 Prepared by drawing:

Project Name and Logo: NorNed kabel HVDC project

Document No.: N085.193/01-R  
 Sheet No.: 1 of 1  
 Date: 7.8.17  
 Rev.: 01

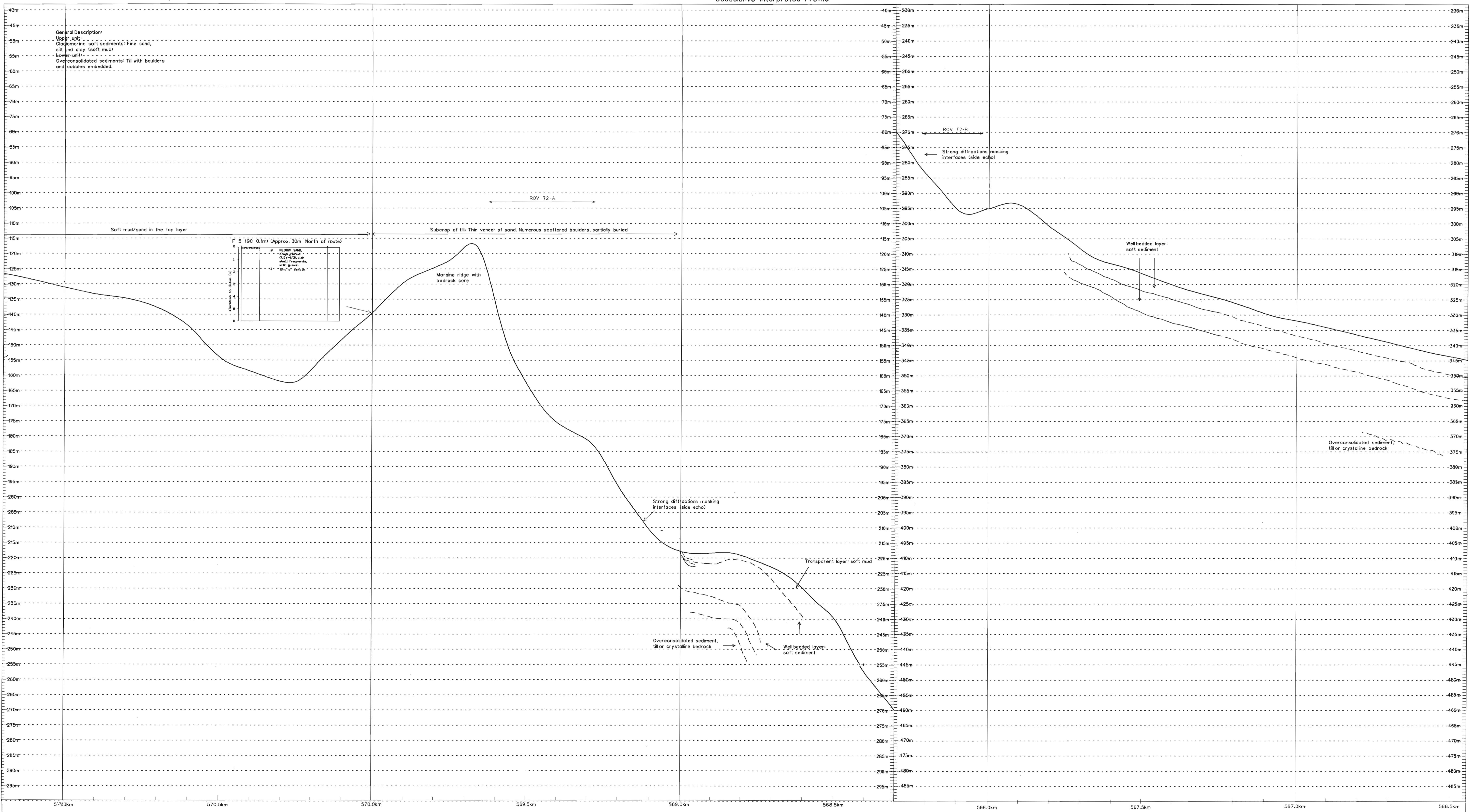
Bathymetry, Seabed Features and Surficial Coverage



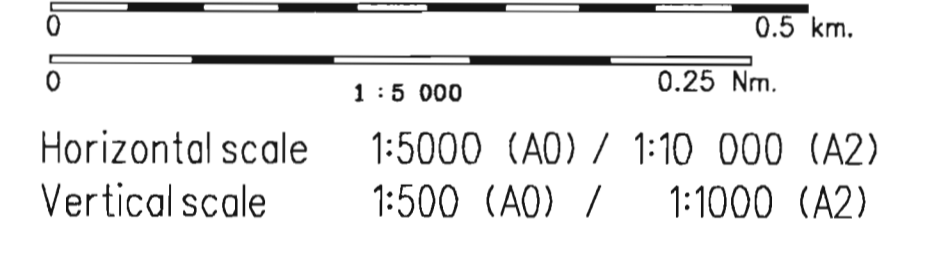
LEGEND

- GENERAL**
- BATHYMETRY**  
 Water depth contour - (Contour interval 1.0 metre)  
 All depths are in metres reduced to MSL
- GEODEIC PARAMETERS**  
 Datum: European Datum 1950  
 Spheroid: International  
 Projection: UTM Zone 31  
 Central Meridian: 01 3 deg East
- SEABED FEATURES AND MORPHOLOGY**
- Recommended route with kilometre reference and turn point (TP)
  - Match line to adjacent AS
  - ROV track with number and time fix
  - CPPT location with number TR indicates Thermal Conductivity Test
  - NO1 GC Gravity core location with number
  - NO1 GB Grab sample location with number
  - Pipeline crossing (observed/planned)
  - Telecom cable crossing (observed/n use)
  - Telecom cable crossing (not in use)
  - Boulder
  - Boulder (Visual inspected)
  - Debris
  - Debris (Visual inspected)
  - Overconsolidated clay/ill dense sand
  - Sand ripples/dunes
  - Coarse sand/gravel/shell banks
  - Soft sediments
  - Sediment boundary
  - Wire
  - Wreck
  - Depression
  - Seabed scarp
  - Boulder beds
  - Bedrock
  - Slump sediments
  - Sediment boundary poorly defined
- GEOPHYSICAL INFORMATION (PROFILE)**
- Seabed (from multibeam echo sounder)
  - Acoustic masking
  - Seismic reflector
  - High amplitude reflection
  - Seismic reflector (poorly defined)
- GEO TECHNICAL INFORMATION**
- | MAIN SOIL TYPE | ADDITIONAL SOIL PARTICLES   | EXAMPLES OF GRAPHIC LOG     |
|----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Peat           | Organic matter              | Peat, clayey                |
| Clay           | Shells or shell fragments   | Clay, sandy                 |
| Silt           | Rock fragments              | Clay, very sandy            |
| Sand           | Interbedded thin layer/sand | Silt, sandy                 |
| Gravel         |                             | Sand, clayey                |
|                |                             | Sand, very gravelly, clayey |
|                |                             | Gravel, sandy               |

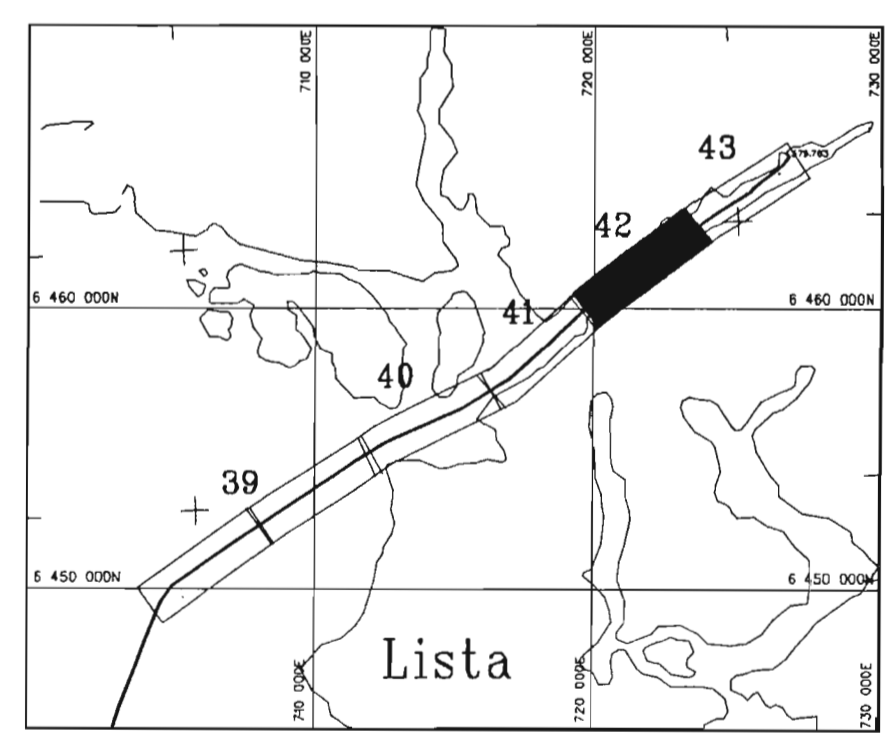
Geoseismic Interpreted Profile



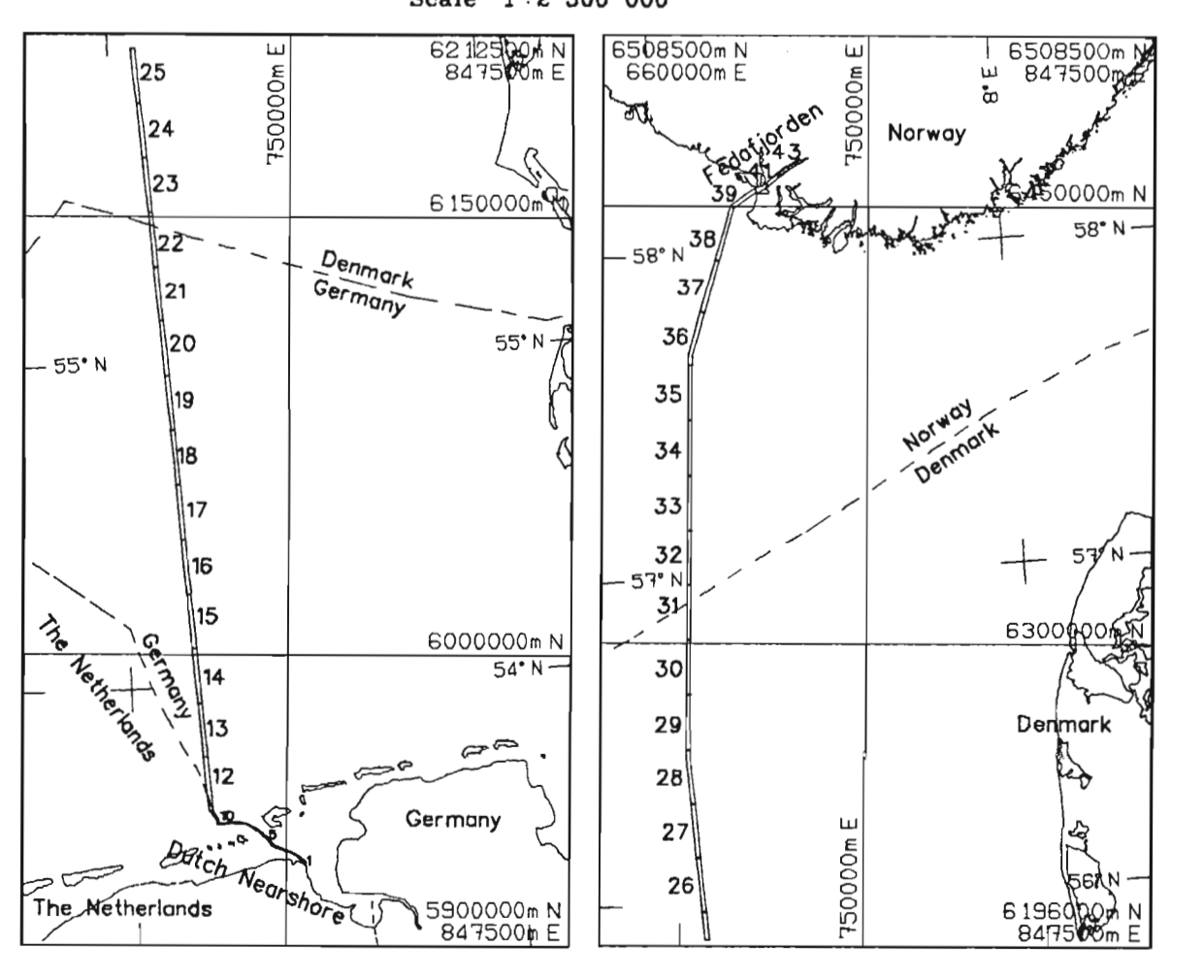
SCALEBAR



Key Map Fedafjorden



Key Map



Vedlegg 6 (NGU Rapport 98.144)

Revision	Description	Prepared	Checked	Approved	Date
1	ROUTE UPDATE 1997	RW	BHO	JCH	98.01.08
2	Appendix 6A				98.01.08
3	ALIGNMENT SHEET NO. 42				
4	Kp. 566.395 to Kp. 571.192				

Project Name and Logo: NorNed kabel HVDC project

Bathymetry, Seabed Features and Surficial Coverage

LEGEND

- BATHYMETRY**
- Water depth contour - (Contour interval 1.0 metre)
  - All depths are in metres reduced to MSL
- GEODETIC PARAMETERS**
- Datum: European Datum 1950
  - Spheroid: International
  - Projection: UTM Zone 31
  - Central Meridian: CM 3 deg. East

SEABED FEATURES AND MORPHOLOGY

- Recommended route with kilometre reference and turn point. (TP)
- Match line to adjacent AS
- ROV track with number and time fix
- PCPT location with number
- TR indicates Thermal Conductivity Test
- NO1 CP/TR
- NO1 GC
- NO1 GB
- Gravimetry core location with number
- Grab sample location with number
- Pipeline crossing (observed/planned)
- Telecom cable crossing (observed/in use)
- Telecom cable crossing (not in use)
- Boiler
- Boiler (Visual inspected)
- Debris
- Debris (Visual inspected)
- Overconsolidated clay/silt/sand
- Sand ripples/dunes
- Coarse sand/gravel/shell boulders
- Soft sediments
- Sediment boundary
- Wire
- Wreck
- Depression
- Seabed scarp
- Boulder beds
- Bedrock
- Slimp sediments
- Sediment boundary (poorly defined)

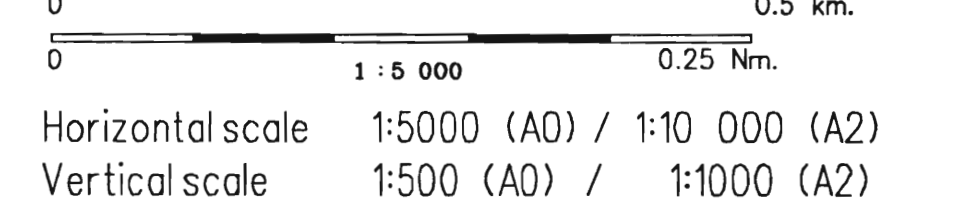
GEOPHYSICAL INFORMATION (PROFILE)

- Seabed (from multibeam echo sounder)
- Acoustic masking
- Seismic reflector
- High amplitude reflection
- Seismic reflector (poorly defined)

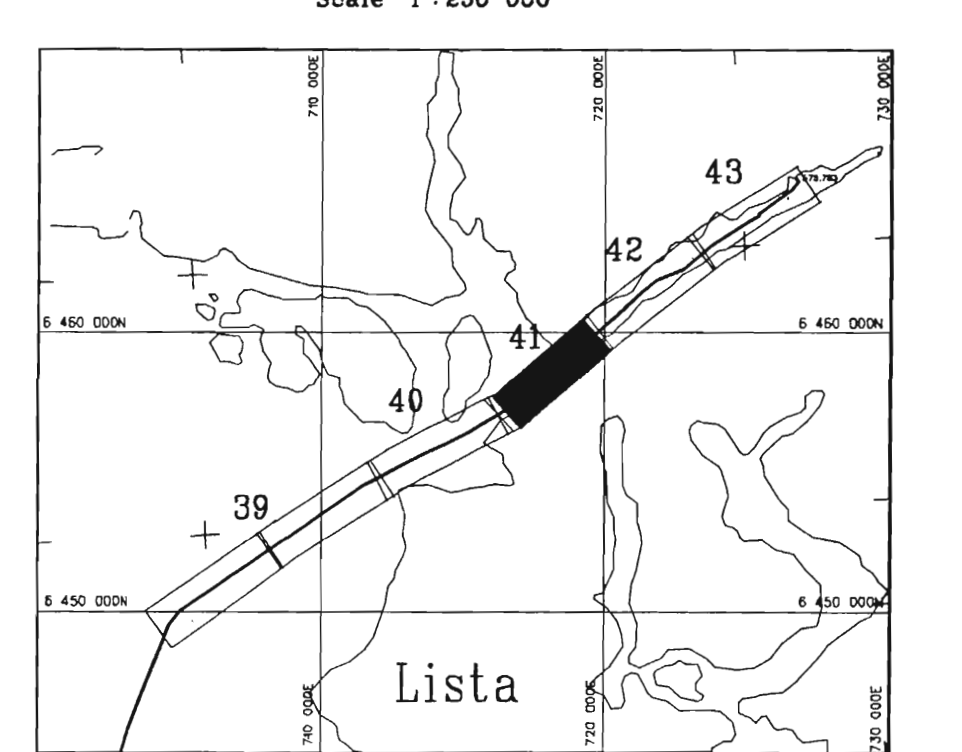
GEOTECHNICAL INFORMATION

- | MAN SOIL TYPE | ADDITIONAL SOIL PARTICLES   | EXAMPLES OF GRAPHIC LOGS    |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Peat          | Organic matter              | Peat, clayey                |
| Clay          | Shells or shell fragments   | Clay, sandy                 |
| Silt          | Rock fragments              | Clay, very sandy            |
| Sand          | Interbedded thin layer/beam | Silt, sandy                 |
| Gravel        |                             | Sand, clayey                |
|               |                             | Sand, very gravelly, clayey |
|               |                             | Gravel, sandy               |

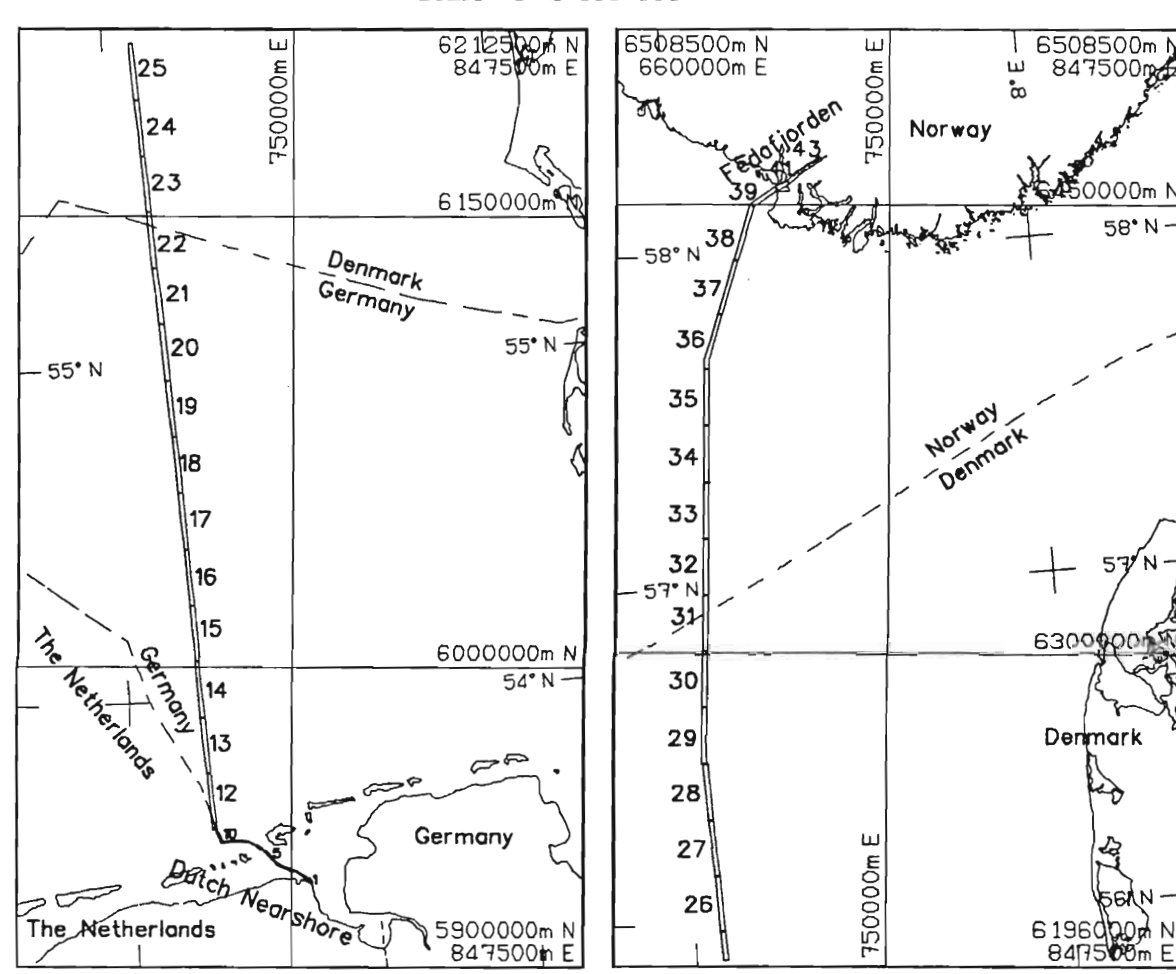
SCALEBAR



Key Map Fedafjorden



Key Map



Vedlegg 7 (NGU Rapport 98.144)

Revision	Description	Prepared	Checked	Approved	Date
1	ROUTE UPDATE 1997	BW	BHD	JCH	98.01.08
2	Appendix B4				98.01.08
3	ALIGNMENT SHEET NO. 41				
4	Kp. 561.837 to Kp. 566.599				

Project Name and Logo: NorNed kabel HVDC project

Scale: AS SHOWN

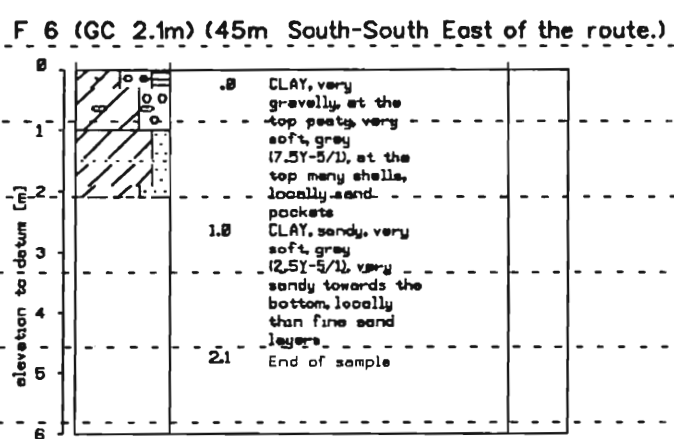
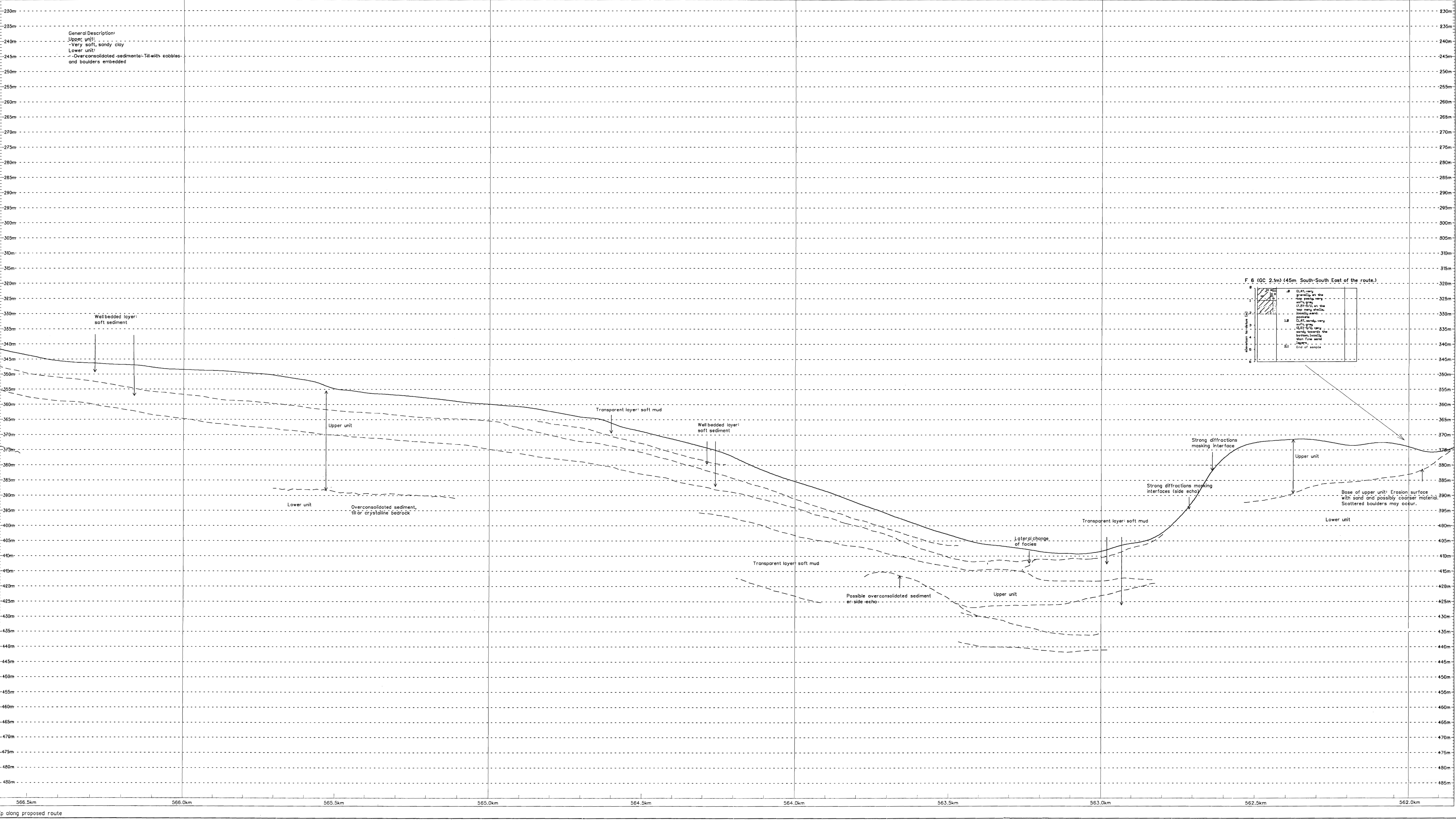
Sheet No.: 1 OF 1

Doc No.: N085/93/01-R

Date: 17.3.17

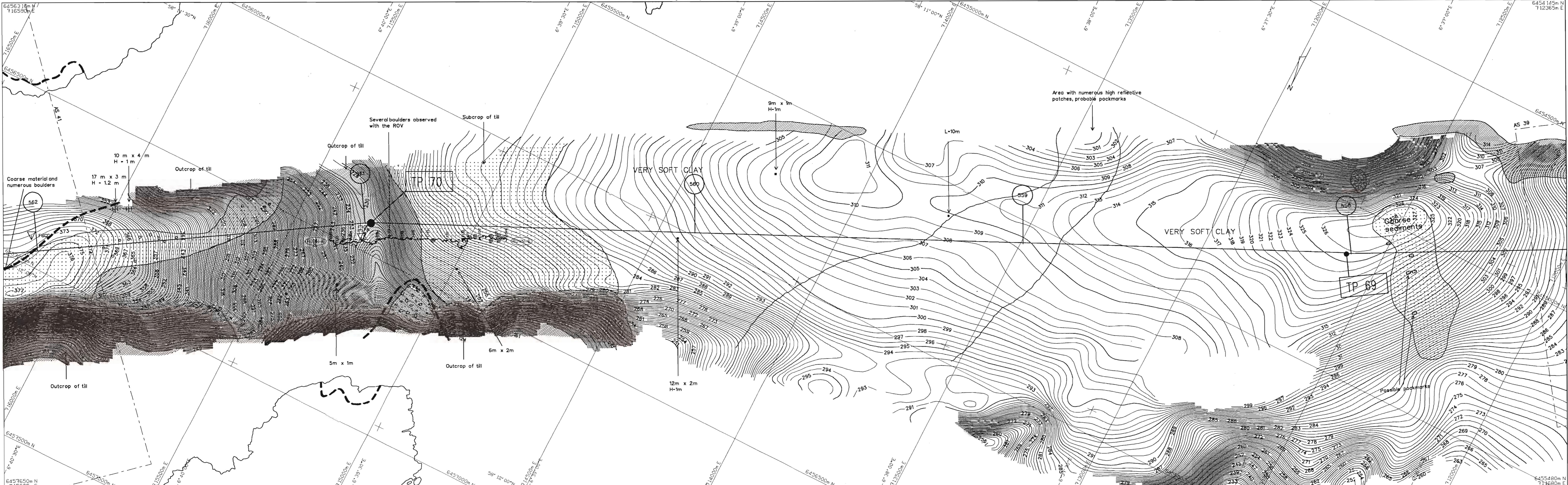
Rev: 01

Geoseismic Interpreted Profile



Kp along proposed route

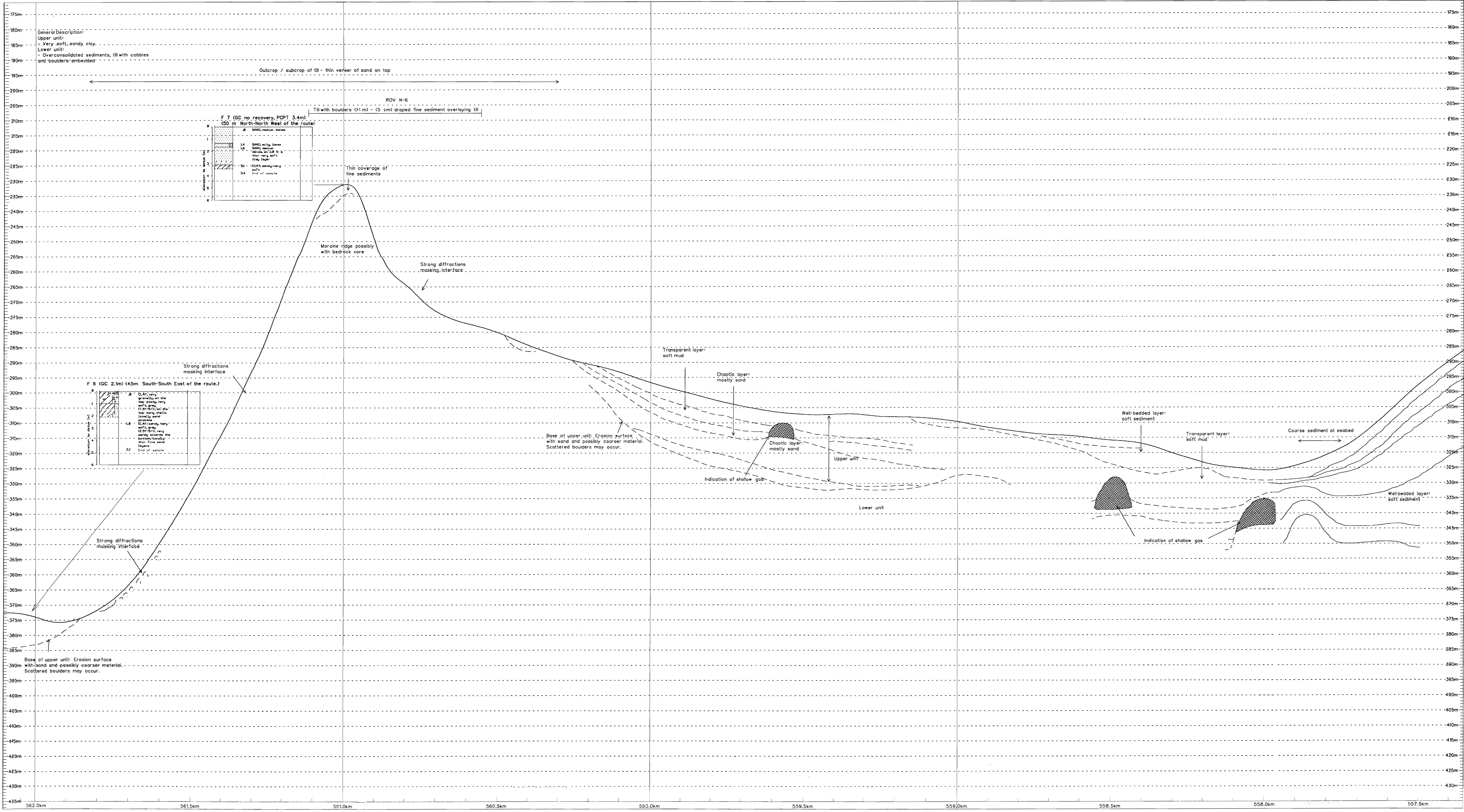
Bathymetry, Seabed Features and Surficial Coverage



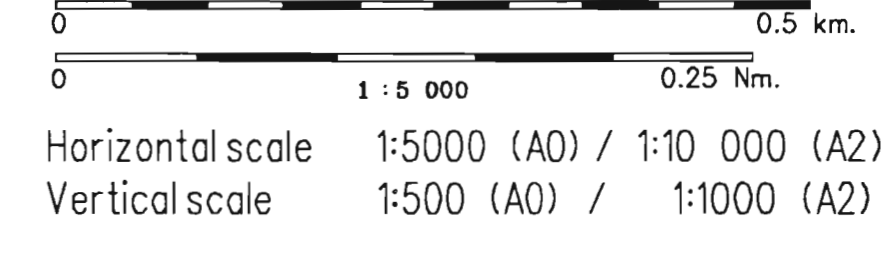
LEGEND

- GENERAL**
- BATHYMETRY**
- Water depth contour - (Contour interval 1.0 metre)
  - All depths are in metres reduced to MSL.
- GEODETIC PARAMETERS**
- Datum: European Datum 1950  
 Spheroid: International  
 Projection: UTM Zone 31  
 Central Meridian: CM 3 deg East
- SEABED FEATURES AND MORPHOLOGY**
- Recommended route with kilometre reference and turn point (TP)
  - Match line to adjacent AS
  - ROV-track with number and time fix
  - PCT location with number
  - TR indicates Thermal Conductivity Test
  - NDI GC Gravity core location with number
  - NDI GB Grab sample location with number
  - Pipeline crossing (observed/planned)
  - Telecom cable crossing (observed/in use)
  - Telecom cable crossing (not in use)
  - Boulder
  - Boulder (Visual inspected)
  - Debris
  - Debris (Visual inspected)
  - Overconsolidated clay/thick sand
  - Sand ripples/dunes
  - Coarse sand/gravel/shell banks
  - Soft sediments
  - Sediment boundary
  - Wire
  - Wreck
  - Depression
  - Seabed scarp
  - Boulder beds
  - Bedrock
  - Slump sediments
  - Sediment boundary poorly defined
- GEOPHYSICAL INFORMATION (PROFILE)**
- Seabed (from multibeam echo sounder)
  - Acoustic marking
  - Seismic reflector
  - High amplitude reflection
  - Seismic reflector (poorly defined)
- GEOTECHNICAL INFORMATION**
- | MAIN SOIL TYPE | ADDITIONAL SOIL PARTICLES   | EXAMPLES OF GRAPHIC LOG     |
|----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Peat           | Organic matter              | Peat, clayey                |
| Clay           | Shells or shell fragments   | Clay, sandy                 |
| Silt           | Rock fragments              | Clay, very sandy            |
| Sand           | Interbedded thin layer/lean | Silt, sandy                 |
| Gravel         |                             | Sand, clayey                |
|                |                             | Sand, very gravelly, clayey |
|                |                             | Gravel, sandy               |

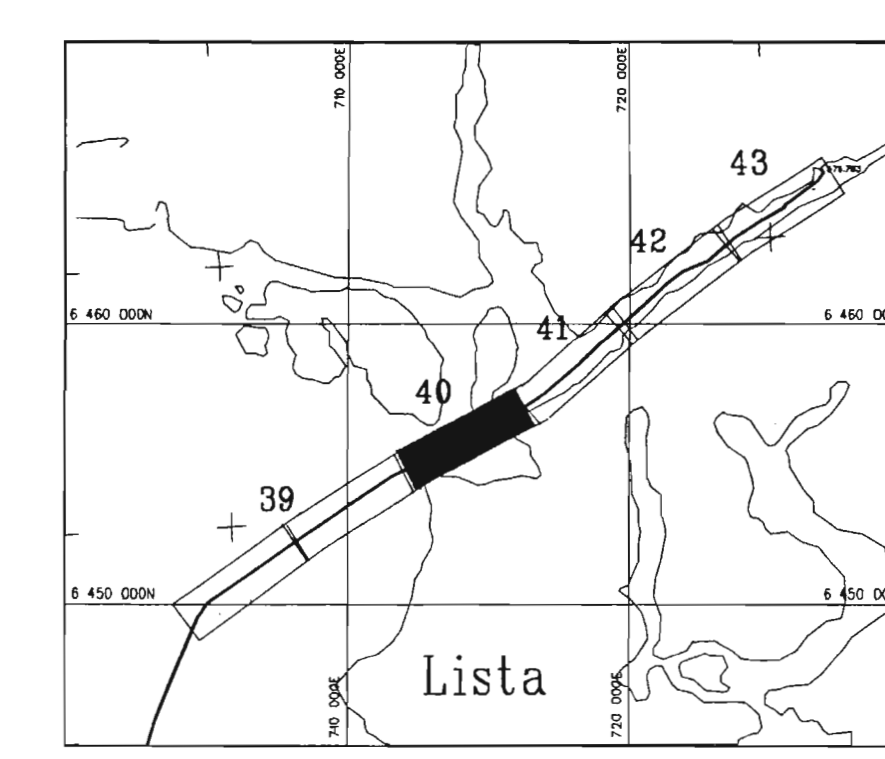
Geoseismic Interpreted Profile



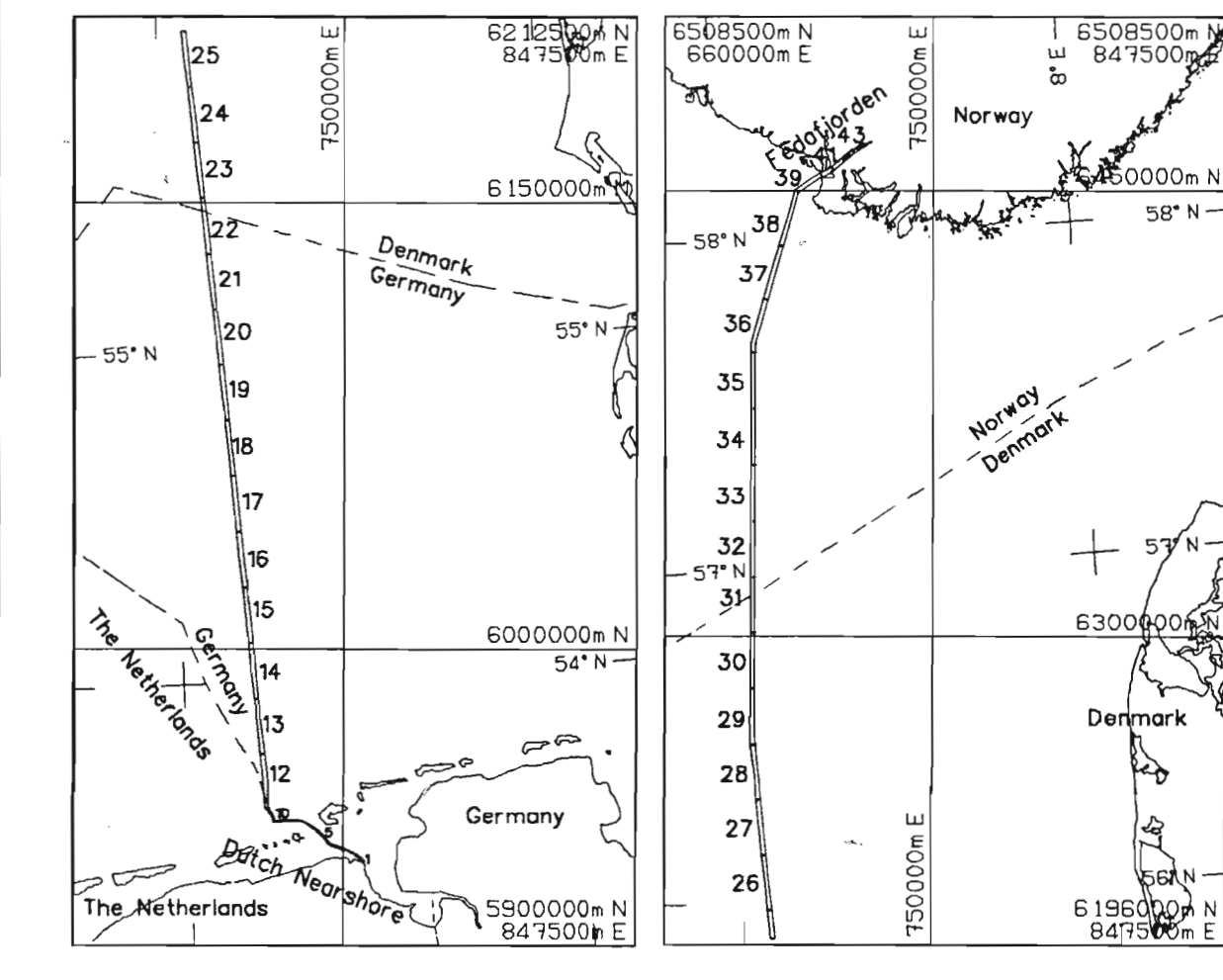
SCALEBAR



Key Map Fedafjorden



Key Map



Vedlegg 8 (NGU Rapport 98.144)

Revision	Description	Prepared	Checked	Approved	Date
11116	ROUTE UPDATE 1997	BW	BW		98.01.08
	Appendix B4	BCH	BCH		98.01.08
	Electronic file name	norled40.dgn			
	Plotted by drawing	Statnett AS 43			

Project Name and Logo: NorNed kabel HVDC project  
 Scale: 1:5000 (A0) / 1:1000 (A2)  
 Sheet No: 1 of 1  
 Date: 1.1.1997  
 Rev: 01