

Rapport

Kunde:

Nordre Nordmøre Bru- og
tunnelselskap

Dato:

30.04.24

Dokument navn/nummer:

GPX24081-rapport

Supplerende lettseismiske undersøkelser i Edøyfjorden knyttet til mulighetsstudie for undersjøisk tunell til Smøla. Nordre Nordmøre Bru- og Tunnelselskap.

**Bruk av refleksjonsseismikk i sjø for å kartlegge sedimenter og
fjelltopografi for mulighetsstudie for undersjøisk tunell under
Edøyfjorden, Møre og Romsdal.**



Beskrivelse

Prosjekttittel:	Bruk av refleksjonsseismikk i sjø for å kartlegge sedimenter og fjelltopografi for mulighetsstudie for undersjøisk tunell under Edøyfjorden, Møre og Romsdal.
Geofysisk metode(r):	Refraksjonsseismikk og refleksjonsseismikk
Prosjektnummer:	GPX-23342
Koordinatsystem:	UTM 32
Kunde:	Nordre Nordmøre Bru- og Tunnelselskap (NNBT)
Kontakt hos kunde:	Olav Ellefset (NNBT)
Prosjektleder - GeoPhysix:	Morgan Wåle
Feltleder - GeoPhysix:	Morgan Wåle
Feltarbeidere - GeoPhysix:	Egil Edvardsen, Godtfred Særsland

Rapportering - GeoPhysix:

Versjon	Dato:	Område / delrapport:	Utført av:	Kontrollert av:
00	25.04.24	Datarapport / tegninger	Morgan Wåle og Egil Edvardsen	Morgan Wåle

Sammendrag

I forbindelse med mulighetsstudie av trasé for undersjøisk tunell under Edøyfjorden, har GeoPhysix gjennomført supplerende refleksjonsseismiske undersøkelser (lettseismikk) for å kartlegge sedimenter og fjelltopografi. Undersøkelsene er en utvidelse av det sørvestlige området som ble undersøkt i 2022.

Feltarbeidet ble gjennomført i 5. til 12. april (uke 14 og 15), 2024.

Løsmasser og fjelloverflate:

Det registreres varierende mengder med løsmasser og fjelldybder i området. Batymetrien varierer mye, og viser både blottet fjell og sedimenter. Hovedsakelig registreres det større sedimentbasseng ved kryssing av Edøyfjorden. Det er generelt mer løsmasser på vestlig side av Edøyfjorden enn på østlig side av fjorden. I vestlig del av fjorden, mot Smøla/Edøya tolkes stedvis løsmasser/sedimenter med kornstørrelser som man ikke klarer å penetrere og får dermed ingen sikker fjell-kjenning.

De dypeste delene av Edøyfjorden ligger i det regionale Møre-Trøndelag forkastningskomplekset. Dette er en regional forkastningssone med orientering NØ-SV bestående av flere parallelle ekstensjonsforkastninger ($\leftarrow \rightarrow$) som trolig har vært aktive siden Devon, ca. 400 mill. år (Dalman & Andersen, 2013, Kapittel 7).

GeoPhysix AS
www.geophysix.no
post@geophysix.no
Org.Nr. 951 934 429

Besøksadresse:
Merdeveien 8A
3676 Notodden
Tlf. 969 23 222

Postadresse:
Postboks 18
3665 Sauland

Videre undersøkelser:

De gjennomførte undersøkelser har vist ansamlinger av sedimenter med betydelig tykkelse i undersøkelsesområdet. For verifisering/detaljkartlegging av fjellnivå og kartlegging av forkastningssoner og lavhastighetssoner i bergmassene vil det være behov for ytterligere undersøkelser. Videre vil det normalt være aktuelt ytterligere detaljundersøkelser med bunnkabel og refraksjonsseismikk.

Forsidebilde: Utsikt fra Kulisvaet mot sørspissen av Edøya med Edøyfjorden og fjellene innenfor i bakgrunnen.

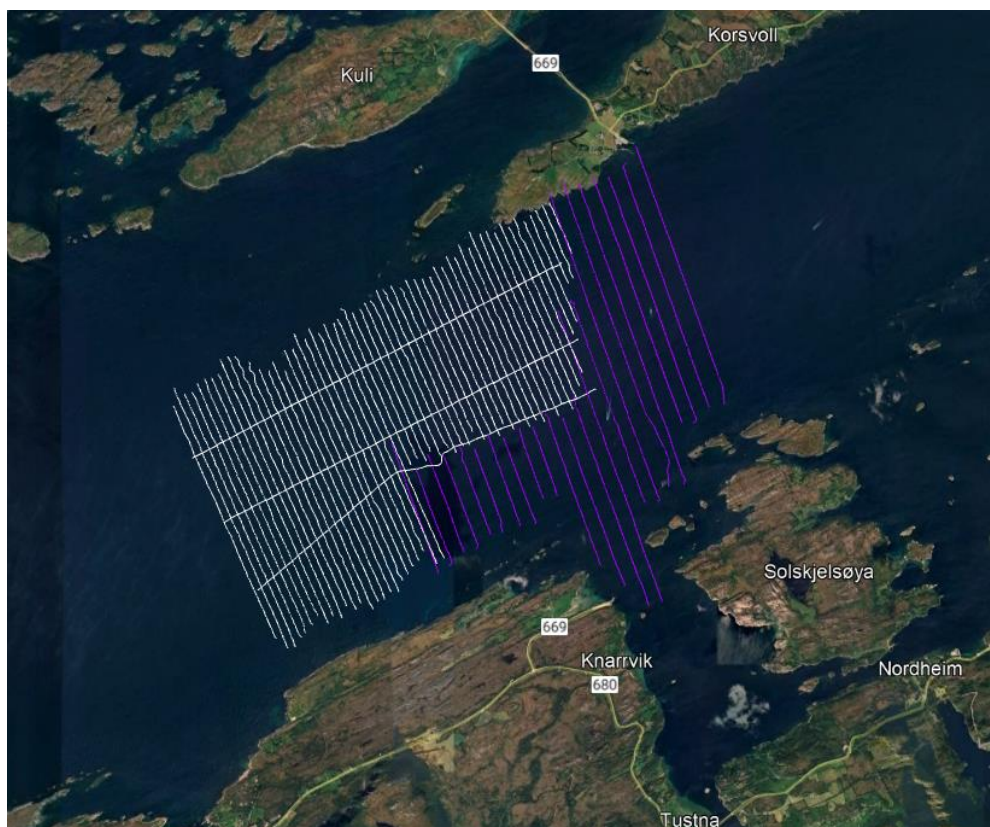
Innholdsfortegnelse

BESKRIVELSE	I
SAMMENDRAG	I
LØSMASSE OG FJELLOVERFLATE:	I
INNHALDSFORTEGNELSE	III
1. INNLEDNING	1
INNHold OG BRUK AV RAPPORTEN	1
VEDLEGG OG DATALEVERANSE	1
2. GEOFYSISKE METODER OG FORUTSETNINGER	2
REFLEKSJONSSEISMIKK	2
Nøyaktighet	3
3. UTSTYR	5
GPS POSISJONERING	6
4. MÅLEPROGRAM OG UNDERSØKELSER	8
HELSE, MILJØ OG SIKKERHET (HMS)	8
Hensyn til omgivelsene	8
FELTARBEID	9
5. RESULTATER	10
Bunnskotekart, fjellkotekart og sedimenttykkelseskart	10
Utvalgte profiler med tolkninger	14
Profil L2:	15
Profil L8:	16
Profil L14:	17
Profil L21:	18
Profil L44:	19
Profil L101:	20
Profil L102:	21
Profil L103:	22
Eksempler på grafisk presentasjon av resultater	23

Tegninger:		Tegning nr.
Sjøbunnskart	1: 2000	-200:1
Fjellkoter, tolket bunn sedimenter	1: 2000	-200:1
Isopak-kart, tolket sedimenttykkelse	1: 2000	-200:1

1. Innledning

På oppdrag fra Nordre Nordmøre Bru- og Tunnelselskap har GeoPhysix AS utført supplerende refleksjonsseismiske grunnundersøkelser i Edøyfjorden mellom Tustna og Edøya/Smøla. Formålet med disse undersøkelsene har vært å supplere undersøkelser utført i 2022 for å få kartlagt grunnforhold med sedimenter og fjelltopografi i forbindelse med mulighetsstudie av en fjordkryssing av Edøyfjorden. Området som ble undersøkt nå ligger sør-vest for det vestligste av de to områdene som ble undersøkt i 2022.



Figur 1: Profilprogram for området i 2022 (lilla linjer) og i 2024 (hvite linjer).

Feltarbeidet ble utført i perioden 5. til 12. april, 2024.

Innhold og bruk av rapporten

Denne rapporten presenterer tolkede resultater fra utførte geofysiske grunnundersøkelser. Grunnundersøkelsene viser måleresultater med de usikkerheter og unøyaktigheter som metodene har, jf. Kap. 2. For videre bruk i rådgiving- og prosjekteringssammenheng anbefales det geofysisk eller geologisk kompetanse slik at man ser måleresultatene sammen med annen geologisk kunnskap og dermed får en god og helhetlig forståelse av grunnforholdene i området.

Vedlegg og dataleveranse

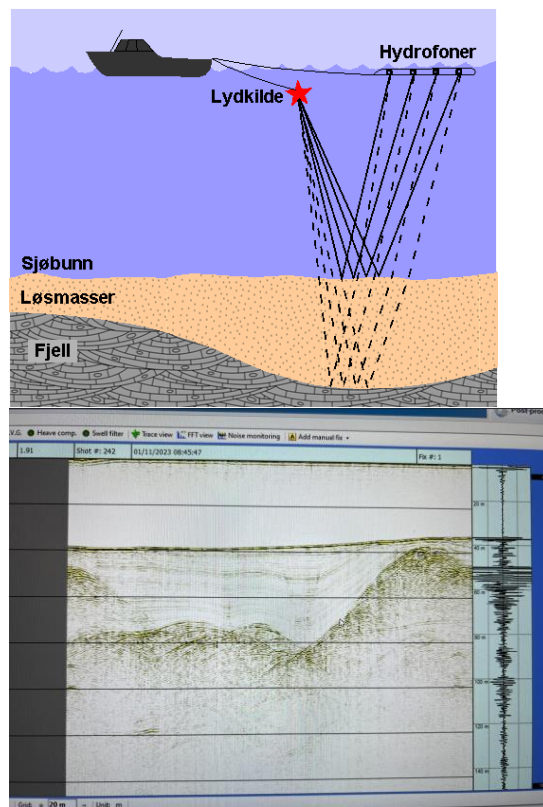
I tillegg til denne rapporten leveres det pdf-filer av kart og profilttegninger, samt digitale filer (x,y,z) med koordinatfestede punkter av bunn og det som tolkes som overgang mellom sedimenter og fastere lag/fjell.

2. Geofysiske metoder og forutsetninger

Refleksjonsseismikk

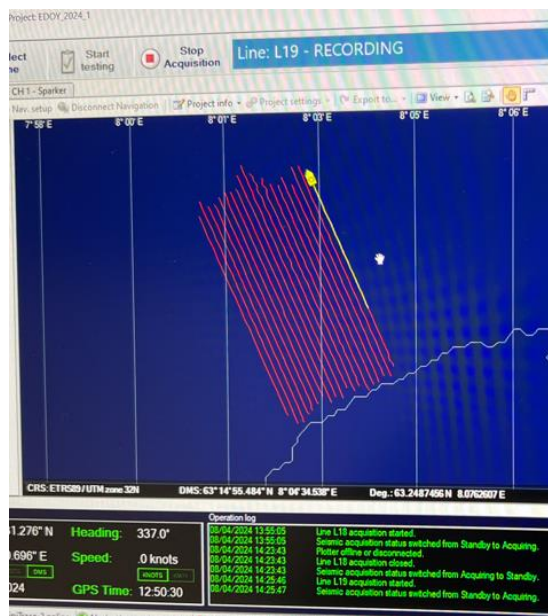
Metodeteori/grunnlag

- Lydbølger sendes ned i vannet og sjøbunnen fra en sparker-ramme og blir reflektert tilbake til en hydrofonslange. De reflekterte lydbølgene registreres som et bilde av sjøbunnen og de underliggende lagene. Alle data registreres og lagres for etterprosessering og tolkning.
- Dybderekkevidde avhenger av en kombinasjon av anvendt strømstyrke, kornstørrelse og sedimenttype, i tillegg til grad av komprimering på sedimentene.



Gjennomføring (feltarbeid)

- Datainnsamlingen blir foretatt i en form for systematisk kjøremønster med egnet linjeavstand. Linjeavstanden i kjøremønstret er avhengig av vanddyb, sedimenttykkelse, regelmessighet i lagtykkelse og bunn/fjelltopografi.
- Det anvendte systemet som blir brukt slepes ca. 40 meter bak båten.
- Sleppe består av en energikilde (sparker) og en mottaker (streamer).

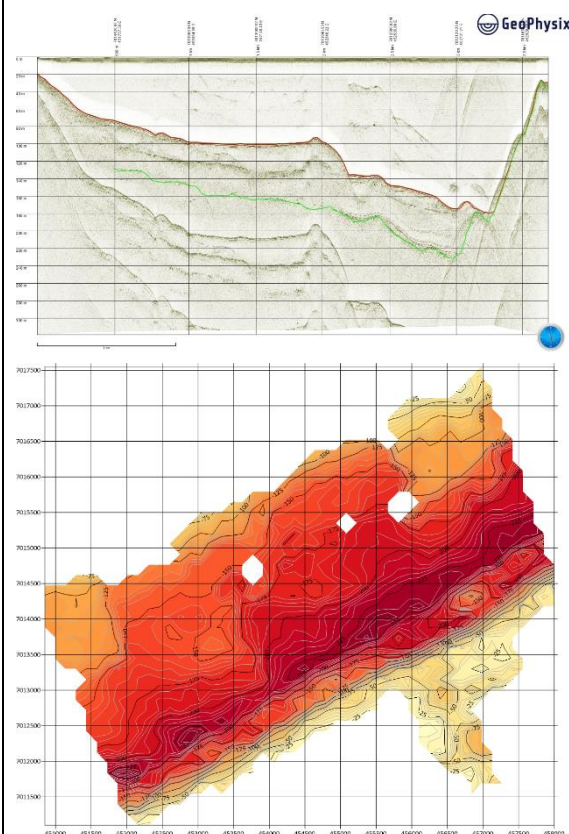


- Systemet anvender høyspent strøm til energikilde.
- Resultatene kontrolleres fortløpende underveis i innsamlingen.



Rapportering

- Måledataene etterprosesserer og tolkes i en tolkings-programvare. Hver linje tolkes for seg og kan videre settes sammen til et ønsket kart (sjøbunn-, fjell- løsmassekart).



Nøyaktighet

Registreringene ble fortløpende kontrollert under feltarbeidet. Etter avsluttet feltarbeid ble hvert enkelt profil filtrert for å fjerne uønsket støy i vannskorpen og nedover i løsmasser til fjell. Alle koordinater er i UTM Sone 32N.

Sjøbunnsreflektor (rød) og fjellreflektor (grønn) ble tolket for hver linje der signalene var sterke nok og digitalisert for xyz for hvert av lagene. Tolkningen ble gjennomført i tid i ms (i two-way traveltime/toveis gangtid (TWT)) for å opprettholde god oppløsning på bildet.

Rapport nummer: GPX24081

Dato: 30.04.2024

Side: 3 av 25

I enkelte grunne og bratte områder sammenfalt fjellreflektoren med sjøbunns-multipler, noe som kan gi en liten feilkilde på fjelldybden. I andre utfordrende deler ble det korrelert mot kryssende linjer dersom mulig. Etter endt tolkning ble det gjort en tid-til-dybde-konvertering. Hastigheten som ble brukt ved prosessering og digitalisering var 1500 m/s for sjøbunnen og 1600 m/s for sedimentene. Omregningsformelen til dybde i meter fra ms i TWT er:

$$\text{Dybde (m)} = (\text{TWT}/2 \text{ (s)}) \times \text{hastigheten i laget (m/s)}$$

Prosesseringsprogrammet gir mulighet til å hente ut hele den prosesserte registreringen som en bildefil, eksempler er vedlagt i rapporten. Profilbildene er riktige i høydemålestokk basert på en hastighet i løsmassene på 1600 m/s. Kjørt lengde over bunn basert på GPS-registreringene er markert på bildene.

Nøyaktigheten for systemet ved registrering av tynne lag er teoretisk <30 cm, mens beregning av løsmassetykkelsen forutsetter bruk av riktig løsmassehastighet. Systemet ble satt til 1600 m/s. Hastigheten i sedimentene kan være noe høyere enn 1600 m/s. Dybden til fjell kan derfor være noe større enn det som er tolket ut fra seismikkdatene. Forventet nøyaktighet på fjelloverflate ligger på 5-10 meter tatt i betraktning batymetrien i området som introduserer en del ringing og parabler i dataene.

De innsamlede dataene er ikke korrigert for tidevann og vil derfor ha en unøyaktighet i dybdeverdiene som gjenspeiler dette. Siden det i området rundt Smøla er opp mot tre meter i tidevannsforskjell vil det derfor være riktig å forvente en tilsvarende unøyaktighet i tolkede dybder i tillegg til usikkerheten i tolkning av hastigheter i sedimentlagene.

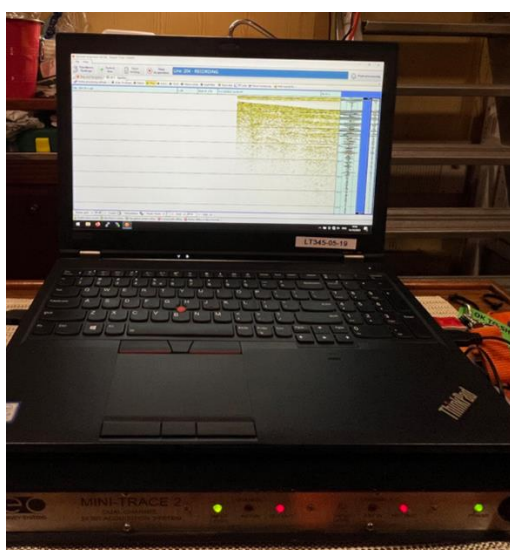
Utstyret som ble brukt er støysensitivt og dette gjelder også for propellstrømmen i kjølvannet bak båten. For å overvinne dette er slepet rigget fast med et mellomrom på 4 meter mellom sparker og streamer på en uttrigger flere meter fra båtens ripe på babord side. I praksis vil dette gjøre at innsamlingen foregår noen meter sideveis fra båten. Dette ble korrigert for i innsamlingsprogrammet før undersøkelsen ble gjennomført. Oppsettet for dette, kalt offset vises på bilde under.

3. Utstyr

Utstysformål	Produsent/Modell
Fartøy	M/V Neptun (Norsk Skjøservice)
Posisjonering	TopCon Legend RTK GPS (m/ egen basekorreksjon)
Innsamling av refleksjonsseismisk data	Mini-Trace 2, to-kanals, 24-bit VH-res tilkoblet Geosuite Acquisition via Lenovo bærbar PC
Seismisk mottaker	Geo-Sense Mini-Streamer, 8 elementer enkelt-kanal m/ 50 meter slepekabel
Navigasjonsprogram	EIVA Navipac
Program for seismisk prosessering	Geo-Suite Acquisition
Program for seismisk tolkning	Geo-Suite Allworks 2023R2
Seismisk kilde	Geo-Spark 2000XF, HV strømpuls-kilde og Geo-Source LW400 multitip sparker m/ 50 meter flytende HV flex kabel



Figur 2: Dekksoppstilling på Neptun og uttrigger med slep.



Figur 3: PC for innsamling av refleksjonsseismikk.

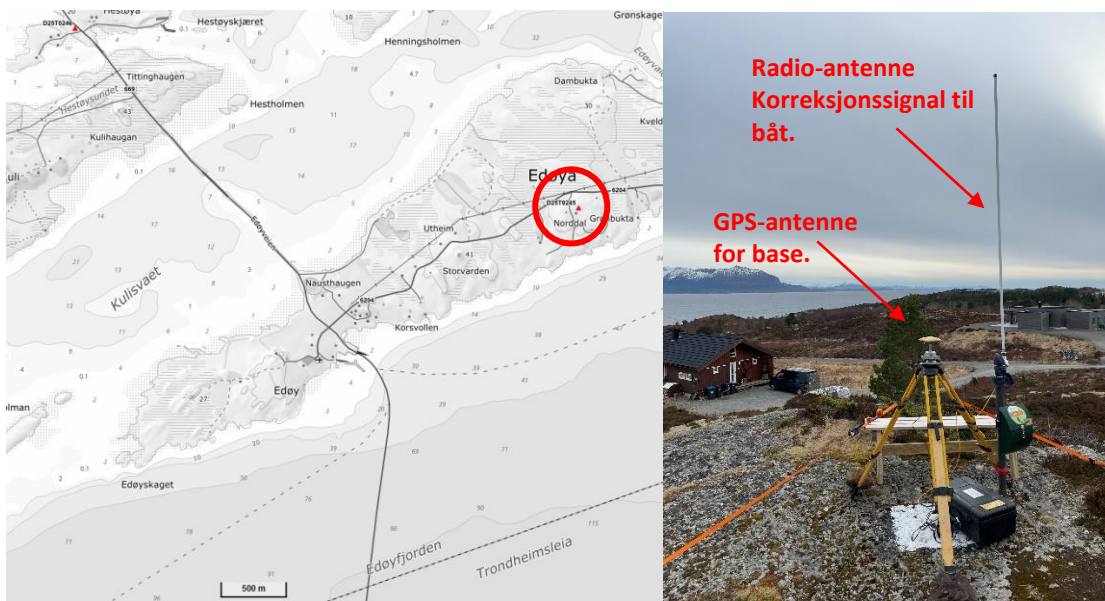


Figur 4: Strømkilde som sender ut strøm til kilden som slepes bak båten.

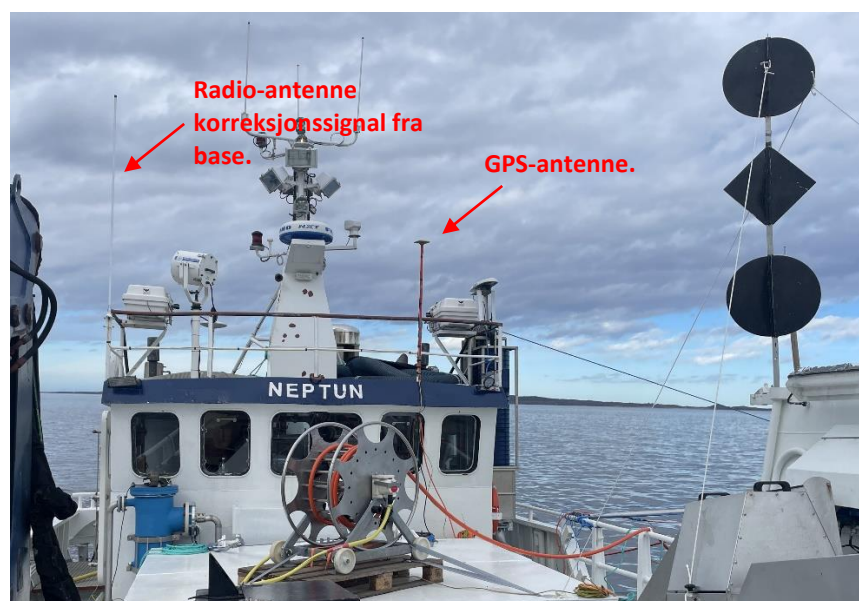
GPS posisjonering

For posisjonering av fartøy ble det benyttet et TopCon HiPer SR GPS-system korrigert med egen basestasjon på land. Basestasjonen ble satt opp i landsnett-punkt D25T0245 som er lokalisert på Skutneshaugen ca. 2 km nord for ferjeleiet på Edøya. Denne basestasjonen sendte korreksjonssignal via radio-modem til fartøyet. Dette gav stabile gps-signaler med høy nøyaktighet for koordinatfesting av de seismiske dataene.

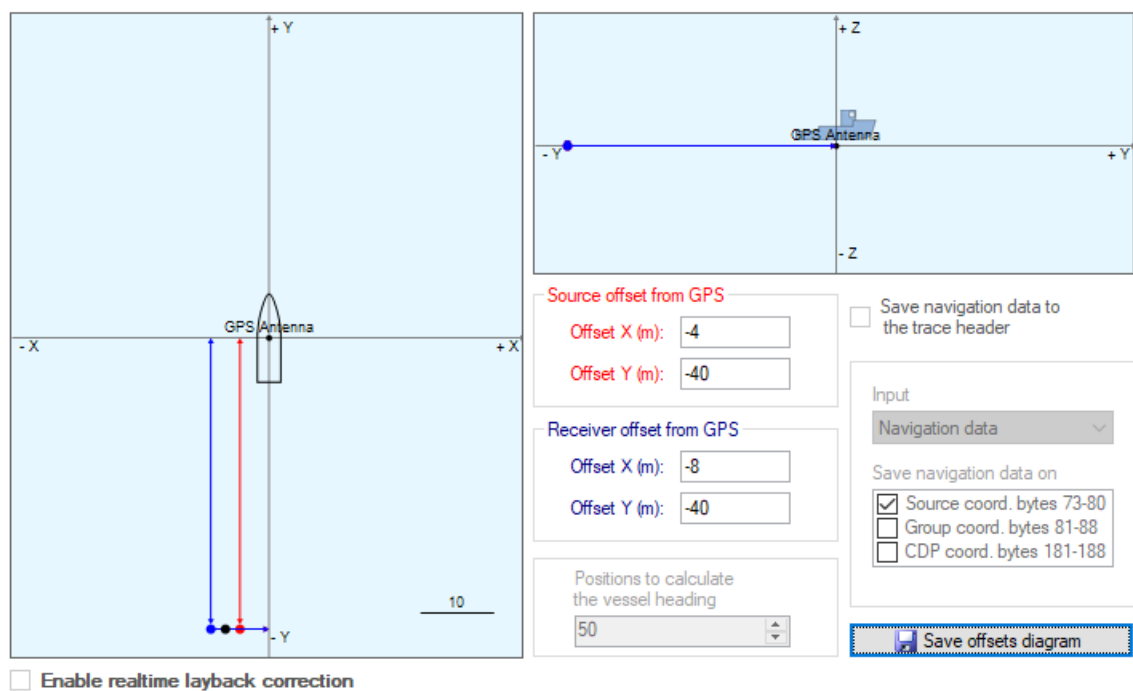
Punkt-nummer	Punktnavn	Nord	Øst	UTM-sone	NN2000 høyde
D25T0245	EDØY	7019035.073	458291.745	32	36.859 m



Figur 5: GPS-basestasjon, kart og oppsett.



Figur 6: Antenneoppsett for GPS på Neptun.

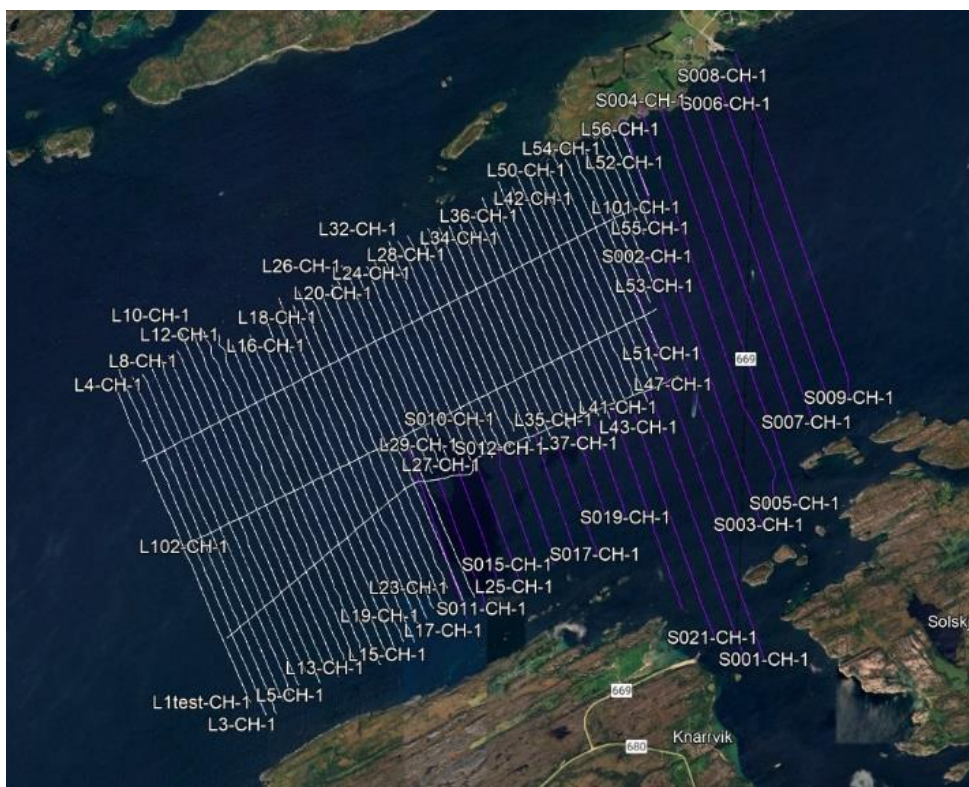


Figur 7: Oppsett i programvare for offset for posisjonering av slepet bak båten.

4. Måleprogram og undersøkelser

Undersøkelsene i denne fasen er et supplement til målingene som ble utført i 2022 mellom Edøya og Tustna. Området strekker seg lenger sørvest i fjorden og dekker området mellom Mannsholmflua og Edøya i nordvest og Brandsvikstranda i sørøst.

Refleksjonsseismikken ble utført med ca. 100 meters linjeavstand i sørøst-nordvestlig retning på tvers av fjorden og med tre kryssende profiler for å ha mulighet til å få data i begge retninger. Det ble målt langs til sammen 59 linjer. 56 linjer som krysset fjorden på og 3 linjer i fjordens lengderetning. Arealet som ble kartlagt var 16 km². Profilene ble tolket og gav grunnlag for å generere kart som viser sjøbunn-, bunn sedimenter- og isopak-kart (sedimenttykkelseskart).



Figur 8: Profilkart som viser utførte seismikkprofiler i 2022 (lilla linjer) og 2024 (hvite linjer)

Helse, Miljø og Sikkerhet (HMS)

GeoPhysix utarbeidet risikoanalyse i forkant av feltarbeidet. Før oppstart ble risikoanalysen gjennomgått med alle om bord på båten og det vil bli avholdt et oppstartsmøte med en Sikker Jobb Analyse (SJA).

Hensyn til omgivelsene

Hensyn til miljø og skånsom ferdsel er et viktig prinsipp for GeoPhysix. Det betyr at vi etterstreber at det skal være minimale spor etter oss og at vi ikke skal etterlate avfall i naturen.

Feltarbeid

Periode:	Uke 14 og 15, 2024
Feltarbeidere:	Morgan Wåle, Egil Edvardsen og Tobias Wåle
Værforhold:	Arbeidet ble utført i en periode med lite vind og nedbør. Vi kunne jobbe sammenhengende fra mobilisering 5. april til og med tirsdag 9. april. Onsdag 10. april var det sterk vind som gjorde at vi måtte ta en dag med værstandby. Torsdag 11. april var det gode forhold på formiddag og tidlig ettermiddag slik at vi klarte å bli ferdige før været igjen kom opp på kvelden.
Merknader:	Gjennomføringen av undersøkelsene gikk uten problemer i forhold til annen skipstrafikk i området.

5. Resultater

Resultatene fra refleksjonsseismikken ble tolket og digitalisert.

På sørsiden av fjorden faller bunnen og fjellet fort av ned til vanndyp på ca. 160-175 meters dyp. I denne dyprenna ligger det også mye sedimenter så dypeste fjellkote registreres i denne rennen på ca. -245meter.

I områder der refleksjonene fra det vi tolker som fjell/grove sedimenter kommer for dypt ned under havbunnen blir signalene så svake at de er vanskelig å følge. Dette er tilfelle flere steder på «Smøla-siden» av djupålen av fjorden. Dette kan skyldes endring av type løsmasse til for eksempel morene som er mer kompakt enn sedimenter av finere kornstørrelse eller at mektigheten med løsmasser blir for tykk til at signalene klarer å nå begge veier ned og opp. Stedvis tykke avsetninger på opp mot over 90 meter og sediment-type gjorde at signalene ikke nådde frem alle steder. Resultatet er at man noen steder ikke klarer å gjenkjenne fjelloverflate/bunn sedimenter i profilene. Dette vises som hull i modellen for tolket fjell/bunn sedimenter.

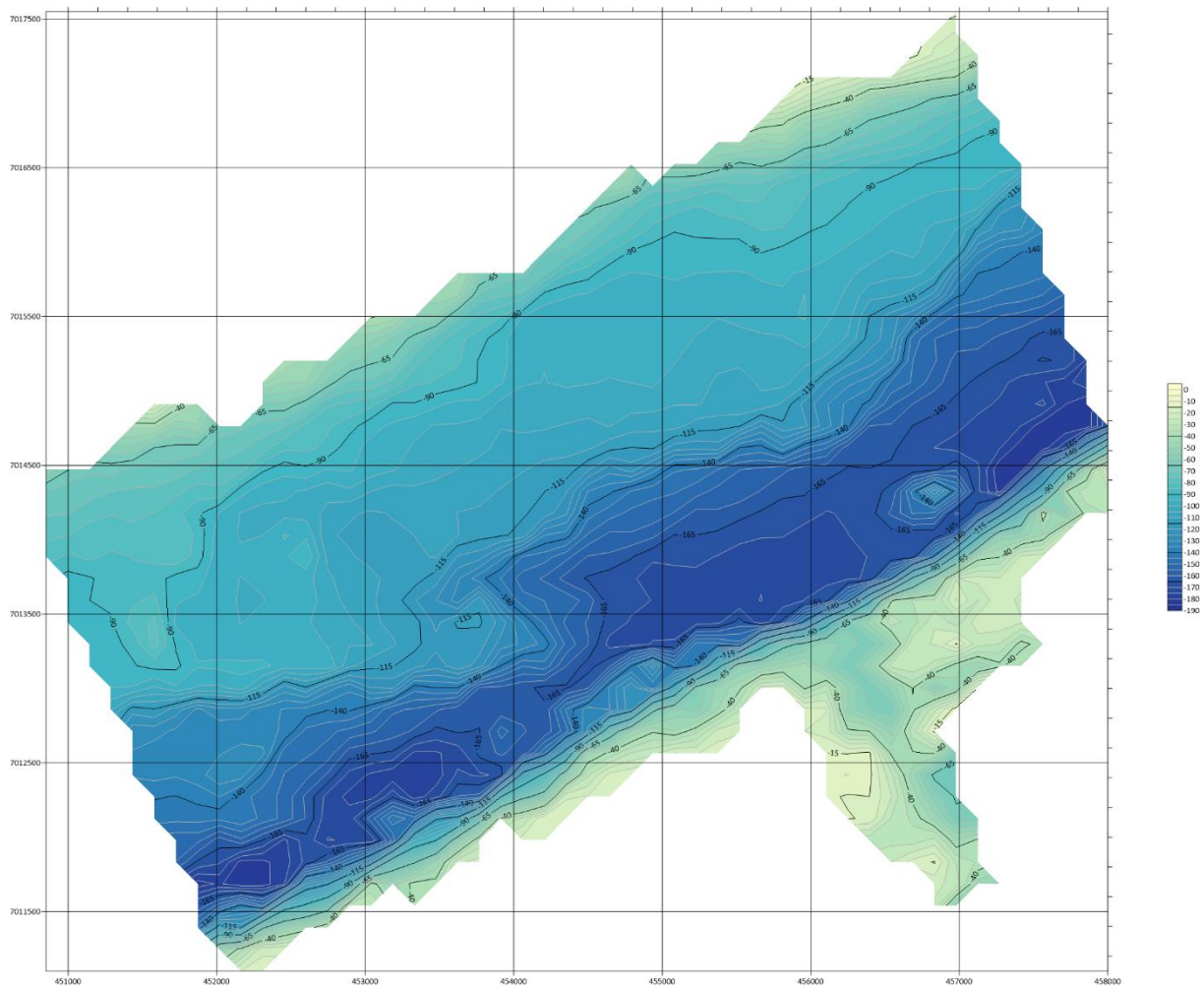
I tillegg kan vi ikke garantere for at det er fjelloverflaten som er tolket inn alle steder, men muligens en kombinasjon av fjelloverflaten og toppen av grovere sedimenter.

De tolkede horisontene fra havbunnen og fjelloverflaten ble videre brukt til å lage ulike kart for å tydeliggjøre de ulike horisontene/ lagflatene.

Bunnkotekart, fjellkotekart og sedimenttykkelseskart

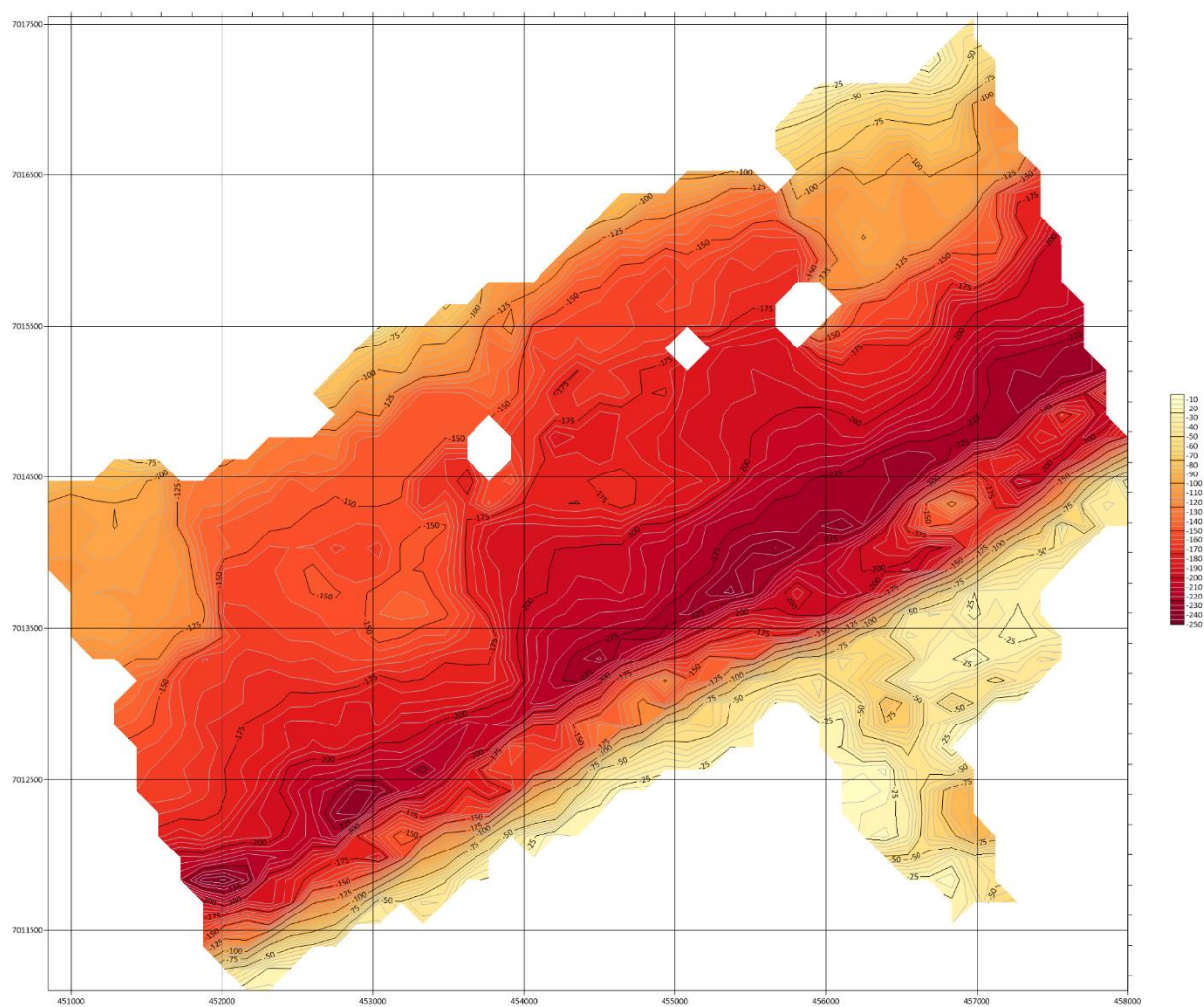
Basert på innsamlede data og senere tolkninger av havbunns- og fjellreflektorer, ble det produsert bunnkotekart, fjellkotekart/bunn sedimenter og sedimenttykkelseskart (isopak-kart). Kartene er produsert ved å anvende en geostatistisk gridding-metode kalt kriging.

Sjøbunn



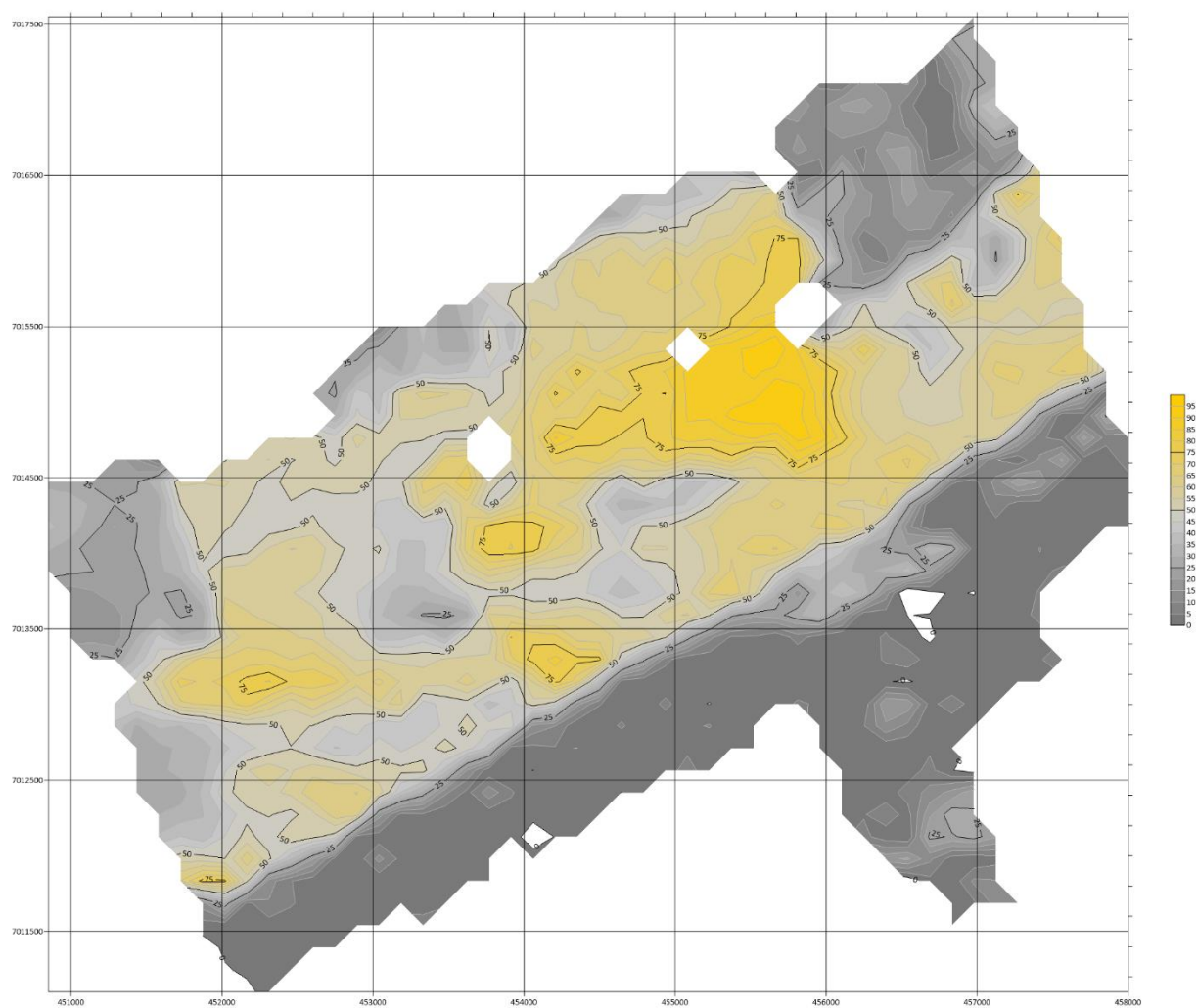
Figur 9: Bunnkoter over kartlagt område i 2022 og 2024.

Tolket fjell/bunn sedimenter



Figur 10: Kotekart over tolket fjell/bunn sedimenter i kartlagt område i 2022 og 2024.

Tolket sedimenttykkelse

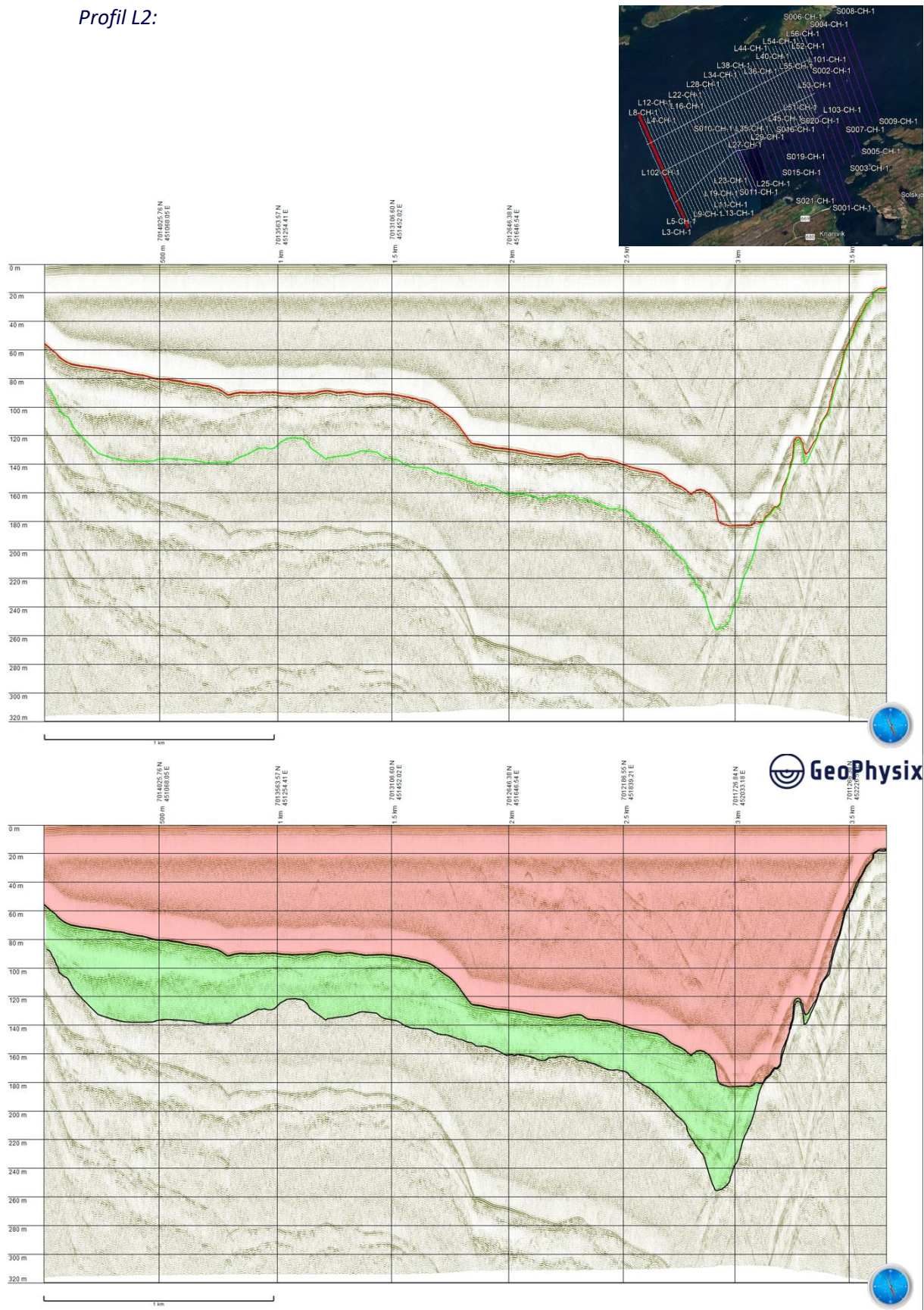


Figur 11: Isopak-kart over tolket tykkelse på sedimenter i kartlagt område i 2022 og 2024.

Utvalgte profiler med tolkninger

I dette avsnittet er det lagt inn noen utvalgte profiler for å vise eksempler på tolkningen. Det som er tolket som havbunnshorizonten er markert med rød farge og fjelloverflaten er tolket inn med grønn farge. Det er også et profil der vannsøylen er markert med rosa fyll og sediment lagene er markert med grønt fyll.

Profil L2:



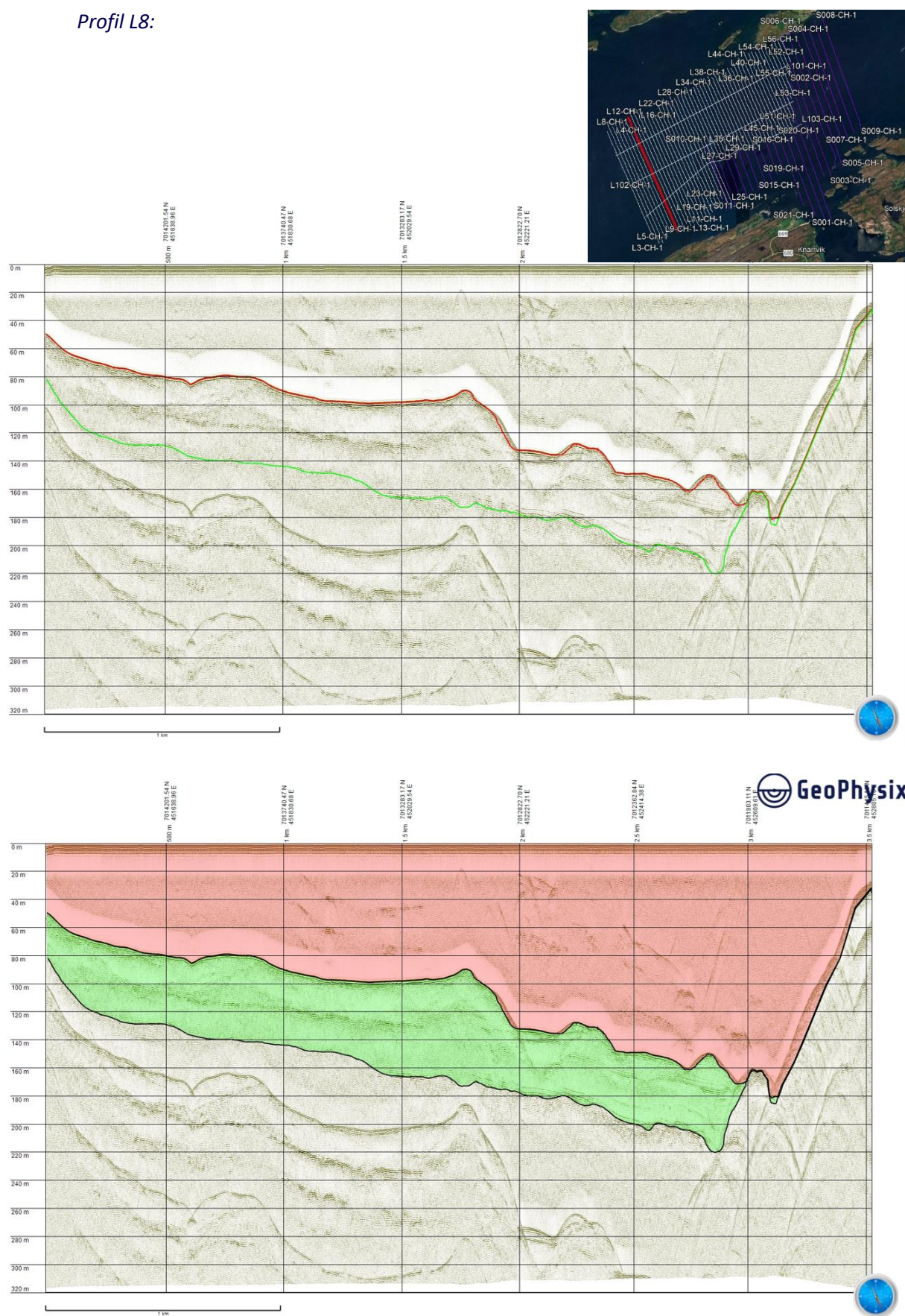
Figur 12: Seismikkprofil L2

Rapport nummer: GPX24081

Dato: 30.04.2024

Side: 15 av 25

Profil L8:



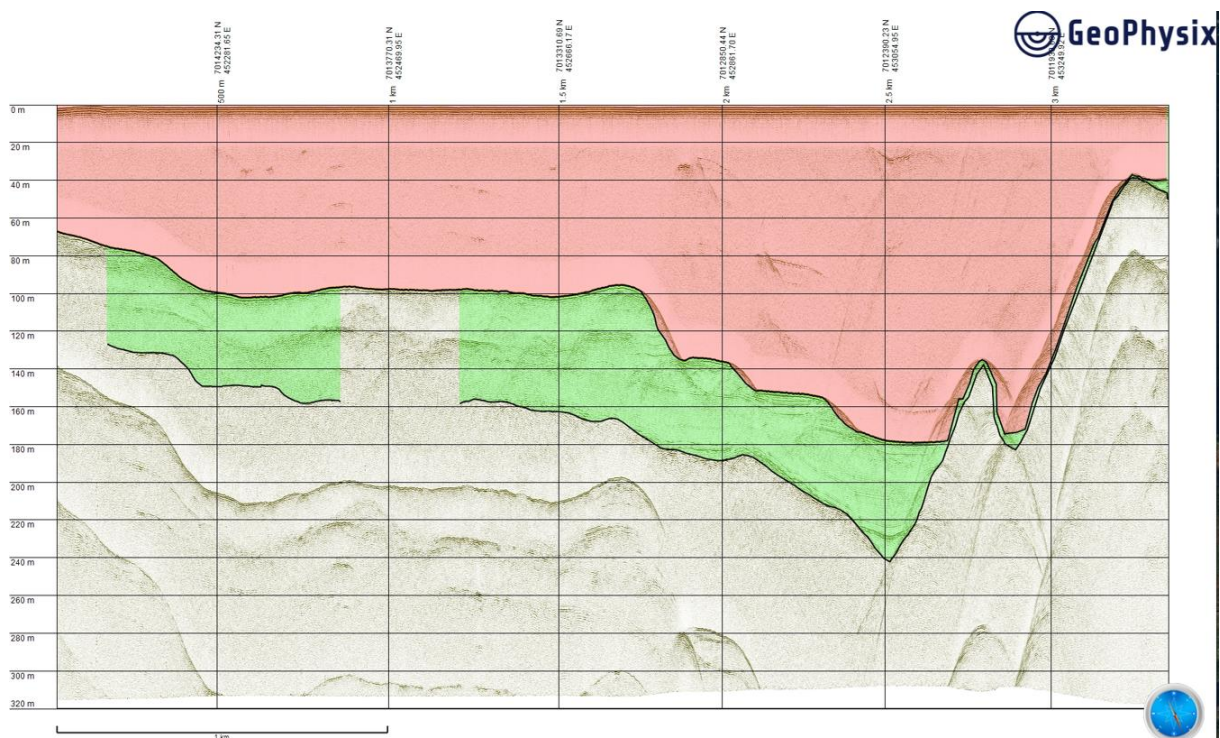
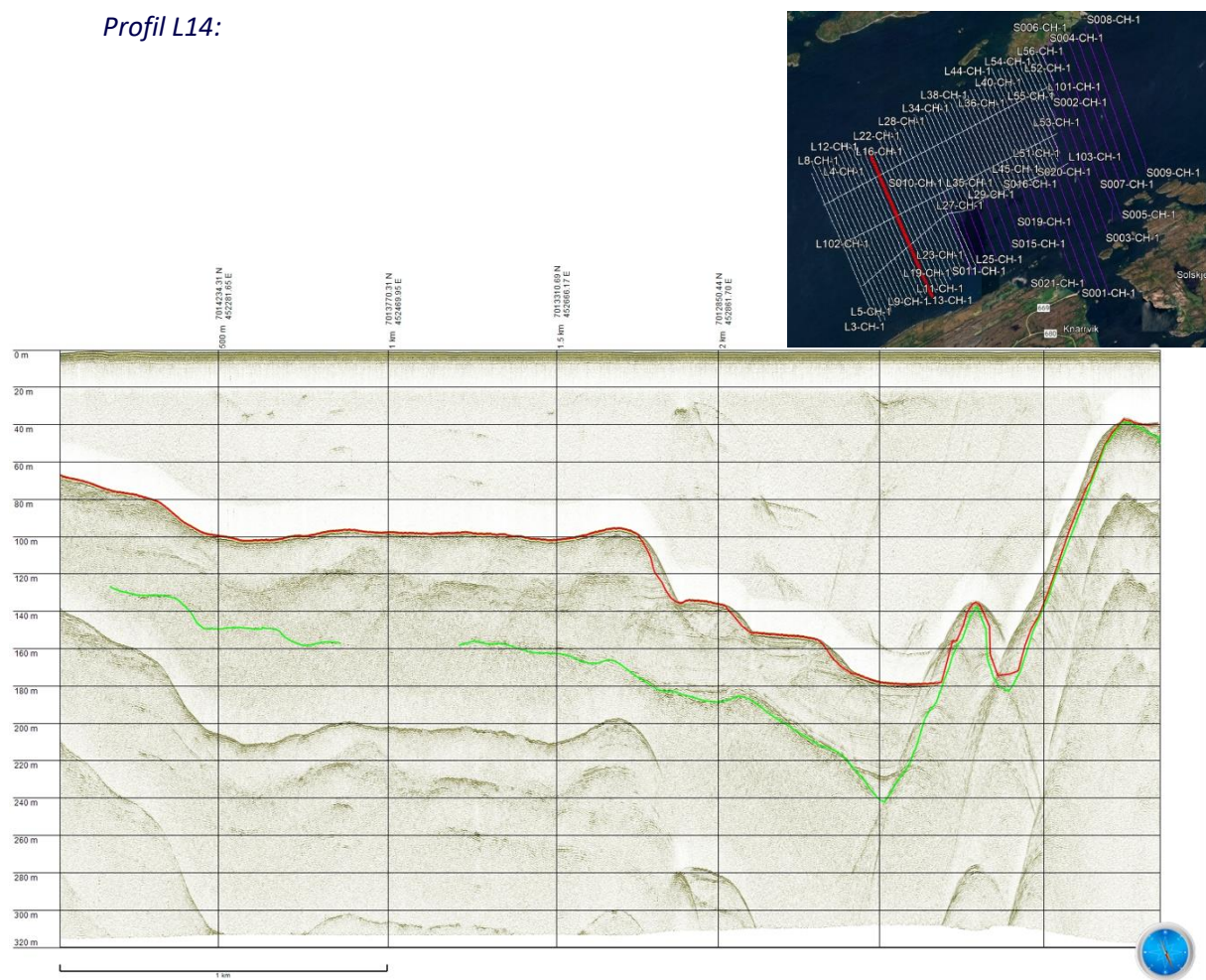
Figur 13: Seismikkprofil L8

Rapport nummer: GPX24081

Dato: 30.04.2024

Side: 16 av 25

Profil L14:



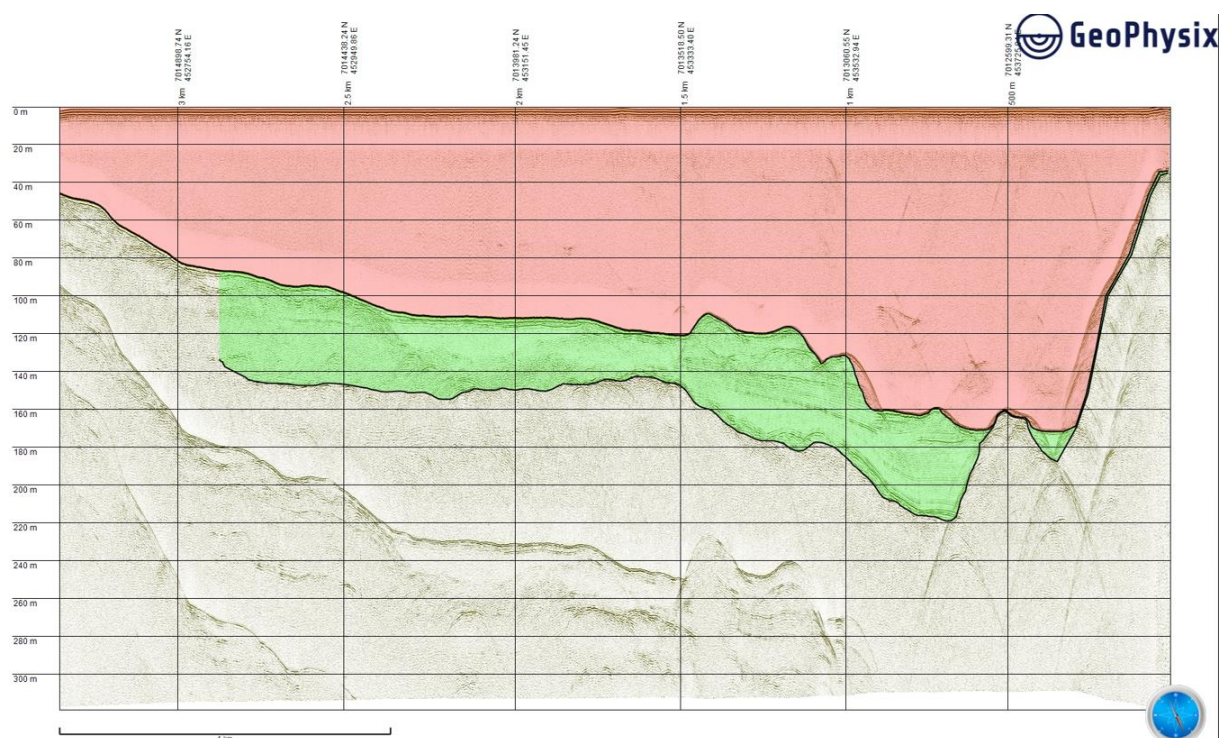
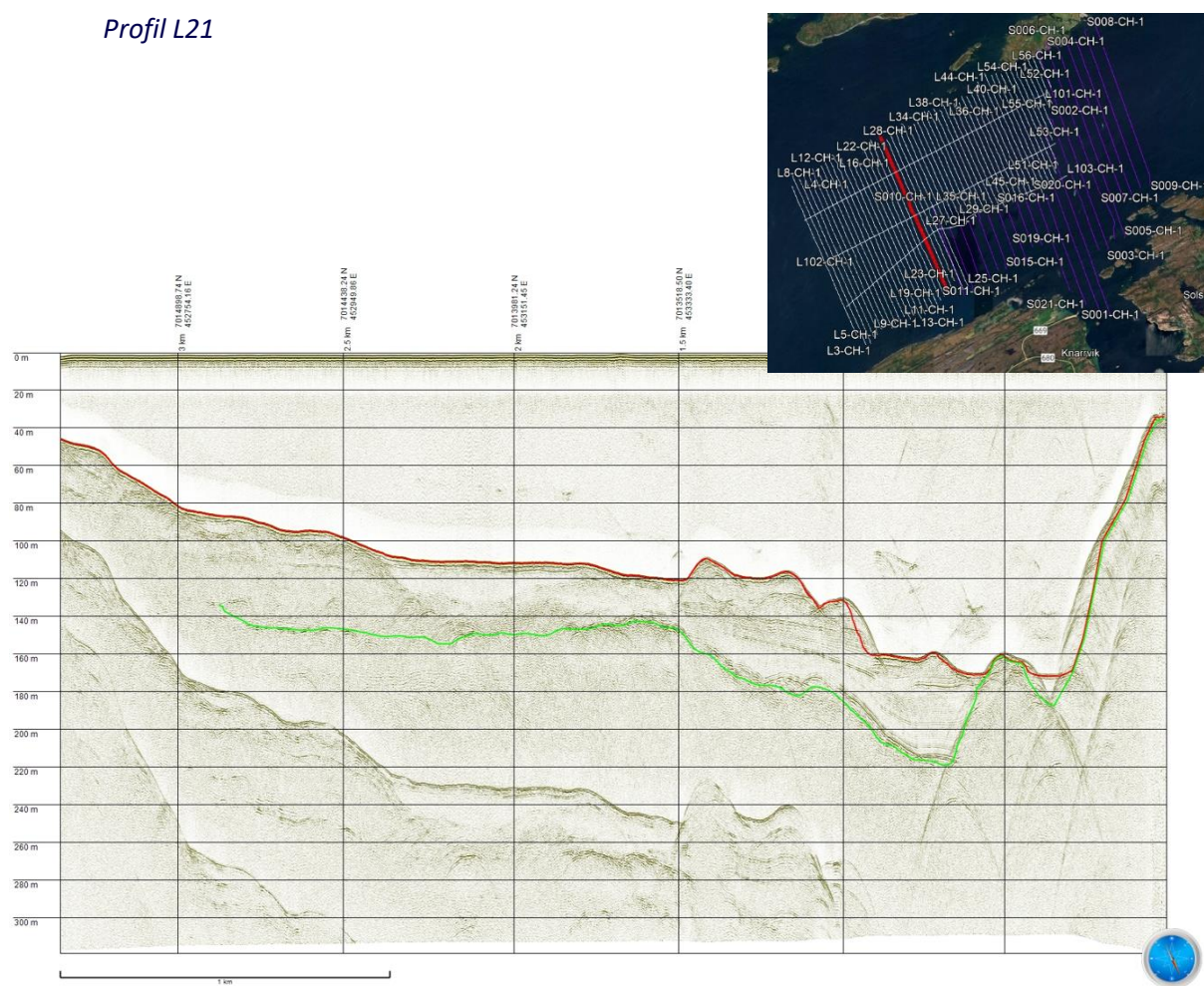
Figur 14: Seismikkprofil L14

Rapport nummer: GPX24081

Dato: 30.04.2024

Side: 17 av 25

Profil L21



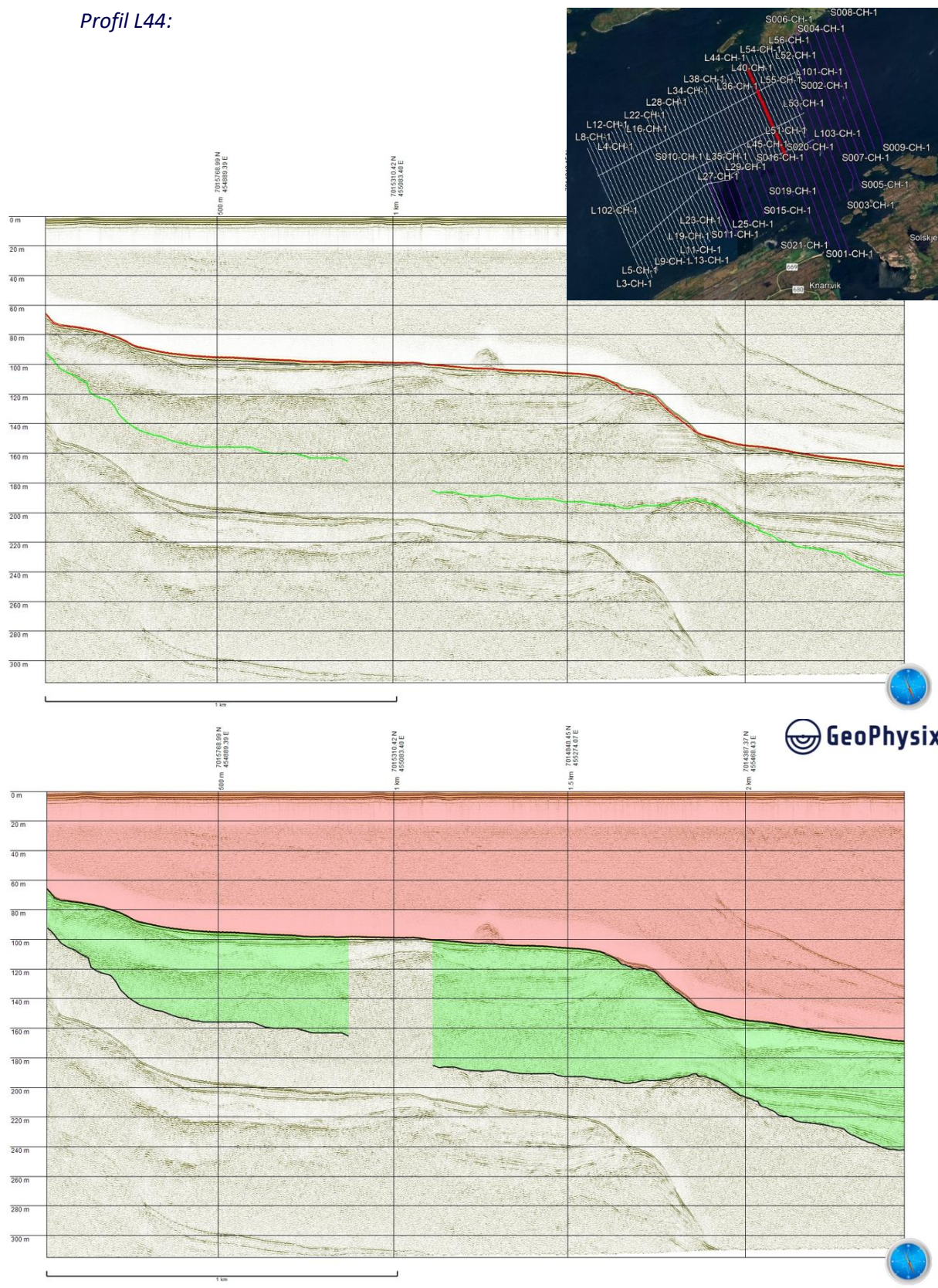
Figur 15: Seismikkprofil L21

Rapport nummer: GPX24081

Dato: 30.04.2024

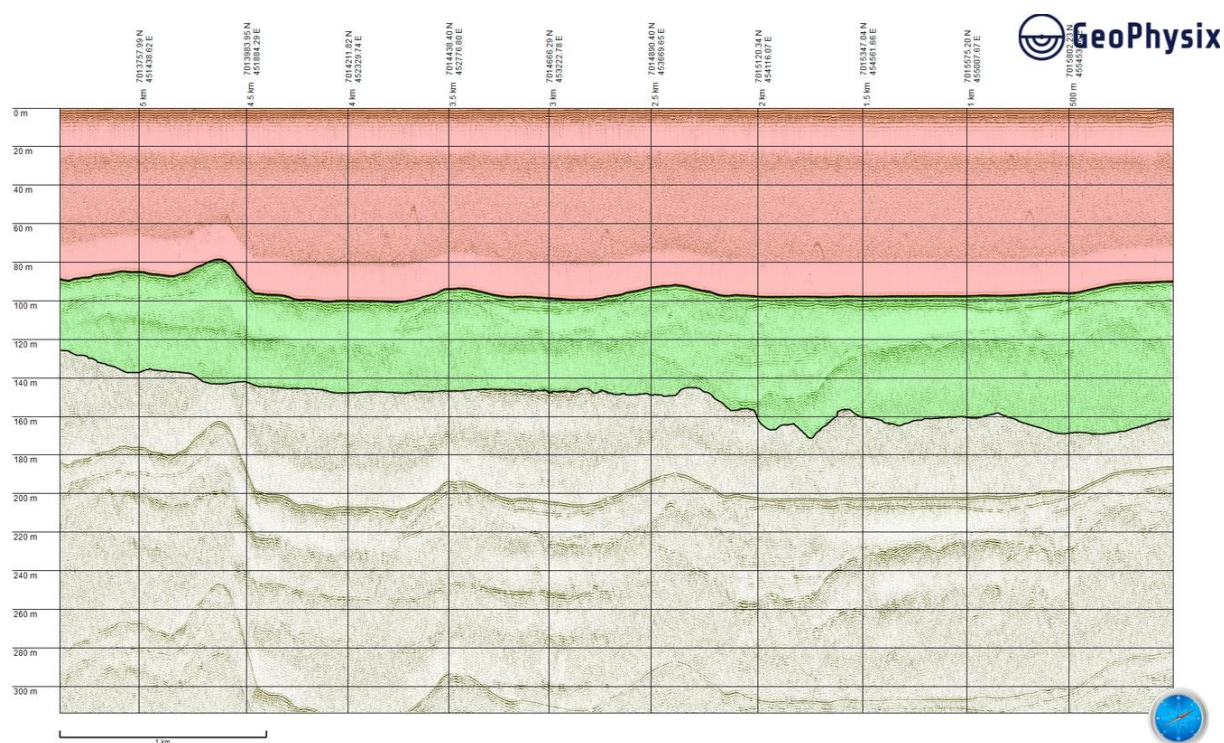
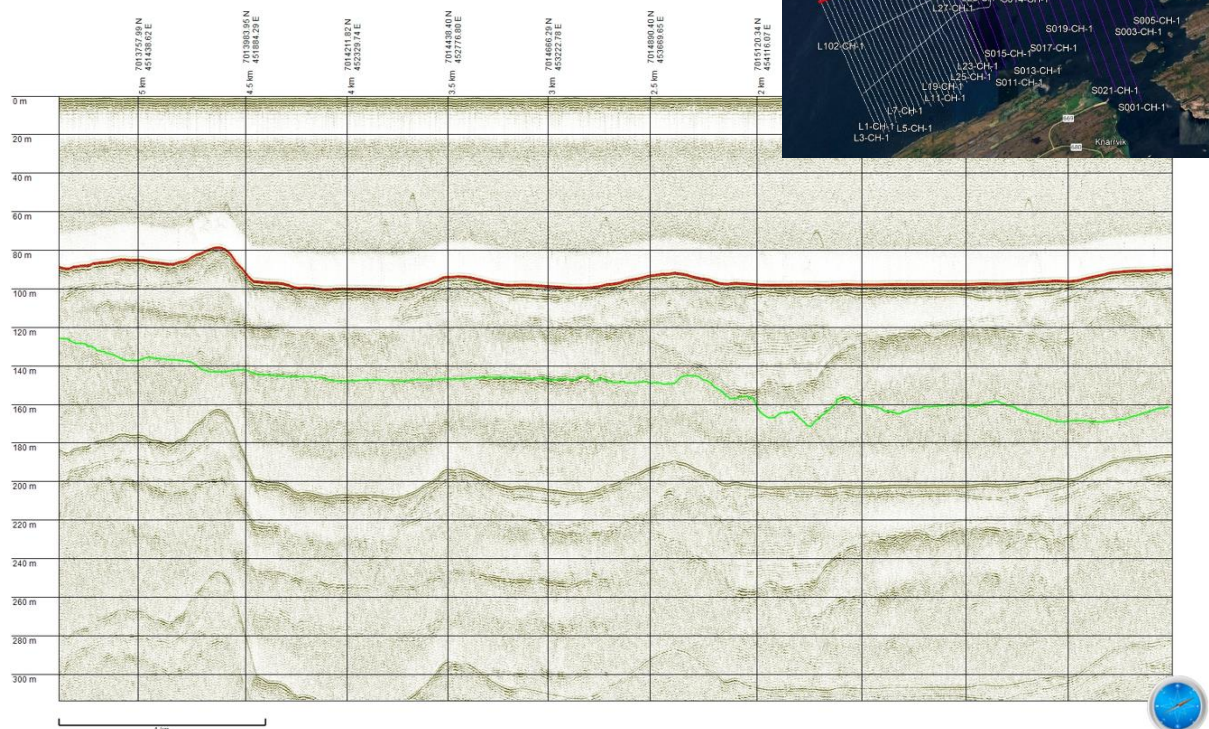
Side: 18 av 25

Profil L44:



Figur 16: Seismikkprofil L44

Profil L101:



Figur 17: Seismikkprofil L101

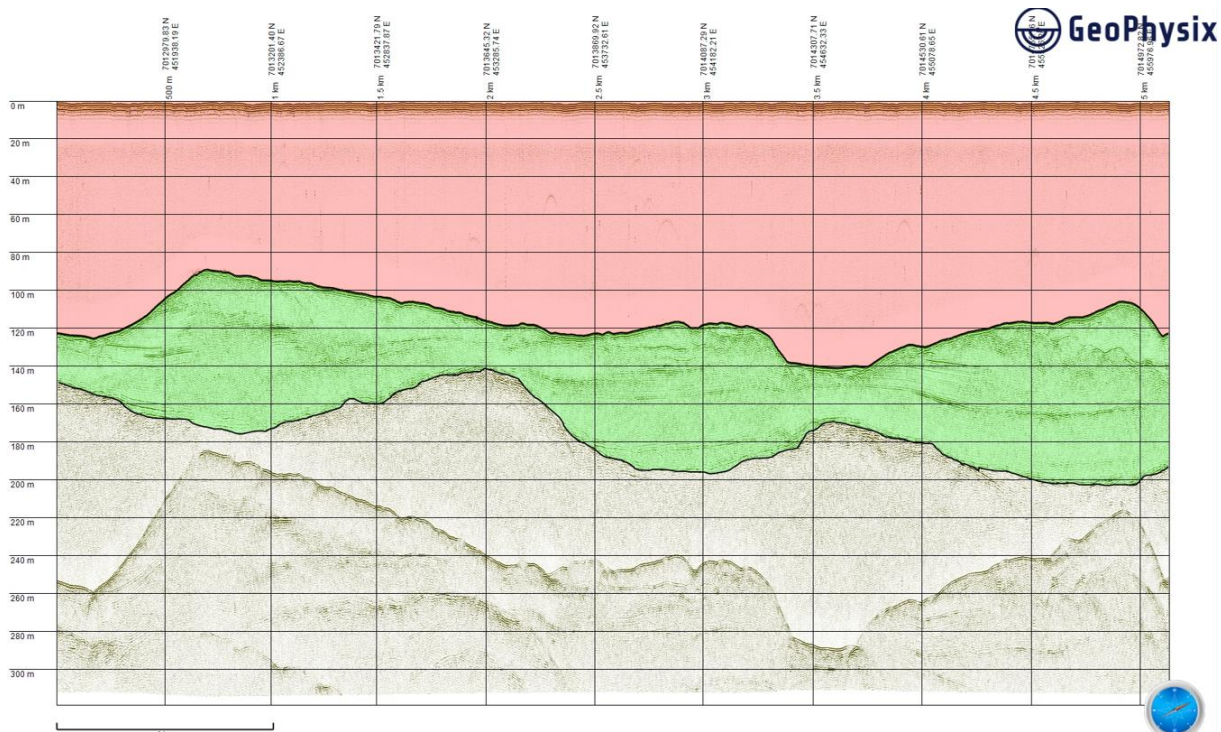
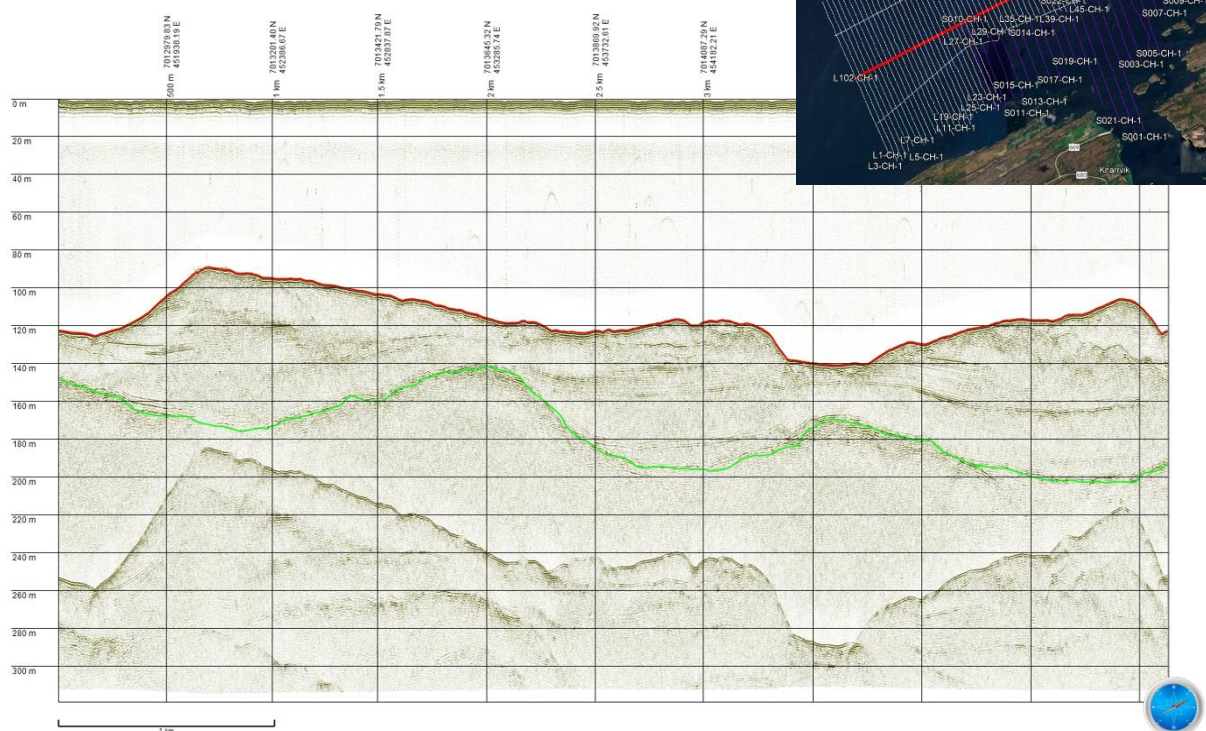
Rapport nummer: GPX24081

Dato: 30.04.2024

Side: 20 av 25

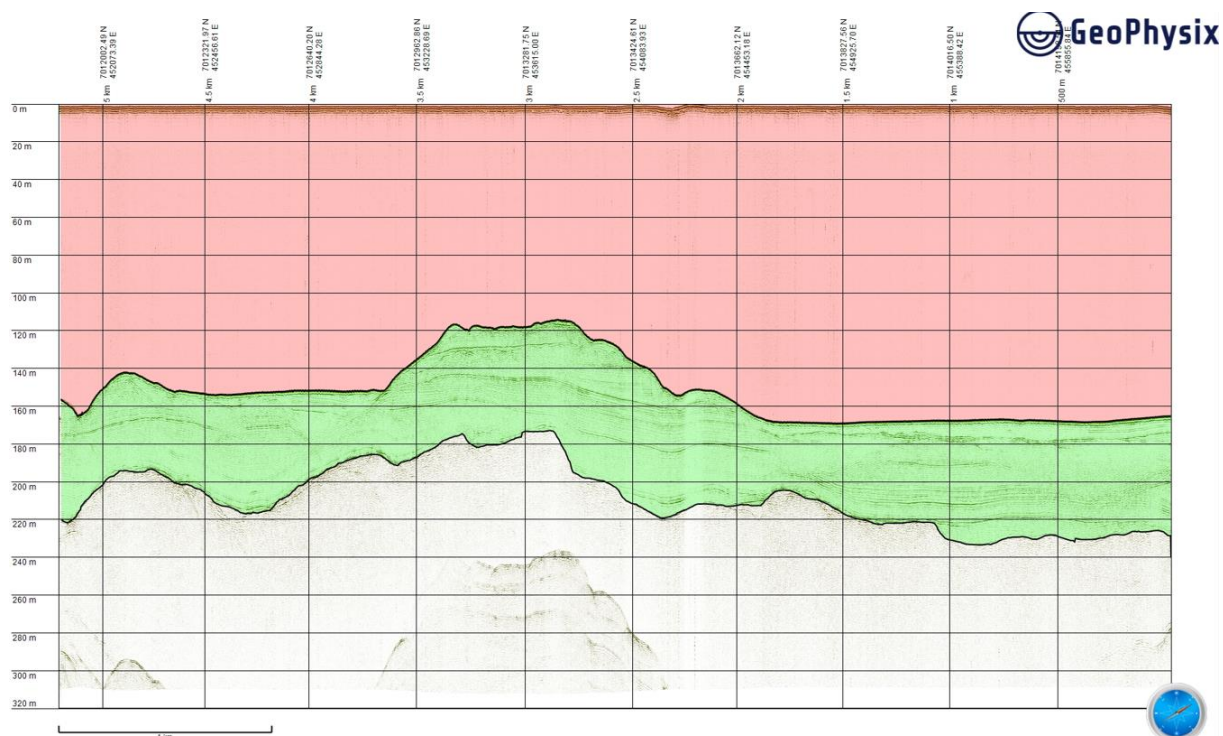
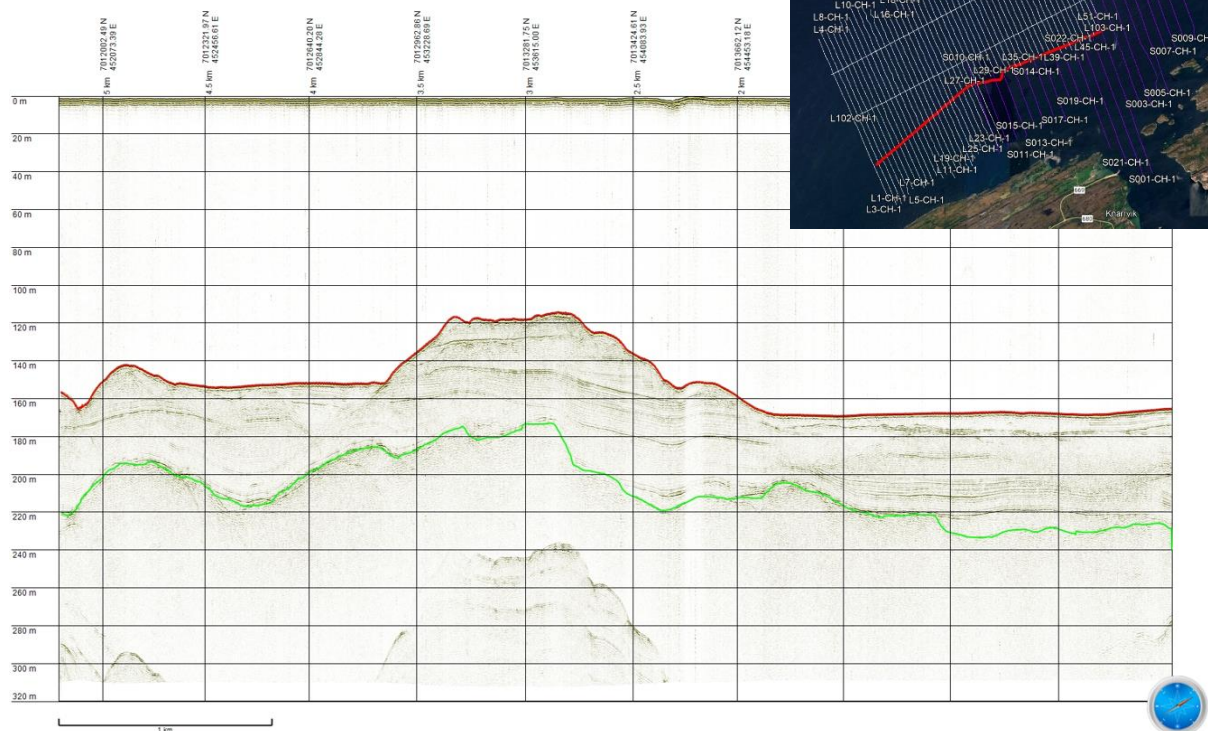


Profil L102:

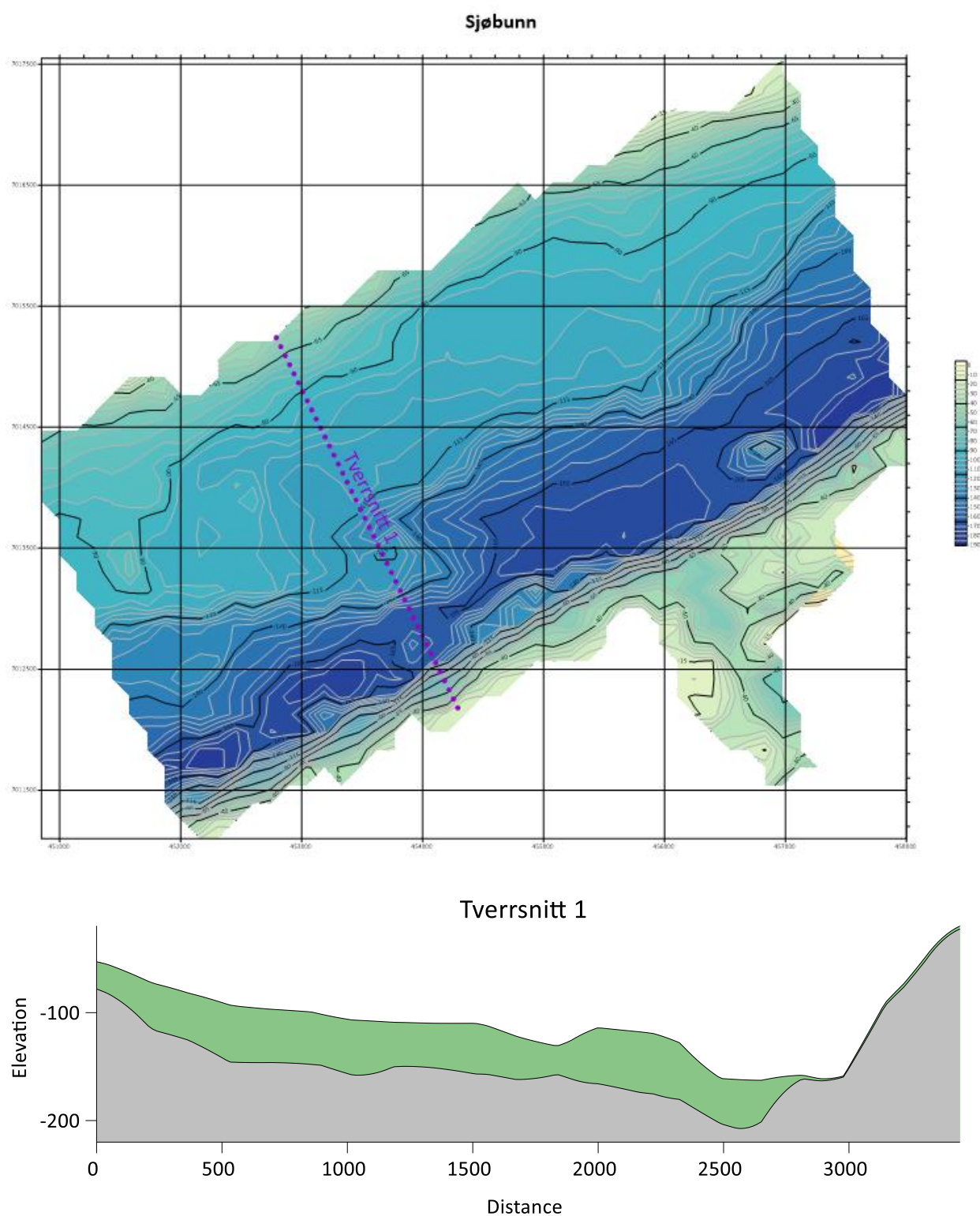


Figur 18: Seismikkprofil L102

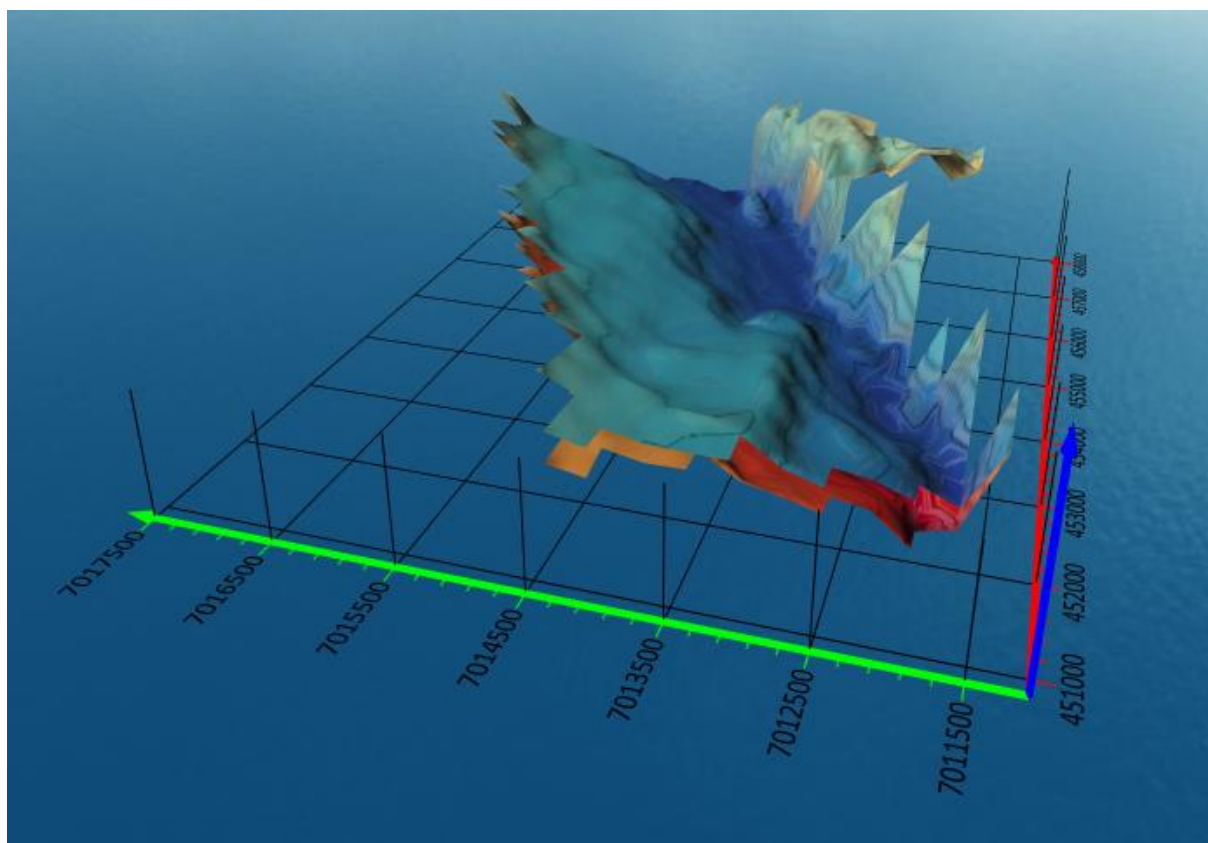
Profil L103:



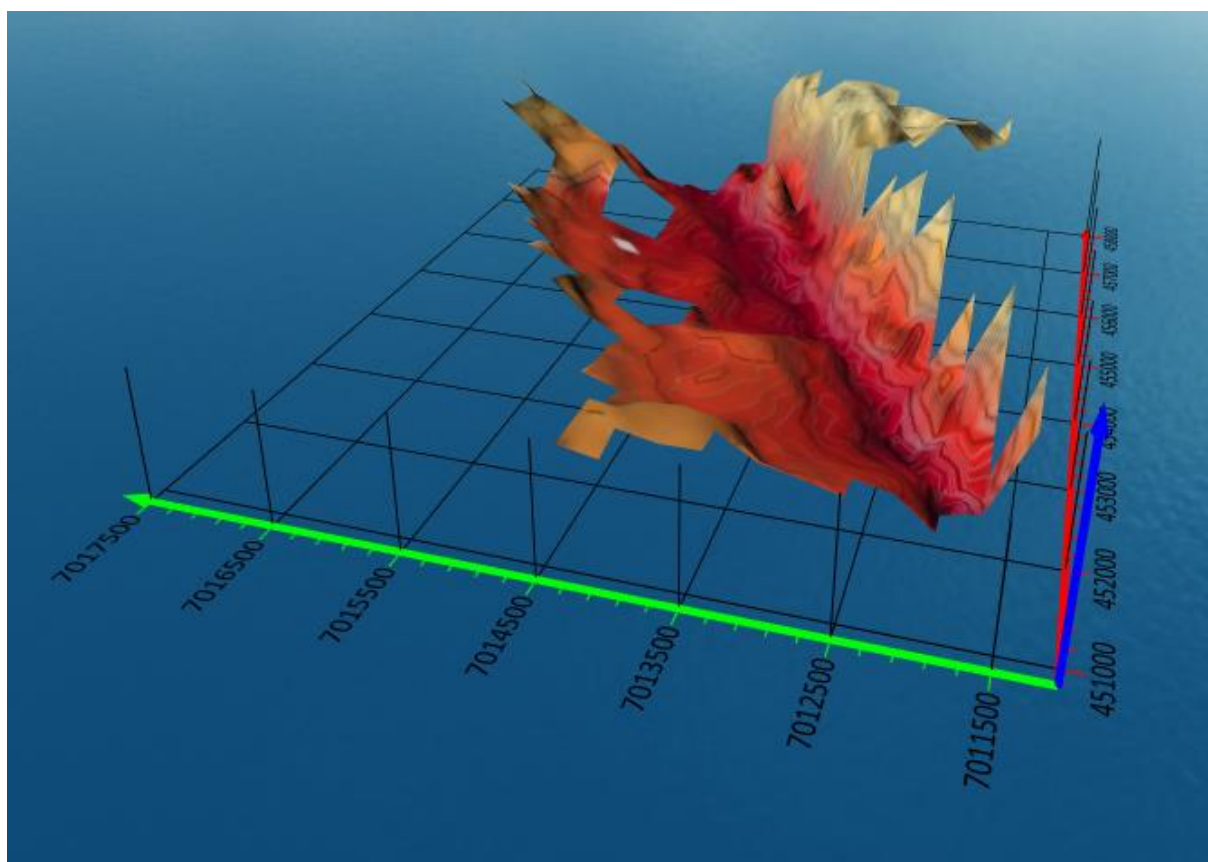
Figur 19: Seismikkprofil L103



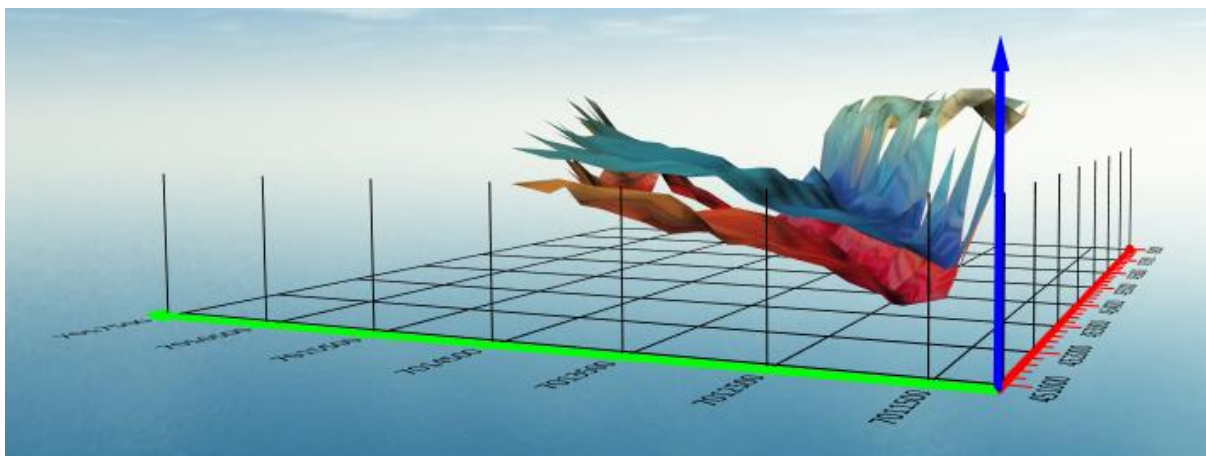
Figur 20: Tverrsnitt tatt ut av kartmodell.



Figur 21: 3D-modell som viser sjøbunn med underliggende tolket fjelloverflate.



Figur 22: 3D-modell som viser tolket fjelloverflate.



Figur 23: 3D-modell som viser sjøbunn med underliggende tolket fjelloverflate.