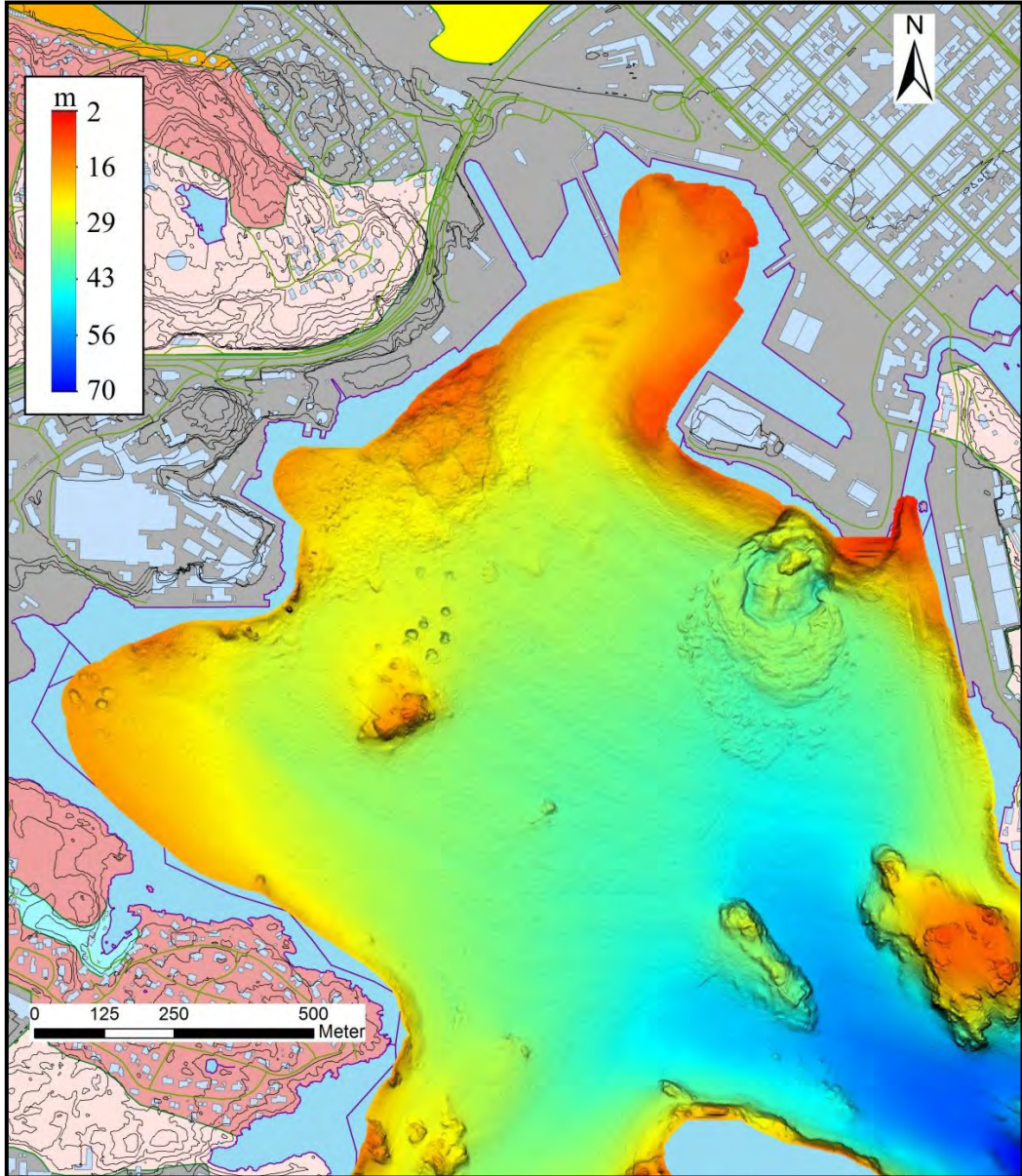


# GEOLOGI FOR SAMFUNNET

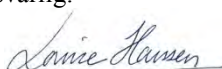
*GEOLOGY FOR SOCIETY*





NGU Rapport 2013.007

Sjøbunnkartlegging ved Kristiansand,  
Kristiansand Kommune, Vest-Agder

Rapport nr.: 2013.007		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Sjøbunntkartlegging ved Kristiansand, Kristiansand Kommune, Vest-Agder			
Forfatter: Raymond S. Eilertsen og Oddvar Longva		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Vest-Agder		Kommuner: Kristiansand	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 10002 Kristiansand	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 34 Kartbilag: 5	Pris: 175,-
Feltarbeid utført: September 2011	Rapportdato: 29.01.2013	Prosjektnr.: 340700	Ansvarlig: 
<p>Sammendrag:</p> <p>Med NGU's interferometriske sidesøkende sonar, multistråle-ekkolodd og seismiske utstyr kan man effektivt samle inn batymetriske data, geologiske data og informasjon om bunntyper. Disse dataene kan sammen med topografiske, geologiske og geotekniske data fra land, gi et mer komplett bilde av forholdene på havbunnen og i strandsonen. Deler av Østergapet og Topdalsfjorden ved Kristiansand er undersøkt med slikt utstyr. Data er sammenstilt og analysert vha. GIS og morfologiske elementer er kartlagt og digitalisert. De undersjøiske landformene inkluderer skred, kanaler, pockmarks, erosjonsgroper, fjell og spor etter menneskelig aktivitet. Målet med denne rapporten er å presentere et bunntkart og utarbeide en klassifikasjon av morfologien for å øke kunnskapen om sjøbunnen og de prosesser som virker på den. Dataene er generelt relevante for problemstillinger som vedrører naturgrunnlaget.</p> <p>Dataene viser at bunnen langs fjordsidene er dominert av fjell. Det samme gjør strandsonen på land. Videre er det registrert en del fyllmasser, spesielt i de mer tettbygde delene av området. Det er få spor etter skredaktivitet på havbunnen i det undersøkte området. Skredene er enten knyttet til fyllmasser langs strandlinjen eller til deltaet ved Topdalselvens munning. Eldre skred identifisert i seismiske data er også få. Siden det er observert ras i tilknytning til fyllinger viser det at sedimentene er sensitive til fysisk pålast og det er derfor viktig å utvise varsomhet ved utfylling i strandsonen. Dette både fordi det kan føre til skred i underliggende sedimenter, men også fordi skred kan utløses i utfyllingsmassene selv. Tilstedeværelsen av fjell i strandsonen og på land begrenser naturlig nok områder hvor undersjøiske skred kan gå og hvor slike kan forplante seg inn på land. Sedimentene i fjordbassengene er relativt finkornige, mens det er registrert grovere sedimenter ved Topdalselvas utløp og i de smalere sundene.</p> <p>Flere store groper på sjøbunnen (pockmarks) er registrert, spesielt i Ålefjærfjorden og Korsvikfjorden. De virker å være relatert til væske- og/eller gassutstrømning fra løsmassene eller sprekker i berggrunnen. To større erosjonsgroper er registrert i Korsvikfjorden og nord for Lyngøya. De er trolig dannet pga. at en avsmalning av fjorden ved sundene på disse lokalitetene øker strømhastigheten og dermed erosjonen. De seismiske dataene viser også en kraftig erosjon i bassengene sør for Varodden og mellom Kjosbukta og Kristiansand havn. Dette skyldes trolig en kombinasjon av relativt stor strømhastighet og liten tilførsel av sedimenter.</p>			
Emneord: Batymetri	Fjord	Multistråle	
Seismikk	Bunntyper	Kvartærgeologi	
Topdalsfjorden	Kartlegging	Østergapet	

## Innholdsfortegnelse

<b>1. INNLEDNING</b> .....	<b>4</b>
1.1 Generelt .....	4
1.2 Geologisk ramme .....	4
<b>2. METODER</b> .....	<b>6</b>
2.1 Seismikk .....	6
2.2 Multistråle/sonar .....	6
2.3 Bunnprøver (grabb) .....	7
2.4 Sammenstilling av data .....	8
<b>3. RESULTATER – EN KORT OVERSIKT</b> .....	<b>8</b>
3.1 Batymetri .....	8
3.2 Backscatter .....	10
<b>4. RESULTATER - MORFOLOGISKE ELEMENTER</b> .....	<b>11</b>
4.1 Pockmarks .....	12
4.2 Fjell .....	13
4.3 Skredgroper .....	14
4.4 Skredavsetninger .....	14
4.5 Erosjonsgroper .....	15
4.6 Antropogene landformer .....	15
<b>5. MARIN SEISMISK STRATIGRAFI</b> .....	<b>16</b>
<b>6. OMRÅDEBESKRIVELSER</b> .....	<b>17</b>
5.1 Ålefjær .....	17
5.2 Kjevik .....	20
5.3 Varodden-Lyngøya .....	22
5.4 Østergapet .....	26
5.5 Kristiansand .....	29
<b>7. OPPSUMMERING/KONKLUSJON</b> .....	<b>31</b>
<b>8. REFERANSER</b> .....	<b>32</b>

## TEKSTBILAG

1. Refleksjonsseismiske målinger (metode)

## VEDLEGG

- Vedlegg 1: Kartblad Ålefjærfjorden
- Vedlegg 2: Kartblad Kjevik
- Vedlegg 3: Kartblad Varodden-Lyngøya
- Vedlegg 4: Kartblad Østergapet
- Vedlegg 5: Kartblad Kristiansand

## 1. INNLEDNING

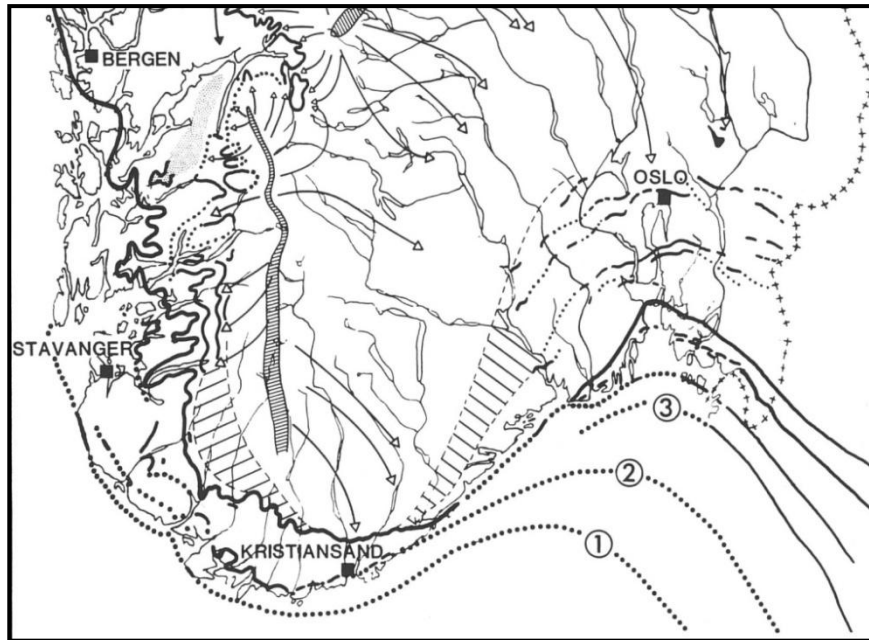
### 1.1. Generelt

NGU har utført kartlegging i sjøen ved og rundt Kristiansand fra innerst i Topdalsfjorden og sørover mot Østergapet. Kartleggingen omfatter dybde/backscatter målinger med multistråleekkolodd og interferometrisk sonar og måling av sedimentmektighet ved hjelp av seismikk. Dette danner et grunnlag for en vurdering av bunntyper og morfologi i det undersøkte området. Forhold som er av interesse ved vurdering av stabilitet er tatt med, for eksempel spor etter tidligere skredaktivitet i strandsonen. Data er sammenstilt med det kvartærgeologiske kartet som for tiden produseres for land. Det planlegges flere store utbygginger i strandsonen i området, og en samlet geologisk oversikt er verdifull. Slike kombinerte kartprodukter, som er produsert av NGU over en årrekke, kan sees som generelle aktsomhetskart for skred i strandsonen (Hansen m.fl. 2012). Dataene vil også kunne være til nytte for andre problemstillinger som vedrører naturgrunnet.

Kartleggingen ble utført med FF "Seisma" i september 2011 og bestod av en kombinasjon av tolkning av batymetridata og backscatterdata samlet inn med multistråleekkolodd og interferometrisk sidesøkende sonar, Topas-seismikk og bunnprøver. Kartleggingen er gjennomført i hht. NGUs standarder og vil inngå i NGUs maringeologiske database og etter hvert bli tilgjengelig via NGU's maringeologiske karttjeneste.

### 1.2. Geologisk ramme

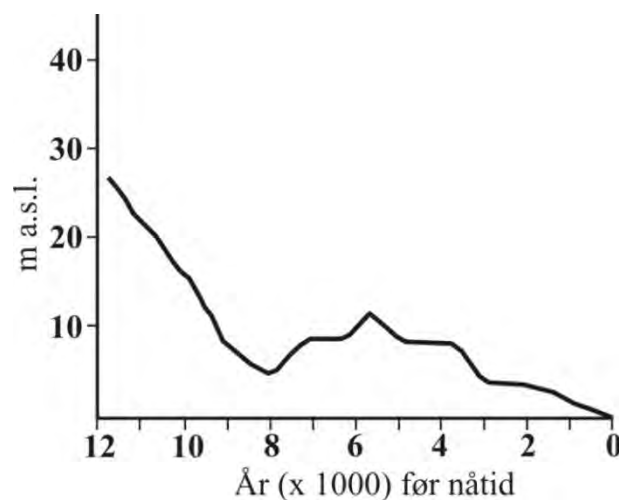
Berggrunnen i området består i hovedsaklig av gneis, skifer og granitt (<http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>). Det småkupert landskapet er preget av iserosjon under istidene hvor nord-sørgående forsenkninger har blitt omformet til udaler og fjorder. På slutten av siste istid trakk breen seg tilbake trinnvis nordover og løsmasserygger (israndtrinn) ble dannet. De mest markerte er Lista trinnet, Spangereid og Yngre Dryas (ra-) morenene (Anundsen, 1985; Fig. 1). Etter at isen begynte å smelte skjedde en landhevning som følge av trykkavlastningen på jordskorpa. Hevningen var allerede godt i gang da iskanten trakk seg innover i fjordene. Havet fulgte etter og satte sine første strandmerker i terrenget. Fjordsidene langs fjorden er relativt bratte, spesielt i de indre deler av fjordsystemet. Strandsonen i det undersøkte området er mange steder sterkt påvirket av menneskelig aktivitet med mudring, utbygging og utfylling, især i de delene som grenser mot Kristiansand by.



*Figur 1. Israndtrinn i Sør-Norge (etter Anundsen 1985). Symbolene relevant for studieområdet står for følgende trinn: 1) Lista og 2) Spangereid. Den heltrukne linjen nord for Kristiansand representerer hovedtrinnet fra Yngre Dryas (ra-trinnet), mens skraverte områder viser isskille (preboreale).*

### *Strandlinjeforskyvning*

På grunn av at landet har hevet seg mer i indre strøk enn ute ved kysten har istidens strandlinjer i dag et fall mot kysten. Istidens høyeste havnivå (*den marine grense - MG*) varierer derfor noe fra sted til sted, men er generelt fallende ut mot kysten. MG ligger på ca 35-40 m over dagens havnivå ved Kjevik og 25-30 m ved Kristiansand (Fig. 2). Etter isavsmeltingen gikk landhevningen raskest de første 2-3 tusen år (Fig. 2). For ca. 8000 år siden steg havnivået i ytre strøk (Tapes-transgresjonen) en stigning som varte i overkant av 2000 år.



*Figur 2. Havnivåkurve for Kristiansand området (etter Møller 1987, 1989). Kurven er basert på en regional datamodell og må betraktes som omtrentlig.*

## 2. METODER

Batymetriske og seismiske data samt bunnprøver ble samlet inn fra NGU's forskningsfartøy FF Seisma i september 2011. I det følgende er de forskjellige metodene som ble brukt forklart i mer detalj. Enkelte områder nært land er ikke kartlagt da det var for grunt for båten.

### 2.1 Seismikk

Høyoppløselige seismiske data ble samlet inn ved hjelp av parametrisk sonar (TOPAS). Dette gir informasjon om sedimentene under sjøbunnen. Dette utstyret har en chirp-funksjon med frekvens mellom 2 og 6 kHz og relativt lav penetrasjon. Oppløsningen er typisk mellom 0,1 og 0,5 m. Det ble totalt samlet inn 126 seismiske linjer fra det undersøkte området. Se Vedlegg 6 for en mer detaljert beskrivelse av prinsippene for seismikkinnnsamling. Seismikk dataene ble først konvertert fra SEG-Y format til jpg2000 ved programvaren SEG-Yj2 og deretter visualisert og tolket i SEG-Yj2 Viewer utviklet ved den Canadiske Geologiske Undersøkelse. Tid/dyp konvertering ble gjort automatisk av programmet med en hastighet på 1500m/s.

### 2.2 Multistråle/sonar

#### Multistråle-ekkolodd (Wassp)

Et WMB-80F WASSP multistråleekkolodd ble brukt for å samle inn batymetriske data fra Topdalsfjorden og Østergapet. Wassp-systemet sender en sonarpuls i en 120° bred vinkel på tvers av fartøyet og prosesserer 112 dynamiske stråler med opptil 8 pulser i sekundet. Den har en dybde rekkevidde på fra 10-500 m.

DGPS posisjonsdata og automatiske korreksjoner for roll, pitch og kurs gir god nøyaktighet i dataene. Dataene ble visualisert online i et OLEX kartplottesystem under innsamling.

I tillegg til batymetrisk informasjon registreres også styrken på det mottatte akustiske signalet (backscatterintensitet). Backscatterintensiteten er en funksjon av sjøbunnens fysiske egenskaper, eks. akustisk impedanse, kornstørrelse og småskala topografi, og variasjoner i den tynne sonen på havbunnen som penetreres av det akustiske signalet. På bakgrunn av dette kan man gi et grovt estimat av materialets egenskaper på sjøbunnen hvor høyere backscatterverdier generelt betyr grovere kornstørrelse.

### Interferometrisk sonar

En 125 kHz GeoSwath interferometrisk sidesøkende sonar (GeoAcoustics™) ble brukt til å samle inn batymetridata fra Fiskåtangen mot Kjosbukta. Sonaren har en dybde-rekkevidde ned til ca. 150 m og en dekning av bunnen på tvers av seileretningen på opptil 12 ganger vanddypet. Sonaren gir en oppløsning på under 1 m. Den har to sendere montert på en v-formet plate i ca. 30 graders vinkel. På platen sitter også en TSS DM bevegelsessensor som sender kompensasjonsdata for båtens bevegelser til en PC, et lite ekkolodd som måler dypet rett under platen, samt en lydastighetsmåler (Valeport Mini SVS) som måler lydets fart i vannet rundt senderne. Sonaren sender en stråle til hver side, og bruker tid og faseforskyvning til det returnerte signalet for å regne ut avstander til objekter (sjøbunnen), som så blir omregnet til dyp ved hjelp av kjennskap til lydastigheten i vannet. I forbindelse med profileringen ble det målt lydprofiler gjennom vannsøylen med en Valeport 650 SVP (Sound Velocity Profiler) hastighetsmåler. Datadekningen er minst rett under båten i rommet mellom de to strålene. Differensiel GPS ble brukt for posisjonering med en nøyaktighet på  $\pm 1$  m. Prosessering av dataene ble gjort ved hjelp av GeoSwath programvare, og inkluderte hastighetskorrigering, kalibrering for å redusere støynivået, og justering av posisjonen mellom profilene.

### **2.3 Bunnprøver (grabb)**

Totalt 17 overflateprøver ble tatt ved hjelp av en 30x30 cm bred grabb. Prøvetakeren ble tømt på dekk og materialets kornstørrelse ble visuelt bedømt. Prøvene er listet i tabell 1.



Prøvenr	Posisjon (UTM)	Vanndyp (m)	Egenskaper
P1106002	439195,0 – 6442520,9	12	4cm gyttje over leire
P1106003	440285,9 – 6444174,9	40	Leire, silt & sand med stein opptil 8cm
P1106004	440969,9 – 6443030,9	24	Leirig/siltig sand, mye skjell fragmenter, noe grus
P1106005	441722,9 – 6443111,0	142	Leire/silt
P1106006	442386,8 – 6441709,0	190	Leire
P1106007	442778,8 – 6441885,4	197	Leire med litt skjell
P1106008	444523,8 – 6443556,1	84	Leire
P1106009	442987,0 – 6444463,1	88	Skjellsand med leire og grus
P1106010	443670,0 – 6445766,4	63	Leire, litt grus
P1106011	445518,0 – 6449934,1	36	Leirig og sandig silt, noen skjell
P1106012	445011,9 – 6450917,1	34	Leirig og sandig silt
P1106013	445241,0 – 6451071,0	34	Sand
P1106014	444662,0 – 6452921,2	21	Silt
P1106015	444080,8 – 6453723,2	62	Leire, tynt skjellsandlag på toppen
P1106016	443745,7 – 6449321,2	20	Siltig leire
P1106017	444053,8 – 6447626,2	27	Siltig leire
P1106018	441805,8 – 6444809,1	56	Gyttje

**Tabell 1.** Oversikt over grabbprøver tatt med en 30x30 cm boxcorer.

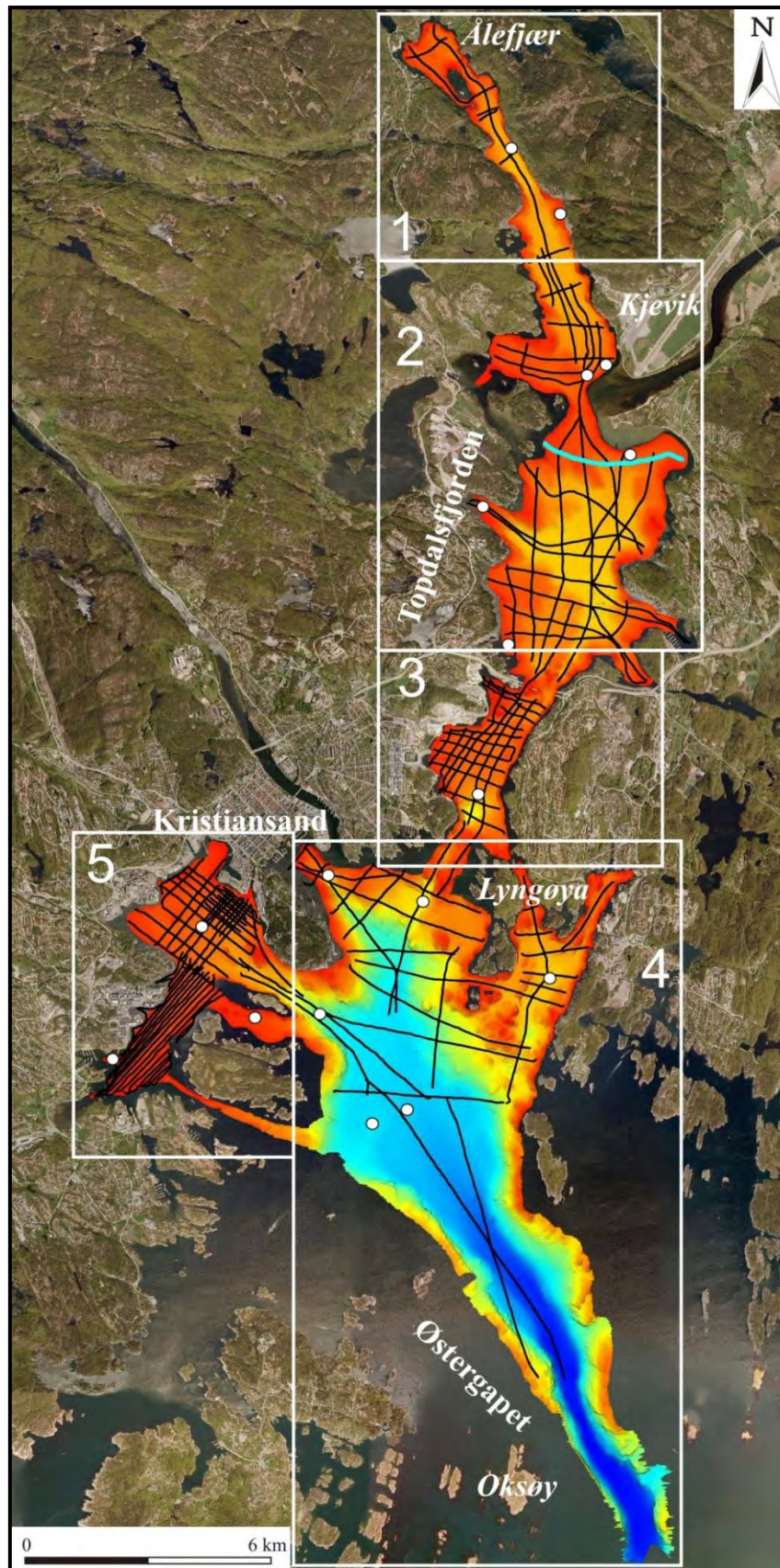
## 2.4 Sammenstilling av data

Batymetridataene er bearbeidet i programvaren ErMapper og fremstilt som skyggerelieffbilder som gir en svært detaljert oversikt over formene på sjøbunnen. Noen av bildene er tatt inn i ArcMap og sammenstilt med lokalisering av linjedata og prøvelokaliteter fra toktet, grunndata fra land (polygoner fra NGU's kvartærgeologiske kart ([www.ngu.no](http://www.ngu.no)), ortofoto ([www.norgebilder.no](http://www.norgebilder.no)). Tolkning av terrengformer på bunnen er gjort i ArcGIS.

## 3. RESULTATER – EN KORT OVERSIKT

### 3.1 Batymetri

Kristiansandsfjorden er en vid, åpen bukt som vender mot sørøst. Strekningen fra Kristiansand havn og ut til Oksøy i Østergapet er ca 9,5 km lang og fjorden er ca 6 km på det bredeste (Fig. 3 og 4).

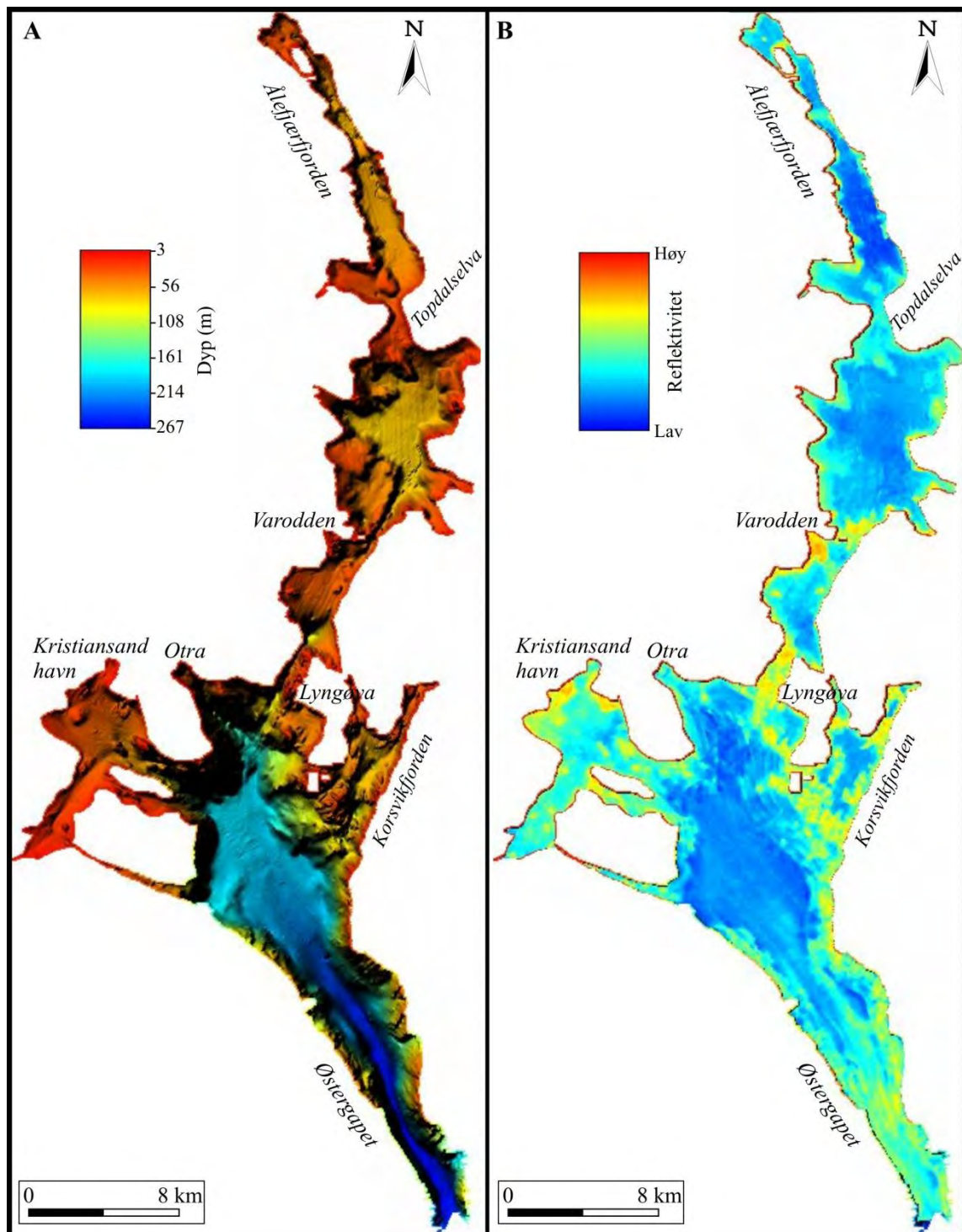


Figur 3. Lokalitetskart over det undersøkte området med innsamlede dybde data som skyggerelieff der rød farge angir grunt vann og blått dypt. De svarte linjene er seismiske linjene og de hvite sirkene viser prøvelokaliteter. Nummereringen refererer til inndeling av enkeltområder. Ortofoto er hentet fra [www.norgebilder.no](http://www.norgebilder.no).

Fra havneområdet ved Kristiansand og sørøstover går en renne som blir gradvis dypere, mens det til sidene for renna er grunnere og mer kupert. Østergapet kjennetegnes av en lang og smal dypål i overkant av 260 m dyp avgrenset av bratte fjordsider bestående av berggrunn. Bunnen er relativt homogen i de dypere deler, mens det finnes en rekke øyer, skjær og sund nært land. Topdalsfjorden, fra innerst ved Ålefjær til Lyngøya, er 11,5 km lang og fra 250 m til 2,5 km bred. Største registrerte vanddyp er i underkant av 100 m. Topdalsfjorden er skilt fra Kristiansandsfjorden ved en berggrunnsterskel rett nord for Lyngøya. Lengst i nord går Topdalsfjorden over i Ålefjærfjorden. Bunntopografien er variert med en rekke grunnere partier adskilt av mellomliggende basseng. Ved Kjevik-Hamresanden danner Tovdalselva et markert delta på østsiden av fjorden. Fjordsidene er flere steder relativt bratte og reflekterer topografien på land. Ofte er berggrunnen eksponert langs fjordsidene.

### **3.2 Backscatter**

Backscatterdataene for området viser generelt høye verdier langs land (Fig. 4B), noe som skyldes at fjell er eksponert eller har et tynt dekke av sedimenter. I de dypere deler er reflektiviteten lav, noe som indikerer relativt finkornige sedimenter. Grabbprøvene fra disse områdene (Tabell 1) viser at bunnen består av silt og leire.



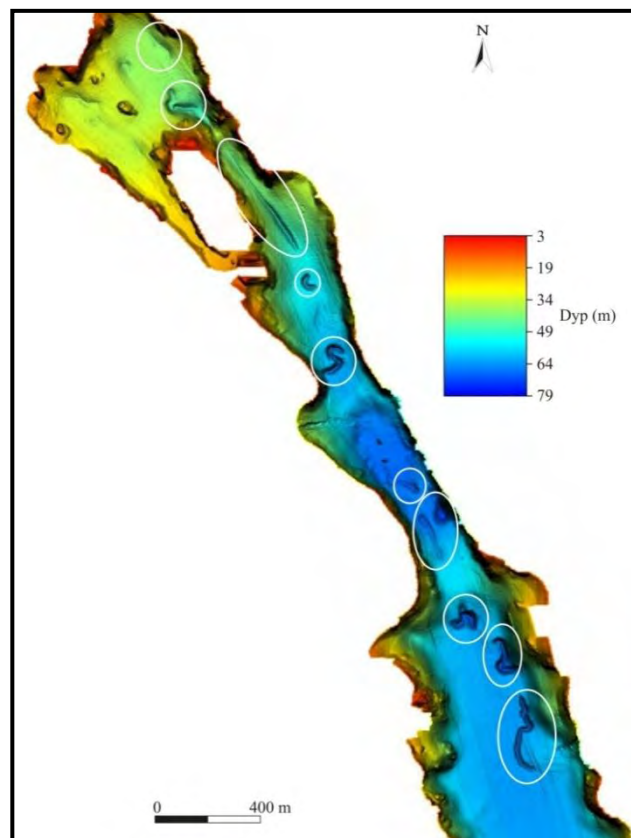
**Figur 4.** A) Skyggerelieffkart som viser dybden i det undersøkte området. B) Backscatterkart over det undersøkte området.

#### 4. RESULTATER – MORFOLOGISKE ELEMENTER

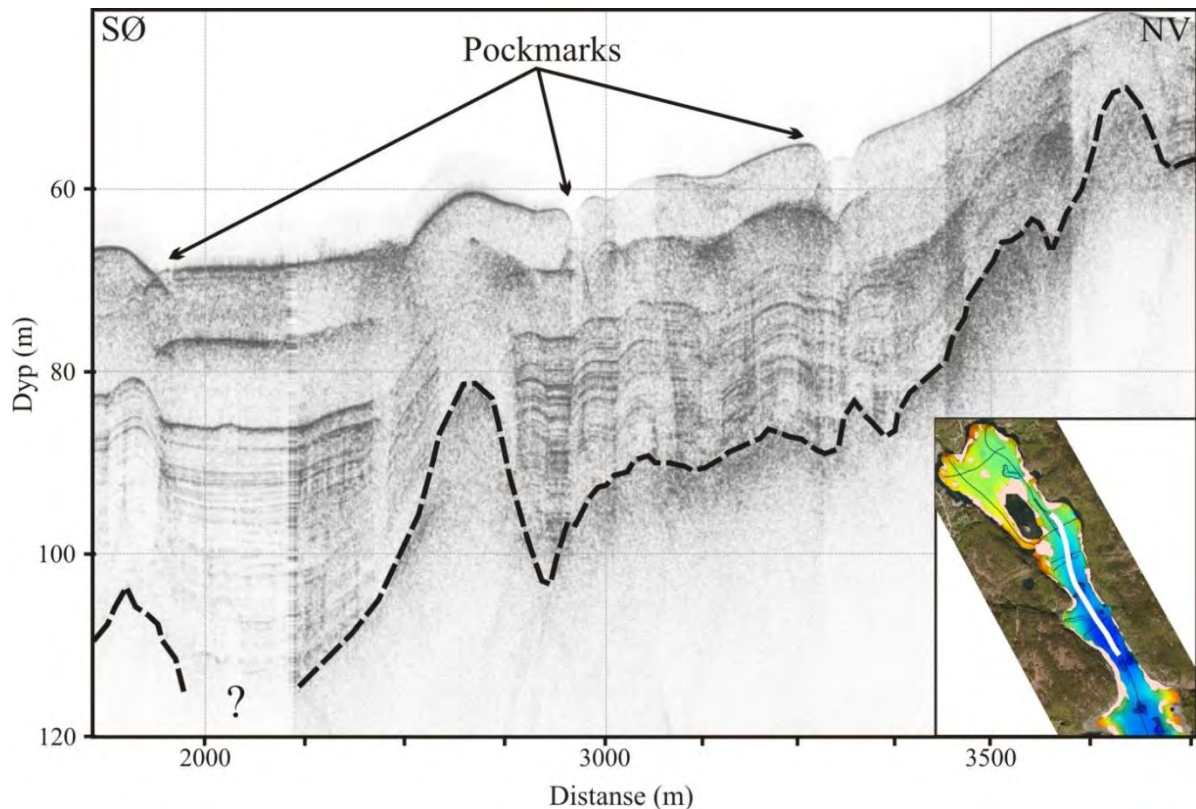
Nedenfor følger en oversikt og beskrivelse av morfologiske elementer som er kartlagt i det undersøkte området. Kun de mest tydelige elementene er markert. Der tolkningen er usikker er det satt et spørsmålstegn.

#### 4.1 Pockmarks

Pockmarks er markerte forsenkninger på havbunnen (eks. Fig. 5). De kan være sirkulære, men har som oftest en langsgående form i det undersøkte området. De varierer i størrelse fra 80-500 m i lengde og 4-12 m i dybde. På seismikkdata kan de sees som forsenkninger på havbunnen (Fig. 6). Pockmarks dannes ved utstrømninger av gass eller væske fra underliggende sedimenter eller berggrunn (Hovland og Judd, 1988). Slike utstrømninger kan være kortvarige, gjentatte eller langvarige/kontinuerlige. Den mest sannsynlige tolkningen på dannelsen av gropene er at det er grunnvann som strømmer ut. Pockmarks indikerer vann under trykk, noe som kan bety forhøyet poretrykk i sedimentene og hvis gropene ligger i skråninger kan det ha betydning for stabiliteten. Grunnvannsstrømmer gjennom leire kan også føre til dannelsen av kvikkleire selv under havflaten.



Figur 5. Eksempler på pockmarks (merket med sirkler) i Ålefjærfjorden.



**Figur 6.** Seismisk linje fra Ålefjærfjorden med pockmarks avmerket. Berggrunnen er avmerket med stiplet linje. Posisjonen til den seismiske linjen er avmerket på indeksskartet med hvitt.

Noen pockmarks ligger over tydelige forsenkninger i berggrunnen og kan være relatert til væskestrømning fra sprekker i berggrunnen, men de fleste er trolig relatert til væskestrømning fra Holocene sedimenter.

## 4.2 Fjell

Fjell gjenkjennes som uregelmessige former på sjøbunnen med eller uten et tynt overdekke av sedimenter. På backscatterdataene (eks. Fig. 4B) gjenkjennes fjell som områder med høy reflektivitet. På de seismiske dataene kan fjell kjennes igjen som en svært markert refleksjon, ofte med et kaotisk refleksjonsmønster under (eks. Fig. 6). I det undersøkte området ligger fjell ofte eksponert i strandkanten og kan følges ned under havoverflaten (Fig. 7). Det er derfor hensiktsmessig å sammenholde de batymetriske dataene med landdata.



**Figur 7.** Eksponert fjell langs strandkanten, typisk for store deler av det undersøkte området.

### **4.3 Skredgroper**

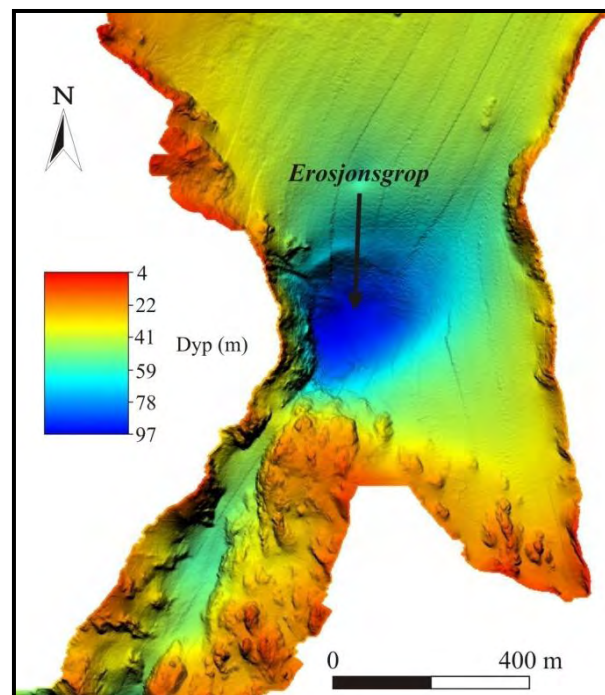
Skred etterlater seg groper eller kanter der hvor sediment har sklidd ut mot dypere vann. Størrelsen på registrerte skredgroper i området varierer fra 25 til 250 m i bredden. Kantene er gjerne skarpe på unge skred, mens eldre skredgroper ofte er mer diffuse på grunn av at de er delvis dekket over. Eldre skredgroper kan være helt dekket av sedimenter og det eneste sporet av dem i dag er skredavsetninger som sees på seismiske data. Det er registrert få skred i det undersøkte området, og de fleste av yngre dato er utglidninger som resultat av utfylling i strandsonen.

### **4.4 Skredavsetninger**

Skredavsetninger er ofte karakterisert av uregelmessig topografi på havbunnen med hauger og rygger nedenfor skredgroper. De kan danne lobeformer. I utkanten av skredavsetningene kan det finnes ryggformer. De er dannet ved at skredavsetningene skjøy tidligere havbunnsavsetninger foran seg. Eldre skredavsetninger, som er fullstendig dekket av yngre sedimenter, kan sees på seismikkdata som soner med kaotisk refleksjonsmønster og undulerende øvre og nedre grenser/refleksjoner. Skredavsetningene som er registrert i området er fra 5400 til 270 000 m<sup>2</sup> i utstrekning.

#### 4.5 Erosjonsgroper

Erosjonsgroper er et resultat av sekundære strømmer og strømvirvler som oppstår pga. spesielle former på havbunnen som gir konsentrasjon av strømmen og som fører til erosjon (eks. bråe endringer i strømretning pga. fjell, obstruksjoner/ hindringer, avsmalning; Eilertsen og Hansen, 2008). En økning i strømhastigheten, eksempelvis i smale sund mellom større basseng hvor tidevannet fører vannmassene fra et basseng til et annet vil kunne føre til dannelse av erosjonsgroper (eks. Fig. 8). Størrelsen (dybde og utbredelse) avhenger av styrken til strømmen og hvor eroderbar undergrunnen er.



Figur 8. Eksempel på en erosjonsgrop.

#### 4.6 Antropogene landformer

Menneskeskapte former eller endringer på sjøbunnen er relativt vanlig i det undersøkte området. Eksempler på dette er fyllmasser, områder som er mudret, båtvrak, spor av fysisk påvirkning på havbunnen eller objekter som er dumpet på sjøen osv. Disse formene gjenkjennes ved at de skiller seg fra former dannet ved naturlige prosesser. Firkantete objekter kan for eksempel være bilvrak eller containere. I flere tilfeller er det umulig å identifisere objektene annet enn at de er menneskeskapte.



## 5. MARIN SEISMISK STRATIGRAFI

Posisjonen til de seismiske linjene er vist i Figur 3. Seismikken viser at fjordsedimentene kan deles inn i tre forskjellige enheter basert på refleksjonenes geometri, styrke og kontinuitet. Grensene mellom enhetene er basert på markerte reflektorer som skiller soner med forskjellige interne seismisk refleksjonsmønster fra hverandre. De forskjellige enhetene er beskrevet fra den nederste (eldste) til øverst (yngst).

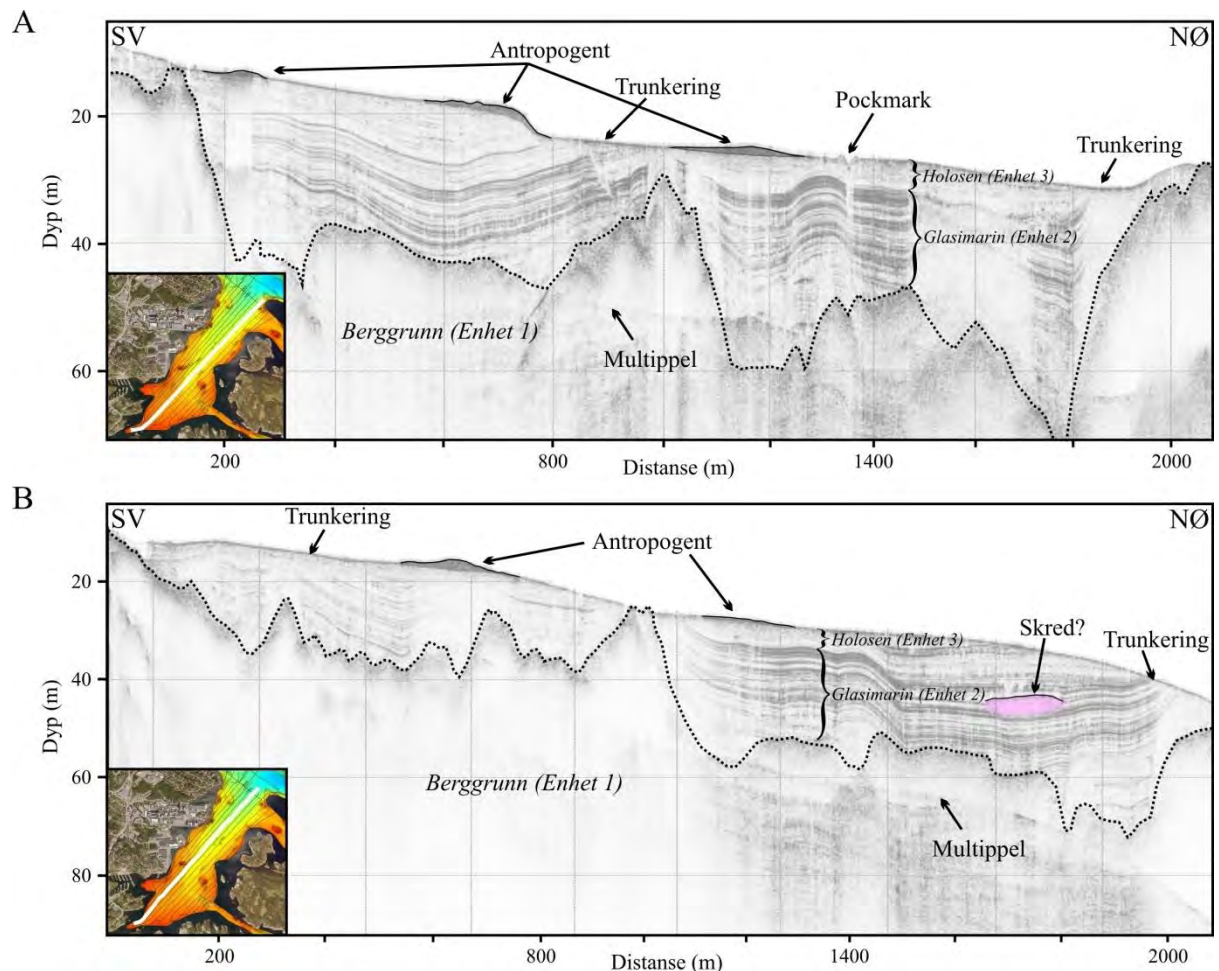
Enhet 1 ligger nederst på profilene og består av akustisk kaotiske refleksjoner. Enheten representerer hovedsakelig berggrunn, men kan også bestå av morenemateriale. Oppløsningen gir ikke grunnlag for å differensiere mellom disse.

Enhet 2 domineres av parallelle til sub-parallele, kontinuerlige medium- til høyamplitude refleksjoner. Enheten ligger over enhet 1 (berggrunnen). Denne enheten tolkes til å representere glasimarine avsetninger (silt og leire) avsatt på slutten av istiden. Slike avsetninger er typisk for norske fjorder.

Enhet 3 er akustisk transparent med noen få, svake refleksjoner og skiller seg klart fra underliggende glasimarine avsetninger (enhet 2). Enhet 3 tolkes til å bestå av silt/leire avsatt etter istiden (i Holocene).

På seismikkprofilene fra de mest strømssterke områdene ser man at strømmen har erodert og omformet bunnen (Fig. 9, 15). Refleksjoner i både enhet 2 og 3 er kuttet (trunkert). Erosjonen er sannsynligvis et resultat av landhevingen som har gjort sundene grunnere og ført til at tidevannsstrømmene er blitt sterkere.

Enkelte steder kan soner med transparent eller kaotisk seismisk signatur observeres i enhet 2 og/eller 3. Disse representerer trolig skredavsetninger. Refleksjoner som krysser hverandre er forårsaket av siderefleksjoner eller er artefakter (multipler) som skyldes at lyden går flere ganger opp og ned mellom bunnen og overflaten av fjorden.



**Figur 9.** A) Seismikklinje 070 fra Kjosbukta til Dybingen. Legg merke til antropogent materiale på havbunnen samt trunkering av refleksjoner. En pockmark er også synlig (se kapittel 6.5). B) Seismisk linje 065 fra Kjosbukta til Dybingen. Legg merke til mulige skredavsetninger inne i den glasimarine enheten (Enhet 2) og trunkering (kutting) av refleksjoner ved havbunnen. Posisjonen til seismikklinjene er avmerket på indeksskartet med hvitt.

## 6. OMRÅDEBESKRIVELSER

Det undersøkte området er delt inn i 5 delområder. Inndelingen er vist i Figur 3. Bunnformene i de enkelte områdene er beskrevet nedenunder.

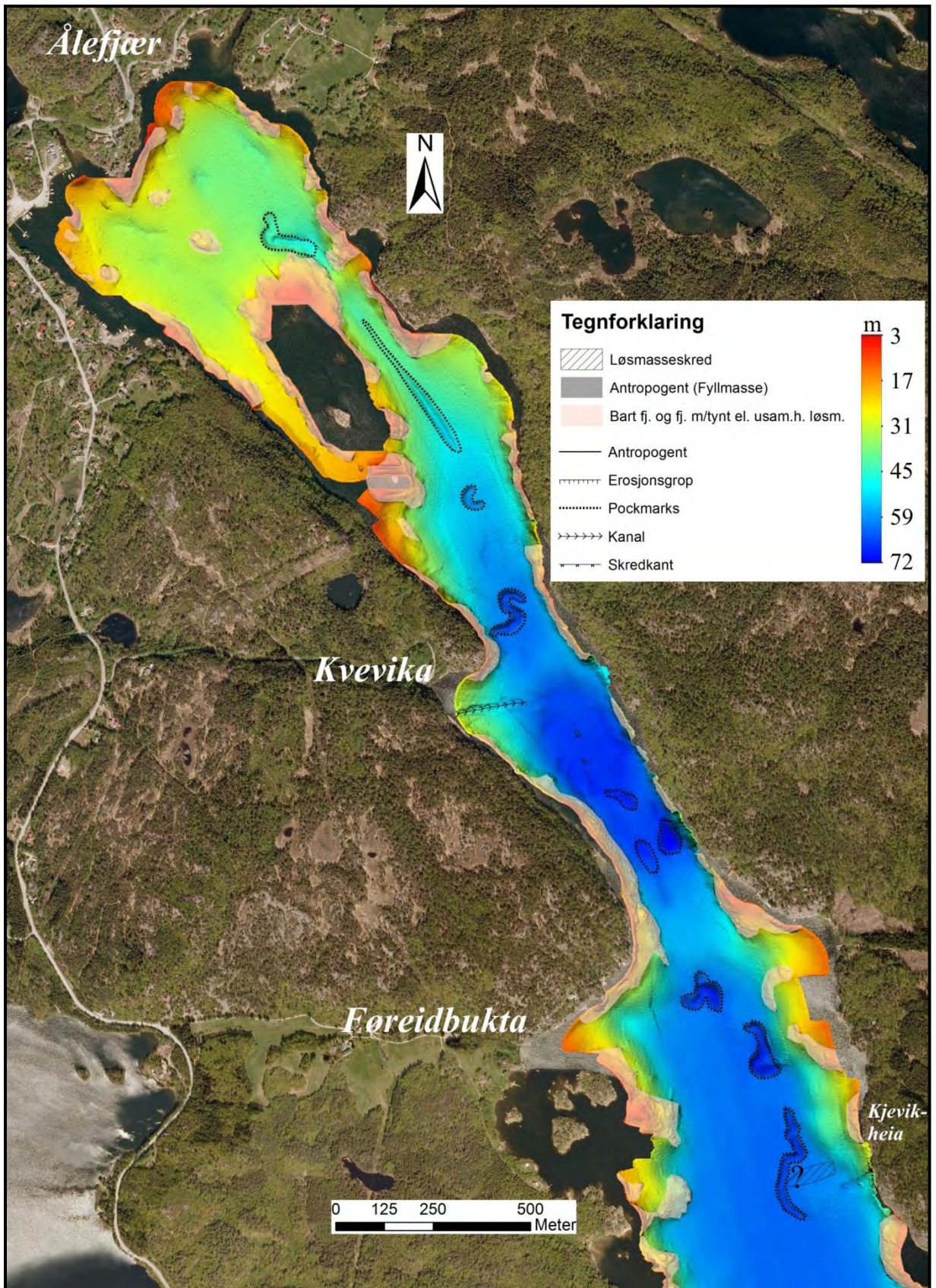
### 5.1 Ålefjær (1)

Ålefjærfjorden blir generelt sett grunnere jo lenger inn i fjorden man kommer (NV) med et vanddyb på mellom 65 og 70 m i sør og i overkant av 45 m dyp i det innerste bassenget (Fig. 10 og Vedlegg 1). Sjøbunnen er relativt flat, men fjell stikker opp flere steder. En rekke markerte groper (pockmarks) er synlige, de største nesten 500 m lange og opptil 12 m dype.

Formen på gropene varierer fra runde/ovale til langsgående (Fig. 10). De virker å ligge over forsenkninger i berggrunnen (Fig. 6), en indikasjon på at de er relatert til sprekkesoner/forkastninger i berggrunnen. Seismikkprofilene viser at største sedimentmektighet er i underkant av 60 m. Det meste av strandsonen på land og i sjøen består av fjell eller tynt dekke over fjell, mens det noen steder er kartlagt tynt/usammenhengende morene på land (Follestad & Fredin, in press). Spesielt gjelder dette innerst ved Ålefjær. Ved Føreidsbukta er det registrert hav- og fjordavsetninger i strandsonen. Backscatterdataene for området viser en høy reflektivitet mot fjordsiden de fleste steder, noe som indikerer berggrunn i eller nært overflaten. Flere øyer bestående av berggrunn ligger ute i bukta, og det er registrert fjell i skråningen på vestsiden av øyene (Fig. 10 og Vedlegg 1). De dypere deler midt i fjorden viser lav reflektivitet og indikerer relativt rolige forhold hvor finkornig materiale som silt og leire kan bunnfelles.

Ved Kvevika er det registrert en kanalform som er ~200 m lang og ~30 m bred. Den går fra strandsonen og ned til ca 60 m vanddyp. Backscatterdataene indikerer grovere sedimenter i dette området sammenlignet med områdene rundt (Fig. 4B). En grabbprøve (P1106015, Tabell 1) viser skjellsand over leire her. Kanalen er trolig dannet ved en utglidning i strandsonen. Det er fylt ut stein i stranden og svært sannsynlig har utglidningen sammenheng med dette. Kanalen viser at selv om det meste av strandsonen består av fjell ligger det sedimenter i vikene som kan være ustabile ved belastning og dette bør tas hensyn til under anleggsarbeid.

Vest for Kjevikeia er det registrert en skredavsetning på seismikken. Den ligger på 7-8 m dyp i den Holocene lagpakken og er trolig flere tusen år gammel. Skredet kom trolig fra fjordsiden i vest.



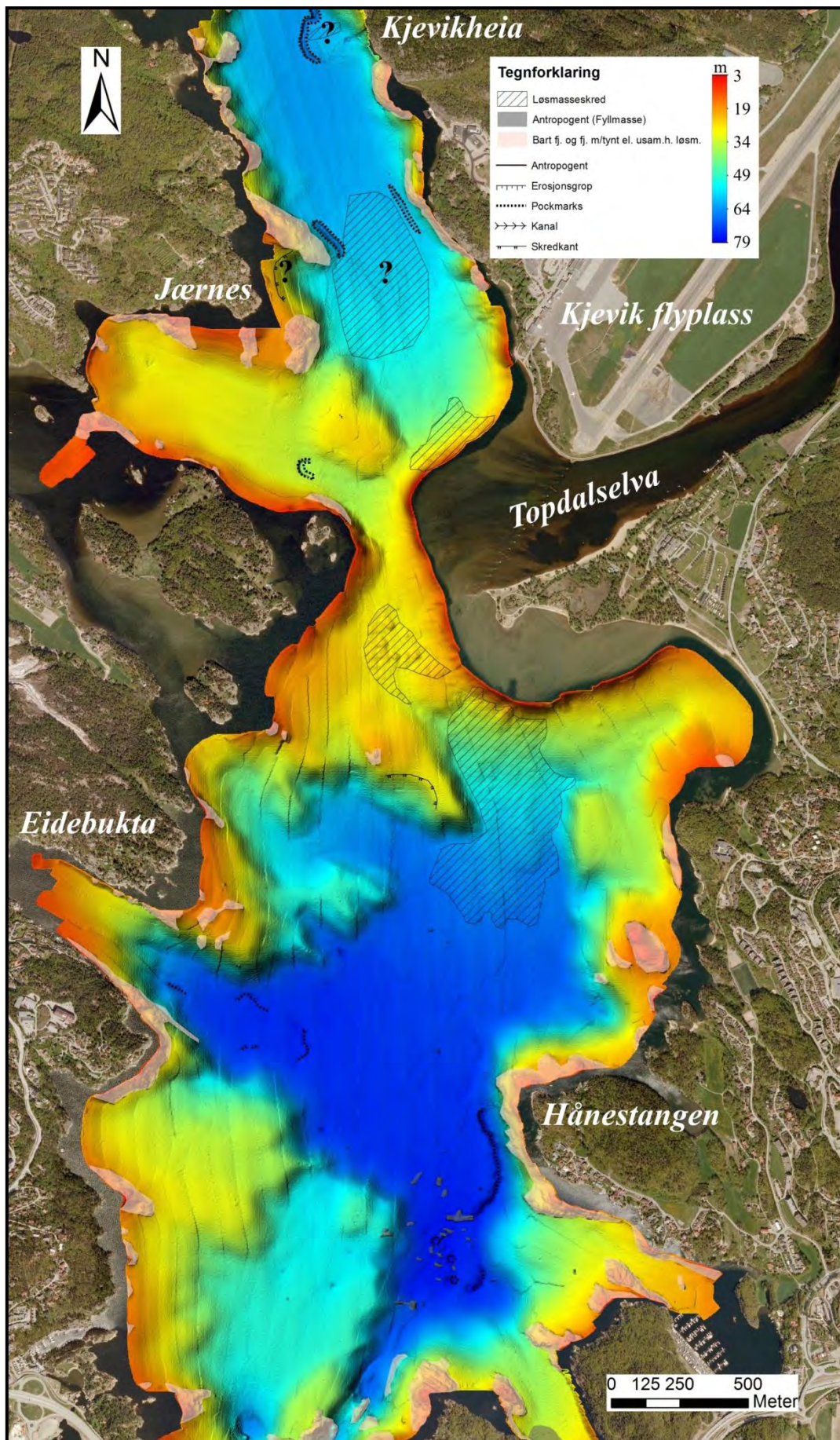
Figur 10. Batymetri og kartlagte bunnformer ved Ålefjærfjorden.

Fjorden utenfor Kjeviek er karakterisert av undulerende bunntopografi med en rekke grunner, rygger og mellomliggende basseng (Fig. 11 og Vedlegg 2). Seismikkdata indikerer at dette skyldes berggrunnens topografi og fjell stikker også opp på bunnen en rekke steder. Mye av strandsonen består av fjell eller tynt dekke over fjell. Unntaket er ved Topdalselvens munning hvor det har bygd seg ut et delta og nord for Jærnes hvor det er registrert tynt dekke med hav-, fjord- og strandavsetninger på land. Største vanddyb ligger i de sørlig deler på ~80 m. Det er viktig å merke seg at enkelte områder ikke er kartlagt helt inn til strandlinjen pga. grunt vanddyb.

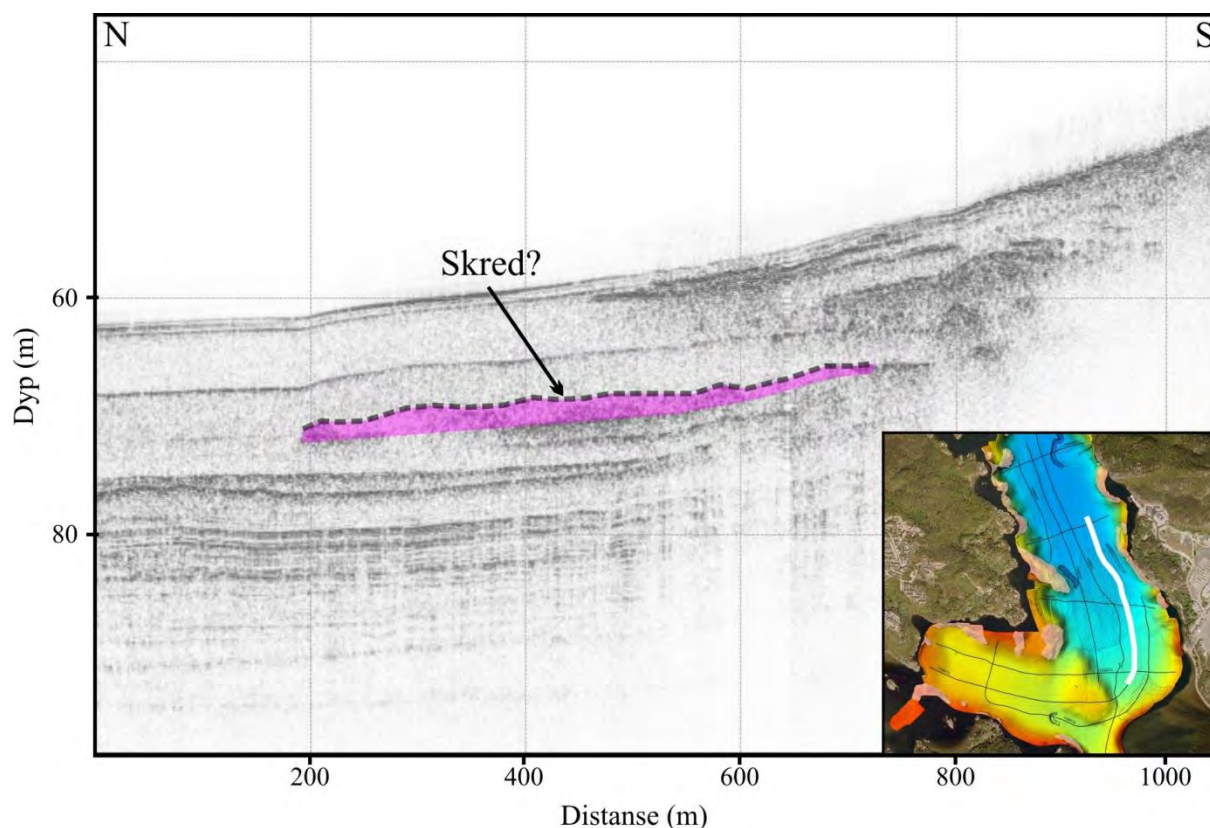
Foruten relativt høy reflektivitet som representerer berggrunnen, så viser backscatter-dataene (Fig. 4B) hovedsakelig finkornete sedimenter i fjordbassengene. Unntaket er rundt munningen av Topdalselven hvor deltaskråningen viser en høyere reflektivitet som trolig skyldes grovere sedimenter. Grabbprøver (P1106011-13, Tabell 1) fra skråningen består av silt og sand og bekrefter dette. Kornstørrelsen minsker med økende avstand fra munningen.

En rekke markerte pockmarks er også synlige, den lengste er 440 m lang. De fleste ligger i det dypeste bassenget i den sørlige delen av området ved Eidebukta og Hånestangen. Formen varierer fra runde/ovale til langsgående (Fig. 11). Største registrerte sedimentmektighet er i underkant av 70 m basert på seismiske data.

En skålformet skråning som ligger ved Jærnes representerer muligens en skredgrop, men det er ikke funnet avsetninger som kan verifisere dette. I bassenget utenfor Jærnes er det registrert en mulig skredavsetning på seismikken (Fig. 12). Skredavsetningen heller fra sør mot nord, noe som indikerer at skredet kom fra delta skråningen ved Topdalselva (Fig. 11 og Vedlegg 2). Videre er tre skredavsetninger registrert i tilknytting til Topdalselvdeltaet lenger sør. Avsetningene dekker et areal fra 11500 til 270 000 m<sup>2</sup>. Den største ligger i den sørvendte deltaskråningen og ut i bassenget mot sør. Avsetningene kan lett gjenkjennes på batymetridataene ved den haugete overflaten, men de er også dekket av sedimenter som indikerer at de er relativt gamle. Skred på deltaskråninger er relativt vanlige og relatert til stadig tilførsel av sediment fra elven slik at skråningen bygger seg opp og ut i en bratt vinkel, og at erosjonskanaler danner bratte skråninger som kan rase ut.



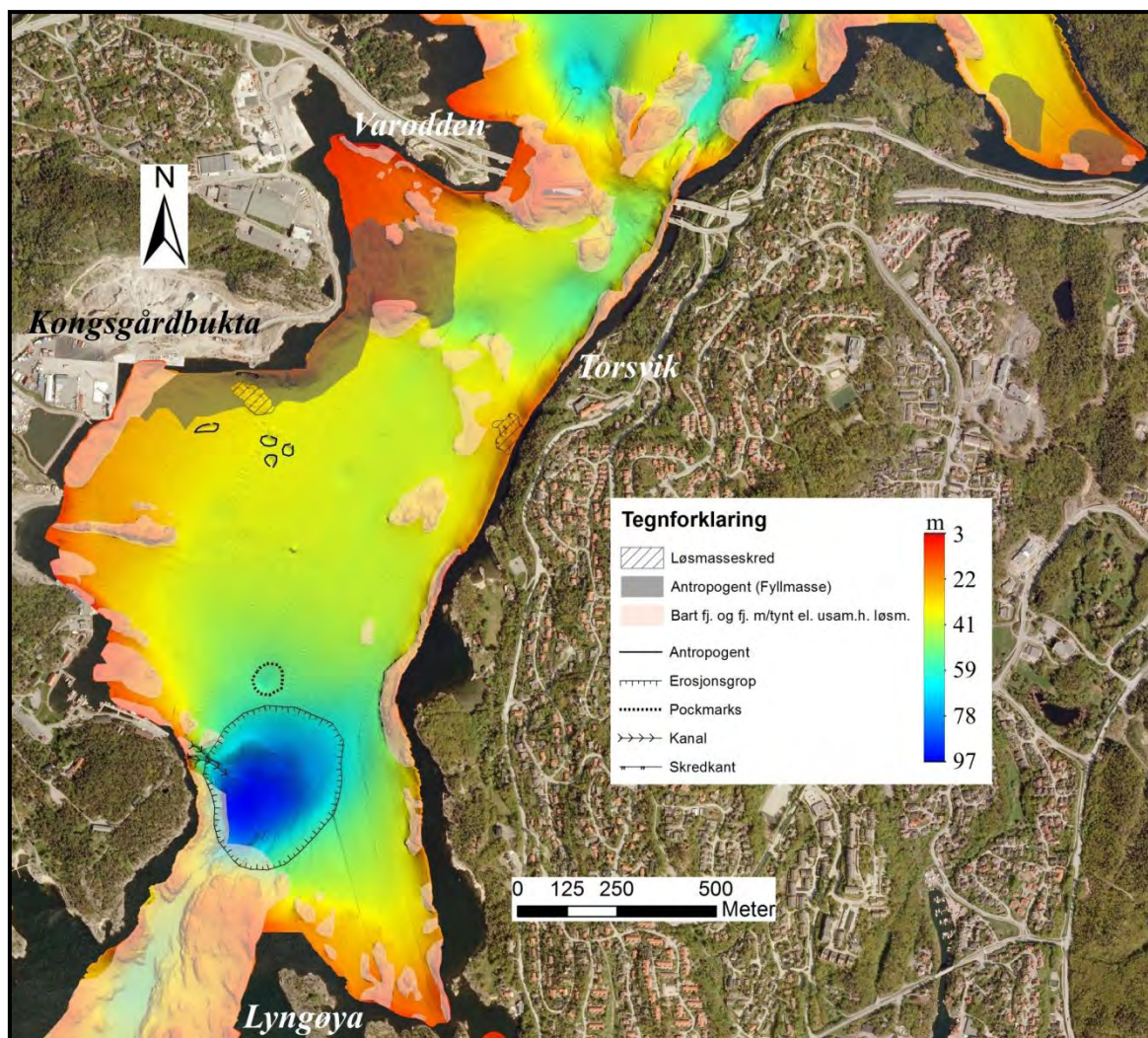
Figur 11. Batymetri og kartlagte bunnformer ved Kjevikkheia.



**Figur 12.** Seismisk linje fra Kjevik med mulige skredavsetninger avmerket. Posisjonen til den seismiske linjen er avmerket på indeks kartet med hvitt. Den store skredavsetningen merket med skravering på kartet tilsvarer avsetningen øst for Jærnes i Figur 11.

### 5.3 Varodden-Lyngøya (3)

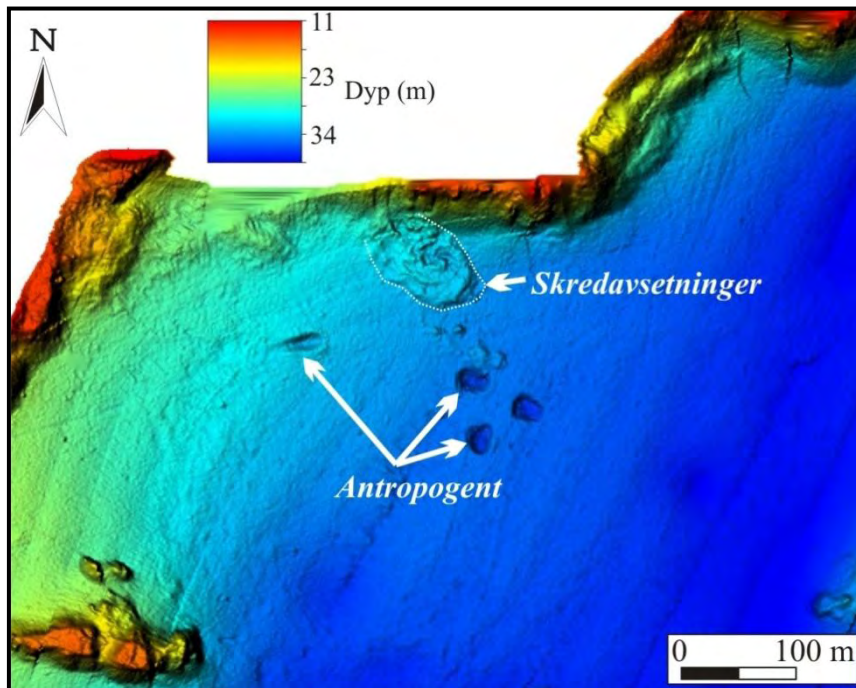
Området mellom Varodden og Lyngøya er kjennetegnet av to smale sund med et større, mellomliggende basseng (Fig. 13 og Vedlegg 3). Største vandyp registrert er 97 m ved erosjonsgropen i sør. Sedimentmektigheten er størst i bassenget mellom sundene med en tykkelse på nesten 60 m. Bunnen i sundet ved Varodden og sundet rett nord for Lyngøya består av berggrunn med eller uten et tynt løsmassedecke over. En grabbprøve fra det sørlige sundet (P1106009) viser skjellsand med enkelte steiner og leire (Tab. 1), noe som indikerer at det er sterk strøm i sundene slik at det fineste materialet er vasket vekk. Havbunnen i bassenget imellom sundene består av leire (P1106010, Tab. 1). Langs strandlinjen stikker det fjell opp flere steder, mens området Kongsgårdbukta-Varodden er preget av fyllmasser (Vedlegg 3).



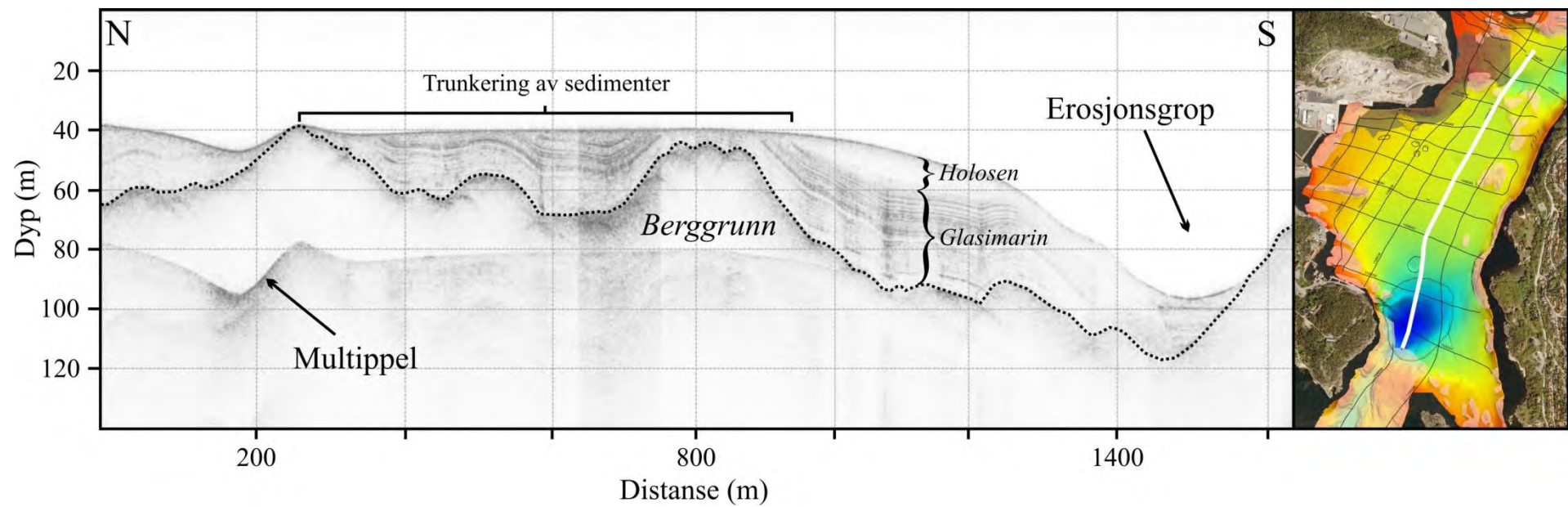
**Figur 13.** Batymetri og kartlagte bunnformer ved området Varødden-Lyngøya.

Et mindre skred er registrert i Kongsgårdbukta. Skredmaterialet består trolig av fyllmasser fra utbygging av infrastruktur i området (Fig. 14). På østsiden av bassenget rett sør for Torsvik (fergested) er det registrert et mindre område med flere blokker opptil 2 m høye og 15 m lange som ligger ved foten av skråningen/fjordsiden. Glidespor langs bunnen kan sees på landsiden av enkelte av blokkene. Blokkene representerer enten utglidde blokker fra fjellskrenten ved strandsonen eller dumpet antropogent materiale fra land. En erosjonsgrop ligger i sør der hvor bassenget smalner inn mot sundet ved Lyngøya (Fig. 13). Bunnen av gropen er på nesten 100 m vanddyb, den er 400 m lang og 350 m bred. De sørlige delene av gropen er erodert til fjell, mens resten av den ligger mot løsmassene (Fig. 15). Den sterke strømmen i sundet er et resultat av at fjorden smalner inn ved denne lokaliteten. Seismikkprofilene viser at flere meter med bunnsedimenter er erodert i området (Fig. 15). Dette indikerer at det er/har vært sterk strøm og erosjon i bassengene mellom sundene også.





**Figur 14.** Skredavsetninger (hvit stiplet linje) ved Kongsgårdbukta. Skredet har gått i utfyllingsmasser.



**Figur 15.** Seismikklinje fra Varodden-Lyngøya med en erosjonsgrop avmerket (berggrunnen er avmerket med stiplet linje). Legg merke til de seismiske refleksjonene som er kuttet ved havbunnen (250-950 m). Posisjonen til seismikklinjen er avmerket på indeks kartet med hvitt.

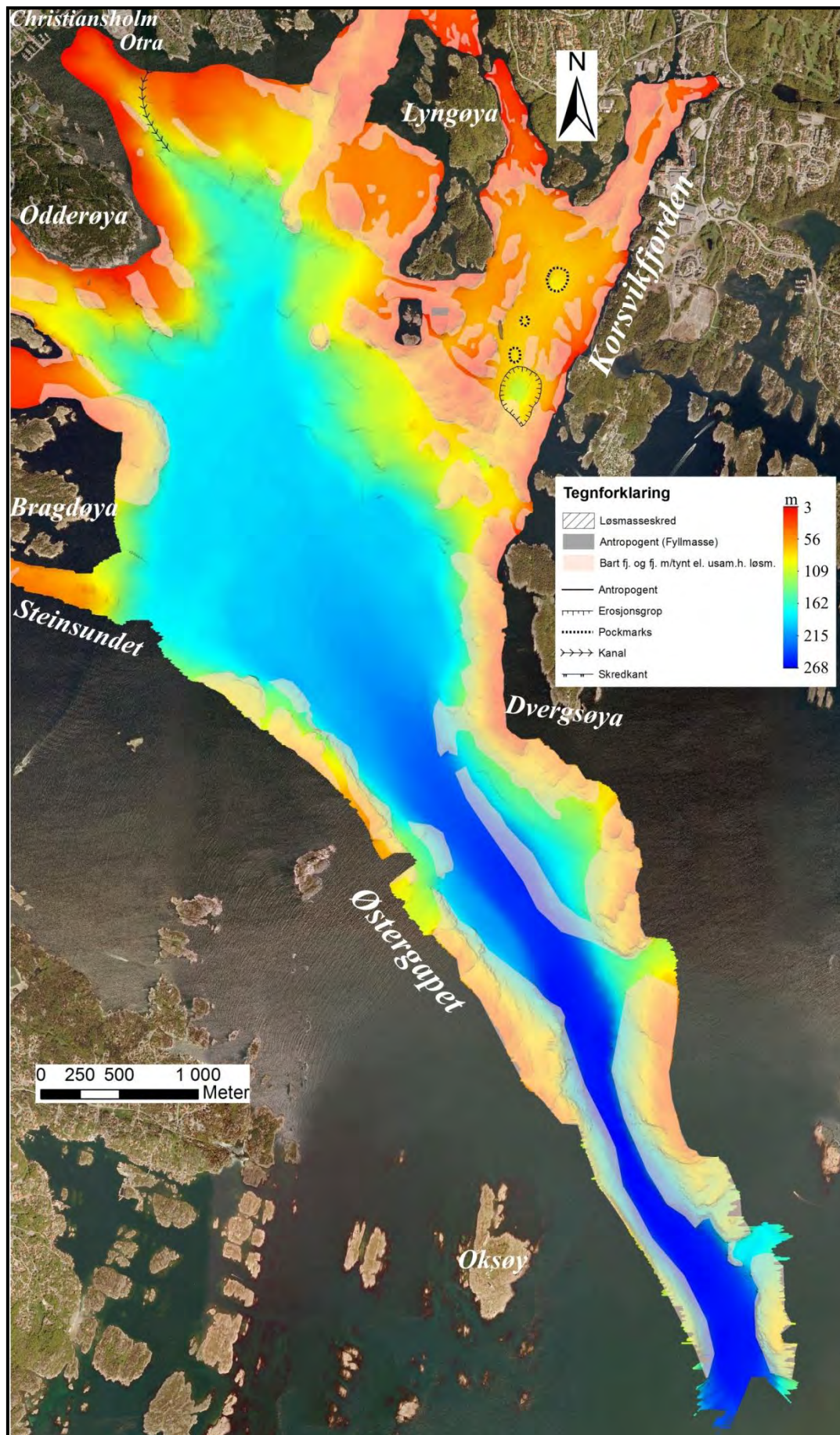
#### 5.4 Østergapet (4)

Området mellom Lyngøya og ytterste del av Østergapet er kjennetegnet av en jevnt hellende havbunn mot sørøst (Fig. 16 og Vedlegg 4). Største registrerte vanndyp er 267 m ytterst i Østergapet. Fjordsidene består av fjell og det er mange små skjær og øyer i området. På land er det for det meste kartlagt bart fjell med noe antropogent materiale (spesielt innerst i Korsvikfjorden) (Follestad & Fredin, in press). Backscatterdataene viser en relativt høy refleksivitet mot fjordsidene og grunne områder, mens den er lav i de dypere områdene. Grabbprøver fra den flate bunnen i de dypeste områdene består hovedsakelig av leire (P1106006-008, Tabell 1). I Korsvikfjorden er det registrert i overkant av 30 m med sedimenter.

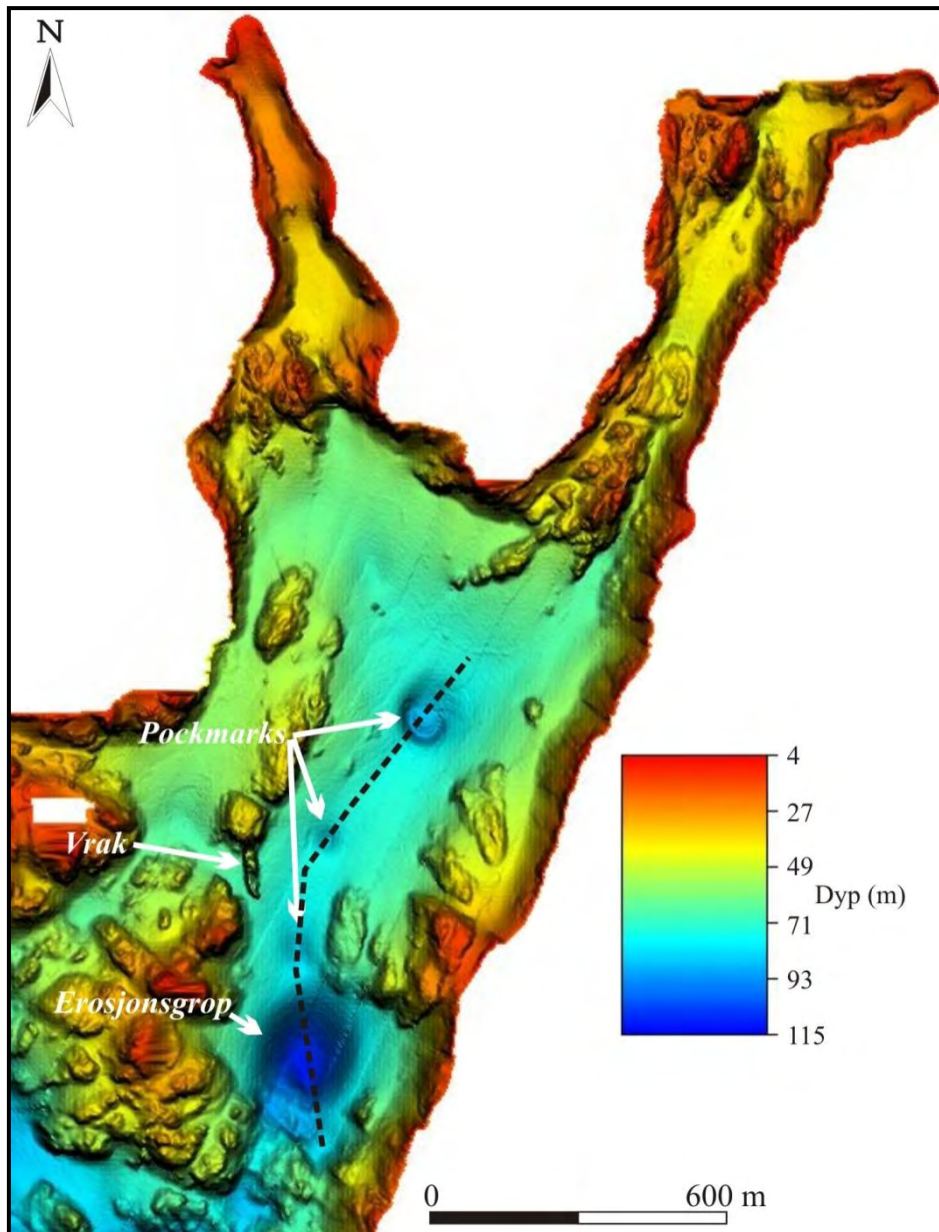
En erosjonsgrop ligger mellom oppstikkende berggrunn i Korsvikfjorden. Den er 250 m bred og nesten 30 m dyp (Fig. 17 og 18). Den sørlige delen av gropen består av fjell. Det er også registrert tre pockmarks i Korsvikfjorden (Fig. 17). De er sirkulære i form, 50 til 125 m brede og 3 til 13 m dype (Fig. 18). De ligger i tilknytning til forsenkninger i den underliggende berggrunnen på samme måte som pockmarkene i Ålefjærfjorden og ved Kjevik.

Vraket av MS "Seattle" som ble senket under andre verdenskrig er også godt synlig på batymetridataene (Fig. 17). Den nordlige delen av skipet ligger opp mot en berggrunnsrygg på ca 27 m, slik at hele vraket heller mot sør ned til ca 70 m dyp.

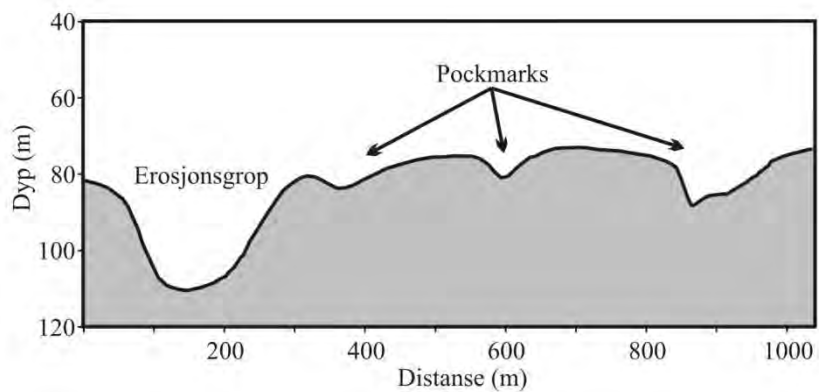
Ved utløpet av Otra nært Christiansholm ligger det en kanalform som svinger i en bue fra munningen og sørøstover. Berggrunn stikker opp på begge sider av denne i de nedre deler. Det er få refleksjoner synlig på seismikken fra skråningen rett utenfor munningen, og en sedimentmektighet på rundt 30 m er registret, men den kan være større. En grabbprøve fra området (P1106018, Tabell 1) inneholdt kun gytje som trolig er nedbrutt organisk materiale fraktet ut i fjorden av elven.



Figur 16. Batymetri og kartlagte bunnformer ved området Lyngøya-Østergapet.



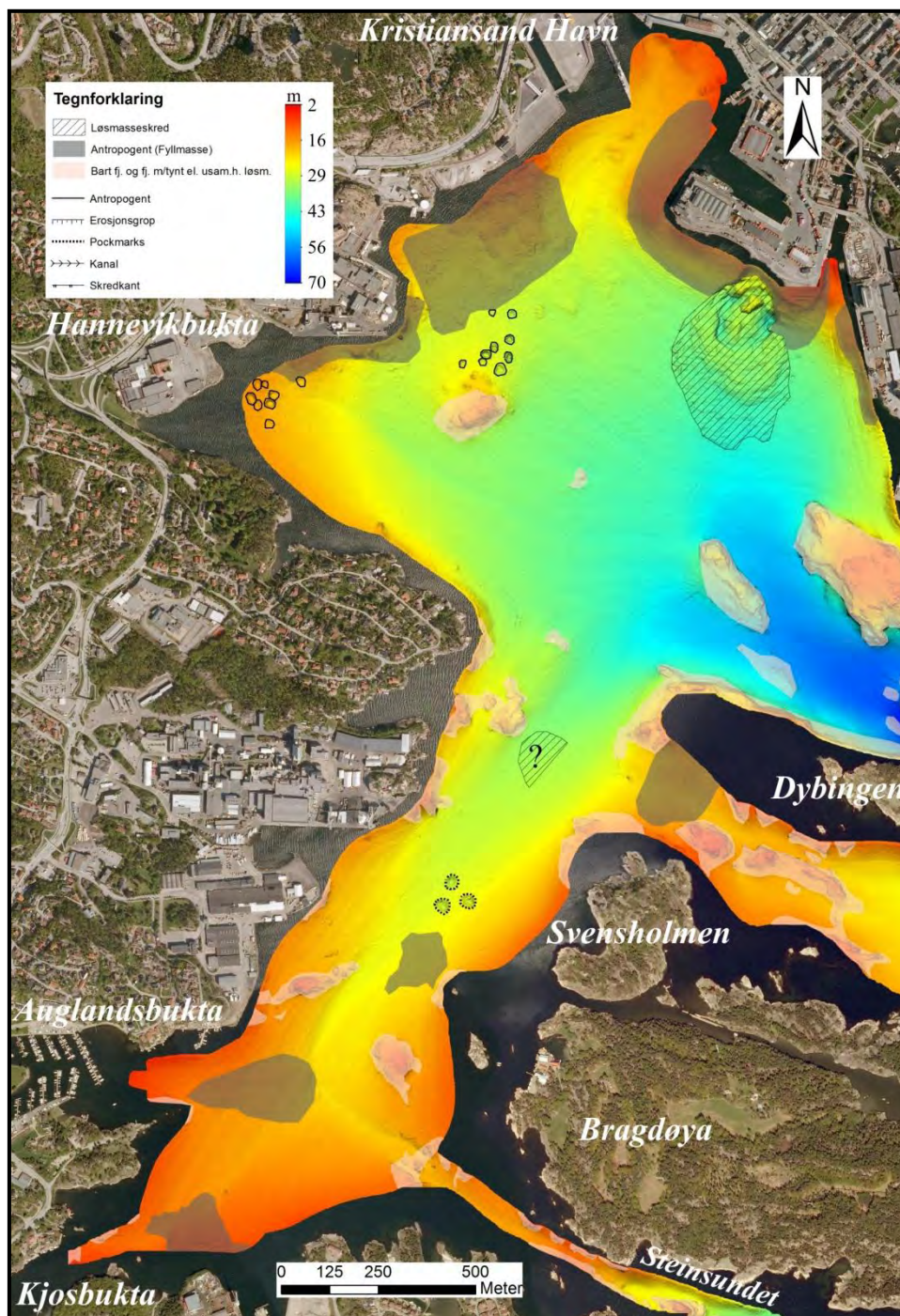
**Figur 17.** Nærbilde av batymetri i Korsvikfjorden (nordlige del av kart i Fig. 16). Vraket som er avmerket er MS 'Seattle' som ble senket under 2 verdenskrig. Stiplet linje angir posisjonen for tverrprofilet i Figur 18.



**Figur 18.** Profil over erosjonsgrøp og pockmarks i Korsvikfjorden. Posisjonen til profilet er angitt i Figur 17.

## 5.5 Kristiansand (5)

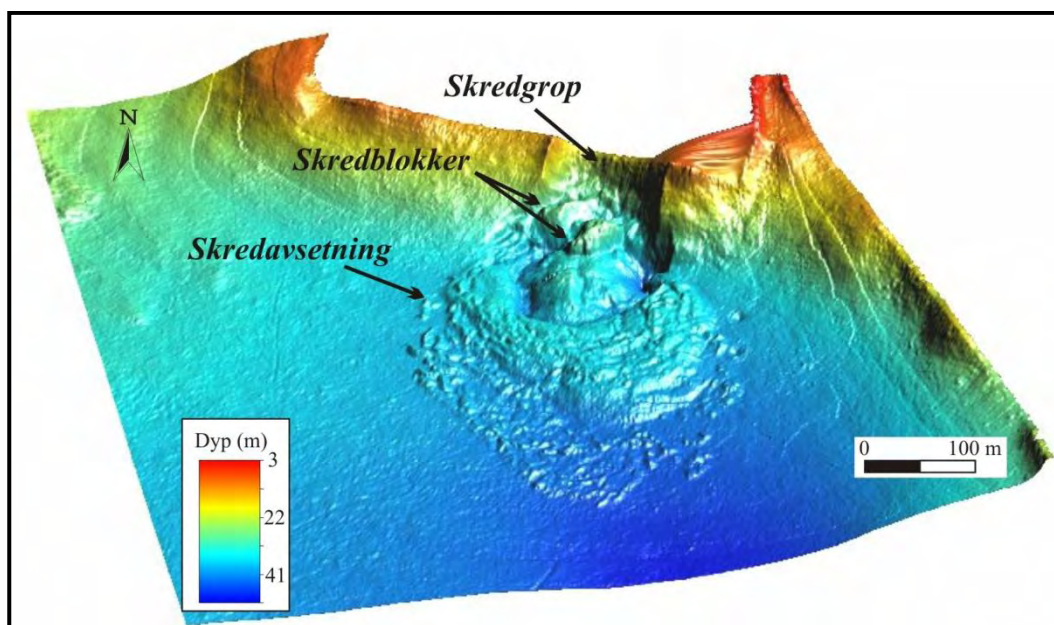
Området mellom Kristiansand havn og Auglandsbukta/Bragdøya (Fig. 19 og Vedlegg 5) er kjennetegnet av mye infrastruktur langs strandkanten, blottet fjell, utfyllinger og mudring. Det ligger flere mindre bukter i området, og mot øst er det flere gjennomgående sund mot Østergapet (eks. nord og sør for Bragdøya). Vanddyppet i havnebassenget ligger mellom 25 og 40 m og øker mot Østergapet, mens det blir grunnere mot Auglandsbukta, typisk 15-30 m. Største sediment mektighet som er registrert er 40 m.



Figur 19. Batymetri og kartlagte bunnformer ved området Kristiansand havn og Auglandsbukta/Bragdøya.

På land er det for det meste fjell og antropogent materiale ved strandsonen. Unntaket er innerst i Kjosbukta og deler av Auglandsbukta hvor det er registrert hav- og fjordavsetninger samt strandavsetninger. En grabb prøve fra Auglandsbukta inneholdt gytje over leire (P1106002, Tabell 1). Det er spor av dumpet materiale flere steder, bl.a. ved Auglandsbukta, Dybingen og inne i selve havnebassenget.

Et undersjøisk skred gikk i utfyllingsmasser ved Lagmannsholmen i Kristiansand Havn den 11. april, 2008 ca. kl 1400 (Fig. 20). Skredet er ca. 480 m langt, 330 m bredt og skredavsetningene dekker et areal på 97 000 m<sup>2</sup>. Morfologien på skredgropen og skredmaterialet indikerer at det har gått et initialras hvor mesteparten av skredmaterialet ble løst ut, fulgt av ett eller to etterskred indikert med større blokker/skredmateriale som ligger 'inntakt' inne i selve skredgropen. Skredmaterialet har sklidd ut over finkornige materiale i bassenget. Et mulig skred er registrert på seismikken vest for Svenskholmen som en sone med undulerende øvre grense og transparent indre refleksjonsmønster (Fig. 9B). Det er ikke mulig å identifisere løsneområdet, men avsetningene ligger inni enheten tolket som glasimarin (se kapittel 6) og er trolig mer enn 10000 år gammelt.



**Figur 20.** Skred ved Lagmannsholmen i Kristiansand havn sett i 3D. Legg merke til blokkene inni selve skredgropen.

Tre pockmarks er kartlagt i fjorden vest for Svenskholmen (Fig. 19, Vedlegg 5). De er sirkulære og 20-25 m brede og 2-4 m dype. Alle 3 har forhøyninger på siden av selve

pockmarken (levéer). På seismikken kan man se at refleksjonene er "visket" ut under selve pockmarken (Eks. Fig. 9A).

Seismikken viser trunkering av refleksjoner (se Fig. 9) i det sørlige fjordbassenget. Flere steder ligger glasimarine avseneringer ved havbunnen, og de overliggende Holocene avsetningene må være erodert bort. En mest sannsynlig årsak for dette er strømerosjon. Sundene rundt Bragdøya og Dybingen er trolig gjenstand for strømmer sterke nok til å erodere havbunnen inne i bassengene. I tillegg er tilførsel av sedimenter i disse bassengene trolig relativt liten slik at erosjonen overgår sedimentasjonen.

## **7. OPPSUMMERING/KONKLUSJON**

Ved hjelp av batymetriske og seismiske data er havbunnen fra innerst i Topdalsfjorden til ytterst i Østergapet kartlagt. Disse dataene er videre sammenstilt med kvartærgeologiske kartdata fra land. Dataene viser at havbunnen i stor grad er dominert av fjell langs fjordsidene, noe som reflekteres av at mye av strandsonen på land også består av fjell. Videre er det en del fyllmasser i området, spesielt i de mer tettbygde delene av området. Fjordbassengene er relativt finkornige, mens det er registret grovere sedimenter ved Topdalselvas utløp og i de smalere sundene.

Flere store pockmarks er registrert, spesielt i Ålefjærfjorden. De er opptil 500 m lange og 12 m dype. De virker å være relatert til væske- og/eller gassutstrømning fra løsmassene eller forkastninger i berggrunnen som opptrer som svakhetssoner og 'kanaler' for disse. Grunnvannstrømmer gjennom leire kan føre til dannelsen av kvikkleire soner i sedimentene.

De fleste skredene av nyere dato som er registrert har gått i utfyllingsmasser i strandsonen. I tillegg er det registrert undersjøiske skred ved Topdalelvens utløp. Det er også registrert eldre skred på seismiske data fra Ålefjærfjorden og ved Kristiansand havn. Siden mye av strandsonen og fjordsidene består av fjell, er det liten sannsynlighet for skred i disse områdene. Likevel er det viktig å utvise varsomhet ved utfylling i strandsonen, både fordi det kan føre til skred i underliggende sedimenter, men også fordi skred kan utløses i utfyllingsmassene selv.

To større erosjonsgroper, 250 m brede og 20 m dype, er registrert i Korsvikfjorden og ved Lyngøya. De er trolig dannet pga. at en avsmalning av fjorden ved sundene på disse lokalitetene øker strømhastigheten og dermed erosjonen.



Seismikkdataene viser også en kraftig erosjon i bassengene sør for Varodden og mellom Kjosbukta og Kristiansand havn. Dette skyldes trolig en kombinasjon av relativt stor strømhastighet og liten tilførsel av sedimenter.

## 8. REFERANSER

- Anundsen, K. 1985: Changes in shore-level and ice-front position in Late Weichsel and Holocene, southern Norway. *Norsk Geografisk Tidsskrift* 39, s. 205-225.
- Eilertsen, R. & Hansen, L. 2008: Morphology of river bed scours on a delta plain revealed by interferometric sonar. *Geomorphology* 94, s. 58-68.
- Follestad, B.A. & Fredin, O. in press: Kristiansand, kvartærgeologisk kart M 1:50 000. Norges Geologiske Undersøkelse.
- Hansen, L., L'Heureux, J.S., Solberg, I.L., Longva, O. 2012: Forebyggende kartlegging mot skred i strandsonen i Norge. Oppsummering av erfaring og anbefalinger. *NGU rapport 2012.046*.
- Hovland, M. & Judd, A.G. 1988: Seabed Pockmarks and Seepages. Graham and Trotman, London, 293 pp.
- Møller, J.J. 1987: Shoreline relation and prehistoric settlement in northern Norway. *Norsk Geografisk Tidsskrift* 41, 45-60.
- Møller, J.J. 1989: Geometric simulation and mapping of Holocene relative sea-level changes in northern Norway. *Journal of Coastal Research* 5, 403-417.

[www/ngu.no](http://www/ngu.no)

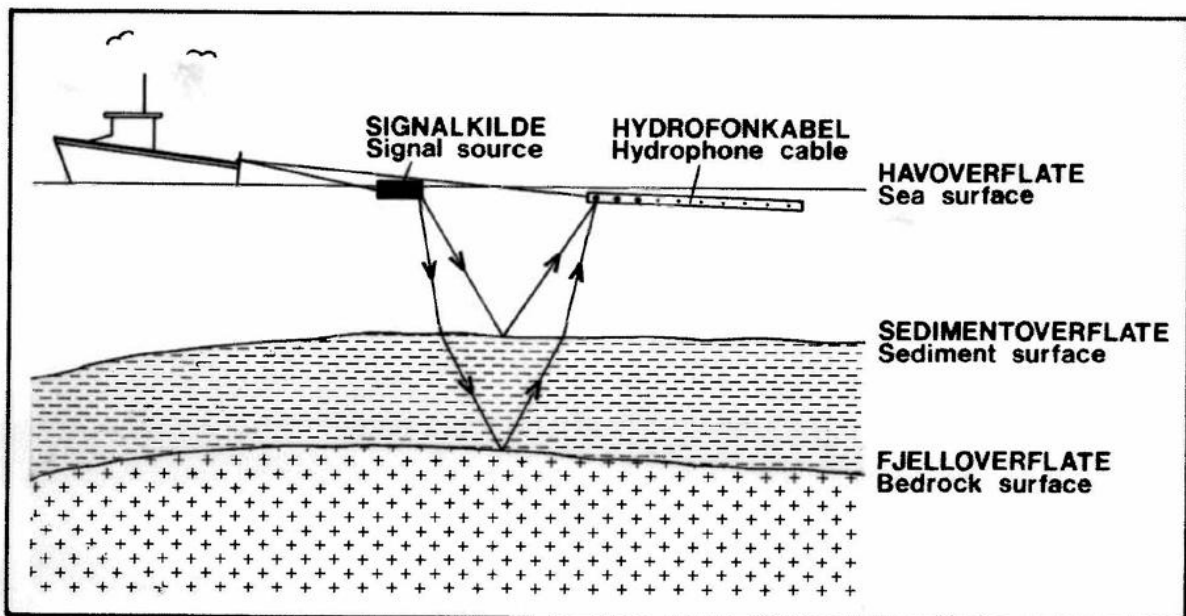
[www/skrednett.no](http://www/skrednett.no)

## TEKSTBILAG 1

### REFLEKSJONSSEISMISKE MÅLINGER

Ved den refleksjonsseismiske målemetoden sendes en seismisk bølge (lydpuls) ut fra ett punkt, og mottas i et annet punkt.

I praksis skjer dette ved at det sendes lydsignaler ut fra en signalkilde. Lyden vil forplante seg i det mediet den sendes ut i, for så å reflekteres ved overgangen til et annet medium. Mottak av det reflekterte signalet skjer ved hjelp av en hydrofonkabel (lyttekabel).



Ved refleksjonsseismiske målinger registreres den utsendte lydimpulsens "to-veis gangtid". Dette er tiden lydimpulsen bruker på å forplante seg fra lydkilden, ned til en reflekterende horisont, og derfra tilbake til hydrofonkabelen. De reflekterende horisontene representerer grenseflater mellom medier med forskjell i tetthet og seismisk lydshastighet. Eksempel på slike grenseflater er overgangen mellom vann/sediment og overgangen sediment/fast fjell.

Dersom en kjenner den seismiske lydshastigheten for et lag, kan en ved å måle tiden fra utsendelse til mottak av en lydimpuls finne lagets mektighet (tykkelse).

Beregningseksempel:

Lydhastighet for laget:	1600 m/s (meter/sekund)
Målt to-veis gangtid :	100 ms (millisekund) = 0.1 s
Lagets mektighet :	$1600 \text{ m/s} \times 0.1 \text{ s} / 2 = 80 \text{ m}$

Vanlige seismiske lydhastigheter for sedimenter i sjøen vil være:

Vann	:	1500 m/s
Leire	:	1500-1800 m/s
Sand/grus	:	1500-1700 m/s
Morene	:	1500-2800 m/s
Fjell	:	3500-6000 m/s

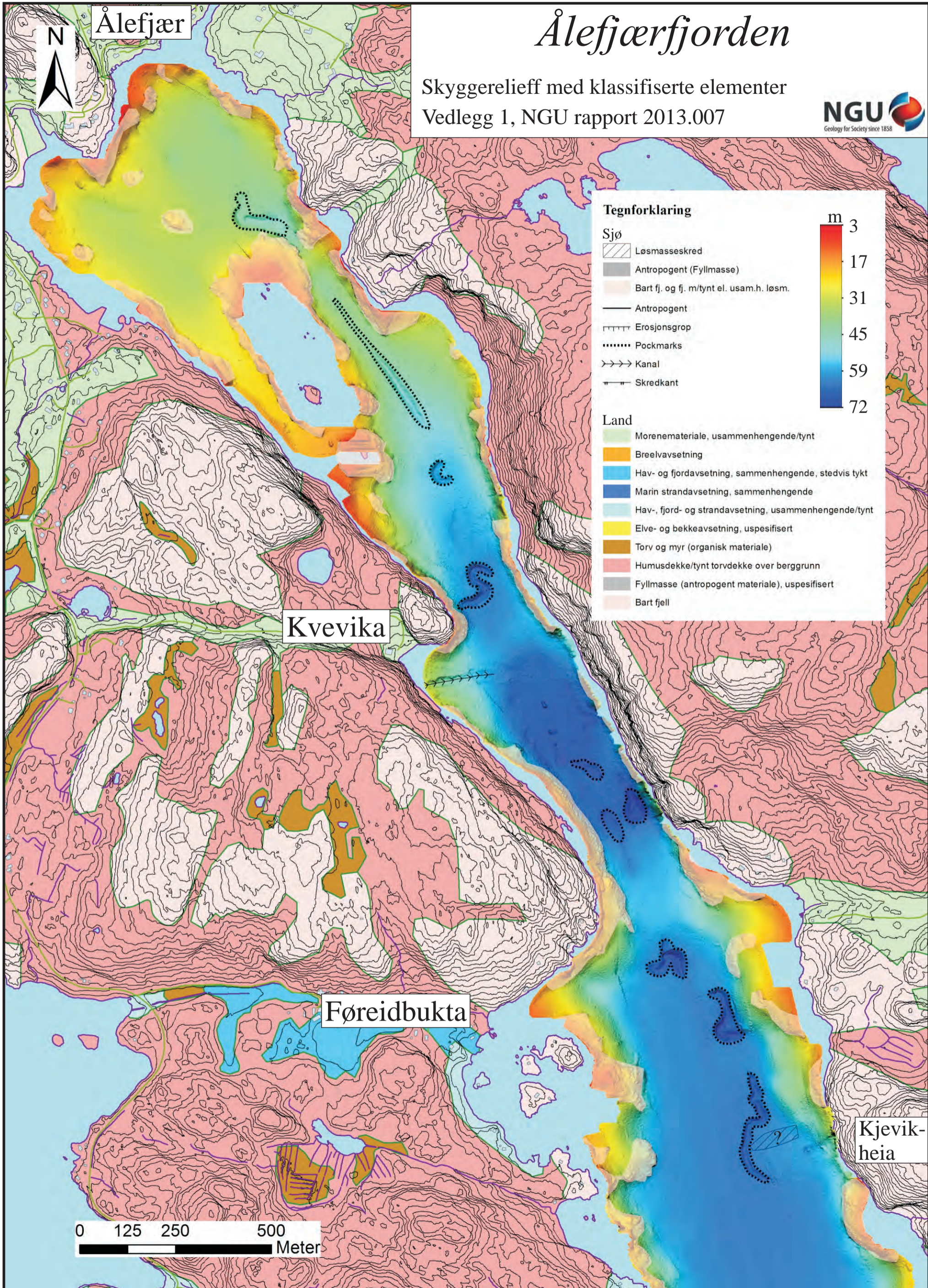
Penetrasjonsevnen til lydimpulsen (evnen til å trenge ned i løsmasser/bergarter) vil være avhengig av type signalkilde, men også av geologiske forhold. Lydimpulsen vil generelt forplante seg lett gjennom silt- og leirholdige sedimenter, selv om disse kan inneholde en del sand og grus. En større del av energien vil derimot reflekteres fra overflaten av morene og godt sortert sand og grus, f.eks. skjellsand.

Den vertikale oppløsningen (detaljeringsgraden) vil hovedsakelig avhenge av type signalkilde. Seismiske signalkilder som Geopulse, Topas, Boomer, Elma, Sparker, Luftkanon og Sleevegun gir registreringer med vertikal oppløsning på 1-20 ms, alt etter signalkilde.

Den refleksjonsseismiske metoden kan gi en del uønskede reflektorer, som kan være vanskelige å skille fra reelle reflektorer. De viktigste av disse er multipler og sideekko.

Multipler: Noe av energien fra en lydbølge som er reflektert til havoverflaten vil bli reflektert ned igjen fra grenseflaten hav/luft. Lydbølgen vil dermed gå en, eller normalt flere ganger ned til underliggende grenseflater, for så å bli reflektert til overflaten og bli registrert på nytt. På de seismiske profilene vil dette bli tegnet ut som nye horisonter mot økende dyp. Disse "falske" horisontene kalles multipler. I mange tilfeller vil det være vanskelig å identifisere geologiske grenseflater under 1. multippel.

Sideekko: Sideekko eller siderefleksjoner oppstår fordi lydbølger etter utsending sprer seg i alle retninger i stedet for ideelt sett bare å gå loddrett ned. I smale og dype fjorder kan lyden bli reflektert fra fjordsidene og forårsake uønskede, "falske" reflektorer. Det samme kan skje ved svært kuperte bunnforhold. Slike "falske" reflektorer kan dels skygge helt over, og dels være vanskelig å skille fra reelle reflektorer.



# Ålefjærfjorden

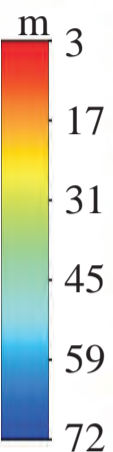
Skyggerelieff med klassifiserte elementer  
 Vedlegg 1, NGU rapport 2013.007



### Tegnforklaring

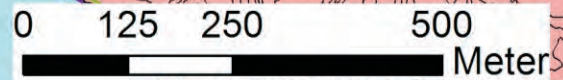
#### Sjø

- Løsmasseskred
- Antropogent (Fyllmasse)
- Bart fj. og fj. m/tynt el. usam.h. løsm.
- Antropogent
- Erosjonsgrop
- Pockmarks
- Kanal
- Skredkant



#### Land

- Morenemateriale, usammenhengende/tynt
- Breelvavsetning
- Hav- og fjordavsetning, sammenhengende, stedvis tykt
- Marin strandavsetning, sammenhengende
- Hav-, fjord- og strandavsetning, usammenhengende/tynt
- Elve- og bekkeavsetning, uspesifisert
- Torv og myr (organisk materiale)
- Humusdekke/tynt torvdekke over berggrunn
- Fyllmasse (antropogent materiale), uspesifisert
- Bart fjell



# Kjevik

Skyggerelieff med klassifiserte elementer

Vedlegg 2, NGU rapport 2013.007



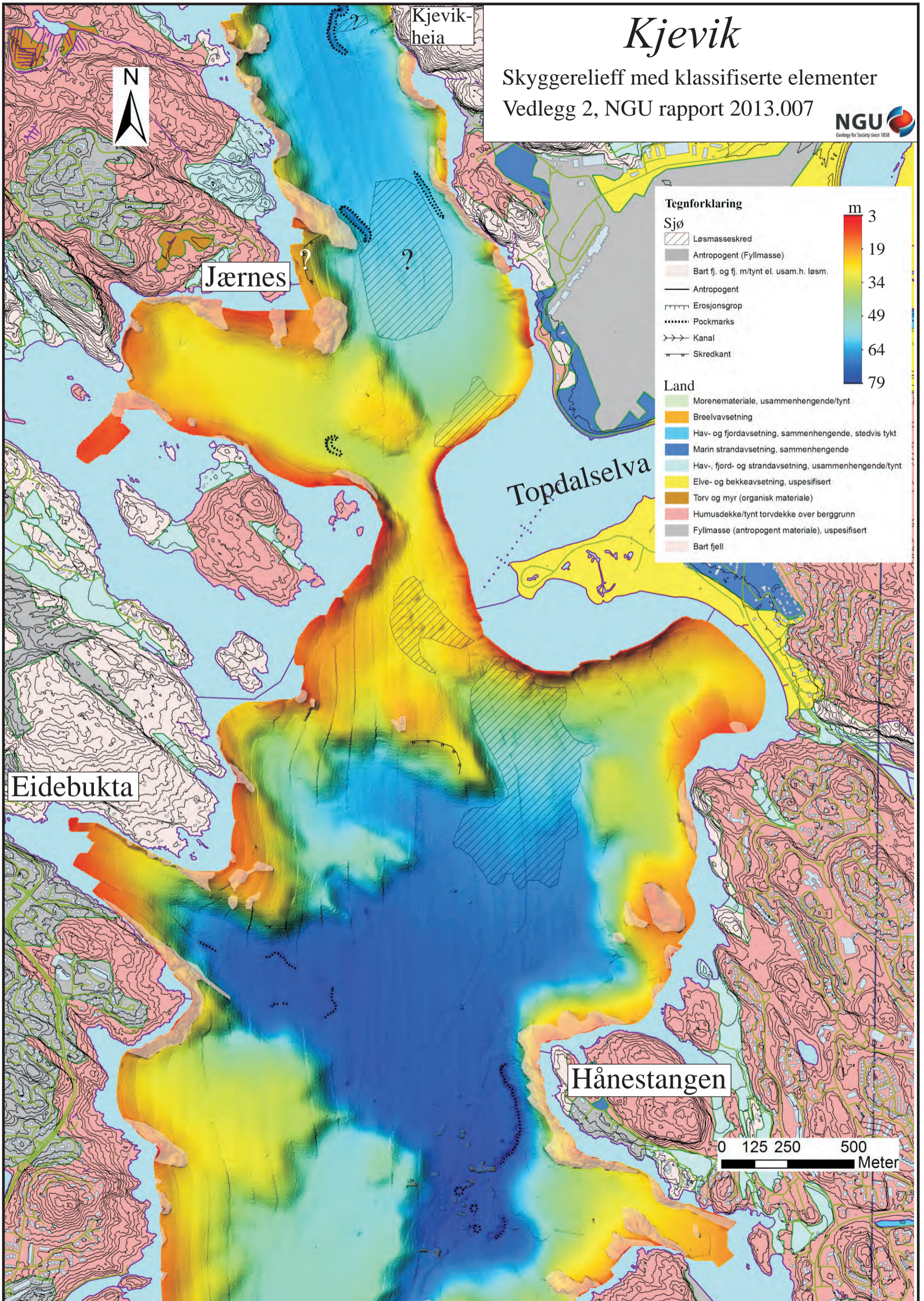
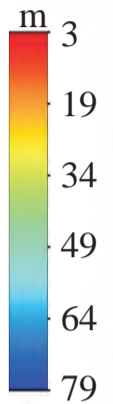
## Tegnforklaring

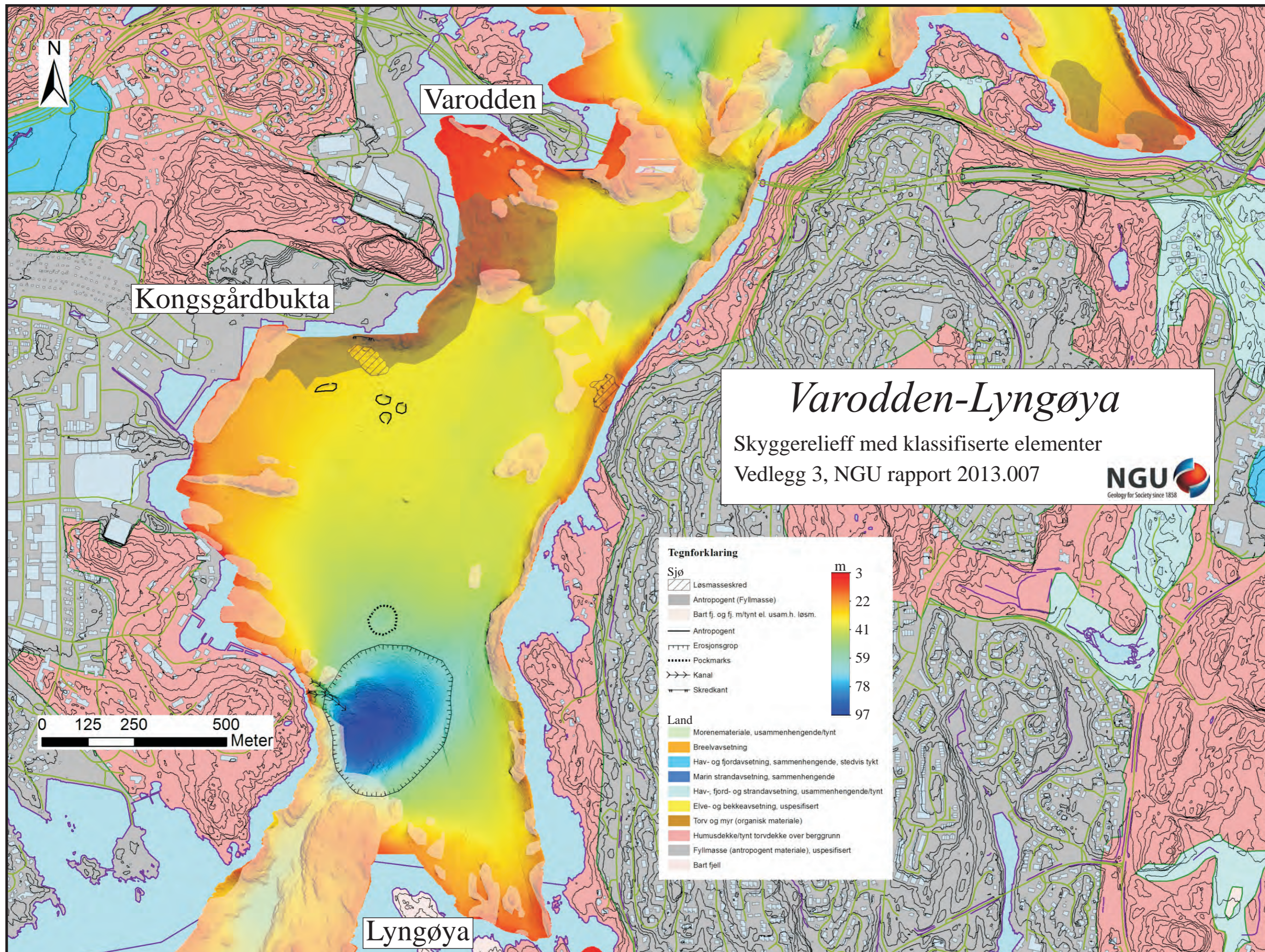
### Sjø

- Løsmasseskred
- Antropogent (Fyllmasse)
- Bart fj. og fj. m/tynt el. usam.h. løsm.
- Antropogent
- Erosjonsgrop
- Pockmarks
- Kanal
- Skredkant

### Land

- Morenemateriale, usammenhengende/tynt
- Breelavsetning
- Hav- og fjordavsetning, sammenhengende, stedvis tykt
- Marin strandavsetning, sammenhengende
- Hav-, fjord- og strandavsetning, usammenhengende/tynt
- Elve- og bekkeavsetning, uspesifisert
- Torv og myr (organisk materiale)
- Humusdekke/tynt torvdekke over berggrunn
- Fyllmasse (antropogent materiale), uspesifisert
- Bart fjell





Varodden

Kongsgårdbukta

# Varodden-Lyngøya

Skyggerelieff med klassifiserte elementer

Vedlegg 3, NGU rapport 2013.007



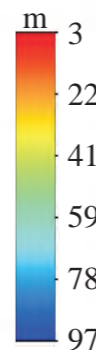
## Tegnforklaring

### Sjø

- Løsmasseskred
- Antropogent (Fyllmasse)
- Bart fj. og fj. m/tynt el. usam.h. løsm.
- Antropogent
- Erosjonsgrop
- Pockmarks
- Kanal
- Skredkant

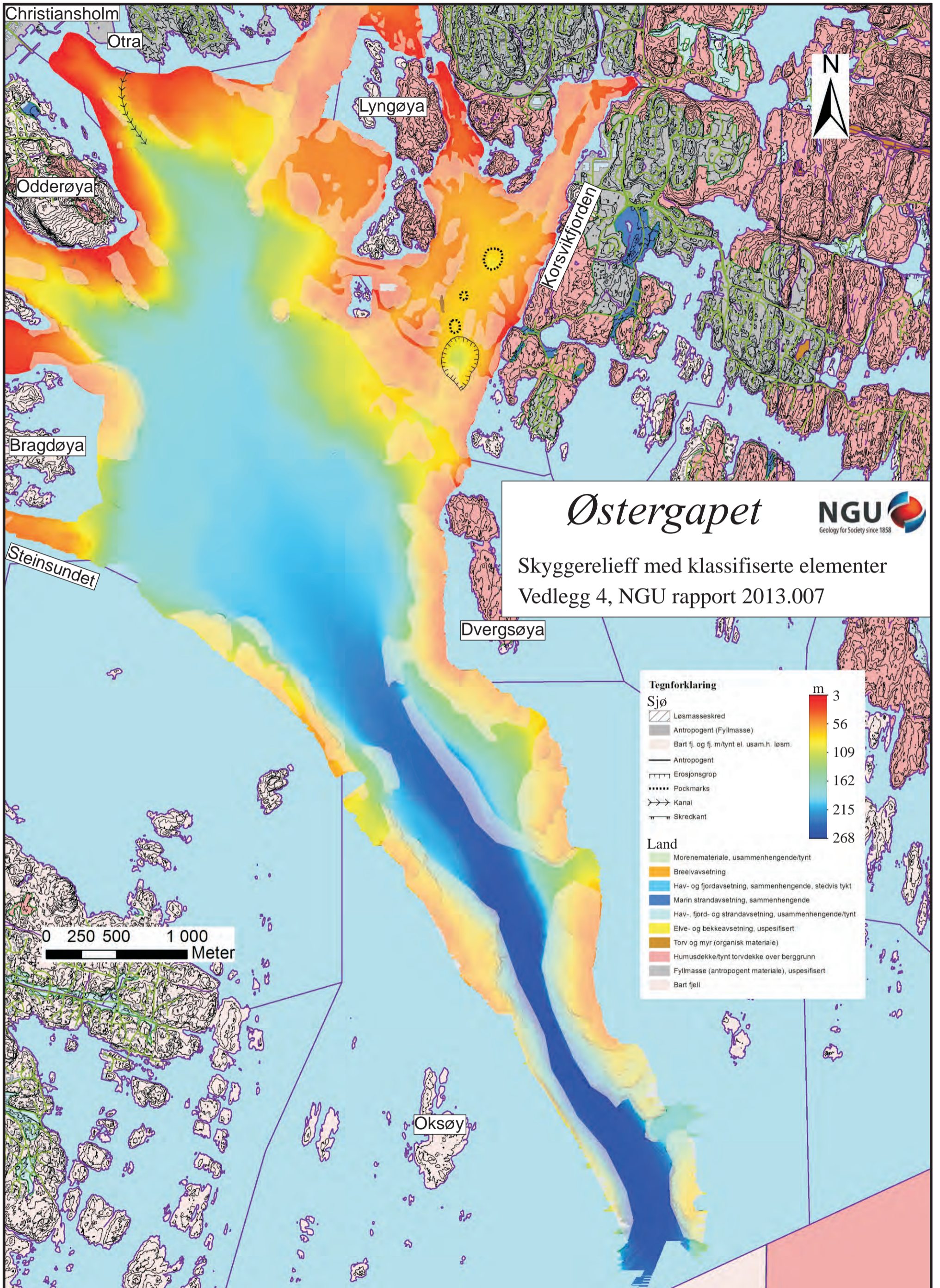
### Land

- Morenemateriale, usammenhengende/tynt
- Breeilvsetning
- Hav- og fjordavsetning, sammenhengende, stedvis tykt
- Marin strandavsetning, sammenhengende
- Hav-, fjord- og strandavsetning, usammenhengende/tynt
- Elve- og bekkeavsetning, uspesifisert
- Torv og myr (organisk materiale)
- Humusdekke/tynt torvdekke over berggrunn
- Fyllmasse (antropogent materiale), uspesifisert
- Bart fjell



0 125 250 500  
Meter

Lyngøya



# Østergapet



Skyggerelieff med klassifiserte elementer  
 Vedlegg 4, NGU rapport 2013.007

**Tegnforklaring**

**Sjø**

- Løsmasseskred
- Antropogent (Fyllmasse)
- Bart fj. og fj. m/tynt el. usam.h. løsm.
- Antropogent
- Erosjonsgrøp
- Pockmarks
- Kanal
- Skredkant

**Land**

- Morenemateriale, usammenhengende/tynt
- Breeilvavsetning
- Hav- og fjordavsetning, sammenhengende, stedvis tykt
- Marin strandavsetning, sammenhengende
- Hav-, fjord- og strandavsetning, usammenhengende/tynt
- Elve- og bekkeavsetning, uspesifisert
- Torv og myr (organisk materiale)
- Humusdekke/tynt torvdekke over berggrunn
- Fyllmasse (antropogent materiale), uspesifisert
- Bart fjell

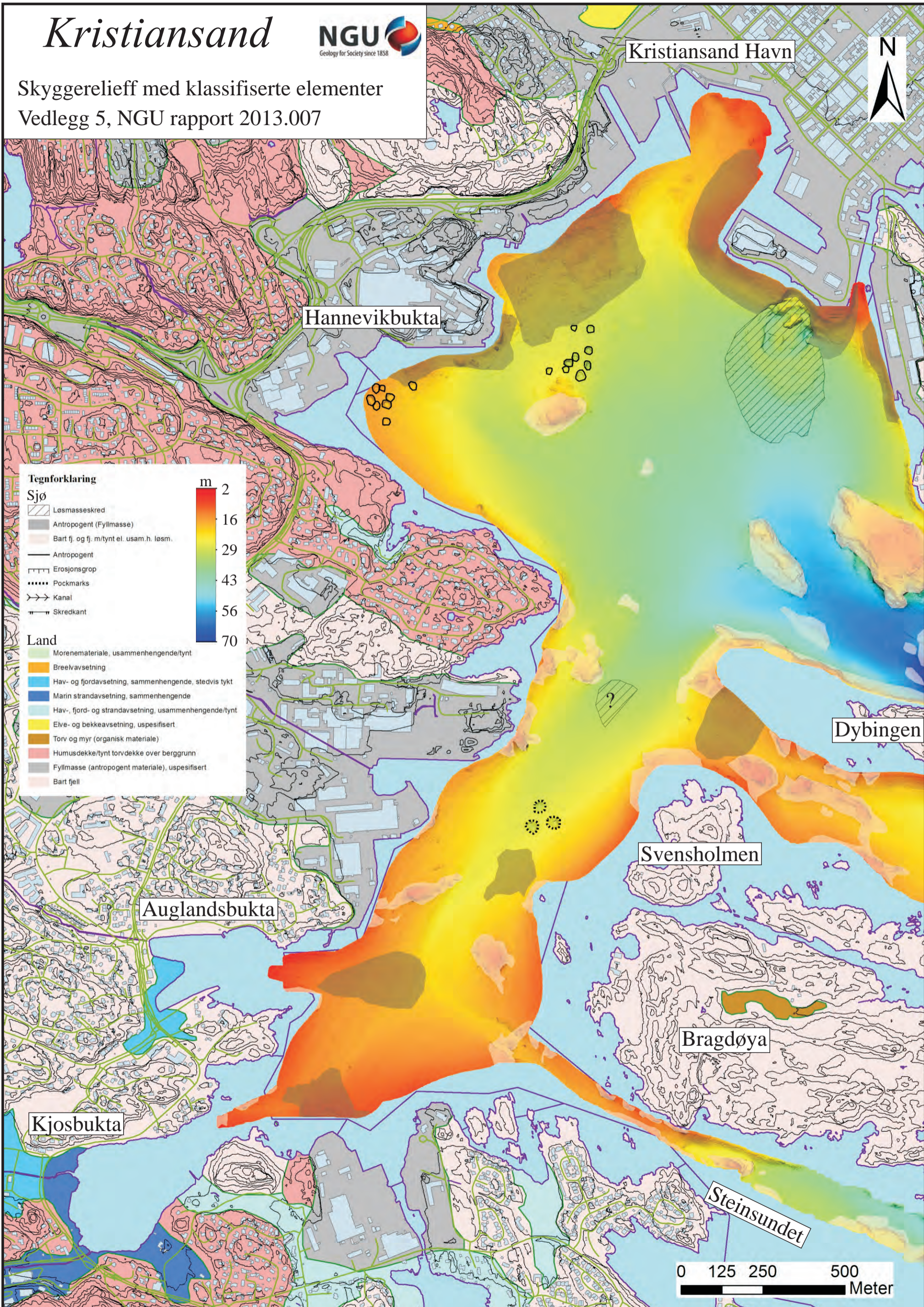
m  
 3  
 56  
 109  
 162  
 215  
 268

0 250 500 1 000  
 Meter

# Kristiansand



Skyggerelieff med klassifiserte elementer  
Vedlegg 5, NGU rapport 2013.007



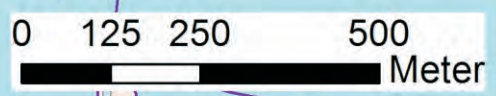
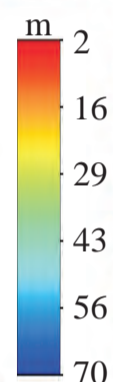
### Tegnforklaring

#### Sjø

- Løsmasseskred
- Antropogent (Fyllmasse)
- Bart fj. og fj. m/tynt el. usam.h. løsm.
- Antropogent
- Erosjonsgrøp
- Pockmarks
- Kanal
- Skredkant

#### Land

- Morenemateriale, usammenhengende/tynt
- Breevavsetning
- Hav- og fjordavsetning, sammenhengende, stedvis tykt
- Marin strandavsetning, sammenhengende
- Hav-, fjord- og strandavsetning, usammenhengende/tynt
- Elve- og bekkeavsetning, uspesifisert
- Torv og myr (organisk materiale)
- Humusdekke/tynt torvdekke over berggrunn
- Fyllmasse (antropogent materiale), uspesifisert
- Bart fjell







Norges geologiske undersøkelse  
Postboks 6315, Sluppen  
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse  
Leiv Eirikssons vei 39, 7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00  
Telefax 73 92 16 20  
E-post [ngu@ngu.no](mailto:ngu@ngu.no)  
Nettside [www.ngu.no](http://www.ngu.no)

*Geological Survey of Norway  
PO Box 6315, Sluppen  
7491 Trondheim, Norway*

*Visitor address  
Leiv Eirikssons vei 39, 7040 Trondheim*

*Tel (+ 47) 73 90 40 00  
Fax (+ 47) 73 92 16 20  
E-mail [ngu@ngu.no](mailto:ngu@ngu.no)  
Web [www.ngu.no/en-gb/](http://www.ngu.no/en-gb/)*