



GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·



Rapport nr.: 2017.039	ISSN: 1896-4877 (ISSN: 1896-4877)	Gradering: Åpen	
Tittel: Georadarundersøkelser på Kilemoen, Ringerike kommune			
Forfatter: Knut Wolden, Annina Margreth, Georgios Tassis, og Peer - Richard Neeb		Oppdragsgiver: Svelviksand AS og NGU	
Fylke: Buskerud		Kommune: Ringerike	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1815 III Hønefoss	
Forekomstens navn og koordinater: Kilemoen		Sidetall: 20	Pris: 345,-
		Kartbilag: 4	
Feltarbeid utført: Juli 2017	Rapportdato: 11.12.2017	Prosjektnr.: 337108	Ansvarlig: <i>Ulf A. Berg</i>
Sammendrag: <p>Som en del av oppdateringen av de største grusavsetningene i Ringerike kommune har Norges geologiske undersøkelse (NGU) i samarbeid med Svelviksand AS har utført georadarmålinger på deres sand- og grusforekomst på Kilemoen i Hønefoss kommune.</p> <p>Foranledningen er at man i forekomsten har identifisert områder som inneholder finkornet sand og silt. For å planlegge driften og utnyttelsen av ressursen på en best mulig måte, er det nødvendig å kartlegge områder slike masser opptrer.</p> <p>Det er målt profiler med 50 Mhz- og 100 Mhz antenner. Det er til sammen målt ni profiler i tilnærmet retning nord-sør og tre profiler i øst-vest med 50 Mhz antenne. I tillegg ett profil i retning nord-vest- sør- øst. Det er målt syv profiler i nord sør retning med 100 Mhz antenne og fire i retning øst-vest.</p> <p>Målingene gir reflektorer som indikerer en tradisjonell deltaoppbygging med horisontale reflektorer i topplaget og underliggende skråstilte lag. Målingene viser ikke klare reflektorer som kan gi en sikker avgrensning av de finkornede massene. Man har likevel ment å kunne se strukturer som kan indikere slike masser. Disse er avmerket i profiler og på kart.</p> <p>Da undersøkelsene med georadar ikke har gitt entydig svar, anbefaler NGU oppfølgende undersøkelser. Slike undersøkelser kan være sonderboringer og prøvetaking med borerigg eller graving med gravemaskin.</p>			
Emneord: Sand og grus	Byggeråstoff	Kornstørrelse	
Kvalitet	Utrekning	Mektighet	
Georadar	Driftsretning	Fagrapport	

INNHold

1. FORORD
2. KONKLUSJON
3. GEOLOGI
 - 3.1 Kwartærgeologi
 - 3.2 Berggrunnsgeologi
 - 3.3 Tidligere undersøkelser
4. GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSENE
 - 4.1 Georadarmålinger
 - 4.1.1 Resultater
 - 4.1.2 Profilbeskrivelse
 - 4.2 Prøvetaking
5. DISKUSJON
6. VIDERE ARBEID
7. REFERANSER

FIGURER

- Figur1. Oversiktskart med profilplassering
Figur2. Typisk deltautbygging
Figur 3-5 Kornfordelingskurver

TABELLER

- Tabell 1. Georadarprofiler
Tabell 2. Koordinater for georadarmålinger

BILDER

- Bilde 1 og 2. Georadarmålinger
Bilde 3. Prøvetaking
Bilde 4. Østre del av stoffen i massetaket

VEDLEGG

- Tegning nr. 2017.039-01 NS50 profil 01-08
Tegning nr. 2017.039-02 WE50 profil 01-03
Tegning nr. 2017.039-03 NS100 profil 01-07
Tegning nr. 2017.039-04 WE100 profil 01-04

BILAG

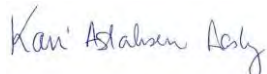
1. Georadar - Metodebeskrivelse

1. FORORD

I samarbeid med Svelviksand AS har Norges geologiske undersøkelse (NGU) foretatt undersøkelser på Kilemoen for å få oversikt over utstrekning og mektighet på en silt- og finsandhorisont som er påvist i massetaket. Undersøkelsene er gjennomført ved hjelp av georadarmålinger for om mulig å finne reflektorer som viser finkornede masser. Det er i undersøkelsene brukt både 100 Mhz – og 50 Mhz antenner. Undersøkelsene ble gjennomført 6. og 7. juli 2017.

Resultatene fra undersøkelsen blir presentert i denne rapporten.

Trondheim 11.12.2017



Kari Aslaksen Aasly
Lagleder Byggeråstoff



Knut Wolden

2. KONKLUSJON

Hensikten med undersøkelsen var å forsøke å avgrense et område med uønskede finkornete siltmasser. Det ble valgt å bruke georadar til dette.

Det er til sammen utført 11845 meter georadarmålinger fordelt med 7840 meter med 50 Mhz antenne og 4005 meter med 100 Mhz antenne, tabell 1. Profilenes plassering i terrenget er vist på figur 1. Start- og sluttkoordinater for profilene er vist i tabell 2.

50 Mhz antennen viser tydelige reflektorer ned til 35-40 meter og for 100 Mhz antennen ned til 15-20 meter. Dette er en normal dybderekkevidde for utstyret i denne type avsetninger. 100 Mhz antennen gir dårligere penetrering, men måleresultater med bedre oppløsning. En kombinasjon av antenner som er brukt her gir derfor best resultat.

Måleresultatene gir meget god informasjon om forekomstens strukturer og oppbygging. Tydelige reflektorer viser horisontale topplag og skråstilte lag i varierende retning. Dette viser hvordan smeltevannselvene som har bygd opp deltavsetningen har hatt forskjellig løp under dannelsen. Kornstørrelsen varierer mye over hele forekomsten, både vertikalt og horisontalt.

Til tross for dette ga ikke metoden klare reflektorer som viser lag med siltig materiale.

I den vestlige delen av massetaket er det observert noe fuktig materiale. Dette siltige masse kan forårsake slik fuktighet, men rasmateriale hindrer innsyn som kan bekrefte at dette er tilfelle. Georadarmålingene i området viser noe avvikende, ustrukturert forløp som kan kjennes igjen i WE-100 profilene i denne delen av forekomsten uten at materialsammensetningen er dokumentert mer finkornig. Dette området er avmerket på kart og i profilene.

En sammenstilling av profilene NS100 og WE100 viser et 5-6 meter mektig horisontalt liggende topplag over skrålag med fall fra nordvest mot sørøst i de øverste 20 meterne av avsetningen. Under dette viser profilene NS50 og WE50 mer varierende avsetningsforhold med fall både mot nordøst og nordvest.

Da undersøkelsene med georadar ikke har gitt entydig svar på oppdraget, anbefaler NGU oppfølgende undersøkelser. Slike undersøkelser kan være sonderboringer og prøvetaking med borerigg eller graving med gravemaskin.

3. GEOLOGI

3.1 Kwartærgeologi

Under den siste istiden, som sluttet for ca. 10.000 år siden, var hele fastlands-Norge og deler av kontinentalsokkelen dekket av en stor innlandsis. Et varmere klima førte til at isen smeltet

ned og isfronten trakk seg tilbake. På Ringerike skjedde dette for ca. 9500 år siden når isfronten trakk seg tilbake fra Svelvikryggen i Drammensfjorden til Hønefossområdet. På grunn av den enorme tyngden på innlandsisen var landoverflaten presset ned ca. 200 meter i forhold til i dag. Derfor sto havet på den tiden inn i Tyrifjordbassenget. Både Kilemoen og Hensmoen ble bygd opp foran en istunge som lå i Begnadalen og dannet etter hvert et isranddelta ut i Tyrifjordbassenget. Før dannelsen av moen hadde isfronten trukket seg et stykke mot nord, og leire ble avsatt på havbunnen foran iskanten. Etter en tid rykket breen fram igjen, og finsand ble først avsatt oppå leirene. Etter hvert som isen rykket nærmere ble materialet grovere og det ble avsatt sand og grus.

De ytterste delene av deltaet ved massetaket i sør ligger ca. 195 moh., mens de høyeste områdene på deltaet når opp i 200 moh. Produksjonsutstyret og industriområde på den lavere Begnamoen er en markert erosjonsflate i det opprinnelige deltaet og ligger på ca. 160 moh. Dette gir en mektighet på opp til 40 meter med sand og grus med varierende korngradering fra sålen i massetaket til toppen av avsetningen.

Over hele forekomsten preges overflaten av en rekke større og mindre smeltevannsløp. Dette viser at disse områdene er bygd ut som en sandur, noen meter over datidens havnivå, figur 3. Retningen på spylereennene viser at smeltevannselvene i siste fase har hatt forskjellige retninger. I de nordre og østre områdene ut mot Begna er det flere store, over 30-40 meter dype dødisgroper. Grunnvannsbrønner for forsyning av drikkevann til Hønefoss by er etablert i de nordre delene av forekomsten.

Store smeltevannsstrømmer førte med seg grovt materiale som grus og stein som ble avsatt som horisontale lag på toppen av moen. Det grovste materialet ble avsatt nærmest isfronten mens mer finkornet materiale ble ført lenger ut på deltaet. På grunn av varierende smeltevannsmengder og stadig skiftende elveløp varierer tykkelsen på lagene sterkt fra sted til sted på deltaflaten. Tykkelsen på topplagene er 4-5 meter i nord og noen steder under 2-3 meter mot terrassekanten i sør. Det er det grove topplaget som representerer de beste sand- og grusressursene. Under topplaget ligger sand og grus i veksling med 30-40 meter mektighet. Under dette igjen ligger finkornede marine avsetninger med silt og leire. Oppbyggingen av deltaet var tilnærmet lik situasjonen vist i figur 3.

3.2 Berggrunnsgeologi

Berggrunnen i dette området består i nord og vest av forskjellige gneiser og granitter, kvartsitter og amfibolitter. Dette er generelt sterke bergarter med gode mekaniske egenskaper for veg- og betongformål.

3.3 Tidligere undersøkelser

NGU har tidligere utført en rekke undersøkelser av de store sand- og grusforekomstene nord for Hønefoss, både i form av feltkartlegging, seismiske målinger og konkrete undersøkelser av materialkvaliteten (Kjærnes 1975, Sindre 1976, Reite og Kjærnes 1978, Reite 1980). Sand- og grusforekomstene i Ringerike kommune er vurdert og informasjonen samlet i NGUs Grus- og Pukkdatabase (Nålsund 1985 og Wolden 1992). Deler av Eggemoen er tidligere undersøkt av Wolden og Bargel i 2002 og Wolden, Dagestad og Dalsegg 2006.

I tillegg til kartlegging av sand- og grusforekomstene har det vært utført flere undersøkelser av grunnvannsforekomster i dette området (Klemetsrud T. 1979, Huseby og Klemetsrud 1980, Kirkhusmo 1991).

4. GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSENE

4.1 Georadarmålinger

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som brukes i undersøkelser av sand- og grusforekomster for blant annet å kartlegge strukturer, lagdeling, grunnvannsnivå og fjelldyp. Metoden er basert på registrering av reflekterte elektromagnetiske bølgepulser fra grenseflater i jorda. En mer detaljert beskrivelse av målemetoden er vist i bilag 1. Georadarmålinger ble utført den 6. og 7. juli av Georgios Tassis og Knut Wolden.



Bilde 1. Georadarmålinger

Foto: P.R. Neeb



Bilde 2. Studering av måledata

Foto: P.R. Neeb.

4.1.1 Resultater

Det ble tilsammen målt 12 profiler med 50 Mhz antenne og 11 profiler med 100 Mhz antenne, tilsammen 23 profiler med en samlet lengde på 11845 meter, se tabell 1.

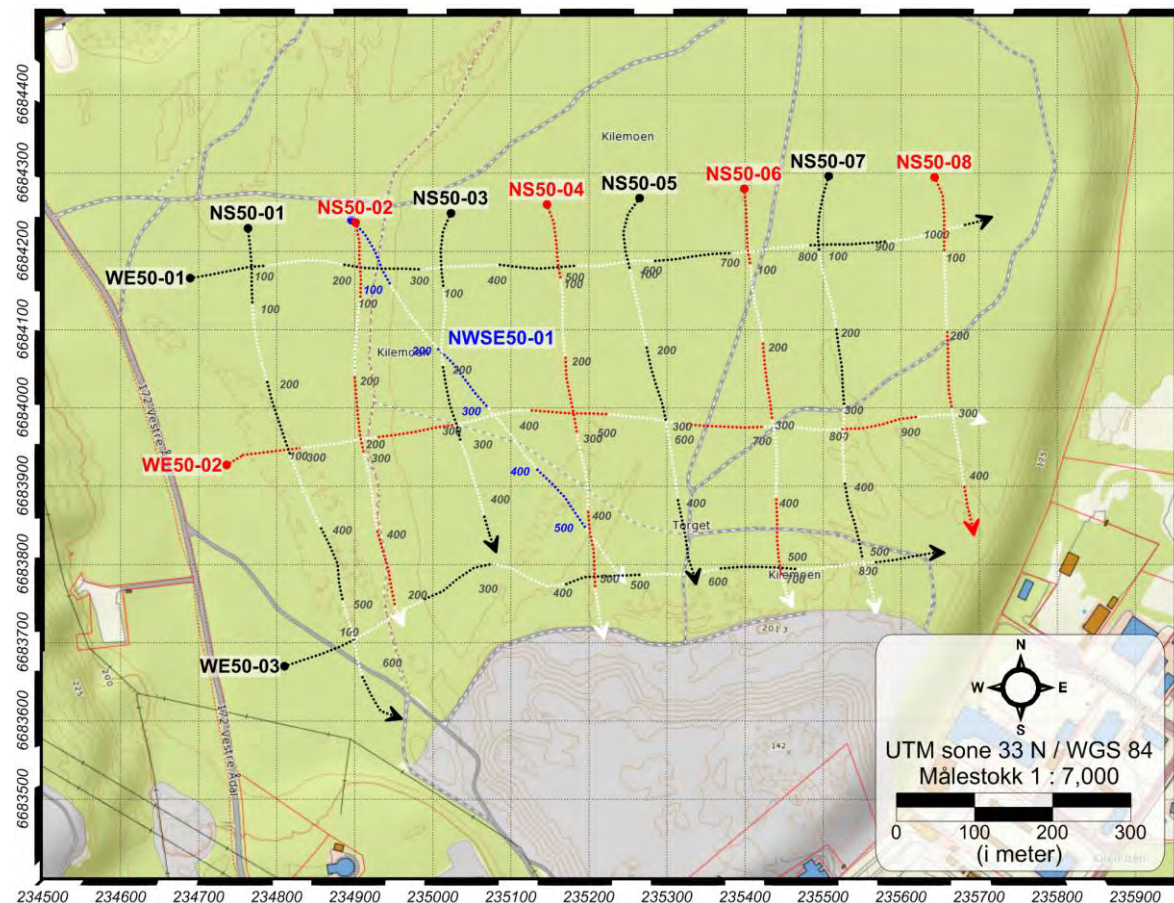
Forholdene i undersøkelsesområdet gir gode resultater ned til 35-40 meters dyp med 50 MHz antenne og ned til 15-20 meter med 100 Mhz antenne. Under disse dypene er det ikke mulig å «se» strukturer i løsmassene blant annet på grunn av signaldemping.

Tabell 1 Georadarprofiler 50 Mhz- og 100 Mhz antenne.

Profil nr.	Retning	Anrenne	Lengde i m.	Profil nr.	Retning	Anrenne	Lengde i m.
1	Nord -Sør	50 Mhz	680	1	Nord -Sør	100 Mhz	280
2	Nord-Sør	50 Mhz	525	2	Nord-Sør	100 Mhz	220
3	Nord-Sør	50 Mhz	445	3	Nord-Sør	100 Mhz	100
4	Nord-Sør	50 Mhz	565	4	Nord-Sør	100 Mhz	225
5	Nord-Sør	50 Mhz	565	5	Nord-Sør	100 Mhz	115
6	Nord-Sør	50 Mhz	540	6	Nord-Sør	100 Mhz	180
7	Nord-Sør	50 Mhz	570	7	Nord-Sør	100 Mhz	205
8	Nord-Sør	50 Mhz	460	1	Øst-Vest	100 Mhz	900
1	NV-SØ	50 Mhz	585	2	Øst-Vest	100 Mhz	860
1	Øst-Vest	50 Mhz	1035	3	Øst-Vest	100 Mhz	780
2	Øst-Vest	50 Mhz	985	4	Øst-Vest	100 Mhz	140
3	Øst-Vest	50 Mhz	885				
Til sammen			7840	Til sammen			4005

4.1.2 Profilbeskrivelse

Profilene målt med 50 Mhz antenne er vist i figur 1.



Figur1. Oversiktskart med plassering av profiler med 50Mhz antenne.

Profil NS50 -01

Profilen er målt i retning nord-sør i den vestre del av undersøkelsesområdet. Profilen er 680 meter og målingene viser i hele profilens lengde et horisontalt liggende grovt topplag med 2-3 meters mektighet med sand, grus og noe stein. Fra 125 -275 meter noen reflektorer med sørlig helning ned til 10-15 meter under overflaten. Helt sør i profilen sees igjen skråstilte lag med

fall mot sør. Under dette er det langs profilet noen markerte flattliggende horisonter ned til kote 155-160 moh. En dybde på 35-40 meter som er den dybden man kan forvente å nå med metoden i dette området.

Profil NS50 -02

Målt i retning nord-sør i en lengde av 525 meter. En reflektor på ca. to meter tolkes som i forrige profil som et grovt horisontalt liggende topplag. Også her er det noe varierende, men hovedsakelig flattliggende horisonter ned til kote 150-155 moh. Helt på slutten av profilet er det antydning til skålformet reflektor med først sørlig og deretter nordlig hellende lag ned til 10-12 meters dybde.

Profil NS50 -03

Målt i en lengde på 445 meter med et ca.to meter mektig grovt topplag. De første 150 meter av profilet viser skrålag hellende mot syd ned til vel 10 meter under overflaten. Deretter tilnærmet horisontale reflektorer ned til 20-25 meter i nord og 15-20 i sør. Under dette nivået er det ingen markerte reflektorer i dette profilet.

Profil NS50 -04

Profilen er målt i en lengde på 565 meter og viser som de foregående en reflektor på ca. to meters dybde som tolkes som et grovt horisontalt liggende topplag. I nord en skrånende horisont etter 50 meter. Videre tilnærmet horisontale lag avbrutt av kortere partier med sørlig hellende lag med begrenset mektighet. I sør flattliggende lag ned til ca. åtte meter over skrålag hellende mot syd. Dette indikerer en klassisk deltautbygging med grovt materiale i toppen med finere materiale i horisontale lag under. Under topplagene ligger det skråstilte lag med sand ytterst på deltaet.

Profil NS50 -05, 06, 07 og 08

Disse profilene har en lengde på 564, 540, 570 og 460 meter og beskrives samlet. Alle profilene viser en klassisk deltautbygging med reflektorer som viser et grovt lag øverst og horisontalt liggende lag med sand og grus, her ned til 5-6 meters dybde. Under dette skråttliggende lag som kan følges ned til kote ca. 160 moh. med fall mot datidens fjordarm i sør.

Profil NW-SØ 50 -01

Dette profilet er målt i retning nordvest-sørøst i en lengde av 585 meter. Også dette profilet har en reflektor som indikerer et grovt topplag på 2-3 meter langs hele lengden. Under dette antydning til skråstilte lag med fall mot sørøst i starten på profilet (i nordvest) Fra ca. 400 meter veksling mellom sørøst og nordvestlig helling på lagene.

Profil WE50 -01

Dette profilet er målt over 1025 meter i retning vest mot øst. Som i de andre profilene er det her også en markert reflektor som tolkes som et ca. 2 meter mektig grovt horisontalt topplag. I den vestlige delen til ca. 400 meter antydning til en sørøstlig lagdeling ned til ca. kote 180 moh. Deretter overgang til vestlig skrånende lag langs profilet til samme dybde. Under 175-180 moh. horisontale lag ned til 160 moh. i øst. Noe grunnere i vest.

Profil WE50 -02

Profilen viser samme forløp som foregående fram til 350 meter. Her kommer det inn markerte svakt vestlig hellende reflektorer på 175-180 moh. Fra 450 meter tydelige reflektorer mellom 165 og 170 moh. og ut profilets lengde. Fra 650 til 875 meter langs profilet er det mellom

dette og topplaget er det markerte reflektorer med helning mot vest. Helt øst i profilet antydning til østlig helning.

Profil WE50 -03

Profilen har en lengde på 885 meter. Som i de 2 foregående profilene grovt topplag som likevel er noe mer diffust i spylerenne, det lavere området vest i profilet. Her forekommer også både østlig og vestlig helning på de øvre lagene fram til ca. 450 meter. Herfra østlig helning ned til 165 moh. fram til 775 meter. På slutten av profilet vestlig skrånende lag med ca 15 meters mektighet.

Profilene målt med 100 Mhz antenne er vist i figur 2.



Figur2. Oversiktskart med plassering av profiler med 100Mhz antenne.

Profil NS100 -01

Profilen er målt i retning nord-sør i en lengde på 280 meter. Også med denne antennen kan man se, om ikke så markert, en flatt liggende reflektor som tilsvarer det grove topplaget på 2-3 meter. Under dette er det svake, uregelmessige reflektorer ned til ca. 180 moh. Under dette nivået er det utydelige signaler som indikerer grensen for penetrering med denne antennen i disse jordartene. Fra ca. 180 meter og ut profilet kommer en svakt stigende reflektor fra 185-188 moh.

Profil NS100 -02

Profilen er 220 meter langt og tilnærmet samme forløp som profil 01 ned til ca. 180 moh. En stigende reflektor mot sør i høyde 185 moh. fra rundt 160 meter langs profilen. Under denne en tydelig flattliggende reflektor over en lengde på 40 meter.

Profil NS100 -03

100 meter langt profil med 1 meter grovt topplag over ca. 3 meter horisontalt lag sand og grus. Under dette 5 meter markerte skråstilte lag i en lengde på rundt 40 meter. For øvrig horisontale reflektorer fra 180-184 moh.

Profil NS100 -04, 05, 06 og 07

Som for de 4 østligste profilene med 50 Mhz antenne kan også disse beskrives under ett da måleresultatene er ganske like. Et øvre ca. 2 meter grovt lag over horisontale topplag med noe varierende mektighet fra 4-10 meter. Under topplagene skråstilte lag med fall mot fjordarmen i Tyrifjordbassenget, tilnærmet lik situasjonen vist i figur 3.

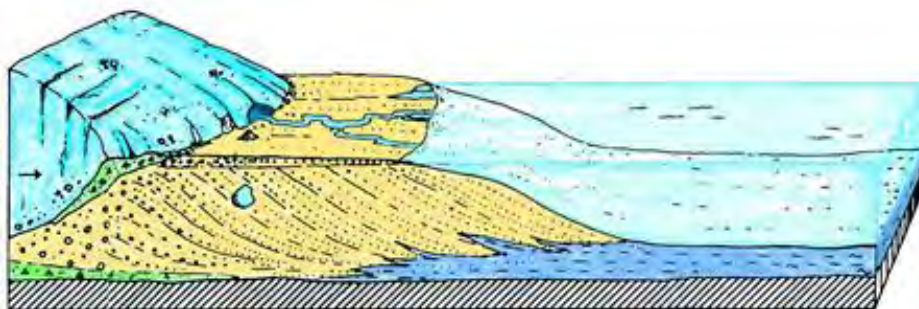
Profil WE100 -01, 02, og 03

3 tverrprofiler i retning vest-øst med lengder på 900, 860 og 780 meter. Profilene har i de store trekkene tilnærmet like forløp og kan derfor beskrives under ett. Som i alle øvrige profiler finnes en øvre horisontal reflektor som tolkes som et grovt flatt liggende topplag med sand, grus og stein. Dette laget kan også observeres i stoffen og i avdekkede områdene på toppen av massetaket. Under dette et noe varierende, 2-3 meter flatt liggende lag som til dels kan observeres i massetaket med sand og grus i forskjellig mektighet. Under topplagene kan man observere horisontale og både østlig og vestlig skrånende lag ned til en dybde på 15-18 meter i alle profilene. Dette er tilnærmet likt resultatene målt med 50 Mhz antenne og viser en klassisk deltaoppbygging.

Profil WE100 -04

Dette er et 140 meter langt profil ytterst mot kanten av massetaket i vest. Profilet viser 1-2 meter mektig grovt topplag i hele lengden. Under dette er det lengst vest og øst markerte østlig hellende skråstilte lag. Mellom disse markerte horisontalt bølgende reflektorer ned til ca. 178 moh.

Koordinater for georadarmålingene er sammenstilt i tabell 2. Koordinatene er målt med håndholdt GPS.



Figur 3. Typisk deltautbygging med horisontalt topplag med sand, grus og stein over skrålag med vekslende innhold sand og grus og stein. Grovest er materialet nærmest isfronten og i topplaget.

Tabell 2. Koordinater for georadarmålinger

Georadarprofiler	WGS84-UTM (Zone 33)			
	Start		Slutt	
	Øst	Nord	Øst	Nord
NS50-01	234,763	6,684,230	234,907	6,684,138
NS50-02	234,901	6,684,237	234,952	6,683,745
NS50-03	235,023	6,684,249	235,081	6,683,816
NS50-04	235,146	6,684,260	235,219	6,683,706
NS50-05	235,265	6,684,268	235,337	6,683,775
NS50-06	235,399	6,684,280	235,461	6,683,746
NS50-07	235,507	6,684,296	235,568	6,683,738
NS50-08	235,643	6,684,295	235,693	6,683,838
NWSE50-01	234,896	6,684,240	235,246	6,683,777
WE50-01	234,689	6,684,166	235,716	6,684,244
WE50-02	234,736	6,683,927	235,709	6,683,982
WE50-03	234,810	6,683,670	235,655	6,683,815
NS100-01	234,823	6,683,894	234,868	6,683,624
NS100-02	234,933	6,683,904	234,962	6,683,713
NS100-03	235,053	6,683,900	235,082	6,683,803
NS100-04	235,167	6,683,920	235,187	6,683,702
NS100-05	235,296	6,683,909	235,310	6,683,774
NS100-06	235,412	6,683,913	235,431	6,683,733
NS100-07	235,536	6,683,937	235,560	6,683,740
WE100-01	234,764	6,683,844	235,654	6,683,878
WE100-02	234,773	6,683,729	235,605	6,683,800
WE100-03	234,826	6,683,645	235,559	6,683,740
WE100-04	234,930	6,683,619	235,018	6,683,721

4.2 Prøvetaking

Oppdragsgiver har tatt tre prøver av det finkornede materialet høsten 2016, analysekontrakt 2016,0275 datert 22.11.16 NGU, bilde 3. Prøven er ikke koordinatfestet, men bildet viser at prøvene er den tatt i den øvre delen av de finkornede massene. Det er utført kornfordelingsanalyse på prøvematerialet ved NGUs sedimentlaboratorium. Kornfordelingskurvene er vist i figur 4-6.



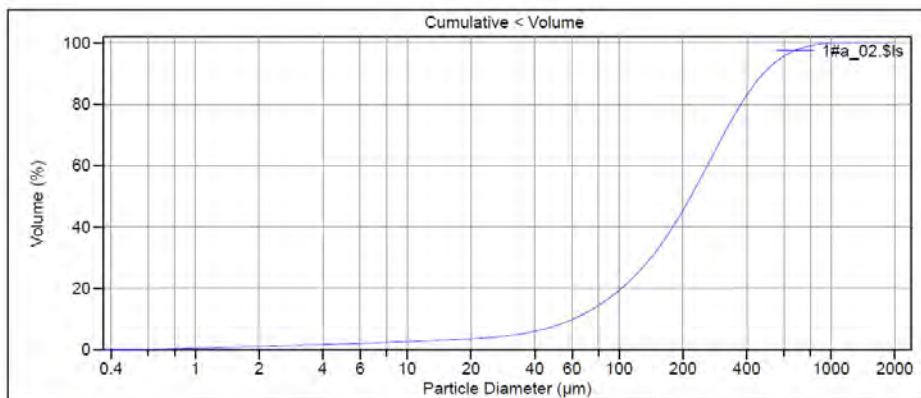
Bilde 3. Prøvetaking i finkornet materiale.

Prøve 1 består hovedsakelig av finkorna sand < 1 mm. 50 % av materialet er < 0,218 mm og ca.10 % av prøven er silt (< 0,063 mm),

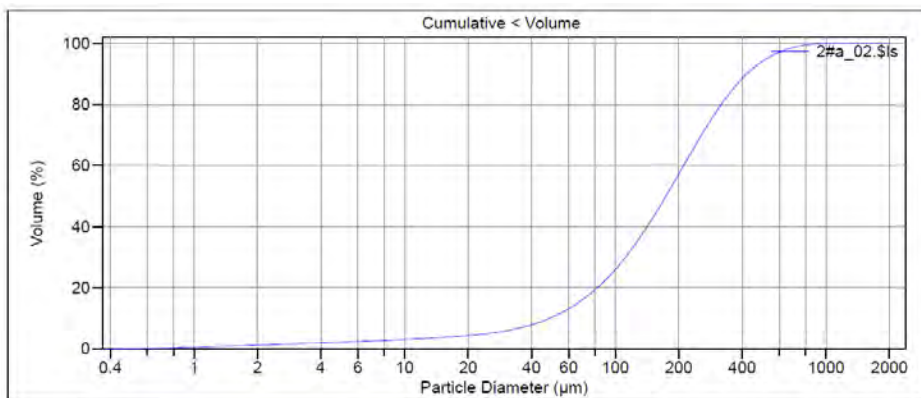
Prøve 2 har tilnærmet samme forløp og består hovedsakelig av sand < 1 mm. 50 % av materialet er < 0,174 mm og prøven inneholder ca.12 % silt (< 0,063 mm), figur 4.

Prøve 3 består av et mer finkorna materiale og består av sand < 1 mm. Her er 50 % er < 0,04 mm og ca.60 % av materialet er i siltfraksjonen (< 0,063 mm), figur 5.

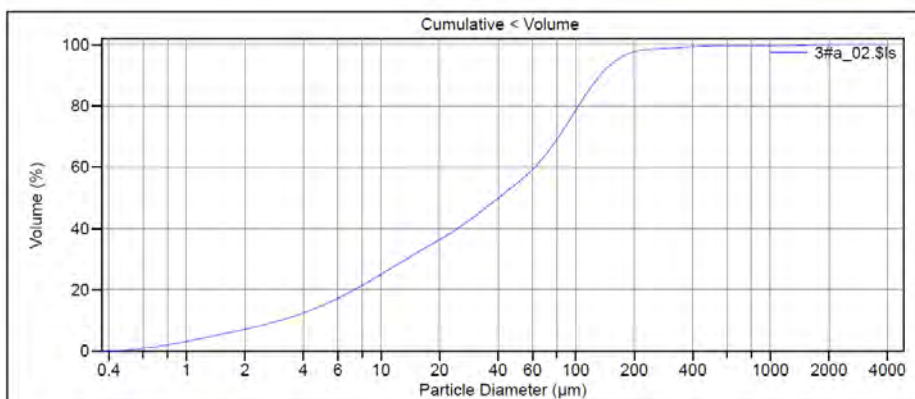
Sanden i prøve 1 og 2 kan brukes som fint tilslag i forskjellige betongprodukter. I prøve 3 er innholdet av finkornede masser for høyt til at massene er egnet i betongproduksjon.



Figur 4. Kornfordelingskurve prøve 1.



Figur 5. Kornfordelingskurveprøve 2.



Figur 6. Kornfordelingskurve prøve 3.

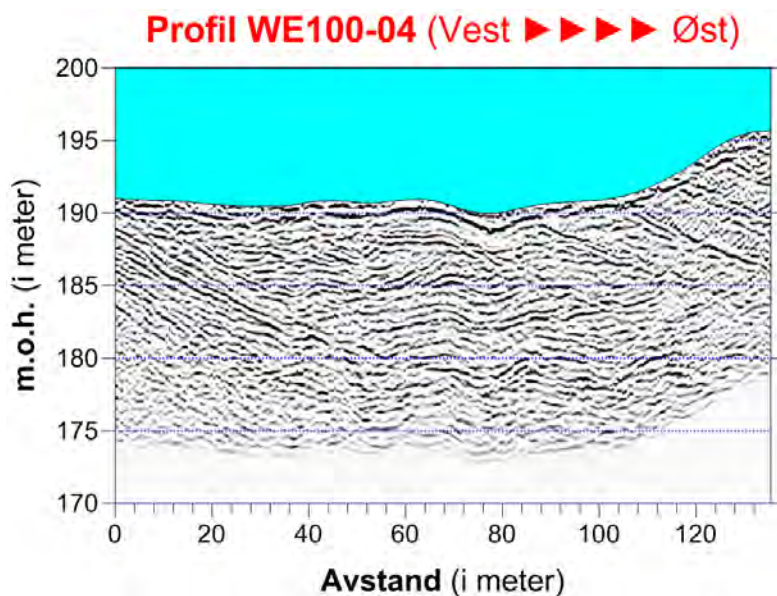
5. DISKUSJON

Georadarmålingene gir gode resultater når det gjelder oppbyggingen av breelvavsetningen på Kilemoen. Markerte reflektorer viser lagdelingen mellom det flattliggende topplaget og skrålagene under. Profilene viser hvordan vannstrømmene som har avsatt massene har variert under oppbyggingen av deltaet. I perioder er massene avsatt både i sørlig, sørøstlig og sørvestlig retning. Ved å studere retningen på spylereennene i overflaten fra den helt siste fasen av deltadannelsen, kan man se det samme mønsteret.

Målemetoden har imidlertid ikke klart å gi klare indikasjon på hvordan de finkornede massene ligger i avsetningen. Dette kan skyldes at det er for liten forskjell i kornstørrelsen mellom de vanlige sand- og gruslagene og de finkornige sand og siltlagene, eller at mektigheten på lagene er for små til å gi utslag, se bilag 1.

Man har imidlertid registrert partier med mer ustrukturerte reflektorer. Dette er mest framtreddende i profil Mhz WE100-04, figur 7. Her ser vi skrå lagdeling mot øst både vest og øst i profilet. Mellom disse er det et område med markerte, nær horisontale ujevne reflektorer ned til 175-176 moh. som er den maksimale penetreringsdybden for denne antennen. I WE50 profilene, med større dybderekkevidde, kan strukturene følges ned til ca.160 moh.

Det er i samme område observert noe mer fuktig materiale i stoffen. Dette kan være siltlag, men på grunn av nedrast materiale kan man ikke se om primærmaterialet i dette området inneholder mer silt, bilde 4.



Figur 7. Profil WE100-04 viser skrålag i vest og øst med uregelmessige strukturer i midten.

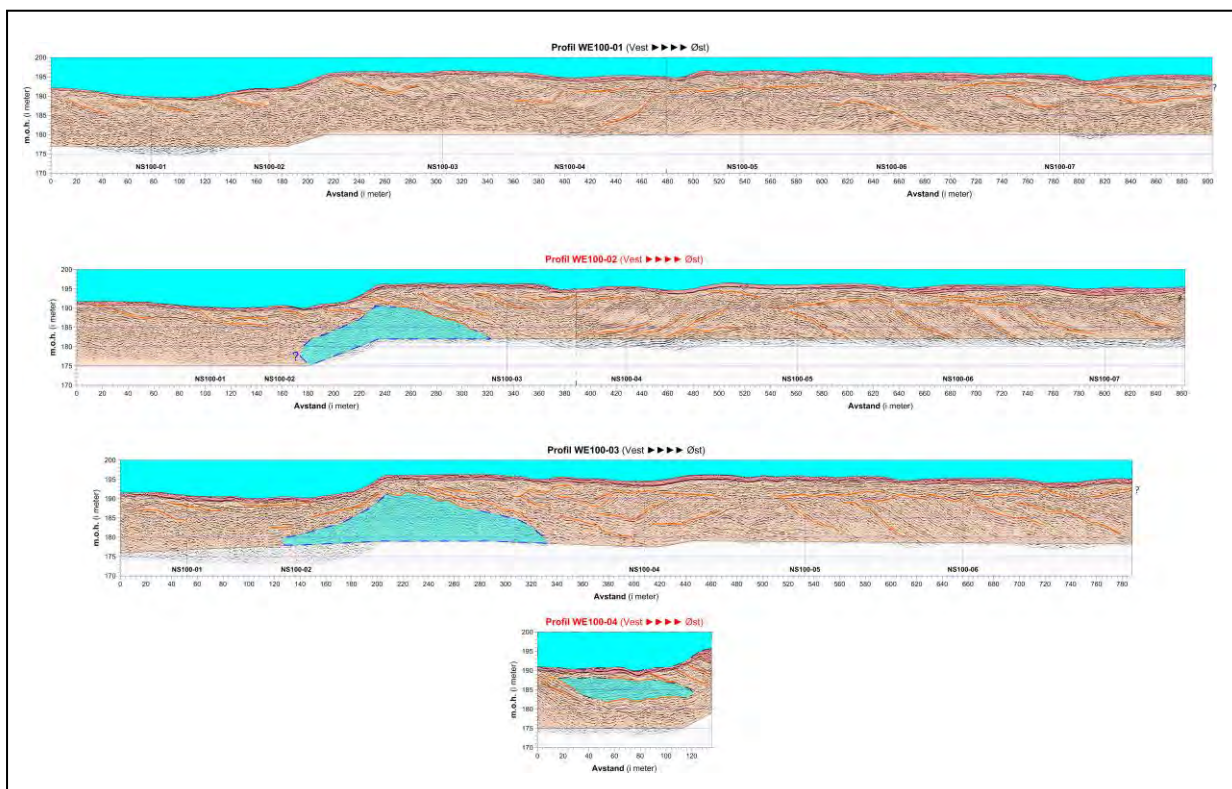


Bilde 4. Bilde av stoffen da georadarmålingene ble utført. Utrast materiale hindrer innsyn i materialsammensetningen.

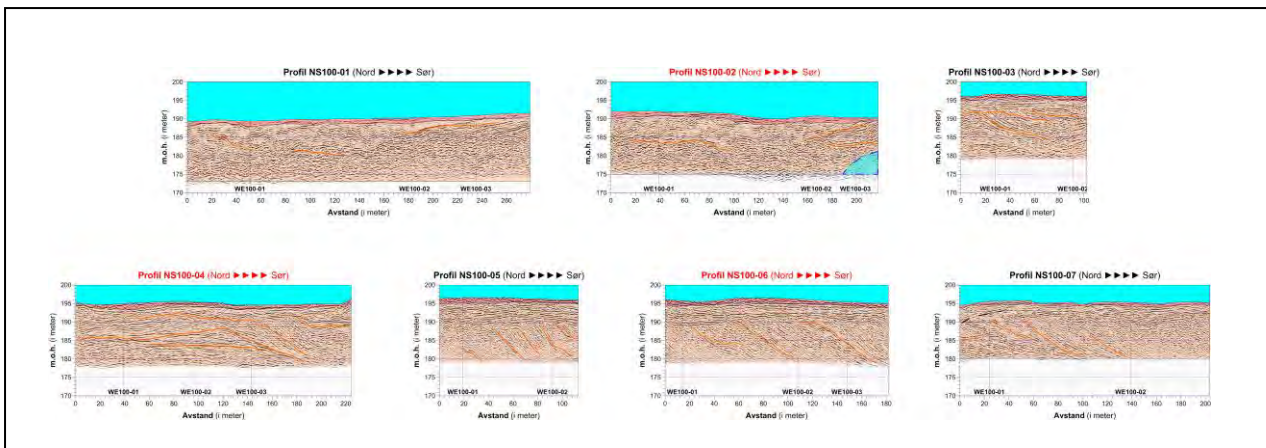
Ved å sammenligne disse strukturene med hva man ser i profil WE100-03 og WE100-2, kan man gjenkjenne dette mønsteret. Det samme er ikke funnet igjen i profil WE100-01. Lengst vest er det ustrukturerte reflektorer både i NS100 profilene og NS50 profilene.

Ut fra de observasjonene som er gjort er disse strukturene markert med blå farge på profilene i figur 8. Tilsvarende areal er avgrenset med samme farge på kart, figur 8. Det må imidlertid påpekes at de undersøkelsene som er utført ikke viser den nøyaktige avgrensingen. Til det trengs et mye tettere målenett.

Profilene målt i retning nord - sør med både 50 Mhz antenne og 100 Mhz antenne viser horisontal lagdeling med en mektighet på 5-6 meter. I profil WE100-03 fra 380-460 meter ses vestlig hellende lag under topplagene. Fra 520 meter langs profilet snur fallretningen på lagene til en østlig helning. Det samme kan man gjenkjenne med først vestlig og deretter østlig helning i profil 2 fra 560 meter og fra 640 meter i profil 1. Med 100 Mhz antenne kan disse strukturene følges ned til 180 moh. langs hele lengden på profilene, figur 8. I dypere lag av avsetningen viser målingene med 50 Mhz antenne et mer varierende avsetningsmønster og forskjellig retning på lagene, vedlegg 2017.039 01-04.



Figur 8. Georadarprofiler WE 100 MHz med områder (arealer markert i blått) tolket som mulig finkornig materiale.



Figur 9. Georadarprofiler NS100 MHz med områder (arealer markert i blått) tolket som mulig finkornig materiale.



Figur 10.

Område som er tolket å inneholde finkornet materiale.

Lenger øst i massetaket synes massene hovedsakelig å bestå av sand, tildels ensgradert og finkornig i hele massetakets driftshøyde. Disse massene kan egne seg som fint tilslag i ulike betongprodukter. Ved knusing av det grove topplaget i den vestre delen, kan man ved å sette

sammen de ulike fraksjonene få en egnet kornkurve. Man vil på denne måten også kunne blottlegge den uheldige siltpakken og dermed fastlegge dens utbredelse.



Bilde 5. Sentrale deler av massetaket ved ca. profil NS 50/100-5 og 6.

6. VIDERE ARBEID

Forskjellige undersøkelsesmetoder kan gi svar på ulike problemstillinger knyttet til oppbyggingen av sand- og grusforekomster, enten alene eller i kombinasjon med flere.

Da disse georadarundersøkelsene ikke har gitt klare svar på beliggenhet og utstrekning på de finkornede siltmassene bør man vurdere å utføre oppfølgende undersøkelser. Dette kan være et tettere nett av georadarmålinger i de områdene som er tolket som finsand og silt, og hvor det er tatt prøver av slike masser i massetaket. Sonderboringer med hydraulisk borerigg kan være aktuelt for om mulig å påvise finkornede masser gjennom penetrasjonshastighet, dreiemoment og vanntrykk. Boring med opptak av prøver vil gi en god dokumentasjon av materialsammensetningen. Det er også mulig å grave prøvegroper med gravemaskin og blottlegge de uønskede massene, og på den måten avgrense utbredelsen av disse.

8. REFERANSER

- Huseby, Sigurd; Klemetsrud, Tidemann 1980: Hønefoss. Vannressurskart "Grunnvann i løsavsetninger"; Hønefoss; 18153; 1:50 000; Trykt i sort/hvitt; Kart og beskrivelse i egen perm. *Norges geologiske undersøkelse*.
- Kirkhusmo, Lars A. 1991: Grunnvann i Ringerike kommune. NGU-rapport 91.018. *Norges geologiske undersøkelse*.
- Kjærnes, P.A. 1975: Kvartærgeologisk kartlegging med spesiell vekt på sand- og grusforekomster. Ringerike kommune, Buskerud. *NGU Rapport nr. 1402*.
- Klemetsrud T. 1979: Grunnvannsanlegg Kilemoen. NGU-rapport HY-00439. *Norges geologiske undersøkelse*.
- Nålsund, R. 1985: Grusregisteret i Ringerike kommune. *NGU Rapport nr. 85.038*.
- Reite, A.J. 1980: Sand- og grusressurser i deler av Ringerike kommune, Buskerud. *NGU, Rapport nr. 1633/1*.
- Reite, A.J. og Kjærnes, P.A. 1978: Seismiske målinger på Kilemoen, Hensmoen, Vallerstømoen og Eggemoen. *NGU Rapport nr. 1677*.
- Sindre, A. 1976: Seismiske grunnundersøkelser, Hensmoen og Eggemoen, Ringerike, Buskerud og Jevnaker, Oppland. *NGU Rapport nr. 1512*.
- Wolden, K. 1994: Forvaltningsplan for åtte kommuner i Buskerud fylke. *NGU Rapport 94.036*.
- Wolden, K., Bargel, T. 2002: Sand- og grusundersøkelser innenfor reguleringsområdet for Eggemoen industriområde og flyplass. *NGU Rapport 2002.080*.

GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

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

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

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

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

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

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

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

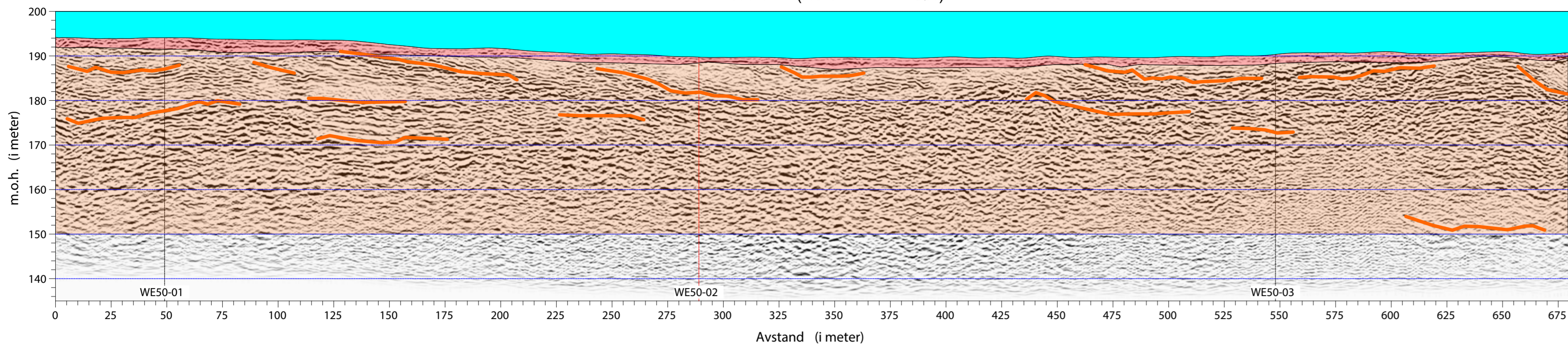
Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til hurtigere demping av bølgepulser og dermed minkende

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

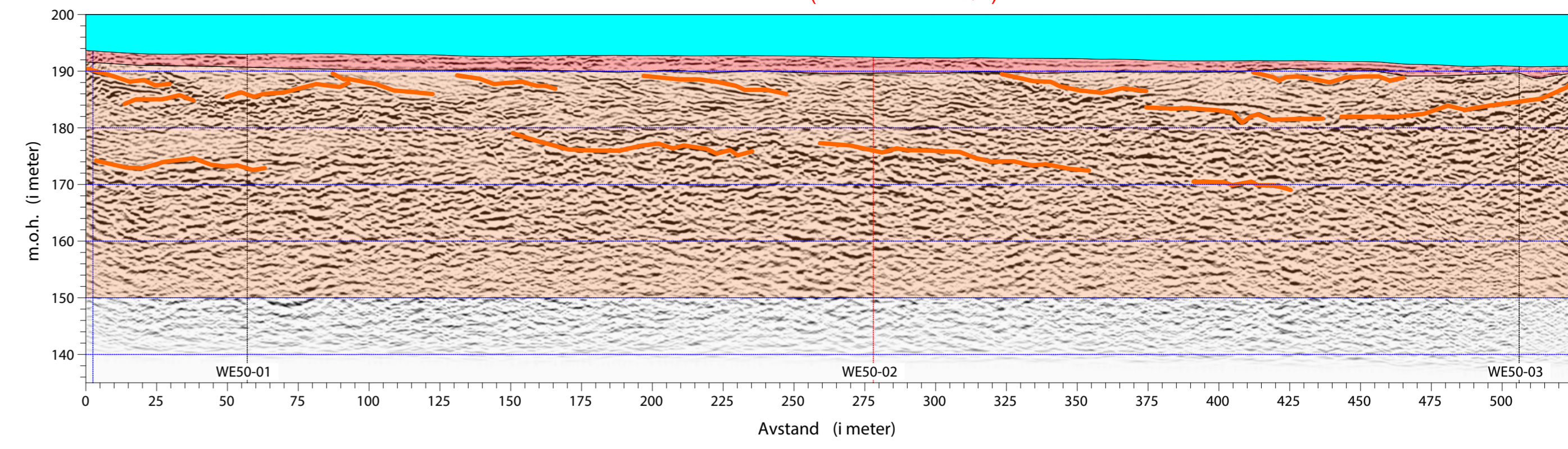
<u>Medium</u>	<u>ϵ_r</u>	<u>v (m/ns)</u>	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
<i>Luft</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>	<i>0</i>
<i>Ferskvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>0.1</i>
<i>Sjøvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>1000</i>
<i>Leire</i>	<i>5-40</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-300</i>
<i>Tørr sand</i>	<i>5-10</i>	<i>0.09-0.14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

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

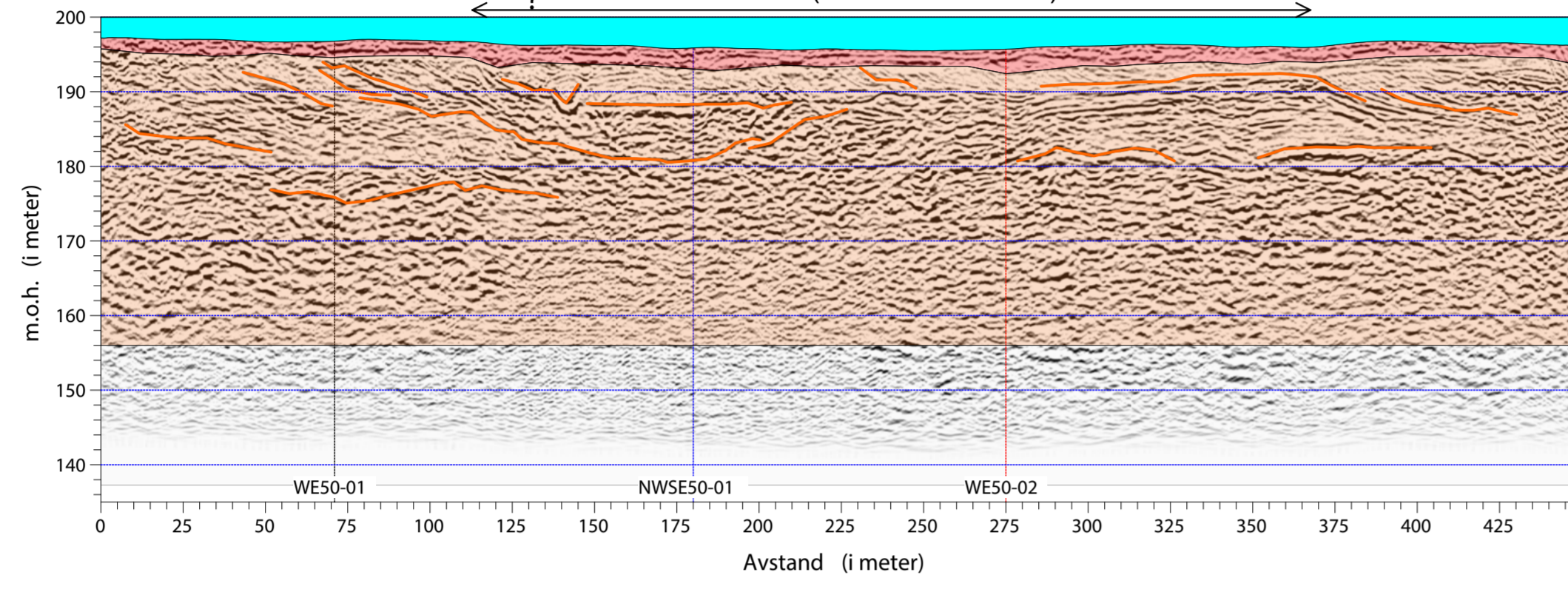
Profil NS50-01 (Nord ▶▶▶▶ Sør)



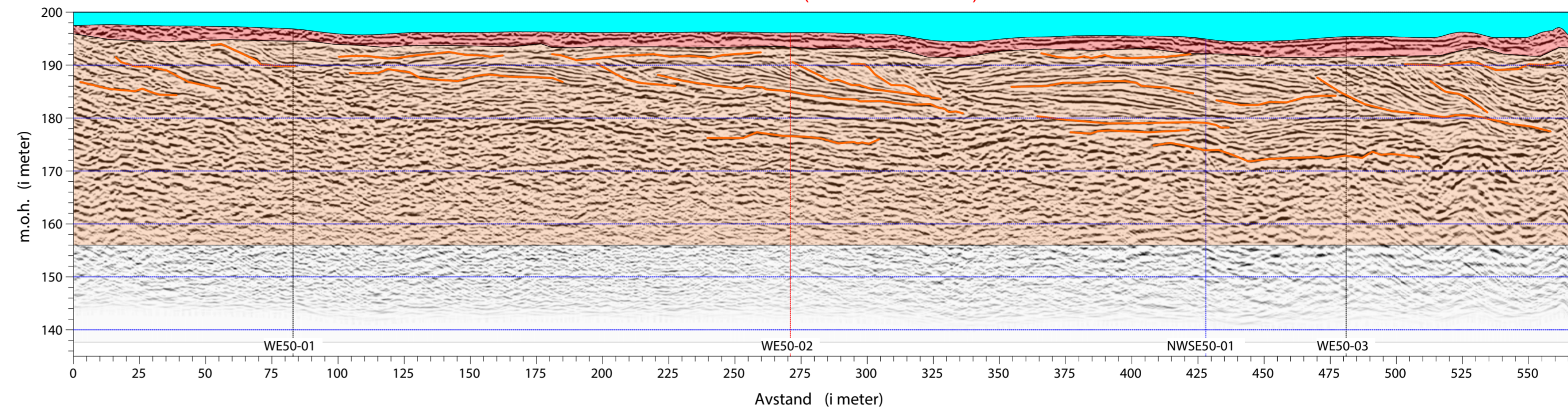
Profil NS50-02 (Nord ▶▶▶▶ Sør)



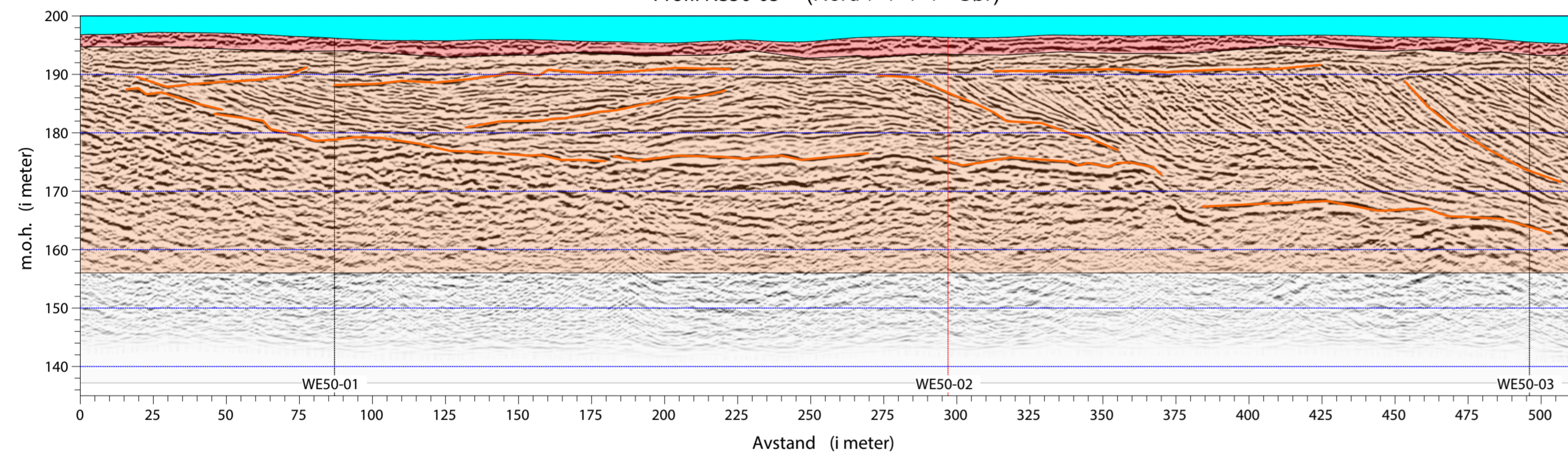
Profil NS50-03 (Nord ▶▶▶▶ Sør)



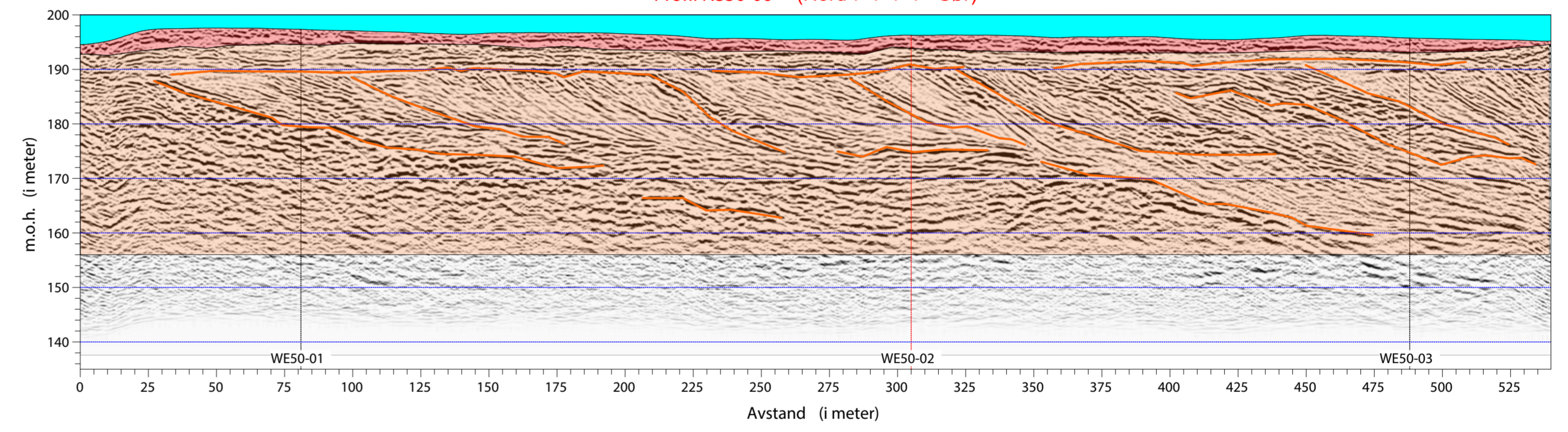
Profil NS50-04 (Nord ▶▶▶▶ Sør)



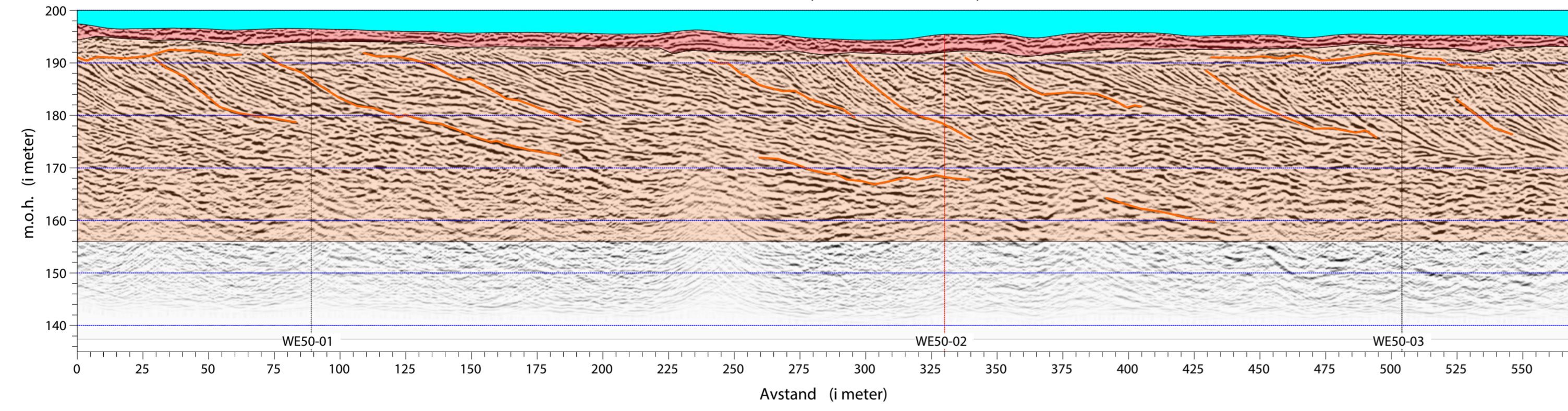
Profil NS50-05 (Nord ▶▶▶▶ Sør)



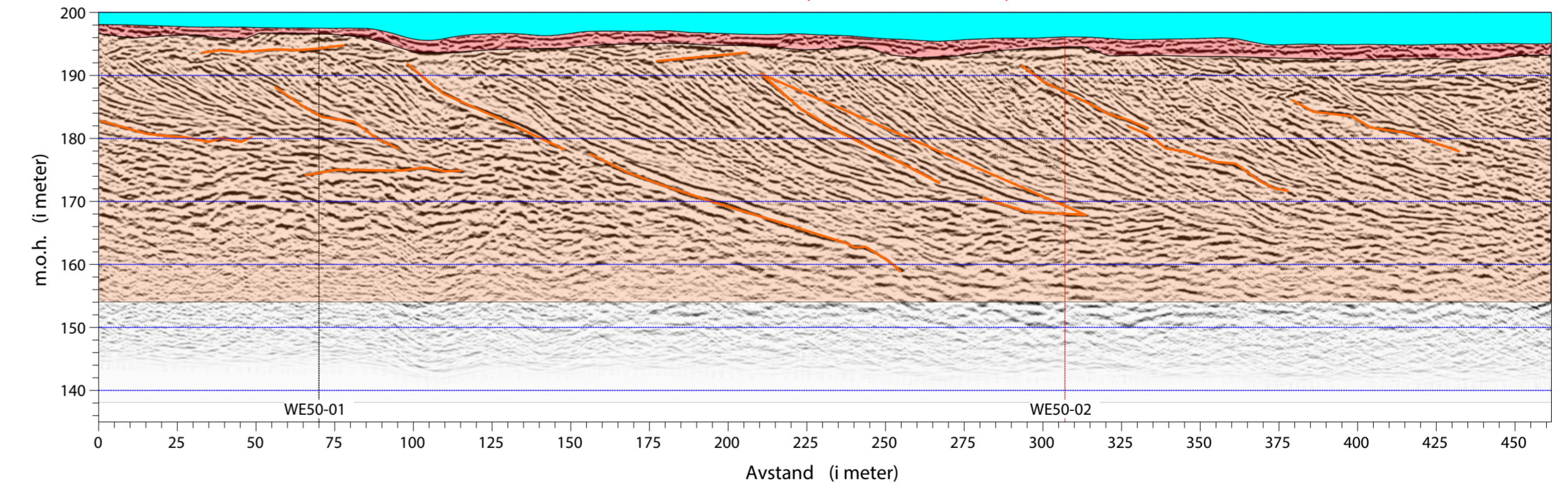
Profil NS50-06 (Nord ▶▶▶▶ Sør)



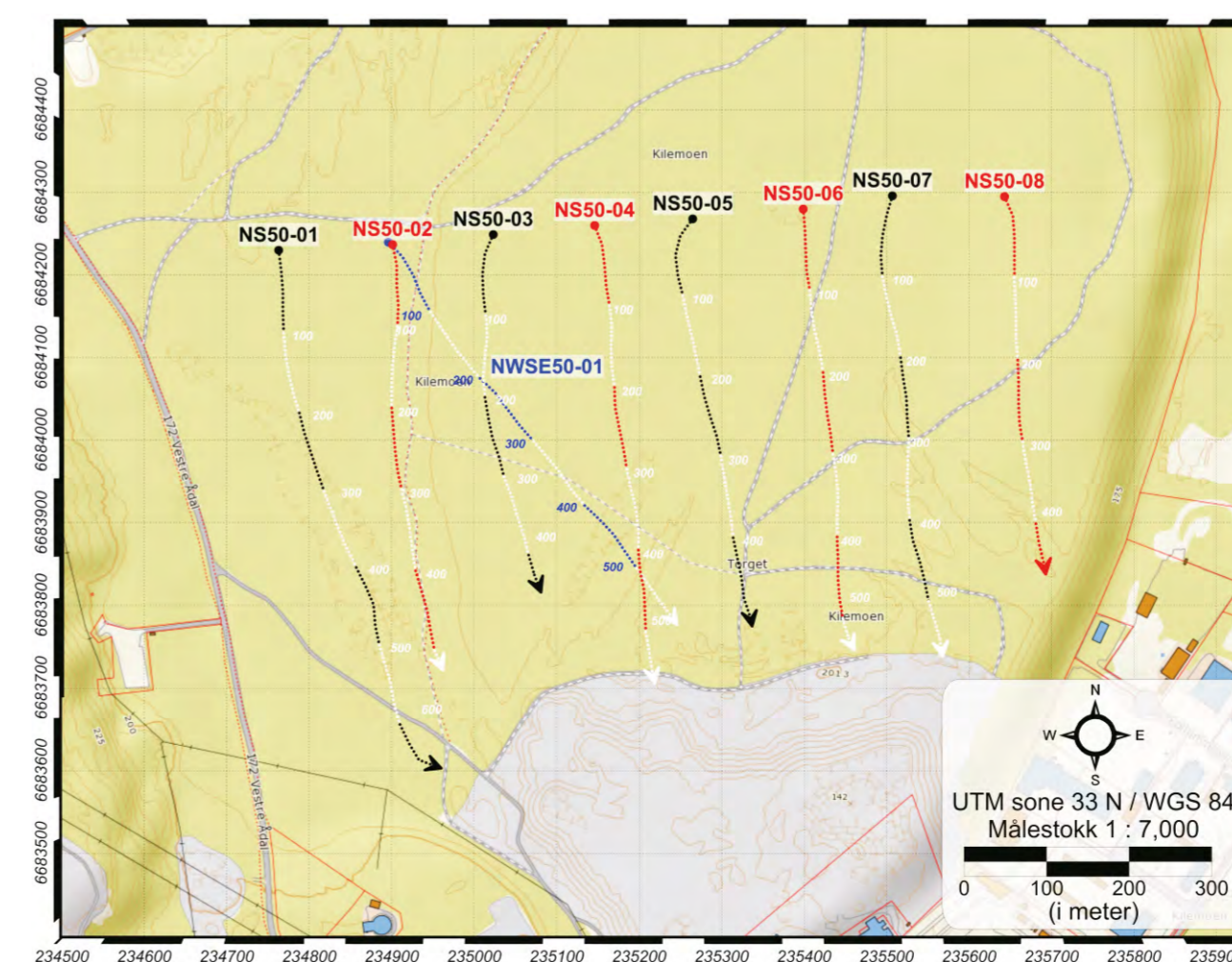
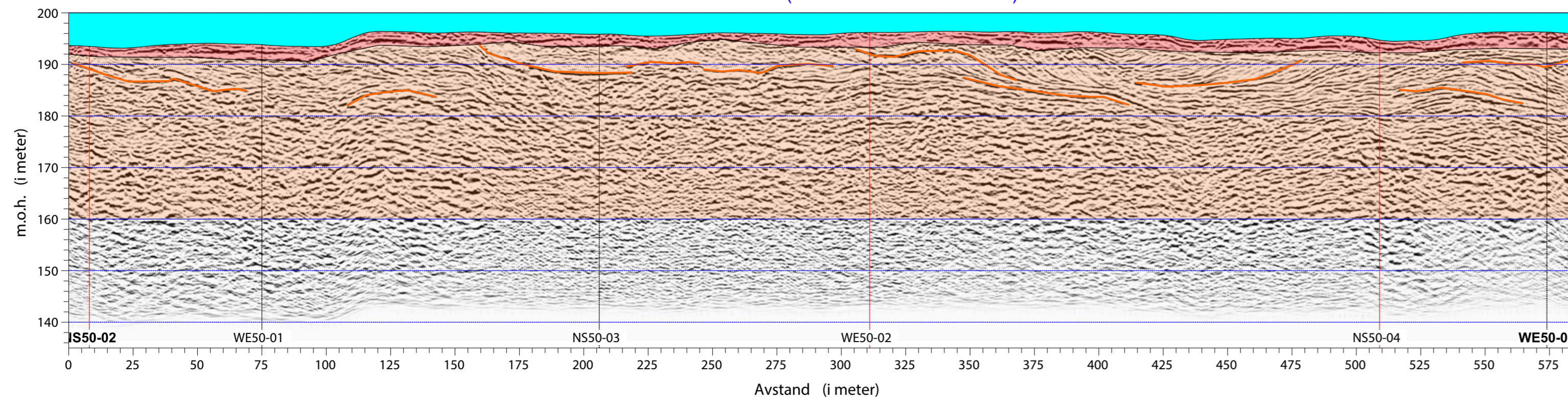
Profil NS50-07 (Nord ▶▶▶▶ Sør)



Profil NS50-08 (Nord ▶▶▶▶ Sør)



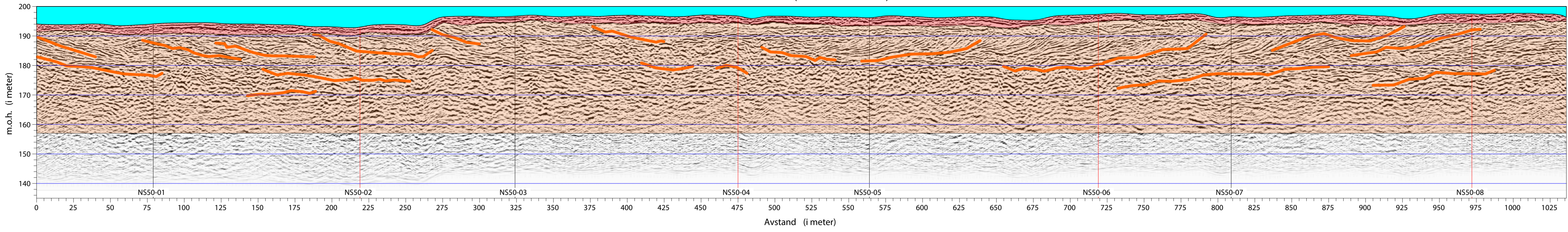
Profil NWSE50-01 (Nordvest ▶▶▶▶ Sørøst)



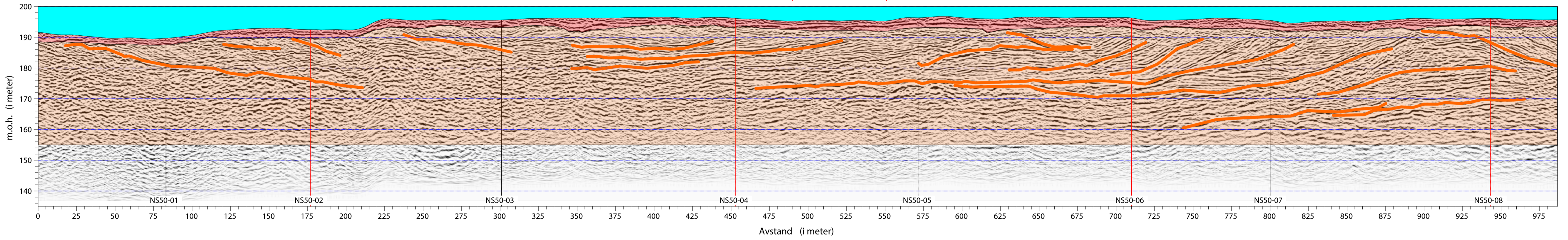
SVELVIKSAND AS GEORADAR LINJER NS50_01-08 / NWSE50_01 (MALÅ RTA - 50 MHz) KILEMOEN RINGERIKE KOMMUNE, BUSKERUD	MÅLESTOKK PROFILER 1:750 (Vertikal)	MÅLT GT TEGN GT TRAC	JUL 2017 OKT 2017
	1:1,500 (Horizontal)	KFR KONF	
	TEGNING NR 2017.039-01	KARTBLAD NR 1815 III	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

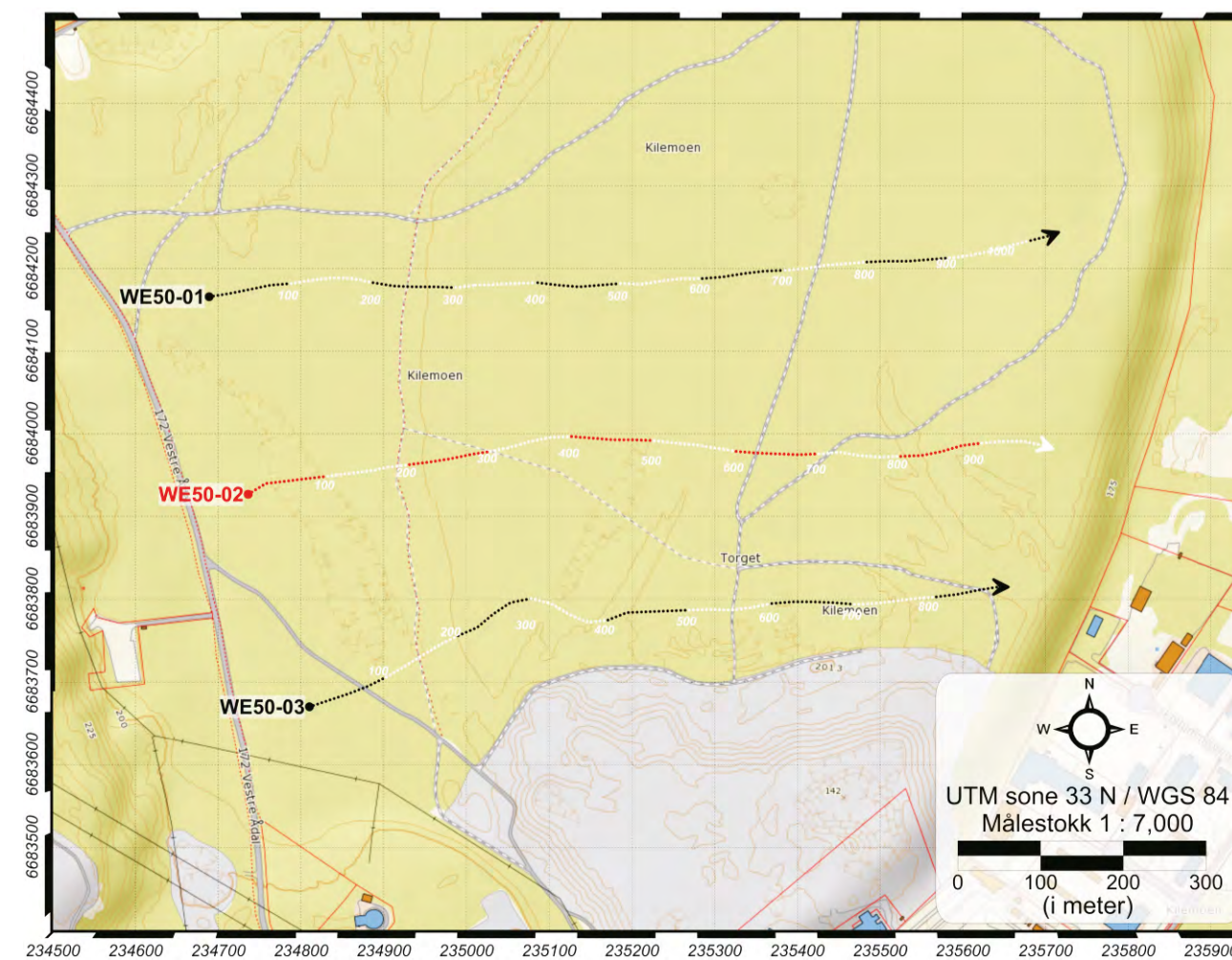
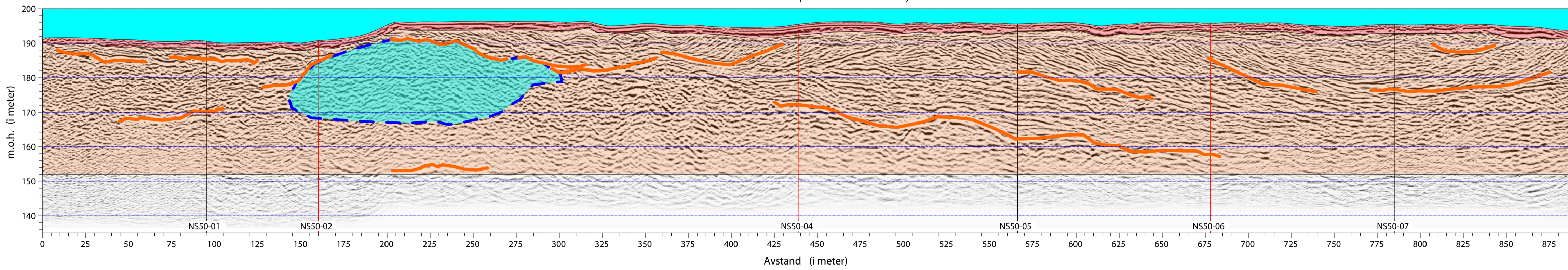
Profil WE50-01 (Vest ▶▶▶▶ Øst)



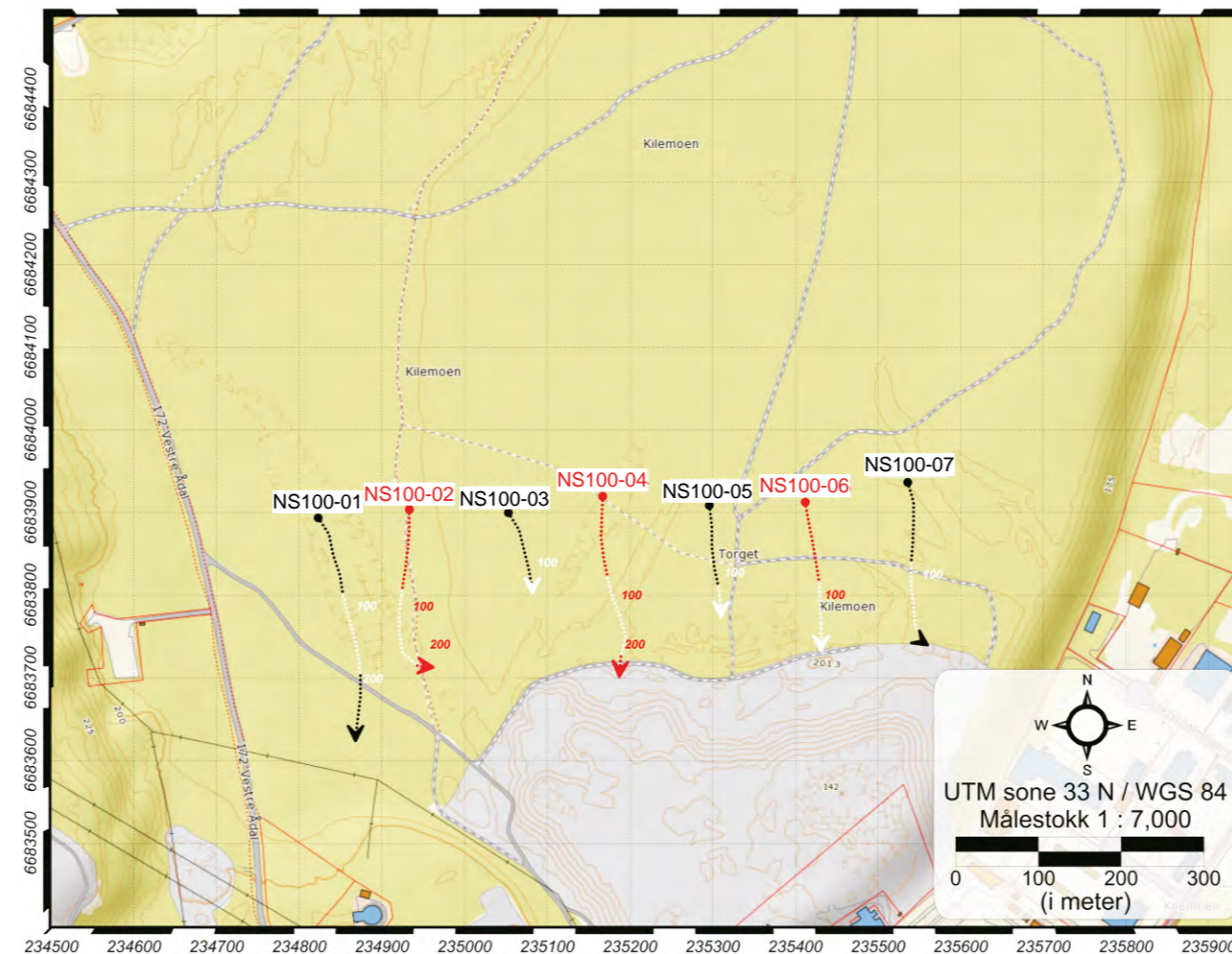
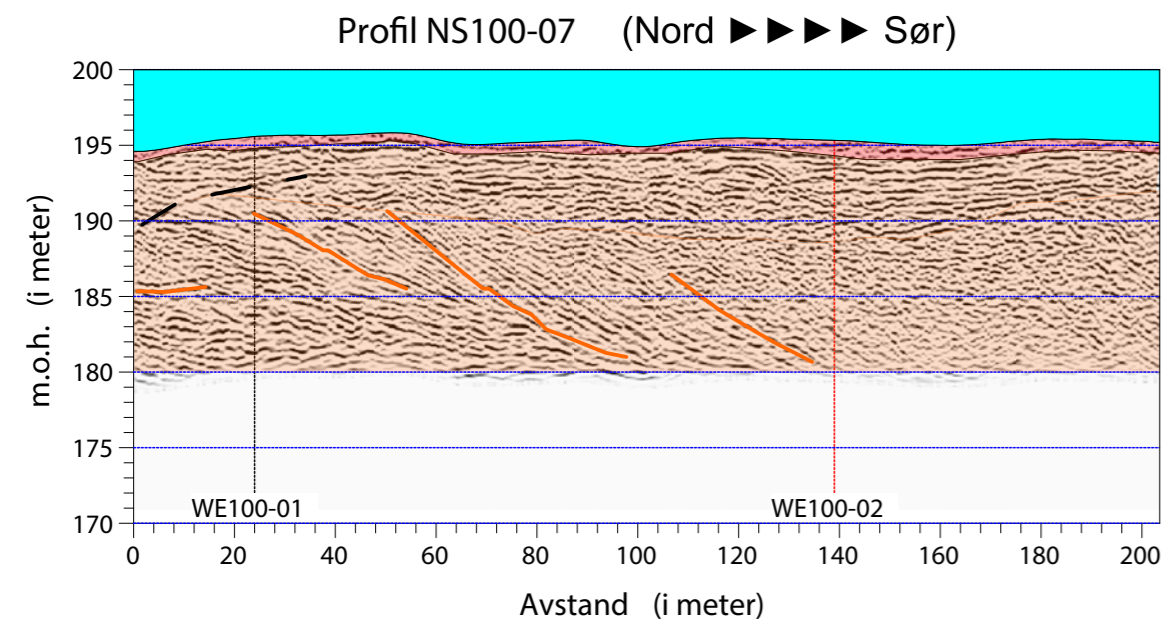
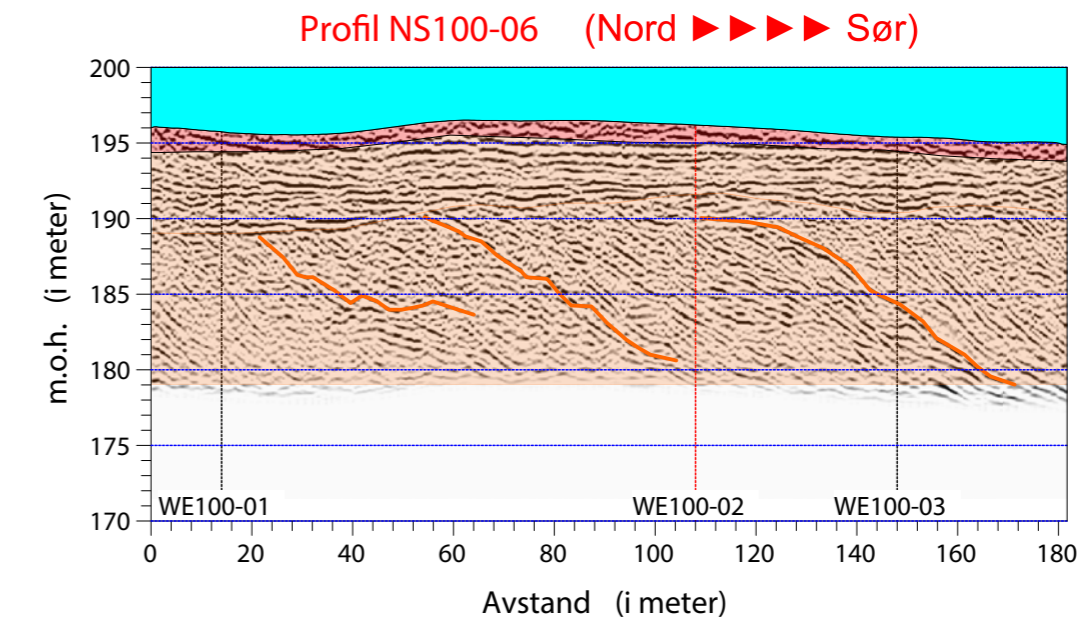
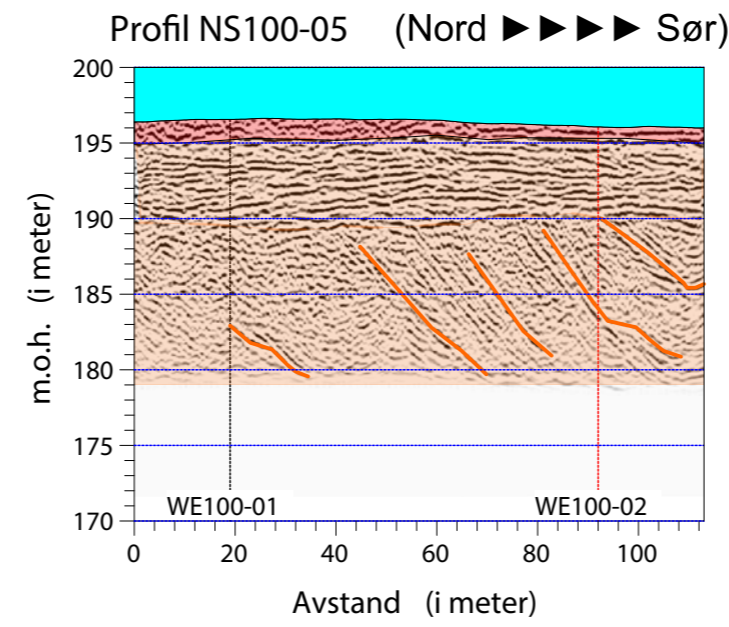
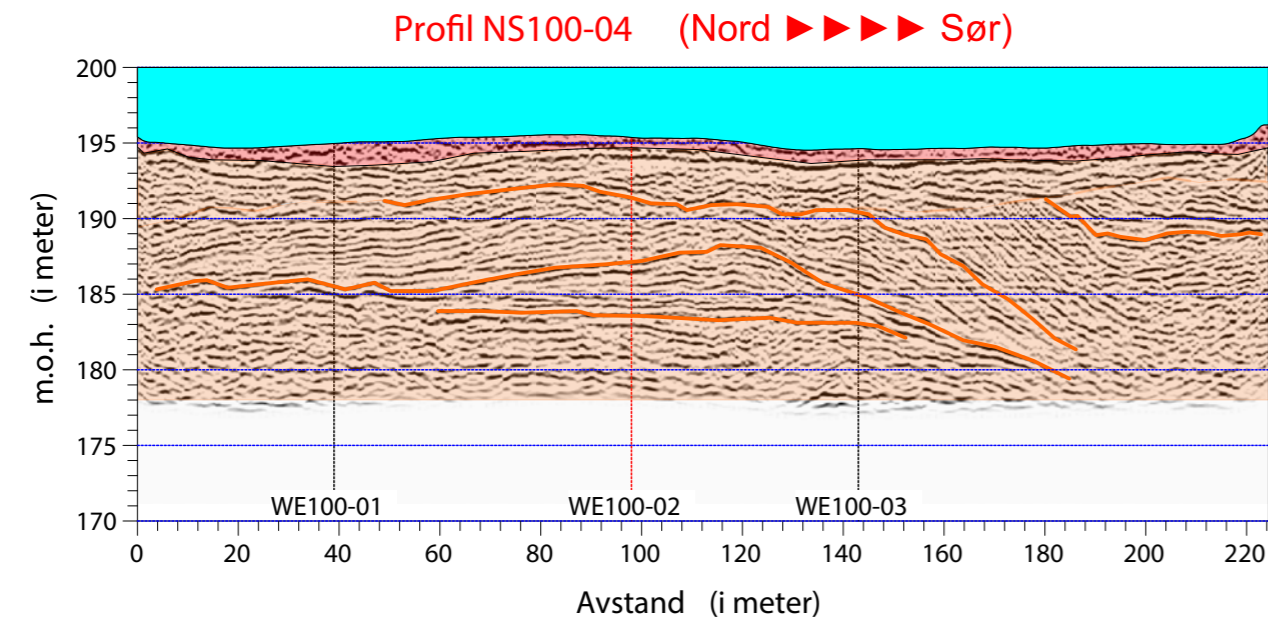
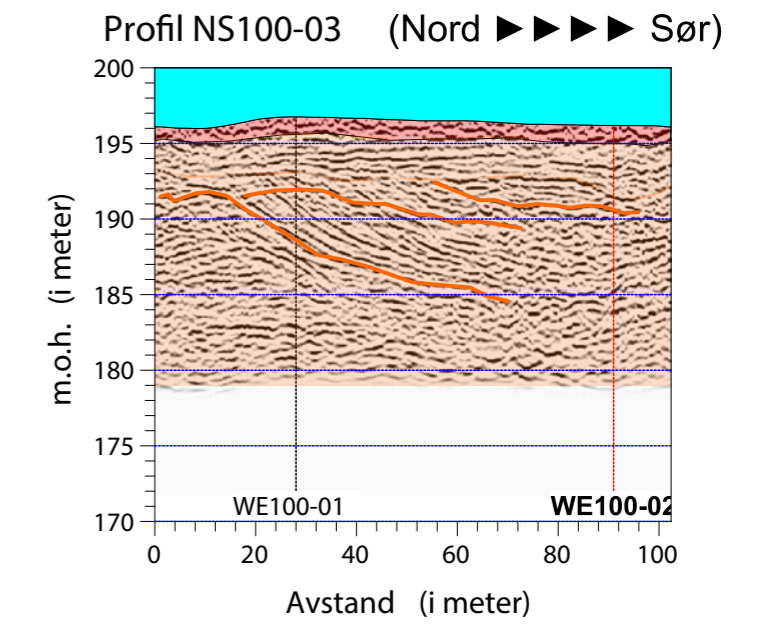
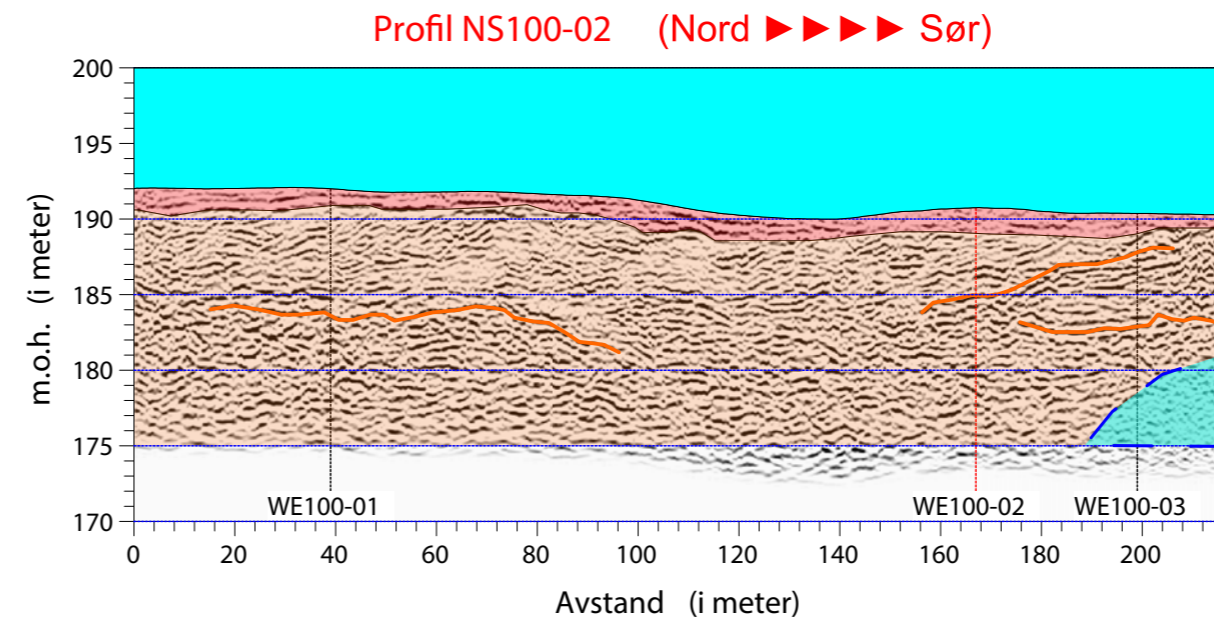
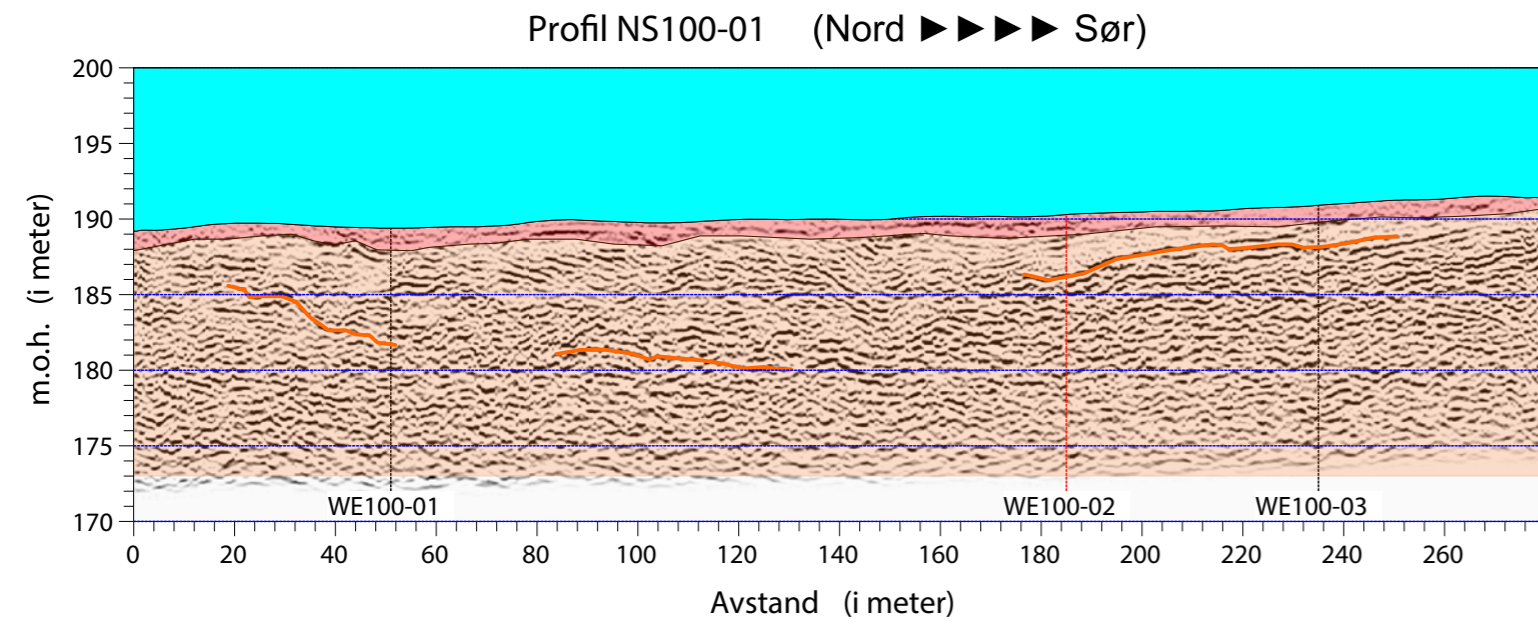
Profil WE50-02 (Vest ▶▶▶▶ Øst)



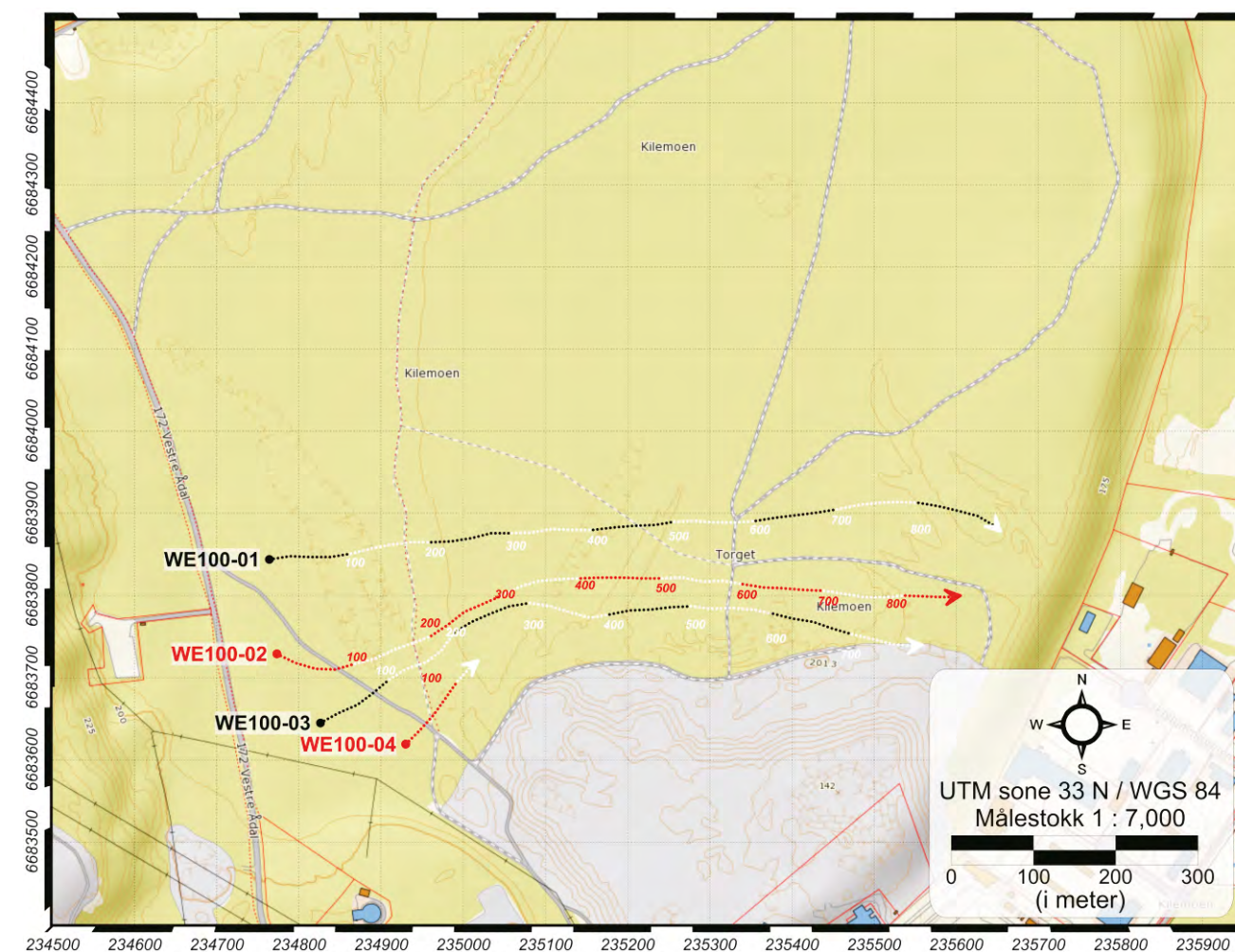
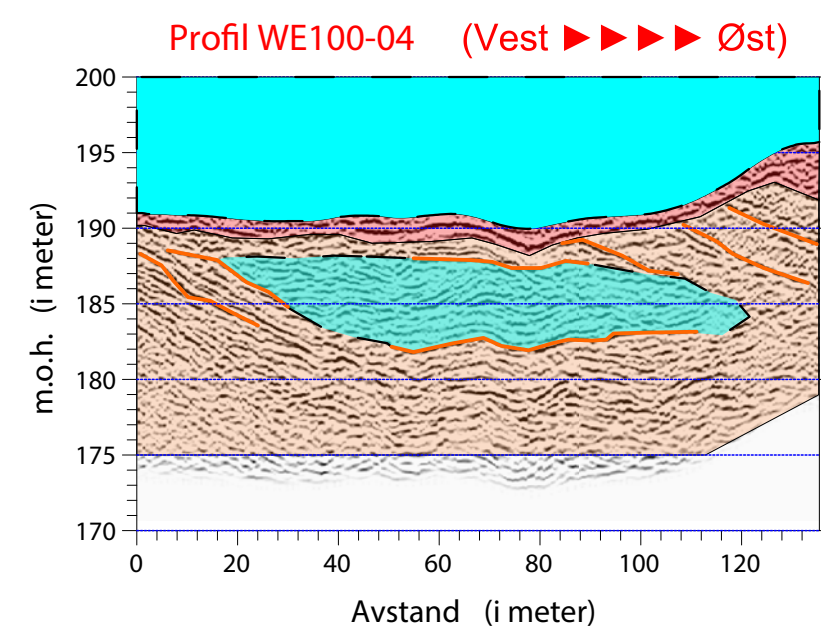
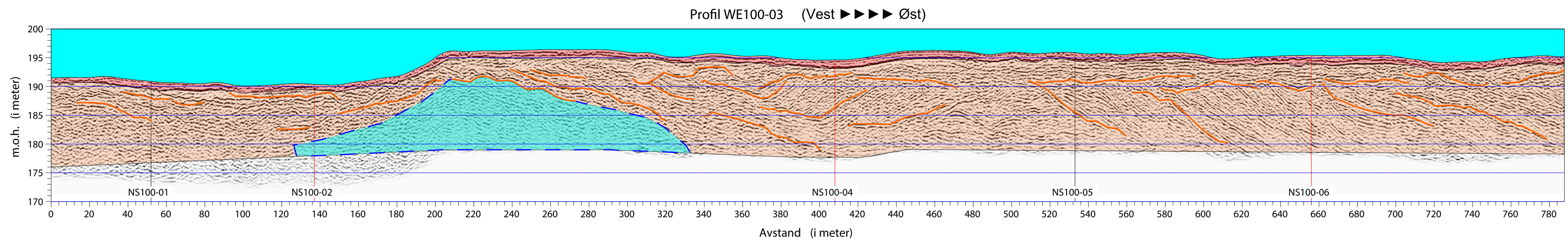
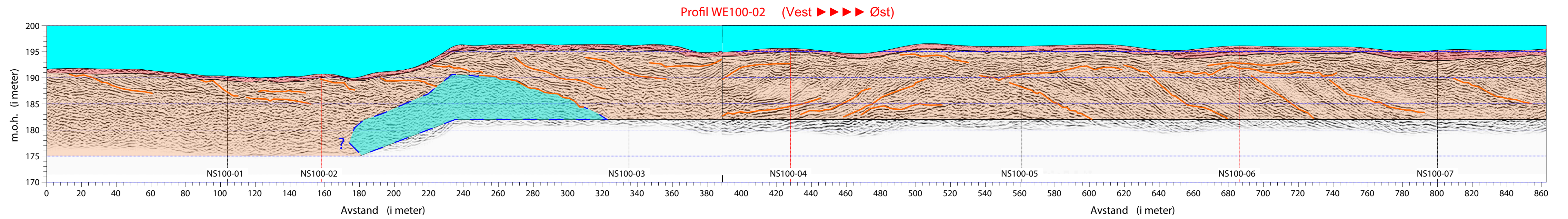
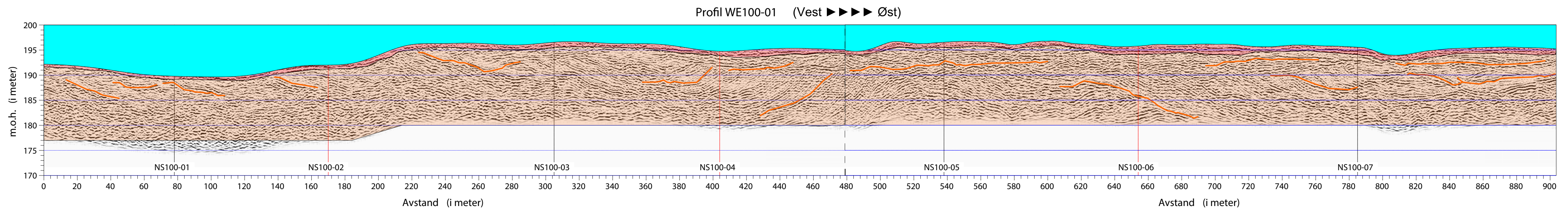
Profil WE50-03 (Vest ▶▶▶▶ Øst)



SVELVIKSAND AS GEORADAR LINJER WE50_01-03 (MALÅ RTA - 50 MHz)	MÅLSTOKK PROFILER	MÅLT GT	JUL 2017
	1:750 (Vertikal)	TEGN GT	OKT 2017
	1:1,500 (Horizontal)	TRAC	
KILEMOEN RINGERIKE KOMMUNE, BUSKERUD		KFR	KONF
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 2017.039-02	KARTBLAD NR 1815 III	



SVELVIKSAND AS GEORADAR LINJER NS100_01-07 (Malå RTA - 100 MHz) KILEMOEN RINGERIKE KOMMUNE, BUSKERUD	MÅLT GT	JUL 2017
	TEGN GT	OKT 2017
	TRAC	
	KFR KONF	
MÅLESTOKK PROFILER 1:500 (Vertikal) 1:1,500 (Horisontal)		
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 2017.039-03	KARTBLAD NR 1815 III



SVELVIKSAND AS GEORADAR LINJER WE100_01-04 (MALÅ RTA - 100 MHz) KILEMOEN RINGERIKE KOMMUNE, BUSKERUD	MÅLESTOKK	MÅLT GT	JUL 2017
	PROFILER	TEGN GT	OKT 2017
	1:500 (Vertikal)	TRAC	
1:1,500 (Horisontal)	KFR KONF		
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 2017.039-04	KARTBLAD NR 1815 III	



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
- NGU -

Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00
E-post ngu@ngu.no
Nettside www.ngu.no