



RAPPORT

AEM-målinger Gulskogen-Hokksund

DATARAPPORT

DOK.NR. 20160421-01-R
REV.NR. 01 / 2016-09-29

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

Prosjekt

Prosjekttittel: AEM-målinger Gulskogen-Hokksund
Dokumenttittel: Datarapport
Dokumentnr.: 20160421-01-R
Dato: 2016-07-01
Rev. Nr./Rev. Dato: 01 / 2016-09-29

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Norconsult
Kontaktperson: Bent Ånund Ramsfjell
Kontrakthereferanse: Oppdragsbekreftelse 13.06.2016

for NGI

Prosjektleder: Helgard Anschütz
Utarbeidet av: Helgard Anschütz, Malte Vøge
Kontrollert av: Asgeir Kydland Lysdahl, Andreas Pfaffhuber

Sammendrag

NGI har på oppdrag fra Norconsult utført helikopterbasert geoscanning (AEM) på strekningen Gulskogen-Hokksund på Sørlandsbanen.

Foreliggende datarapport presenterer data fra AEM-undersøkelsen.

I revisjon 01 av denne rapporten er de foreløpige dataene erstattet med endelige data fra AEM undersøkelsen.

Innhold

1	Prosjektbeskrivelse	5
1.1	Overordnet beskrivelse av prosjekt	5
1.2	Plannivå og undersøkelsesomfang	5
1.3	Gjennomføring	5
2	Undersøkelseresultater	7
2.1	Presentasjon av resultater	7
2.2	Tolkning	9
2.3	Bortfalte resultater	11
2.4	Kontrollomfang	11

Vedlegg

Vedlegg A	Oversiktskart - grunnforhold A1 Geologisk kart (kilde: NGU) A2 Løsmassekart (kilde: NGU)
Vedlegg B	Oversiktskart - dekning B1 Dekningskart AEM undersøkelse
Vedlegg C	Oversiktskart – gjennomsnittlig resistivitet C1 Resistivitetskart, dybde: 0-10 m C2 Resistivitetskart, dybde: 10-20 m C3 Resistivitetskart, dybde: 20-40 m C4 Resistivitetskart, dybde: 40-80 m
Vedlegg D	D1a Bergkotecart, Gulskogen-Mjøndalen D1b Bergkotecart, Mjøndalen-Hokksund D2a Dybde til berg, Gulskogen-Mjøndalen D2b Dybde til berg, Mjøndalen-Hokksund D3a Usikkerhet, Gulskogen-Mjøndalen D3b Usikkerhet, Mjøndalen-Hokksund
Vedlegg E	Utvalgte profiler E1 Oversiktskart utvalgte profiler E2 – E8 Profiler
Vedlegg F	AEM – beskrivelse av metode og utstyr

Kontroll- og referanseside

1 Prosjektbeskrivelse

1.1 Overordnet beskrivelse av prosjekt

Jernbaneverket (JBV) planlegger dobbeltsporet jernbane mellom Gulskogen og Hokksund på Sørlandsbanen. Norconsult er JBV's hovedrådgiver i prosjektet.

Grunnforhold er en viktig del av beslutningsgrunnlaget for trasevalg. I denne forbindelse er NGI engasjert av Norconsult til å utføre resistivitetmålinger fra luften (AEM) for effektivt å få en grov kartlegging av grunnforholdene, ettersom det er store områder der det kun finnes overflaterregistreringer. AEM-målingene vil bidra til å effektivisere grunnundersøkelsene ved at det blir lettere å finne de områder som bør undersøkes nøyere fra bakkenivå.

1.2 Plannivå og undersøkelsesomfang

Foreliggende rapport presenterer måleprogram og resultater for AEM utført langs Sørlandsbanen, delstrekning Gulskogen – Hokksund. Delstrekningen er i kommune-delplanfase.

AEM-undersøkelsen for Gulskogen – Hokksund ble utført i uke 24 og 25 i juni 2016 og totalt ble 79 linje-km dekket, jf. figur i vedlegg B. Området ble undersøkt i løpet av to dager.

Denne leveransen omfatter datafiler med henholdsvis bergkote, dybde til berg og usikkerhet. Disse filene leveres i både UTM32 og NTM10. Resistivitetsverdiene, tolket bergkote og dybde til berg er basert på manuelt prosesserte data som er blitt rensket for støy og andre forstyrrelser. Denne rapporten beskriver gjennomføring og illustrerer resultatene.

1.3 Gjennomføring

AEM-undersøkelsene er utført i Buskerud langs den nye delstrekningen fra Gulskogen til Hokksund. Dekningsområdet for AEM-undersøkelsene er vist på kart i vedlegg B.

Landingsplass for helikopter ble etablert på en gressplen ved Fiskum tilhørende Isachsen Entreprenør AS. Ny landingsplass til tilleggslinjer nord for Drammensveien ble etablert på Fallagsøya nord for Drammenselva.

AEM undersøkelsen ble utført med SkyTEMs 304 system. Prinsipper og metodikk for helikopterbasert geoscanning (AEM) er nærmere beskrevet i Vedlegg F.

Tabell 1 nedenfor presenterer en kort logg fra undersøkelsen.

Tabell 1, Logg fra undersøkelsen

Dag	Logg
13/06	SkyTEM team ankommer landingsplassen
15/06	NGI møter SkyTEM og Nord Helicopter på landingsplassen. Gjennomgang av SJA. Pressemøte med NGI og JBV der NRK Buskerud lager et opptak. Kalibrering av utstyret begynner.
16/06	Siste kalibrering av AEM-utstyr, oppstart av målinger. Én flyvning med produksjon (datainnsamling). Området nord for Drammensveien mellom Gulskogen og Mjøndalen kan ikke dekkes pga. trafikkert vei. Noen hester på jordene rundt Pukerud forhindrer flyvning der. Kraftlinjer er også til hinder noen steder.
17/06	NGI mottar rådata og setter i gang grovprosessering.
20/06	Tilleggslinjer diskuteres mellom NGI, JBV, Norconsult og SkyTEM. Ny landingsplass skal etableres nord for Drammenselva på Fallagsøya
21/06	SkyTEM ankommer landingsplassen.
23/06	Tilleggslinjer flys.
24/06	NGI mottar rådata fra tilleggslinjene og setter i gang grovprosessering



Figur 1, Takeoff med SkyTEM-utstyret og helikopter.

2 Undersøkelsesresultater

2.1 Presentasjon av resultater

I vedlegg A presenteres både geologisk og kvartærgeologisk kart for det undersøkte område (kilde: NGU).

Vedlegg B viser dekningsområde, dvs. planlagte og utførte flylinjer.

Resistiviteten er visualisert i vedlegg C. De presenterer gjennomsnittlig verdi interpolert mellom flylinjene for fire dybdeintervaller:

- ↗ 0-10 m dybde (vedlegg C1)
- ↗ 10-20 m dybde (vedlegg C2)
- ↗ 20-40 m dybde (vedlegg C3)
- ↗ 40-80 m dybde (vedlegg C4)

Det gjøres oppmerksom på at flere/andre intervaller kan leveres etter forespørsel dersom det er av interesse.

Sammenlignet med resistivitetskartene i den foreløpige leveransen er fargeskala for kartene i Vedlegg C invertert etter Norconsults ønske, dvs., rødt er svært ledende, blått er svært resistiv materiale.

Vedlegg D visualiserer tolket bergoverflate og dybde til berg i det undersøkte området, samt usikkerheten i selve tolkningen. Dybdeverdiene er bestemt langs flylinjene der vi har data og dermed AEM-resistivitetsmodeller. For å visualisere dybde/kote på kart, må det gjøres en interpolasjon mellom linjene. Usikkerheten i presentert bergdybde eller bergkote er dermed større mellom linjene enn langs linjene. Usikkerheten som er angitt nedenfor baserer seg på AEM-modellene, altså langs linjene, ikke mellom linjene.

Usikkerheten er anslått manuelt i enkelte tolkningspunkter langs flylinjer, og deretter beregnet i alle AEM-datapunkter ved hjelp av en statistisk ekstrapolerings-algoritme. På kart over dybde til berg er det også vist dybde fra boringer.

Vedlegg E viser utvalgte profiler der resistivitet er plottet mot dybde fra terreng for nærmere å undersøke resistivitet mot dybde. Profilene illustrerer hvordan bergkote ble tolket og hvilken usikkerhet som ble brukt for forskjellige målepunkter. Vedlegg E1 viser profilenes beliggenhet. P4 og P5 er de samme profilene som før, mens de andre profilene er tegnet langs oppdaterte korridoralternativene (som mottatt fra Norconsult 5/9/2016).

Det er plottet data i en viss søkeradius unna profilene, nærmere angitt i Tabell 2. Dermed blir datapunkter og tolkede bergkoter som ligger utenfor profillinjene projisert på profilene, noe som medfører at det i noen tilfeller ser ut som om det var flere datapunkter på samme punkt langs linje. Det gjøres oppmerksom på at fargeskala på resistivitetsmodellene på profilene er ikke endret i forhold til de foreløpige data, dvs, blått er svært ledende og rødt er svært resistivt. Boringer er også vist på profilene. Dersom de avslutter med sikker bergpåvisning er dette markert med svart nederst. Profilene er presentert enkeltvis i følgende vedlegg:

- ↗ Profil P1ny (vedlegg E2)
- ↗ Profil P2ny (vedlegg E3)
- ↗ Profil P3ny (vedlegg E4)
- ↗ Profil P4 (vedlegg E5)
- ↗ Profil P5 (vedlegg E6)

- ↗ Profil P6 (vedlegg E7)
- ↗ Profil P7 (vedlegg E8)

Tabell 2: Søkeradius av hhv AEM data og boringer rundt profilene.

Profil	Radius AEM (m)	Radius boringer (m)
P1ny	100	100
P2ny	100	100
P3ny	100	100
P4	50	60
P5	30	100
P6	50	80
P7	30	100

Vedlegg F gir en beskrivelse av undersøkelsesmetode- og utstyr.

2.2 Tolkning

Mesteparten av berggrunnen i dalbunnen er ikke kartlagt i N50-kartserien pga store mektigheter med marine og fluviale avsetninger. Basert på berggrunnsgeologisk kart er man derfor nødt til å gjøre en viss interpolasjon mellom dalsidene. Det ser ut til å gå et skille omtrent ved Ryggkollen mellom metamorfe bergarter (granitt) i øst og kambro-siluriske bergarter i vest. Granitt er vanligvis svært resistivt (> 3000 Ohmm), mens kambro-silur gjerne består av lagdelt kalkstein, leirskifer og sandstein som kan ha svært ulike resistivetsverdier. Kalkstein er gjerne resistiv (~ 500 Ohmm) mens svart leirskifer er svært ledende ($1-10$ Ohmm). De yngste etasjene ligger mot øst. Disse består i mindre grad av svarte leirskifer og kan dermed forventes å danne en viss kontrast til marin leire. Mot Hokksund, derimot, er det større usikkerhet knyttet til berggrunnens beskaffenhet. Noen kilometer mot sørvest, ved Smørgrav, er det påvist svart leirskifer, og NGI har ERT-data (elektroresistiv tomografi) som tilsier veldig lav resistivitet i disse formasjonene.

Løsmassekartet viser at store deler av undersøkelsesområdet er preget av hav- og fjordavsetninger, samt breelvavsetninger og elve- og bekkeavsetninger med til dels stor mektighet. Hav- og fjordavsetninger kan forventes å ha forholdsvis lav til svært lav resistivitet, mens de forskjellige fluviale avsetningene har høyere resistivitet enn havavsetninger. Dette er tilfelle rett øst for Mjøndalen, i området rundt Ryggkollen, der det er det breelvavsetninger med høyere resistivitet. Det samme gjelder elve- og bekkeavsetninger som finnes mot nord mellom Mjøndalen og Hokksund.

Foreløpige resultater fra boringer tatt i regi av Norconsult ble presentert under et møte mellom NGI, Norconsult og JBV 1/9/16, og NGI fikk tilsendt dybde til berg fra geotekniske borehull. Boringene viser at det er noen få meter dybde til berg i SØ i undersøkelsesområdet, nær Gulsbogen. Litt lengre vest er det derimot opptil 20 m til berg, men med veldig faste masser og delvis morene over berg. Ved Ryggkollen ser man også

faste masser over berg. Mot Hokksund er det et lag med ca. 3 m tykkelse av sand over leire, mens berg ligger veldig dypt i den nordlige delen her. Tidligere undersøkelser har vist at mot nord er det stort sett tykke lag med bløt og siltig leire mellom Gulsbogen og Mjøndalen.

Resultatene fra boringer stemmer stort sett godt overens med AEM-data. Likevel forekommer det noen forskjeller, særlig i SØ mot Gulsbogen og noen steder rundt Ryggkollen. Her tilsier boringene faste masser over berg, som betyr en svært dårlig kontrast i resistivitet. Dermed er AEM ikke i stand til å skille tydelig mellom berg og løsmasser på disse stedene. For å få en konsistent tolkning ved bruk av den automatiserte interpolasjonsalgoritmen ble det derfor lagt litt mindre vekt på boret dybde i tolkning av AEM data i disse områdene. Det anbefales refraksjonsseismikk i disse områdene for å avklare dybde til berg. På de fleste andre steder er boringene tatt med i tolkning av AEM, dvs, det ble om nødvendig gjort manuelle justeringer i den interpolerte dybden der boringene antydte det.

Vedlegg C1-C4 viser at resistiviteten, som forventet, generelt øker med økende dybde under terreng. Basert på gjennomsnittlige resistivitetsverdier kan det antas at grunnen i dalbunnen stort sett består av løsmasser i de øverste 0-10 m (C1), delvis også ned til 20 m (C2) fra terreng (lav resistivitet). I området mellom Mjøndalen og Hokksund identifiseres det et forholdsvis resistivt topplag (C1), mens de dypere lagene ser ut til å består av ledende masser igjen (C2), noe som stemmer godt overens med resultater fra boringene som indikerer et sandlag over leire her. Mot sør er det antageligvis berg som dominerer i de dypere lag, i deler av området ellers er det også trolig berg eller resistive, faste masser nær overflaten. Mot nord er det noen områder med forholdsvis lav resistivitet også i større dybde (vedlegg C3 og C4). Det kan dermed forventes at det finnes et tykt leirelag i disse områdene.

Forekomst av tykke lag med svært elektrisk ledende masser (f.eks. tykke lag med marin leire) fører til betydelige elektromagnetiske tap i de induserte strømmene, og dette kan gjøre at kontrasten mellom løsmasser og berg i AEM-modellen blir dårligere. Dette forekommer spesielt i midten av dalen. I disse tilfellene kan det være noe vanskeligere å finne overgangen mellom løsmasser og berg. Vi har likevel valgt å definere den svake kontrast i dybden i de nordlige delene av undersøkelsesområdet som berg, selv om den nøyaktige beliggenheten kan avvike noe fra den valgte grenseflaten. Dersom man tolker denne svake overgangen i resistivitet som berg, kan det konkluderes med at dalen er heller formet som en U-dal enn en V-dal.

Profilene i Vedlegg E illustrer at dybde til berg øker stort sett fra sør til nord (mot elva). Blå og grønne farger i topplaget indikerer at det er forholdsvis ledende sedimenter (dvs. sedimenter med lav resistivitet, som f.eks. leire). Gult/oransje indikerer at det er sedimenter med høyere resistivitet, som for eksempel tørr sand og grus, eller overgang til berg. Kalkstein og leirskifere vil også ha relativt lave verdier. Rødt er høy resistivitet og tilsvarer berg eller svært faste masser/morene. Men som nevnt over kan tykke lag

med ledende masser dempe signalene slik at berg fremstår med en lavere resistivitetsverdi.

2.3 Bortfalte resultater

Dekningen til de luftbårne undersøkelsene er vist i vedlegg B. Det er ikke tillatt å fly med hengende last over mennesker og har derfor ikke vært mulig å dekke alle planlagte flylinjer pga. hus, trafikkerte veier og annen infrastruktur. Som en konsekvens av dette er det noen hull i dataene i forhold til området som Jernbaneverket ønsket dekket.

Det er også utført en automatisk støyfiltrering av dataene, etterfulgt av en manuell prosessering. Denne prosessen kan gi ytterligere hull i dataene.

Når den endelige traséen er valgt, anbefales en vurdering om det er ønskelig å supplere med bakkebaserte resistivitetsmålinger i noen områder til å lage en bedre 3D-modell av resistivitet og bergkote.

2.4 Kontrollomfang

Kontrollomfanget for AEM undersøkelsen er utført i følgende rekkefølge:

Oversikt over dekningsområde fra flyvningen mottatt fra SkyTEM er kontrollert fortløpende mot planlagt dekningsområde og planlagte linjer. Kontrollen er utført som "uavhengig kontroll".

Rådata mottatt fra SkyTEM er kontrollert fortløpende av NGI. Kontrollen er utført som "uavhengig kontroll".

Kartproduksjon inkl. data fra undersøkelsen er kontrollert både ved foreløpig og endelig leveranse. Kontrollen er utført som "sidemannskontroll".

Kontroll av rapporter er utført ved endelig leveranse. Kontrollen er utført som "sidemannskontroll".

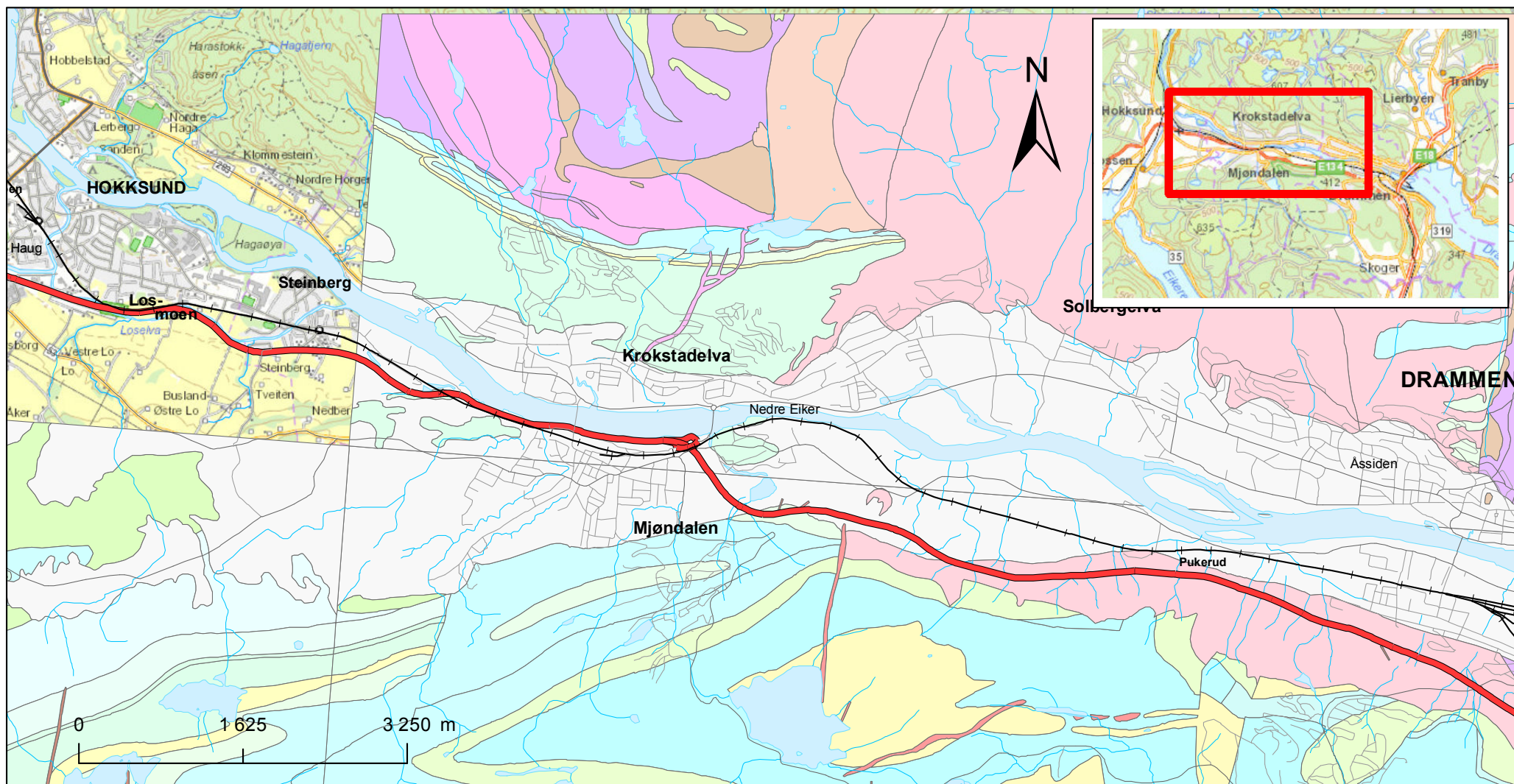
Vedlegg A

OVERSIKTSKART - GRUNNFORHOLD

Innhold

A1	Geologisk kart (kilde: NGU)	2
A2	Løsmassekart (kilde: NGU)	4

A1 Geologisk kart (kilde: NGU)



Tegnforklaring

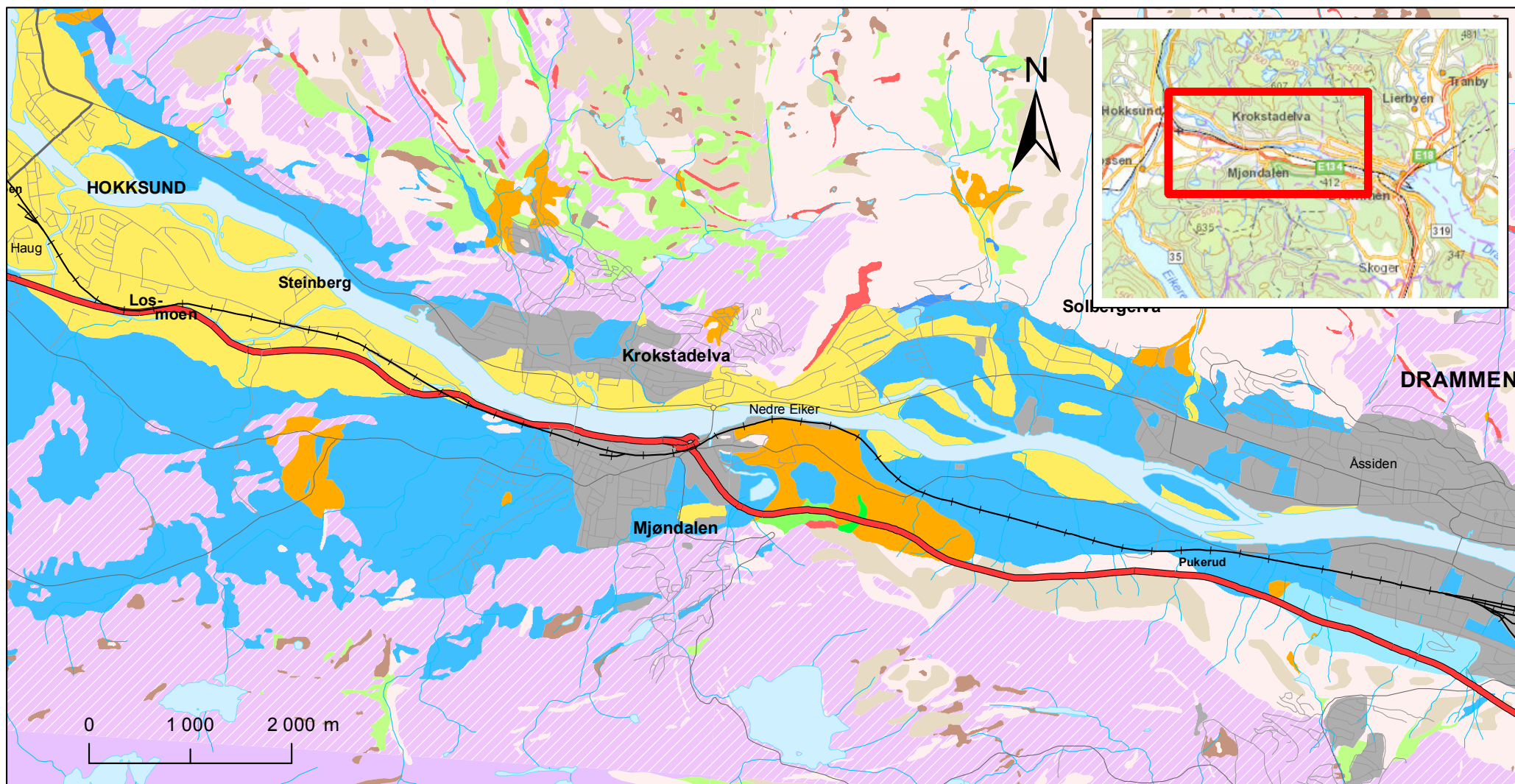
	Granitt		Porfyrgranitt
	Granittisk gang og pegmatitt		Rombeporfyr
	Alkalifeltspat-kvartsporfyr		Sandstein, leirskifer med noen tynne, siltsteins-, kalksteins- og knollekalklag.
	Basalt og latitt		Sandstein
	Biotittgranitt, grovkornet og med middelskornet grensefacies		Kalkstein
	Diabasgang		Kvartskonglomerat
	Felsisk utblåsningsbreksje og andre grove pyroklastiske bergarter		Leirskifer
			Silt og leire
			Siltig skifer og mergelstein
			Slamstein og slamskifer
			Lys alkali-ignimbritt

Målestokk (A4): 1:55 000 Datum: EUREF89, Kartprosjeksjon: UTM33

AEM Gulskogen-Hokksund

Berggrunn	Prosjektnr.	Kart nr.
Sørlandsbanen Gulskogen-Hokksund	20160421	A1
	Utført AOL	Dato 2016-06-30
	Kontrollert HHe	Godkjent HAn

A2 Løsmassekart (kilde: NGU)



Tegnforklaring

012-Morenemateriale, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen	043-Hav- og fjordavsetning og strandavsetning, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen	072-Forvittringsmateriale, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen
011-Morenemateriale, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet	041-Hav- og fjordavsetning, sammenhengende dekke, ofte med stor mektighet	130-Bart fjell
015-Randmorene/randmorenebelte	042- Marin strandavsetning, sammenhengende dekke	100-Humusdekke/tynt torvdekke over berggrunnen
050-Elve- og bekkeavsetning (Fluvial avsetning)	070-Forvittringsmateriale, ikke inndelt etter mektighet	090-Torv og myr (Organisk materiale)
020-Breelavsetning (Glasifluvial avsetning)		120-Fyllmasse (antropogent materiale)
		081-Skredmateriale, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet

Målestokk (A4): 1:55 000 Datum: EUREF89, Kartprosjeksjon: UTM33

AEM Gulslogen-Hokksund

Kvartærgeologi	Prosjektnr.	Kart nr.
	20160421	A2
Sørlandsbanen Gulslogen-Hokksund	Utført AOL	Dato 2016-06-30
	Kontrollert HHe	Godkjent HAn
NGI		

Vedlegg B

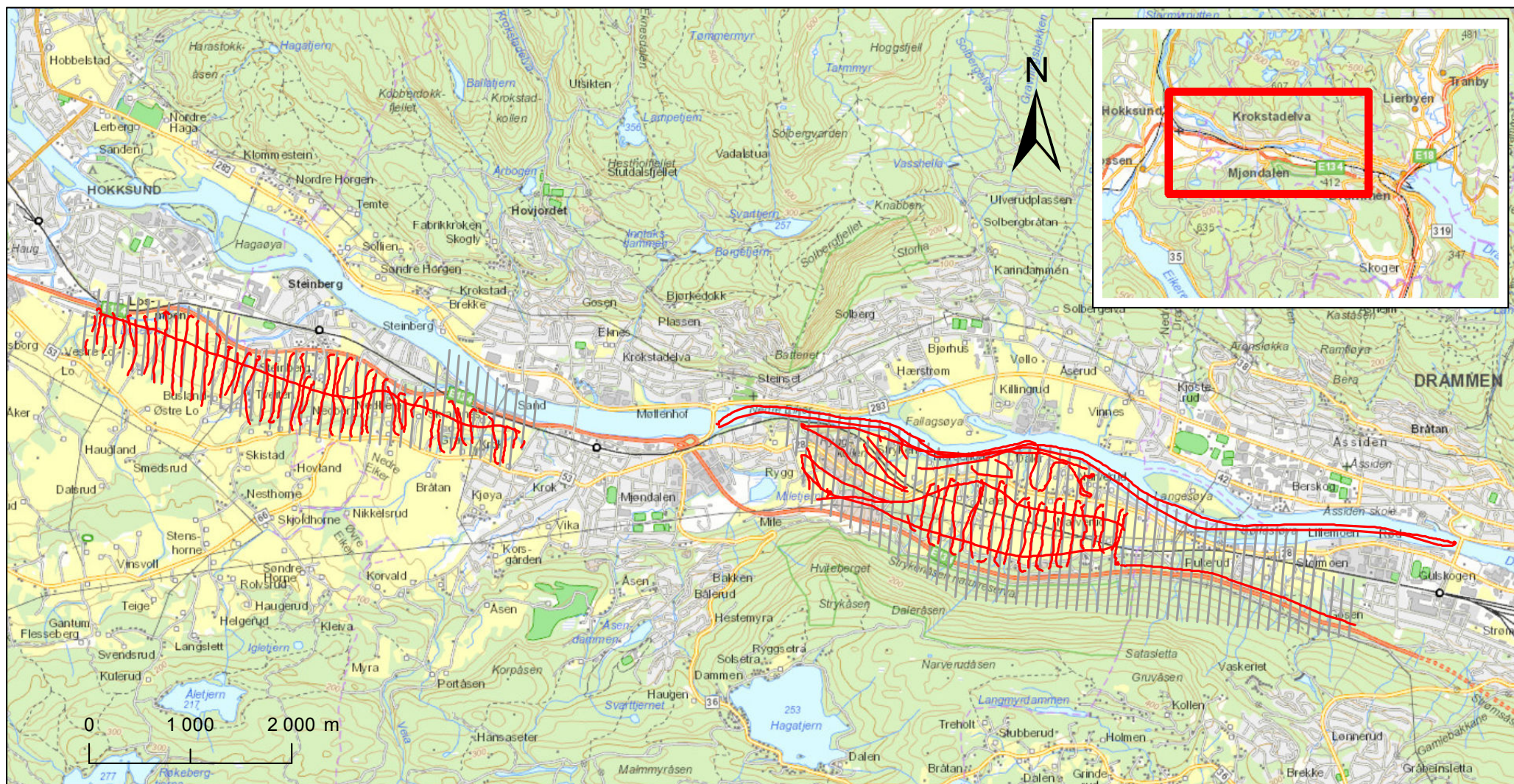
OVERSIKTSKART - DEKNING

Innhold

B1 Dekningskart AEM undersøkelse

2

B1 Dekningskart AEM undersøkelse



Tegnforklaring

- Utførte flylinjer
- Planlagte flylinjer

Målestokk (A4): 1:55 000 Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM33

AEM Gulsbogen-Hokksund

Dekning	Prosjektnr. 20160421	Kart nr. B1
Sørlandsbanen Gulsbogen-Hokksund	Utført AOL	Dato 2016-06-30
	Kontrollert HHe	Godkjent HAn

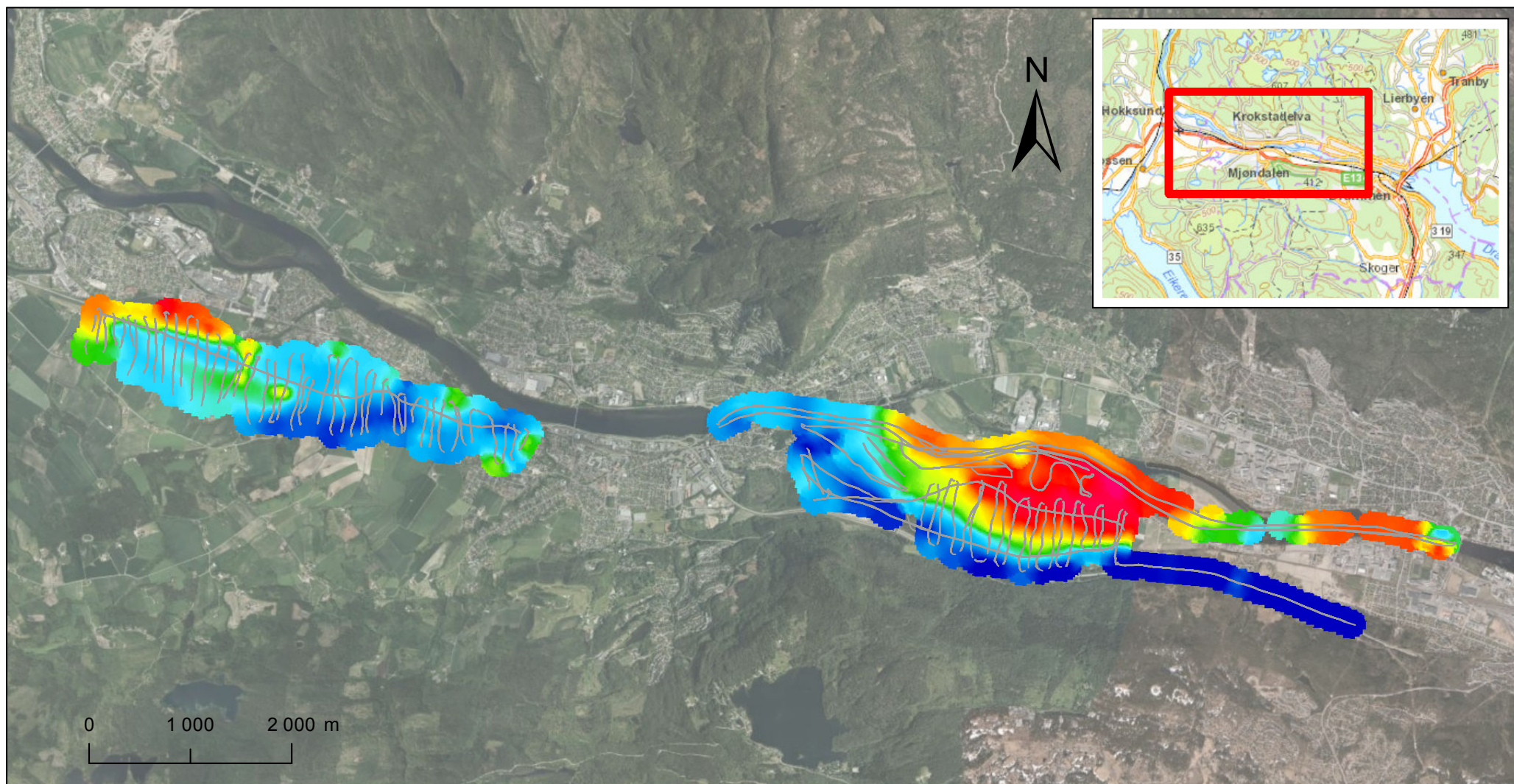
Vedlegg C

OVERSIKTSKART – GJENNOMSNITTLIG RESISTIVITET

Innhold

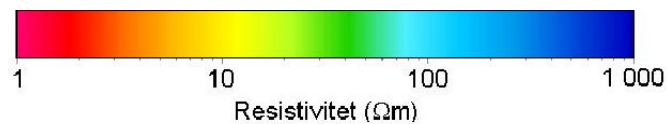
C1	Resistivitetskart, dybde: 0-10 m	2
C2	Resistivitetskart, dybde: 10-20 m	4
C3	Resistivitetskart, dybde: 20-40 m	6
C4	Resistivitetskart, dybde: 40-80 m	8

C1 Resistivitetskart, dybde: 0-10 m



Tegnforklaring

— Utførte flylinjer

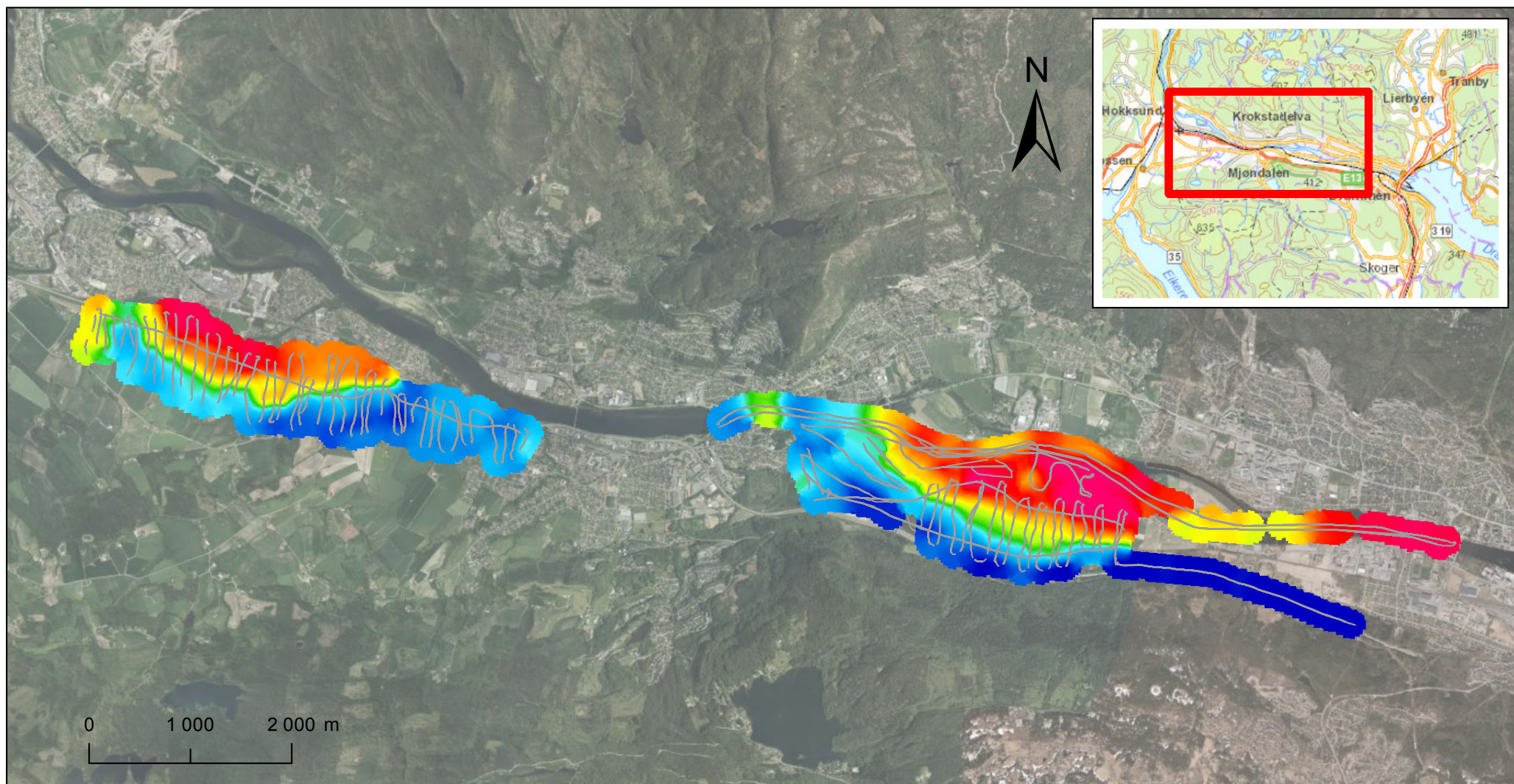


Målestokk (A4): 1:55 000

AEM Gulskogen-Hokksund

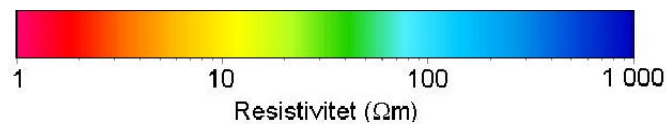
Resistivitet 0-10 m	Prosjektnr. 20160421	Kart nr. C1
Sørlandsbanen Gulskogen-Hokksund	Utført AOL	Dato 2016-09-14
	Kontrollert HHe	Godkjent HAn

C2 Resistivitetskart, dybde: 10-20 m



Tegnforklaring

— Utførte flylinjer

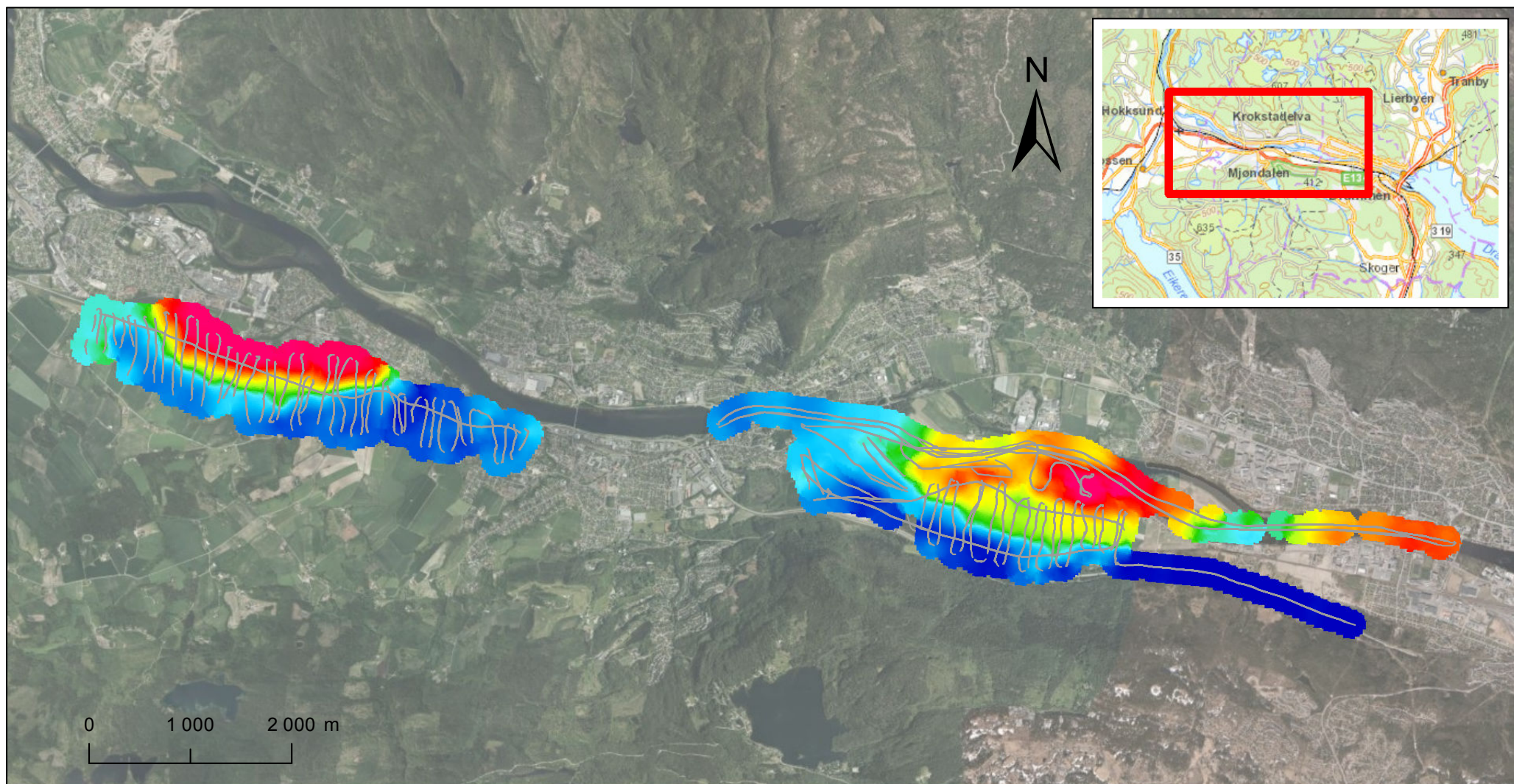


Målestokk (A4): 1:55 000

AEM Gulskogen-Hokksund

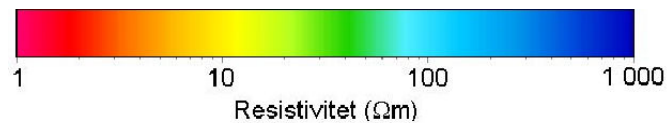
Resistivitet 10-20 m	Prosjektnr. 20160421	Kart nr. C2
Sørlandsbanen Gulskogen-Hokksund	Utført AOL	Dato 2016-09-14
	Kontrollert HHe	Godkjent HAn
		

C3 Resistivitetskart, dybde: 20-40 m



Tegnforklaring

— Utførte flylinjer

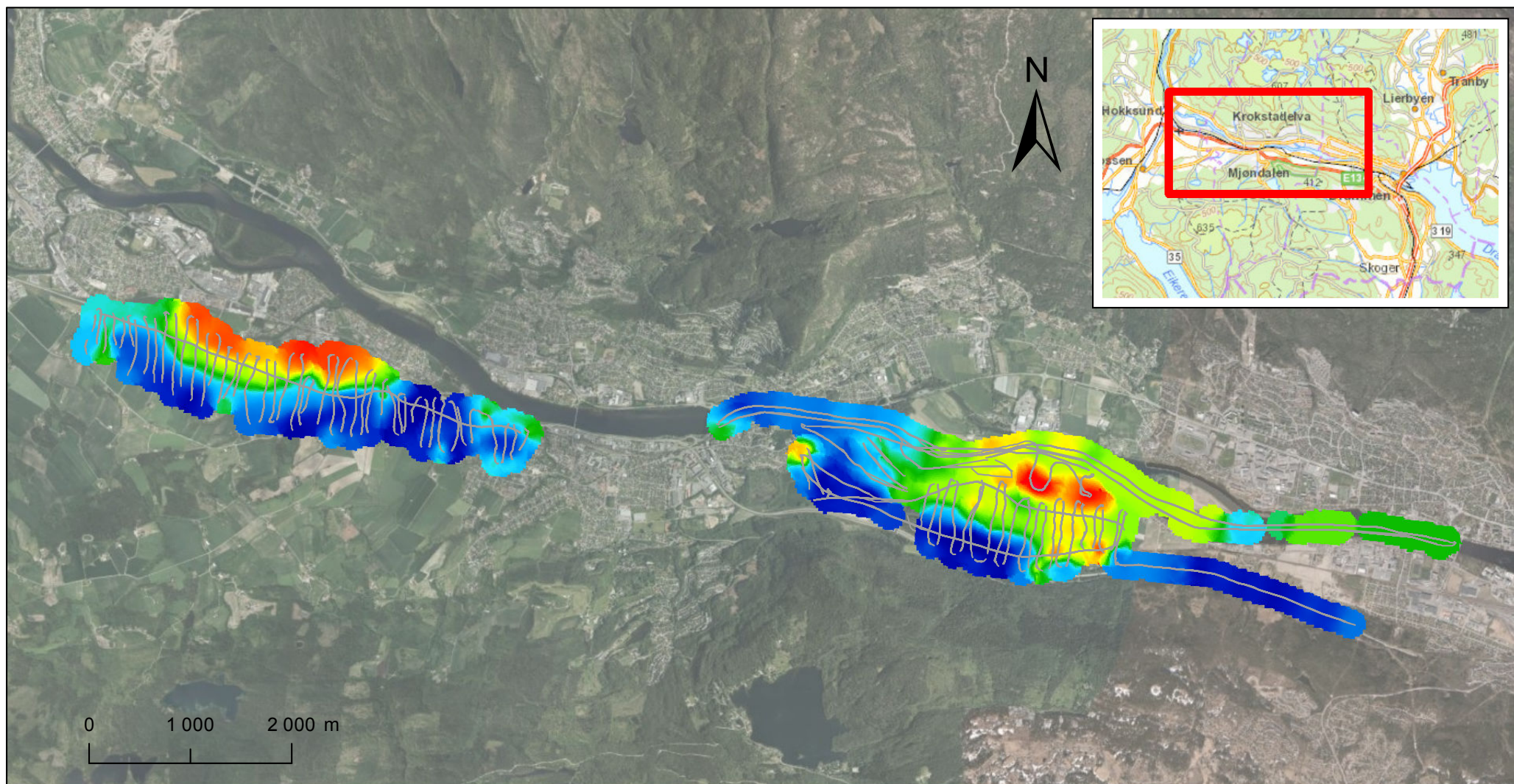


Målestokk (A4): 1:55 000

AEM Gulskogen-Hokksund

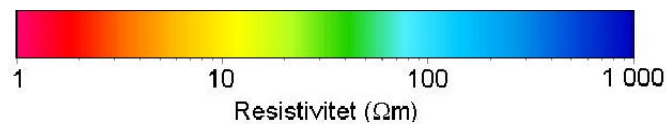
Resistivitet 20-40 m	Prosjektnr. 20160421	Kart nr. C3
Sørlandsbanen Gulskogen-Hokksund	Utført AOL	Dato 2016-09-14
	Kontrollert HHe	Godkjent HAn
		

C4 Resistivitetskart, dybde: 40-80 m



Tegnforklaring

— Utførte flylinjer



Målestokk (A4): 1:55 000

AEM Gulskogen-Hokksund

Resistivitet 40-80 m	Prosjektnr. 20160421	Kart nr. C4
Sørlandsbanen Gulskogen-Hokksund	Utført AOL	Dato 2016-09-14
	Kontrollert HHe	Godkjent HAn

Vedlegg D

BERGKOTEKART OG DYBDE TIL BERG

Innhold

D1 Bergkotekart	2
D1.a Bergkotekart, Gulskogen-Mjøndalen	2
D1.b Bergkotekart, Mjøndalen-Hokksund	4
D2 Dybde til berg	6
D2.a Dybde til berg, Gulskogen-Mjøndalen	6
D2.b Dybde til berg, Mjøndalen-Hokksund	8
D3 Usikkerhet Gulskogen-Mjøndalen	9
D3.a Usikkerhet Gulskogen-Mjøndalen	9
D3.b Usikkerhet Mjøndalen-Hokksund	11

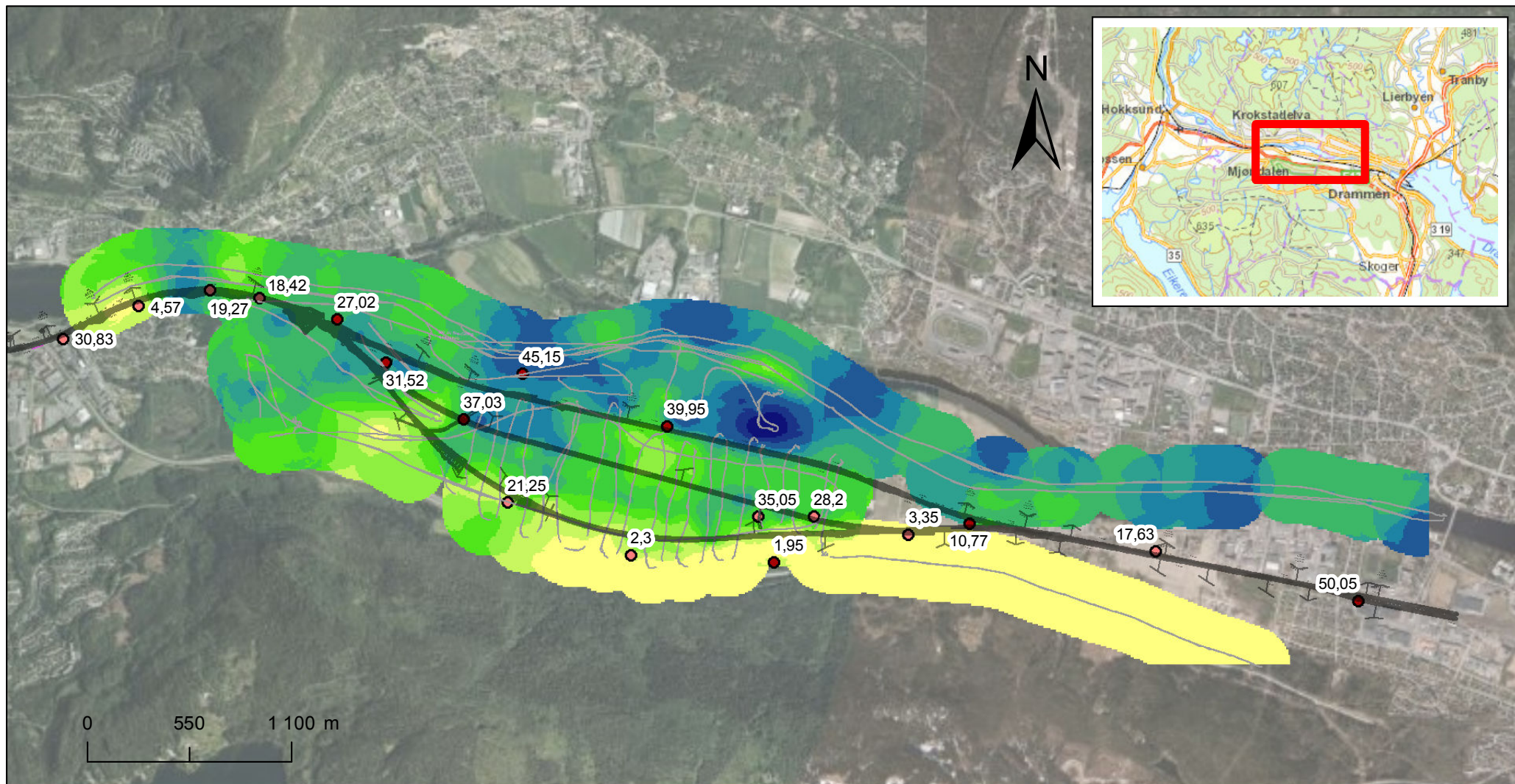
D1 Bergkotekart

D1.a Bergkotekart, Gulskogen-Mjøndalen

D1.b Bergkotekart, Mjøndalen-Hokksund

D2 Dybde til berg

D2.a Dybde til berg, Gulskogen-Mjøndalen



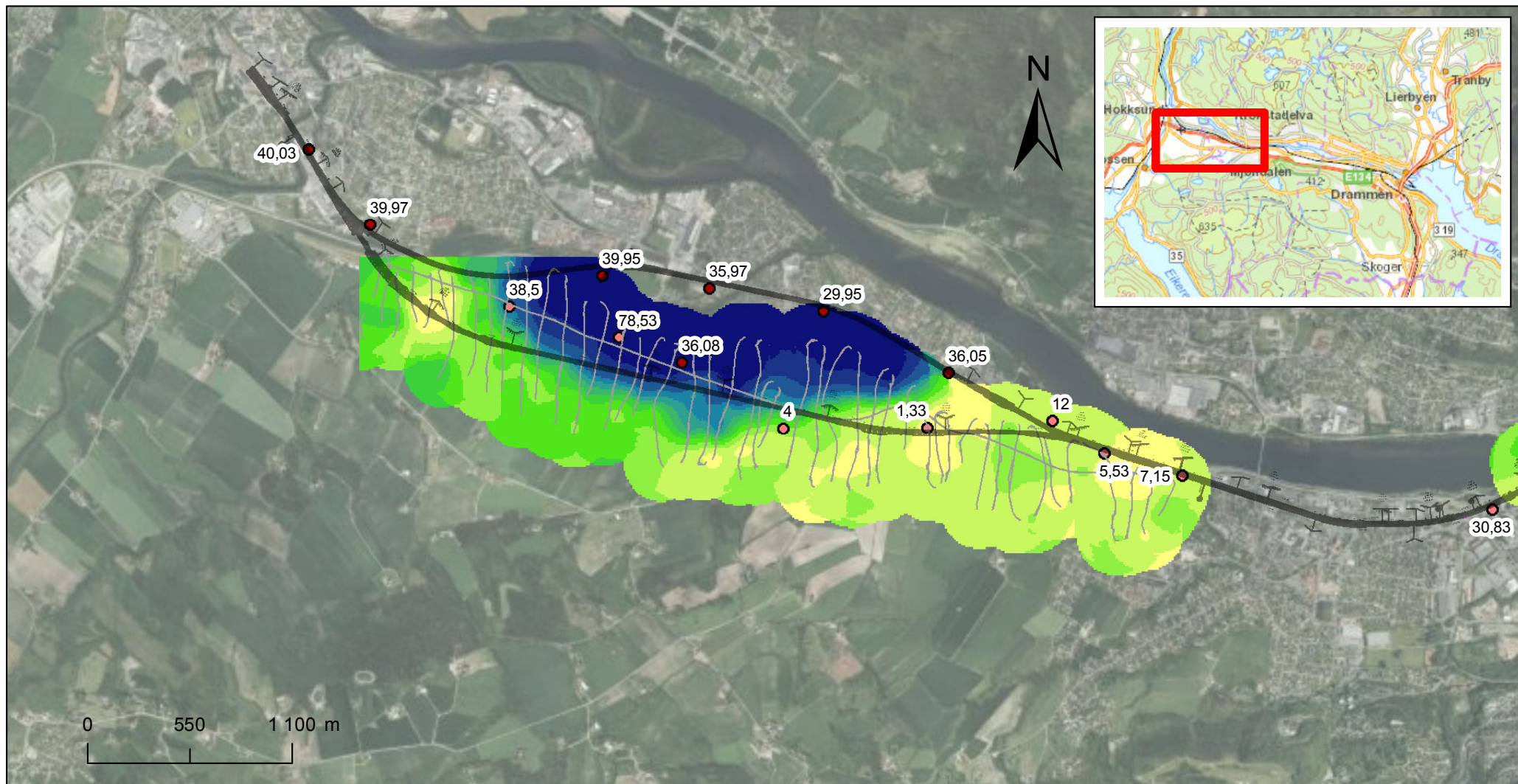
Tegnforklaring

—	Utførte flylinjer
●	Påvist berg
●	Antatt berg / ikke påtruffet berg
Dybde berg (m)	
0 - 5	26 - 30
6 - 10	31 - 35
11 - 15	36 - 40
16 - 20	41 - 50
21 - 25	51 - 60
	61 - 80

Målestokk (A4): 1:30 000

AEM Gulskogen-Hokksund		
Sørlandsbanen Gulskogen-Mjøndalen	Antatt dybde til berg (m)	20160421
	Prosjektnr.	D2a
	Kart nr.	
	Utført	AOL
	Dato	2016-09-14
	Kontrollert	HHe
		Godkjent
		HAn
NGI		

D2.b Dybde til berg, Mjøndalen-Hokksund



Tegnforklaring

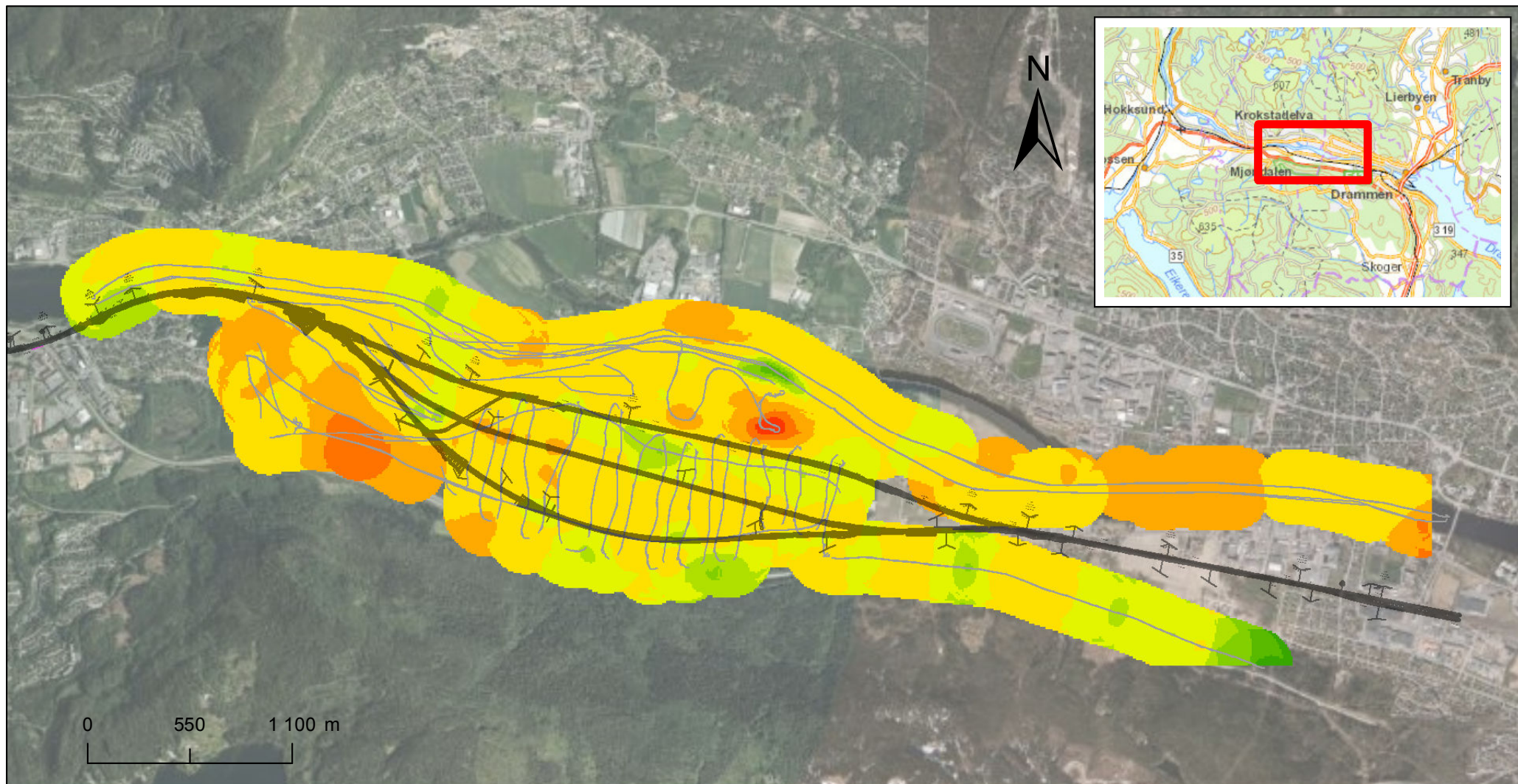
—	Utførte flylinjer
●	Påvist berg
●	Antatt berg / ikke påtruffet berg
Dybde berg (m)	
0 - 5	26 - 30
6 - 10	31 - 35
11 - 15	36 - 40
16 - 20	41 - 50
21 - 25	51 - 60
	61 - 80

Målestokk (A4): 1:30 000

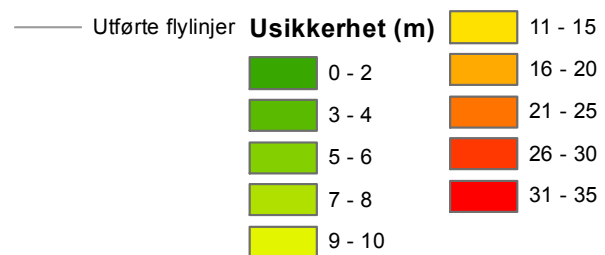
AEM Gulskogen-Hokksund		
Antatt dybde berg (m)	Prosjektnr. 20160421	Kart nr. D2b
Sørlandsbanen Mjøndalen-Hokksund	Utført AOL	Dato 2016-09-14
	Kontrollert HHe	Godkjent HAn
	NGI	

D3 Usikkerhet Gulskogen-Mjondalen

D3.a Usikkerhet Gulskogen-Mjondalen



Tegnforklaring

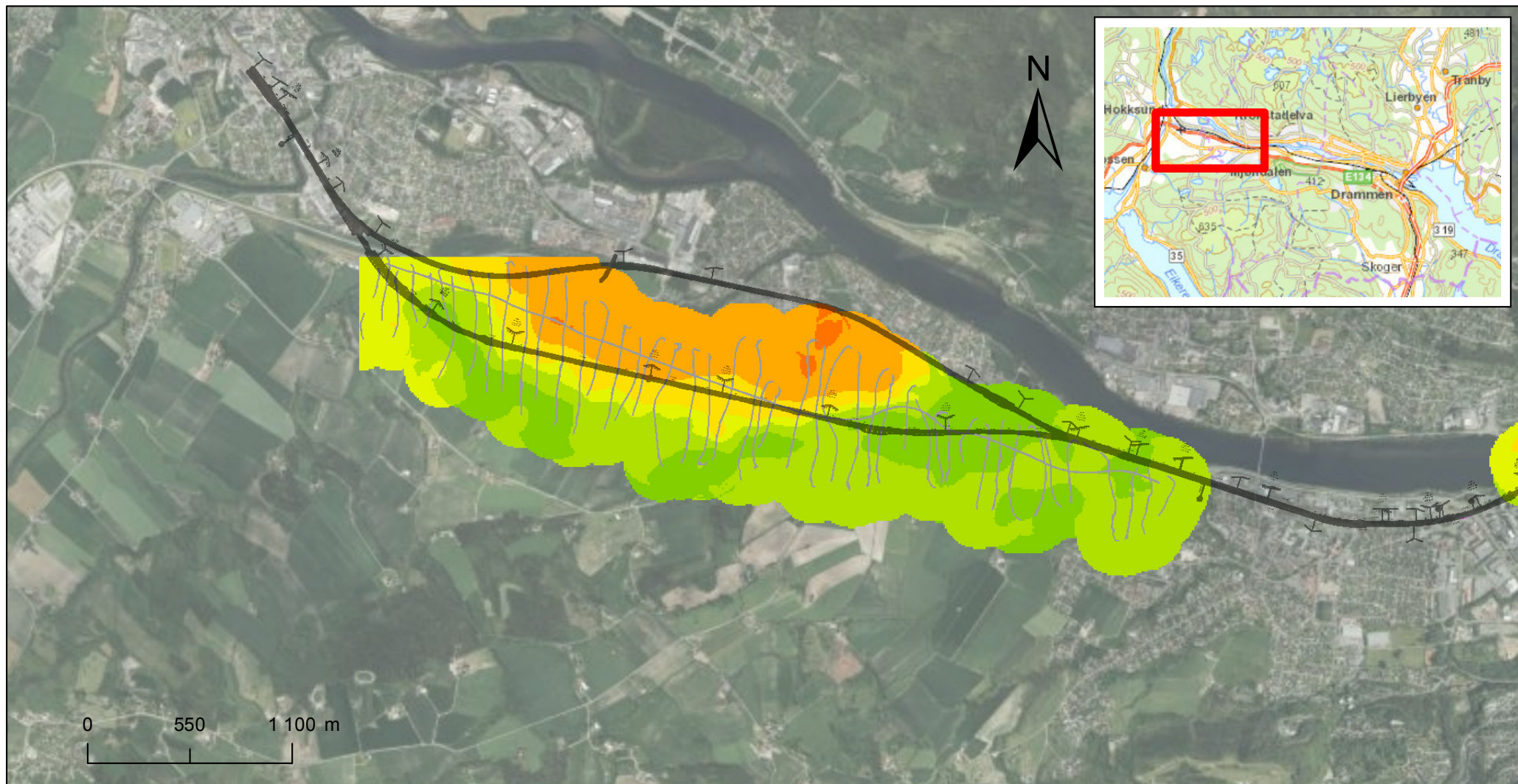


Målestokk (A4): 1:30 000

AEM Gulskogen-Hokksund

Antatt usikkerhet (m)	Prosjektnr.	Kart nr.
	20160421	D3a
Sørlandsbanen Gulskogen-Mjøndalen	Utført	Dato
	AOL	2016-09-14
	Kontrollert	Godkjent
	HHe	HAn
NGI		

D3.b Usikkerhet Mjondalen-Hokksund



Tegnforklaring



Målestokk (A4): 1:30 000

AEM Gulskogen-Hokksund		
Antatt usikkerhet (m)	Prosjektnr. 20160421	Kart nr. D3b
Sørlandsbanen Mjøndalen-Hokksund	Utført AOL	Dato 2016-09-14
	Kontrollert HHe	Godkjent HAn
	NGI	

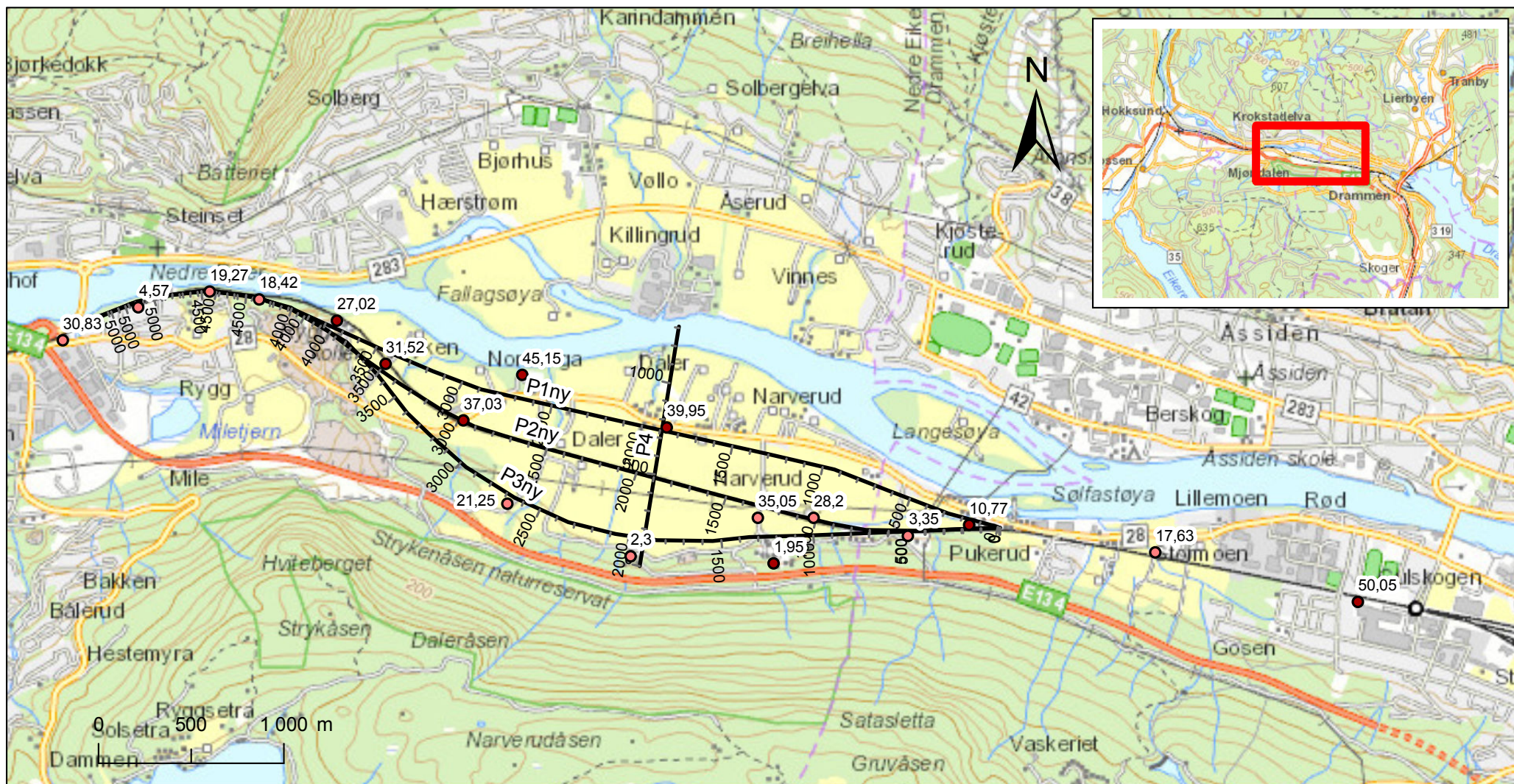
Vedlegg E

UTVALGTE PROFILER

Innhold

E1	Oversiktskart utvalgte profiler	2
E2	Profil P1	5
E3	Profil P2	7
E4	Profil P3	9
E5	Profil P4	11
E6	Profil P5	13
E7	Profil P6	15
E8	Profil P7	17

E1 Oversiktskart utvalgte profiler



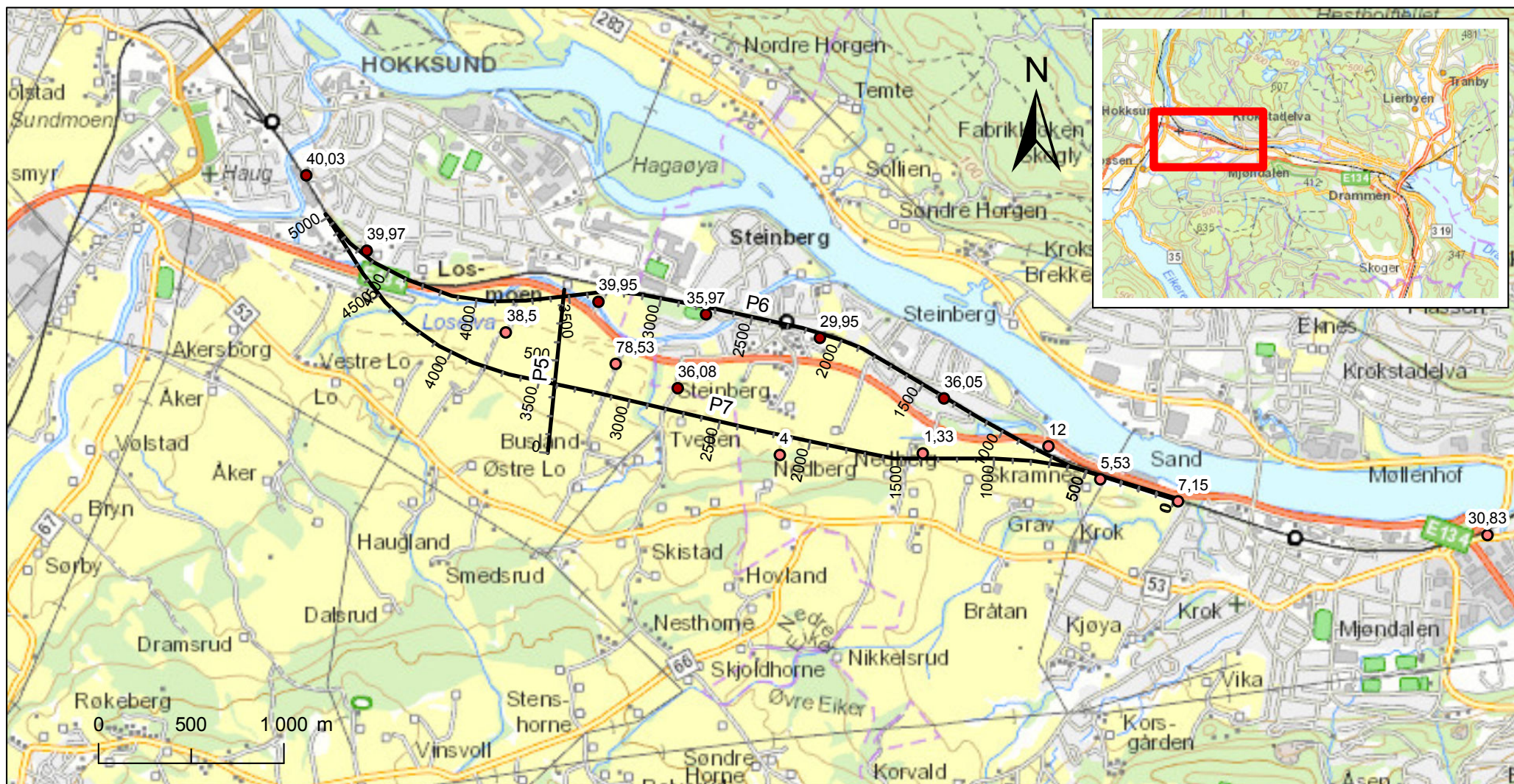
Tegnforklaring

- Påvist berg
- Antatt berg / ikke påtruffet berg
- Utvalgte profiler

Målestokk (A4): 1:30 000

AEM Gulskogen-Hokksund

Utvalgte profiler	Prosjektnr.	Kart nr.
	20160421	E1a
Sørlandsbanen Gulskogen-Mjøndalen	Utført	Dato
	AOL	2016-09-27
	Kontrollert	Godkjent
	HHe	HAn



Tegnforklaring

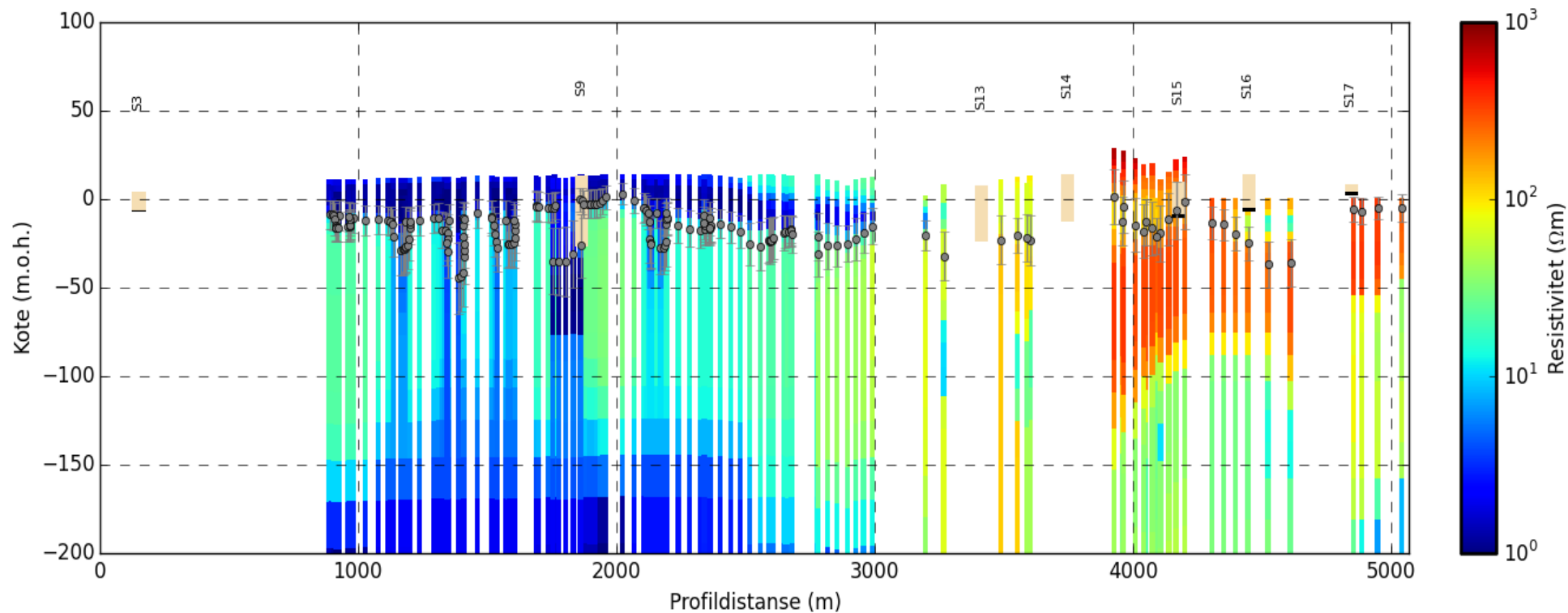
- Påvist berg
- Antatt berg / ikke påtruffet berg
- Utvalgte profiler

Målestokk (A4): 1:30 000

AEM Gulskogen-Hokksund

Utvalgte profiler	Prosjektnr.	Kart nr.
	20160421	E1b
Sørlandsbanen Mjøndalen-Hokksund	Utført	Dato
	AOL	2016-09-27
	Kontrollert	Godkjent
	HHe	HAn

E2 Profil P1



AEM Gulskogen-Hokksund

Resistivetsprofil P1ny med tolket bergkote (punkter) og boreriger.
Profiilet går omtrent fra vest til øst.

Dokumentnr.
20160421-01-R

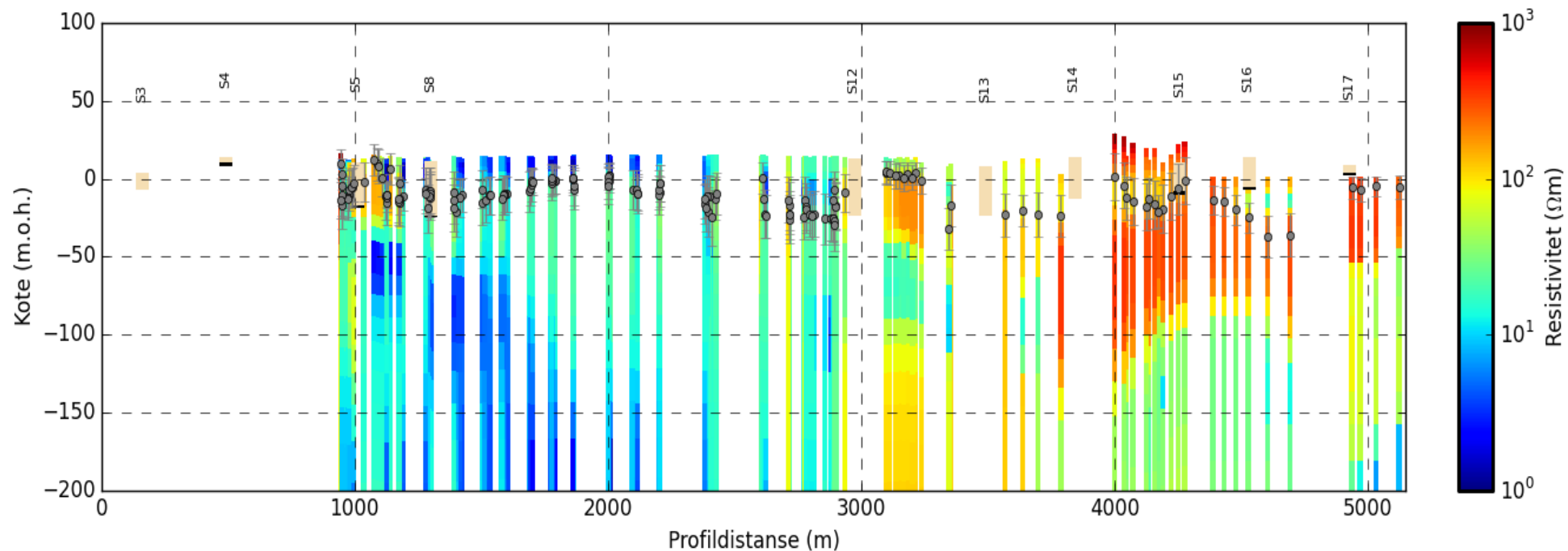
Figurnr.
E2

Dato
27.09.16

Tegnet av
HAn



E3 Profil P2



AEM Gulskogen-Hokksund

Resistivetsprofil P2ny med tolket bergkote (punkter) og borerer.
Profilen går omtrent fra vest til øst.

Dokumentnr.
20160421-01-R

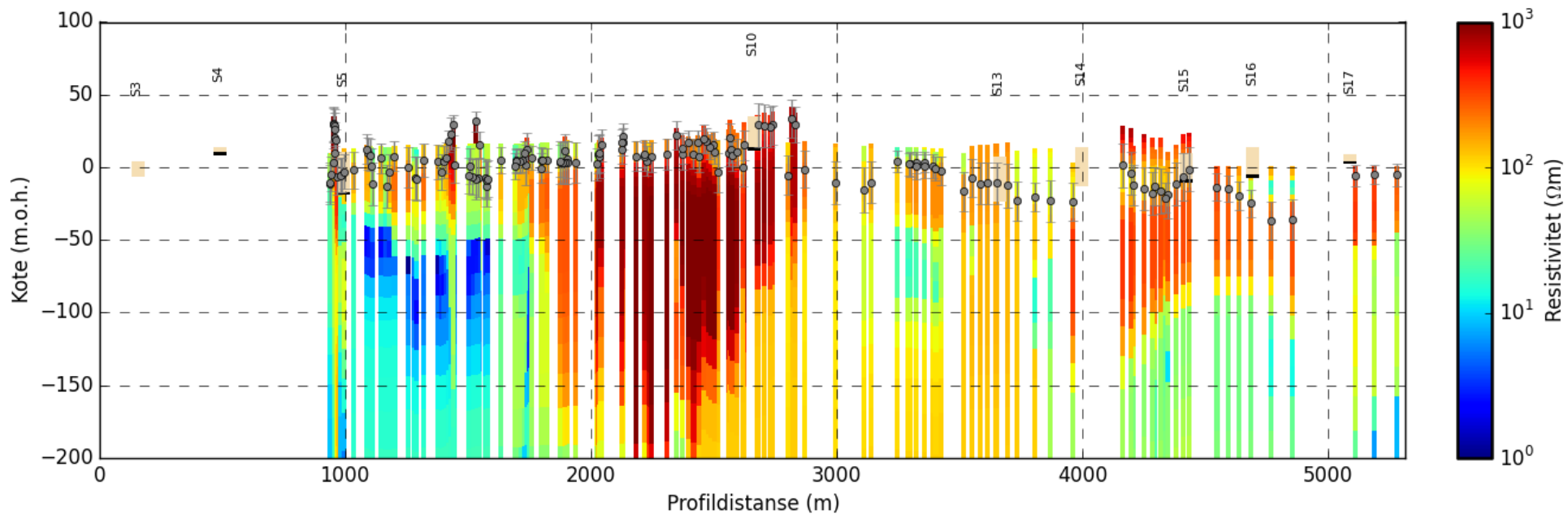
Figurnr.
E3

Dato
27.09.16

Tegnet av
HAn



E4 Profil P3



AEM Gulskogen-Hokksund

Resistivetsprofil P3ny med tolket bergkote (punkter) og boreriger.
 Profilet går omtrent fra vest til øst.

Dokumentnr.
 20160421-01-R

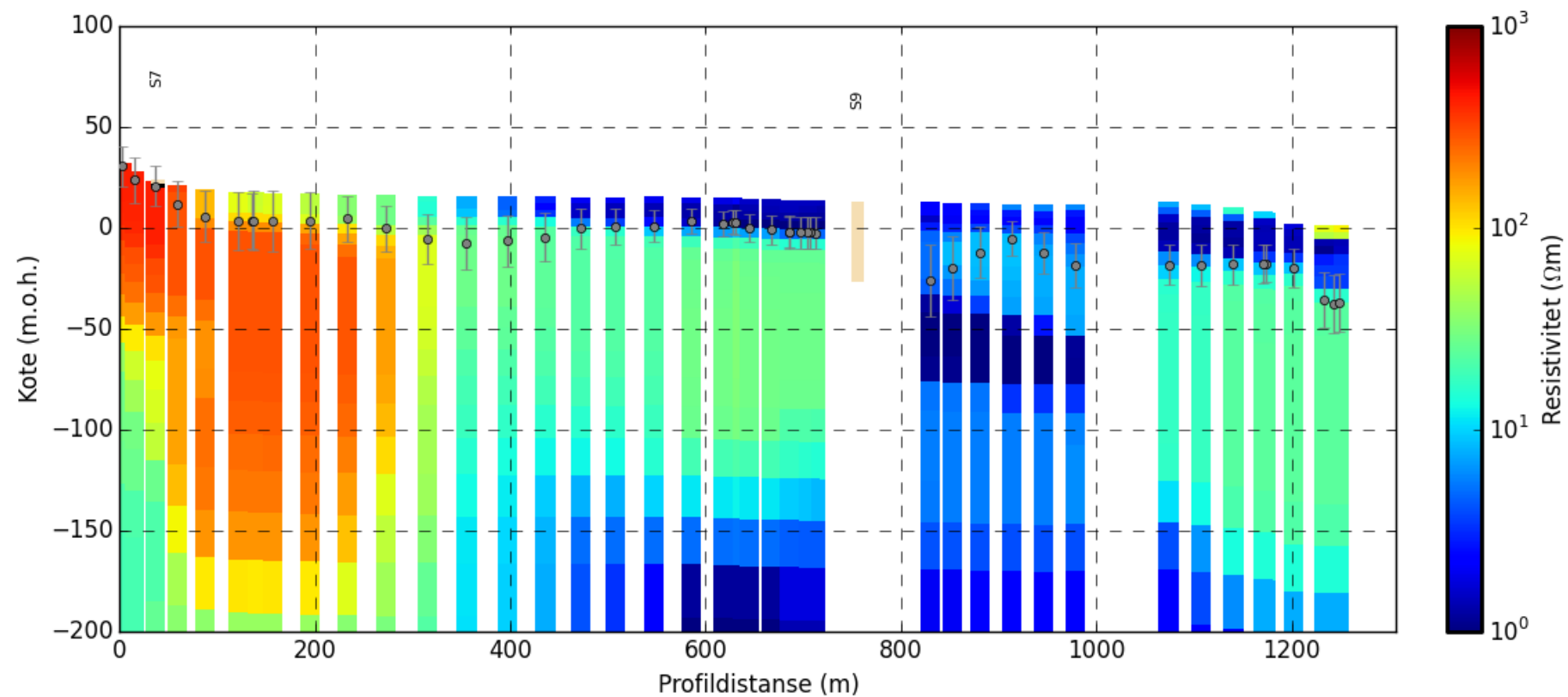
Figurnr.
 E4

Dato
 27.09.16

Tegnet av
 HAn



E5 Profil P4



AEM Gulskogen-Hokksund

Resistivetsprofil P4 med tolket bergkote (punkter) og boreriger.
 Profilet går omtrent fra sør til nord.

Dokumentnr.
 20160421-01-R

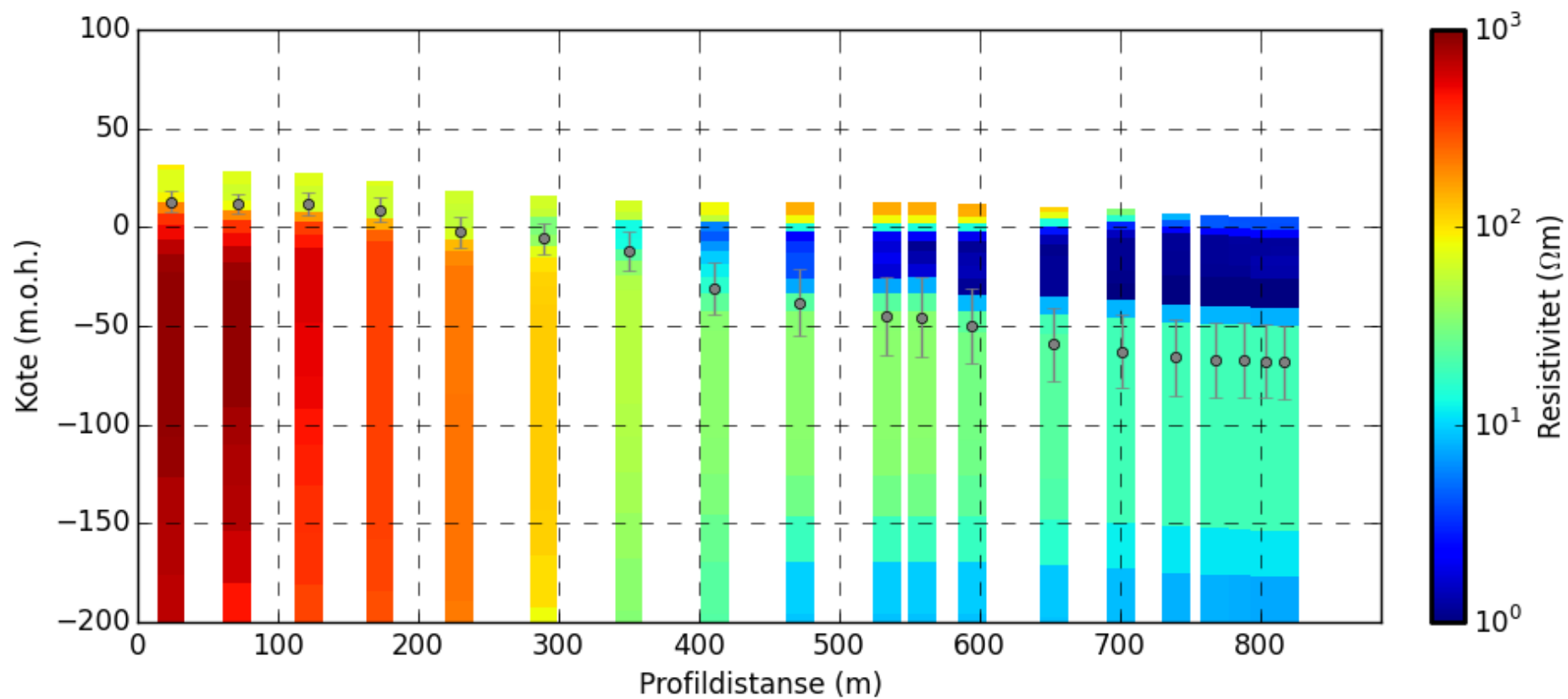
Figurnr.
 E5

Dato
 27.09.16

Tegnet av
 HAn



E6 Profil P5



AEM Gulskogen-Hokksund

Resistivetsprofil P5 med tolket bergkote (punkter) og borerer.
 Profilet går omtrent fra sør til nord.

Dokumentnr.
 20160421-01-R

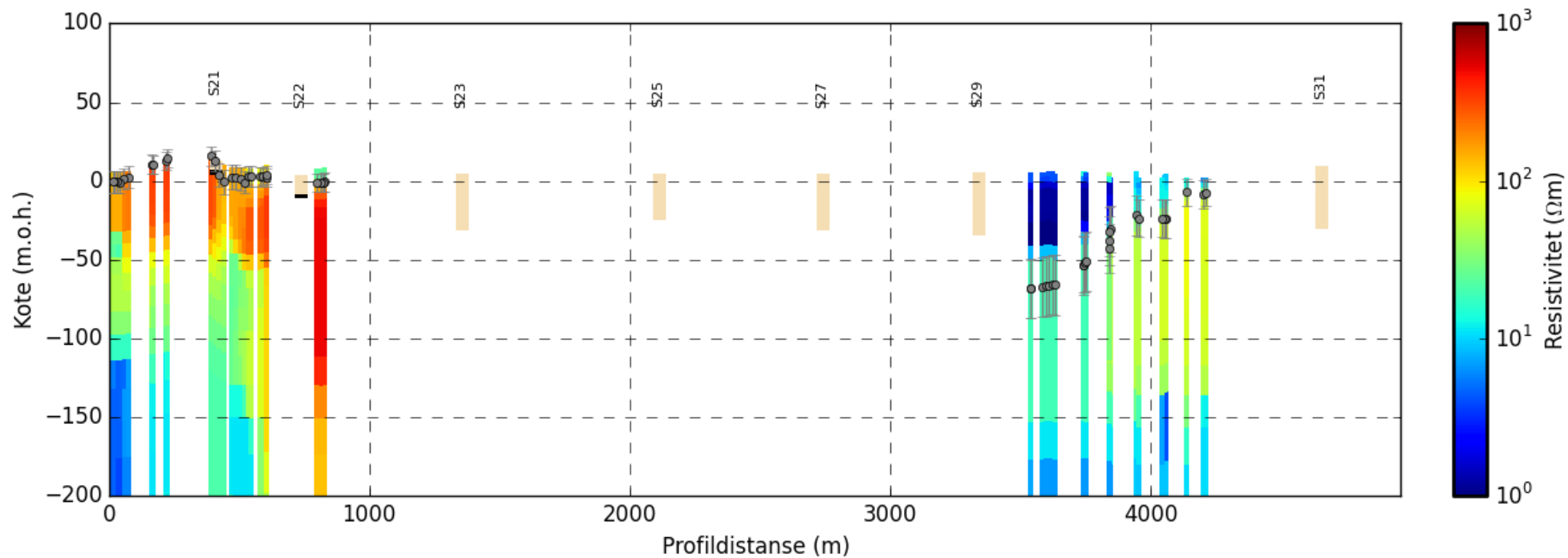
Figurnr.
 E6

Dato
 27.09.16

Tegnet av
 HAn



E7 Profil P6



AEM Gulskogen-Hokksund

Resistivetsprofil P6 med tolket bergkote (punkter) og borer.
 Profilet går omtrent fra øst til vest.

Dokumentnr.
 20160421-01-R

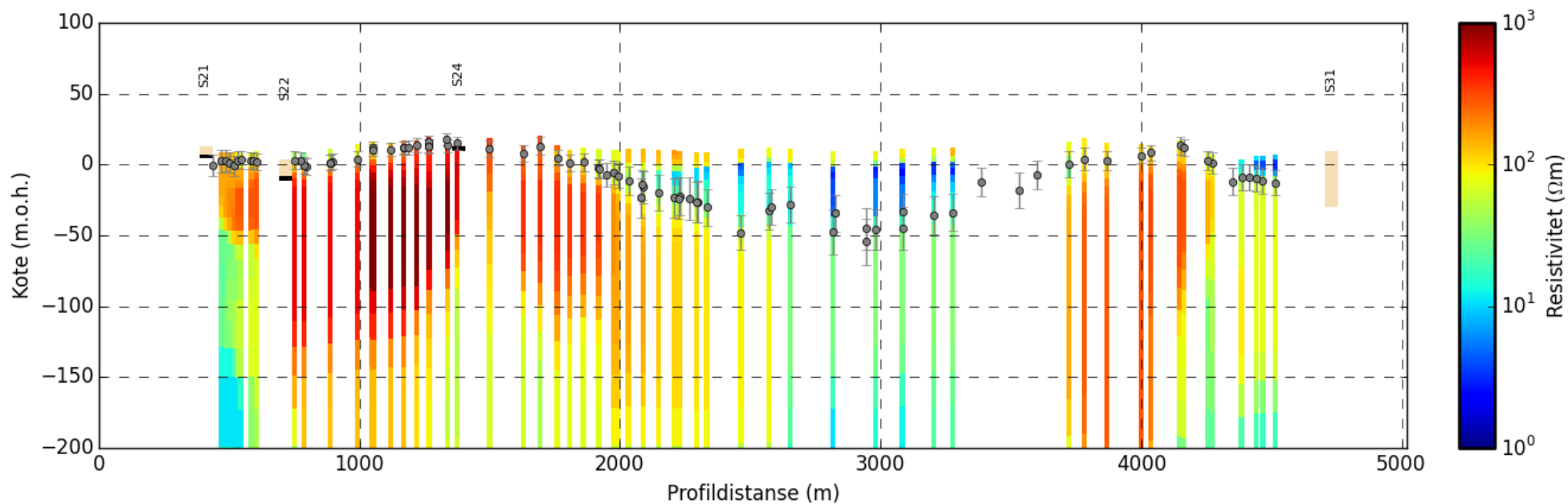
Figurnr.
 E7

Dato
 27.09.16

Tegnet av
 HAn



E8 Profil P7



AEM Gulskogen-Hokksund

Resistivetsprofil P7 med tolket bergkote (punkter) og boreriger.
 Profilet går omtrent fra øst til vest.

Dokumentnr.
 20160421-01-R

Figurnr.
 E8

Dato
 27.09.16

Tegnet av
 HAn



Vedlegg F

AEM GULSKOGEN-HOKKSUND

Innhold

F1	Metode	2
	F1.1 Bruksområde	2
	F1.2 Dekning og oppløsning	2
	F1.3 Teori	2
F2	Feltutstyr	3
F3	Dataprosessering	3
F4	Tolkning	3
F5	Referanser	4

F1 Metode

F1.1 Bruksområde

AEM (Airborne Electromagnetics) kan benyttes for å kartlegge grunnens elektriske resistivitet (den inverse av elektrisk ledningsevne) i et stort område av gangen. Metoden er tradisjonelt mye brukt til malmleting, men moderne systemer gir så høy oppløsning at den også kan brukes i hydrologiske og geotekniske prosjekter. Grunnens resistivitetsfordeling kan relateres til geotekniske parametere som overgang fra løsmasser til fjell, svakhetssoner i fjell etc. avhengig av områdets geologi og løsmassedekke. Det er for eksempel mulig å skille saltholdig leire fra utvasket leire (kvikkleire) og svartskifer fra andre bergarter.

F1.2 Dekning og oppløsning

Undersøkelsesdybden varierer fra 50 til omlag 300 m, avhengig av geologi og løsmasse-type, antennesystem og flyforhold (støy og infrastruktur). Opptil 300 km flylinjer kan samles inn daglig, eller ca 30 km² dersom en linje gir ca. 100 m bred dekning. Den vertikale oppløsningen kan være så god som 4-6 m nærmest bakken (avhengig av antennesystem), og blir gradvis dårligere med dybden. Den laterale oppløsning er bestemt av volumet der det induseres strømmen. Typisk estimerer man at mer enn 90 % av signalet fra bakken kommer fra en omkrets lik 3-4 ganger antennes flyhøyde. Det vil si at én måling "ser" en halvsfære med 100 til 150 meter diameter. Oppløsningen påvirkes i tillegg av prosesseringsmåten. Erfaring viser at strukturer som faller brattere en 30 grader ikke blir korrekt avbildet, men fremstår slakere. Det finnes andre prosesseringsverktøy som er bedre tilpasset vertikaler strukturer.

F1.3 Teori

Antennesystemet som benyttes i prosjektet består av en stor, sirkulær primærspole som oppretter et sterkt magnetfelt i bakken. Primærspolen skrus så av, og det induseres strømmen i bakken som diffunderer nedover og utover. Endringsraten til det elektromagnetiske feltet disse strømmene produserer registreres med en mindre sekundærspole. Denne syklusen repeteres. Målemetoden kalles et tidsdomenesystem. Ved hjelp av inversjon av de målte datapunkter kan grunnens resistivitetsfordeling modelleres.

En mer utfyllende metodebeskrivelse kan finnes i [1].

F2 Feltutstyr

I målingene er det brukt SkyTEMs 304 system med 341 m² primærantenne og 4 strømsløyfer. Systemet har følgende spesifikasjoner for henholdsvis lavt og høyt magnetisk moment:

Modus	Lavt magnetisk moment	Høyt magnetisk moment
Magnetisk moment	3 000 Am ²	37 500 Am ²
On-tid	800 µs	10 ms
Off-tid	1018 µs	10 ms
Målefrekvens	275 Hz	25 Hz

Flyhastigheten er omtrent 80-100 km/t og antennen er skal henge omtrent 30 m over bakken.

F3 Dataprosessering

Det er først benyttet et automatisk prosesseringsfilter som fjerner noe støy fra dataene. En del data er automatisk filtrert bort av prosesseringen, og i noen tilfeller er beregnet modell feilaktig, også som følge av utilstrekkelig automatiske prosesseringen. Derfor ble det gjort en manuell prosessering der man går gjennom alle rådata og sjekker om brukbare data ble fjernet av den automatiske filtrering eller om det finnes fortsatt støypåvirkete data som ikke ble fjernet automatisk.

Det er deretter beregnet en todimensjonal resistivitetsmodell for hver linje (LCI) og en tredimensjonal modell (SCI) for hele undersøkelsesområdet. Beregningene er gjort i programvarepakken Aarhus Workbench versjon 5.1.0.0.

F4 Tolkning

Resistivitetsmodellene er sammenlignet med berggrunn- og kvartærgeologi, samt flyfoto av undersøkelsesområdet. Det ble brukt en automatisert interpolasjonsalgoritme (Localized Smart Interpolation, LSI, Gulbrandsen et al., 2015) for å finne dybde til berg og usikkerhet. Algoritmen trenger noen få punkter ("training points") der man oppgir tolket dybde til berg og usikkerhet. Disse punktene ble valgt der overgang til berg er rimelig sikker i dataene og/eller der det boringer tilgjengelig. Dermed ble det produsert en fil som inneholder dybde til berg, bergkote, samt usikkerhet for hver AEM-målepunkt.

F5 Referanser

1. Norges Geotekniske Institutt NGI (2014). Metodebeskrivelse AEM og eksempler på prosjekter. NGI-Rapport 20130058-02-R_NO. Oslo.
2. Gulbrandsen, M.L., Bach, T., Cordua, K.S., and Hansen, T.M., 2015. Localized Smart Interpretation – a data driven semi-automatic geological modelling method, *in* Expanded Abstracts: ASEG-PESA, 24th International Geophysical Conference and Exhibition, Perth, Australia.

Dokumentinformasjon/ <i>Document information</i>		
Dokumenttittel/ <i>Document title</i> AEM målinger Gulskogen - Hokksund Datarapport		Dokumentnr./ <i>Document no.</i> 2010421-01-R
Dokumenttype/ <i>Type of document</i> Rapport / Report	Distribusjon/ <i>Distribution</i> Begrenset/Limited	Dato/ <i>Date</i> 2016-07-01
		Rev.nr.&dato/ <i>Rev.no.&date</i> 1 / 2016-09-29
Oppdragsgiver/ <i>Client</i> Norconsult		
Emneord/ <i>Keywords</i> AEM, helikopterbasert geoscanning, fjellkote, dybde til berg, resistivitet		

Stedfesting/ <i>Geographical information</i>	
Land, fylke/<i>Country</i> Norge, Buskerud	Havområde/<i>Offshore area</i>
Kommune/<i>Municipality</i> Gulskogen, Nedre Eiker	Feltnavn/<i>Field name</i>
Sted/<i>Location</i> Gulskogen - Hokksund	Sted/<i>Location</i>
Kartblad/<i>Map</i>	Felt, blokknr./<i>Field, Block No.</i>
UTM-koordinater/<i>UTM-coordinates</i> Sone: Øst: Nord:	

Dokumentkontroll/ <i>Document control</i>					
Kvalitetssikring i henhold til/ <i>Quality assurance according to NS-EN ISO9001</i>					
Rev/ Rev.	Revisjonsgrunnlag/ <i>Reason for revision</i>	Egenkontroll av/ <i>Self review by:</i>	Sidemanns- kontroll av/ <i>Colleague review by:</i>	Uavhengig kontroll av/ <i>Independent review by:</i>	Tverrfaglig kontroll av/ <i>Inter-disciplinary review by:</i>
0	Originaldokument	2016-06-30 Helgard Anschütz	2016-07-01 Asgeir O.K. Lysdahl		2016-06-30 Håkon Heyerdahl
1	Endelige data	2016-09-27 Helgard Anschütz	2016-09-29 Asgeir O.K. Lysdahl Andi Pfaffhuber		

Dokument godkjent for utsendelse/ <i>Document approved for release</i>	Dato/<i>Date</i> 29. juli 2016	Prosjektleder/<i>Project Manager</i> Helgard Anschütz
---	--	---

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

