

Til
Region Sjælland

Dokumenttype
Rapport

Dato
September 2018

RÅSTOFKORTLÆGNING VED SORØ – FASE 3 OMRÅDE 1 NORD FOR STENLILLE

RÅSTOFKORTLÆGNING VED SORØ – FASE 3 OMRÅDE 1 NORD FOR STENLILLE

Dato 2018-09-24
Udarbejdet af NLR, PRT
Kontrolleret af LSC,
Godkendt af NLR
Beskrivelse Råstofkortlægning efter sand, grus og sten ved Sorø.
Denne rapport omhandler kortlægningen i område 1,
beliggende nord for Stenlille. Rapporten inkluderer
supplerende fase 3 kortlægning udført i efteråret
2017.

Ref. 1100023516
Dokument ID 1100023516-2142303102-117
Version 2.0

INDHOLD

1.	INDLEDNING	1
2.	DEN GENNEMFØRTE KORTLÆGNING	3
3.	GEOFYSISK KORTLÆGNING	4
3.1	Resultater af MEP-kortlægningen	4
3.1.1	MEP-middelmodstandskort	4
3.1.2	Profilplots af MEP-data og modelsektioner	4
3.2	Prøvekortlægning med DUALEM og tTEM	6
4.	RÅSTOFBORINGER	8
5.	LABORATORIEUNDERSØGELSER	10
6.	RÅSTOFTOLKNING	12
6.1	Råstofforekomst	12
6.2	Overjord	13
6.3	Råstofkvalitet og mængde	14
7.	SCREENING AF INTERESSEKONFLIKTER	16
8.	KONKLUSIONER	17
9.	REFERENCER	18

BILAG

Bilag 2.1	Lokaliseringskort geofysik og boringer
Bilag 3.1	Profilafstand langs MEP-profiler
Bilag 3.2	MEP-metoden
Bilag 3.3	Profiloversigt som tabel
Bilag 3.4A-I	Kort over middelmodstande i dybdeintervaller
Bilag 3.5A-L	Præsentation af MEP-profiler
Bilag 4.1-4.14	Boreprofiler
Bilag 5.1-5.21	Kornkurver
Bilag 6.1	Råstoftolkning
Bilag 7.1	Screeningskort Område 1

APPENDIKS

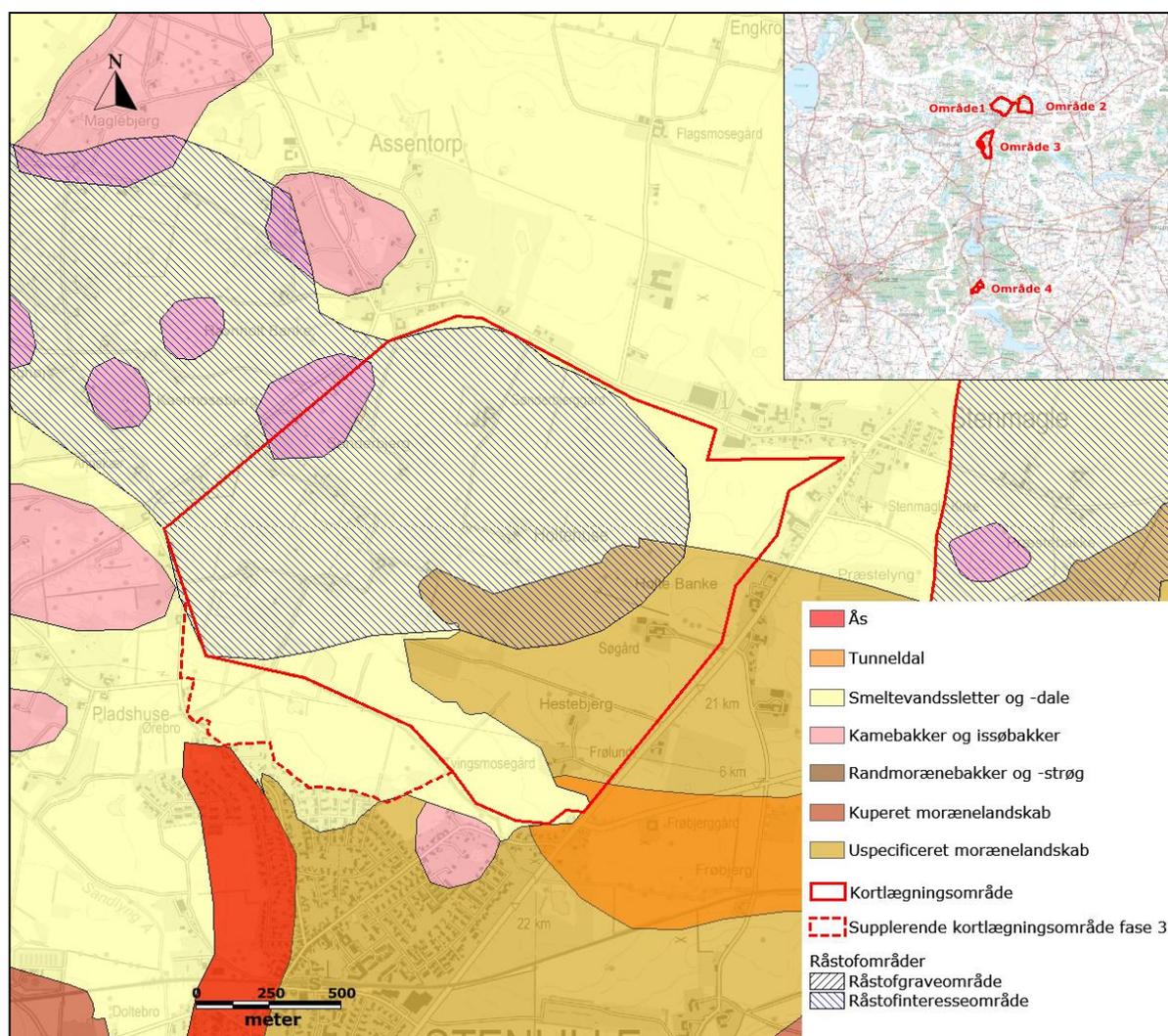
Appendiks 1	Råstofkortlægning ved Sorø, Kortlægning med tTEM og DUALEM i område 1 og 2
-------------	--

1. INDLEDNING

Med det formål at få belyst, hvor der kan udlægges nye arealer til graveområder for sand, grus og sten, enten i tilknytning til eksisterende graveområder eller i helt nye områder, har Region Sjælland gennemført råstofgeologisk kortlægning af fire områder i Sorø Kommune.

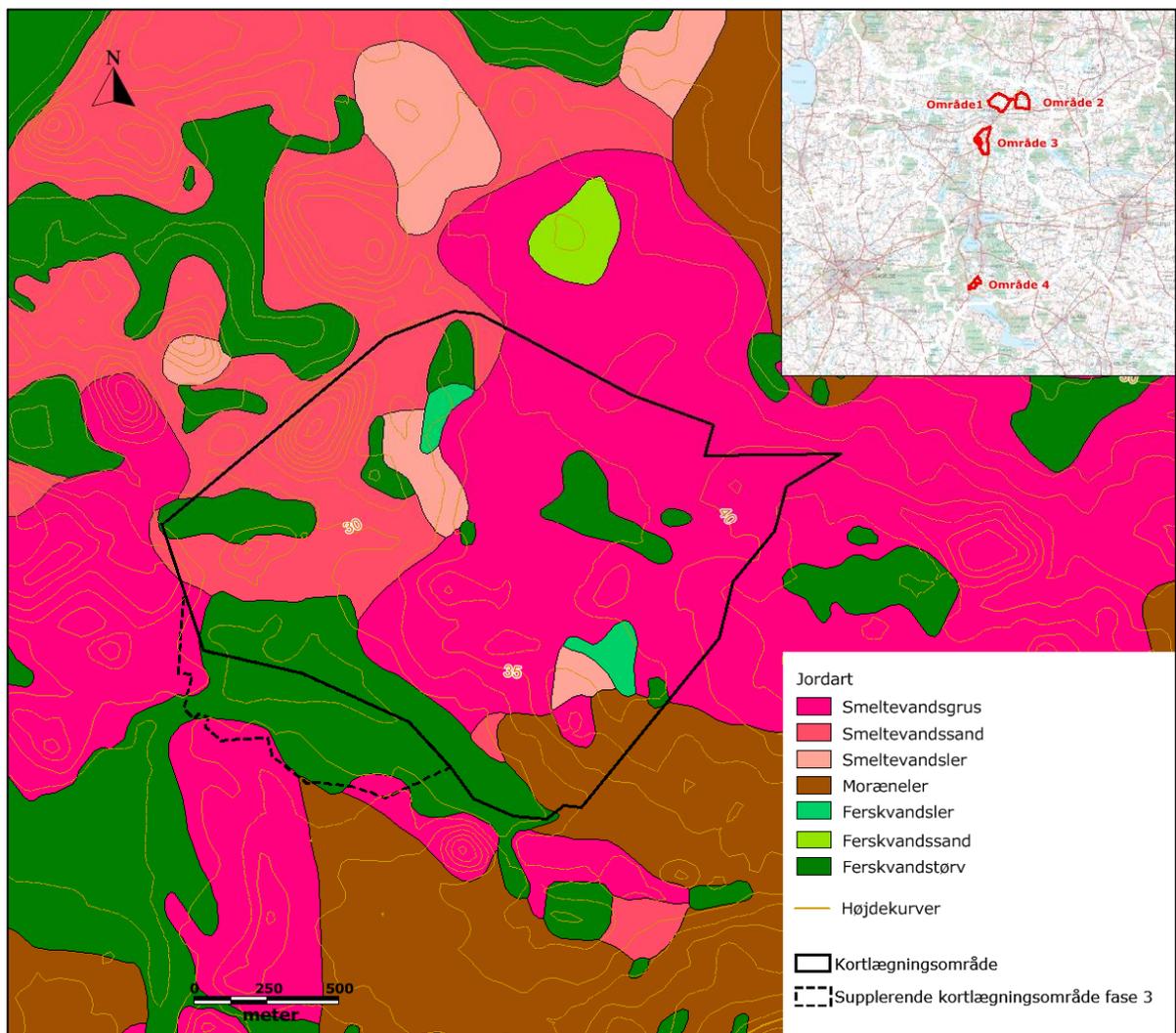
Område 1, som denne rapport omhandler, er beliggende nord for Stenlille. Områdets beliggenhed fremgår af Figur 1.1. Store dele af området er i dag råstofinteresseområde.

Jf. en geomorfologisk landskabstolkning ligger den nordlige halvdel af område 1 inden for en stor smeltevandsslette, mens der i den sydlige halvdel ses morænelandskab samt en tunneldals udmunding i en smeltevandssdal. Længst mod vest på smeltevandssletten ses desuden en kamebakke (Figur 1.1).



Figur 1.1 Placering af Område 1 samt eksisterende råstofgraveområder og råstofinteresseområder. Kortet viser desuden en geomorfologisk tolkning af områdets landskab /2/.

På smeltevandssletten falder terrænet fra øst mod vest fra kote ca. 40 m længst mod øst til kote ca. 30 m mod vest. Kamebakken i vest rejser sig til kote ca. 50 m. I området, der geomorfologisk er tolket som morænelandskab, er de terrænnære jordarter primært kortlagt som moræneler og smeltevandsgrus. I området, der er tolket som smeltevandsslette er der også kortlagt meget smeltevandsgrus i overfladen, men der ses også et stort område med smeltevandssand og et mindre område med smeltevandsler samt tørv og andre ferskvandsaflejringer i lavninger (Figur 1.2).



Figur 1.2 Geologisk jordartskort /1/ samt højdekurver.

På baggrund af geomorfologisk tolkning og geologisk jordartskort er der en forhåndsforventning om udbredte råstofforekomster i området.

2. DEN GENNEMFØRTE KORTLÆGNING

Der er i Område 1 i Fase 2 udført en geofysisk kortlægning med MEP-metoden. Der er udført syv profiler på tilsammen ca. 6,4 km. Derefter er der i Fase 3 gennemført en supplerende MEP-kortlægning med fem profiler på tilsammen 4 km. Placeringen af de geofysiske data fremgår af Bilag 2.1, og MEP-kortlægningen er beskrevet i Kapitel 3. Der er desuden i forbindelse med Fase 3 gennemført en prøvekortlægning med tTEM og DUALEM i et testområde i den sydlige del af område 1. Testområdets placering fremgår af Bilag 2.1. Prøvekortlægningen er afrapporteret i en selvstændig rapport, der er vedlagt i Appendiks 1. Resultaterne er desuden beskrevet i Kapitel 3.

Der er i Fase 2 udført ni råstofboringer til mellem 10 og 12 meters dybde i Område 1. Derefter er der i Fase 3 udført fem råstofboringer til mellem 10 og 12 meters dybde. Boringernes placering fremgår af Bilag 2.1, og resultaterne af borearbejdet er beskrevet i Kapitel 4.

Der er udtaget prøver fra råstofrelevante lag til laboratoriebestemmelse af kornstørrelsesfordeling og sandækvivalent. Resultaterne af laboratoriearbejdet er beskrevet i Kapitel 5.

På grundlag af geofysiske data, boringer og laboratoriedata er der udført en råstofgeologisk tolkning med afgrænsning af råstoflegemer, estimat af dæklagstykkelser, estimat af råstofmængder samt vurdering af råstofkvalitet. Den råstofgeologiske tolkning er beskrevet i Kapitel 6.

Endelig er der gennemført en overordnet screening af interessekonflikter i forhold til eventuel kommende råstofgravning. Screeningen er beskrevet i Kapitel 7.

3. GEOFYSISK KORTLÆGNING

Der er i to omgange gennemført en geofysisk kortlægning med MEP-metoden (Multi Elektrode Profilerings), der er en geoelektrisk metode, der kortlægger modstandsvariationer i jorden langs et valgt profil. Modstandsvariationerne kan ud fra viden om elektrisk modstand i forskellige bjergarter/jordarter og ved samtolkning med boredata danne grundlag for en tolkning af geologien langs profilet. Placering af MEP-profilerne og profilafstand langs profilerne er vist i Bilag 3.1, mens MEP-metoden er beskrevet i Bilag 3.2.

Der er kortlægningens Fase 2 indsamlet syv MEP-profiler i perioden fra d. 17. til d. 29. august 2016. Feltarbejdet forløb planmæssigt uden problemer i form af indsigelser fra lodsejere i området, og uden skade på afgrøder. Der var i perioden ikke vejrmæssige problemer. Derefter er der i kortlægningens Fase 3 indsamlet fem MEP-profiler i perioden 18. til 21. juni 2017. Dette feltarbejde forløb ligeledes planmæssigt og uden problemer.

Den planlagte linjeføring er stort set overholdt. Profilerne fra kortlægningens Fase 2 er en del af en større MEP-kortlægning udført i sensommeren 2016 og navngivet SLI04, SLI10, SLI14, SLI15, SLI16, SLI27 og SLI28. Profilerne fra kortlægningens Fase 3 er navngivet SLT01, SLT02, SLT03, SLT04 og SLT05.

De indsamlede data har en god kvalitet, bortset fra en strækning på 100 m i SLT02, hvor denne linje passerer en elektrisk støjkilde. Datatilpasningen for de tolkede geofysiske profiler er tilfredsstillende for alle profiler bortset fra SLI10, hvor datatilpasningen er acceptabel. Datakvalitet, datatilpasning m.v. er opsummeret i Bilag 3.3.

3.1 Resultater af MEP-kortlægningen

Tolkningerne af de indsamlede profiler er præsenteret ved følgende præsentationer:

- Kort over den beregnede middelmotstand i dybdeintervallerne 0-2 m, 2-4 m, 4-6 m, 6-8 m, 8-10 m, 10-15 m, 15-20 m, 20-25 m og 25-30 m: Afsnit 3.1.1 og Bilag 3.4A til 3.4I
- Profiler af MEP-data og modelsektioner, Afsnit 3.1.2 og Bilag 3.5A til 3.5L.

3.1.1 MEP-middelmotstandskort

På baggrund af mangelagstolkningen af de indsamlede MEP-profiler er middelmotstanden beregnet i 9 dybdeintervaller, hhv. 0-2 m, 2-4 m, 4-6 m, 6-8 m, 8-10 m, 10-15 m, 15-20 m, 20-35 m og 25-30 m. Den beregnede middelmotstand er vist på Bilag 3.4A til 3.4I. Placeringen af de udførte råstofboringer, samt placeringen af boringer fra Jupiter databasen er vist langs modelsektionerne.

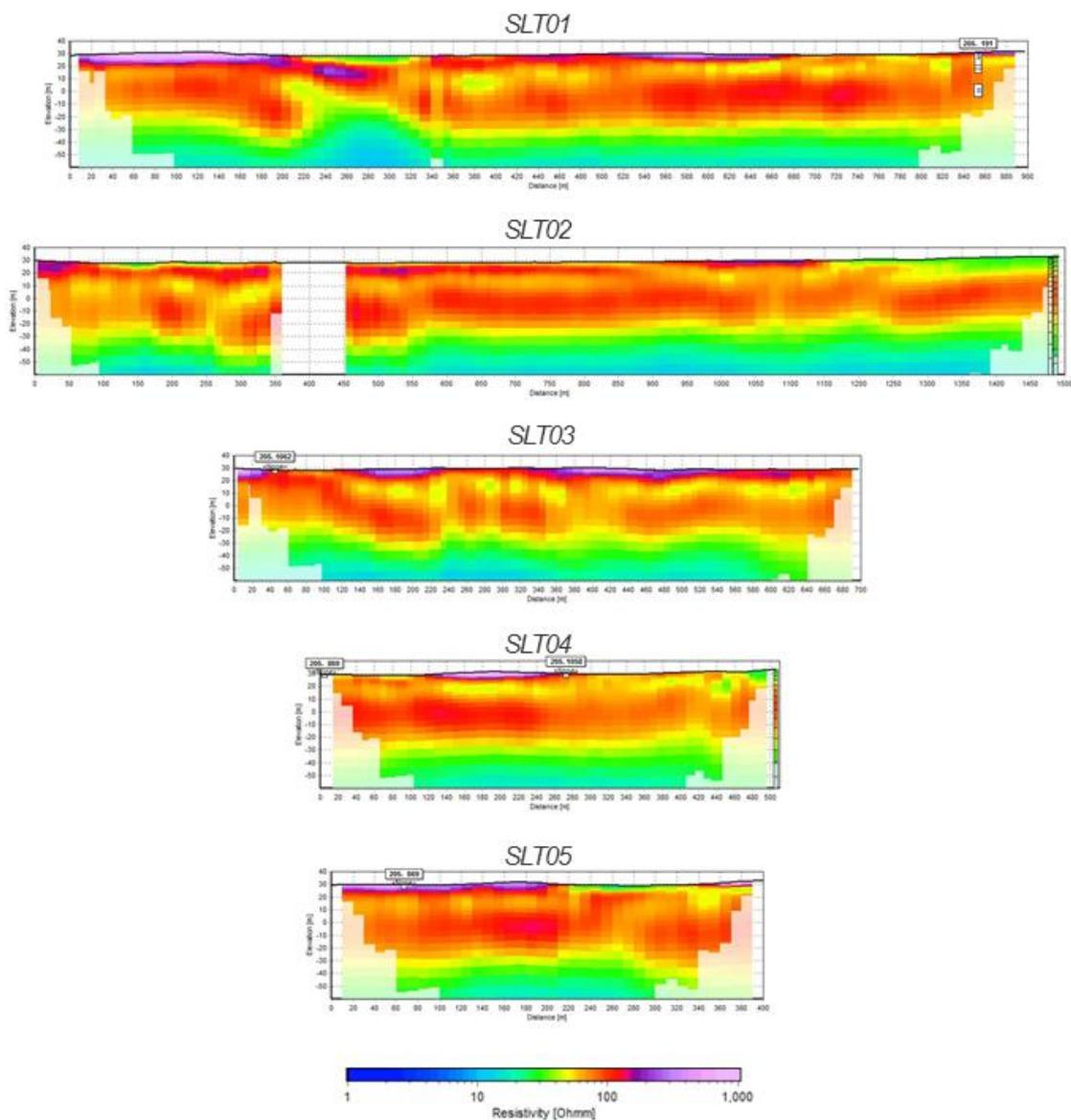
3.1.2 Profilplots af MEP-data og modelsektioner

Profilerne er præsenteret på Bilag 3.5A til 3.5L. For hvert MEP-profil er følgende data- og modelsektioner præsenteret:

- Pseudosektionen
- Datasektion
- 1D fålagsmodel (AarhusInv inversionskode)
- 1D mangelagsmodel (AarhusInv inversionskode)
- 2D modellen (AarhusInv inversionskode)

Jupiterboringer og råstofboringer er projiceret ind fra en maksimal afstand af 50 m.

På Figur 3.1 og Figur 3.2 er vist hhv. mangelagstolkningen for de syv profiler fra kortlægningen i 2016 og mangelagstolkningen for de fem profiler fra kortlægningen i 2017.



Figur 3.2 Mangelagstolkningen af MEP-profilerne fra 2017.

Som det fremgår af Figur 3.1 og Figur 3.2, ses der langs dele af MEP-profilerne SLI10, SLI15 og SLI16 og SLI28 samt SLT01, SLT02, SLT03, SLT04 og SLT05 tynde terrænnære lang med høj modstand, svarende til terrænnære grove aflejringer.

3.2 Prøvekortlægning med DUALEM og tTEM

Med det formål at teste nye geofysiske metoders anvendelighed til kortlægning af sand, grus og sten er der i forbindelse med Fase 3 i efteråret 2017 gennemført prøvekortlægning med DUALEM og tTEM i et testområde i den sydlige del af Område 1. Testområdets placering fremgår af Bilag 2.1. Prøvekortlægningen er afrapporteret i en selvstændig rapport, der er vedlagt i Appendiks 1.

DUALEM-metoden er udviklet til detaljeret kortlægning af de øverste 6-8 m under terræn. Metoden giver mulighed for at optage mange kilometer profil dagligt og giver derfor i modsætning til MEP-metoden mulighed for en tilnærmet fladedækkende datadækning.

tTEM-metoden er optimeret til kortlægning af de øverste 30-70 m af lagserien og giver lige som DUALEM mulighed for at optage mange kilometer profil dagligt og dermed mulighed for en

tilnærmet fladedækkende datadækning. tTEM-metoden bliver forstyrret af elektriske ledere indfor en afstand af 50-70 m.

Sammenligning mellem MEP og de to nye metoder viser, at der overordnet kortlægges ensartede modstandsvariationer, når man tager de forskellige metoders opløselighed i betragtning. I de terrænnære dele kortlægges med DUALEM strukturer, som ikke eller kun svagt erkendes i tolkningen af de to andre datatyper. DUALEM bidrager derfor til en mere detaljeret tolkning af råstofforekomsterne inden for testområdet.

Generelt er der stor overensstemmelse mellem de kortlagte modstande med MEP- og tTEM-metoderne. Dette gælder både den kortlagte lagdeling og de kortlagte modstande. På grund af forstyrrelser fra elektriske ledere er datadækningen for tTEM til dels ringe i testområdet. De nye tTEM-data bidrager derfor i mindre omfang til detaljeringen af råstofforekomsterne i testområdet i forhold til tolkningerne baseret på MEP-data og boringer.

4. RÅSTOFBORINGER

For at efterprøve geofysiske indikationer på mulige forekomster af sand-/grusressourcer og dermed afklare og afgrænse råstofmulighederne i Område 1 er der i 2016 udført ni råstofboringer og i 2017 fem supplerende råstofboringer. Borelokaliteterne er udvalgt af Region Sjælland og efterfølgende i samråd med Region Sjælland justeret i forhold til resultaterne af MEP-kortlægningen. Boringernes placering fremgår af Bilag 2.1.

Boringerne er udført af Jysk Geoteknik A/S som forede 8" boringer med snegl og sandspand. Borearbejdet fandt sted i perioden 22. august til 14. september 2016 samt 21. og 22. november 2017.

Under borearbejdet blev de gennemborede sedimenter beskrevet og laggrænser noteret. Der blev udtaget prøver til indsendelse til GEUS, og i råstofrelevante lag blev der udtaget store prøver for hver meter til geologisk prøvebeskrivelse og eventuel analyse.

Prøver fra råstofrelevante lag blev beskrevet i laboratoriet af Rambølls geolog. Boreprofiler er vedlagt i Bilag 4.1-4.14, og boringerne er kortfattet beskrevet herunder og opsummeret i Tabel 4.1.

I DGU nr. 205.1032 (Bilag 4.1) ses under et tyndt dæklag af ler gruset sand fra 1,1 til 3,6 m. Sandet underlejres af silt og ler til boringens slutdybde på 10 m. Der er udtaget en prøve af sandet til kornstørrelsesbestemmelse.

DGU nr. 205.1048 (Bilag 4.2) er boret til 10 m gennem lag af leret silt. Der er ikke udtaget prøver til kornstørrelsesbestemmelse.

DGU nr. 205.1049 (Bilag 4.3) er boret til 10 m gennem lag af ler, leret silt og siltet finsand. Der er ikke udtaget prøver til kornstørrelsesbestemmelse.

DGU nr. 205.1050 (Bilag 4.4) er boret til 10 m gennem lag af ler, silt og siltet finsand. Der er ikke udtaget prøver til kornstørrelsesbestemmelse.

I DGU nr. 205.1051 (Bilag 4.5) ses under 0,6 m muld morænesand til 2,4 m. Herunder følger svagt gruset smeltevandssand til 4,0 m og smeltevandsgrus til 9,6 m. Gruset underlejres af ler til boringens slutdybde på 11 m. Der er udtaget tre prøver til kornstørrelsesanalyse fra hhv. morænesand, smeltevandssand og smeltevandsgrus.

I DGU nr. 205.1052 (Bilag 4.6) ses under 0,4 m muld morænesand til 3,7 m. Herunder følger smeltevandsgrus til 9,5 m. Gruset underlejres af ler til boringens slutdybde på 10 m. Der er udtaget to prøver til kornstørrelsesanalyse fra hhv. morænesand og smeltevandsgrus.

DGU nr. 205.1053 (Bilag 4.7) er boret til 12 m. Under muld og tynd moræneler ses morænesand fra 0,9 til 4,0 m underlejret af gruset smeltevandssand til 5,1 m. Dette sand underlejres af moræneler og andre lag uden råstofinteresse. Der er udtaget to prøver til kornstørrelsesbestemmelse fra hhv. morænesand og smeltevandssand.

I DGU nr. 205.1054 (Bilag 4.8) ses under et tyndt dæklag af ler gruset sand fra 1,1 til 3,2 m. Sandet underlejres af silt og ler til boringens slutdybde på 10 m. Der er udtaget en prøve af sandet til kornstørrelsesbestemmelse.

DGU nr. 205.1070 (Bilag 4.9) er boret til 10 m gennem moræneler. Der er ikke udtaget prøver til kornstørrelsesbestemmelse.

I DGU nr. 205.1099 (Bilag 4.10) ses under et tyndt dæklag af leret sand råstofrelevante lag af gruset sand fra 1,9 til 9,5 m. Sandet underlejres af stærkt siltet finsand og silt til boringens slutdybde på 12 m. Der er udtaget fire prøver af sandet til kornstørrelsesbestemmelse.

I DGU nr. 205.1100 (Bilag 4.11) ses under et tyndt lag af siltet finsand med lerslirer lag af morænegrus fra 1,5 til 4,1 m. Herunder er der moræneler til boringens slutdybde i 10 m. Der er udtaget en prøve af morænegruset til kornstørrelsesanalyse.

I DGU nr. 205.1101 (Bilag 4.12) ses direkte under 0,5 m muld siltet, svagt gruset sand til 3,5 m. Sandet underlejres af smeltevandsler til 9,5 m og moræneler til boringens slutdybde i 10 m. Der er udtaget en prøve af sandet til kornstørrelsesanalyse.

I DGU nr. 205.1102 (Bilag 4.13) ses øverst muld samt postglaciale, siltet, svagt gruset sand med planterester til 3 m. Herunder følger smeltevandssand og -grus til 8,1 m og moræneler til boringens slutdybde i 10 m. Der er udtaget en prøve af smeltevandssand og en prøve af smeltevandssand og -grus til kornstørrelsesanalyse.

I DGU nr. 205.1103 (Bilag 4.14) ses under muld og gytje morænegrus og morænesand fra 1,8 m til boringens slutdybde i 10 m. Der er udtaget 4 prøver af morænegrus og morænesand til kornstørrelsesanalyse.

Tablet 4.1 Opsummering af boredata.

DGU nr.	Bore- dybde (m)	Råstof- lagets top (m u.t.)	Råstof- lagets bund (m u.t.)	Råstof- tykkelse (m)	Litologi råstof	Overjords- tykkelse (m)
205.1032	10	1,1	3,6	2,5	Sand, groft-mlm., sv. gruset	1,1
205.1048	10	-	-	0	-	Min. 10
205.1049	10	-	-	0	-	Min. 10
205.1050	10	-	-	0	-	Min. 10
205.1051	11	0,6	9,6	9,0	Morænesand, st. gruset Sand, mlm., sv. gruset Grus, fint, st. sandet	0,6
205.1052	10	0,4	9,5	9,1	Morænesand, st. gruset Grus, fint, st. sandet	0,4
205.1053	12	0,9	5,1	4,2	Morænesand, st. gruset Sand, mlm., gruset	0,9
205.1054	10	1,1	3,2	2,1	Sand, groft, st. gruset	1,1
205.1070	10	-	-	-	-	Min. 10
205.1099	12	1,9	9,5	7,6	Sand, mlm.-groft, st. gruset	1,9
205.1100	10	1,5	4,1	2,6	Morænegrus, sandet, sv. le- ret	1,5
205.1101	10	-	-	-	Sand, fint-mlm., siltet, sv. gruset	Min. 10
205.1102	10	3,0	8,1	5,1	Sand, st. gruset, siltet	3,0
205.1103	10	1,8	3,0 Min. 10	1,2 Min. 7	Morænegrus, sandet Morænesand og _grus, st. finstofholdigt	1,8

5. LABORATORI EUNDERSØGELSER

I boringer med råstofrelevante lag blev der som beskrevet i kapitel 4 udtaget prøver til analyse af kornstørrelsesfordeling. I Fase 2 blev der desuden foretaget bestemmelse af sandækvivalent (SE). Kornstørrelsesfordeling er bestemt på Rambølls laboratorium, mens SE-analyser er udført af Jysk Geoteknik A/S.

I Område 1 blev der i Fase 2 udtaget i alt ni prøver til analyse, mens der i Fase 3 blev udtaget i alt 12 prøver til analyse. Kornkurver for disse prøver er præsenteret i Bilag 5.1-5.21, og nøgletal fremgår af Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Resultater af kornstørrelsesbestemmelser. Tabellen opsummerer også vurderinger i forhold til egnethed til vej- og anlægsmaterialer. Der er for hver prøve angivet den bedste anvendelseskategori (hvis nogen). Dog er der med (X) tilføjet, hvis prøven vurderes at kunne oparbejdes til stabilt grus.

DGU nr.	Prøveinterval (m u.t.)	SE (%)	Mid-del-kornst. (mm)	U-tal	Grus + sten (%)	Sand (%)	Filler (%)	Stabil bilt grus	Bund-sikr. mat.	Fyld-sand
205.1032	1,1-3,6	60	0,36	3,5	18,0	76,9	5,1	(X)	X	
205.1051	1,0-2,4	22	3,9	53,6	53,0	40,2	6,8			X
205.1051	2,4-4,0	31	0,44	6,0	15,6	76,5	7,9		X	
205.1051	4,0-9,6	67	4,48	18,9	60,6	37,3	2,0	X		
205.1052	0,4-3,7	26	6,98	56,6	63,9	30,9	5,2			X
205.1052	3,7-9,5	75	3,07	15,6	55,1	43,2	1,7	X		
205.1053	0,9-4,0	23	0,80	>19,6	29,9	59,6	10,5			X
205.1053	4,0-5,1	33	0,48	7,3	17,7	75,0	7,3	(X)	X	
205.1054	1,1-3,2	33	1,28	21,5	43,9	50,5	5,6	(X)	X	
205.1099	1,9-3,0	-	0,45	3,8	9	86,0	5,0		X	
205.1099	4,0-5,0	-	0,50	3,2	20	76,6	3,4		X	
205.1099	5,0-6,0	-	2,65	19,5	54	44,0	2,0	X		
205.1099	7,0-8,0	-	1,93	17,8	49	47,8	3,2	X		
205.1100	2,0-3,0	-	3,94	15,0	65	29,9	5,1	X		
205.1101	2,0-3,0	-	0,14	>2,7	0	75,8	24,2			
205.1102	3,0-4,0	-	0,33	4,4	10	84,0	6,0		X	
205.1102	5,0-6,0	-	10,88	19,2	82	15,9	2,1	X		
205.1103	1,8-3,0	-	17,78	8,4	91	7,5	1,5	(X)	X	
205.1103	3,0-4,0	-	1,23	>36,4	42	45,9	12,1			X
205.1103	5,0-6,0	-	0,96	>25,5	36	50,8	13,2			X
205.1103	6,0-10,0		7,25	>166	66	23,7	10,3			X

Materialet er på baggrund af kornkurverne og nøgletallene i Tabel 5.1 vurderet i forhold til egnethed til vej- og anlægsmaterialer.

Til stabilt grus skal materialet holde sig inden for veldefinerede grænseintervaller på kornkurven. Jf. gamle kriterier fra Vejdirektoratet skal SE være over 34 % for kvalitet I og over 30 % for kvalitet II /6/. I nye kriterier fra Vejdirektoratet udgår SE og erstattes af methylenblåt-tal (MB). MB skal være mindre end eller lig med 3 for både kvalitet I og kvalitet II /7/. Der er ikke udført analyse for MB i denne undersøgelse. Ud over krav til kornkurve og MB stiller Vejdirektoratet også krav til andel af runde korn, så denne andel maksimalt må være 50 % i kvalitet I og maksimalt 70 % i kvalitet II /7/. For at opfylde disse krav kræves der en oparbejdning af materialerne.

Hvis SE/MB opfylder ovenstående krav til stabilt grus, og hvis mindst 5 % af prøven har en kornstørrelse >16 mm, vurderes det, at mindst 50 % af materialet kan oparbejdes til stabilt grus.

Gruset fra 4,0 til 9,6 m i 205.1051 og fra 3,7 til 9,5 m i 205.1052 opfylder kriterierne for stabilt grus. Morænesandet øverst i 205.1051 og 205.1052 ligger også inden for grænseintervallerne på kornkurven, men SE er for lav.

Mindst 50 % af materialet fra 1,1 til 3,6 m i 205.1032, fra 4,0 til 5,1 m i 205.1053 og fra 1,1 til 3,2 m i 205.1054 vurderes at kunne oparbejdes til stabilt grus.

Gruset fra 5,0 til 6,0 m og fra 7,0-8,0 m i 205.1099, gruset fra 2,0 til 3,0 m i 205.1100 samt gruset fra 5,0 til 6,0 m i 205.1102 opfylder kornkurvekravene til stabilt grus. MB er ikke bestemt, men det vurderes, at dette krav også er opfyldt for disse prøver.

Mindst 50 % af materialet fra 1,8 til 3,0 m i 205.1103 vurderes at kunne oparbejdes til stabilt grus.

Til bundsikringsmateriale skal SE jf. gamle kriterier fra Vejdirektoratet være mindst 40 % og indholdet af filler (korn mindre end 0,063 mm) højst 5 % for kvalitet I. For kvalitet II skal SE være mindst 30 % og indholdet af filler højst 9 % /6/. Også her er SE i de nyeste kriterier erstattet af MB. MB skal være mindre end eller lig med 2,5 for kvalitet I og mindre end eller lig med 3 for kvalitet II /8/.

Fra fase 2 er der tre prøver, der pga. for højt SE-tal ikke opfylder kravene til bundsikringsmateriale, og fra fase 3 er der fire prøver, der ikke opfylder kravene til bundsikringsmateriale på grund af for højt indhold af filler. De øvrige prøver opfylder kravene til bundsikringsmateriale kvalitet I eller II.

Til fyldsand ses der kun på indholdet af filler, der maksimalt må være 22 % til tørøpfyldning og maksimalt 16 % til vådøpfyldning /6/.

Prøven fra 205.1101 opfylder ikke kravene til fyldsand, hverken til tørøpfyldning eller vådøpfyldning. Ellers opfylder prøverne, der ikke opfylder kravene til stabilt grus eller bundsikringsmateriale, kravene til fyldsand.

Oparbejdning

Ud over den ovennævnte mulighed for oparbejdning til stabilt grus kan det ikke udelukkes, at der ved oparbejdning og/eller ved blanding af lagene kan foretages yderligere forbedringer af råstofkvaliteten og/eller inddrages yderligere lag i råstofressourcen.

6. RÅSTOFTOLKNING

6.1 Råstofforekomst

Der er i de geofysiske data og i boredata en række indikationer på råstofforekomster.

I SLI10 fra 0 m til ca. 430 m ses et helt terrænnært højmodstandslag, der også ses i det krydsende profil SLI 28 fra 0 m til ca. 280 m. At højmodstandslaget repræsenterer en råstofforekomst bekræftes af boring 205.1052.

Tilsvarende højmodstandslag ses i dele af de i fase 3 udførte MEP-profiler. I STL01 er der relativt tykke terrænnære højmodstandslag fra 0 m til ca. 220 m, og fra ca. 400 m til ca. 680 ses tyndere terrænnære højmodstandslag. At disse højmodstandslag repræsenterer råstofrelevante lag bekræftes af boring 205.1099 og boring 205.1100, der viser hhv. 7,6 m sand og grus og 2,6 m morænegrus.

I STL02 ses terrænnære højmodstandslag fra 0 m til ca. 60 m, fra ca. 200 m til ca. 580 m og fra 920 m til ca. 1150 m. Desuden ses et mindre tydeligt højmodstandslag fra ca. 580 m til ca. 920 m. Sidstnævnte er undersøgt med boring 205.1101, der gennemborer smeltevandsaflejringer, der er så finkornede, at de vurderes ikke at have råstofmæssig værdi.

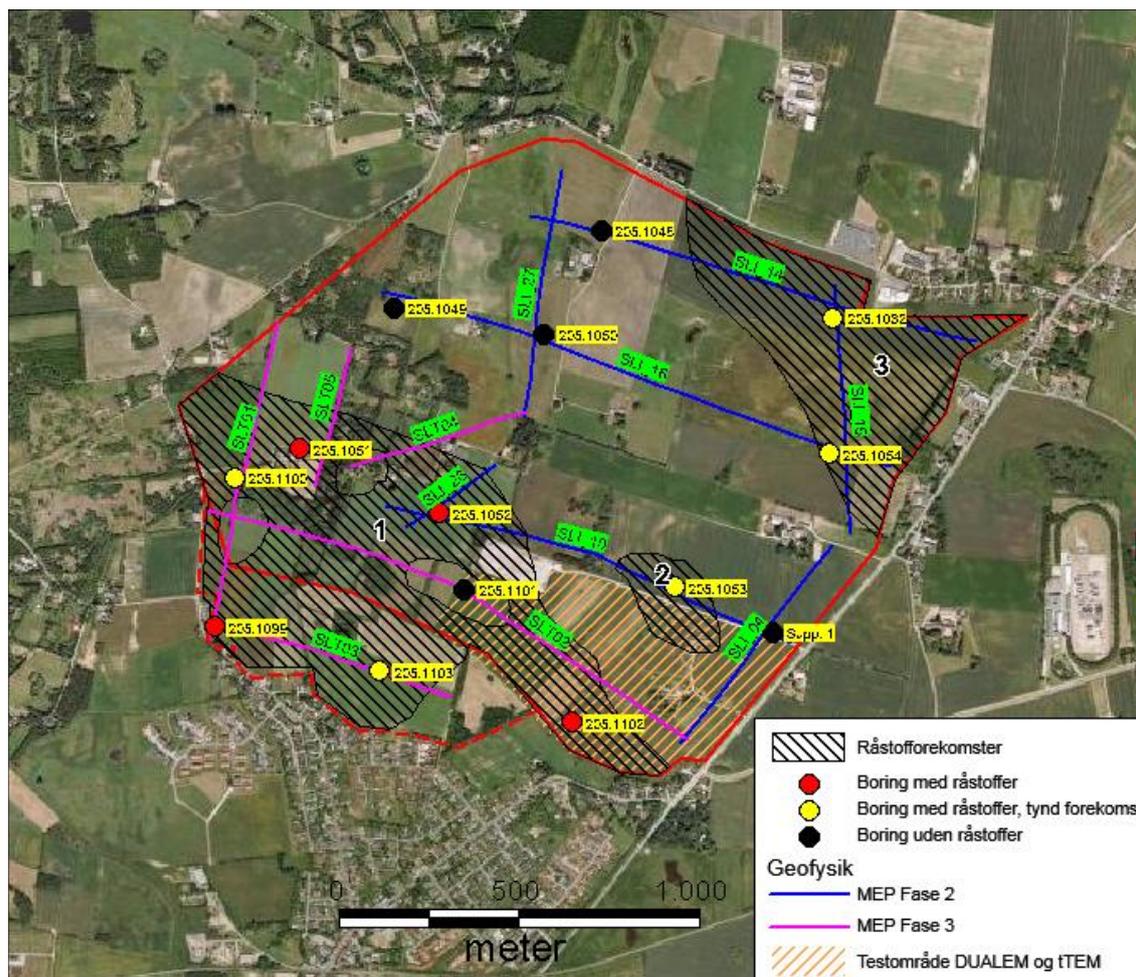
I STL03 ses terrænnære højmodstandslag af vekslende tykkelse fra 0 m til ca. 50m og fra ca. 140 m til ca. 520 m. De tykkeste lag ses fra 0 m til ca. 50 m, fra ca. 140 m til ca. 220 m og fra ca. 360 m til ca. 520 m. Ved ca. 500 m ligger boring 205.1103, der viser tykke lag af morænegrus, hvor hovedparten af forekomsten dog kun egner sig til fyldmateriale.

I STL04 ses et terrænnært højmodstandslag fra ca. 120 m til ca. 250m.

I STL05 ses et terrænnært højmodstandslag fra 0 m til ca. 200 m. Boring 205.1051 viser, at dette lag repræsenterer morænesand, sand og grus.

tTEM- og DUALEM-kortlægningerne i testområdet bekræfter de ovennævnte MEP-resultater og bidrager til at give en bedre afgrænsning af råstofforekomster. I området syd for den østlige ende af MEP-linjen STL02 viser begge nye datasæt terrænnære højmodstandslag, der bekræftes som råstofrelevante af boring 205.1102.

Alle de ovennævnte geofysiske data med højmodstandslag og de ovennævnte boringer er beliggende inden for et dalstrøg, der i den geomorfologiske tolkning er tolket som overgang mellem tunneldal og smeltevandsdal. De geofysiske data, boringerne og geomorfologien (og kurvebilledet) er brugt til at afgrænse en større, relativt sammenhængende råstofforekomst, der er benævnt råstofforekomst 1 på Figur 6.1 og Bilag 6.1. Afgrænsningen er med de mange data relativt sikker. Mod sydvest og vest er forekomsten afgrænset ved grænsen for Område 1.



Figur 6.1 Råstofforekomster i Område 1. Kortet ses i større format i Bilag 6.1.

I SLI10 ses også et terrænnært højmodstandslag fra ca. 680 m til ca. 880 m. Højmodstandslagens geologi er efterprøvet med boring 205.1053, der bekræfter højmodstandslaget, men viser mindre gode råstofkvaliteter øverst og siltet finsand uden råstofinteresse nederst. Der er imidlertid afgrænset råstofforekomst 2, der fremgår af Figur 6.1 og Bilag 6.1. Ved afgrænsningen er DUALEM og kurvebilledet også inddraget, men uden for området med DUALEM-datadækning er afgrænsningen usikker.

Endelig ses der et tyndere terrænnært højmodstandslag i SLI14 fra ca. 450 m til profilets østlige ende, i SLI15 i hele profilets længde bortset fra de sydligste 50 m samt i de østligste ca. 200 m af SLI16. Denne tynde råstofforekomst, der er markeret som råstofforekomst 3 på Figur 6.1 og Bilag 6.1, bekræftes af boring 205.1032 og 205.1054. Afgrænsningen af forekomsten er baseret på de tre geofysiske profiler. Forekomstens eventuelle fortsættelse mod nord og øst uden for Område 1 er ukendt.

De resterende dele af de geofysiske profiler og de resterende borer viser ingen råstofforekomster.

6.2 Overjord

Hvis morænesandet i råstofforekomst 1 regnes med til ressourcen (som fyldsand), ses der i de seks borer i forekomsten kun dæklagstykkelser mellem 0,4 m og 3 m. Dæklagene består af muld, af finkornede smeltevandsaflejringer samt i to borer af postglaciale lag af hhv. ferskvandssand og gytje. De geofysiske data peger på, at det gælder for hele forekomsten, at dæklagene er tynde.

I råstofforekomst 2 er der i boring 205.1053 0,9 m dæklag over ressourcen. De geofysiske data indikerer tilsvarende tynde dæklag.

I råstofforekomst 3 ses der både i boring 205.1032 og i boring 205.1054 1,1 m dæklag over ressourcen. De geofysiske data indikerer tilsvarende tynde dæklag.

6.3 Råstofkvalitet og mængde

I råstofforekomst 1 ses der jf. Figur 6.1 og Bilag 6.1 relativt tykke råstoflag. I to af borerne (205.1051 og 205.1052) ses øverst morænesand, der forventes at kunne udnyttes som fyldsand. I de to borer er der hhv. 1,8 og 3,3 m af dette materiale. I boring 205.1051 er der under morænesandet 1,6 m gruset sand, der forventes at kunne udnyttes som bundsikringsmateriale kvalitet II eller alternativt som fyldsand. I boring 205.1099 og boring 205.1102 ses øverst hhv. 3,1 m gruset sand og 1 m svagt gruset sand, der i begge tilfælde forventes at kunne udnyttes som bundsikring. I alle fire borer er der herefter materialer, der forventes at kunne udnyttes som stabilt grus. Det drejer sig om hhv. 5,6 m og 5,8 m grus i boring 205.1051 og 205.1052 og om hhv. 4,5 m og 4,1 m stærkt gruset sand og grus i boring 205.1099 og 205.1102.

I disse fire borer forventes altså ca. 2/3 af råstoffressourcen at kunne udnyttes som stabilt grus.

I boring 205.1100 ses udelukkende et 2,6 m tykt lag af morænegrus, der forventes at kunne udnyttes til stabilt grus.

I boring 205.1103 forventes de øverste 1,2 m morænegrus at kunne oparbejdes til stabilt grus. Herunder forventes den ellers tykke pakke af morænesand og -grus kun at kunne anvendes til fyldsand. Denne del af lagpakken regnes ikke med i ressourceopgørelsen.

Den samlede råstofpakke er i de seks borer mellem 1,2 m og 9,1 m. De geofysiske data indikerer, at tykkelsen af råstofpakken ligger inden for det samme tykkelsesinterval i de dele af forekomsten, hvor der er geofysiske data. Ud fra de geofysiske data vurderes den gennemsnitlige tykkelse af råstofforekomst 1 at være 5 m.

Arealet af råstofforekomst 1 er ca. 660.000 m². Det vurderes, at ca. 20 % af råstofforekomsten ikke kan udnyttes på grund af bebyggelse, veje m.v., hvilket vil sige, at den udnyttelige råstofforekomst har et areal på ca. 500.000 m². Med en gennemsnitlig råstofftykkelse på ca. 5 m giver det et udnytteligt råstofvolumen på ca. 2,5 mio. m³. Hvis de udførte borer benyttes til at fastlægge mængden af materiale, der kan udnyttes som stabilt grus, vil denne mængde være ca. 1,6 mio. m³.

I råstofforekomst 2 ses der i boring 205.1053 4,2 m ressource, hvor de 3,1 m kun vil kunne udnyttes som fyldsand, mens de nederste 1,1 m vil kunne udnyttes som bundsikringsmateriale eller eventuelt oparbejdes til stabilt grus. Det er derfor tvivlsomt, om det vil være rentabelt at udnytte ressourcen. I de geofysiske data er højmodstandslaget som ovenfor beskrevet væsentligt tykkere, men i boring 205.1053 udgøres de nedre dele af højmodstandslaget af siltet finsand uden råstofinteresse. Arealet af råstofforekomst 2 er ca. 50.000 m². Det vurderes, at ca. 90 % af arealet svarende til ca. 45.000 m² vil kunne udnyttes. Med en tykkelse på ca. 4 m giver det et udnytteligt råstofvolumen på ca. 0,18 mio. m³.

I råstofforekomst 3 ses der i de to borer hhv. 2,5 og 2,1 m gruset sand, der forventes at kunne benyttes til bundsikringsmateriale eller eventuelt oparbejdes til stabilt grus. De geofysiske data indikerer, at tykkelsen af ressourcen er omtrent den samme i hele forekomstens udbredelse. Arealet af råstofforekomst 3 er ca. 310.000 m². Det vurderes, at ca. 90 % af arealet svarende til

ca. 280.000 m² vil kunne udnyttes. Med en gennemsnitlig tykkelse på 2,3 m giver det et udnytteligt råstofvolumen på ca. 0,64 mio. m³.

7. SCREENING AF INTERESSEKONFLIKTER

I forbindelse med råstofkortlægningen af fire delområder i Sorø Kommune er der udført en overordnet screening af interessekonflikter i forhold til eventuel kommende råstofindvinding. Der er screenet i forhold til følgende potentielle interessekonflikter:

- Vandforsyningsboringer til almene vandforsyninger
- 300 m beskyttelseszone omkring vandforsyningsboringer til almene vandforsyninger
- Fredede områder
- Områder med kulturhistorisk bevaringsværdi
- Bevaringsværdige landskaber
- Fredede fortidsminder
- Beskyttelseslinje for fredede fortidsminder
- Kirkebyggelinjer
- Beskyttede sten- og jorddiger
- Fredskov
- Beskyttede naturtyper
 - Eng
 - Mose
 - Overdrev
 - Sø
- Beskyttede vandløb
- Åbeskyttelseslinjer (ingen i de fire områder)

Data er hentet fra Miljøportalen d. 22/11-2016.

Interessekonflikter i Område 1 er præsenteret i Bilag 7.1. Der er kun få interessekonflikter i området. Det drejer sig om en mindre fredskov længst mod vest, nogle små beskyttede naturområder i form af to moser og to overdrevsarealer samt nogle få beskyttede diger og tre beskyttede vandløbsspidser, der alle fremtræder som retlinede grøfter.

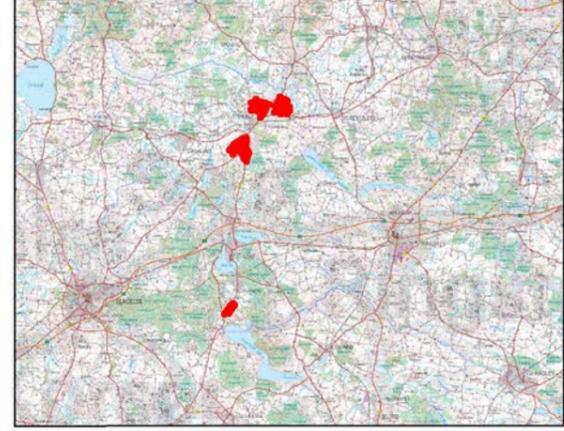
På baggrund af ovenstående vurderes der ikke umiddelbart at være interesser i Område 1, der er til hinder for en råstofindvinding. Dette vil imidlertid blive vurderet nærmere i en miljøredegørelse forud for et ønske om udlæg til graveområde.

8. KONKLUSIONER

- Der er i Område 1 nord for Stenlille gennemført en råstofkortlægning bestående af geofysisk MEP-kortlægning, afprøvning af de geofysiske metoder tTEM og DUALEM, råstofboringer og laboratorieprøvning af råstofrelevante lag.
- Der er afgrænset tre råstofforekomster inden for Område 1.
- Råstofforekomst 1 ligger terrænnært og har en gennemsnitlig tykkelse på ca. 5 m og et anslået udnytteligt volumen på ca. 2,5 mio. m³. Forekomsten forventes bla. at indeholde store volumener, der kan udnyttes som stabilt grus.
- Råstofforekomst 2 ligger terrænnært og har en tykkelse på ca. 4 m og et anslået udnytteligt volumen på ca. 0,18 mio. m³. Forekomsten indeholder bedømt ud fra en boring mest materialer, der kun vil kunne anvendes som fyldsand.
- Råstofforekomst 3 ligger terrænnært og har en tykkelse på 2-2,5 m og et anslået udnytteligt volumen på ca. 0,64 mio. m³. Forekomsten indeholder gruset sand, der forventes at kunne benyttes til bundsikringsmateriale eller eventuelt oparbejdes til stabilt grus. Forekomsten kan fortsætte nord for Område 1.
- Der vurderes ikke umiddelbart at være interesser i Område 1, der er til hinder for en råstofindvinding. Dette vil imidlertid blive vurderet nærmere i en miljøredegørelse forud for et ønske om udlæg til graveområde.

9. REFERENCER

- /1/ GEUS, 2015. Geologisk jordartskort 1:25.000.
- /2/ Ole Humlum 1983: Geomorfologisk kort over Vestsjællands Amt. Naturforvaltning, Vestsjællands Amtskommune, Teknisk Forvaltning.
- /3/ Naturstyrelsen. MEP-kortlægning ved Sorø. Rambøll.
- /4/ GeoFysikSamarbejdet, 2008, Vejledning og kravspecifikation for MEP-målinger.
- /5/ GeoFysikSamarbejdet, 2005, Processering og tolkning af MEP-data målt med gradient-array-konfigurationer.
- /6/ Miljøministeriet & Vejdirektoratet, 2008. Råstofforsyning i Danmark – Sand, grus og sten, Vejteknisk Institut, Rapport 163.
- /7/ Vejregler, 2016. Almindelig arbejdsbeskrivelse stabilt grus – AAB udbud. Vejdirektoratet, december 2016.
- /8/ Vejregler, 2016. Almindelig arbejdsbeskrivelse bundsikring af sand og grus – AAB udbud. Vejdirektoratet, december 2016.



- Geofysik**
- MEP Fase 2
 - MEP Fase 3
 - ▨ Testområde DUALEM og tTEM
- Boringer**
- Jupiter
 - Råstofboringer Fase 2
 - Råstofboringer Fase 3
 - Kortlægningsområde
 - Supplerende kortlægningsområde Fase 3

Rev.: 02
Dato: 2018-08-22
Af: PRT
Kontrol: NLR
Sag: 1100023516

Bilag 2.1

Lokaliseringskort geofysik og boringer

Region Sjælland





Geofysik

- MEP Fase 2
- MEP Fase 3

Boringer

- Jupiter
- Råstofboringer Fase 2
- Råstofboringer Fase 3

- Kortlægningsområde
- Supplerende kortlægningsområde Fase 3

Rev.: 02
Dato: 2018-09-21
Af: PRT
Kontrol: NLR
Sag: 1100023516

Bilag 3.1

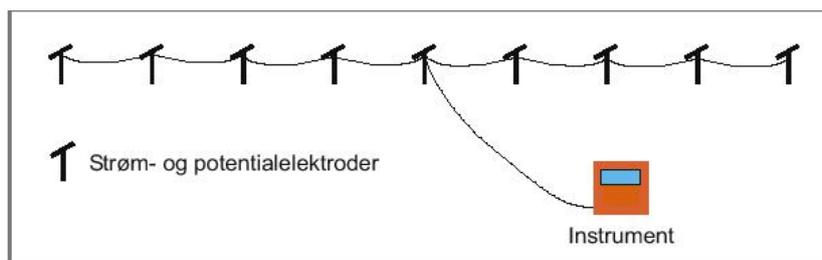
Profilafstand langs MEP-profiler

Region Sjælland



Bilag 3.2 MEP-metoden

MEP-metoden (Multi Elektrode Profilering) er en geoelektrisk metode, hvor målingerne udføres ved, at der langs et valgt profil opstilles et antal stålspyd (elektroder) med fast afstand (figur 3.1). Elektroderne forbindes herefter med et kabel. Ved den enkelte måling benyttes 4 spyd, hvor 2 spyd bruges til at udsende en elektrisk jævnstrøm, og de resterende 2 spyd bruges til at måle spændingsforskellen. Selve målingen er computerstyret ved hjælp af en omskifterboks forbundet midt på MEP linjen.



Figur 3.1. Principskitse for MEP metoden. Elektrodespyd er anbragt med samme afstand mellem hinanden og forbundet med et kabel. Der udsendes strøm til 2 udvalgte spyd og spændingerne måles i to andre udvalgte spyd. Efter et bestemt mønster udvælges 2 spyd til strøm og 2 spyd til måling af spænding.

Ved nærværende kortlægning er anvendt modificeret 12 kanals-gradient-array (Grad_12ch) måleprotokoller, udviklet til multikanaludstyr og godkendt af GeoFysikSamarbejdet /1/. Denne måleprotokol anvender forskellige skæve elektrode-opstillinger. Der indsamles 5 til 10 gange så mange data som ved de tidligere ofte anvendte Wenner-protokoller. Der er således en stor datatæthed langs profilerne. Den tolkede indtrængningsdybde for 12-kanals gradient-array med de benyttede protokoller er ca. 70 m.

Profilerne er indsamlet med et LS Terrameter fra Guideline Geo/ABEM Instruments AB.

Kablerne benyttet til at forbinde elektroderne er 100 m lange, og der benyttes i alt 4 kabler. Efter hver målerunde flyttes det bagerste kabel til den forreste ende af de øvrige kabler, og opmåling af profilet genoptages.

Der foretages en GPS-måling ved alle kabelsamlinger, dvs. for hver 100 m. Til positioneringen anvendes referencesystemet Euref89, zone 32N. Terrænkoten er udtrukket fra den digitale højdemodel for området.

Feltarbejdet foregår til fods og er således yderst skånsom over for afgrøder i det område der kortlægges. Metoden kan desuden anvendes i tætbebyggede områder, hvis blot der kan skabes elektrisk kontakt til jorden.

Feltarbejde

Under feltarbejdet følger feltmedarbejderne nøje måleprocedurer defineret i vejledningen for udførelse af MEP-kortlægninger, udarbejdet af GeoFysikSamarbejdet /1/. Der foretages en GPS-måling ved alle kabelsamlinger, dvs. for hver 100 m. Efter hver feltdag dumpes MEP- og GPS-data, og sendes hjem til kontoret per e-mail til kvalitetssikring.

Sammen med data sendes en kort status over dagens arbejde med konkrete kommentar til de enkelte profiler. De indsamlede data indlæses løbende i Aarhus Workbench, og der foretages en overordnet

vurdering af datakvaliteten. Såfremt data skal endevendes i forhold til den ønskede præsentationsretning, foretages dette på dette tidspunkt og kvalitetssikres.

I forbindelse med den endelige kvalitetssikring er der for hvert enkelt profil tjekket

- Om eventuelle endevendinger er foretaget korrekt
- Editering er dårlige datapunkter
- Kvaliteten af datasættet
- Inversions-parametre
- Inversions-modeller

Databehandling

De indsamlede MEP-profiler er processeret og tolket i henhold til vejledninger udarbejdet af GeoFysikSamarbejdet /2/.

Processering

Processering og tolkning af MEP-data er foretaget i den nyeste version af softwarepakken, Aarhus Workbench (ver. 5.2.1.0), udviklet af GeoFysikSamarbejdet, Aarhus Universitet og i henhold til principperne i GeoFysikSamarbejdets "Vejledning og kravspecifikation for MEP-målinger" /1/ samt "Processering og tolkning af MEP-data målt med gradient-array-konfigurationer" /2/.

Ved processeringen fjernes afvigende datapunkter fra rådata ud fra følgende kriterier /2/:

- Ved visuel gennemgang er der fjernet afvigende datapunkter.
- Efter tolkning er der fjernet datapunkter, hvor der er stor afvigelse mellem forwardresponsen og datapunktet.

Efter den indledende processering er der udført en indledende mangelagstolkning, som anvendes ved den efterfølgende finpudsning af processeringen.

Tolkning

Hvert profil er tolket med fålagstolkninger med hhv. 3, 4 og 5 lag samt en mangelagstolkning med 20 lag med faste laggrænser. Derudover er der lavet en 2D tolkning i Aarhus Workbench.

Med 1D-fålagstolkninger opnås skarpe laggrænser, samt en kvantificering af usikkerheden på lagparametrene. For hvert profil vurderes det hvilken 3-, 4- eller 5-lags model, der bedst tilpasser data i form af dataresidualet. Samtidigt vurderes overensstemmelse med mangelagstolkningen, 2D-tolkning, borer og øvrig geofysik.

1D-mangelagsmodeller giver en mere blød overgang imellem geologiske (modstandsmæssige) lag, hvorfor de som oftest ikke er så velegnede til at placere en decideret laggrænse imellem to forskellige, klart definerede enheder, f.eks. en veldefineret grænse imellem sand og ler. Til gengæld er tolkningerne yderst velegnede til at visualisere mere komplekse strukturer, så som skråt stillede lag, lag der kiler ud m.v.

2D-tolkning giver en 2-dimensionel tolkning med en "blød" tolkningsmodel. Ved 2D-tolkningen benyttes en numerisk model, der tillader meget mere udprægede 2D strukturer, end hvad 1D-mangelagstolkningen tillader.

Udstyrsspecifikationer og inversionssettings

MEP-udstyrsspecifikationer:

Feltperiode 17. august til 29. august 2016:

Terrameter LS dk.ramboll.LS-terrameter.1.001, Serienr. 211110106

Tolkningssettings:

Ved fælags-tolkningen er anvendt:

- Resistivity
 - Horizontal Constraint – 1,3
- Depth
 - Horizontal Constraint – 1,1

Ved mangelags-tolkningen er anvendt:

- Resistivity
 - Horizontal Constraint – 1,1
 - Vertical Constraint – 2

Ved 2D-tolkningen er anvendt:

- Resistivity
 - Horizontal Constraint – 1,05
 - Vertical Constraint – 2

Referencer

- /1/ GeoFysikSamarbejdet, 2008, Vejledning og kravspecifikation for MEP-målinger.
- /2/ GeoFysikSamarbejdet, 2005, Processering og tolkning af MEP-data målt med gradient-array-konfigurationer.

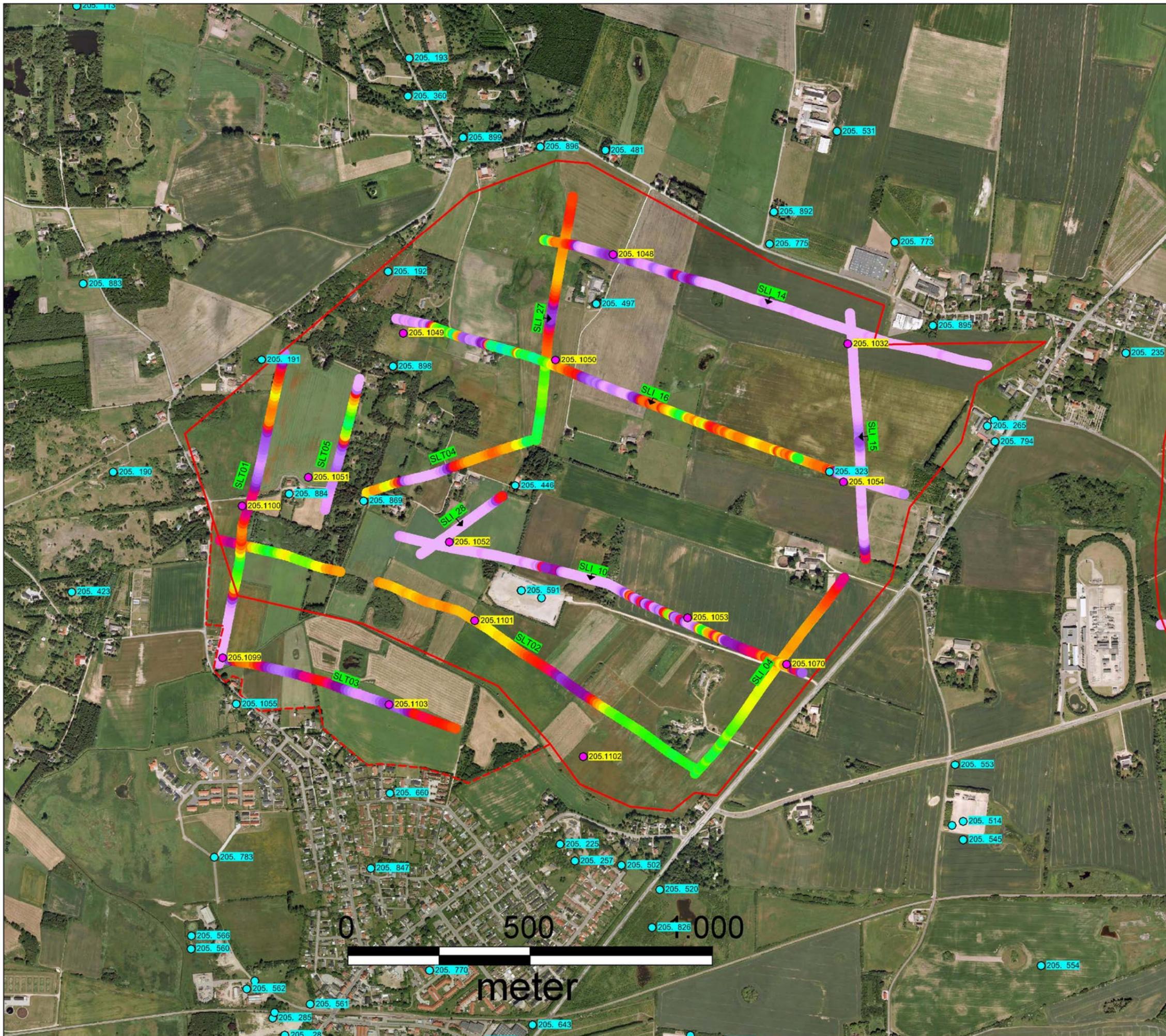
Bilag 3.3

Profilnavn	Dato	Planlagt længde	Målt længde	Mål.ret.	Pre.ret.	Endevendt	Mulige målte data	Tolkede data	% slettede data	Residual 2D tolkning	Residual 1D mangelag	Antal lag i fålags-model	Residual 1D fålags-model
SLI04	17-08-2016	700	700	S-N	S-N	nej	2922	2848	2,53	0,79	0,68	4	0,62
SLI10	18-08-2016	1300	1200	E-W	W-E	ja	5761	5558	3,52	2,90	2,49	4	2,40
SLI14	20-08-2016	1300	1295	W-E	W-E	nej	5934	5860	1,25	1,42	1,08	4	0,94
SLI15	20-08-2016	700	700	N-S	S-N	ja	2847	2794	1,86	1,50	1,24	4	1,08
SLI16	20-08-2016	1500	1500	W-E	W-E	ja	6969	6862	1,54	1,71	1,19	4	1,09
SLI27	29-08-2016	1300	700	S-N	S-N	ja	2963	2947	0,54	0,61	0,61	4	0,53
SLI28	29-08-2016		300	S-N	S-N	ja	730	729	0,14	1,26	1,50	4	0,97
STL01	18-07-2017	900	900	S-N	S-N	nej	4768	4754	0,29	0,73	0,93	4	0,91
STL02	19-07-2017	1500	1500	W-E	W-E	nej	8716	7881	9,58	0,61	0,67	5	0,68
STL03	19-07-2017	700	700	W-E	W-E	nej	3452	3446	0,17	0,77	0,75	5	0,73
STL04	20-07-2017	500	500	W-E	W-E	nej	2136	2134	0,09	0,52	0,58	5	0,57
STL05	21-07-2017	400	400	N-S	S-N	ja	1478	1468	0,68	0,62	0,77	4	0,73

Datakvalitet: Der er i forbindelse med dataprocesseringen slettet mellem 0,1 og 9,6 % af de indsamlede data.

I SLT02 er der slettet lige under 10% af de indsamlede data. Grunden til dette er at profilet passere et forstyrrende element, der betyder at data er slettet langs en sektion på ca. 100 m. Det relativ høje antal slettede data har således ikke indflydelse på den resterende del af profilet, som har en god datakvalitet. Det gælder således, at alle profiler har en god datakvalitet.

Datatilpasning: Datatilpasningen er vist i form af residualen for de enkelte tolkninger. Som det fremgår af tabellen, er datatilpasningen for alle tolkningerne med undtagelse af SLI10 under 2, hvilket betegnes tilfredsstillende. For SLI10 er residualen for tolkningerne mellem 2 og 3, hvilket betegnes acceptabelt.



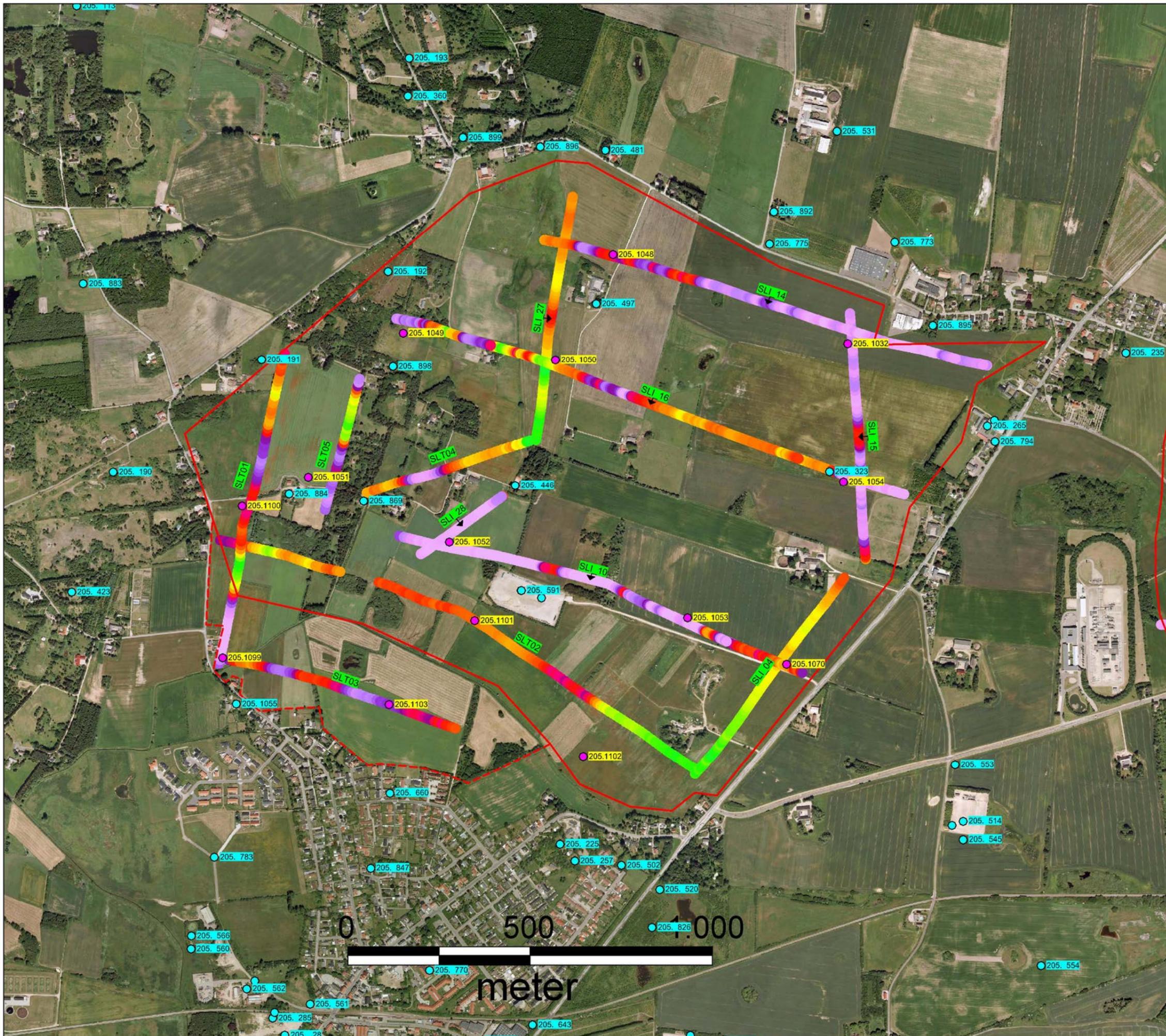
- Boringer
- Råstofboringer
 - Øvrige boringer i Jupiter
- Kortlægningsområde
- - - Supplerende kortlægningsområde fase 3

Rev.: 02
Dato: 2018-09-11
Af: PRT
Kontrol: NLR
Sag: 1100023516

Bilag 3.4A

Middelmodstand i dybdeinterval 0 til 2 m

Område 1 nord for Stenlille



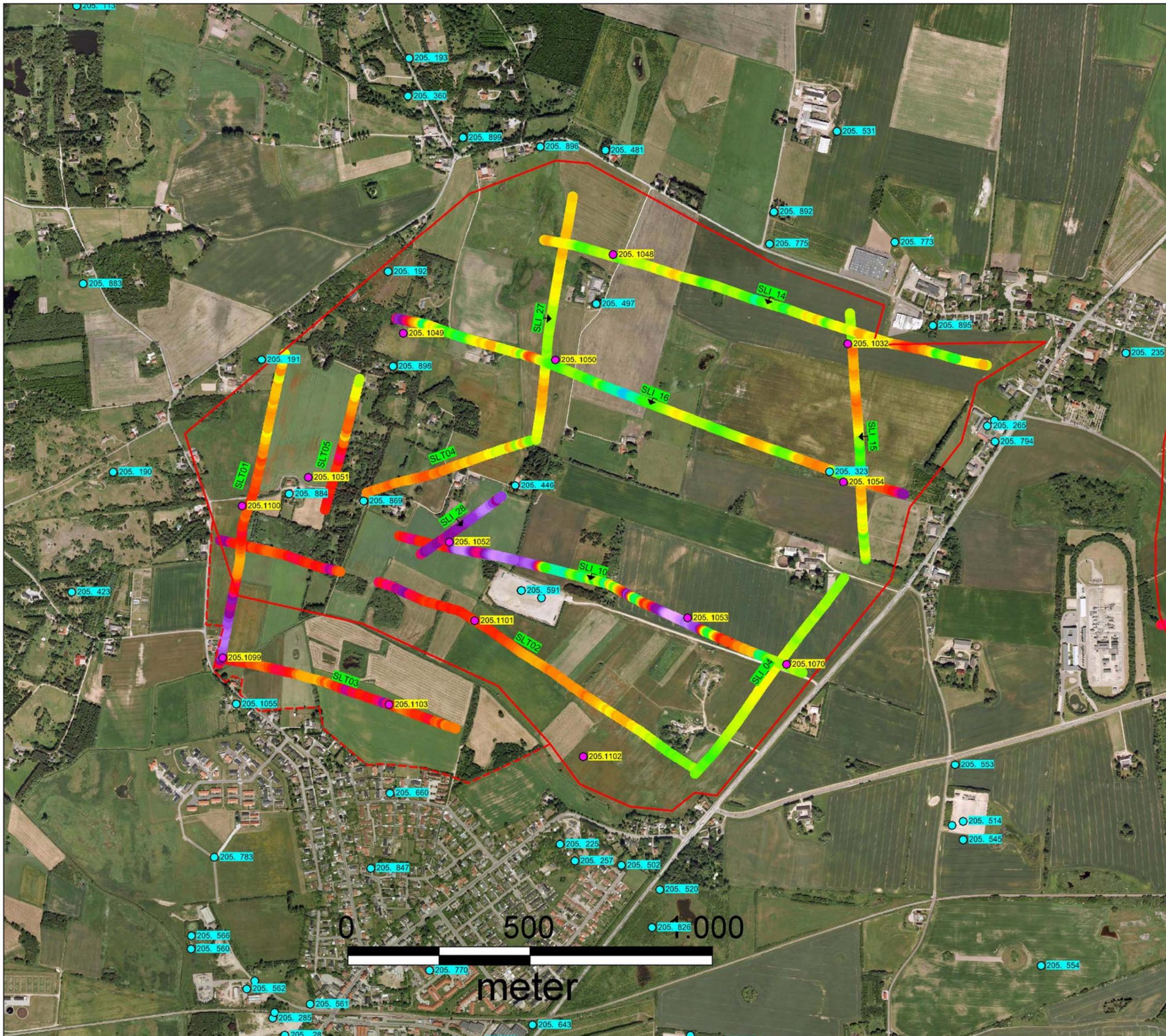
- Boringer
- Råstofboringer
 - Øvrige boringer i Jupiter
- Kortlægningsområde
- - - Supplerende kortlægningsområde fase 3

Rev.: 02
Dato: 2018-09-11
Af: PRT
Kontrol: NLR
Sag: 1100023516

Bilag 3.4B

Middelmodstand i dybdeinterval 2 til 4 m

Område 1 nord for Stenlille



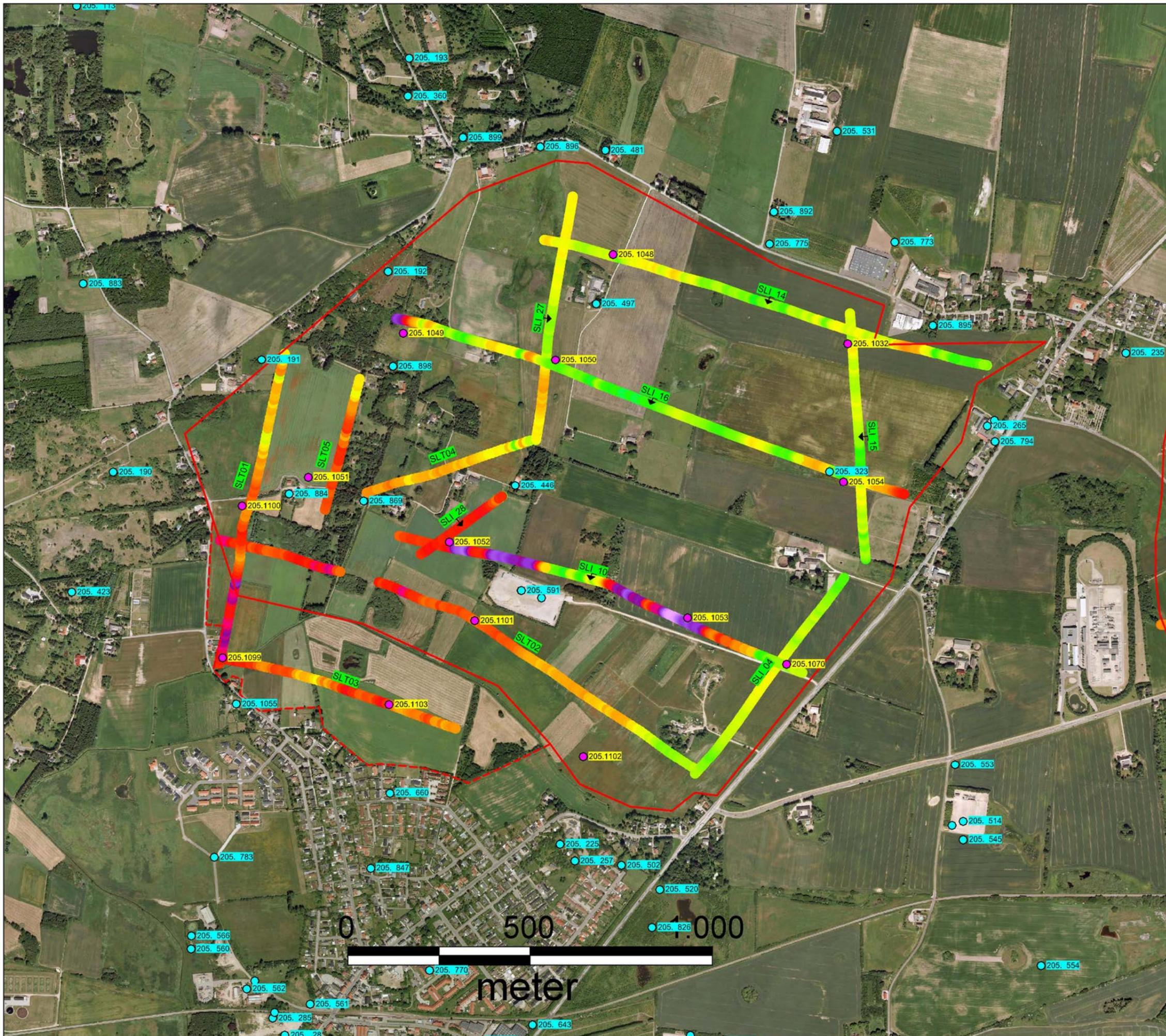
- Boringer
- Råstofboringer
 - Øvrige boringer i Jupiter
- Kortlægningsområde
- - - Supplerende kortlægningsområde fase 3

Rev.: 02
Dato: 2018-09-11
Af: PRT
Kontrol: NLR
Sag: 1100023516

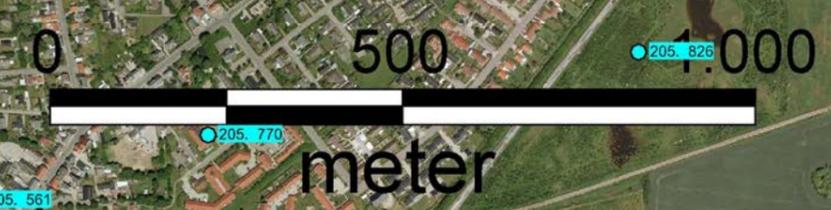
Bilag 3.4D

Middelmodstand i dybdeinterval 6 til 8 m

Område 1 nord for Stenlille



- Boringer**
- Råstofboringer
 - Øvrige boringer i Jupiter
- Kortlægningsområde
- Supplerende kortlægningsområde fase 3

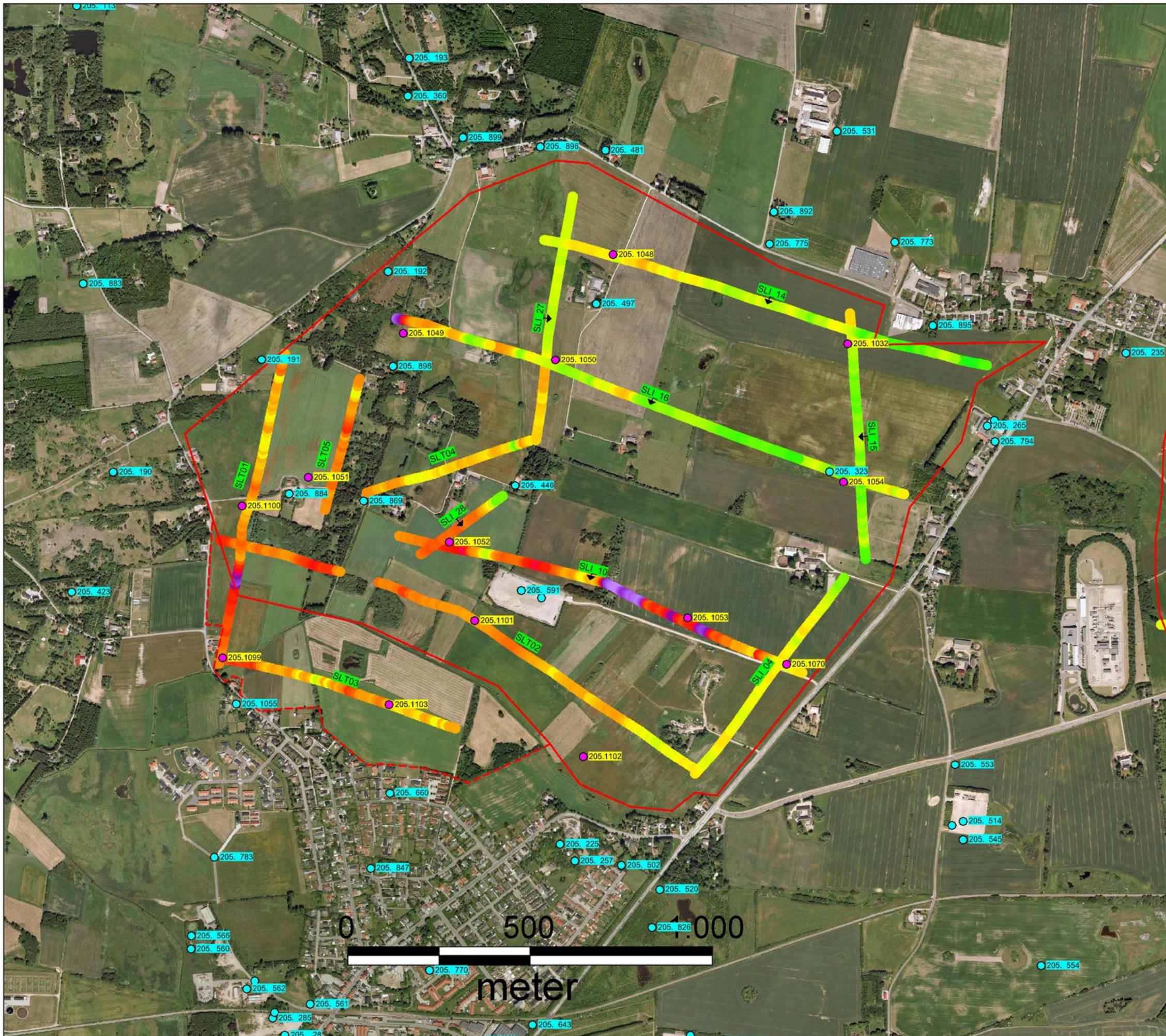


Rev.: 02
 Dato: 2018-09-11
 Af: PRT
 Kontrol: NLR
 Sag: 1100023516

Bilag 3.4E

Middelmodstand i dybdeinterval 8 til 10 m

Område 1 nord for Stenlille



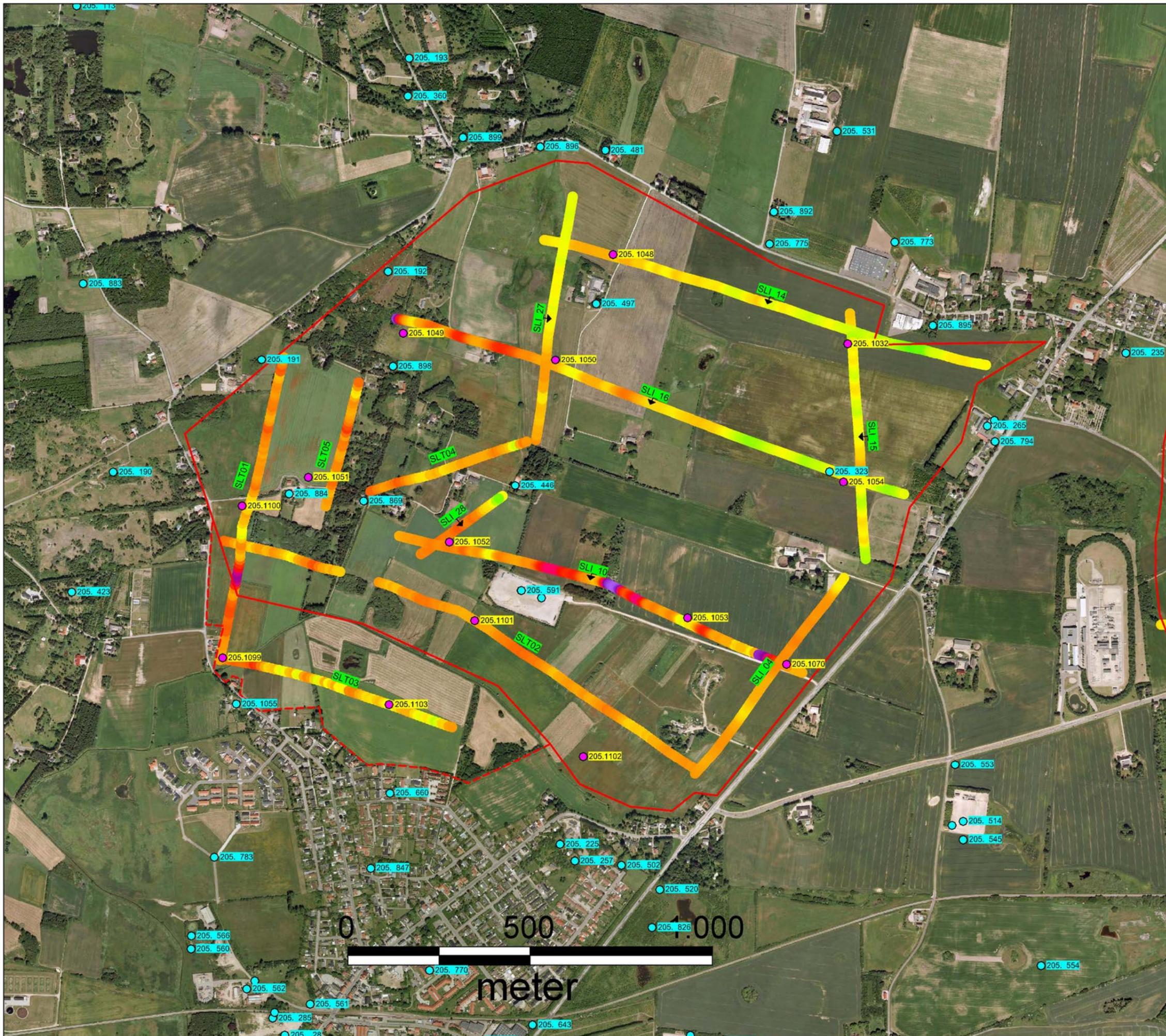
- Boringer**
- Råstofboringer
 - Øvrige boringer i Jupiter
- Kortlægningsområde
- Supplerende kortlægningsområde fase 3

Rev.: 02
 Dato: 2018-09-11
 Af: PRT
 Kontrol: NLR
 Sag: 1100023516

Bilag 3.4F

Middelmodstand i dybdeinterval 10 til 15 m

Område 1 nord for Stenlille



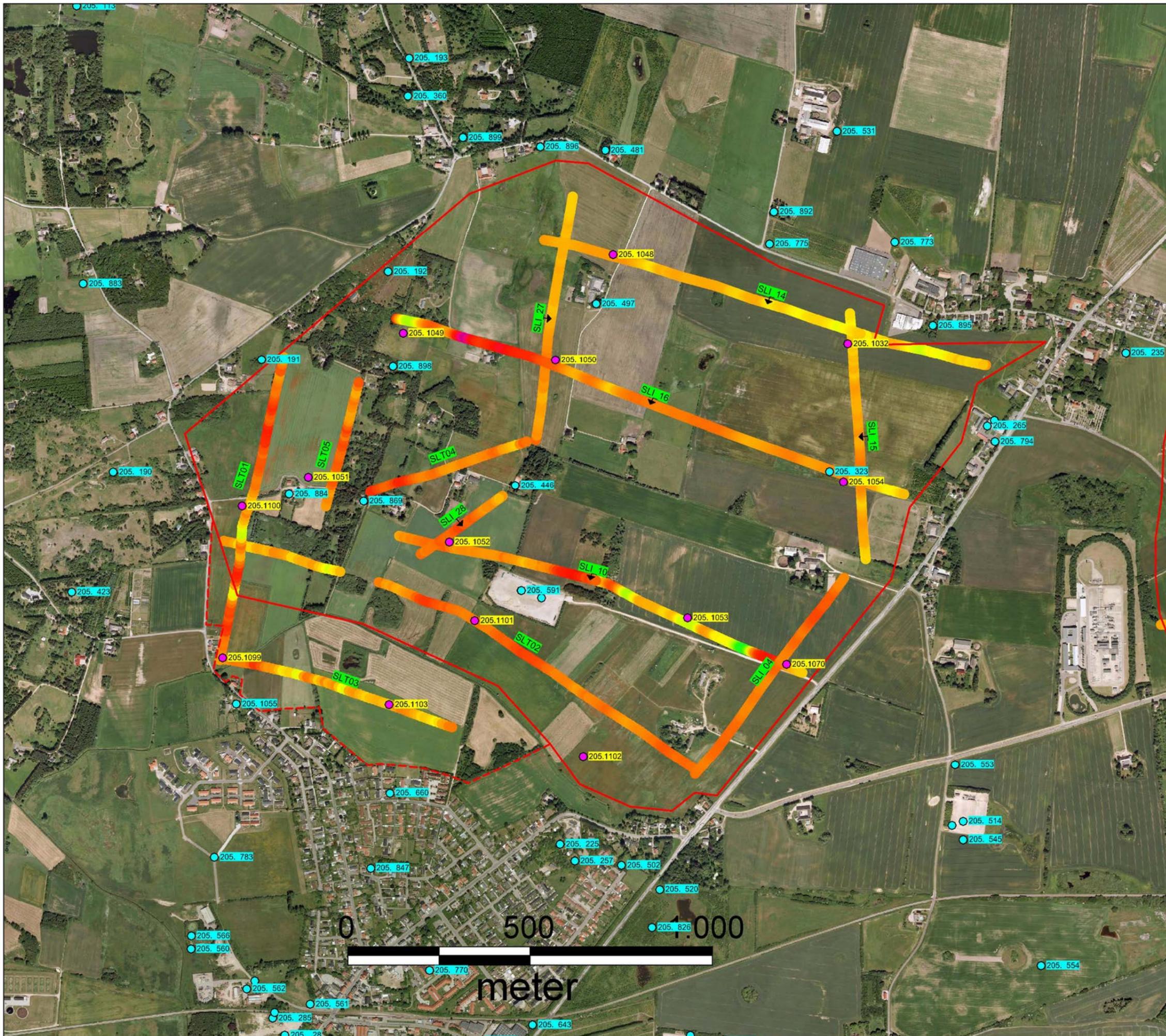
- Boringer
- Råstofboringer
 - Øvrige boringer i Jupiter
- Kortlægningsområde
- - - Supplerende kortlægningsområde fase 3

Rev.: 02
Dato: 2018-09-11
Af: PRT
Kontrol: NLR
Sag: 1100023516

Bilag 3.4G

Middelmodstand i dybdeinterval 15 til 20 m

Område 1 nord for Stenlille



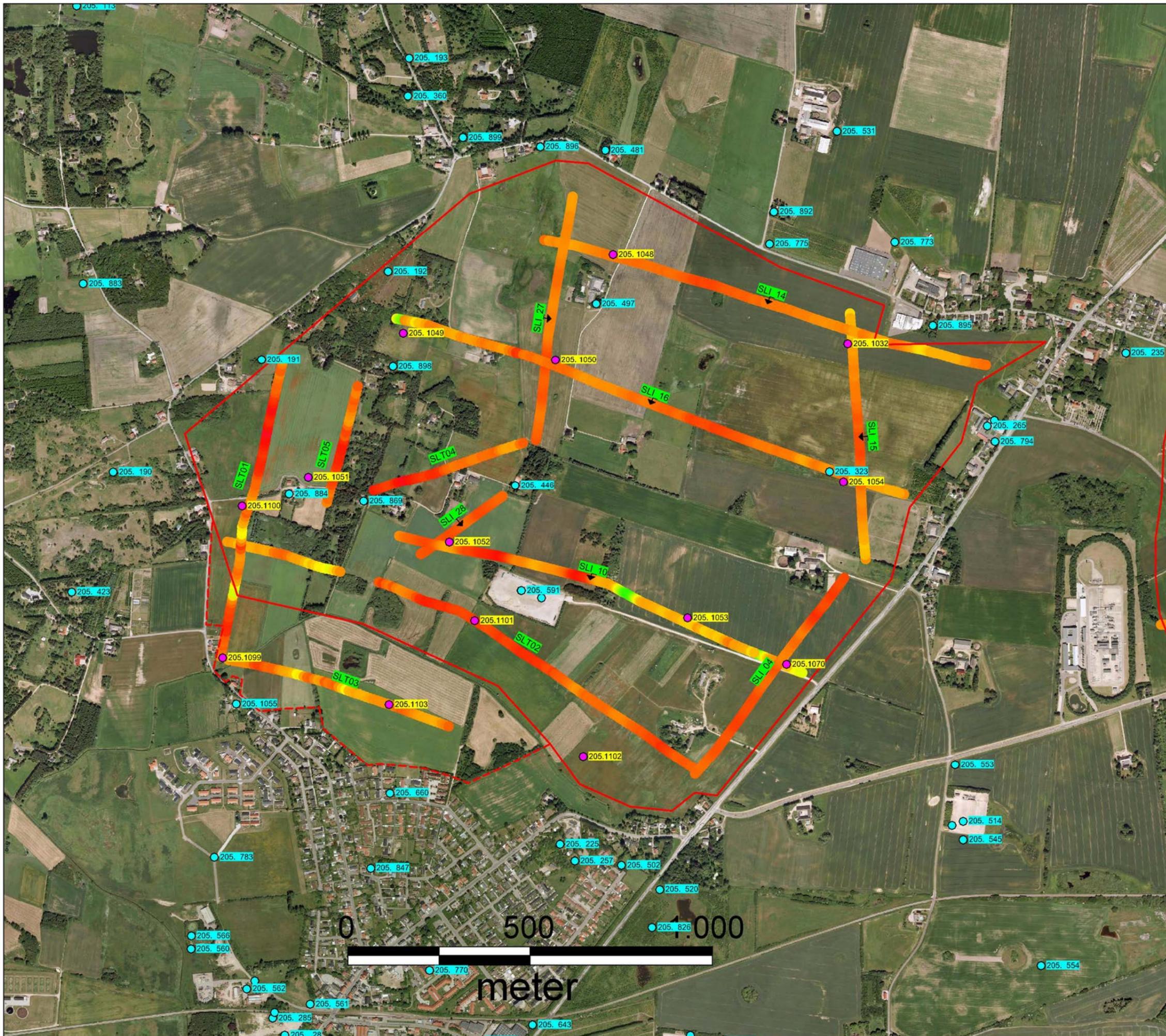
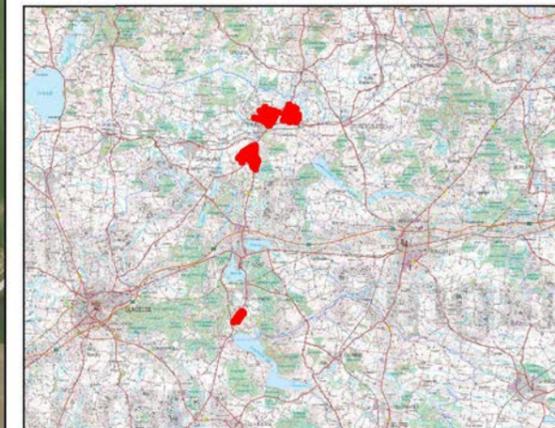
- Boringer
- Råstofboringer
 - Øvrige boringer i Jupiter
- Kortlægningsområde
- - - Supplerende kortlægningsområde fase 3

Rev.: 02
Dato: 2018-09-11
Af: PRT
Kontrol: NLR
Sag: 1100023516

Bilag 3.4H

Middelmodstand i dybdeinterval 20 til 25 m

Område 1 nord for Stenlille



- Boringer
- Råstofboringer
 - Øvrige boringer i Jupiter
- Kortlægningsområde
- - - Supplerende kortlægningsområde fase 3

Rev.: 02
Dato: 2018-09-11
Af: PRT
Kontrol: NLR
Sag: 1100023516

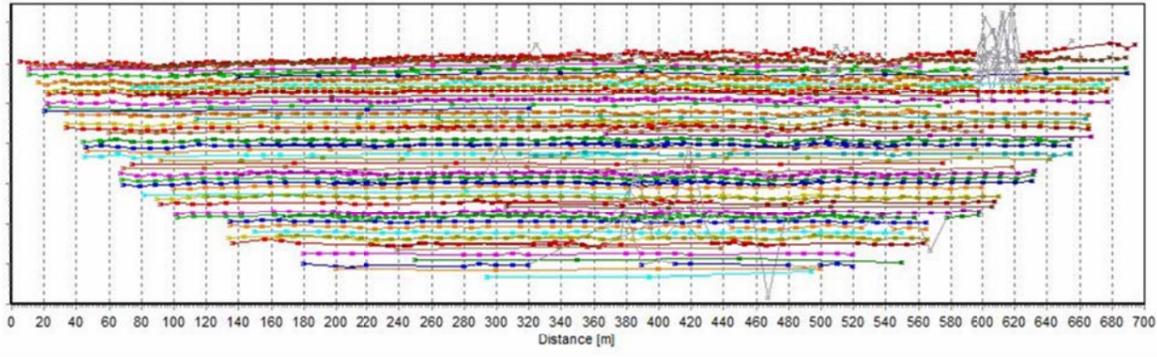
Bilag 3.4I

Middelmodstand i dybdeinterval 25 til 30 m

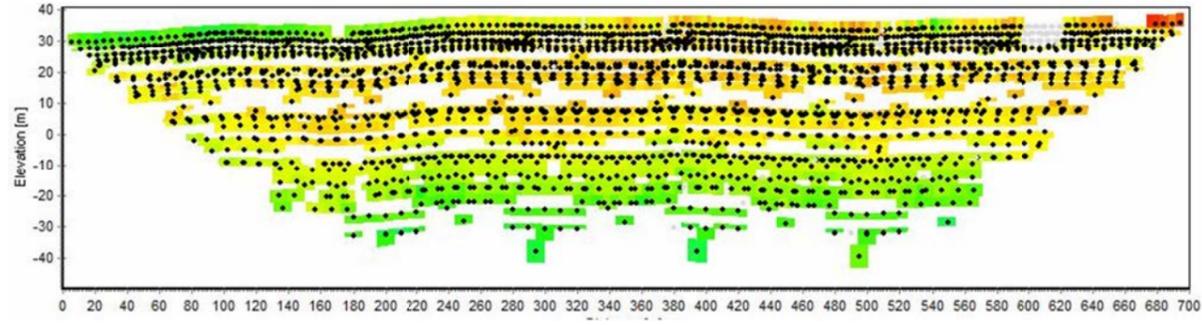
Område 1 nord for Stenlille



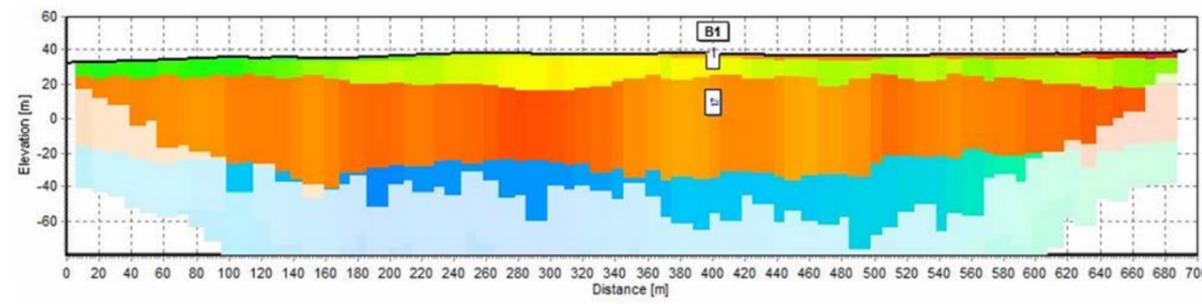
Syd
SLI04 - Data



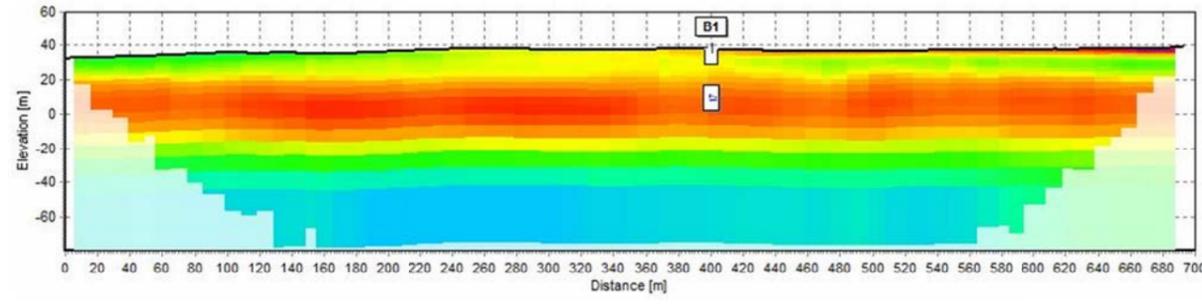
SLI04 - Pseudosektion



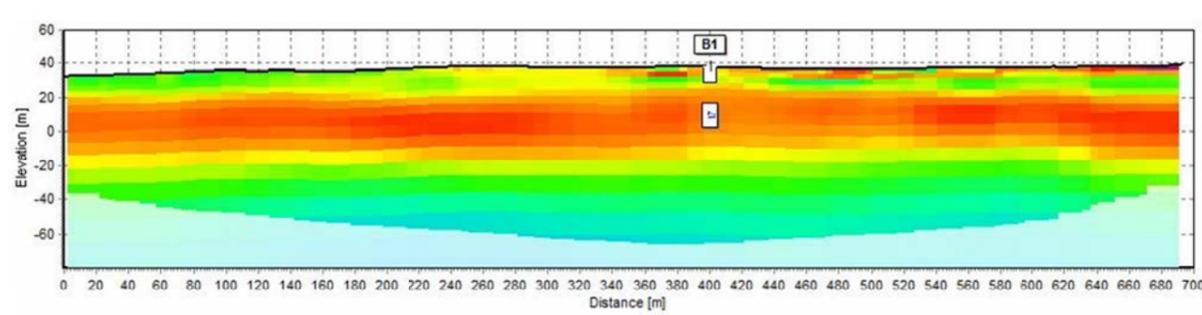
SLI04 - Fålags 1D-model



SLI04 - Mangelags 1D-model

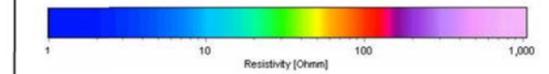
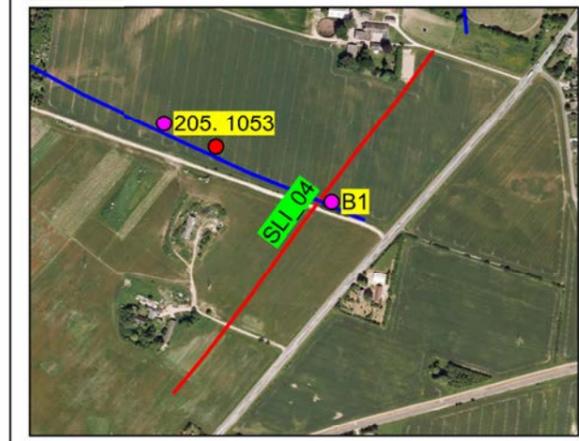


SLI04 - 2D-model



Nord

Region Sjælland



Rev.: 01
 Dato: 2016-12-09
 Af: PRT
 Kontrol: MAXH
 Sag: 1100023516

Bilag 3.5A

SLI04
Pseudosektion, data, 1D fålags- og mangelagsmodel, samt 2D tolkning
 Område 1 nord for Stenlille

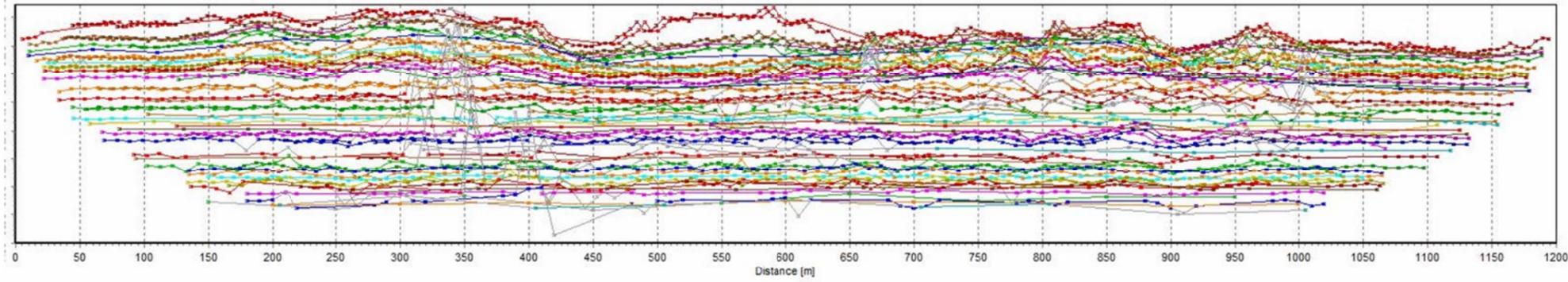


Olof Palmes Allé 22
 Dk 8200 Aarhus N

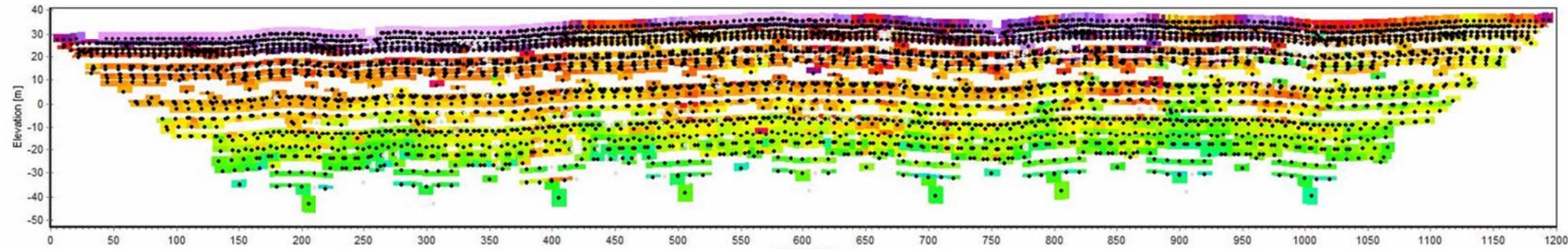
Vest

Øst

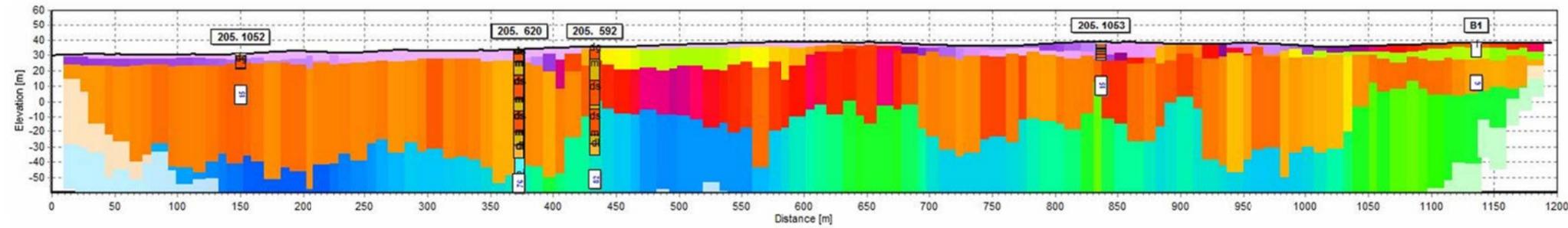
SLI10 - Data



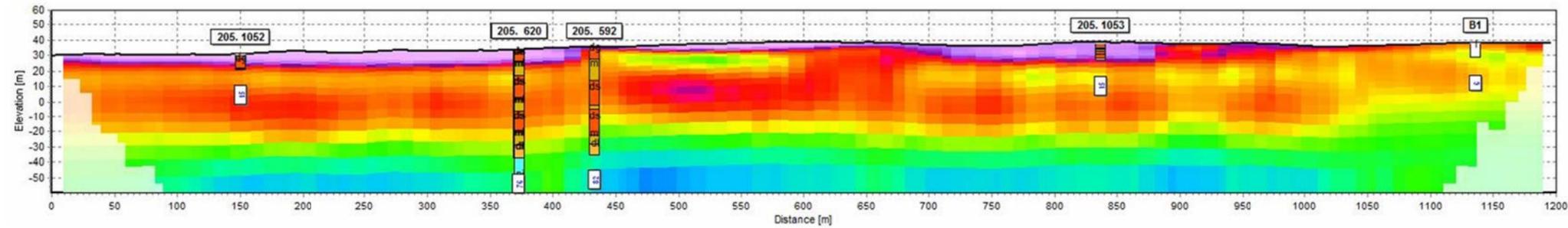
SLI10 - Pseudosektion



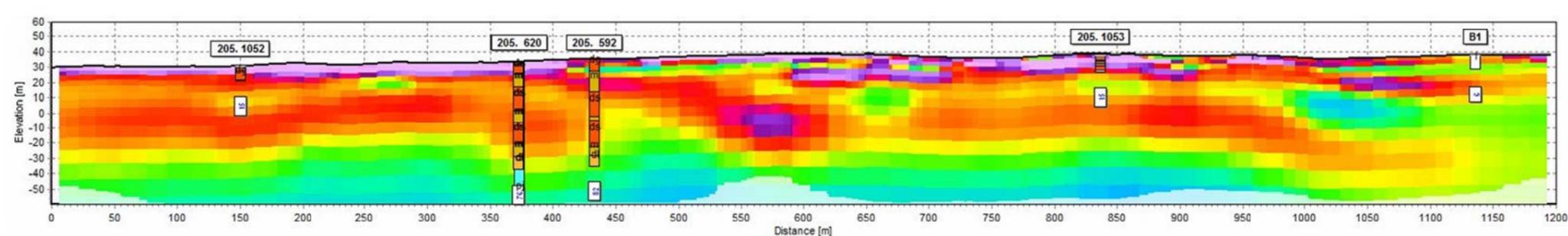
SLI10 - Fålags 1D-model



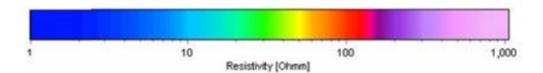
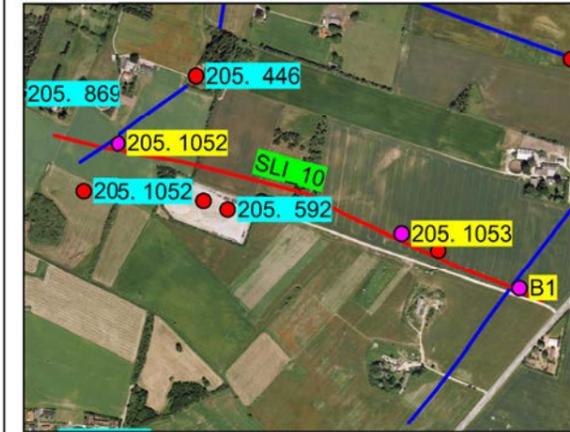
SLI10 - Mangelags 1D-model



SLI10 - 2D-model



Region Sjælland



Rev.: 01
 Dato: 2016-12-09
 Af: PRT
 Kontrol: MAXH
 Sag: 1100023516

Bilag 3.5B

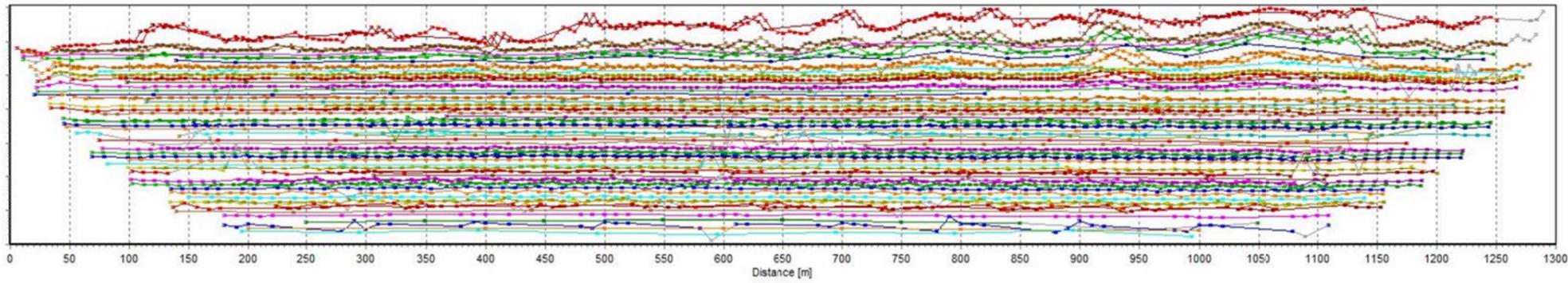
SLI10
Pseudosektion, data, 1D fålags- og mangelagsmodel, samt 2D tolkning
 Område 1 nord for Stenlille

Vest

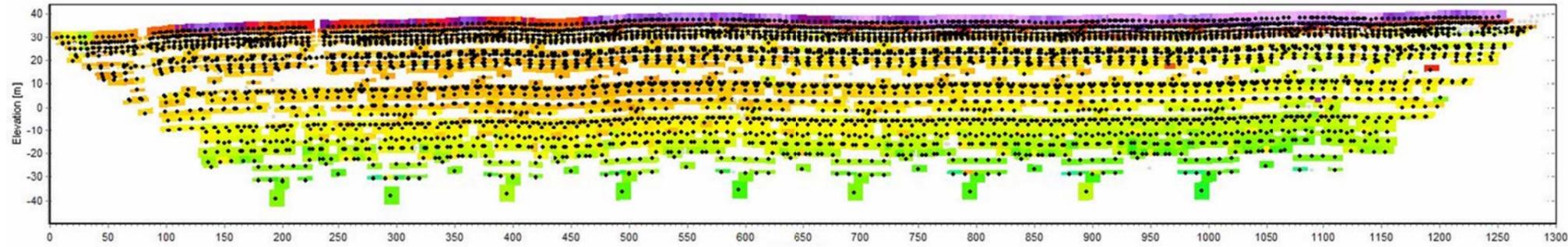
SLI14 - Data

Øst

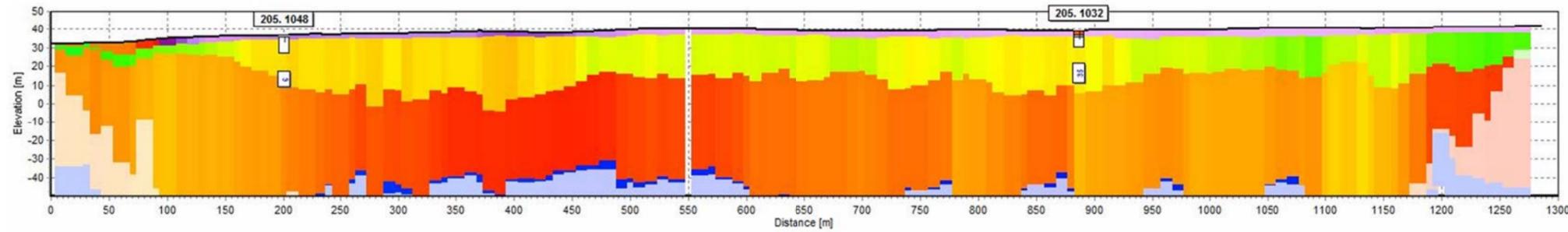
Region Sjælland



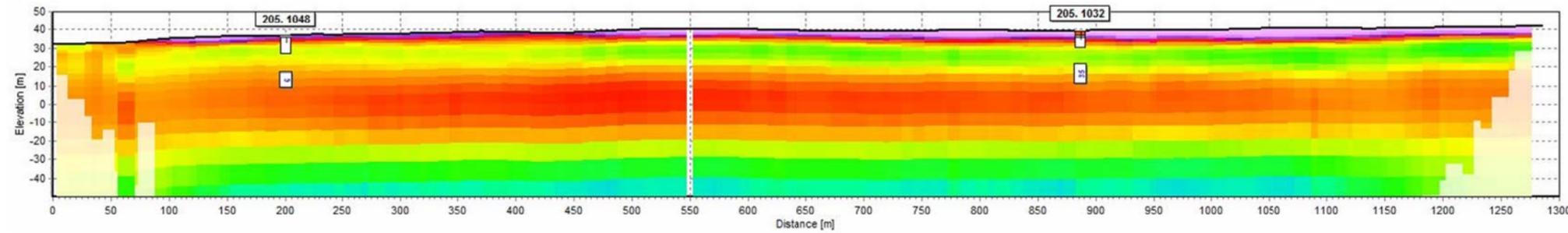
SLI14 - Pseudosektion



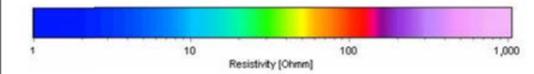
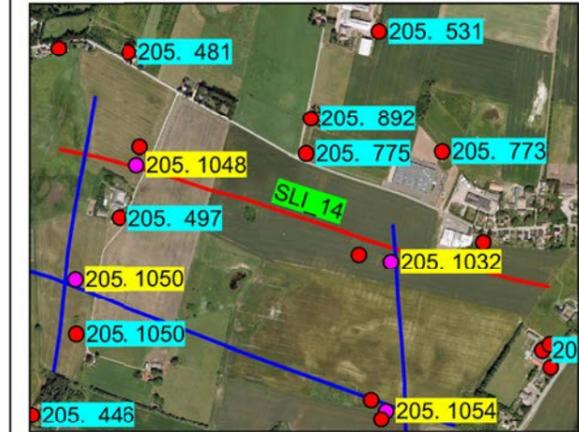
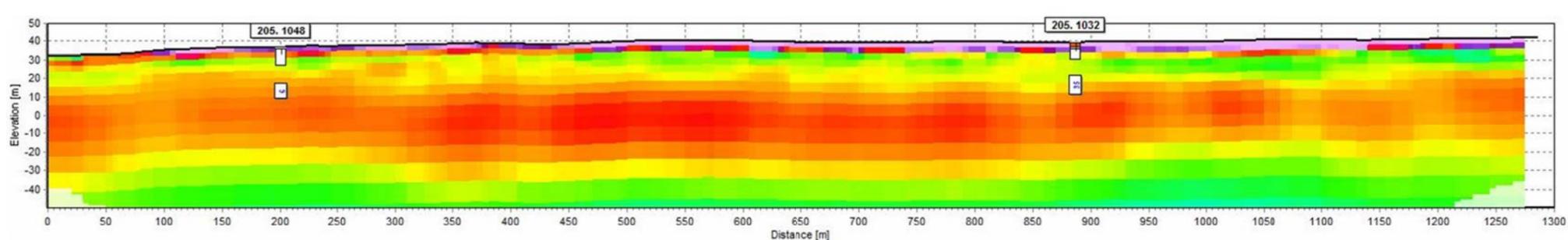
SLI14 - Fålags 1D-model



SLI14 - Mangelags 1D-model



SLI14 - 2D-model



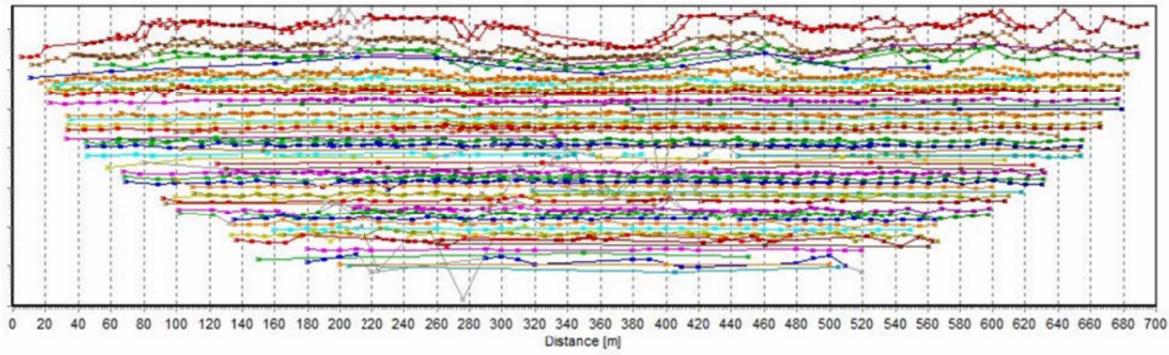
Rev.: 01
 Dato: 2016-12-09
 Af: PRT
 Kontrol: MAXH
 Sag: 1100023516

Bilag 3.5C

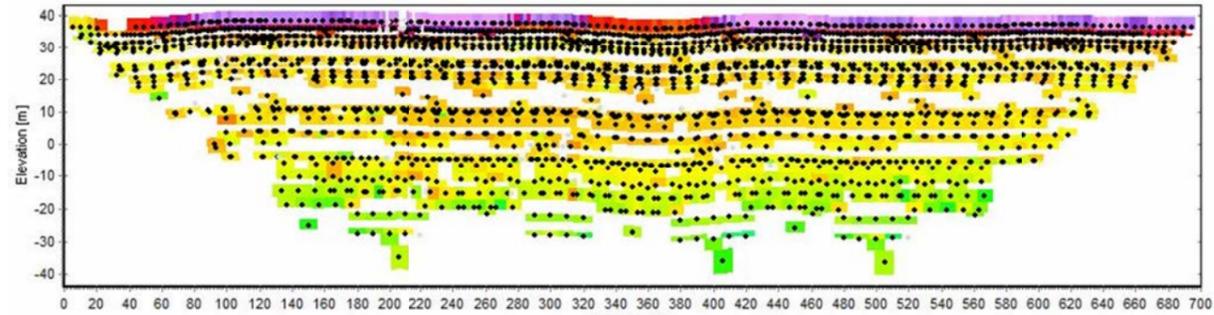
SLI14
Pseudosektion, data, 1D fålags- og mangelagsmodel, samt 2D tolkning

Syd

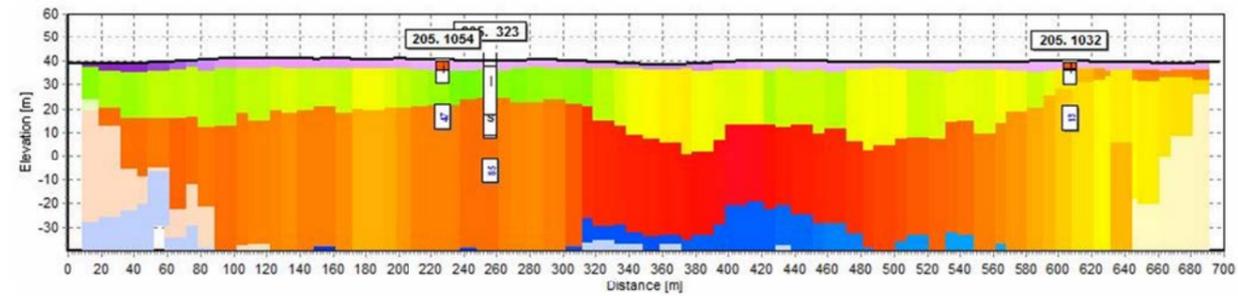
SLI15 - Data



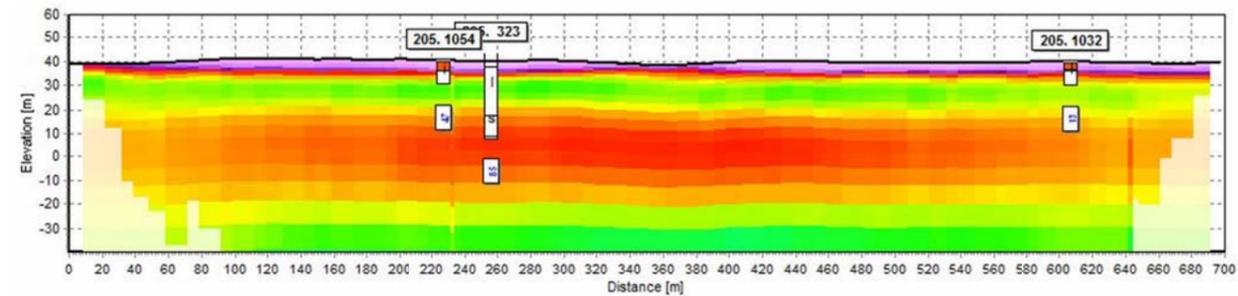
SLI15 - Pseudosektion



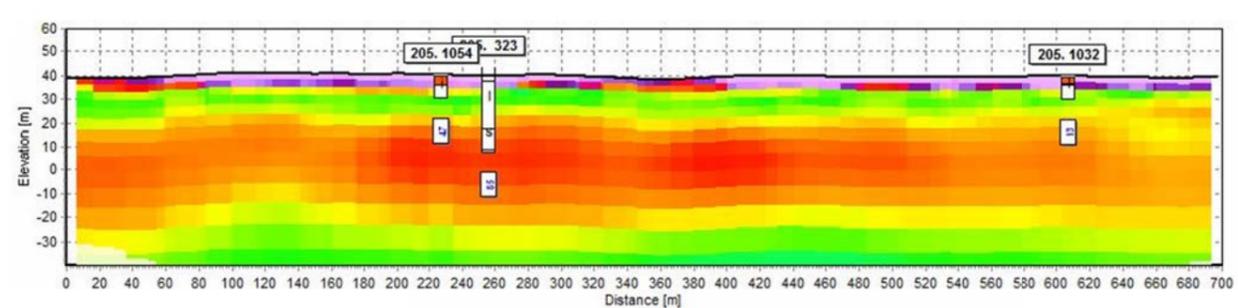
SLI15 - Fålags 1D-model



SLI15 - Mangelags 1D-model

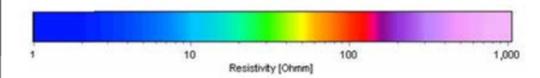
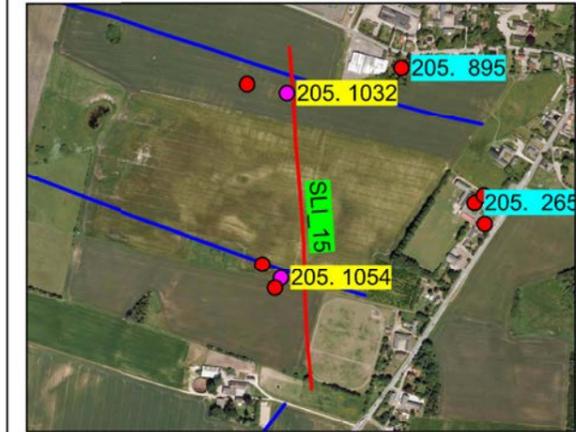


SLI15 - 2D-model



Nord

Region Sjælland



Rev.: 01
 Dato: 2016-11-14
 Af: PRT
 Kontrol: MAXH
 Sag: 1100023516

Bilag 3.5D

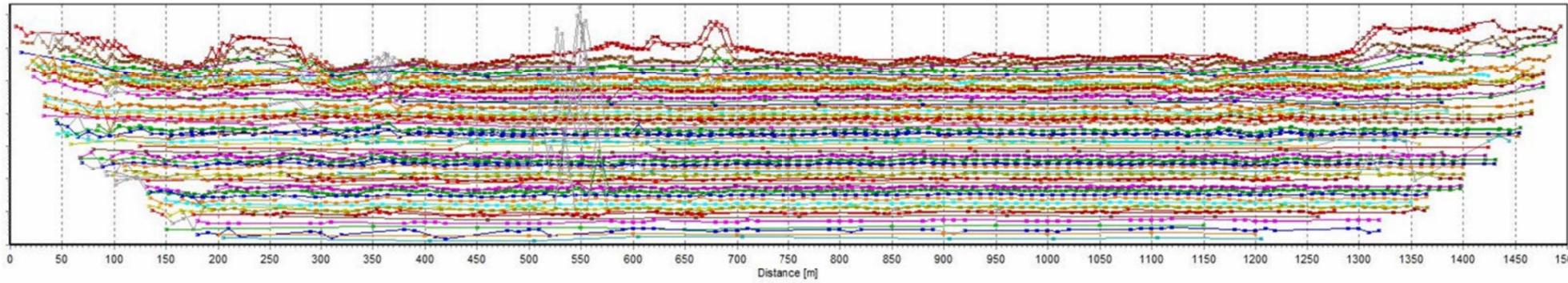
SLI15
Pseudosektion, data, 1D fålags- og mangelagsmodel, samt 2D tolkning
 Område 1 nord for Stenlille

Vest

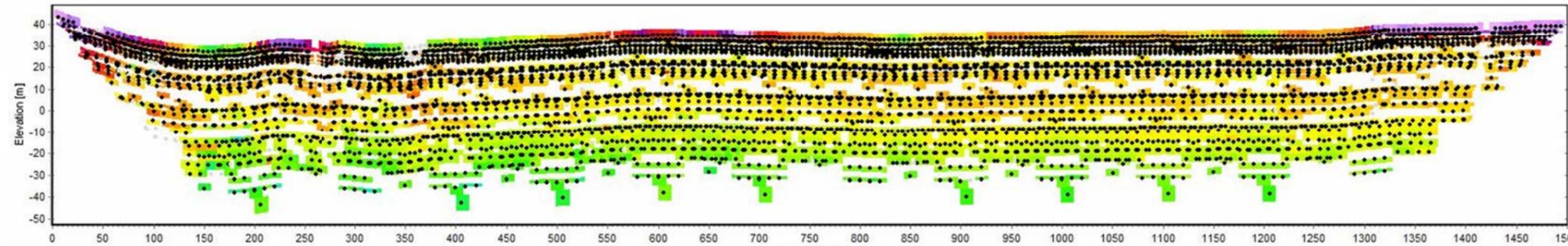
SLI16 - Data

Øst

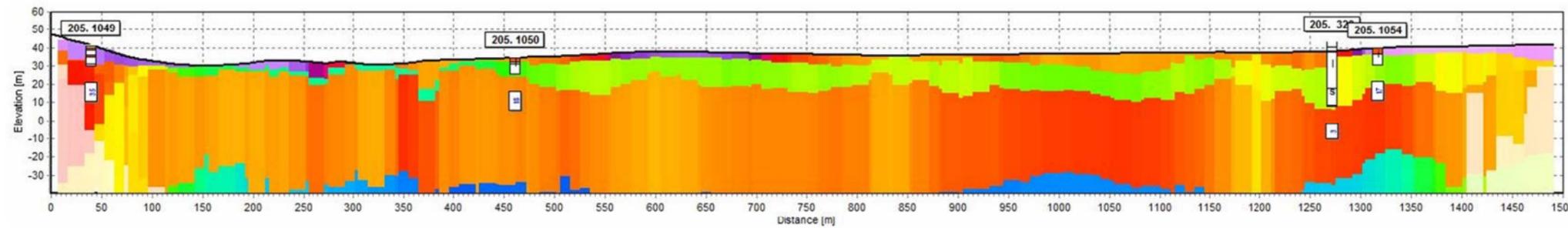
Region Sjælland



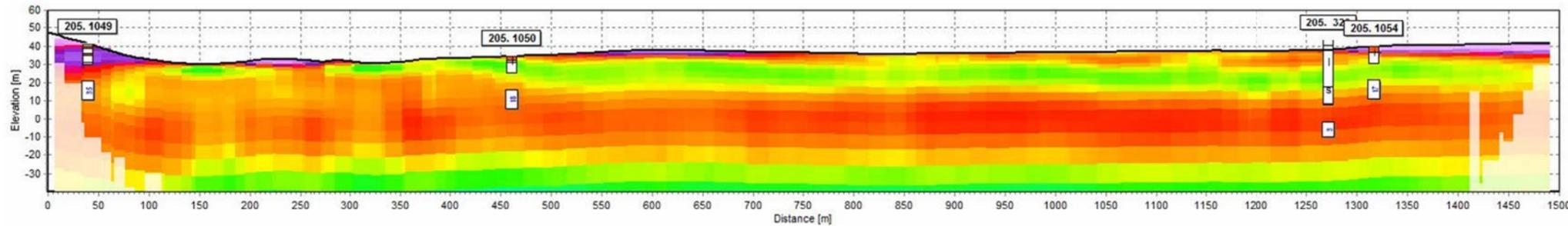
SLI16 - Pseudosektion



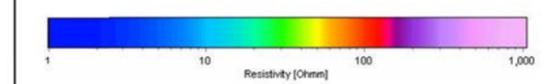
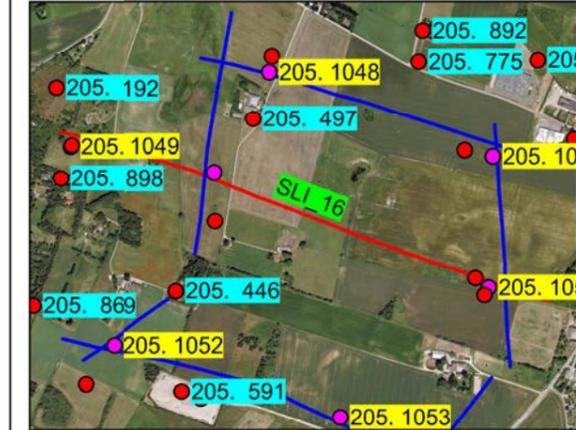
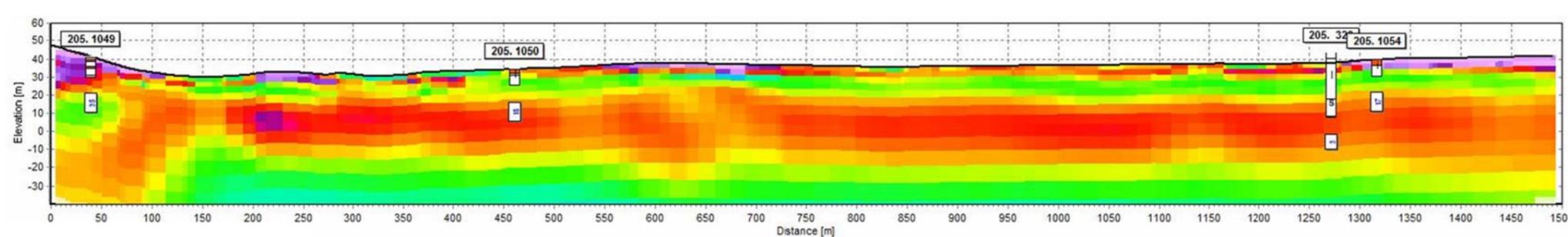
SLI16 - Fålags 1D-model



SLI16 - Mangelags 1D-model



SLI16 - 2D-model



Rev.: 01
 Dato: 2016-12-09
 Af: PRT
 Kontrol: MAXH
 Sag: 1100023516

Bilag 3.5E

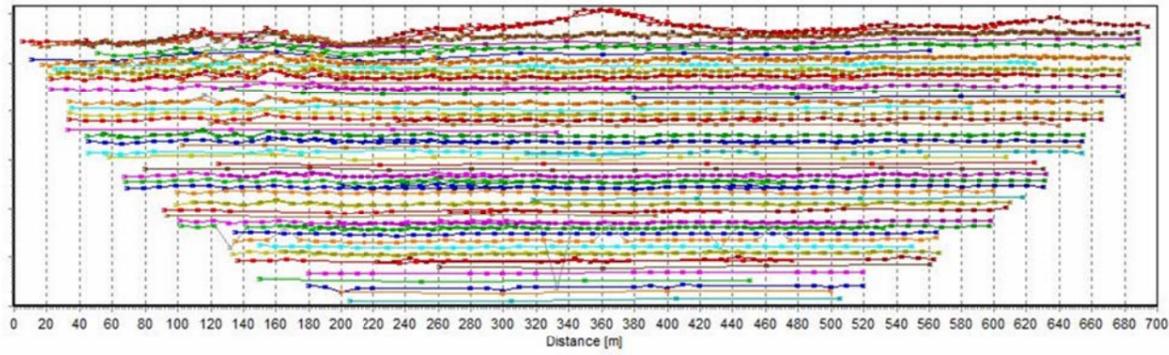
SLI16
Pseudosektion, data, 1D fålags- og mangelagsmodel, samt 2D tolkning
 Områder 1 nord for Stenlille



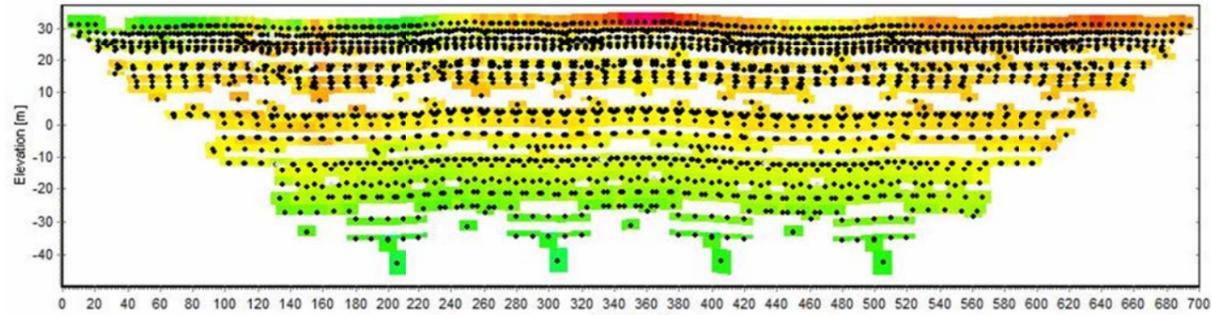
Olof Palmes Allé 22
 Dk 8200 Aarhus N

Syd

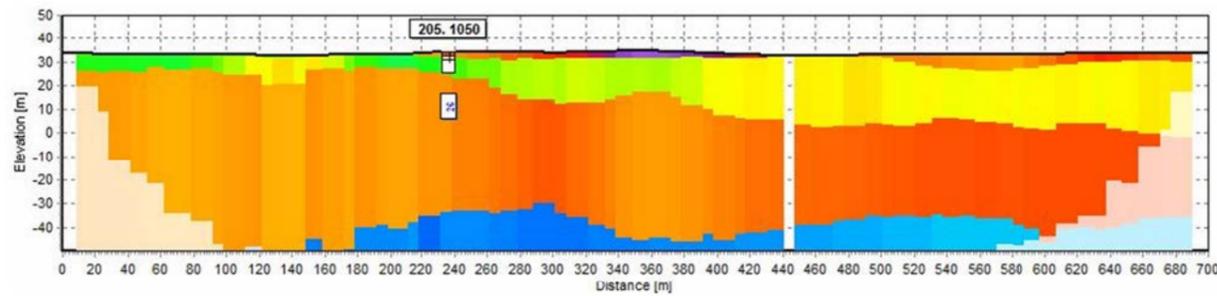
SLI27 - Data



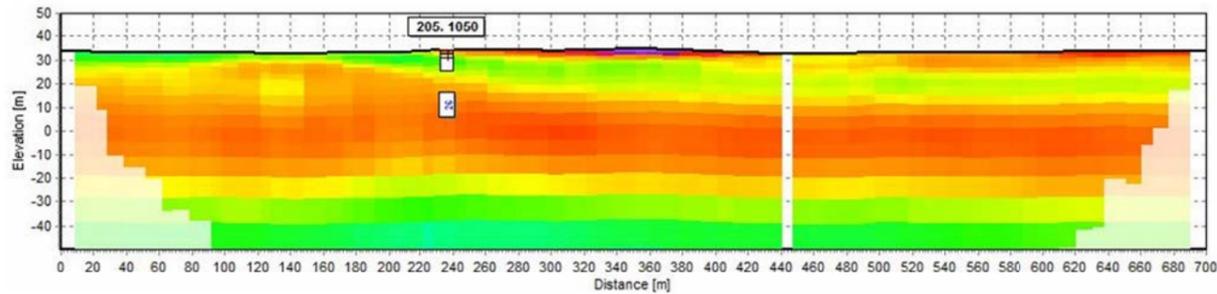
SLI27 - Pseudosektion



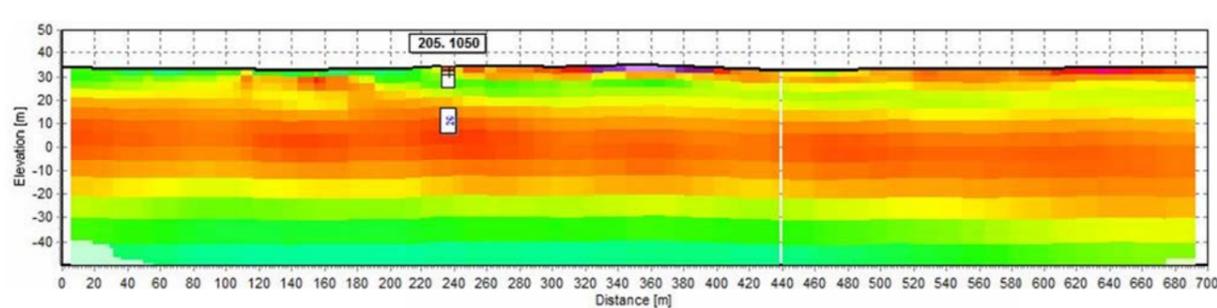
SLI27 - Fålags 1D-model



SLI27 - Mangelags 1D-model

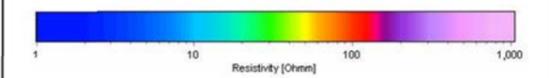
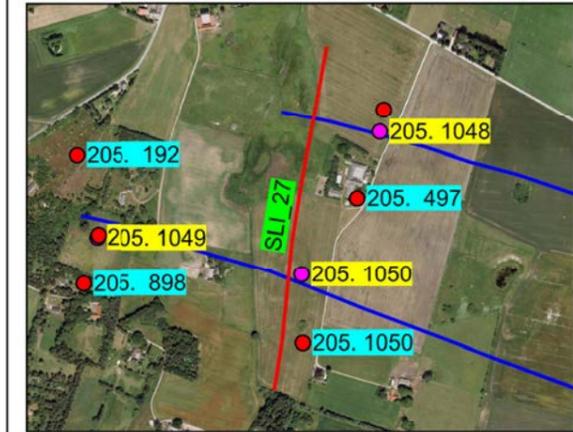


SLI27 - 2D-model



Nord

Region Sjælland



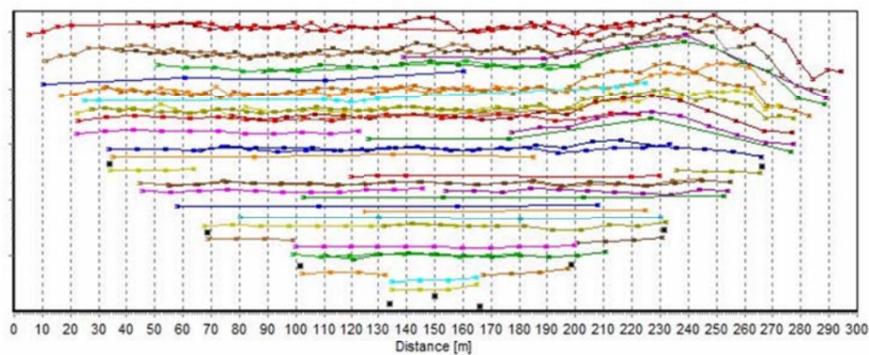
Rev.: 01
 Dato: 2016-11-14
 Af: PRT
 Kontrol: MAXH
 Sag: 1100023516

Bilag 3.5F

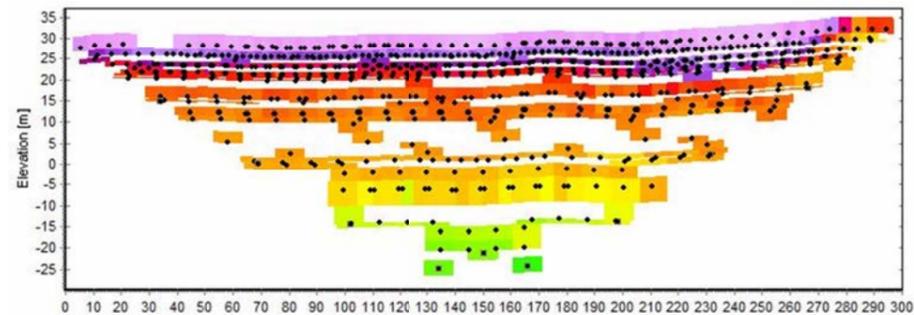
SLI27
Pseudosektion, data, 1D fålags- og mangelagsmodel, samt 2D tolkning
 Område 1 nord for Stenlille

Syd

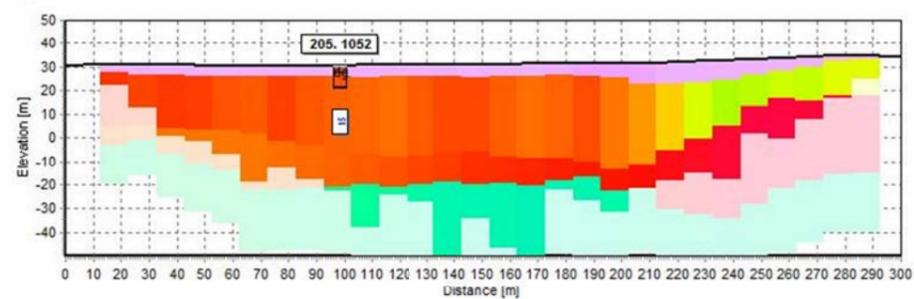
SLI28 - Data



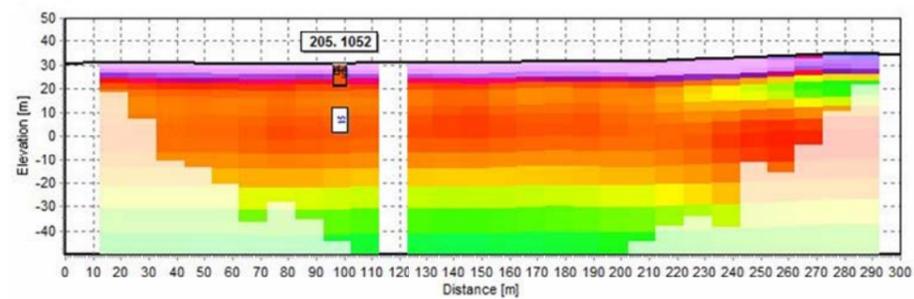
SLI28 - Pseudosektion



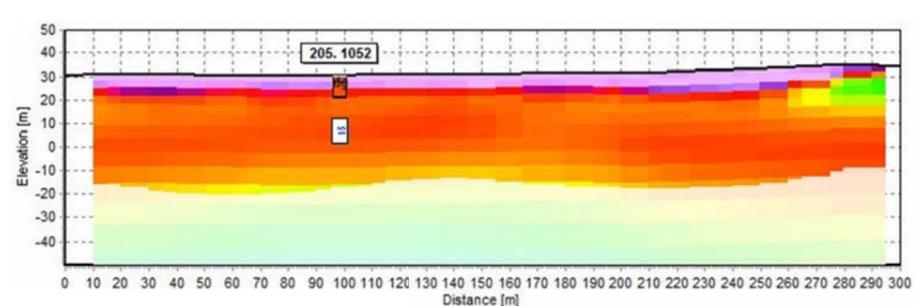
SLI28 - Fålags 1D-model



SLI28 - Mangelags 1D-model

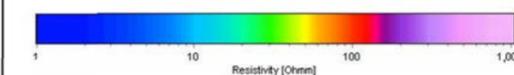
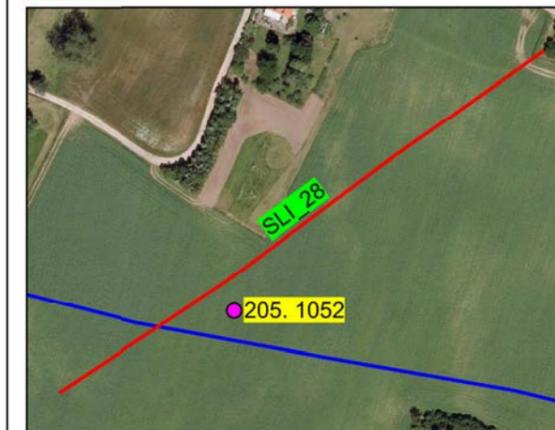


SLI28 - 2D-model



Nord

Region Sjælland

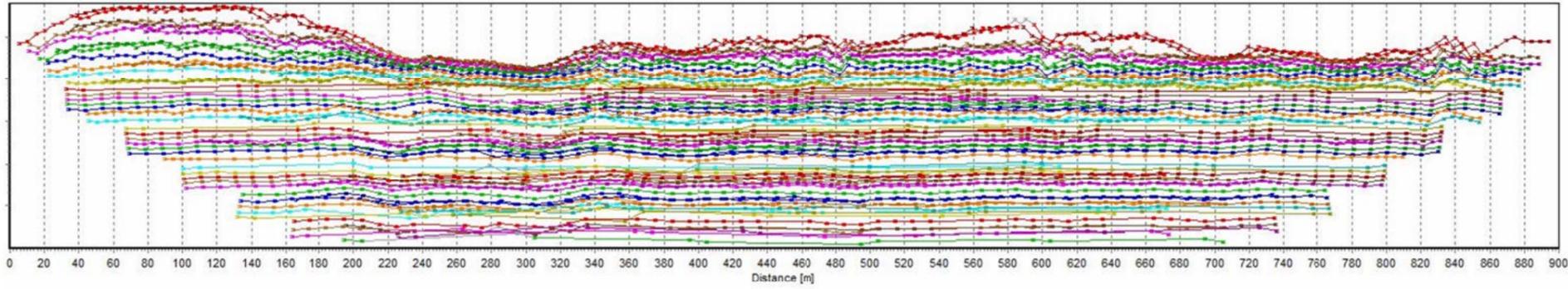


Rev.: 01
 Dato: 2016-12-09
 Af: PRT
 Kontrol: MAXH
 Sag: 1100023516

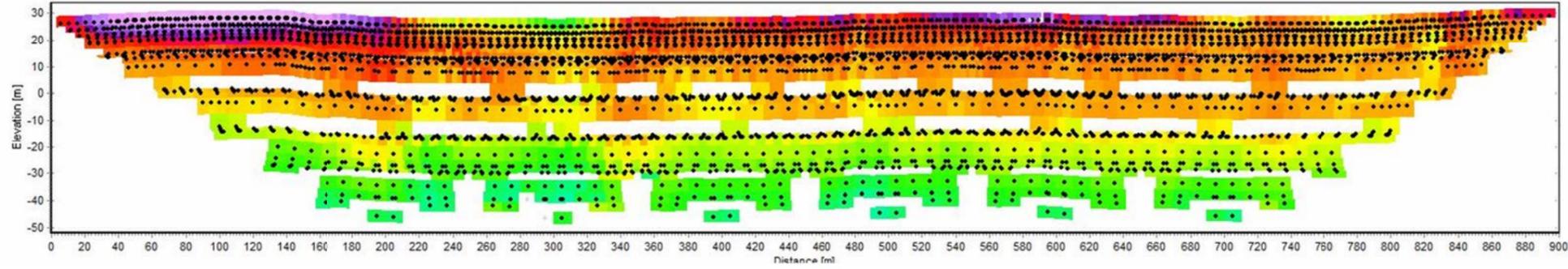
Bilag 3.5G

SLI28
Pseudosektion, data, 1D fålags- og mangelagsmodel, samt 2D tolkning
 Område 1 nord for Stenlille

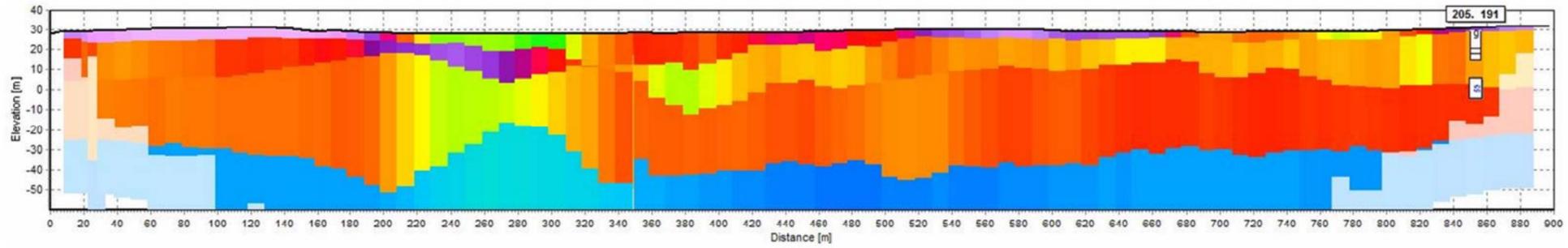
Syd
SLT01 - Data



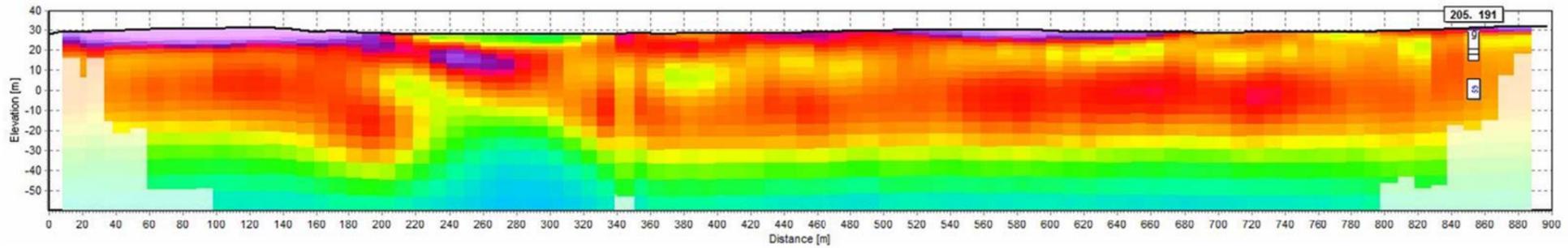
SLT01 - Pseudosektion



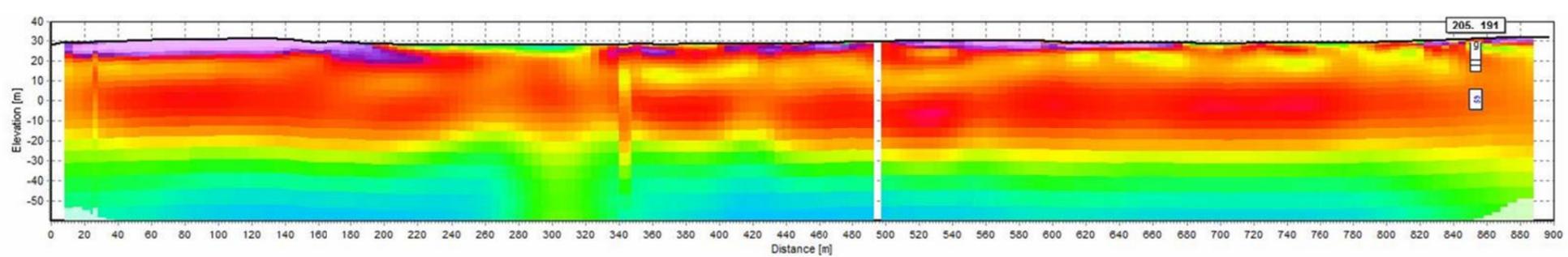
SLT01 - Fålags 1D-model



SLT01 - Mangelags 1D-model

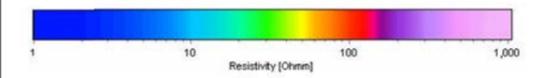
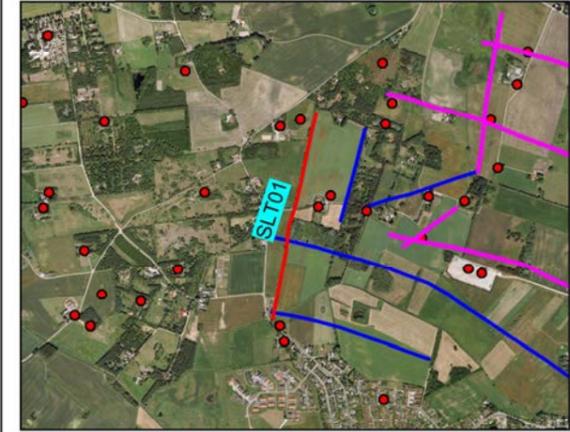


SLT01 - 2D-model



Nord

Region Sjælland



Rev.: 01
 Dato: 2017-07-03
 Af: PRT
 Kontrol: JDAW
 Sag: 1100023516-003

Bilag 3.5H

SLT01
Data, pseudosektion, 1D-fålags- og mangelagsmodel, samt 2D-tolkning

Stenlille



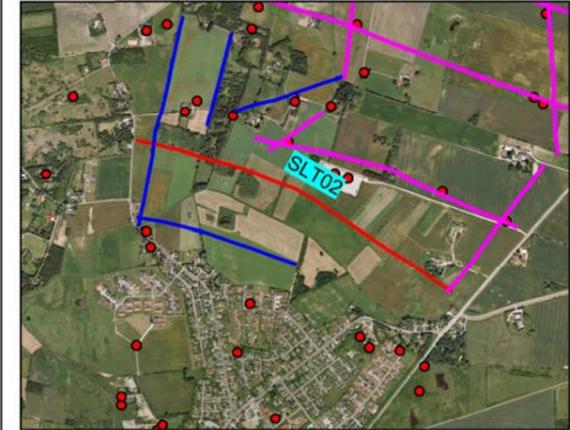
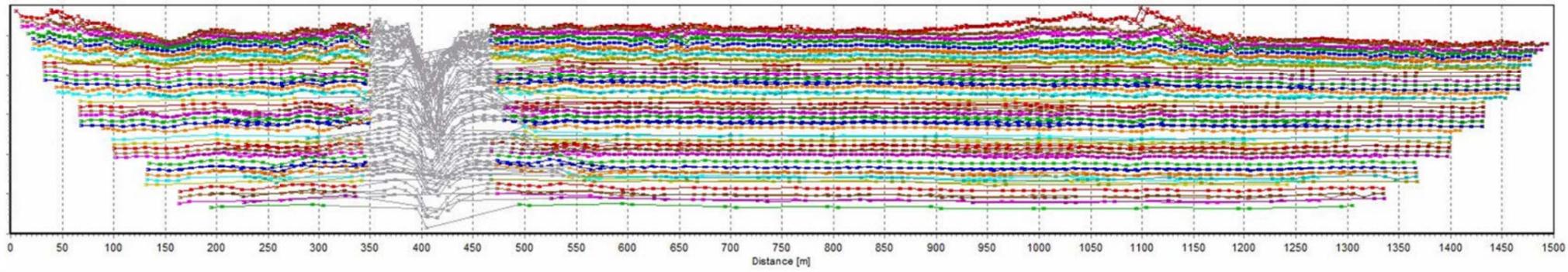
Olof Palmes Allé 22
 Dk 8200 Aarhus N

Vest

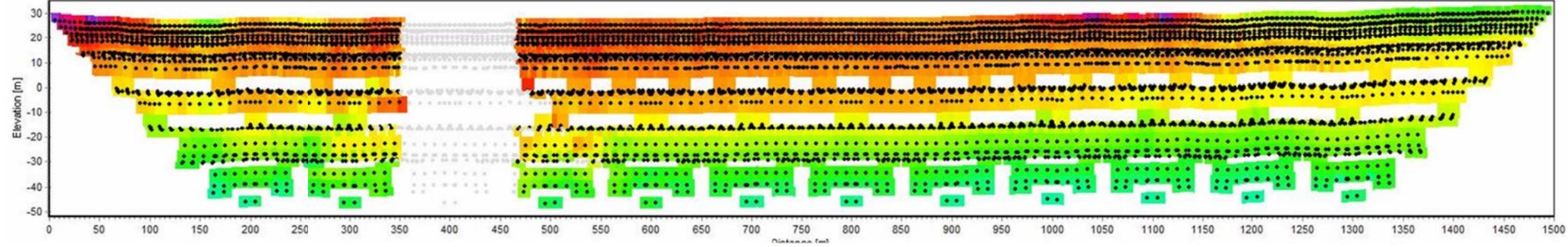
Øst

SLT02 - Data

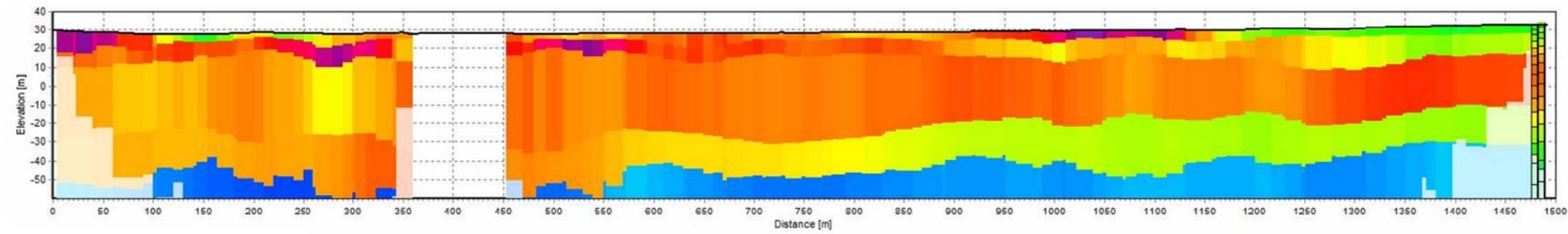
Region Sjælland



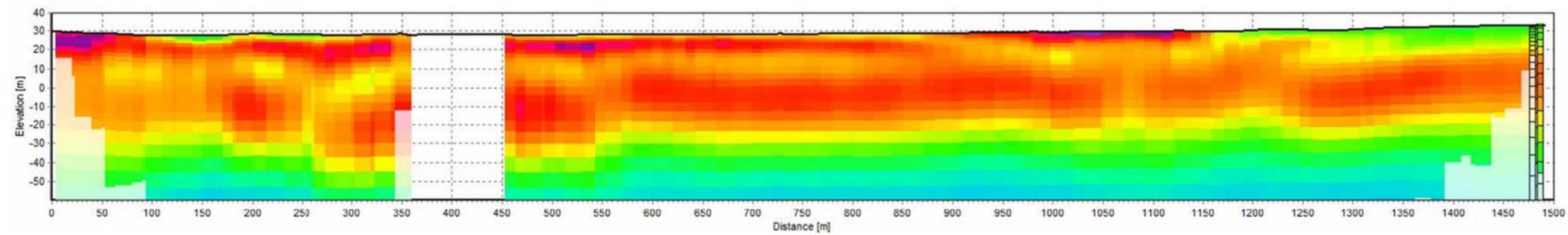
SLT02 - Pseudosektion



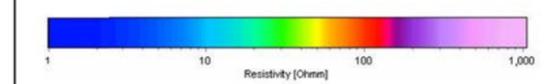
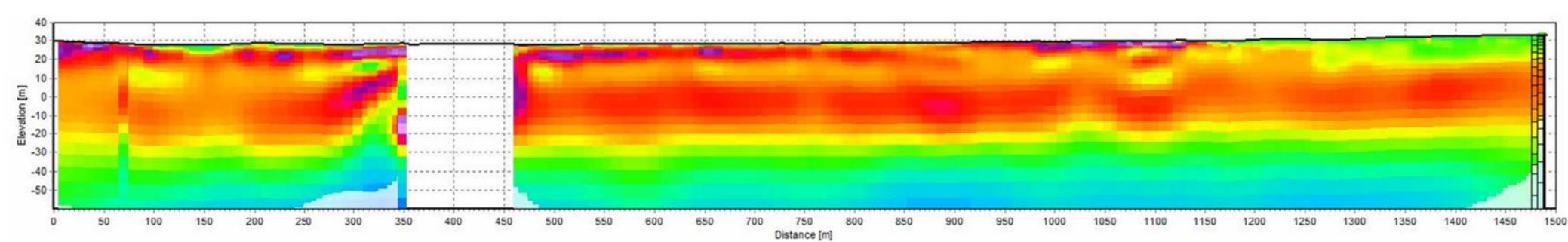
SLT02 - Fålags 1D-model



SLT02 - Mangelags 1D-model



SLT02 - 2D-model



Rev.: 01
 Dato: 2017-07-03
 Af: PRT
 Kontrol: JDAW
 Sag: 1100023516-003

Bilag 3.5I

SLT02
Data, pseudosektion, 1D-fålags- og
mangelagsmodel, samt 2D-tolkning

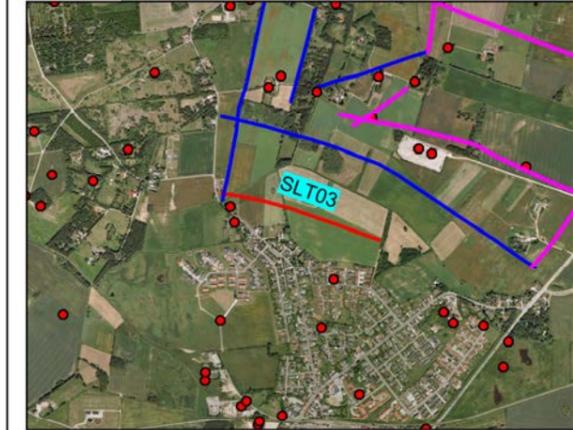
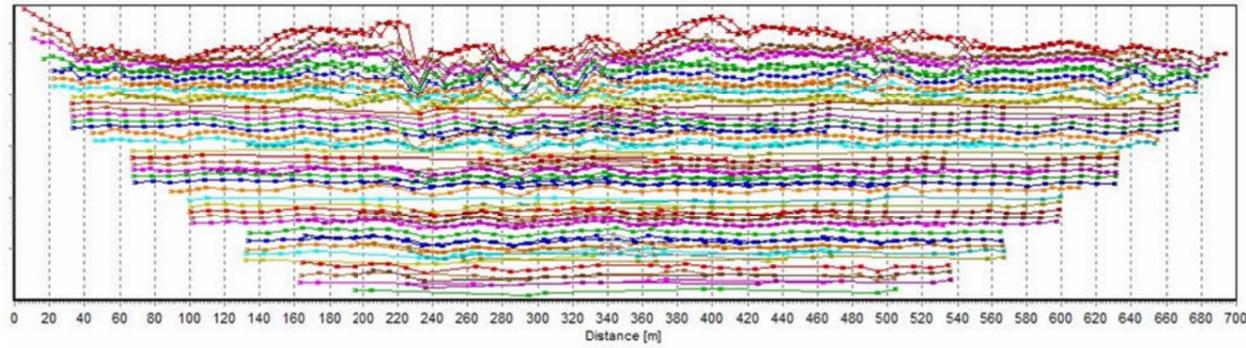
Stenlille



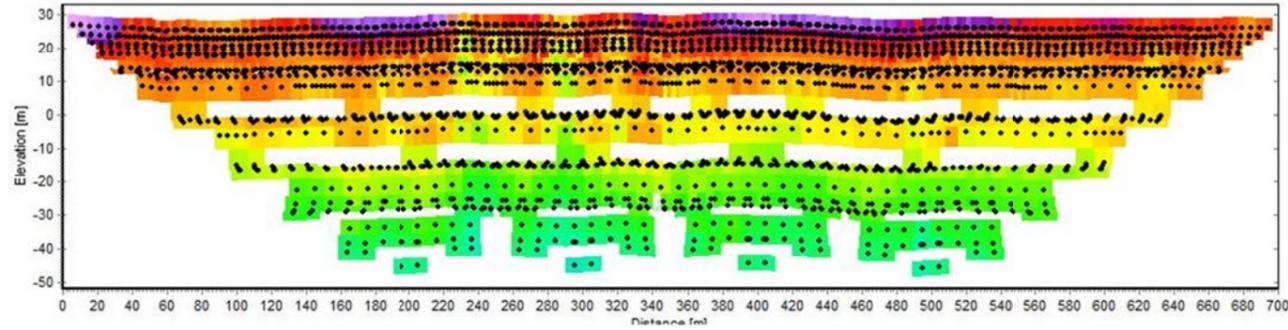
Olof Palmes Allé 22
 Dk 8200 Aarhus N

SLT03 - Data

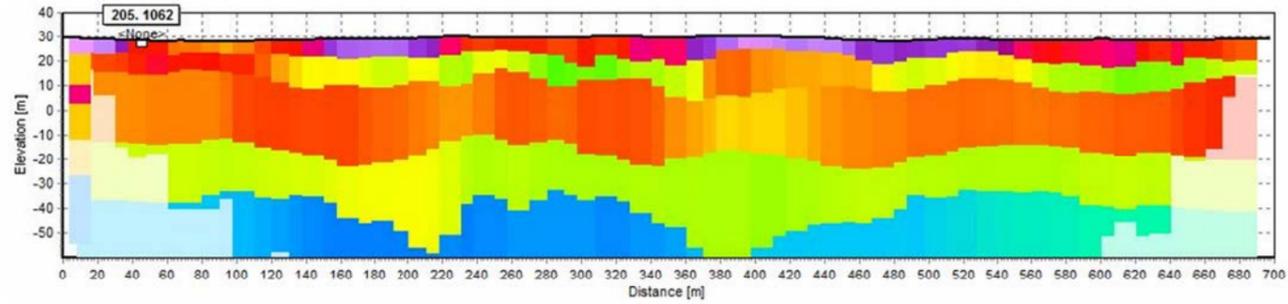
Region Sjælland



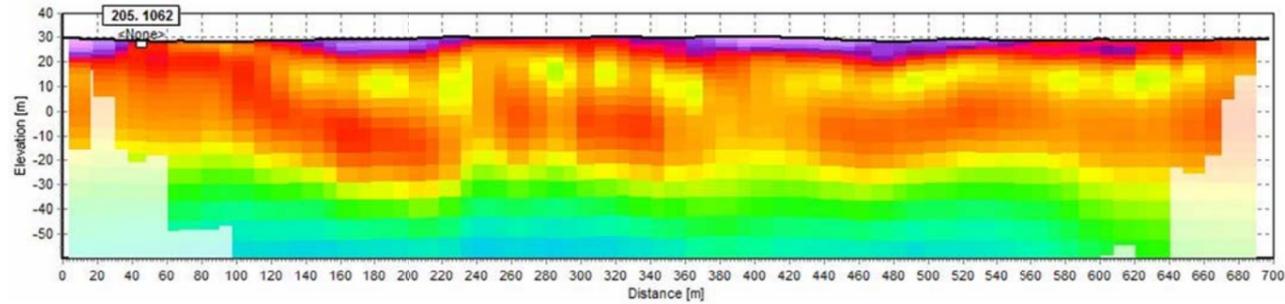
SLT03 - Pseudosektion



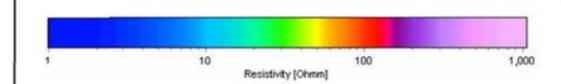
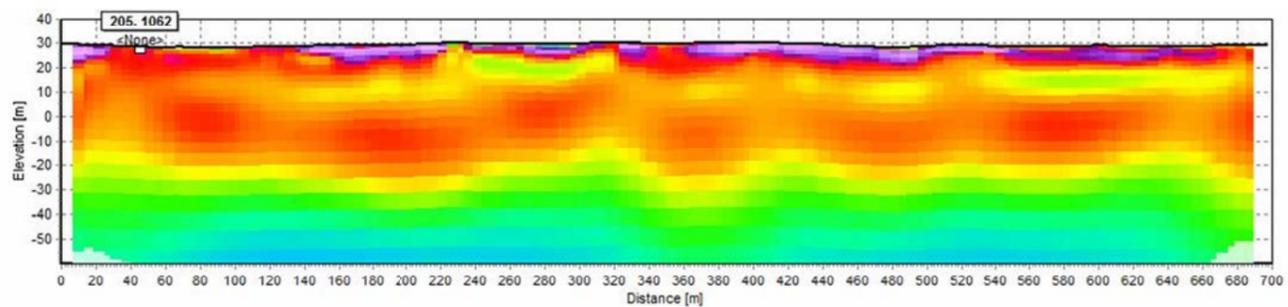
SLT03 - Fålags 1D-model



SLT03 - Mangelags 1D-model



SLT03 - 2D-model



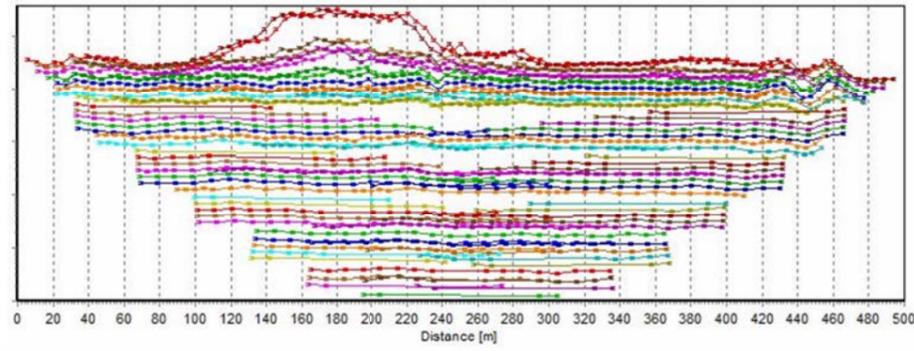
Rev.: 01
 Dato: 2017-07-03
 Af: PRT
 Kontrol: JOAW
 Sag: 1100023516-003

Bilag 3.5J

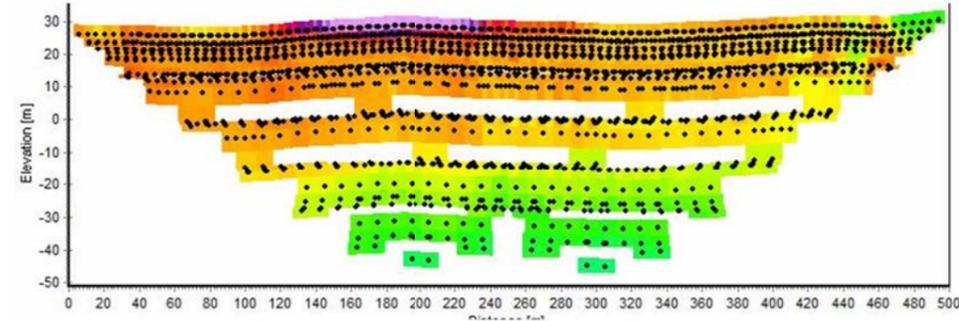
SLT03
Data, pseudosektion, 1D-fålags- og
mangelagsmodel, samt 2D-tolkning

Stenlille

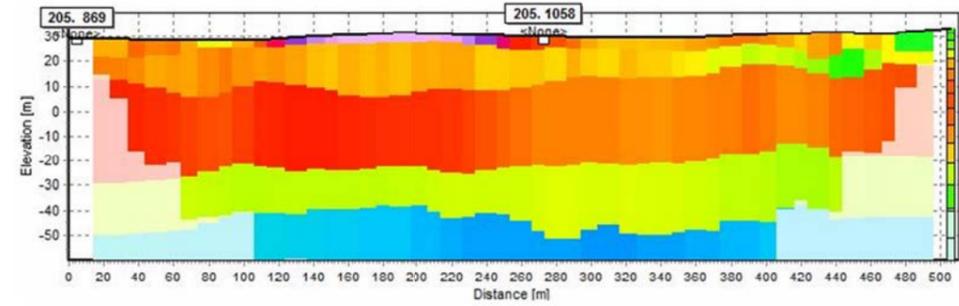




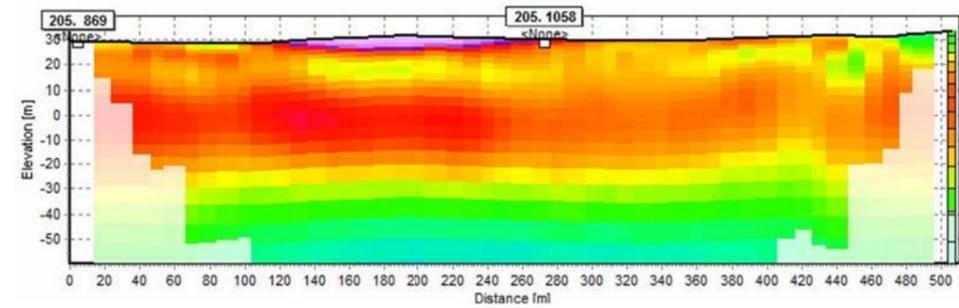
SLT04 - Pseudosektion



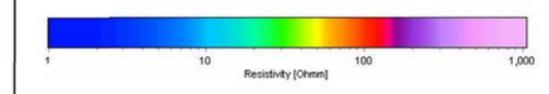
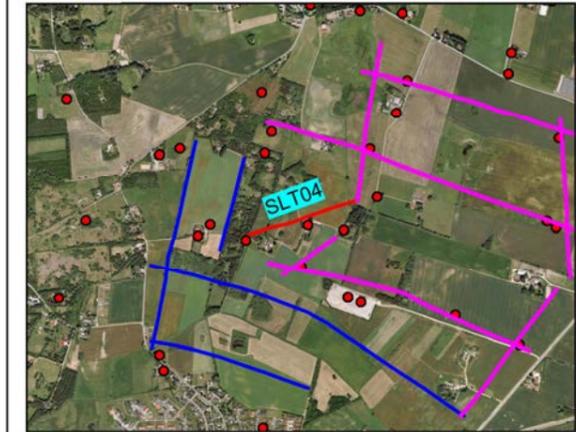
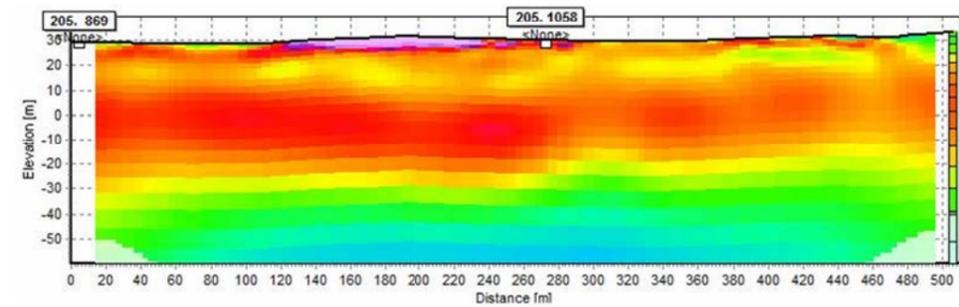
SLT04 - Fålags 1D-model



SLT04 - Mangelags 1D-model



SLT04 - 2D-model



Rev.: 01
 Dato: 2017-07-03
 Af: PRT
 Kontrol: JOAW
 Sag: 1100023516-003

Bilag 3.5K

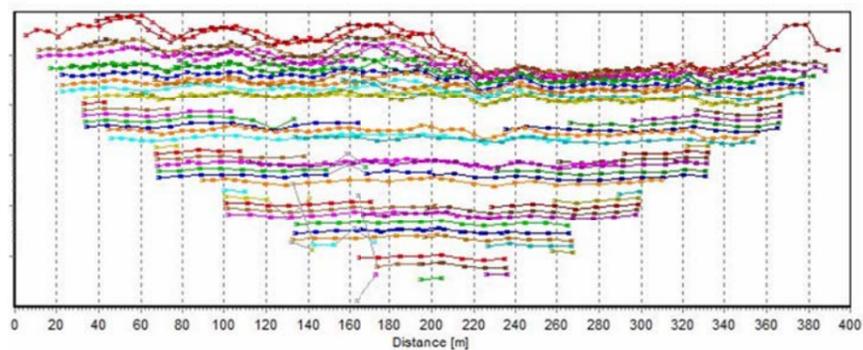
**SLT04
 Data, pseudosektion, 1D-fålags- og
 mangelagsmodel, samt 2D-tolkning**

Stenlille

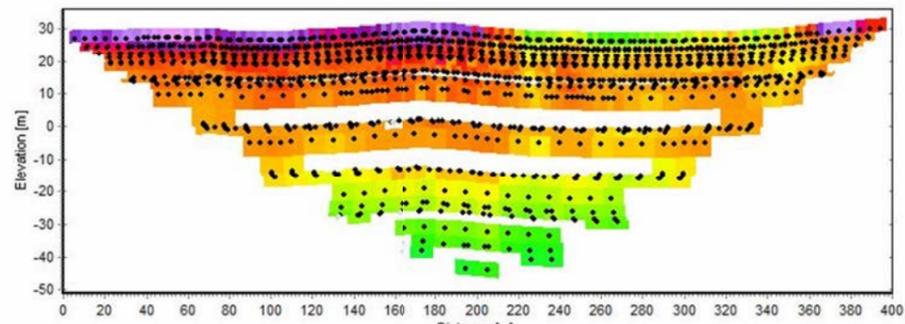


Syd

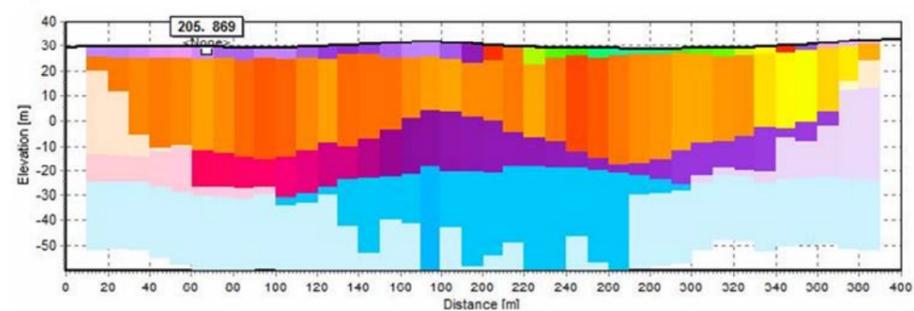
SLT05 - Data



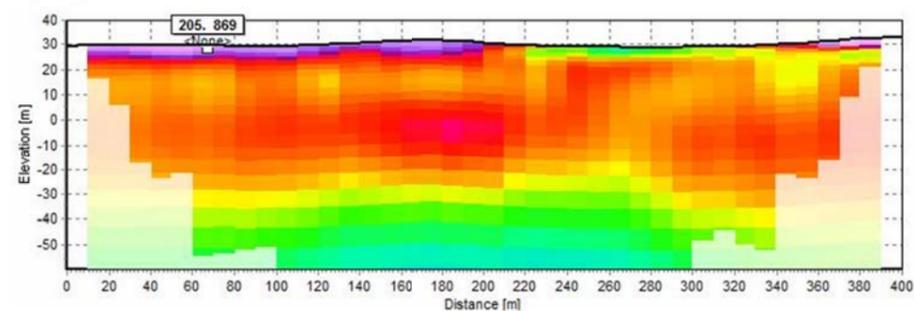
SLT05 - Pseudosektion



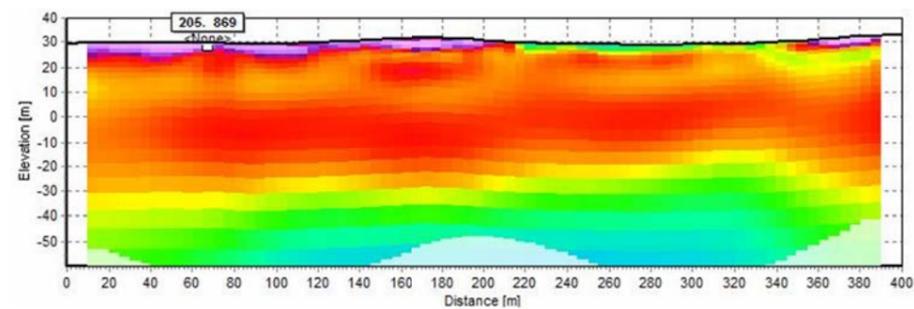
SLT05 - Fålags 1D-model



SLT05 - Mangelags 1D-model

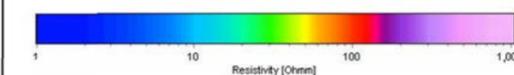
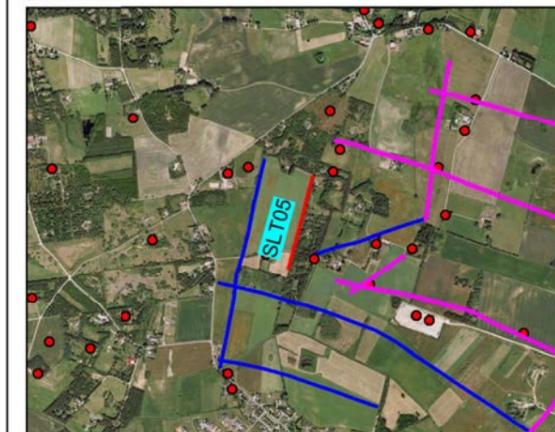


SLT05 - 2D-model



Nord

Region Sjælland



Rev.: 01
 Dato: 2017-07-03
 Af: PRT
 Kontrol: JOAW
 Sag: 1100023516-003

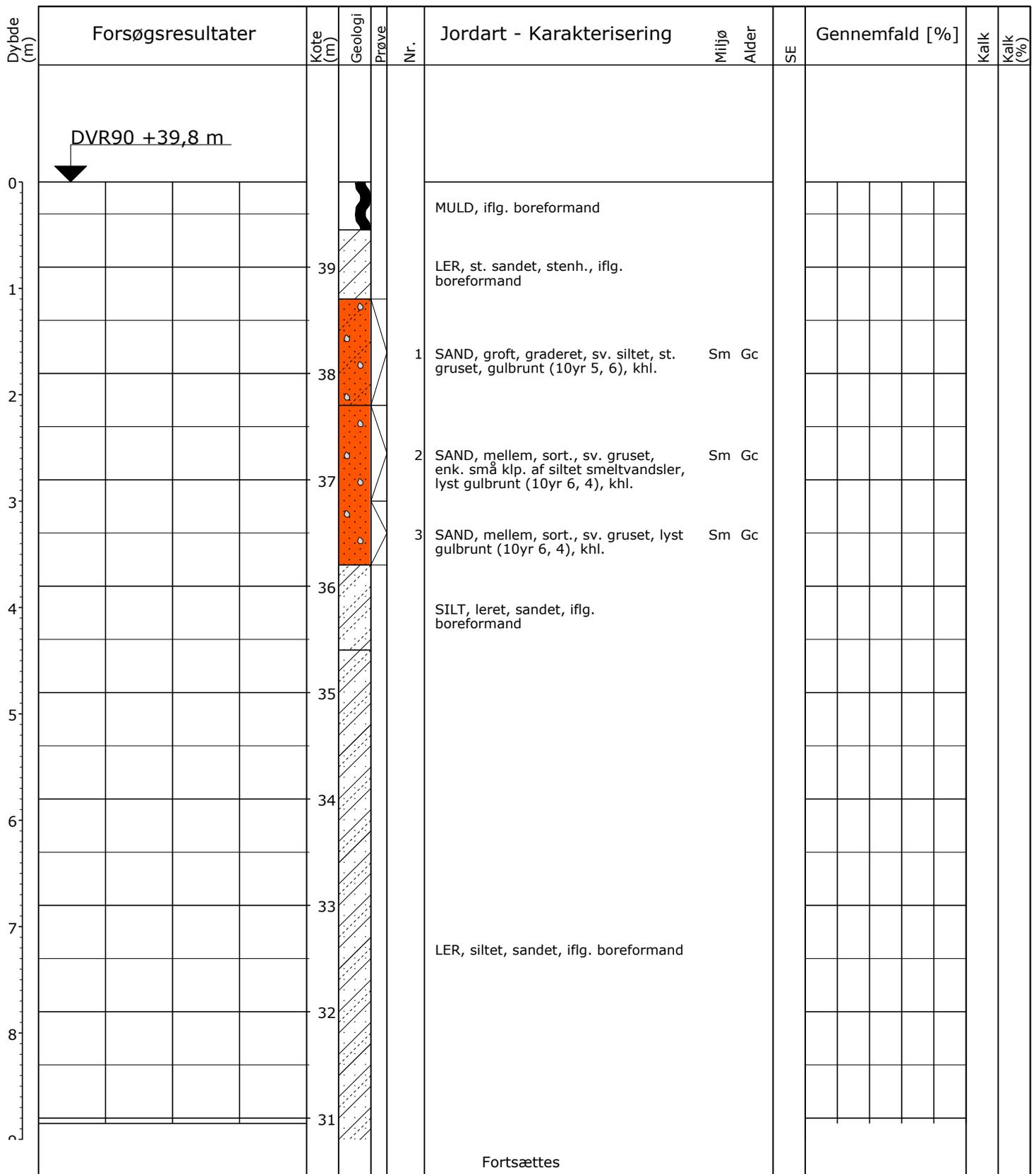
Bilag 3.5L

SLT05
Data, pseudosektion, 1D-fålags- og
mangelagsmodel, samt 2D-tolkning

Stenlille



Olof Palmes Allé 22
 Dk 8200 Aarhus N



Fortsættes

10	20	30	40	W (%)	0	20	40	60	80	100	(%)

Boremetode: 8" Foret tørboring
 Projektion: UTM32E89
 X: 664815 (m) Y: 6159676 (m) Plan:

Sag: 1100023516

Sorø Råstof

Boret af: JYSK

Dato: 2016.09.01 Bedømt af: PLIT

DGU Nr.: 205. 1032 Boring: 205. 1032

Udarb. af: RAUB

Kontrol: PLIT Godkendt: NLR

Dato: 2016.11.09 Bilag: 4.1 S. 1/2



Boreprofil

Dybde (m)	Forsøgsresultater				Kote (m)	Geologi	Prøve Nr.	Jordart - Karakterisering	Miljø Alder	SE	Gennemfald [%]				Kalk	Kalk (%)
9					31											
10					30											

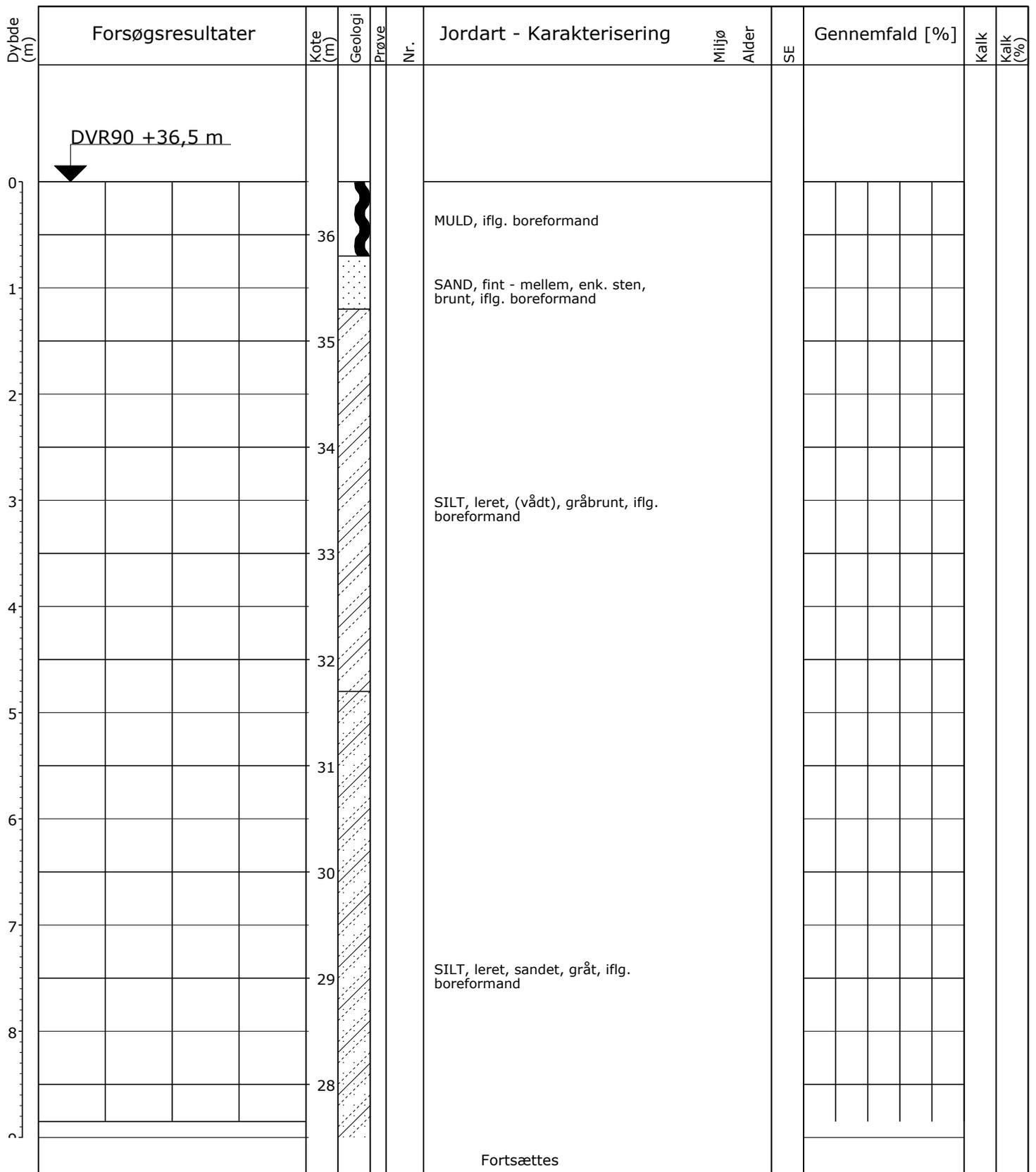
10	20	30	40	W (%)	0	20	40	60	80	100	(%)

Boremetode: 8" Foret tørboring
 Projektion: UTM32E89
 X: 664815 (m) Y: 6159676 (m) Plan:

Sag: 1100023516	Sorø Råstof			
Boret af: JYSK	Dato: 2016.09.01	Bedømt af: PLIT	DGU Nr.: 205. 1032	Boring: 205. 1032
Udarb. af: RAUB	Kontrol: PLIT	Godkendt: NLR	Dato: 2016.11.09	Bilag: 4.1 S. 1/2



Boreprofil



10 20 30 40 W (%)

0 20 40 60 80 100 (%)

Boremetode: 8" Foret tørboring
 Projektion: UTM32E89
 X: 664172 (m) Y: 6159920 (m) Plan:

Sag: 1100023516

Sorø Råstof

Boret af: JYSK

Dato: 2016.09.01 Bedømt af: PLIT

DGU Nr.: 205. 1048 Boring: 205. 1048

Udarb. af: RAUB

Kontrol: PLIT Godkendt: NLR

Dato: 2016.11.09 Bilag: 4.2 S. 1/2



Boreprofil

Dybde (m)	Forsøgsresultater				Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart - Karakterisering	Miljø	Alder	SE	Gennemfald [%]				Kalk	Kalk (%)
9					27													
10					26													

10	20	30	40	W (%)	0	20	40	60	80	100	(%)

Boremetode: 8" Foret tørboring
 Projektion: UTM32E89
 X: 664172 (m) Y: 6159920 (m) Plan:

Sag: 1100023516	Sorø Råstof		
Boret af: JYSK	Dato: 2016.09.01	Bedømt af: PLIT	DGU Nr.: 205. 1048 Boring: 205. 1048
Udarb. af: RAUB	Kontrol: PLIT	Godkendt: NLR	Dato: 2016.11.09 Bilag: 4.2 S. 1/2



Boreprofil

Dybde (m)	Forsøgsresultater	Kote (m)	Geologi	Prøve Nr.	Jordart - Karakterisering	Miljø Alder	SE	Gennemfald [%]				Kalk	Kalk (%)
9		32			SILT, leret, st. sandet, brunt, iflg. boreformand								
10		31											
11		30					LER, siltet, st. sandet, gråt, iflg. boreformand						
12		29											

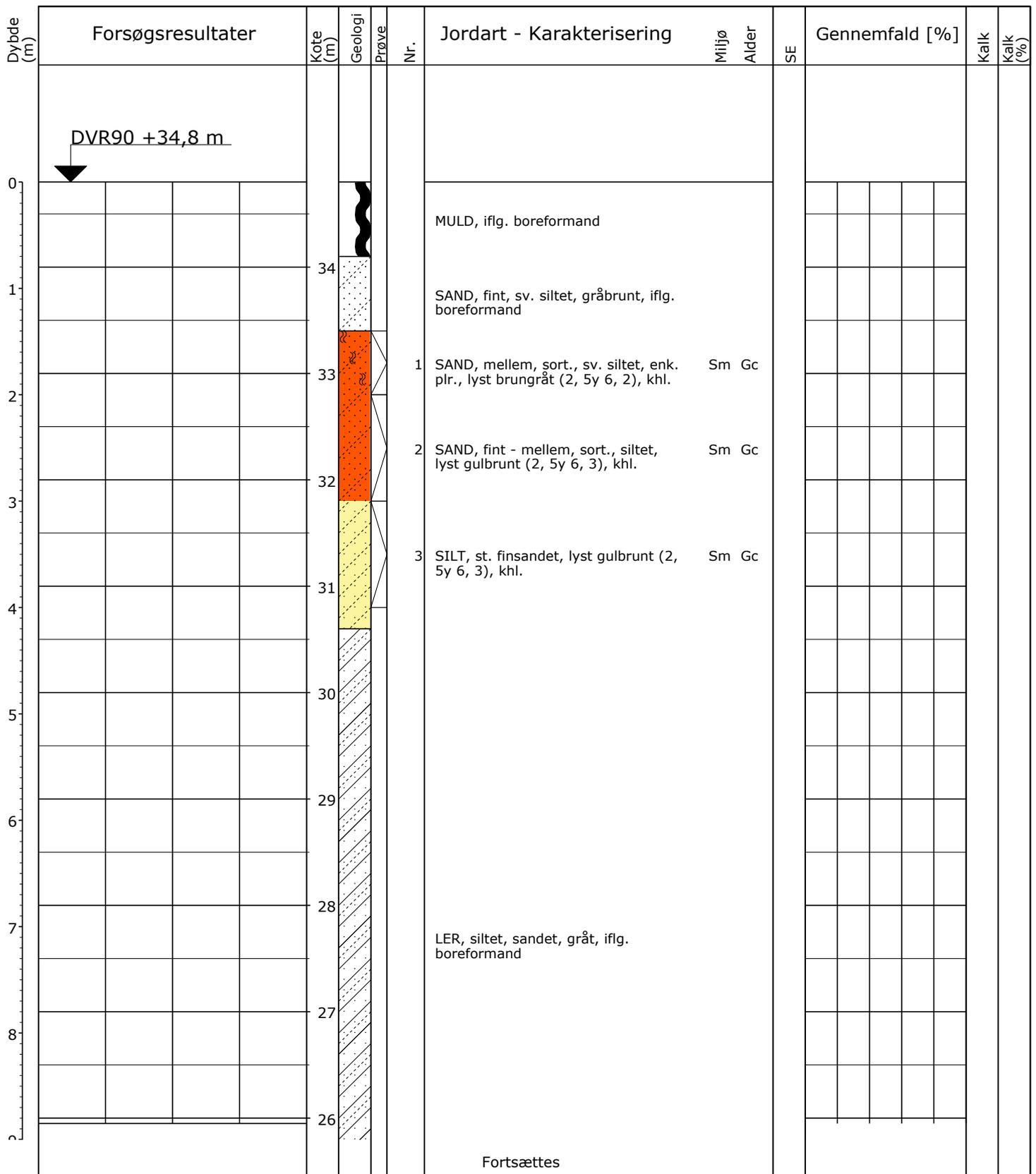
10	20	30	40	W (%)	0	20	40	60	80	100	(%)

Boremetode: 8" Foret tørboring
 Projektion: UTM32E89
 X: 663597 (m) Y: 6159705 (m) Plan:

Sag: 1100023516	Sorø Råstof		
Boret af: JYSK	Dato: 2016.08.31	Bedømt af: PLIT	DGU Nr.: 205. 1049 Boring: 205. 1049
Udarb. af: RAUB	Kontrol: PLIT	Godkendt: NLR	Dato: 2016.11.09 Bilag: 4.3 S. 1/2



Boreprofil



Fortsættes

10	20	30	40	W (%)	0	20	40	60	80	100	(%)

Boremethode: 8" Foret tørboring
 Projektion: UTM32E89
 X: 664014 (m) Y: 6159631 (m) Plan:

Sag: 1100023516

Sorø Råstof

Boret af: JYSK

Dato: 2016.09.01 Bedømt af: PLIT

DGU Nr.: 205. 1050 Boring: 205. 1050

Udarb. af: RAUB

Kontrol: PLIT Godkendt: NLR

Dato: 2016.11.09 Bilag: 4.4 S. 1/2



Boreprofil

Dybde (m)	Forsøgsresultater				Kote (m)	Geologi	Prøve Nr.	Jordart - Karakterisering	Miltjø Alder	SE	Gennemfald [%]				Kalk	Kalk (%)
9					26											
10					25											

10	20	30	40	W (%)	0	20	40	60	80	100	(%)

Boremetode: 8" Foret tørboring
 Projektion: UTM32E89
 X: 664014 (m) Y: 6159631 (m) Plan:

Sag: 1100023516

Sorø Råstof

Boret af: JYSK

Dato: 2016.09.01 Bedømt af: PLIT

DGU Nr.: 205. 1050 Boring: 205. 1050

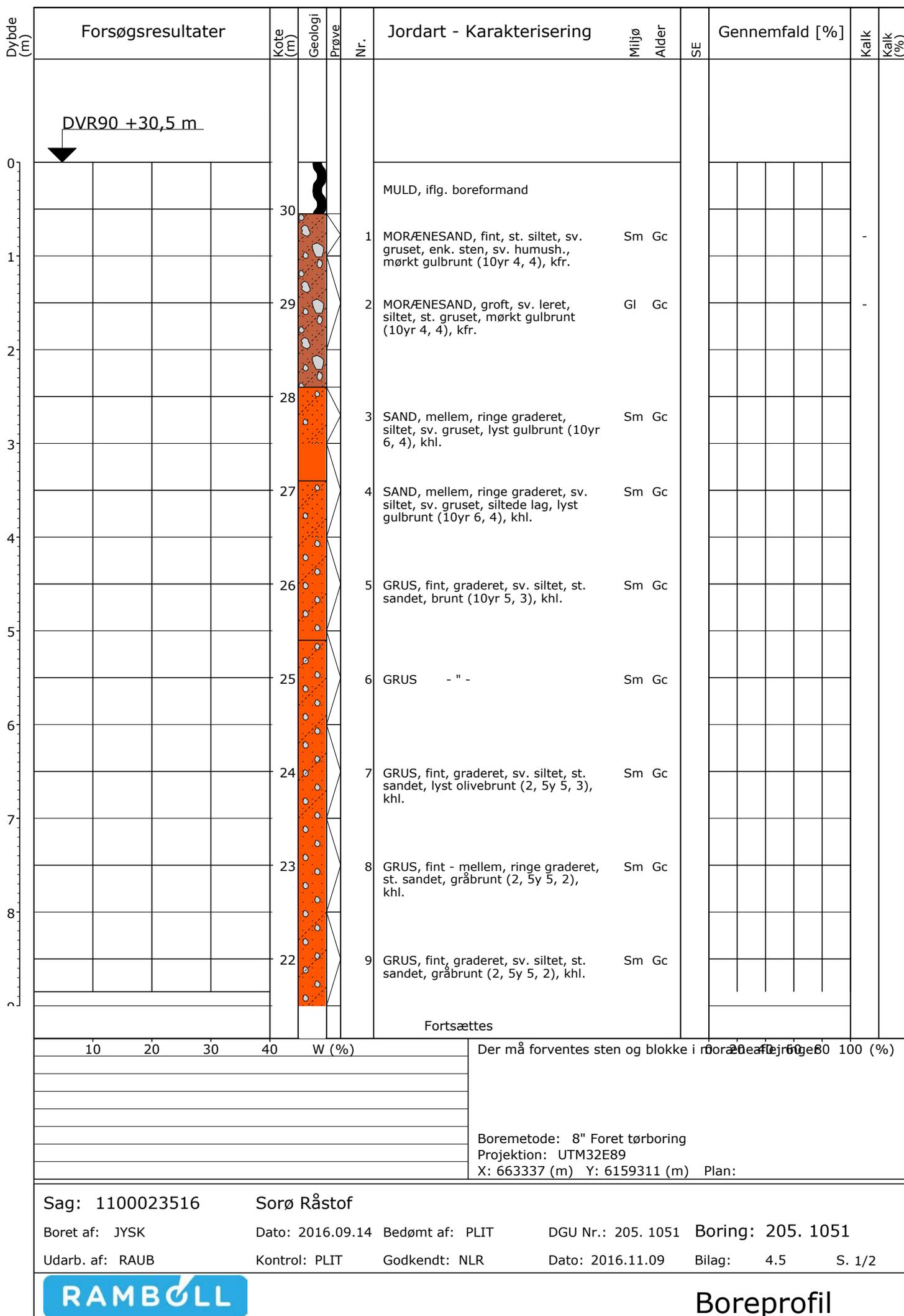
Udarb. af: RAUB

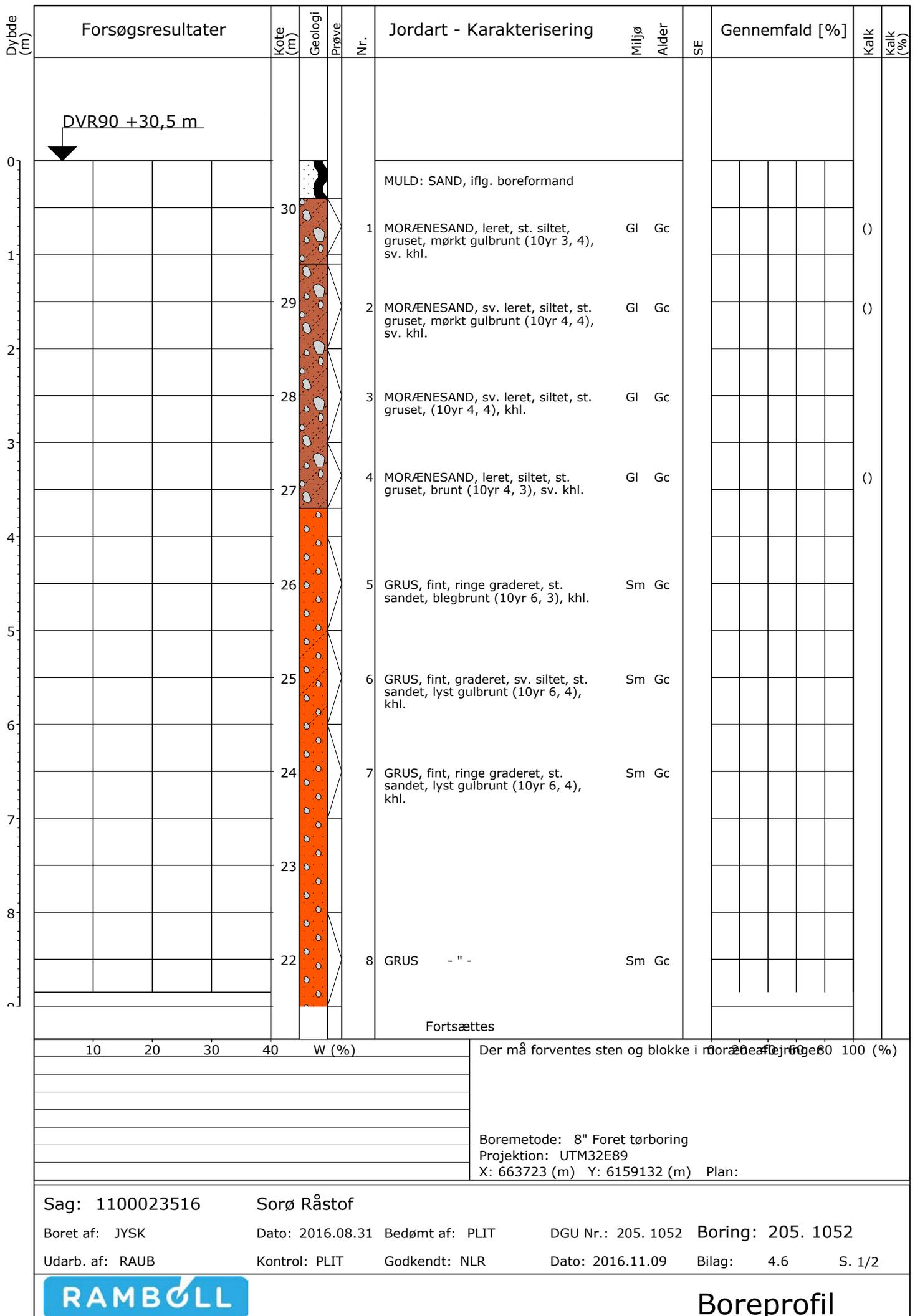
Kontrol: PLIT Godkendt: NLR

Dato: 2016.11.09 Bilag: 4.4 S. 1/2



Boreprofil





Dybde (m)	Forsøgsresultater	Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart - Karakterisering	Miljø	Alder	SE	Gennemfald [%]				Kalk	Kalk (%)
9		21			9	GRUS - " -	Sm	Gc							
10		20				LER, sandet, stenet, kalkh., iflg. boreformand, khl.									

10	20	30	40	W (%)	Der må forventes sten og blokke i mængden af jern og Boremetode: 8" Foret tørboring Projektion: UTM32E89 X: 663723 (m) Y: 6159132 (m) Plan:

Sag: 1100023516	Sorø Råstof	Dato: 2016.08.31	Bedømt af: PLIT	DGU Nr.: 205. 1052	Boring: 205. 1052
Boret af: JYSK	Kontrol: PLIT	Godkendt: NLR	Dato: 2016.11.09	Bilag: 4.6	S. 1/2



Boreprofil

Dybde (m)	Forsøgsresultater				Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart - Karakterisering	Miljø	Alder	SE	Gennemfald [%]				Kalk	Kalk (%)
	10	20	30	40									20	40	60	100		
9					29				enk. grusk., enk. silt brunrødt, lyst olivebrunt (2, 5y 5, 3), kfr.									
					28			9	SAND, fint, ringe graderet, st. siltet, enk. grusk., partier af silt, gråbrunt (2, 5y 5, 2), khl.	Sm	Gc							
					27			10	SAND, fint, graderet, st. siltet, sv. gruset, gråt (5y 5, 1), khl.	Sm	Gc							
					26				LER, siltet, sandet, gråt, iflg. boreformand									

10	20	30	40	W (%)	Der må forventes sten og blokke i mængden af jord	20	40	60	100 (%)

Boremetode: 8" Foret tørboring
 Projektion: UTM32E89
 X: 664376 (m) Y: 6158925 (m) Plan:

Sag: 1100023516	Sorø Råstof		
Boret af: JYSK	Dato: 2016.09.01	Bedømt af: PLIT	DGU Nr.: 205. 1053 Boring: 205. 1053
Udarb. af: RAUB	Kontrol: PLIT	Godkendt: NLR	Dato: 2016.11.09 Bilag: 4.7 S. 1/2



Boreprofil

Dybde (m)	Forsøgsresultater	Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart - Karakterisering	Miljø	Alder	SE	Gennemfald [%]	Kalk	Kalk (%)
0	DVR90 +40,2 m	40				MULD, iflg. boreformand						
1		39				LER, st. sandet, stenet, brunt, iflg. boreformand						
2		38			1	SAND, groft, graderet, siltet, st. gruset, mørkt gulbrunt (10yr 3, 4), khl.	Sm	Gc				
3		37			2	SAND - " -	Sm	Gc				
4		36			3	SAND, mellem, sort., sv. siltet, lyst gulbrunt (10yr 6, 4), khl.	Sm	Gc				
5		35			4	SAND, fint, sort., st. siltet, m. tynde siltlag, lyst gulbrunt (10yr 6, 4), khl.	Sm	Gc				
6		34				SILT, leret, sandet, gråt, iflg. boreformand						
7		33										
8		32										
9												
10												

Fortsættes

10	20	30	40	W (%)	0	20	40	60	80	100	(%)

Boremethode: 8" Foret tørboring
 Projektion: UTM32E89
 X: 664803 (m) Y: 6159298 (m) Plan:

Sag: 1100023516

Sorø Råstof

Boret af: JYSK

Dato: 2016.09.01 Bedømt af: PLIT

DGU Nr.: 205. 1054 Boring: 205. 1054

Udarb. af: RAUB

Kontrol: PLIT Godkendt: NLR

Dato: 2016.11.09 Bilag: 4.8 S. 1/2



Boreprofil

Dybde (m)	Forsøgsresultater				Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart - Karakterisering	Mijø	Alder	SE	Gennemfald [%]				Kalk	Kalk (%)
9					29													
10					28													

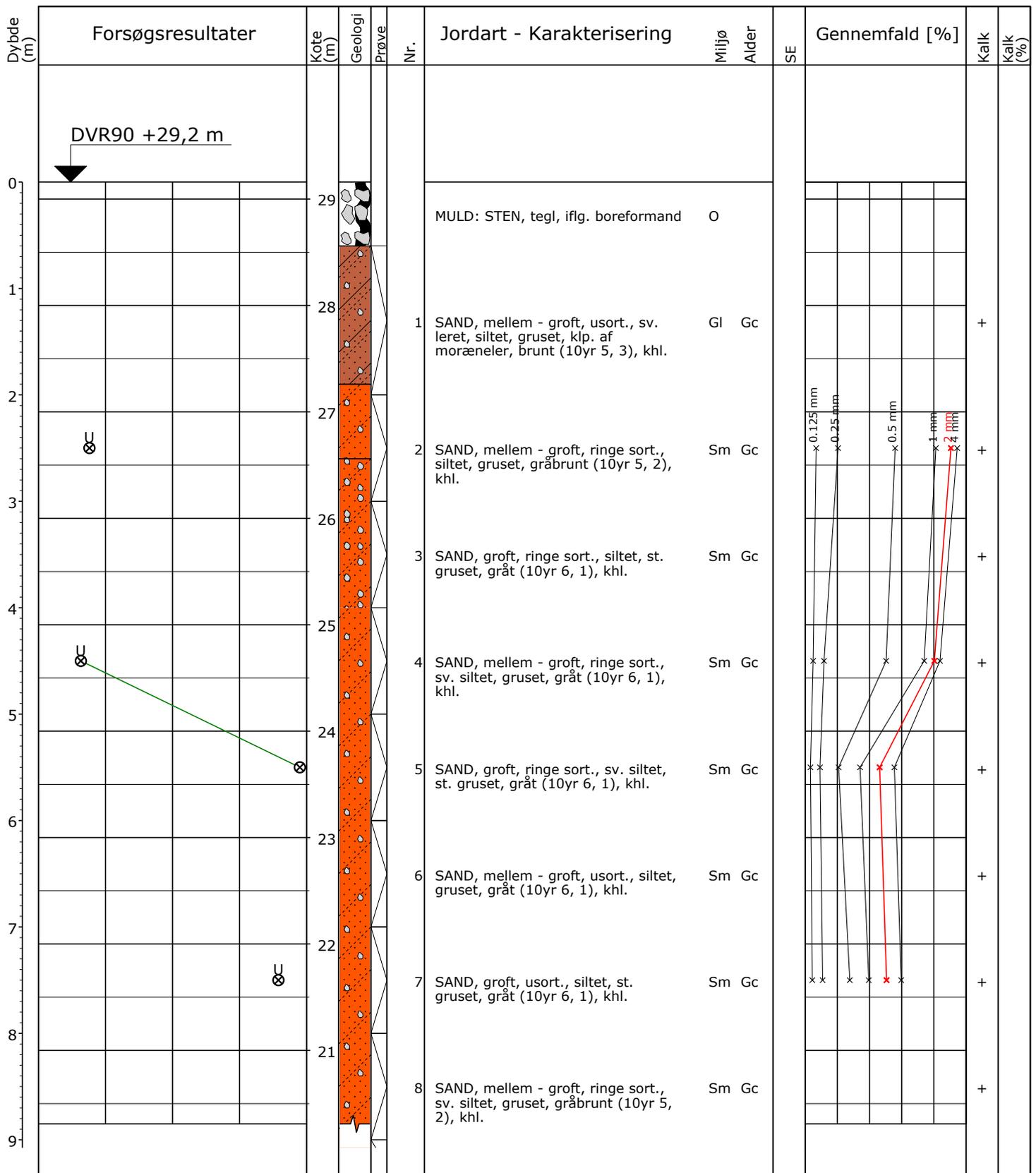
10	20	30	40	W (%)	0	20	40	60	80	100	(%)

Boremetode: 8" Foret tørboring
 Projektion: UTM32E89
 X: 664647 (m) Y: 6158798 (m) Plan:

Sag: 1100023516	Sorø Råstof			
Boret af: JYSK	Dato:	Bedømt af: PLIT	DGU Nr.: 205.1070	Boring: B1
Udarb. af: RAUB	Kontrol: PLIT	Godkendt: NLR	Dato: 2016.11.09	Bilag: 4.9 S. 1/2



Boreprofil



10	20	30	40	W (%)	0	20	40	60	80	100 (%)
⊗	5	10	15	20	U = d60 / d10					
					Pejlerør: 1: - Ref. kote: 29,16 m Pejlerør: 1:					
					Boremethode: 8" Foret tørboring					
					Projektion: UTM32E89					
					X: 663102 (m) Y: 6158815 (m) Plan:					

Sag: 1100023516

Sorø Råstof

Boret af: JYSK

Dato: 2017.11.21 Bedømt af: MBHN

DGU Nr.: 205. 1099

Boring: fase3bor01

Udarb. af: PLIT

Kontrol: MBHN

Godkendt: NLR

Dato: 2018.06.05

Bilag: 4.10

S. 1/2



Boreprofil

Dybde (m)	Forsøgsresultater				Kote (m)	Geologi	Prøve Nr.	Jordart - Karakterisering	Miljø Alder	SE	Gennemfald [%]				Kalk	Kalk (%)
9					20			2), khl.								
							9	SAND, groft, ringe sort., st. gruset, gråbrunt (10yr 5, 2), khl.	Sm Gc							+
10					19		10	SAND, fint - mellem, sort., st. siltet, gråt (2, 5y 5, 1), khl.	Sm Gc							+
11					18		11	SILT, st. finsandet, gråt (2, 5y 5, 1), khl.	Sm Gc							+
12					17		12	SILT, sv. leret, finsandet, gråt (2, 5y 5, 1), khl.	Sm Gc							+
13					16											

10	20	30	40	W (%)	0	20	40	60	80	100 (%)
⊗	5	10	15	20	U = d60 / d10					
					Pejlerør: 1: - Ref. kote: 29,16 m Pejlerør: 1:					
					Boremetode: 8" Foret tørboring					
					Projektion: UTM32E89					
					X: 663102 (m) Y: 6158815 (m) Plan:					

Sag: 1100023516 Sorø Råstof

Boret af: JYSK Dato: 2017.11.21 Bedømt af: MBHN DGU Nr.: 205. 1099 Boring: fase3bor01

Udarb. af: PLIT Kontrol: MBHN Godkendt: NLR Dato: 2018.06.05 Bilag: 4.10 S. 2/2



Boreprofil

Dybde (m)	Forsøgsresultater	Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart - Karakterisering	Miljø	Alder	SE	Gennemfald [%]				Kalk	Kalk (%)	
0	DVR90 +29,3 m	29				MULD: STEN, iflg. boreformand	O									
1		28			1	SAND, fint - mellem, ringe sort., siltet, sv. gruset, tynde lerslirer, muldplt., gulbrunt (10yr 5, 6), kf.	Sm	Sg/Gc							-	
2		27			2	MORÆNEGRUS, fint, usort., leret, siltet, st. sandet, olivenbrunt (2, 5y 4, 3), kf.	Gl	Gc							-	
3		26			3	MORÆNEGRUS, fint, usort., sv. leret, sv. siltet, sandet, brunt (10yr 4, 3), kf.	Gl	Gc		x 0.15 mm	x 0.25 mm	x 0.5 mm	x 1 mm	x 2 mm	x 4 mm	-
4		25			4	MORÆNEGRUS, fint, usort., sv. leret, sv. siltet, sandet, gråbrunt (10yr 5, 2), kf.	Gl	Gc								-
5		24			5	MORÆNELER, ret fedt, siltet, sandet, sv. gruset, gråt (2, 5y 5, 1), kf.	Gl	Gc								-
6		23			6	MORÆNELER - " -	Gl	Gc								-
7		22			7	MORÆNELER - " -	Gl	Gc								-
8		21			8	MORÆNELER - " -	Gl	Gc								-
9					9	MORÆNELER - " -	Gl	Gc								-

10	20	30	40	W (%)	0	20	40	60	80	100 (%)
⊗	5	10	15	20	U = d60 / d10					
					Pejlerør: 1: - Ref. kote: 29,27 m Pejlerør: 1:					
					Boremetode: 8" Foret tørboring					
					Projektion: UTM32E89					
					X: 663156 (m) Y: 6159231 (m) Plan:					

Sag: 1100023516

Sorø Råstof

Boret af: JYSK

Dato: 2017.11.22 Bedømt af: MBHN

DGU Nr.: 205. 1100

Boring: fase3bor02

Udarb. af: PLIT

Kontrol: MBHN

Godkendt: NLR

Dato: 2018.06.05

Bilag: 4.11

S. 1/2



Boreprofil

Dybde (m)	Forsøgsresultater				Kote (m)	Geologi	Prøve Nr.	Jordart - Karakterisering	Miltjø Alder	SE	Gennemfald [%]					Kalk	Kalk (%)
9					19			9 LER, fedt, siltet, sv. lamineret, partier m. okkerudf., gulbrunt (10yr 5, 4), khl.	Sm Sg								+
10					18			10 MORÆNELER, siltet, sandet, sv. gruset, mørkt gråt (2, 5y 4, 1), khl.	Gl Gc								+
11					17												

10	20	30	40	W (%)	0	20	40	60	80	100 (%)
⊗ 5	10	15	20	U = d60 / d10						

Boremetode: 8" Foret tørboring
 Projektion: UTM32E89
 X: 663793 (m) Y: 6158917 (m) Plan:

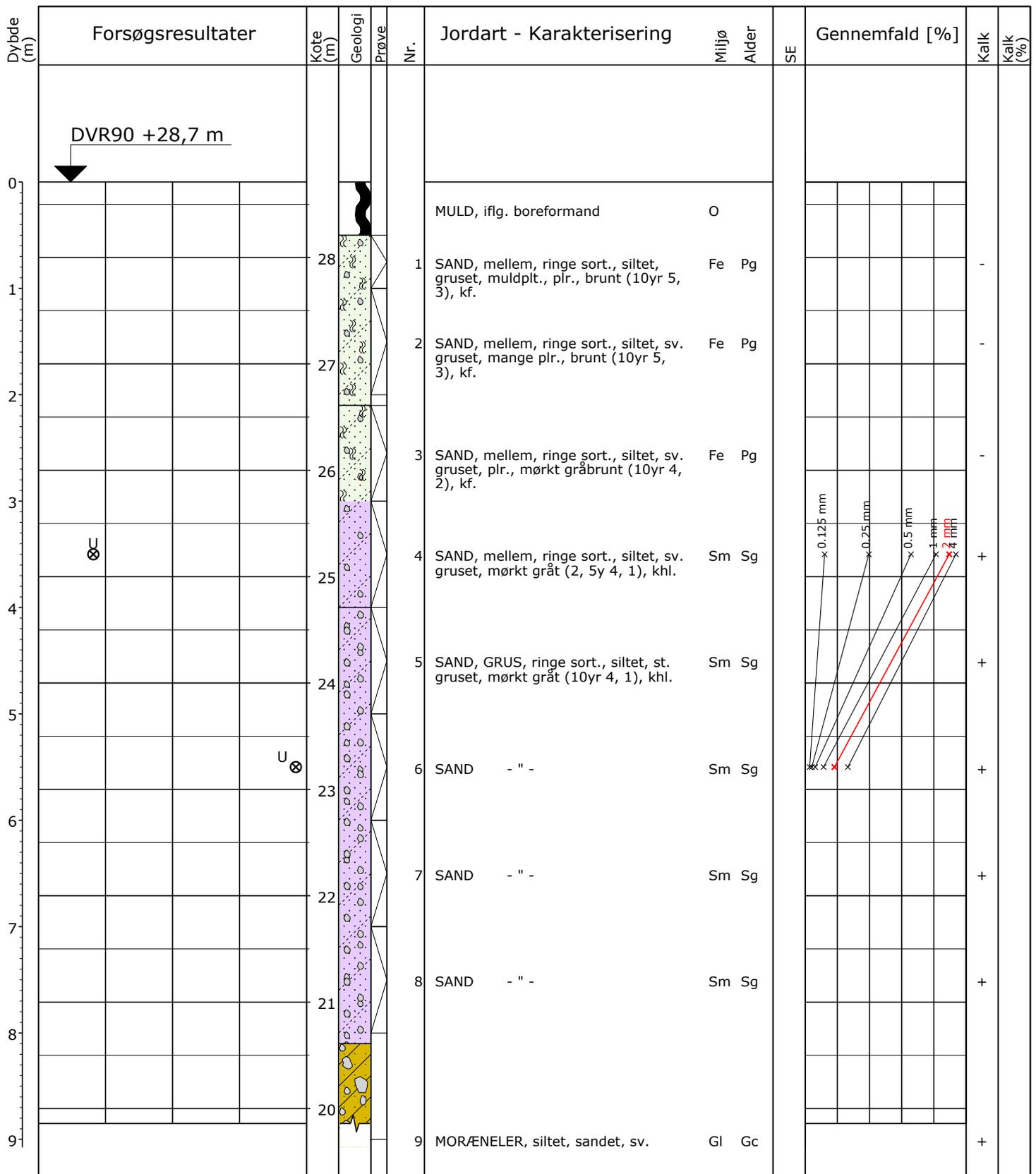
Sag: 1100023516 Sorø Råstof

Boret af: JYSK Dato: 2017.11.22 Bedømt af: MBHN DGU Nr.: 205. 1101 Boring: fase3bor03

Udarb. af: PLIT Kontrol: MBHN Godkendt: NLR Dato: 2018.06.05 Bilag: 4.12 S. 2/2



Boreprofil



Sag: 1100023516

Sorø Råstof

Boret af: JYSK

Dato: 2017.11.22 Bedømt af: MBHN

DGU Nr.: 205. 1102

Boring: fase3bor04

Udarb. af: PLIT

Kontrol: MBHN

Godkendt: NLR

Dato: 2018.06.05

Bilag: 4.13

S. 1/2



Boreprofil

Dybde (m)	Forsøgsresultater	Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart - Karakterisering	Mljø	Alder	SE	Gennemfald [%]					Kalk	Kalk (%)
9		20			9	MORÆNELER, siltet, sandet, sv. gruset, sandslirer og - striber, mørkt gråt (10yr 4, 1), khf.	Gl	Gc								+
10		19			10	MORÆNELER - " -	Gl	Gc								
11		18														

10	20	30	40	W (%)	0	20	40	60	80	100 (%)
⊗	5	10	15	20	U = d60 / d10					

Boremetode: 8" Foret tørboring
 Projektion: UTM32E89
 X: 664090 (m) Y: 6158546 (m) Plan:

Sag: 1100023516 Sorø Råstof
 Boret af: JYSK Dato: 2017.11.22 Bedømt af: MBHN DGU Nr.: 205. 1102 Boring: fase3bor04
 Udarb. af: PLIT Kontrol: MBHN Godkendt: NLR Dato: 2018.06.05 Bilag: 4.13 S. 2/2



Boreprofil

Dybde (m)	Forsøgsresultater				Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart - Karakterisering	Mljø	Alder	SE	Gennemfald [%]					Kalk	Kalk (%)
9					19			9	GRUS, fint - mellem, leret, siltet, sandet, mørkt gråbrunt (2, 5y 4, 2), khl.	Gl	Gc							+	
10					18			10	GRUS - " -	Gl	Gc							+	
11					17														

10	20	30	40	W (%)	0	20	40	60	80	100 (%)
⊗ 5	10	15	20	U = d60 / d10						

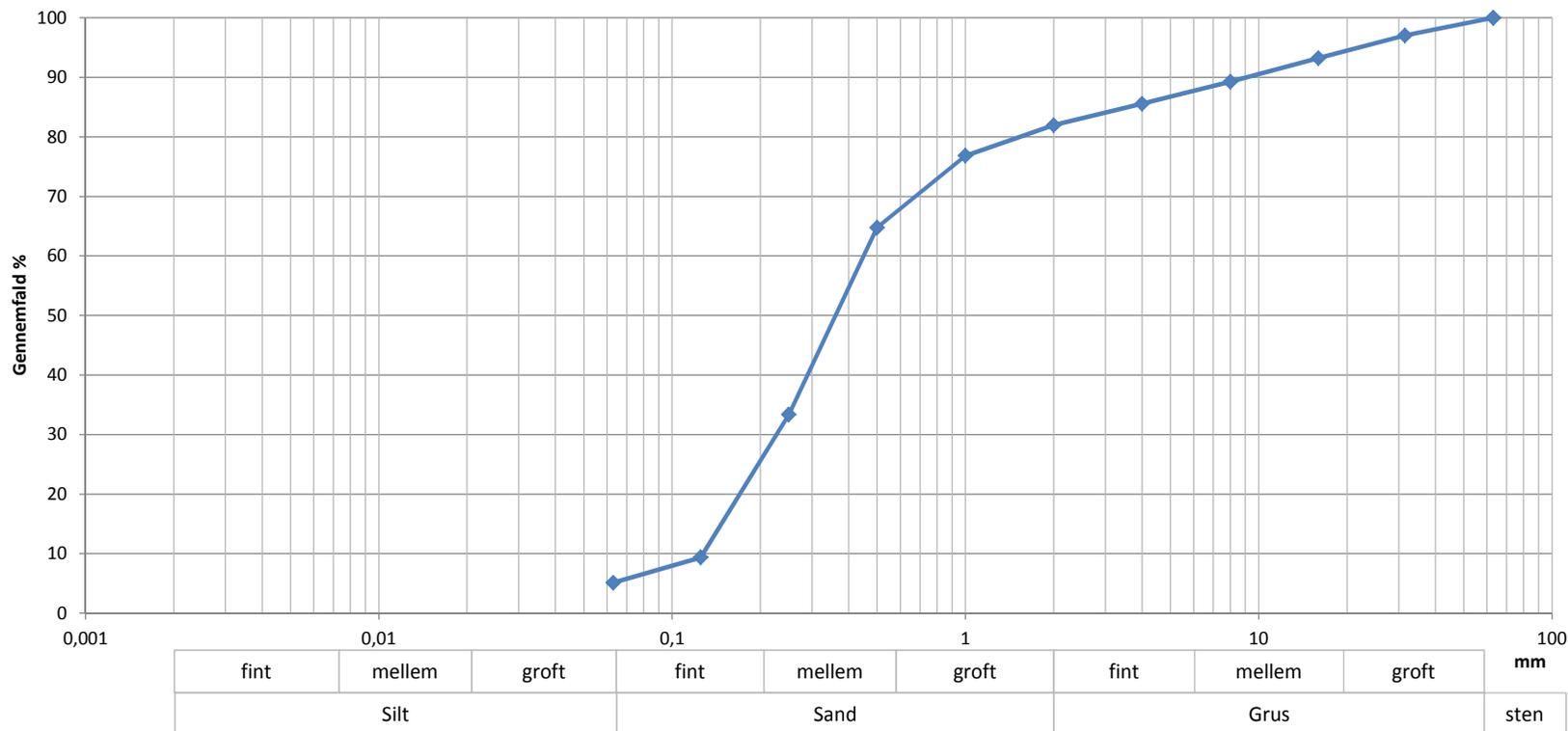
Boremetode: 8" Foret tørboring
 Projektion: UTM32E89
 X: 663559 (m) Y: 6158689 (m) Plan:

Sag: 1100023516 Sorø Råstof
 Boret af: JYSK Dato: 2017.11.21 Bedømt af: MBHN DGU Nr.: 205. 1103 Boring: fase3bor05
 Udarb. af: PLIT Kontrol: MBHN Godkendt: NLR Dato: 2018.06.05 Bilag: 4.14 S. 2/2



Boreprofil

Sagsnr: 1100023516	KORNKURVE	
Sag: Sorø, råstofkortlægning	Standard: DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004	
Boring nr.: 205. 1032	Prøve nr.: 1,1-3,6 m	



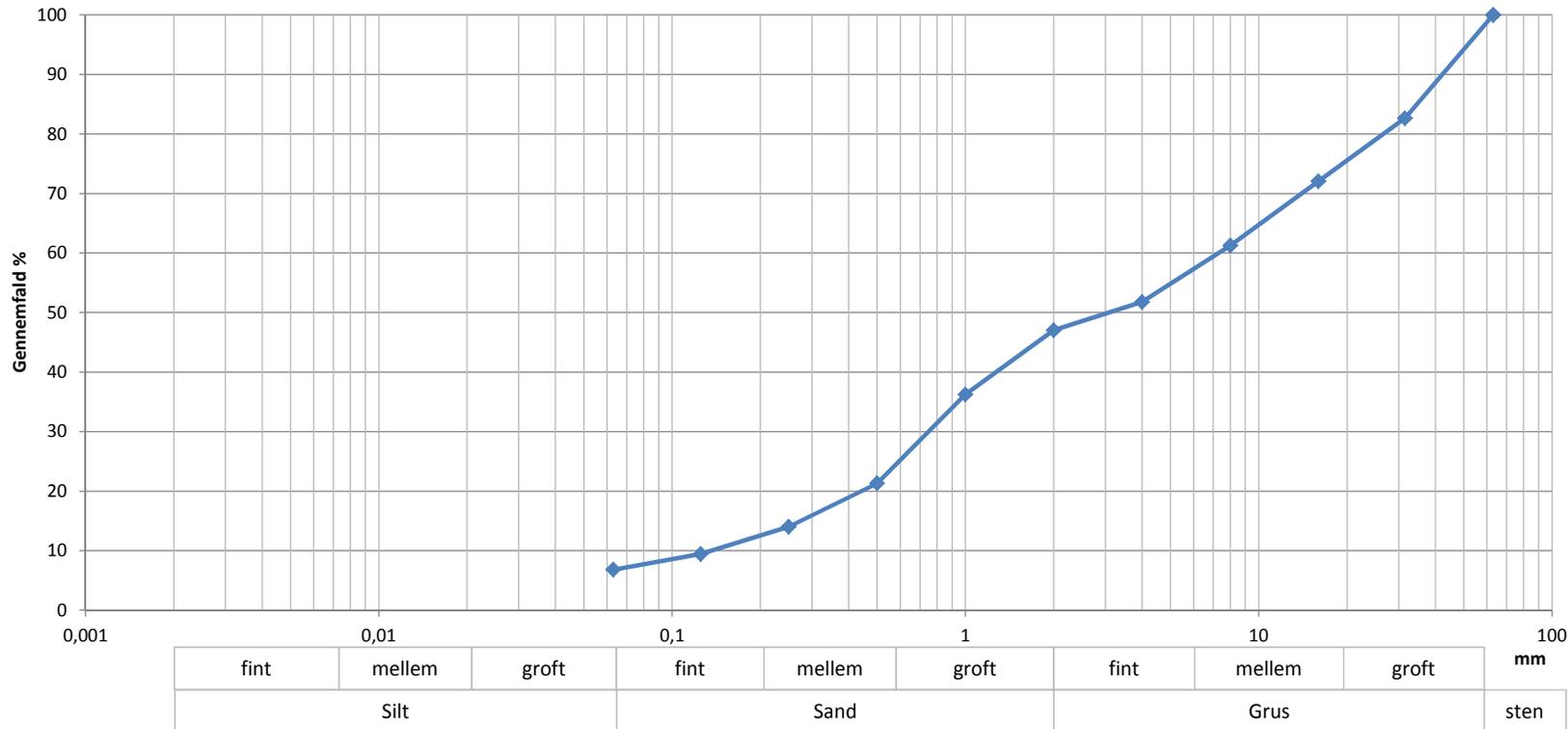
Sigte (mm)	Gennemfald (%)
63	100
31,5	97
16	93
8	89
4	86
2	82
1	77
0,5	65
0,25	33
0,125	9
0,063	5,1

Totalprøvens masse
8910

Prøve nr	1,1-3,6 m	Geologi: Materiale: SAND, mellem, ringe graderet, finstofholdigt, gruset Bemærkninger: Blandeprøve af 1+3 Metode: Vaskning og sigtning		
Middelkornstørrelse:	mm 0,36			
U (d60/d10)	3,5			
Grus + sten	% 18,0			
Sand	% 76,9			
<0,063 mm	% 5,1			
Udført af:	Udført dato:	KS af:	Godkendt:	Bilag:
PLIT/SOKR	24-11-2016	PLIT	NLR	5.1



Sagsnr: 1100023516	KORNKURVE	
Sag: Sorø, råstofkortlægning	Standard: DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004	
Boring nr.: 205. 1051	Prøve nr.: 1,0-2,4 m	



Sigte (mm)	Gennemfald (%)
63	100
31,5	83
16	72
8	61
4	52
2	47
1	36
0,5	21
0,25	14
0,125	9
0,063	6,8

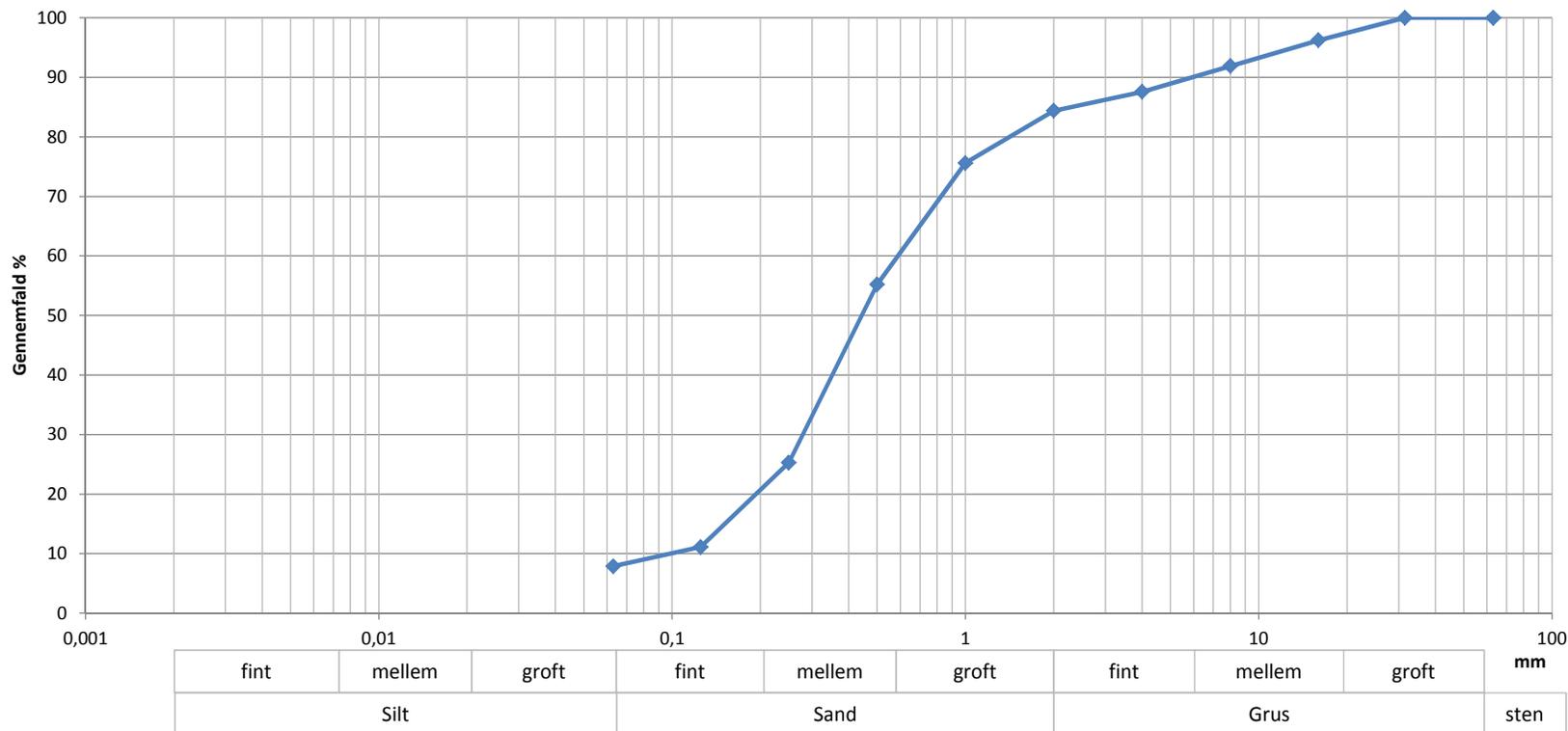
Totalprøvens masse
10925

Prøve nr	1,0-2,4 m	Geologi: Materiale: GRUS, fint, velgraderet, finstofholdigt, st. sandet Bemærkninger: Prøve 2 Metode: Vaskning og sigtning
Middelkornstørrelse:	3,09 mm	
U (d60/d10)	53,6	
Grus + sten	53,0 %	
Sand	40,2 %	
<0,063 mm	6,8 %	

Udført af: PLIT/SOKR	Udført dato: 18-11-2016	KS af: PLIT	Godkendt: NLR	Bilag: 5.2
-----------------------------	--------------------------------	--------------------	----------------------	-------------------



Sagsnr:	1100023516	KORNKURVE	
Sag:	Sorø, råstofkortlægning	Standard:	DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004
Boring nr.:	205. 1051	Prøve nr.:	2,4-4 m



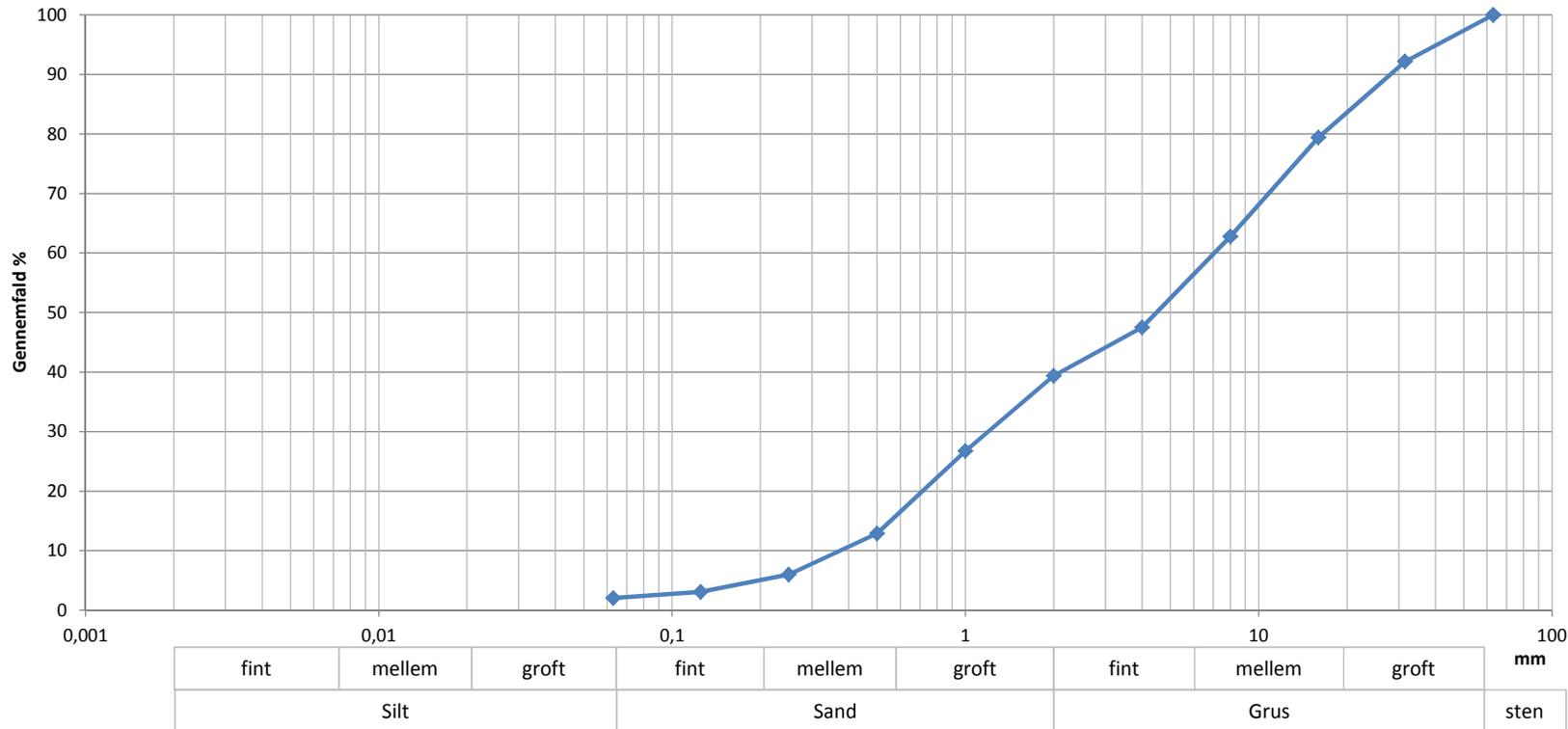
Sigte (mm)	Gennemfald (%)
63	100
31,5	100
16	96
8	92
4	88
2	84
1	76
0,5	55
0,25	25
0,125	11
0,063	7,9

Totalprøvens masse
6739

Prøve nr	2,4-4 m	Geologi: Materiale: SAND, mellem, ringe graderet, finstofholdigt, gruset Bemærkninger: Prøve 3 Metode: Vaskning og sigtning		
Middelkornstørrelse:	0,44			
U (d60/d10)	6,0			
Grus + sten	15,6			
Sand	76,5			
<0,063 mm	7,9			
Udført af:	Udført dato:	KS af:	Godkendt:	Bilag:
PLIT/SOKR	23-11-2016	PLIT	NLR	5.3



Sagsnr:	1100023516	KORNKURVE	
Sag:	Sorø, råstofkortlægning	Standard:	DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004
Boring nr.:	205. 1051	Prøve nr.:	4-9,6 m



Sigte (mm)	Gennemfald (%)
63	100
31,5	92
16	79
8	63
4	48
2	39
1	27
0,5	13
0,25	6
0,125	3
0,063	2,0

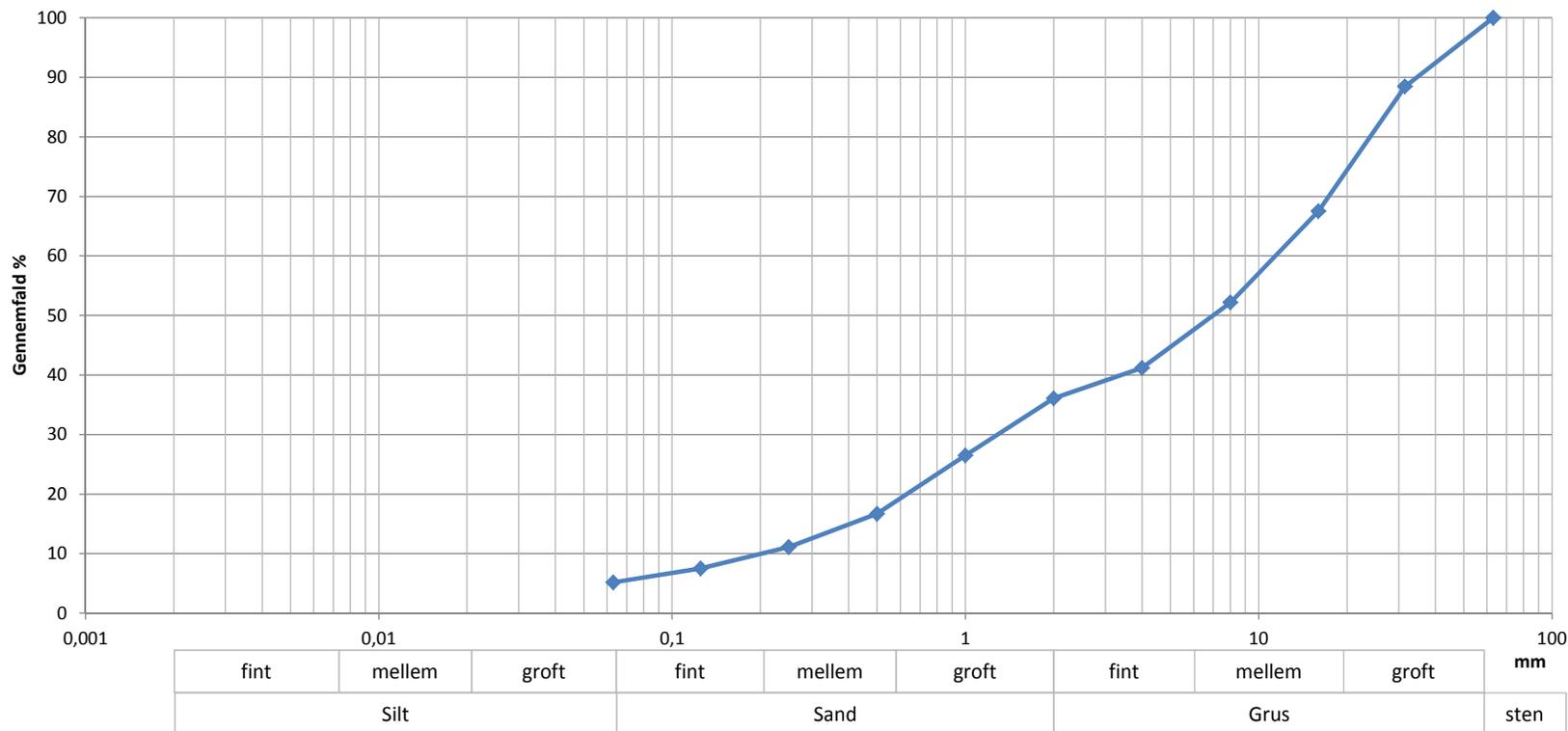
Totalprøvens masse
9983

Prøve nr	4-9,6 m	Geologi: Materiale: GRUS, fint, velgraderet, sv. finstoffholdigt, st. sandet Bemærkninger: Blandeprøve af 6+8+9 Metode: Vaskning og sigtning
Middelkornstørrelse: mm	4,48	
U (d60/d10)	18,9	
Grus + sten %	60,6	
Sand %	37,3	
<0,063 mm %	2,0	

Udført af:	Udført dato:	KS af:	Godkendt:	Bilag:
PLIT/SOKR	18-11-2016	PLIT	NLR	5.4



Sagsnr:	1100023516	KORNKURVE	
Sag:	Sorø, råstofkortlægning	Standard:	DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004
Boring nr.:	205. 1052	Prøve nr.:	0,4-3,7 m



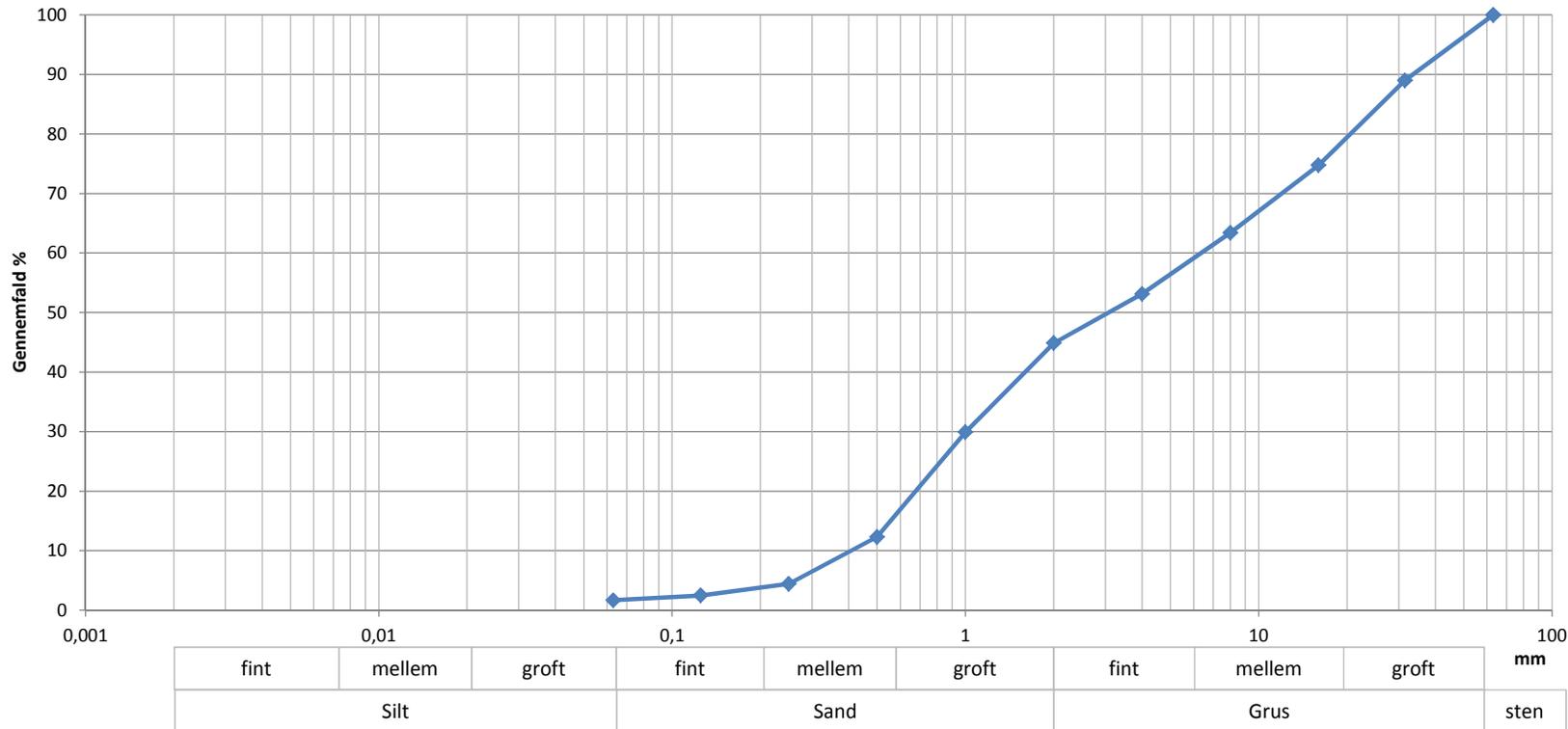
Sigte (mm)	Gennemfald (%)
63	100
31,5	88
16	68
8	52
4	41
2	36
1	27
0,5	17
0,25	11
0,125	8
0,063	5,2

Totalprøvens masse
9624

Prøve nr	0,4-3,7 m	Geologi: Materiale: GRUS, mellem, velgraderet, finstofholdigt, st. sandet Bemærkninger: Prøve 2 Metode: Vaskning og sigtning		
Middelkornstørrelse: mm	6,98			
U (d60/d10)	56,6			
Grus + sten %	63,9			
Sand %	30,9			
<0,063 mm %	5,2			
Udført af:	Udført dato:	KS af:	Godkendt:	Bilag:
PLIT/SOKR	23-11-2016	PLIT	NLR	5.5



Sagsnr:	1100023516	KORNKURVE	
Sag:	Sorø, råstofkortlægning	Standard:	DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004
Boring nr.:	205. 1052	Prøve nr.:	3,7-9,5 m



Sigte (mm)	Gennemfald (%)
63	100
31,5	89
16	75
8	63
4	53
2	45
1	30
0,5	12
0,25	4
0,125	2
0,063	1,7

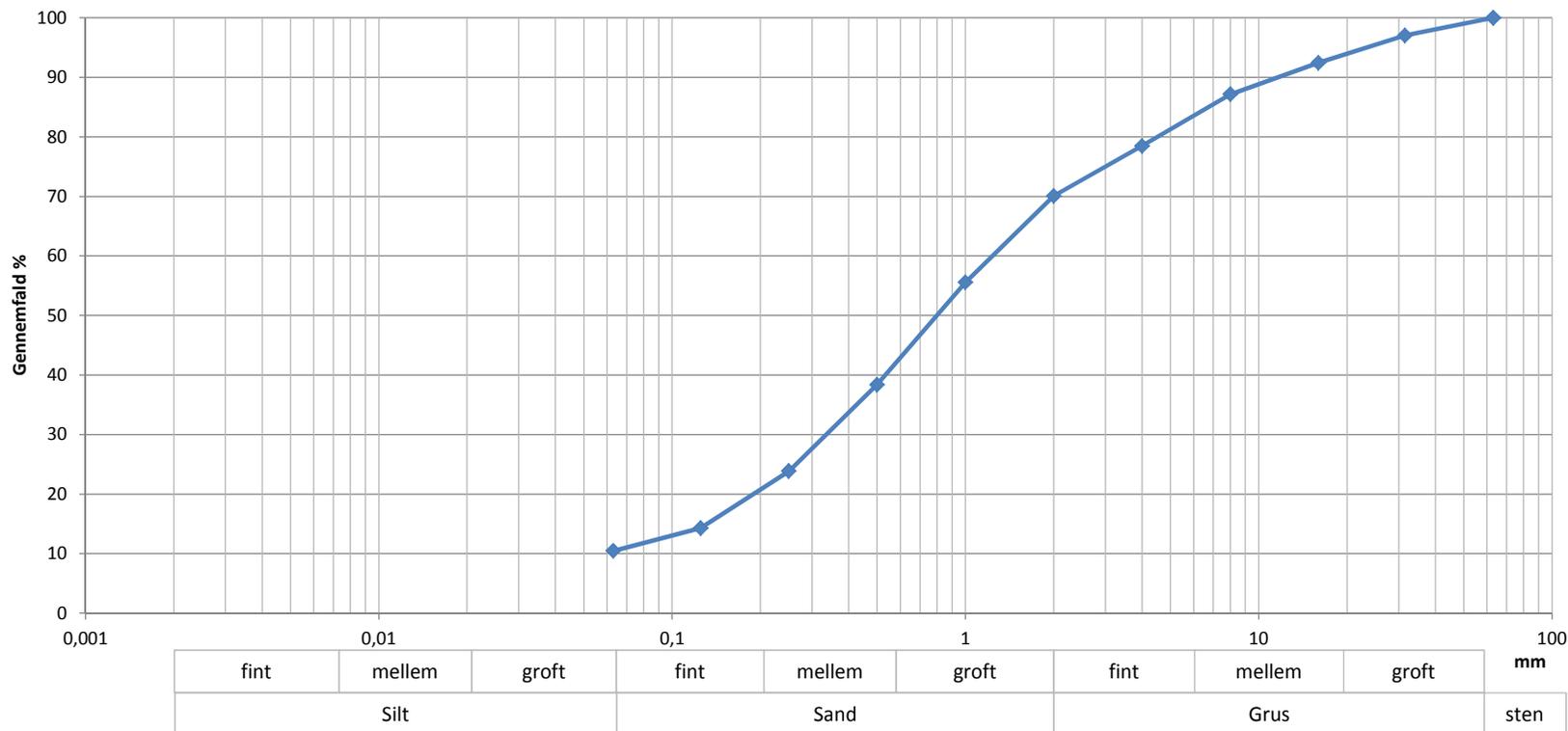
Totalprøvens masse
9761

Prøve nr	3,7-9,5 m	Geologi: Materiale: GRUS, fint, velgraderet, sv. finstoffholdigt, st. sandet Bemærkninger: Blandeprøve af 5+8 Metode: Vaskning og sigtning
Middelkornstørrelse: mm	3,07	
U (d60/d10)	15,6	
Grus + sten %	55,1	
Sand %	43,2	
<0,063 mm %	1,7	

Udført af:	Udført dato:	KS af:	Godkendt:	Bilag:
PLIT/SOKR	18-11-2016	PLIT	NLR	5.6



Sagsnr:	1100023516	KORNKURVE	
Sag:	Sorø, råstofkortlægning	Standard:	DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004
Boring nr.:	205. 1053	Prøve nr.:	0,9-4,0 m



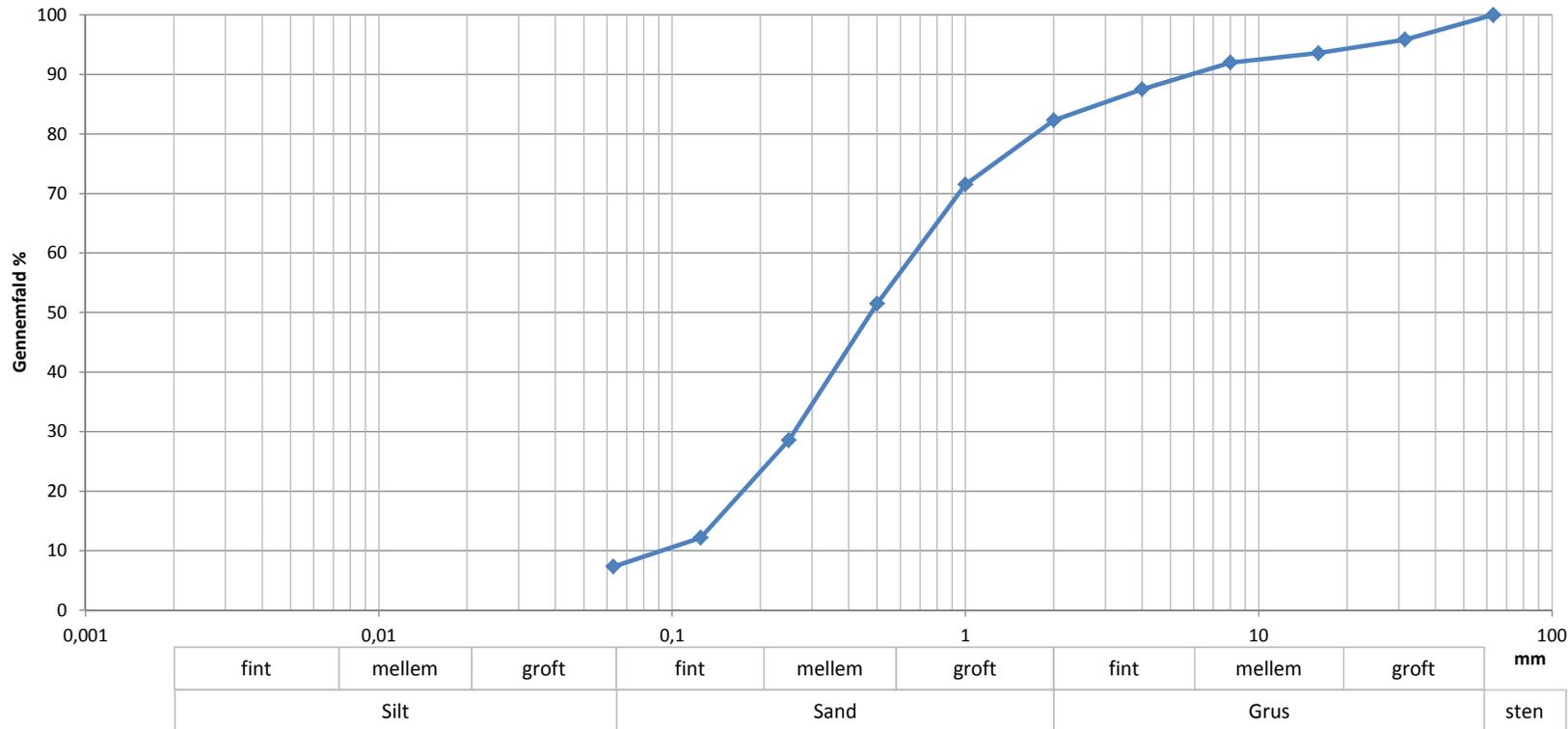
Sigte (mm)	Gennemfald (%)
63	100
31,5	97
16	92
8	87
4	79
2	70
1	56
0,5	38
0,25	24
0,125	14
0,063	10,5

Totalprøvens masse
11875

Prøve nr	0,9-4,0 m	Geologi: Materiale: SAND, groft, , st. finstofholdigt, st. gruset Bemærkninger: Prøve 2 Metode: Vaskning og sigtning		
Middelkornstørrelse: mm	0,80			
U (d60/d10)	>19,6			
Grus + sten %	29,9			
Sand %	59,6			
<0,063 mm %	10,5			
Udført af:	Udført dato:	KS af:	Godkendt:	Bilag:
PLIT/SOKR	23-11-2016	PLIT	NLR	5.7



Sagsnr:	1100023516	KORNKURVE	
Sag:	Sorø, råstofkortlægning	Standard:	DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004
Boring nr.:	205. 1053	Prøve nr.:	4,0-5,1



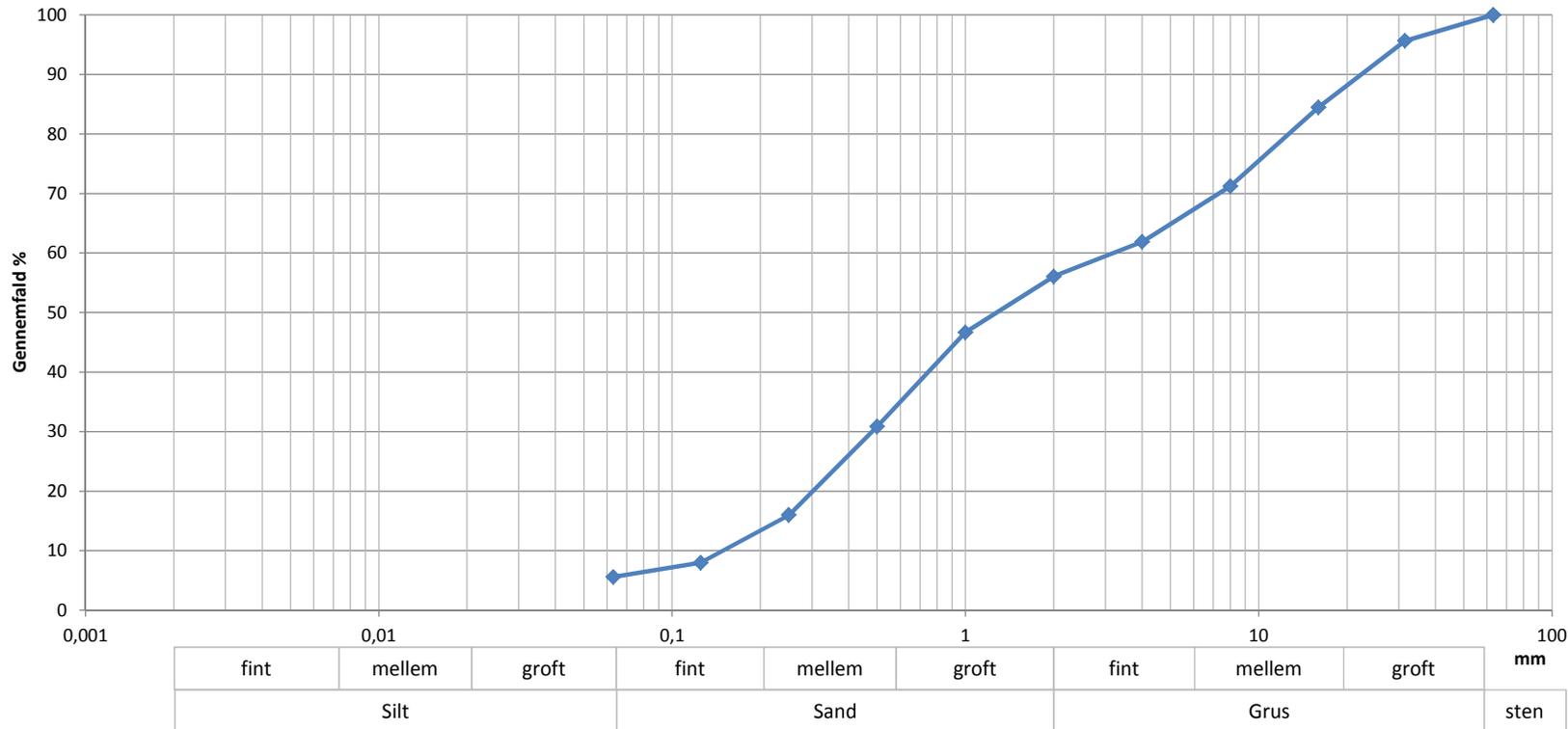
Sigte (mm)	Gennemfald (%)
63	100
31,5	96
16	94
8	92
4	88
2	82
1	72
0,5	52
0,25	29
0,125	12
0,063	7,3

Totalprøvens masse
3393

Prøve nr	4,0-5,1	Geologi: Materiale: SAND, mellem, graderet, finstofholdigt, gruset Bemærkninger: Prøve 4 Metode: Vaskning og sigtning		
Middelkornstørrelse: mm	0,48			
U (d60/d10)	7,3			
Grus + sten %	17,7			
Sand %	75,0			
<0,063 mm %	7,3			
Udført af:	Udført dato:	KS af:	Godkendt:	Bilag:
PLIT/SOKR	18-11-2016	PLIT	NLR	5.8



Sagsnr:	1100023516	KORNKURVE	
Sag:	Sorø, råstofkortlægning	Standard:	DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004
Boring nr.:	205. 1054	Prøve nr.:	1,1-3,2 m



Sigte (mm)	Gennemfald (%)
63	100
31,5	96
16	84
8	71
4	62
2	56
1	47
0,5	31
0,25	16
0,125	8
0,063	5,6

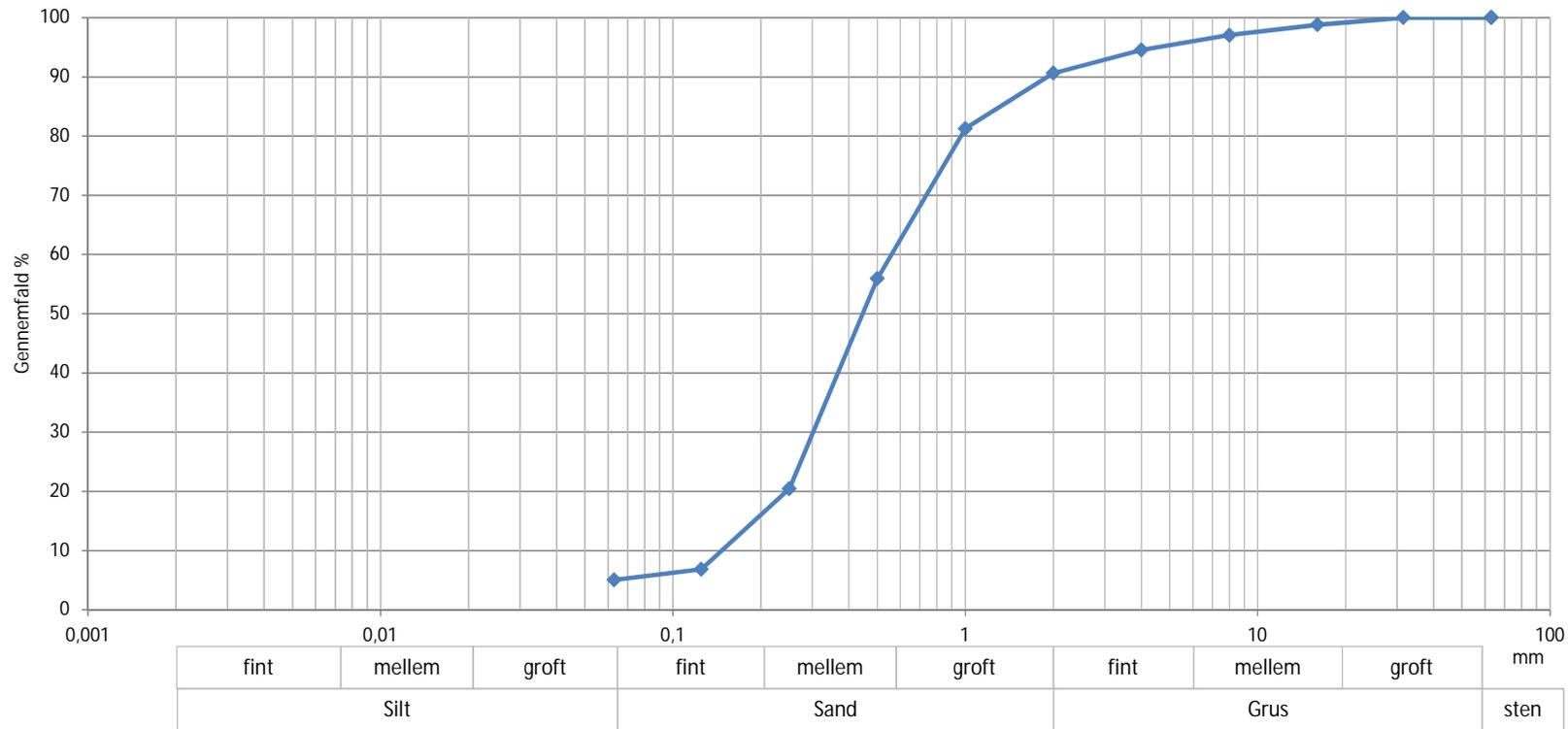
Totalprøvens masse
10333

Prøve nr	1,1-3,2 m	Geologi: Materiale: SAND, groft, velgraderet, finstoffholdigt, st. gruset Bemærkninger: Prøve 2 Metode: Vaskning og sigtning
Middelkornstørrelse: mm	1,28	
U (d60/d10)	21,5	
Grus + sten %	43,9	
Sand %	50,5	
<0,063 mm %	5,6	

Udført af:	Udført dato:	KS af:	Godkendt:	Bilag:
PLIT/SOKR	18-11-2016	PLIT	NLR	5.9



Sagsnr:	1100023516	KORNKURVE	
Sag:	Stenlille	Standard:	DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004
Boring nr.:	205.1099	Prøve nr.:	2



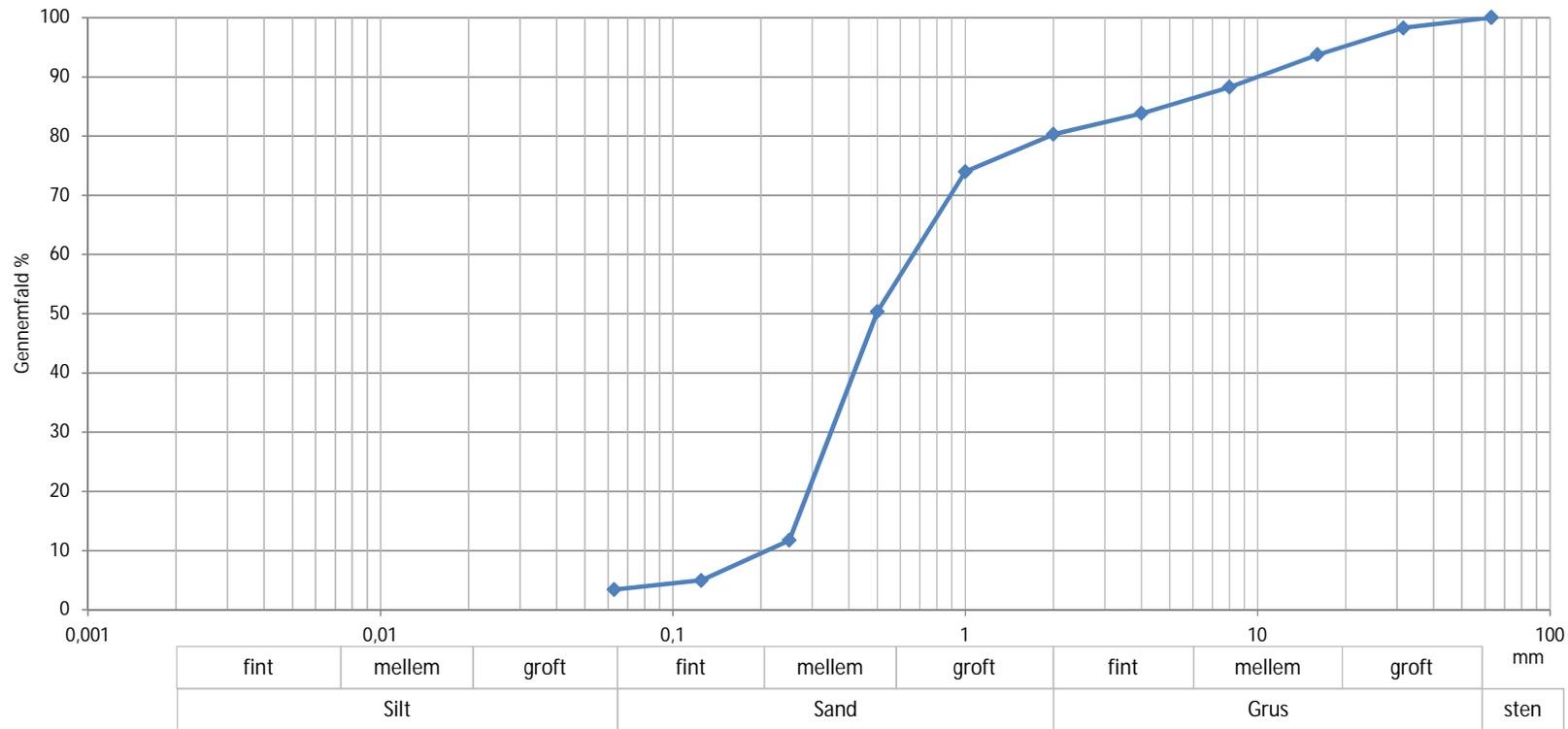
Sigte (mm)	Gennemfald (%)
63	100
31,5	100
16	99
8	97
4	95
2	91
1	81
0,5	56
0,25	20
0,125	7
0,063	5,0

Totalprøvens masse
9244

Prøve nr	2	Geologi:	
Middelkornstørrelse: mm	0,45	Materiale: SAND, mellem, ringe sorteret, finstofholdigt, sv. gruset	
U (d60/d10)	3,8	Bemærkninger:	
Grus + sten %	9,4		
Sand %	85,6		
<0,063 mm %	5,0	K-værdi efter Beyer (m/s)	0,0002361
Udført af: MBHN		Metode: Vaskning og sigtning	
Udført dato:	24-05-2018	KS af:	PLIT
		Godkendt:	PLIT
			Bilag: 5.10



Sagsnr:	1100023516	KORNKURVE	
Sag:	Stenlille	Standard:	DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004
Boring nr.:	205.1099	Prøve nr.:	4



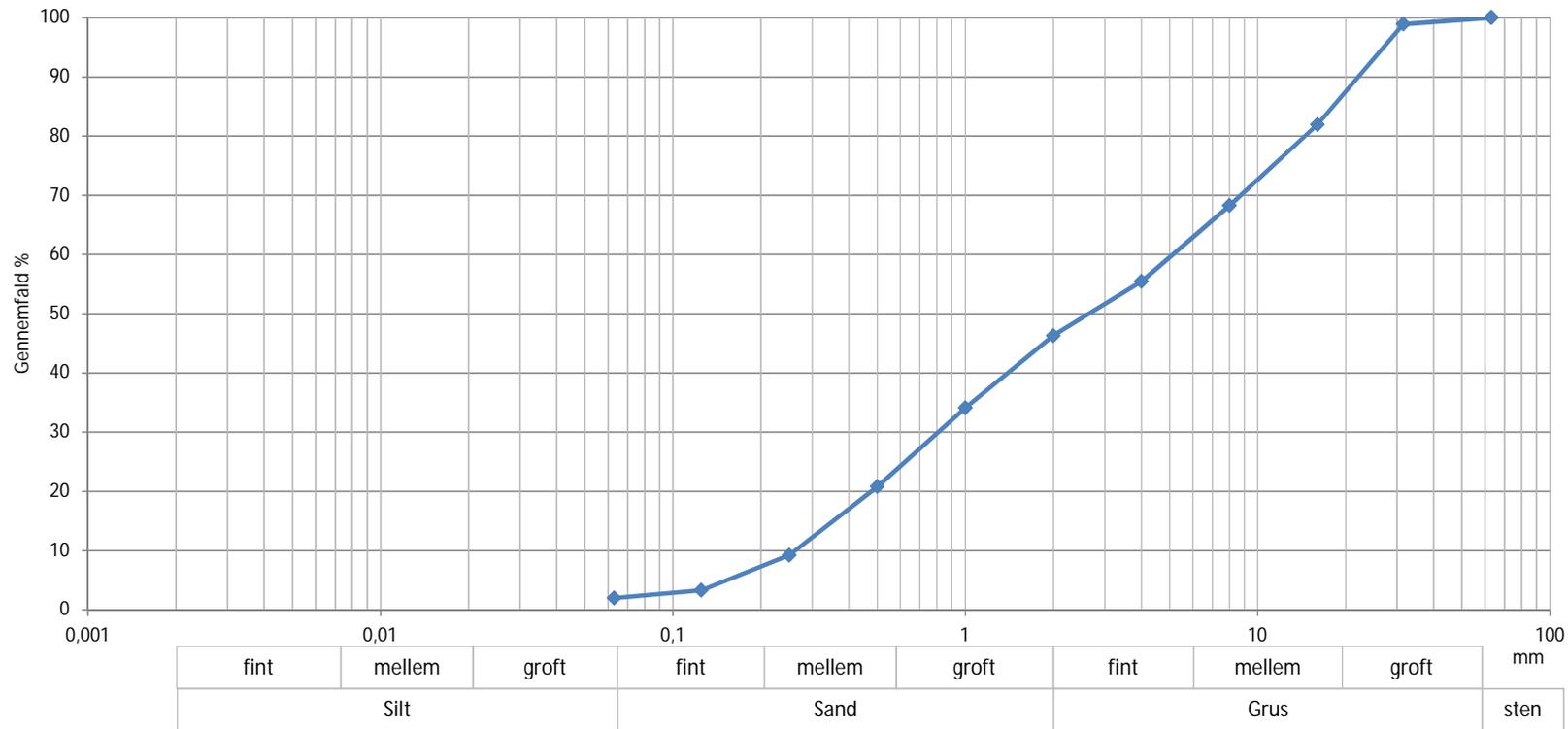
Sigte (mm)	Gennemfald (%)
63	100
31,5	98
16	94
8	88
4	84
2	80
1	74
0,5	50
0,25	12
0,125	5
0,063	3,4

Totalprøvens masse
9052

Prøve nr	4	Geologi:	
Middelkornstørrelse: mm	0,50	Materiale: SAND, mellem, sorteret, sv. finstofholdigt, gruset	
U (d60/d10)	3,2	Bemærkninger:	
Grus + sten %	19,7		
Sand %	76,9		
<0,063 mm %	3,4	K-værdi efter Beyer (m/s)	0,0004995
Udført af:	Udført dato:	KS af:	Godkendt:
MBHN	24-05-2018	PLIT	PLIT
			Bilag: 5.11
		Metode: Vaskning og sigtning	



Sagsnr:	1100023516	KORNKURVE	
Sag:	Stenlille	Standard:	DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004
Boring nr.:	205.1099	Prøve nr.:	5



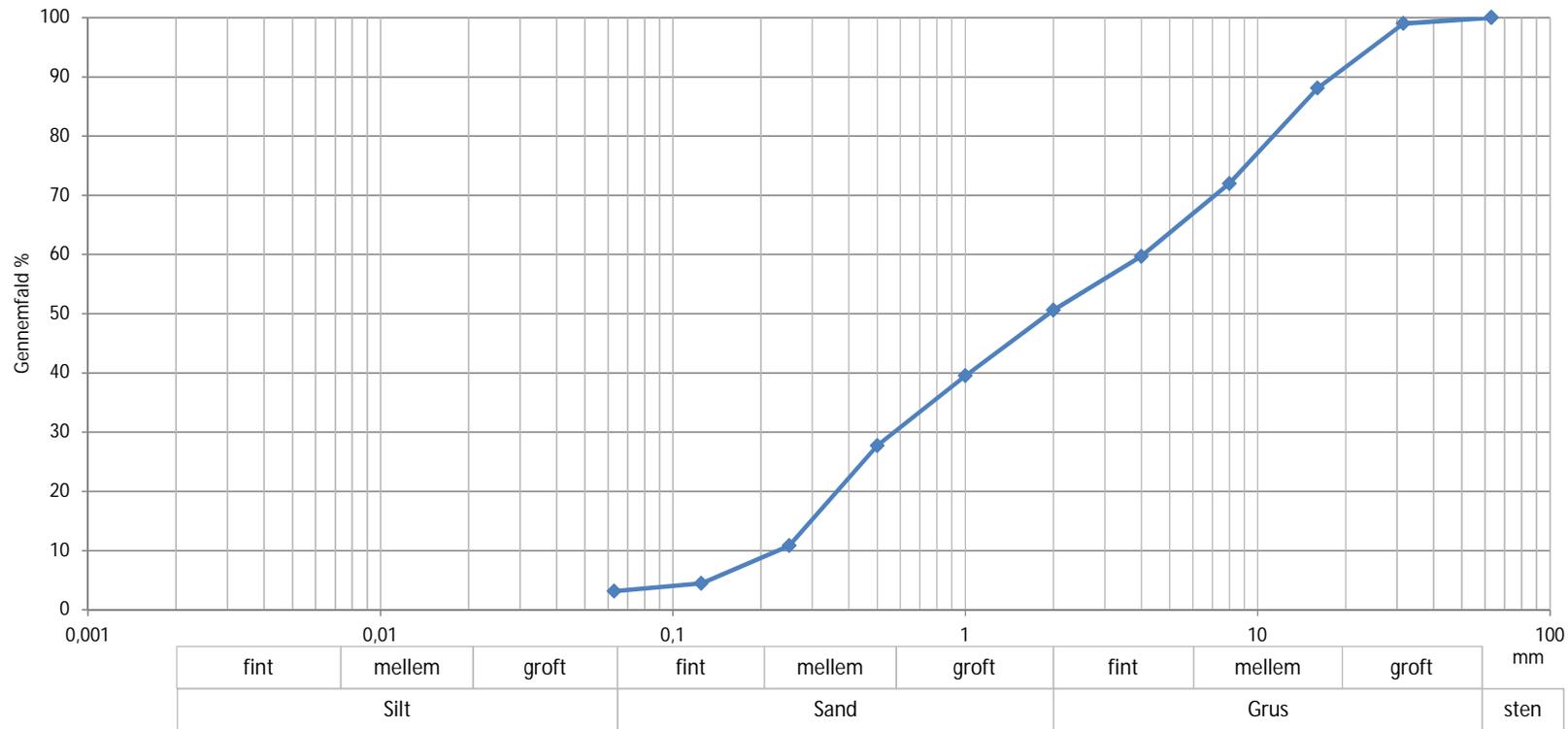
Sigte (mm)	Gennemfald (%)
63	100
31,5	99
16	82
8	68
4	55
2	46
1	34
0,5	21
0,25	9
0,125	3
0,063	2,0

Totalprøvens masse
12426

Prøve nr	5	Geologi:	
Middeldkornstørrelse: mm	2,65	Materiale: GRUS, fint, usortet, sv. finstofholdigt, st. sandet	
U (d60/d10)	19,5	Bemærkninger:	
Grus + sten %	53,7		
Sand %	44,3		
<0,063 mm %	2,0	K-værdi efter Beyer (m/s)	0,0004991
Udført af: MBHN		Udført dato: 24-05-2018	Godkendt: PLIT
		KS af: PLIT	Bilag: 5.12



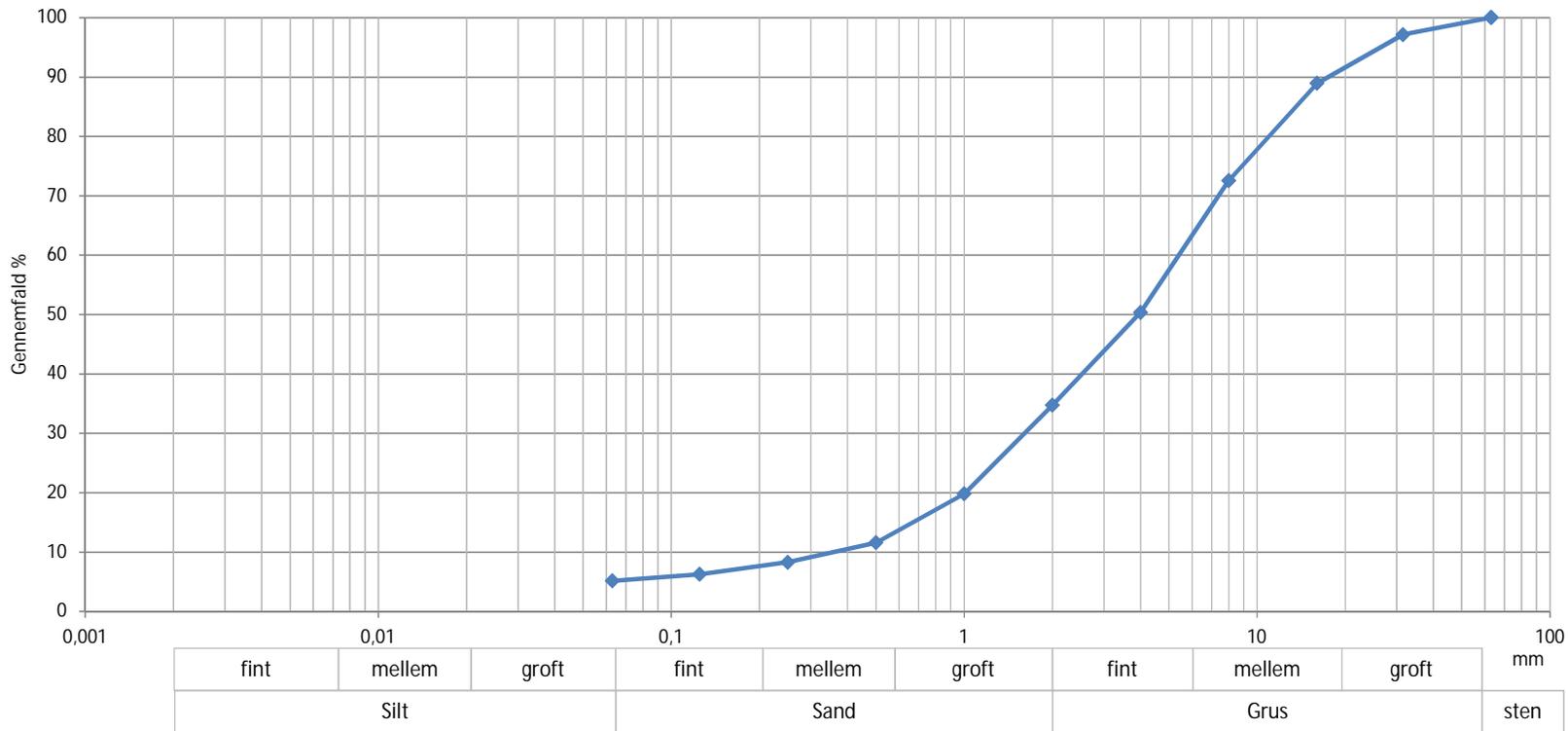
Sagsnr:	1100023516	KORNKURVE	
Sag:	Stenlille	Standard:	DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004
Boring nr.:	205.1099	Prøve nr.:	7



Prøve nr	7	Geologi:	
Middeldkornstørrelse: mm	1,93	Materiale: SAND, groft, usortet, sv. finstofholdigt, st. gruset	
U (d60/d10)	17,8	Bemærkninger:	
Grus + sten %	49,4		
Sand %	47,4		
<0,063 mm %	3,2	K-værdi efter Beyer (m/s)	0,0003903
Udført af: MBHN		Udført dato: 24-05-2018	Godkendt: PLIT
		KS af: PLIT	Bilag: 5.13



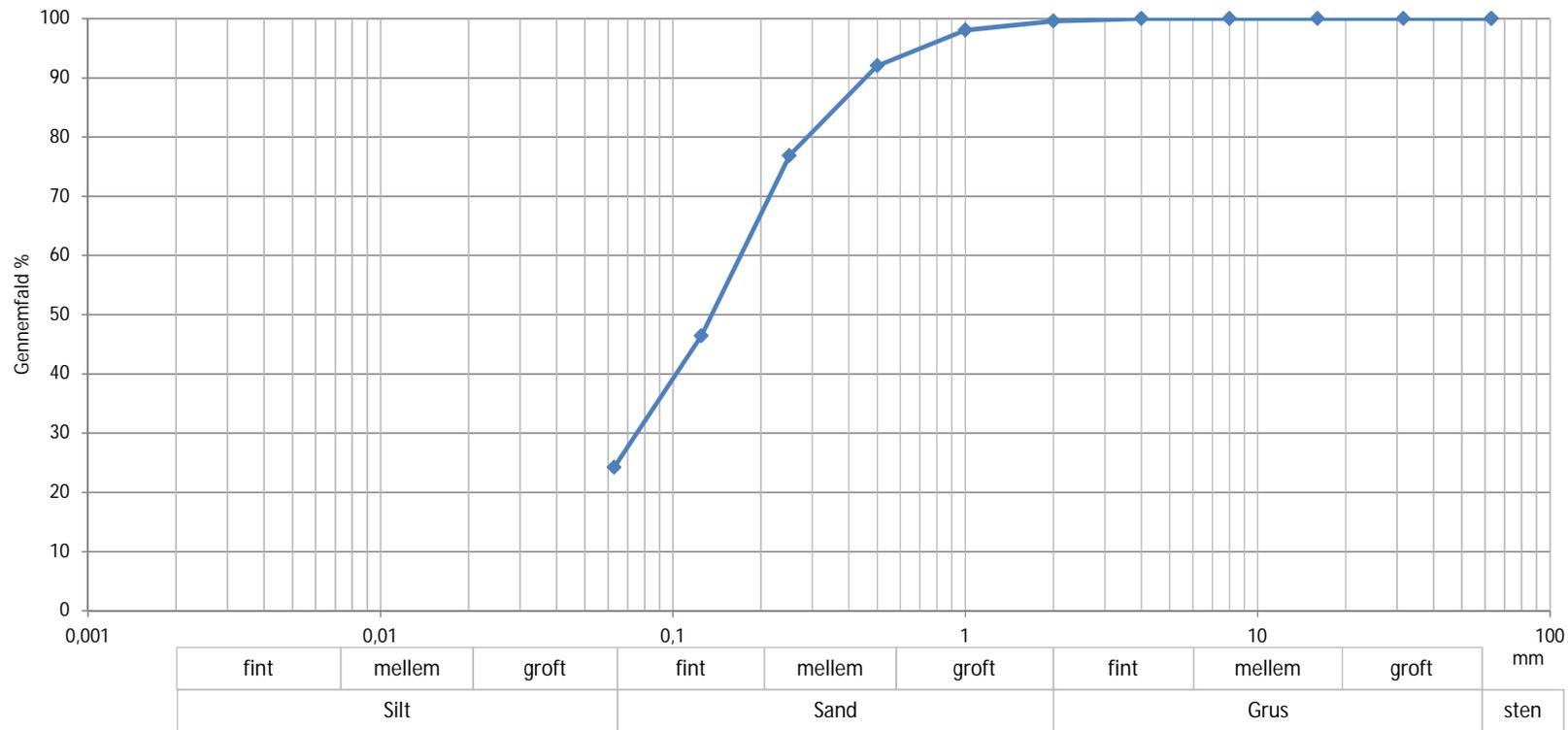
Sagsnr:	1100023516	KORNKURVE	
Sag:	Stenlille	Standard:	DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004
Boring nr.:	205.1100	Prøve nr.:	3



Prøve nr	3	Geologi:	
Middelkornstørrelse: mm	3,94	Materiale: GRUS, fint, usorteret, finstofholdigt, st. sandet	
U (d60/d10)	15,0	Bemærkninger:	
Grus + sten %	65,3		
Sand %	29,6		
<0,063 mm %	5,1	K-værdi efter Beyer (m/s)	0,0010155
Udført af: MBHN		Metode: Vaskning og sigtning	
Udført dato: 24-05-2018	KS af: PLIT	Godkendt: PLIT	Bilag: 5.14



Sagsnr:	1100023516	KORNKURVE	
Sag:	Stenlille	Standard:	DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004
Boring nr.:	205.1101	Prøve nr.:	3



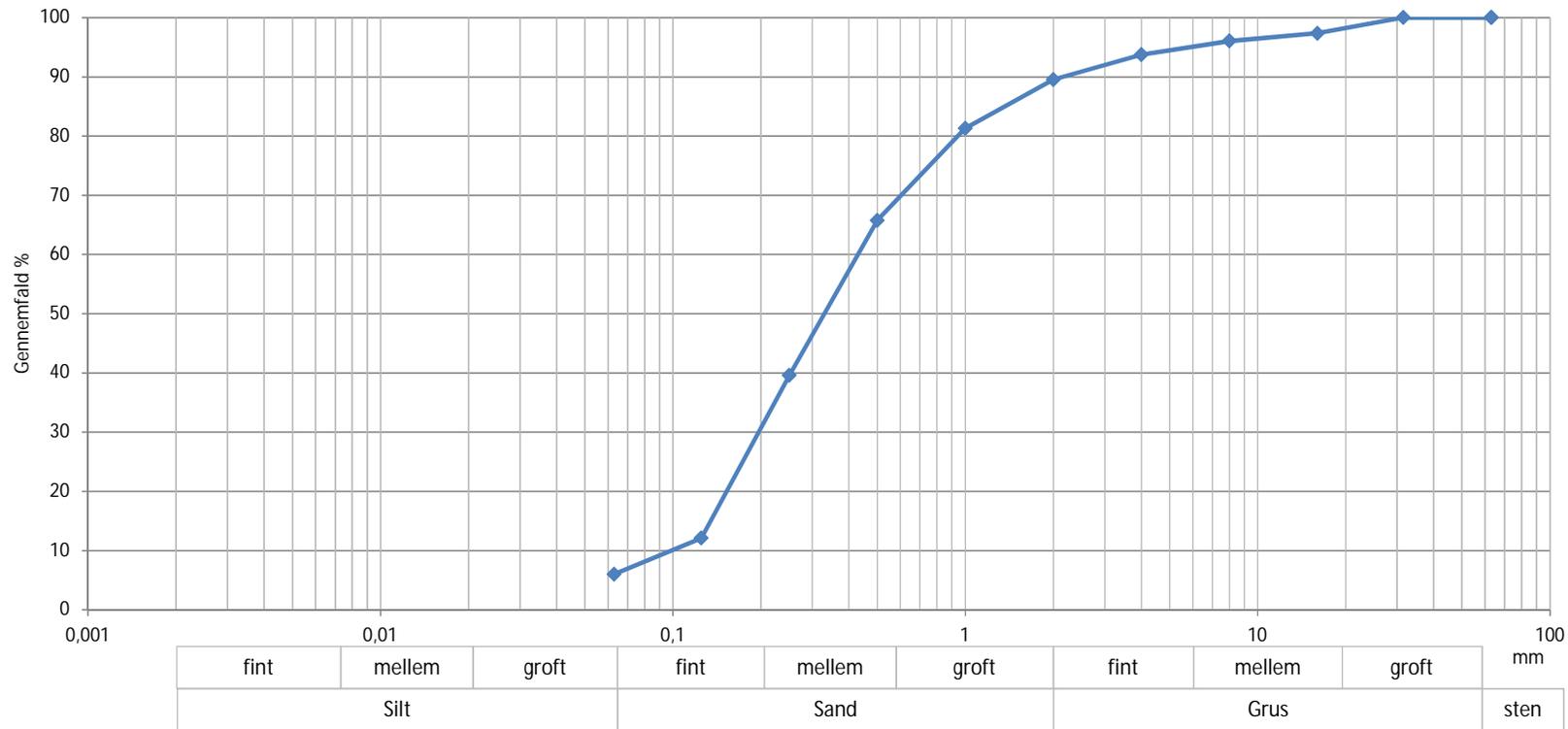
Sigte (mm)	Gennemfald (%)
63	100
31,5	100
16	100
8	100
4	100
2	100
1	98
0,5	92
0,25	77
0,125	46
0,063	24,2

Totalprøvens masse
150

Prøve nr	3	Geologi:	
Middelkornstørrelse: mm	0,14	Materiale: SAND, fint, , st. finstofholdigt, sv. gruset	
U (d60/d10)	>2,7	Bemærkninger:	
Grus + sten %	0,4	Metode: Vaskning og sigtning	
Sand %	75,4		
<0,063 mm %	24,2	K-værdi efter Beyer (m/s)	
Udført af:	Udført dato:	KS af:	Godkendt:
MBHN	24-05-2018	PLIT	PLIT
			Bilag: 5.15



Sagsnr:	1100023516	KORNKURVE	
Sag:	Stenlille	Standard:	DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004
Boring nr.:	205.1102	Prøve nr.:	4



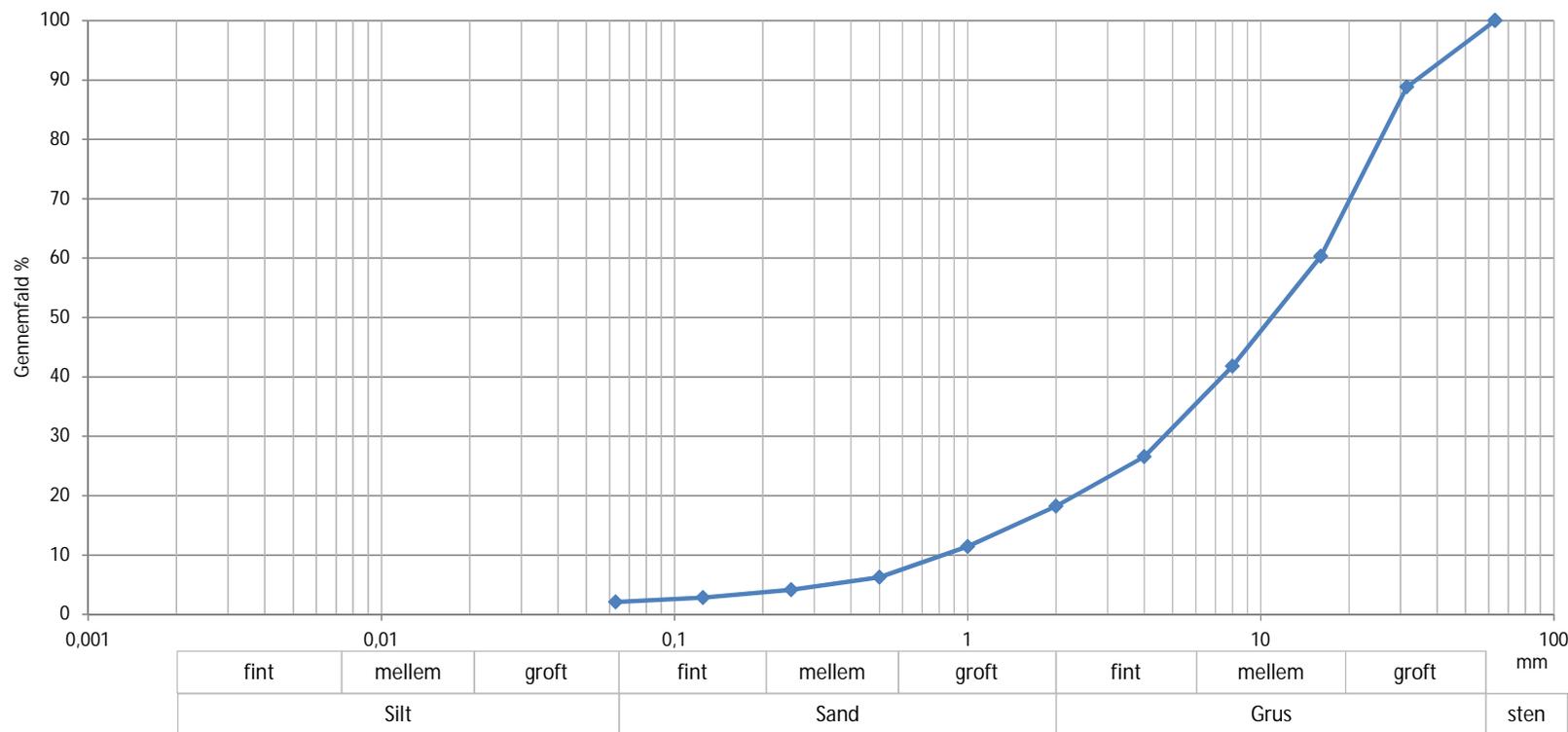
Sigte (mm)	Gennemfald (%)
63	100
31,5	100
16	97
8	96
4	94
2	90
1	81
0,5	66
0,25	40
0,125	12
0,063	6,0

Totalprøvens masse
1367

Prøve nr	4	Geologi:	
Middelkornstørrelse: mm	0,33	Materiale: SAND, mellem, ringe sorteret, finstofholdigt, gruset	
U (d60/d10)	4,4	Bemærkninger:	
Grus + sten %	10,5		
Sand %	83,5		
<0,063 mm %	6,0	K-værdi efter Beyer (m/s)	0,0001037
Udført af: MBHN		Metode: Vaskning og sigtning	
Udført dato:	24-05-2018	KS af:	PLIT
		Godkendt:	PLIT
			Bilag: 5.16



Sagsnr:	1100023516	KORNKURVE	
Sag:	Stenlille	Standard:	DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004
Boring nr.:	205.1102	Prøve nr.:	6



Sigte (mm)	Gennemfald (%)
63	100
31,5	89
16	60
8	42
4	27
2	18
1	11
0,5	6
0,25	4
0,125	3
0,063	2,1

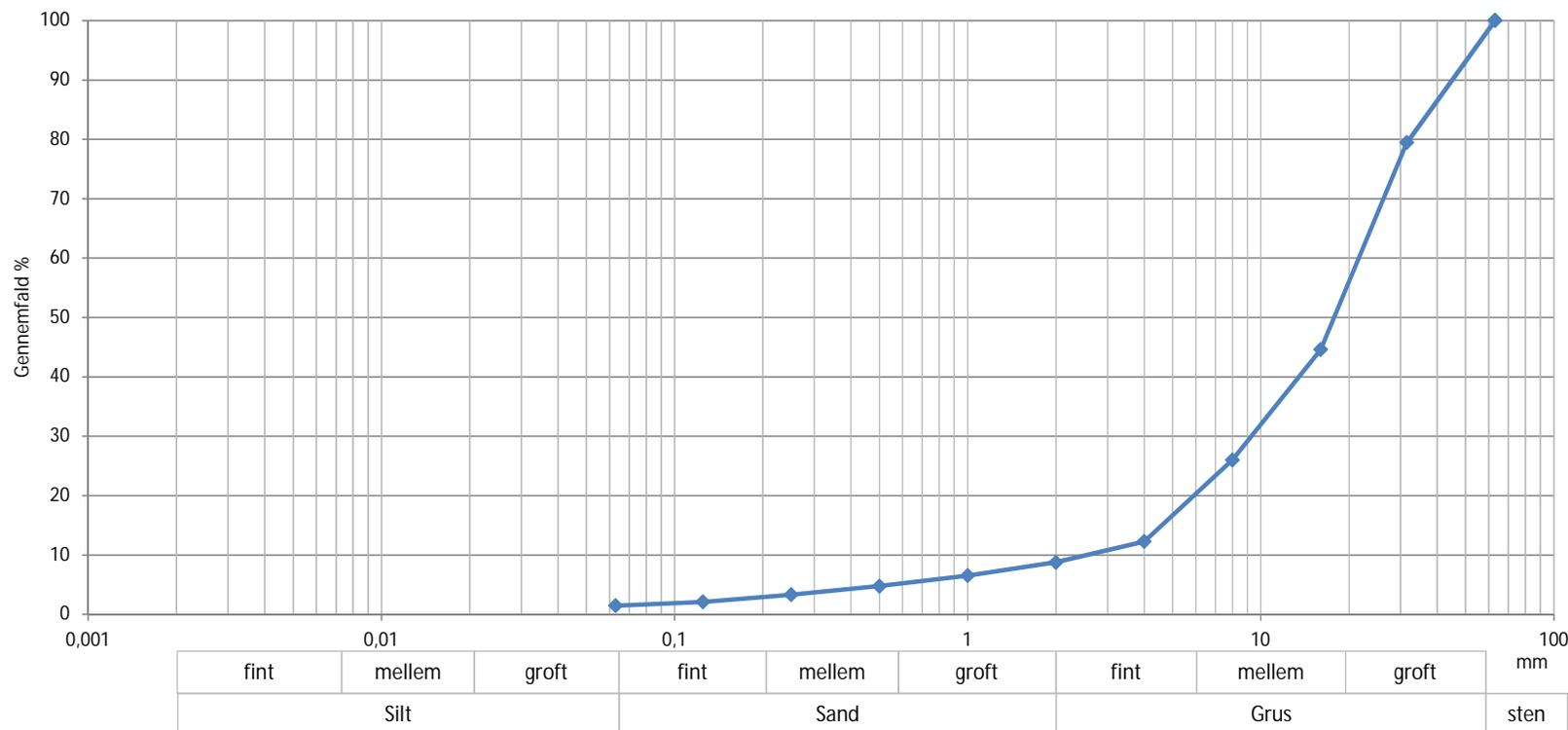
Totalprøvens masse
12003

Prøve nr	6	Geologi:	
Middelkornstørrelse: mm	10,88	Materiale: GRUS, mellem, usorteret, sv. finstofholdigt, sandet	
U (d60/d10)	19,2	Bemærkninger:	
Grus + sten %	81,8		
Sand %	16,2		
<0,063 mm %	2,1	K-værdi efter Beyer (m/s)	
		Metode: Vaskning og sigtning	

Udført af:	Udført dato:	KS af:	Godkendt:	Bilag:
MBHN	24-05-2018	PLIT	PLIT	5.17



Sagsnr:	1100023516	KORNKURVE	
Sag:	Stenlille	Standard:	DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004
Boring nr.:	205.1103	Prøve nr.:	2



Sigte (mm)	Gennemfald (%)
63	100
31,5	80
16	45
8	26
4	12
2	9
1	7
0,5	5
0,25	3
0,125	2
0,063	1,5

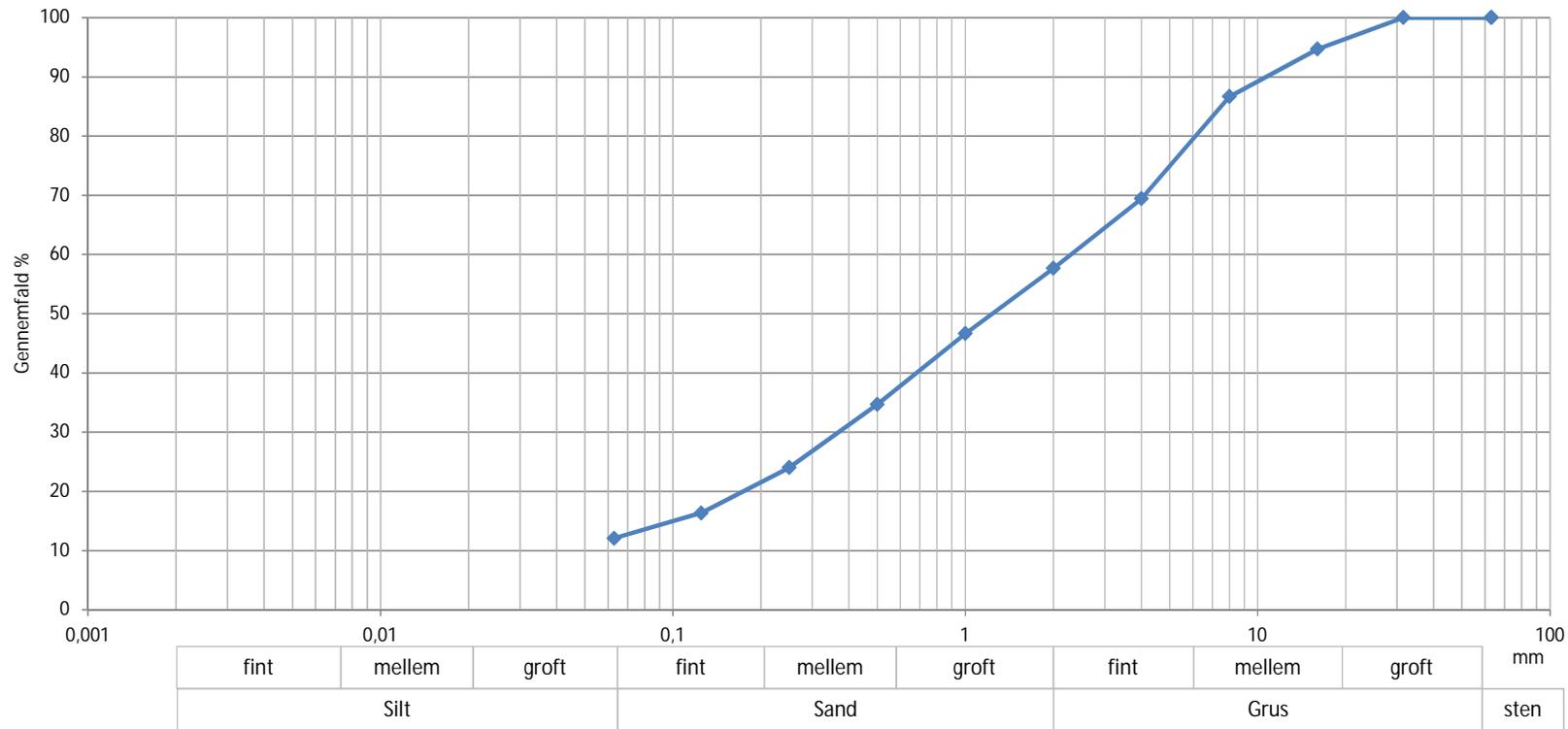
Totalprøvens masse
9844

Prøve nr	2	Geologi:	
Middelkornstørrelse: mm	17,78	Materiale: GRUS, mellem, usorteret, sv. finstofholdigt, sv. sandet	
U (d60/d10)	8,4	Bemærkninger: Totalprøvens masse er ikke repræsentativ for den givne kornstørrelsesfordeling jf. DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1:2004	
Grus + sten %	91,3	Metode: Vaskning og sigtning	
Sand %	7,3		
<0,063 mm %	1,5	K-værdi efter Beyer (m/s)	

Udført af:	Udført dato:	KS af:	Godkendt:	Bilag:
MBHN	24-05-2018	PLIT	PLIT	5.18



Sagsnr:	1100023516	KORNKURVE	
Sag:	Stenlille	Standard:	DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004
Boring nr.:	205.1103	Prøve nr.:	3



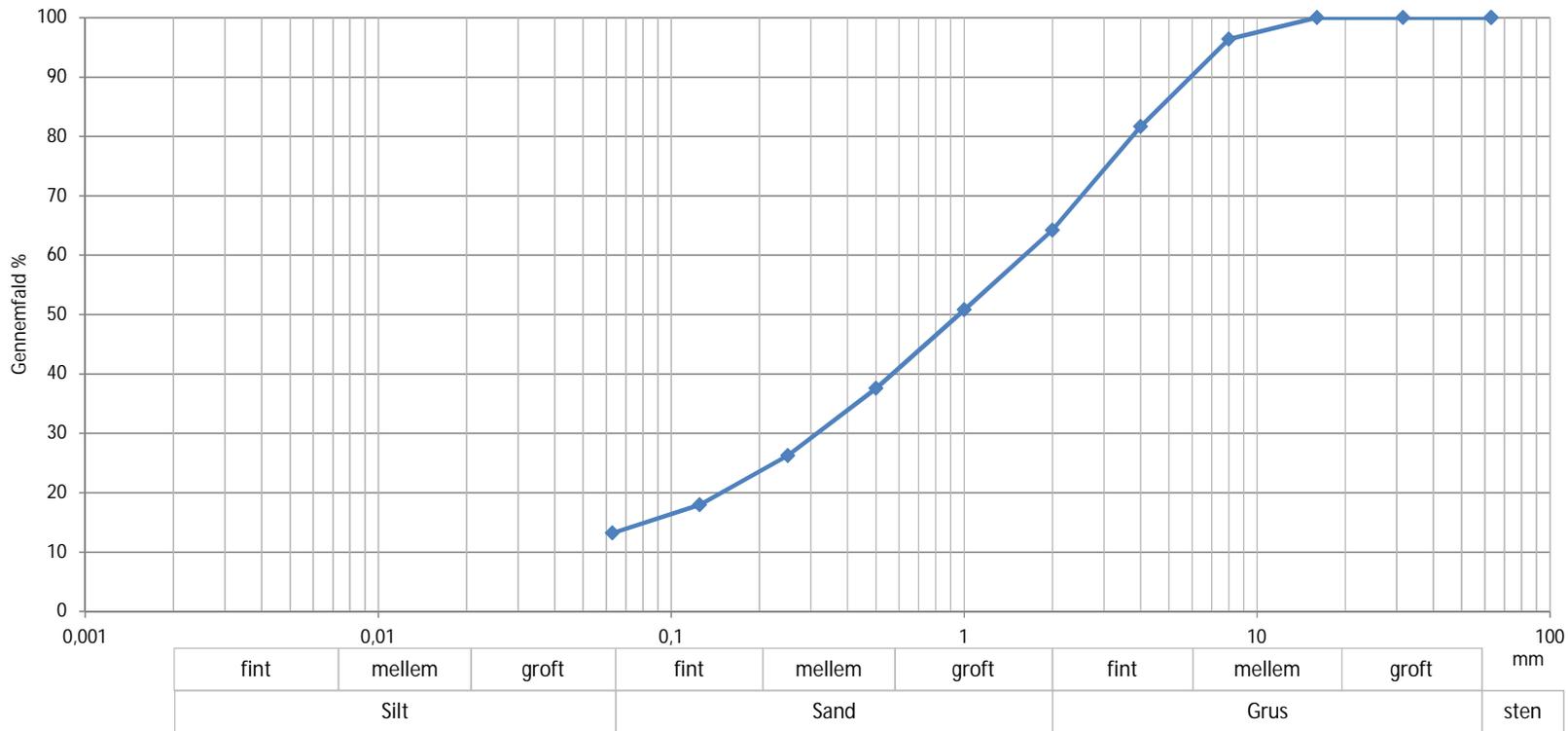
Sigte (mm)	Gennemfald (%)
63	100
31,5	100
16	95
8	87
4	69
2	58
1	47
0,5	35
0,25	24
0,125	16
0,063	12,1

Totalprøvens masse
9637

Prøve nr	3	Geologi:		
Middelkornstørrelse: mm	1,23	Materiale: SAND, groft, , st. finstofholdigt, st. gruset		
U (d60/d10)	>36,4	Bemærkninger:		
Grus + sten %	42,3	Metode: Vaskning og sigtning		
Sand %	45,6			
<0,063 mm %	12,1	K-værdi efter Beyer (m/s)		
Udført af:	Udført dato:	KS af:	Godkendt:	Bilag:
MBHN	24-05-2018	PLIT	PLIT	5.19



Sagsnr:	1100023516	KORNKURVE	
Sag:	Stenlille	Standard:	DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004
Boring nr.:	205.1103	Prøve nr.:	5



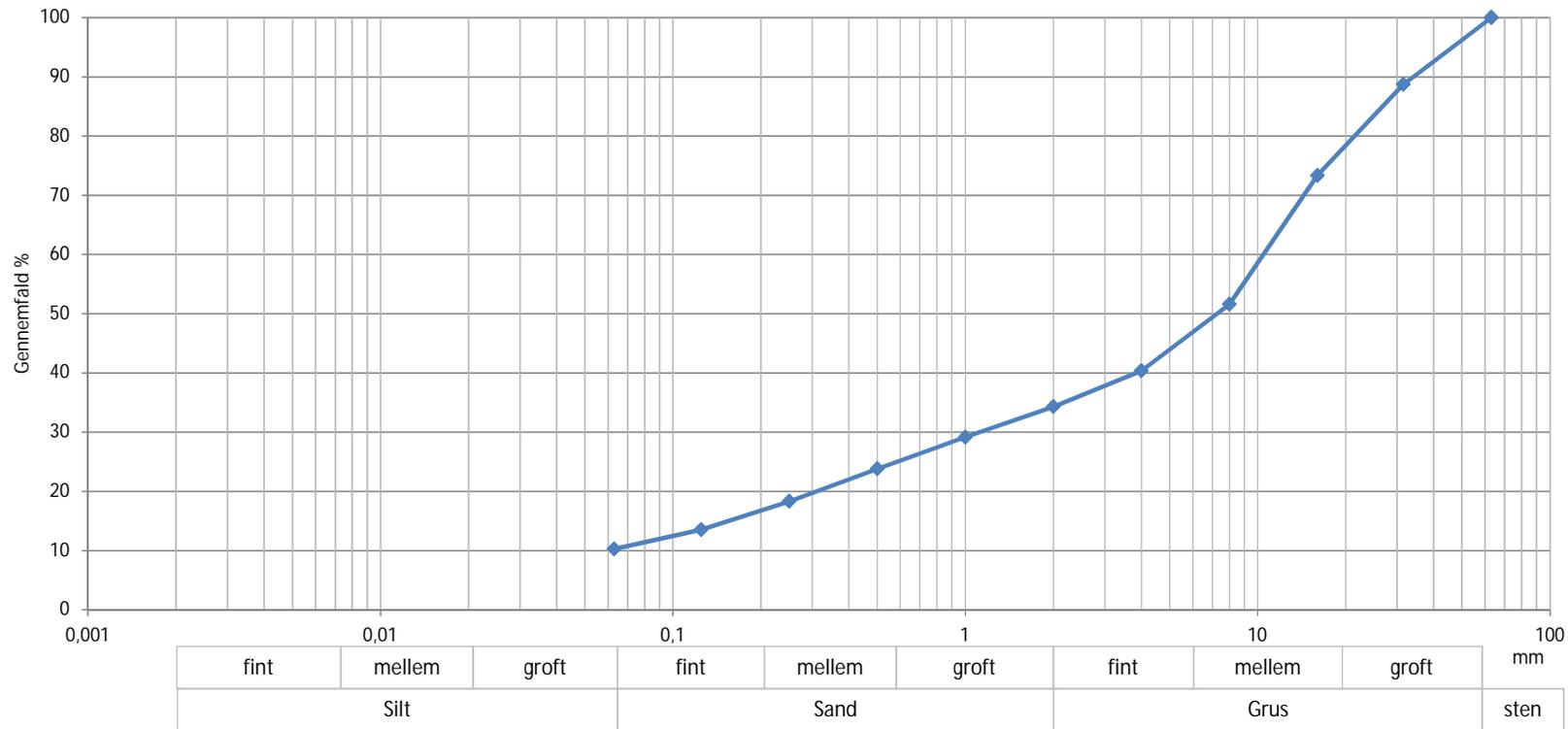
Sigte (mm)	Gennemfald (%)
63	100
31,5	100
16	100
8	96
4	82
2	64
1	51
0,5	38
0,25	26
0,125	18
0,063	13,2

Totalprøvens masse
470

Prøve nr	5	Geologi:		
Middelkornstørrelse: mm	0,96	Materiale: SAND, groft, , st. finstofholdigt, st. gruset		
U (d60/d10)	>25,5	Bemærkninger:		
Grus + sten %	35,8	Metode: Vaskning og sigtning		
Sand %	51,0			
<0,063 mm %	13,2	K-værdi efter Beyer (m/s)		
Udført af:	Udført dato:	KS af:	Godkendt:	Bilag:
MBHN	24-05-2018	PLIT	PLIT	5.20



Sagsnr:	1100023516	KORNKURVE	
Sag:	Stenlille	Standard:	DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1: 2004
Boring nr.:	205.1103	Prøve nr.:	6+7+8+9+10

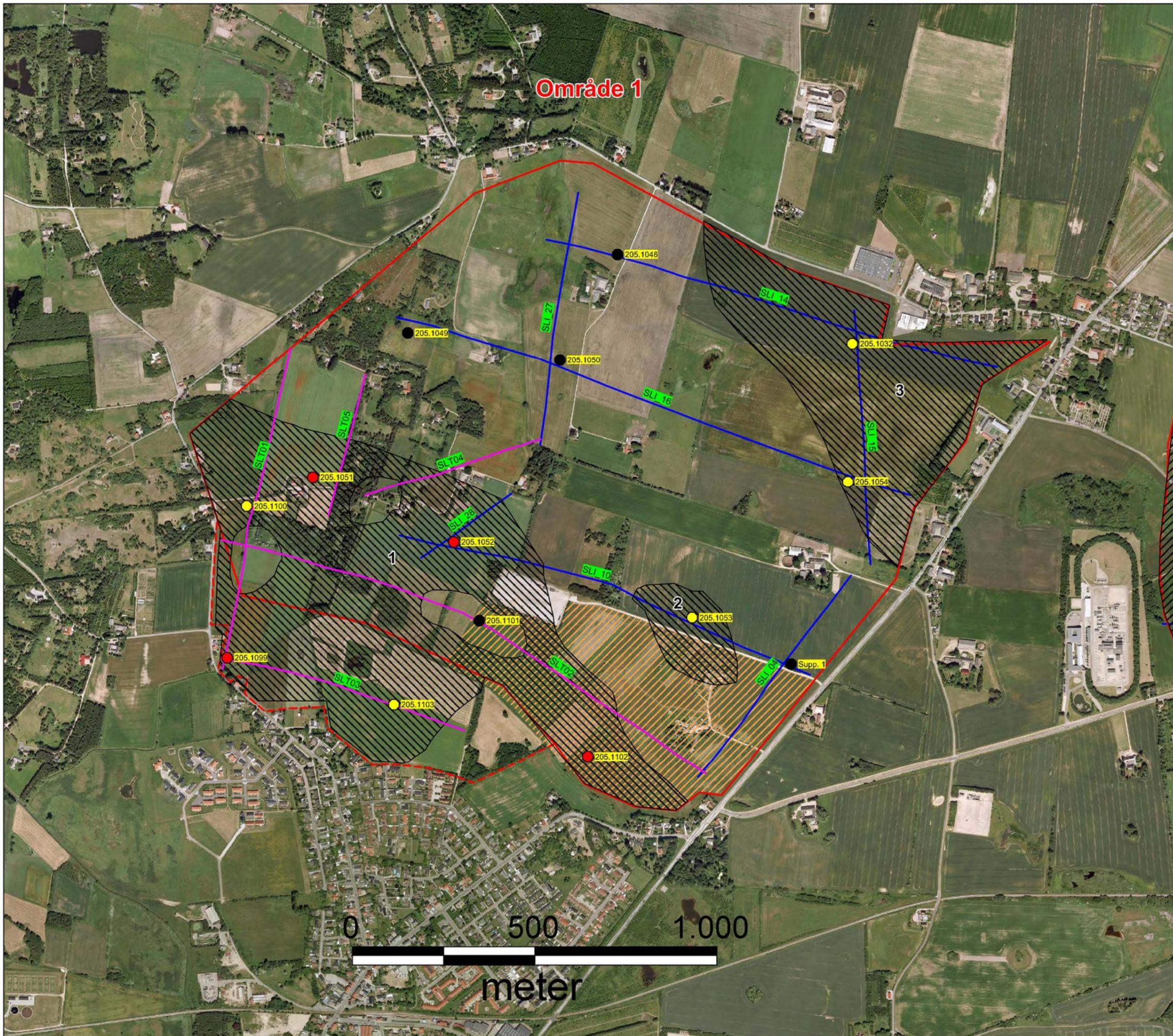
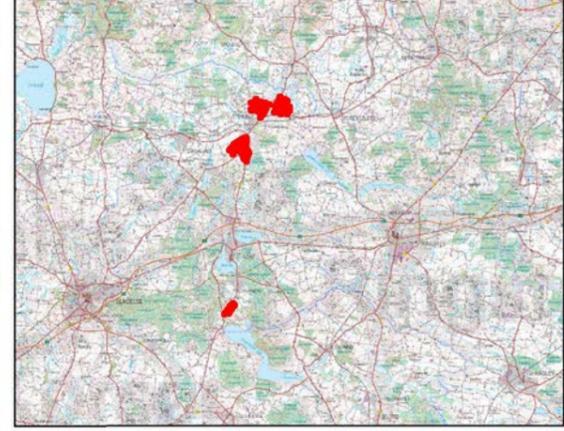


Sigte (mm)	Gennemfald (%)
63	100
31,5	89
16	73
8	52
4	40
2	34
1	29
0,5	24
0,25	18
0,125	14
0,063	10,3

Totalprøvens masse
1287

Prøve nr	6+7+8+9+10		Geologi:			
Middeldkornstørrelse: mm	7,25		Materiale: GRUS, mellem, , st. finstofholdigt, sandet			
U (d60/d10)	>166		Bemærkninger: Totalprøvens masse er ikke repræsentativ for den givne kornstørrelsesfordeling jf. DS/CEN ISO/TS 17892-4 og DS/EN 933-1:2004			
Grus + sten %	65,7		Metode: Vaskning og sigtning			
Sand %	24,0					
<0,063 mm %	10,3	K-værdi efter Beyer (m/s)				
Udført af:	Udført dato:	KS af:	Godkendt:			Bilag:
MBHN	24-05-2018	PLIT	PLIT			5.21





- Råstofforekomster
- Boring med råstoffer
- Boring med råstoffer, tynd forekomst
- Boring uden råstoffer
- Geofysik**
- MEP Fase 2
- MEP Fase 3
- Testområde DUALEM og tTEM
- Kortlægningsområde
- Supplerende kortlægningsområde Fase 3

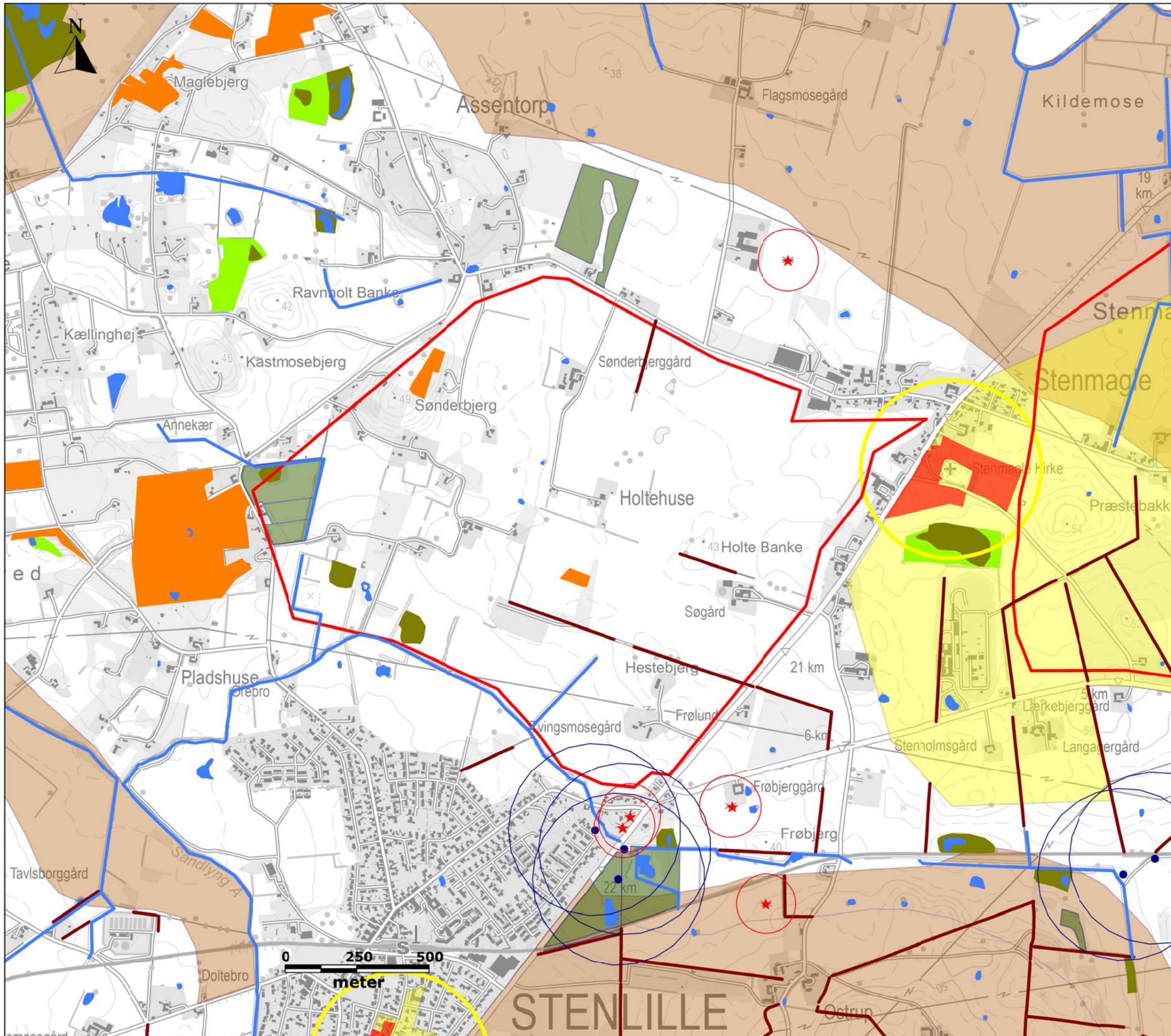
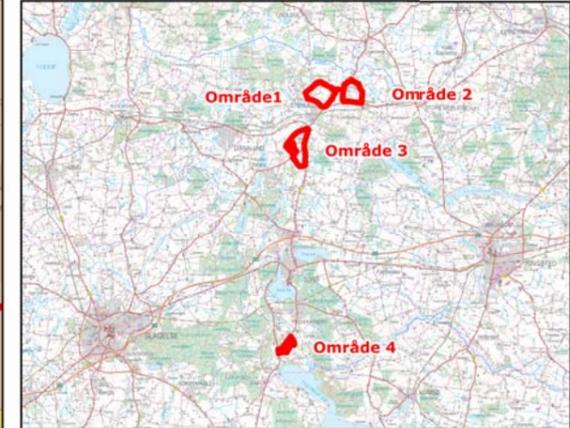
Rev.: 02
Dato: 2018-09-20
Af: NLR
Kontrol: PRT
Sag: 1100023516

Bilag 6.1

Råstoffolkning

Region Sjælland





- Vandforsyningsboring
- 300m beskyttelseszone for boring
- Fredet område
- Kulturhistorisk bevaringsværdi
- Bevaringsværdigt landskab
- ★ Fredet fortidsminde
- Beskyttelseslinje for fredet fortidsminde
- Kirkebyggelinje
- Beskyttet sten- og jorddige
- Fredskov
- Beskyttede naturtyper**
- Eng
- Mose
- Overdrev
- Sø
- Beskyttet vandløb
- Kortlægningsområde

Rev.: C2
 Dato: 2017-02-10
 Af: BEH
 Kontrol: NLR
 Sag: 1100023516

Bilag 7.1

**Screeningskort
Område 1**

Råstofkortlægning Sorø

Til
Region Sjælland

Dokumenttype
Datarapport

Dato
August 2018

RÅSTOFKORTLÆGNING VED SORØ

KORTLÆGNING MED TTEM OG DUALEM I OMRÅDE 1 OG 2



Revision 1
Dato 23. August
Udarbejdet af Peter Thomsen og Niels Richardt
Kontrolleret af Joakim H. Westergaard
Godkendt af Peter Thomsen
Beskrivelse Råstofkortlægning i Sorø Kommune. Supplerede geofysisk kortlægning indenfor område 1 og 2 ved Stenlille. Afprøvning af tTEM- og DUALEM-metoderne til kortlægning af sand, sten og grus.

Ref. 1100010307

INDHOLD

1.	Indledning	3
1.1	DUALEM-metoden	4
1.2	tTEM-metoden	4
1.3	Udførte undersøgelser	5
2.	Resultaterne fra kortlægningen	7
2.1	Delområde 1	7
2.1.1	Middelmodstand i dybdeintervaller	7
2.1.2	Modelsektion	8
2.2	Delområde 2	10
2.2.1	Middelmodstand i dybdeintervaller	10
2.2.2	Modelsektion	12
3.	Opsummering	14
4.	Referencer	15

BILAG

Bilag 1: Middelmodstandskort beregnet på baggrund af DualEM

APPENDIKS

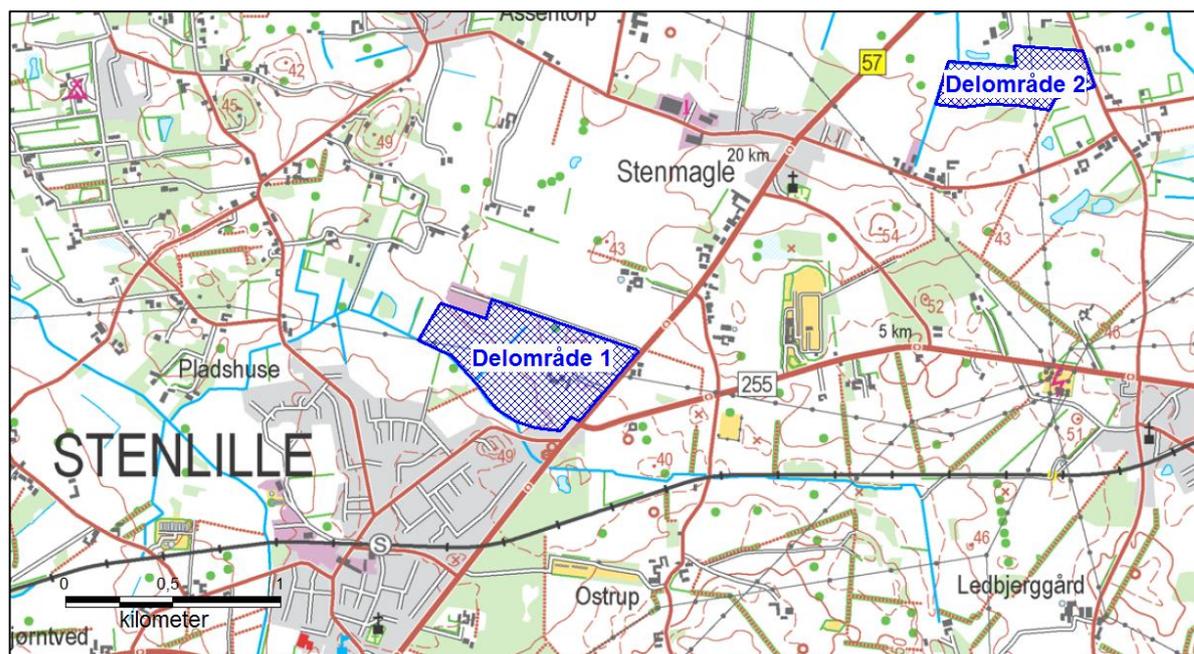
Appendiks A: DUALEM 421-metoden

Appendiks B: tTEM Mapping Stenlille

1. INDLEDNING

Nærværende geofysiske kortlægning er gennemført som et led i Fase 3 i råstokortlægning ved Sorø. Kortlægningen er blevet gennemført i to områder ved Stenlille og har til formål dels at forbedre det geofysiske datagrundlag for afgrænsning af råstoffer i form af sand og grus, og dels at teste forskellige geofysiske metodes anvendelighed ved kortlægning og afgrænsning af råstofforekomster i form af sand og grus.

I 2017 er der i forbindelse med Fase 3 indsamlet og tolket 4 km MEP, der supplerer en MEP-kortlægning udført i 2016. På baggrund af tolkningen af MEP-data er der udpegede to fokusområder hhv. nord for Stenlille og øst for Stenmagle, se Figur 1.



Figur 1 Placeringen af de to delområder, delområde 1 nord for Stenlille og delområde 2 øst for Stenmagle.

Delområde 1 er beliggende i råstokortlægningområde 1, hvor Fase 2-kortlægningen er afrapporteret i /1/, mens delområde 2 er beliggende i råstokortlægningsområde 2, hvor Fase 2-kortlægningen er afrapporteret i /2/. I begge områder er der som nævnt udført MEP-kortlægning, men i delområde 2 er der den særlige udfordring, at MEP-kortlægningen ikke kan opløse de tynde råstoflag, der ses i borer i området.

Generelt gælder det for Sorø Kommune, at der i store områder ses dårlige modstandscontraster mellem sand-/gruslag og mere lerede aflejringer, hvilket vanskeliggør tolkning af geofysiske data. I grundvandskortlægningen af Sorø-Stenlille kortlægningsområde blev der i store områder udført både MEP og SkyTEM, og det var i en del områder vanskeligt at koble tolkningen af de geofysiske data sammen med områdets borer, og i nogle områder var der ydermere markante afvigelser mellem de geofysiske tolkninger af MEP og SkyTEM /3/. Bortset fra de ovennævnte problemer med opløsning af tynde sand-/gruslag i delområde 2 lykkedes det imidlertid at etablere en god sammenhæng mellem MEP og boredata i råstokortlægningens Fase 2 /1/, /2/. Der er altså tale om områder, hvor tolkning af geofysiske data er udfordrende men ikke umulig.

I nærværende opgave er der i de to delområder i efteråret 2017 indsamlet og tolket hhv. en DUALEM- og en tTEM-kortlægning, hvorfor det således er muligt at foretage en sammenstilling af resultaterne fra de tre forskellige geofysiske metoder. Herudover er der udført 5 supplerende råstofboringer i delområde 1.

1.1 DUALEM-metoden

DUALEM-metoden er udviklet til detaljeret kortlægning af de øverste 6-8 m under terræn. Rambøll introducerede metoden i Danmark i 2013 og har siden da udført i størrelsesorden 100 kortlægninger indenfor klima-, geoteknik- og naturprojekter. For mere detaljeret beskrivelse af DUALEM-metoden henvises til Appendiks A. På Figur 2 ses det anvendte DUALEM-system. Som det fremgår af figuren, trækkes DUALEM-instrumentet på en slæde efter en ATV. Metoden giver derfor mulighed for at optage mange kilometer profil dagligt og giver derfor i modsætning til MEP-metoden mulighed for en tilnærmet fladedækkende datadækning. DUALEM-data er indsamlet og behandlet af Rambøll.



Figur 2 Det anvendte DUALEM-setup.

1.2 tTEM-metoden

tTEM-metoden er en nyudviklet geofysisk metode. Metoden er udviklet på Aarhus Universitet og er optimeret til detaljeret kortlægning af de øverste 50-70 m af jordlagene, og udgør således et attraktivt alternativ til MEP og PACES-metoden. Metoden er som SkyTEM og single site TEM en elektromagnetisk metode, og bliver derfor forstyrret af elektriske ledere indenfor en afstand af 50-70 m afhængig af geologien. Det anvendte tTEM-system er vist på Figur 3. På samme måde som for DUALEM trækkes instrumenterne efter en slæde, og metoden giver på samme måde mulighed for at optage mange kilometer data dagligt.

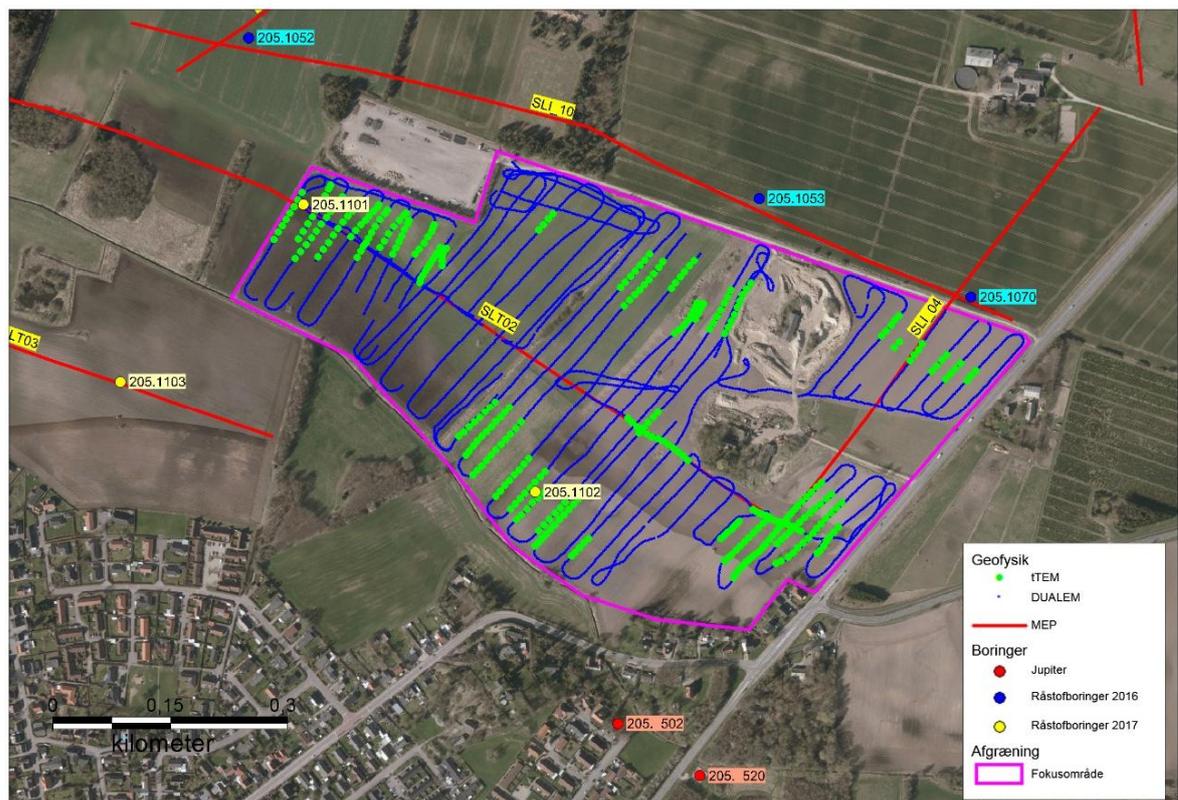
HydroGeophysics Group fra Aarhus Universitet har stået for dataindsamlingen og databehandlingen af tTEM. HydroGeophysics Group har udarbejdet en teknisk afrapportering af selve tTEM-kortlægning, vedlagt som Appendiks B.



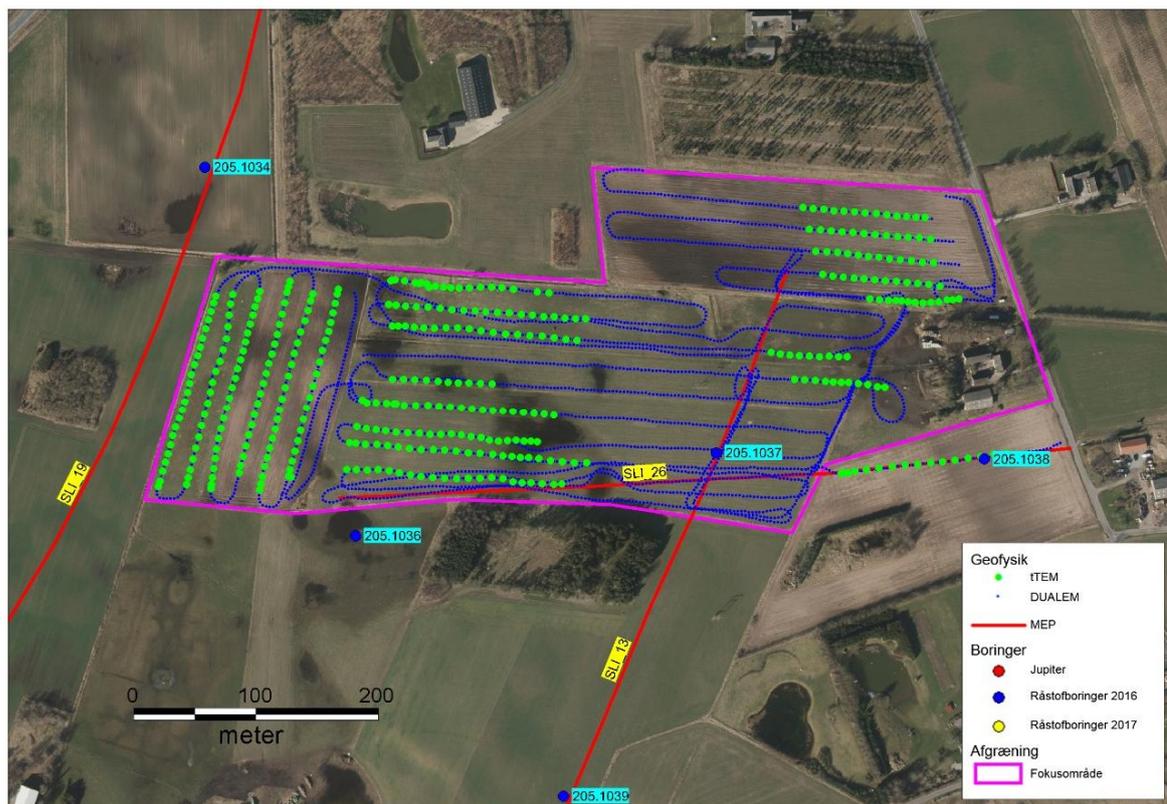
Figur 3 Det anvendte tTEM-setup.

1.3 Udførte undersøgelser

Placeringen af de udførte undersøgelser indenfor delområde 1 og 2 er vist på, Figur 4 og Figur 5. Med blå prikker er placeringen af de tolkede DUALEM-data markeret og med grønne prikker er de tolkede tTEM-data markeret.



Figur 4 Placeringen af de indsamlede supplerende geofysiske undersøgelser og boringer indenfor delområde 1.



Figur 5 Placeringen af de indsamlede supplerende geofysiske undersøgelser og boringer indenfor delområde 2.

Som det fremgår af figurene, er det indenfor begge område muligt at indsamle tolkbare DUALEM-data i stort set hele de kortlagte områder.

I modsætning hertil ses på de to figurer, at en stor del af de indsamlede tTEM-data er forstyrret i en sådan grad, at data ikke er tolkbare. Især en højspændingsledning orienteret vest-øst forstyrrer en stor del af de indsamlede data i delområde 1, Figur 4.

MEP-profilerne indsamlet i 2016 for område 2 og i 2016 og 2017 for område 1 er markeret på de to kort med røde linjer. På figurene ses ligeledes placeringen af boringer i området, dels boringer fra Jupiterdatabasen, og dels råstofboringer fra 2016 og 2017.

2. RESULTATERNE FRA KORTLÆGNINGEN

I det følgende er resultaterne af kortlægningerne i de to delområder vist. I forbindelse med nærværende projekt er der d. 31. oktober 2017 indsamlet ca. 30 km DUALEM og 30 km tTEM. Kortlægningerne er udført med tilsigtet linjeafstand på 20 m, og tTEM og DUALEM er som udgangspunkt indsamlet langs de samme linjer.

2.1 Delområde 1

Delområde 1 er det sydvestligste af de 2 udvalgte delområder og er placeret nord for Stenlille. Resultaterne fra DUALEM-, tTEM- og MEP-kortlægningerne er præsenteret dels som middelmodstandskort og dels som en modelsektion gennem området.

2.1.1 Middelmodstand i dybdeintervaller

For at kunne sammenligne resultaterne fra undersøgelserne udført med de tre forskellige metoder, er der udarbejdet kort over middelmodstanden i intervaller 0 til 3 m, 3 til 6 m og 6 til 10 m, hvor resultaterne fra alle tre metoder er sammenstillet. Fra en dybde af 10 m u.t. er kortene udarbejdet i dybdeintervaller af 5 m, hvor det kun er resultaterne fra tTEM- og MEP-kortlægningerne, der er sammenstillet.

På grund af en tværgående højspændingsledning er store dele af tTEM kortlægningen i dette område skåret fra i forbindelse med processeringen. Kortene over middelmodstanden i samtlige dybdeintervaller ned til 30 m u.t. er vedlagt som bilag 1.1 til bilag 1.7. De tre øverste dybdeintervaller ses desuden i Figur 6.

Som det fremgår af kortene, er der stor overensstemmelse mellem resultaterne fra de tre datatyper i intervallerne 0 til 3 m og 3 til 6 m u.t., bilag 1.1 og bilag 1.2. Området med meget høj modstand i den centrale/vestlige del ses både af resultaterne af DUALEM og af MEP-profilet. I dette område er tTEM-data fjernet pga. kobling til elledningen, der løber på tværs af området.

Det ses af bilag 1.1 og bilag 1.2, at tTEM og især DUALEM afdækker et noget mere komplekst modstandsmønster og dermed sandsynligvis og en mere kompleks geologi i de terrænnære lag, end det ville være muligt at tolke ud fra MEP-data.

I intervallet fra 6 til 10 m u.t., bilag 1.3, er der ikke en helt entydig overensstemmelse mellem MEP og DUALEM, mens der er bedre overensstemmelse mellem tTEM og MEP. Dog ses det, at den relative variation i den kortlagt modstand for DUALEM og MEP stadig er meget overensstemmende, hvor der blot med MEP er tolket en højere modstand end med DUALEM.

Dybdeintervallerne fra 10 til 30 m u.t., for område 1, er udelukkende vist på bilag 1.4 til 1.7. I intervallet fra 10 til 15 m u.t. der fortsat er relativ stor overensstemmelse mellem resultaterne fra tTEM og resultaterne fra MEP-kortlægningen. Dog er der langs dele af MEP-profilet kortlagt en anelse lavere modstand med MEP-metoden end med tTEM. I intervallet fra 15 til 20 m u.t. er der i den vestlige del stor overensstemmelse mellem resultaterne fra de to kortlægninger. I den østlige del er der med MEP kortlagt en anelse lavere modstand med MEP end med tTEM. I de to dybdeintervaller fra 20 til 30 m u.t. er der igen meget stor overensstemmelse mellem modstanden kortlagt med MEP og modstanden kortlagt med tTEM.

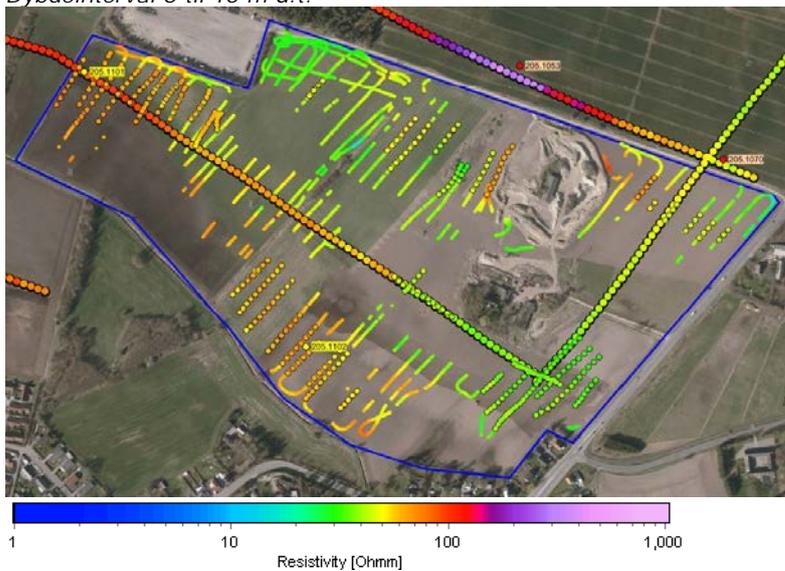
Dybdeinterval 0 til 3 m u.t.



Dybdeinterval 3 til 6 m u.t.



Dybdeinterval 6 til 10 m u.t.

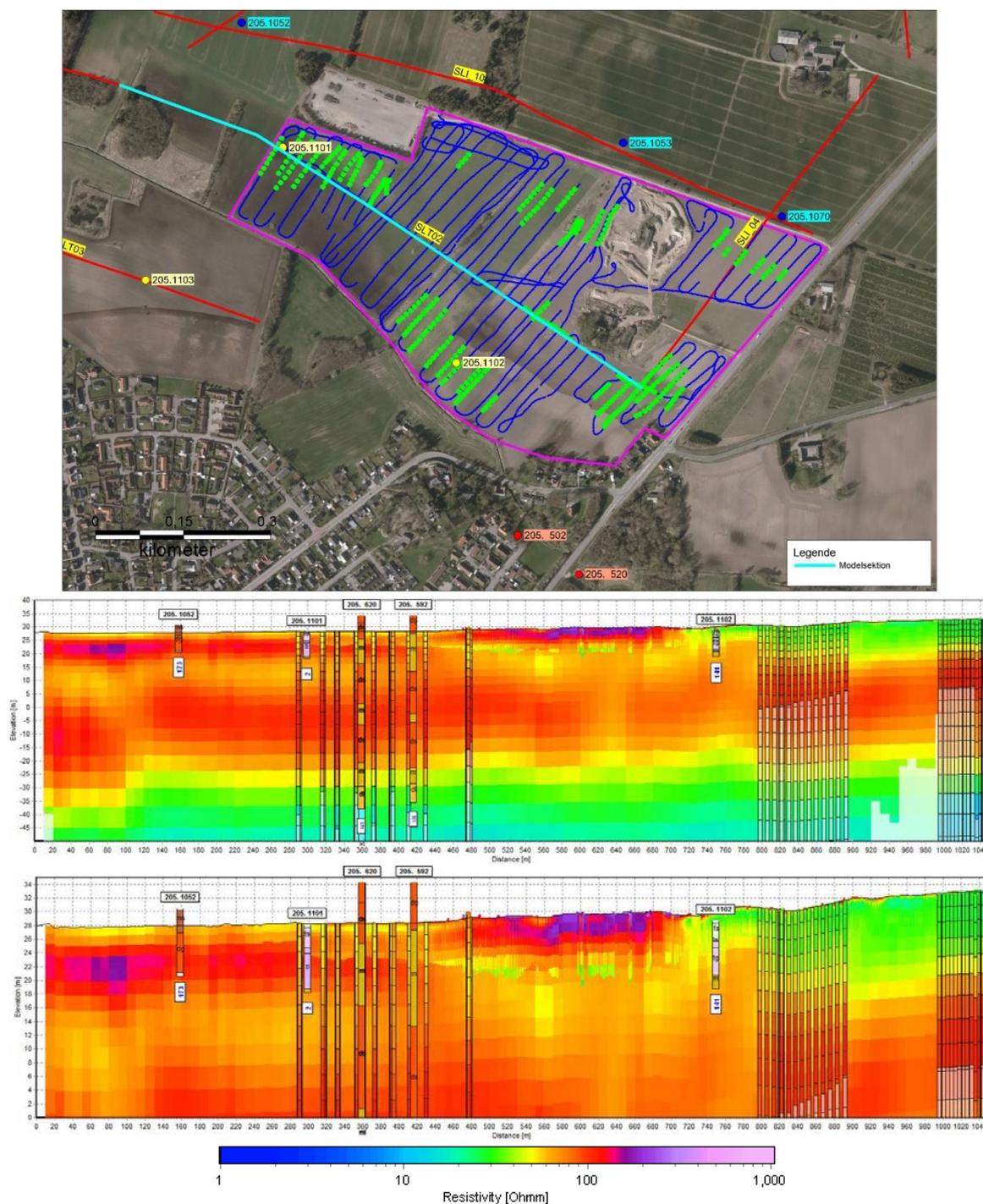


Figur 6 Område 1. Middelmotstanden i dybdeintervallerne 0 til 3 m, 3 til 6 m og 6-10 m. Resultaterne fra MEP er vist med størst prikker, mens resultaterne fra tTEM er vist med mindre prikker, begge med en sort ring omkring. Resultaterne fra DUALEM er vist med de mindste prikker uden sort ring omkring.

2.1.2 Modelsektion

På Figur 7 er der vist en modelsektion langs MEP-profilen SLT02. Langs sektionen er resultatet fra MEP-profilen vist bagerst, med data fra TEM og DUALEM, vist som hhv. lange stave med sort

afgrænsning og som terrænnære modelstave uden nogen afgrænsning. Modelsektionerne er vist i to forskellige dybdeintervaller hhv. til kote -50 m og til kote 0 m. Herudover er samtlige boringer indenfor en maksimal afstand af 200 m vist langs sektionen.



Figur 7 Oversigtskort samt modelsektioner i to forskellige dybdeintervaller. Modelsektionerne er præsenteret fra vest mod øst til hhv. kote -50 m og til kote 0 m, og placeringen er vist med lys blå strejg på oversigtskortet

Som det fremgår af Figur 7, er der stor overensstemmelse mellem resultaterne fra MEP-kortlægningen og fra tTEM-kortlægningen langs de sektioner, hvor begge datatyper er tilstede. Som det fremgår af den nederste modelsektion er der ligeledes stor overensstemmelse mellem MEP og resultaterne fra DUALEM-kortlægningen. Området omkring profilkoordinat 500 til 700 m er der med begge datatyper kortlagt et terrænnært lag med en tykkelse på 2 – 4 m. I den nederste del af DUALEM data ses en relativ skarp grænse til et lag med en lavere modstand end

der tilsvarende ses ud fra tolkningen af MEP-profilet. Denne grænse kan være sammenfaldende med grænsen mellem sandede aflejringer og lerede aflejringer, der ses i en del af borerne langs modelsektionen.

Den eneste boring, der er placeret direkte på modelsektionen, er DGU 205.1101, udført i forbindelse med nærværende projekt. Boringen er beskrevet ved senglaciale smeltevandsaflejringer, hvor de øverste 3,5 m er sandede efterfulgt af mere lerede aflejringer. I dybden 9,5 m er der beskrevet moræneler. Sammenlignes den beskrevne litologi med den kortlagte modstand ses det, at de lerede aflejringer ikke afstedkommer lav elektrisk modstand. Dette problem er fælles for alle tre geofysiske metoder.

2.2 Delområde 2

Delområde 2 er det nordøstlige af de to delområder, og er placeret øst for Stenmagle. Resultaterne fra de geofysiske kortlægninger med DualEM, tTEM og MEP er præsenteret som middelmodstandskort og en modelsektion gennem området.

2.2.1 Middelmodstand i dybdeintervaller

På Figur 8 er vist middelmodstandskort for delområde 2 for dybdeintervallerne 0 til 3 m, 3 til 6 m og 6 til 10 m. Modstande i samtlige dybdeintervaller ned til 30 m u.t. er vedlagt som bilag 1.8 til bilag 1.14. Resultaterne fra MEP er vist med størst prikker, mens resultaterne fra tTEM er vist med mindre prikker, begge med en sort ring omkring. Resultaterne fra DUALEM er vist med de mindste prikker uden sort ring omkring.

Som det fremgår af Figur 8, er der stor overensstemmelse mellem den elektriske modstand kortlagt med de tre metoder indenfor de øverste 3 m. Der ses områder, hvor modstanden er lav svarende til relative fede lerede aflejringer, mens der i andre områder er kortlagt højere modstand, svarende til mere sandede aflejringer eller sandet moræneler. Lokalt ses et par afgrænsede områder, hvor der med DUALEM-kortlægningen er kortlagt meget høje modstande, svarende til sandede eller grusede aflejringer. Disse områder med høj modstand er primært placeret, hvor der ikke er indsamlet MEP, og fremgår ikke i samme grad af tolkningen af tTEM-målingerne. Grunden til dette kan være, at det med tTEM-metoden er vanskeligt at kortlægge den mest terrænnære del af lagserien.

På kortet over middelmodstanden i intervallet 3 til 6 m u.t., Figur 8 og bilag 1.9, ses det, at modstanden generelt er lavere end i det forrige interval. Det ses, at der med tTEM metoden er kortlagt områder med lavere modstand, end der er med MEP og DUALEM metoden, og at der med tTEM-metoden overvejende er kortlagt lag med en lavere modstand.

I intervallet fra 6 til 10 m u.t., Figur 8 og bilag 1.9, er store dele af tolkningerne fra DUALEM-kortlægning faldet fra pga. indtrængningsdybden. Den med DUALEM kortlagte lave modstand langs vejen i den østlige del af området, kan være en effekt af enten påvirkning fra vejen eller påvirkning fra evt. saltning af vejen. I de områder, hvor der findes både tTEM og MEP er der tilsyneladende relativt stor overensstemmelse mellem de kortlagte modstande med de to metoder.

På bilag 1.11 og bilag 1.12 er middelmodstanden i intervaller fra 10 til 20 m u.t. vist. Som det fremgår af bilagene, er der med tTEM og MEP stort set kortlagt samme modstandsniveau. Dog er der i nogle partier kortlagt højere modstand med tTEM-metoden end med MEP. På bilag 1.13 til bilag 1.14 er middelmodstanden i intervallerne 20 til 30 m u.t. vist. Som det fremgår er der i disse intervaller kortlagt højere modstand med tTEM metoden end med MEP-metoden. Fra grundvandskortlægningen kendes et sandmagasin, Sand 2, der er ca. 15 m tykt og har overgrænse ca. 15 m u.t. ved Stenmagle og kiler langsomt ud mod øst. Både MEP og især tTEM kan bidrage til afgrænsningen af dette grundvandsmagasin.

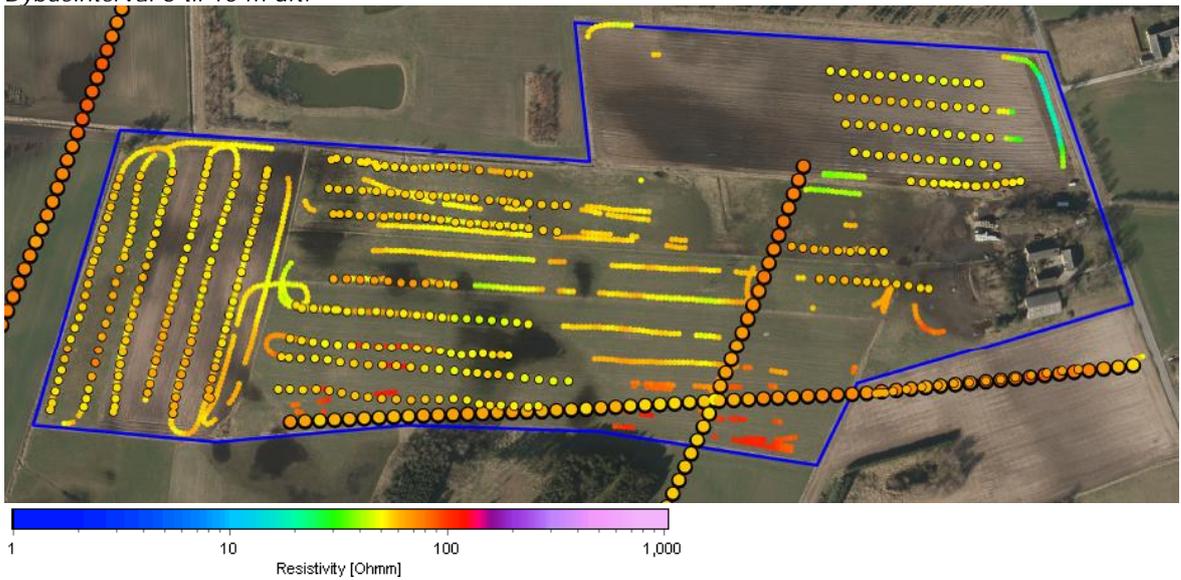
Dybdeinterval 0 til 3 m u.t.



Dybdeinterval 3 til 6 m u.t.



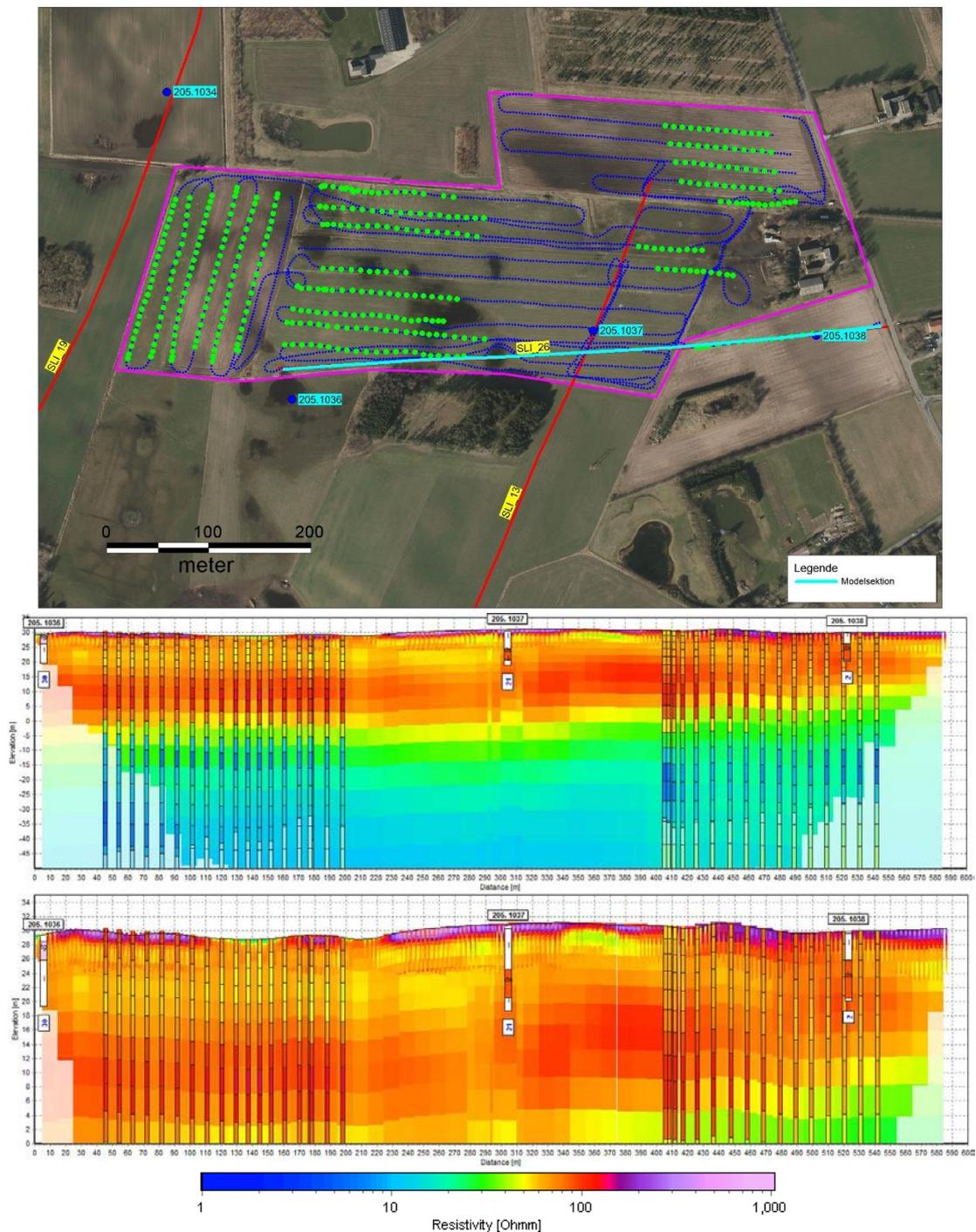
Dybdeinterval 6 til 10 m u.t.



Figur 8 Område 2. Middelmotstanden i dybdeintervallerne 0 til 3 m, 3 til 6 m og 6-10 m. Resultaterne fra MEP er vist med størst prikker, mens resultaterne fra tTEM er vist med mindre prikker, begge med en sort ring omkring. Resultaterne fra DUALEM er vist med de mindste prikker uden sort ring omkring.

2.2.2 Modelsektion

På Figur 9 er der vist en modelsektion præsenteret fra vest mod øst. Øverst er vist et oversigtskort og derunder modelsektionen i to koteintervaller, hhv. fra kote -50 m til 35 m og fra kote 0 til 35 m.



Figur 9 Oversigtskort samt modelsektioner i to forskellige dybdeintervaller. Modelsektionerne er præsenteret fra vest mod øst til hhv. kote -50 m og til kote 0 m.

Som det ses af den øverste modelsektion er der stor overensstemmelse mellem resultaterne fra MEP og tTEM, hvor der øverst er kortlagt et tyndt lag med høj modstand efterfulgt af et lag med en lavere modstand. Under dette lag ses igen højere modstand og nederst i lagserien et lag med en væsentligt lavere modstand. Laget med højere modstand, der i den vestlige del af modelsektionen har overgrænse omkring kote 15 m, tolkes at være det ovenfor omtalte

grundvandsmagasin, Sand 2. Det fremgår af modelsektionen, at MEP-metoden og tTEM-metoden er enige om magasinets overgrænse, mens tTEM viser undergrænsen lidt dybere end MEP.

Som det ses af den nederste modelsektion, er der langs store dele af modelsektionen med DUALEM kortlagt et meget tyndt med meget høj modstand. Tykkelsen af laget varierer, men laget er oftest omkring 1 meter tykt.

Der er tre boringer placeret nær modelsektionen. Alle tre er råstofboringer udført i 2016. I den vestligste boring, DGU nr. 105.1036, ses under 0,8 m tørv et 2,6 m tykt lag af smeltevandsgrus underlejret af moræneler. MEP opløser ikke disse lag. DUALEM viser tørv som et tyndt lag med lav modstand og giver desuden en antydning af laget af smeltevandssand.

I de to øvrige boringer, DGU nr. 105.1037 og DGU nr. 105.1038 ses hhv. 3,9 og 5,4 m smeltevandssand beliggende hhv. 6,2 og 4,2 m u.t. Dette sandlag bliver ikke opløst af nogen af de tre geofysiske metoder. Dog ses der ved den midterste boring, DGU nr. 105.1037, en antydning af, at DUALEM fanger lagets overgrænse, men metodens begrænsede indtrængning i laget gør tolkningen usikker.

3. OPSUMMERING

Der er indenfor delområde 1 og 2 udført kortlægning med de tre geofysiske metoder, MEP, DUALEM og tTEM.

- Med MEP-metoden kortlægges kontinuerte profiler, som kun i meget ringe grad er påvirket af støj fra elektriske ledere. Med MEP-metoden kortlægges variationer i jordlagenes elektriske modstand ned til ca. 70 m u.t. Metoden er relativt stabil og er en velafprøvet metode, der har været anvendt globalt gennem de seneste flere årtier. Det er med MEP metoden muligt at udføre 1,5 til 2 km profil pr. feltdag.
- DUALEM-metoden er en relativ ny geofysisk GCM (Ground Conductivity Meter) metode, optimeret til detaljeret kortlægning af de øverste 6-8 m. Metoden blev i 2013 introduceret af Rambøll i Danmark, og det anvendte system setup er unik, og vurderes ikke af findes mere optimalt i verden. Det er med metoden muligt at indsamlet 50-70 linje km pr. feltdag, og data forstyrres i en afstand af 5-10 m fra elektriske ledere.
- tTEM er udviklet på Aarhus Universitet gennem diverse støttede forskningsprojekter. Metoden er optimeret til kortlægning af de øverste 30-70 m af lagserien afhængig af geologi. Som DUALEM er metoden kontinuert, og der kan indsamlet 50-70 km pr dag, svarende til produktionen for DUALEM. tTEM-data bliver forstyrret af elektriske ledere indenfor en afstand af 50-70 m. tTEM er et unikt system på verdensplan, og bliver pt. anvendt ved kortlægninger i USA, hvor der er stor interesse for metoden.

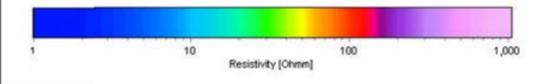
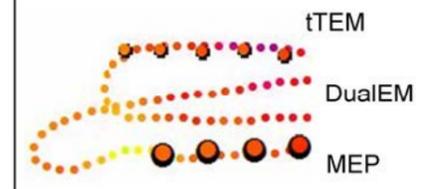
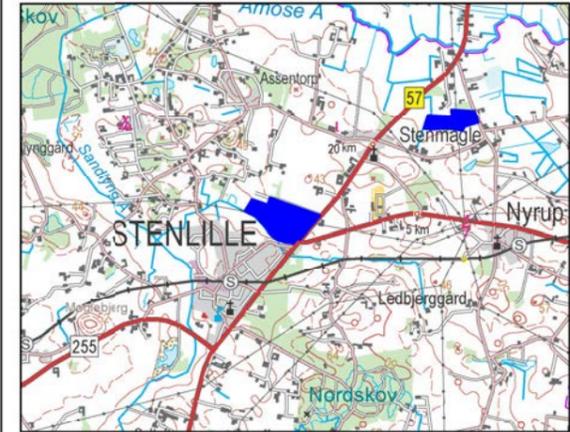
Sammenligningen mellem resultaterne fra de tre metoder viser, at der overordnet kortlægges ensartede modstandsvariationer, når man tager de forskellige metoders opløselighed i betragtning. Helt terrænnært indenfor den øverste meter kortlægges der med DUALEM strukturer, som ikke eller kun svagt erkendes i tolkningen af de to andre datatyper. Her tænkes i sær på det tynde lag med meget høj modstand kortlagt med DUALEM i delområde 2. DUALEM har dog den begrænsning at indtrængningsdybden blot er 6-8 m.

Generelt er der stor overensstemmelse mellem de kortlagte modstande med MEP og tTEM metoderne. Dette gælder både den kortlagte lagdeling og de kortlagte modstande. Pga. forstyrrelser fra elektriske ledere er datadækningen for tTEM kortlægning til dels ringe i de to delområder. Ved fremtidig anvendelse af tTEM metoden til lignende kortlægninger, skal det nøje overvejes, om data dækningen kan forventes acceptabel. Til gengæld kan der med tTEM-metodens omtrent fladedækkende datasæt i områder, hvor der ikke er forstyrrelser opnås en god detaljeringsgrad og en pålidelig afgrænsning af råstoflegemer. Med MEP-metoden derimod vil der opnås kontinuerte profiler, men den meget mindre dagsproduktion betyder, at MEP ikke er velegnet til meget detaljerede fladedækkende kortlægninger.

En fremtidig geofysisk kortlægningsstrategi kan på baggrund af det ovenstående være at indlede med en detaljeret analyse af elektriske forstyrrelser. I områder uden forstyrrelser udføres TTEM med tilnærmet fladedækkende datasæt, og i områder med for mange forstyrrelser udføres MEP. I begge tilfælde kan det overvejes at supplere med DUALEM, hvis der ønskes bedre detaljeringsgrad i den øverste del af lagserien.

4. REFERENCER

- /1/ Region Sjælland. Råstofkortlægning ved Sorø, Område 1 nord for Stenlille. Rapport udarbejdet af Rambøll, februar 2017.
- /2/ Region Sjælland. Råstofkortlægning ved Sorø, Område 2 øst for Stenmagle. Rapport udarbejdet af Rambøll, februar 2017.
- /3/ Naturstyrelsen. Redegørelse for Sorø-Stenlille, Afgiftsfinansieret grundvandskortlægning 2014.

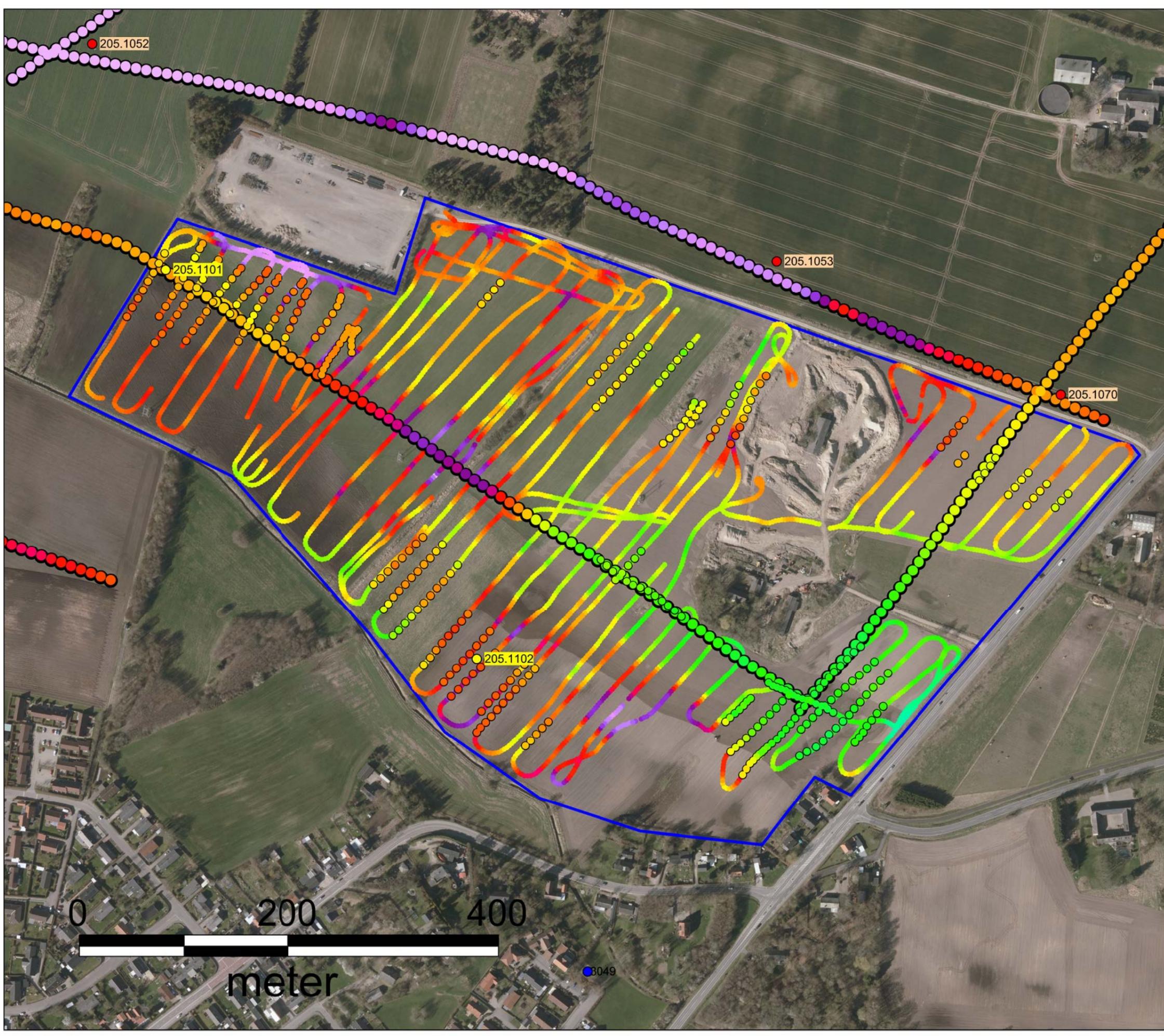


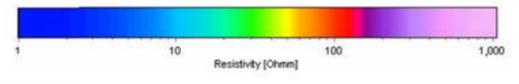
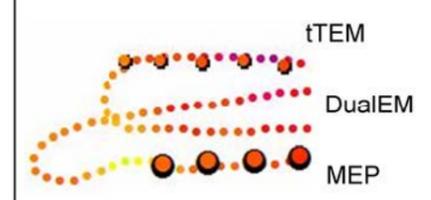
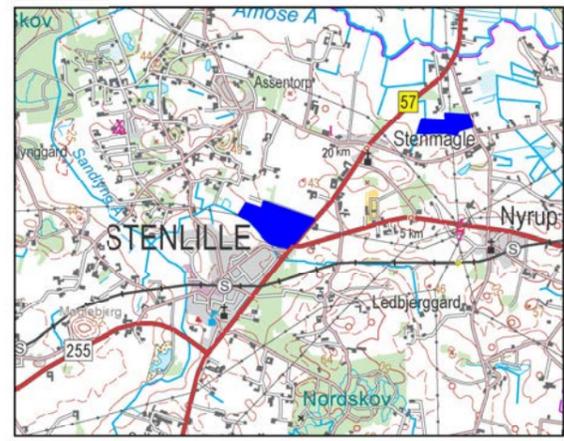
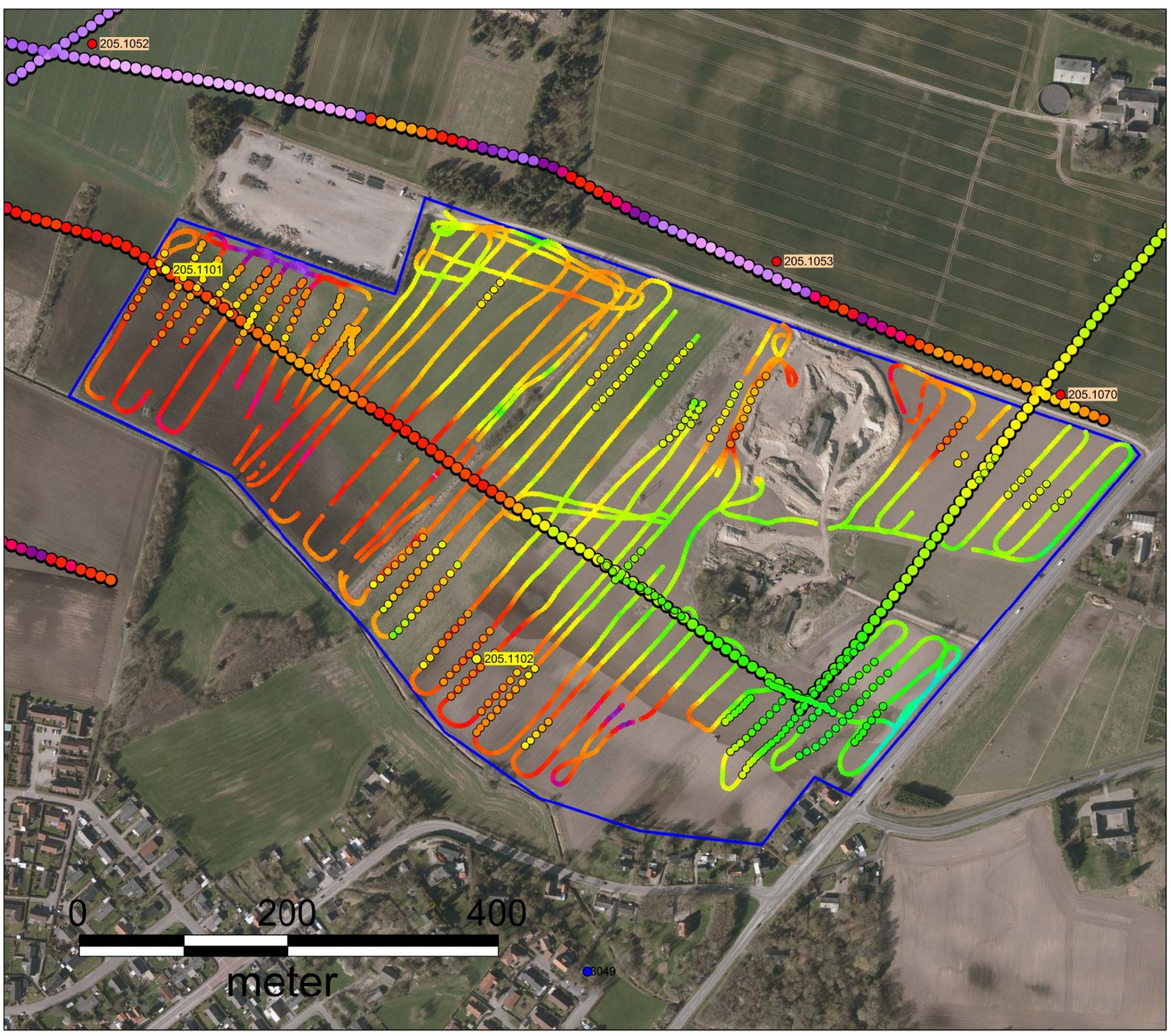
Rev.: 01
Dato: 2018-06-04
Af: PRT
Kontrol: JDAW
Sag: 1100031422

Bilag 1.1

Middelmodstanden i dybdeintervallet 0 til 3 m u.t. MEP, tTEM og DualEM

Stenlille - Område 1



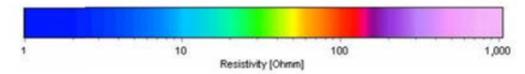
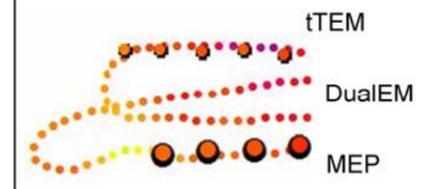
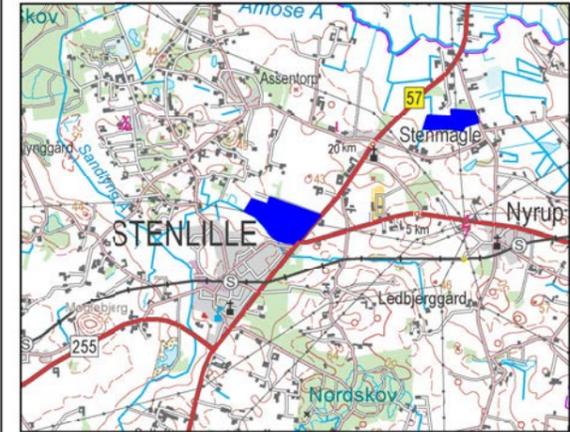


Rev.: 01
 Dato: 2018-06-04
 Af: PRT
 Kontrol: JDAW
 Sag: 1100031422

Bilag 1.2

**Middelmodstanden i
 dybdeintervallet 3 til 6 m u.t.
 MEP, tTEM og DualEM**

Stenlille - Område 1

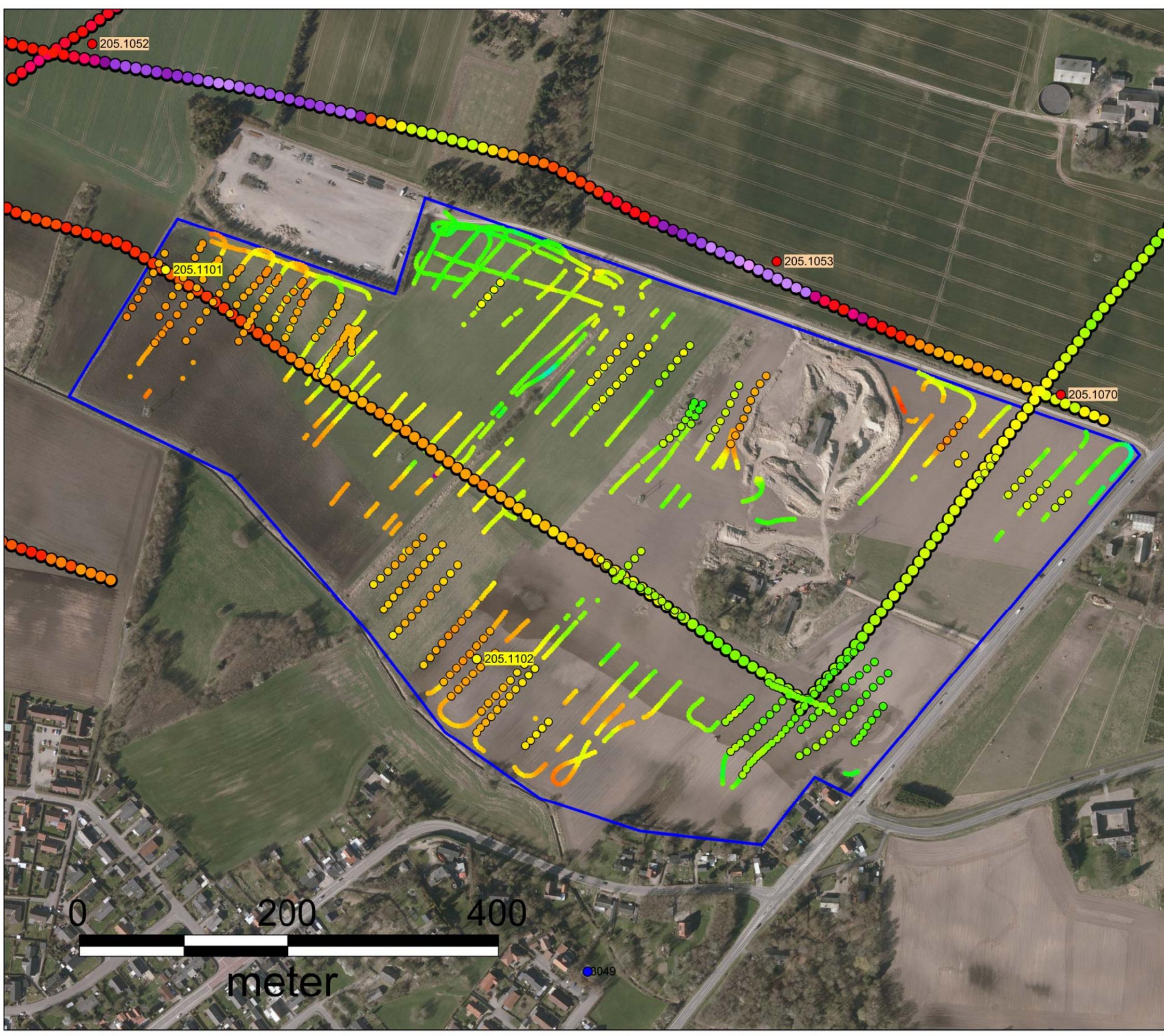


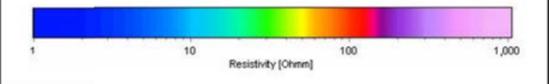
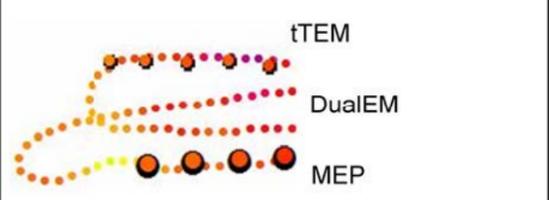
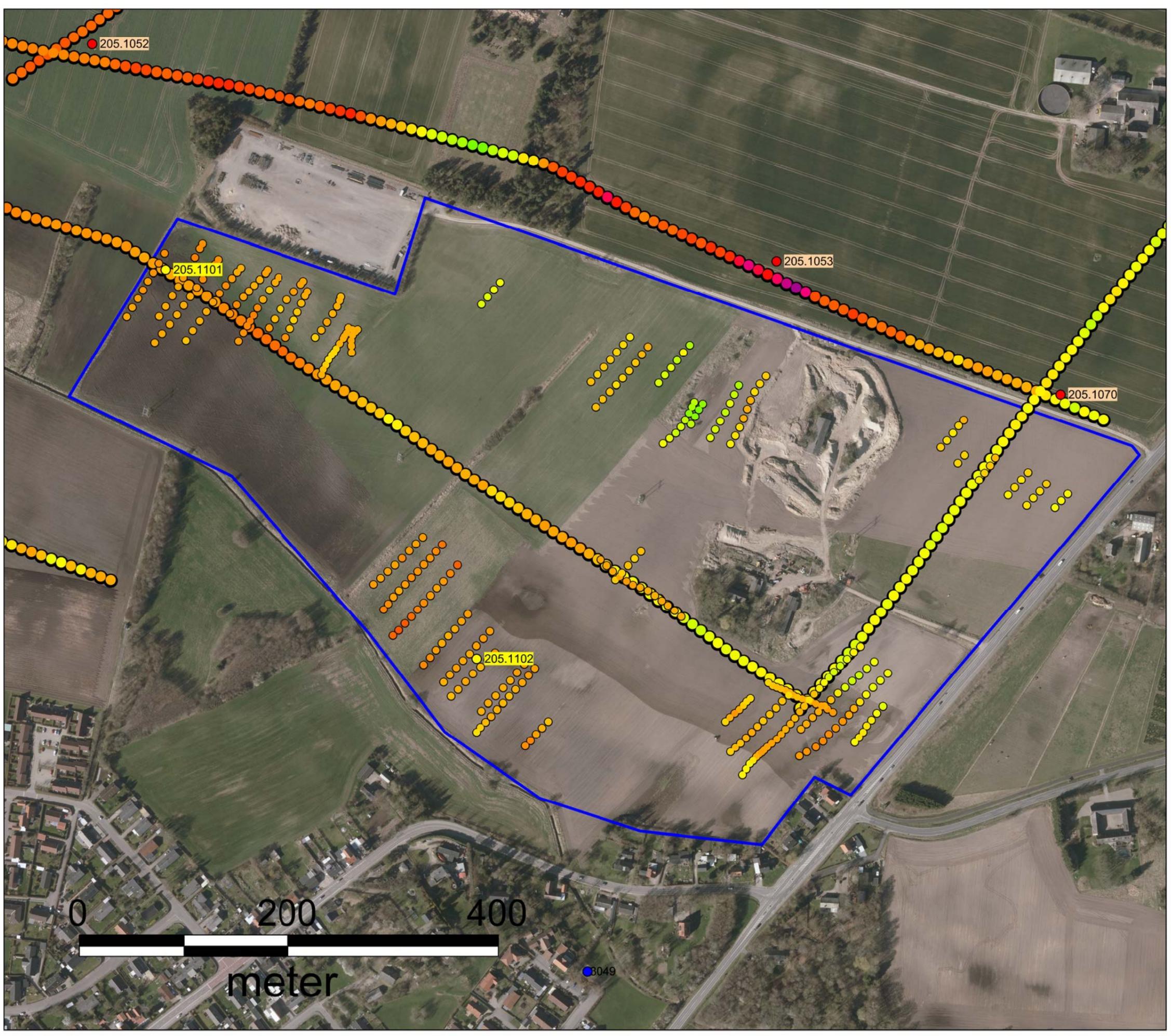
Rev.: 01
Dato: 2018-06-04
Af: PRT
Kontrol: JDAW
Sag: 1100031422

Bilag 1.3

Middelmodstanden i dybdeintervallet 6 til 10 m u.t. MEP, tTEM og DualEM

Stenlille - Område 1



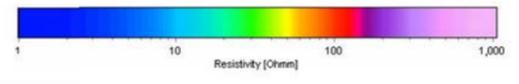
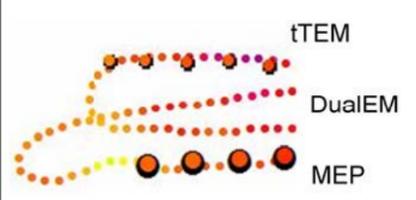
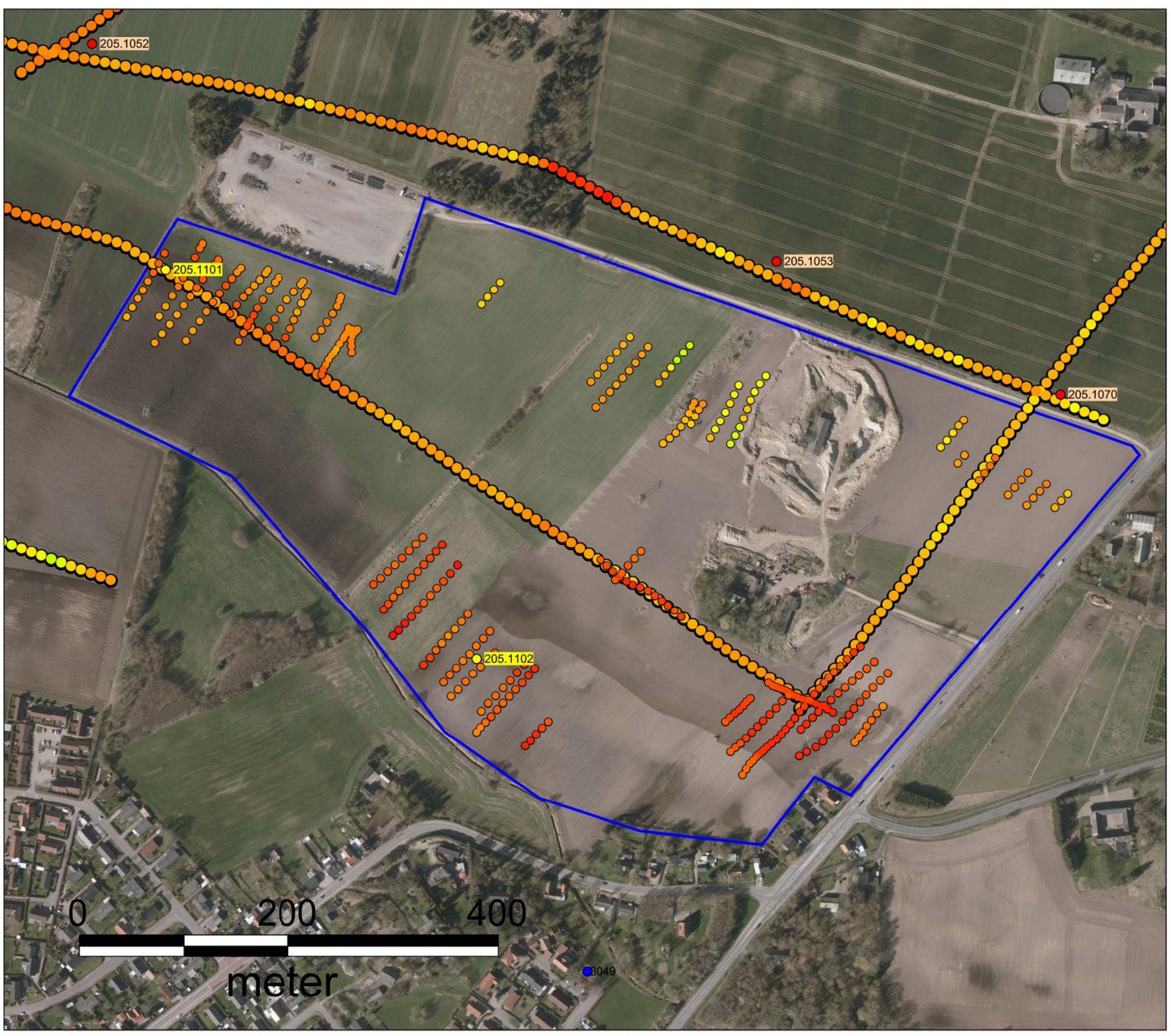


Rev.: 01
 Dato: 2018-06-04
 Af: PRT
 Kontrol: JDAW
 Sag: 1100031422

Bilag 1.4

**Middelmodstanden i
 dybdeintervallet 10 til 15 m u.t.
 MEP og tTEM**

Stenlille - Område 1

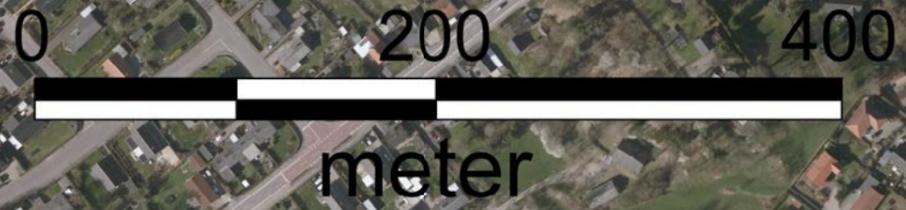
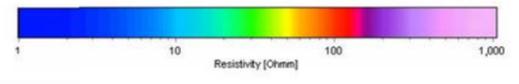
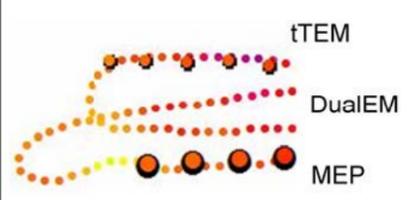
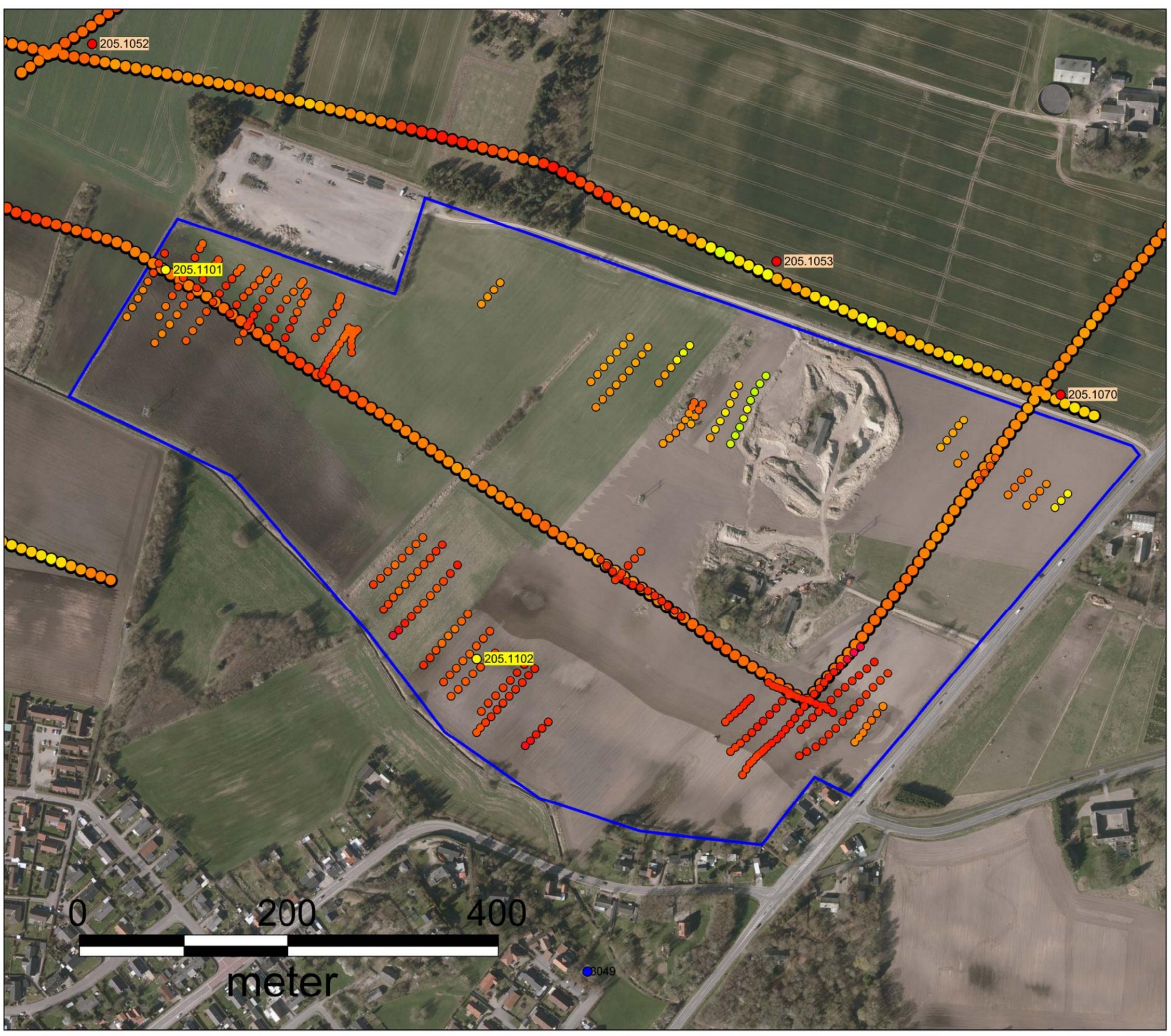


Rev.: 01
 Dato: 2018-06-04
 Af: PRT
 Kontrol: JDAW
 Sag: 1100031422

Bilag 1.5

**Middelmodstanden i
 dybdeintervallet 15 til 20 m u.t.
 MEP og tTEM**

Stenlille - Område 1

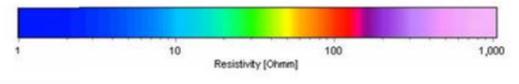
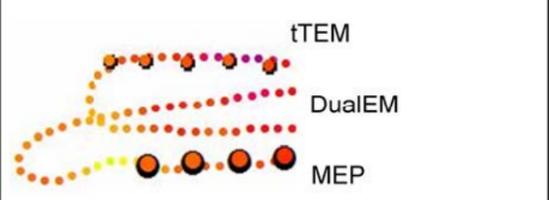
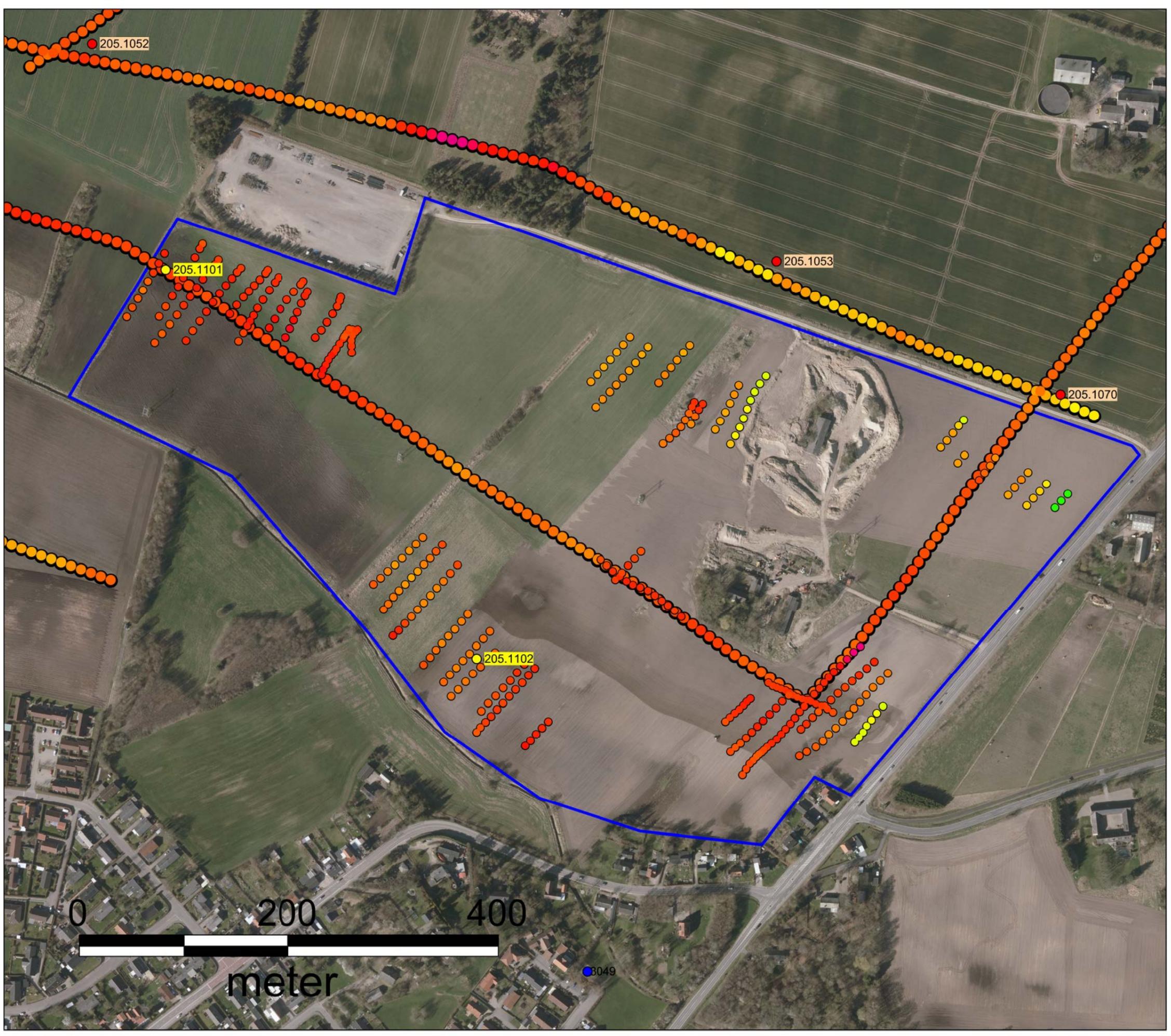


Rev.: 01
Dato: 2018-06-04
Af: PRT
Kontrol: JDAW
Sag: 1100031422

Bilag 1.6

**Middelmodstanden i
dybdeintervallet 20 til 25 m u.t.
MEP og tTEM**

Stenlille - Område 1

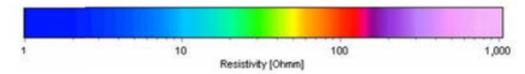
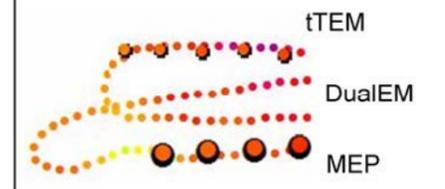
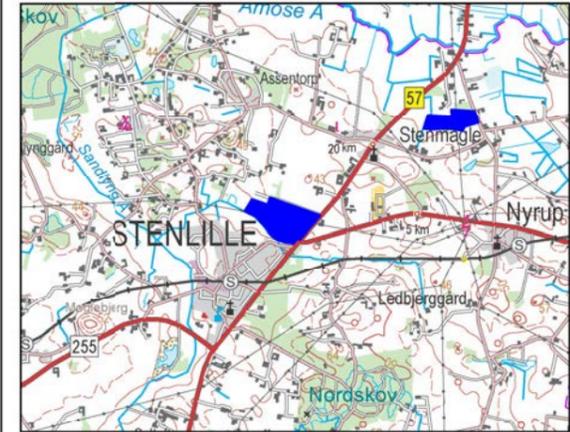
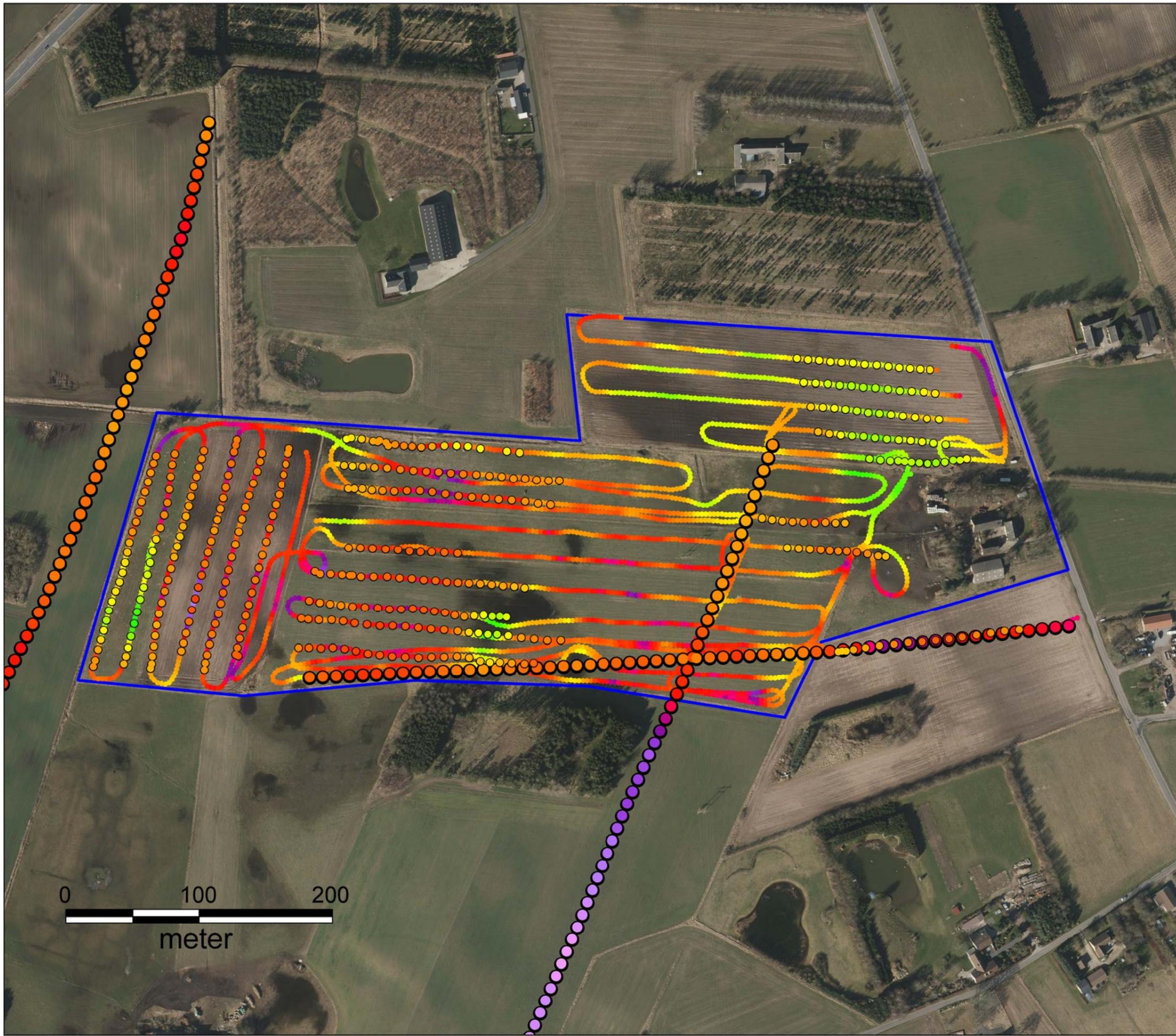


Rev.: 01
 Dato: 2018-06-04
 Af: PRT
 Kontrol: JDAW
 Sag: 1100031422

Bilag 1.7

**Middelmodstanden i
 dybdeintervallet 25 til 30 m u.t.
 MEP og tTEM**

Stenlille - Område 1

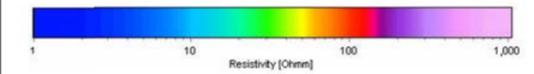
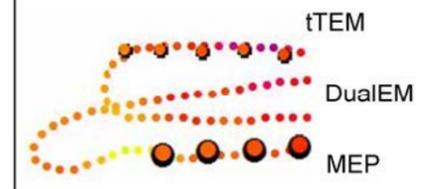
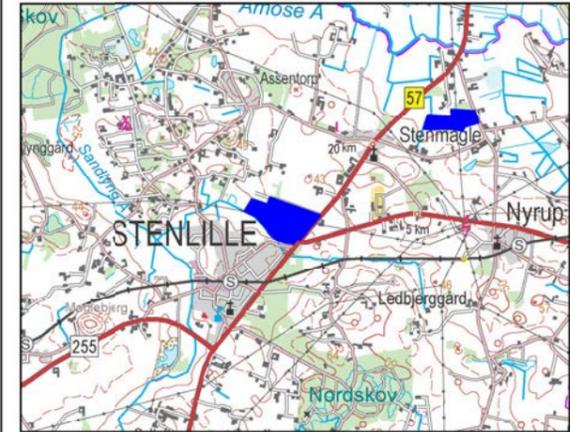
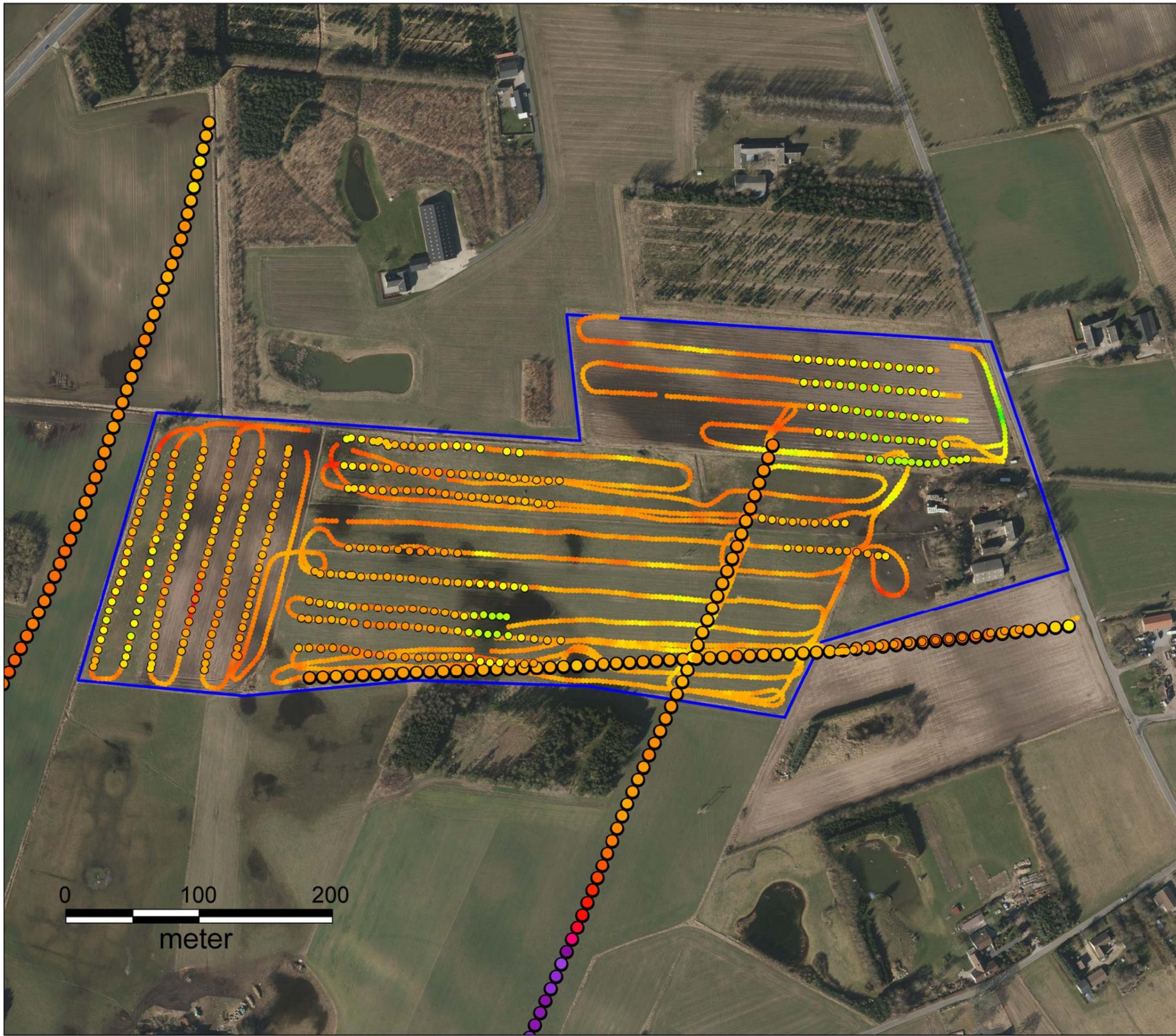


Rev.: 01
 Dato: 2018-05-18
 Af: PRT
 Kontrol: JDAW
 Sag: 1100031422

Bilag 1.8

**Middelmodstanden i
 dybdeintervallet 0 til 3 m u.t.
 MEP, tTEM og DualEM**

Stenlille - Område 2

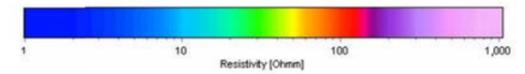
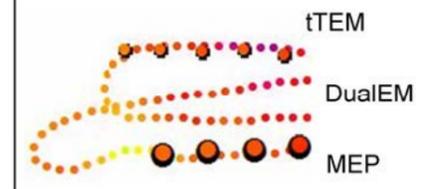
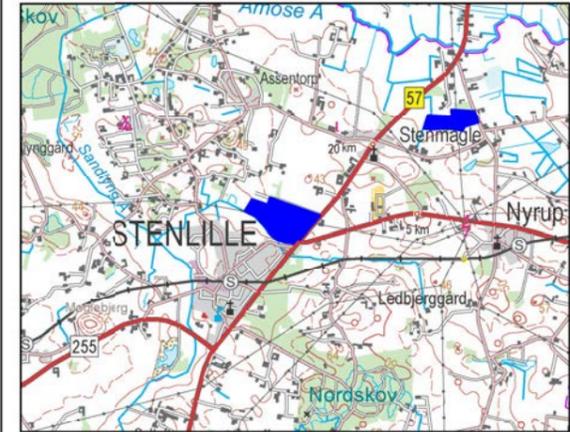
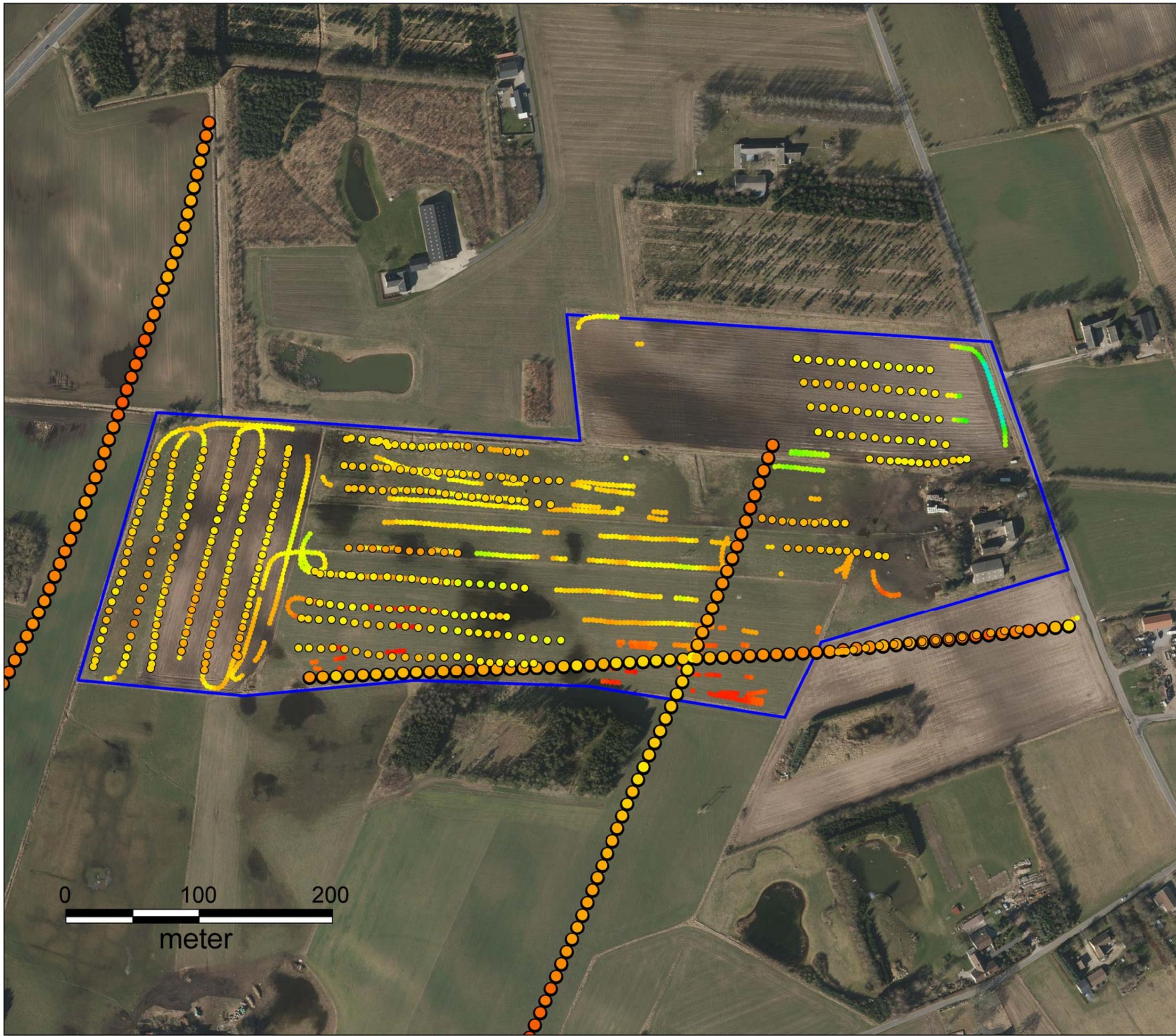


Rev.: 01
 Dato: 2018-05-18
 Af: PRT
 Kontrol: JDAW
 Sag: 1100031422

Bilag 1.9

**Middelmodstanden i
 dybdeintervallet 3 til 6 m u.t.
 MEP, tTEM og DualEM**

Stenlille - Område 2

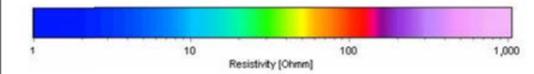
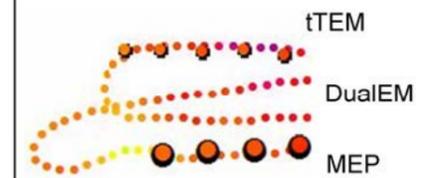
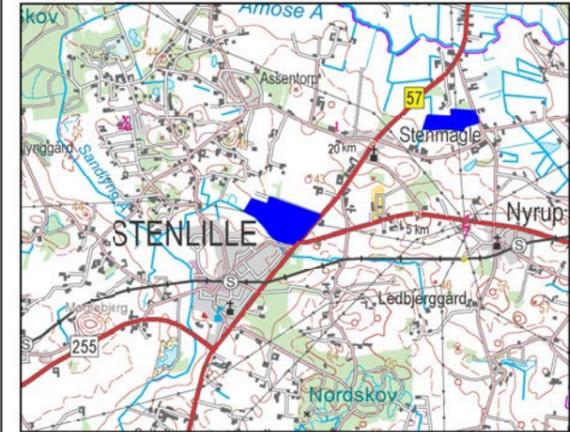
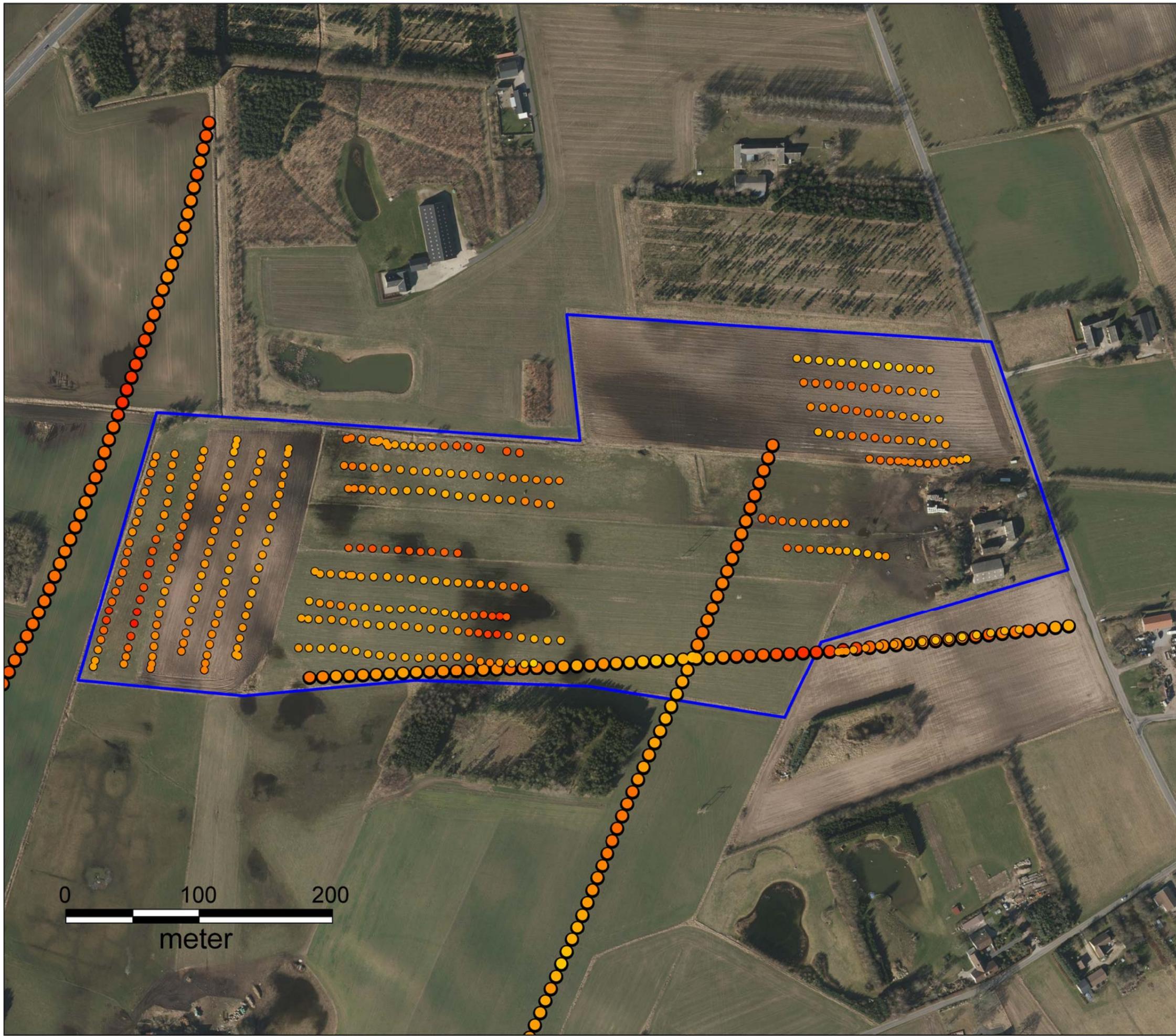


Rev.: 01
 Dato: 2018-05-18
 Af: PRT
 Kontrol: JDAW
 Sag: 1100031422

Bilag 1.10

Middelmodstanden i dybdeintervallet 6 til 10 m u.t. MEP, tTEM og DualEM

Stenlille - Område 2

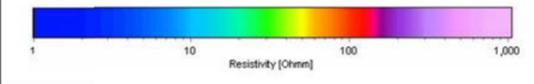
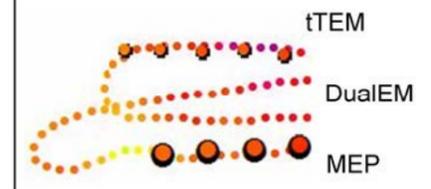
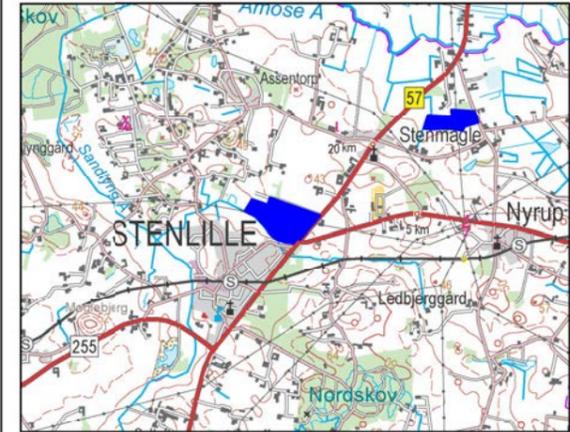
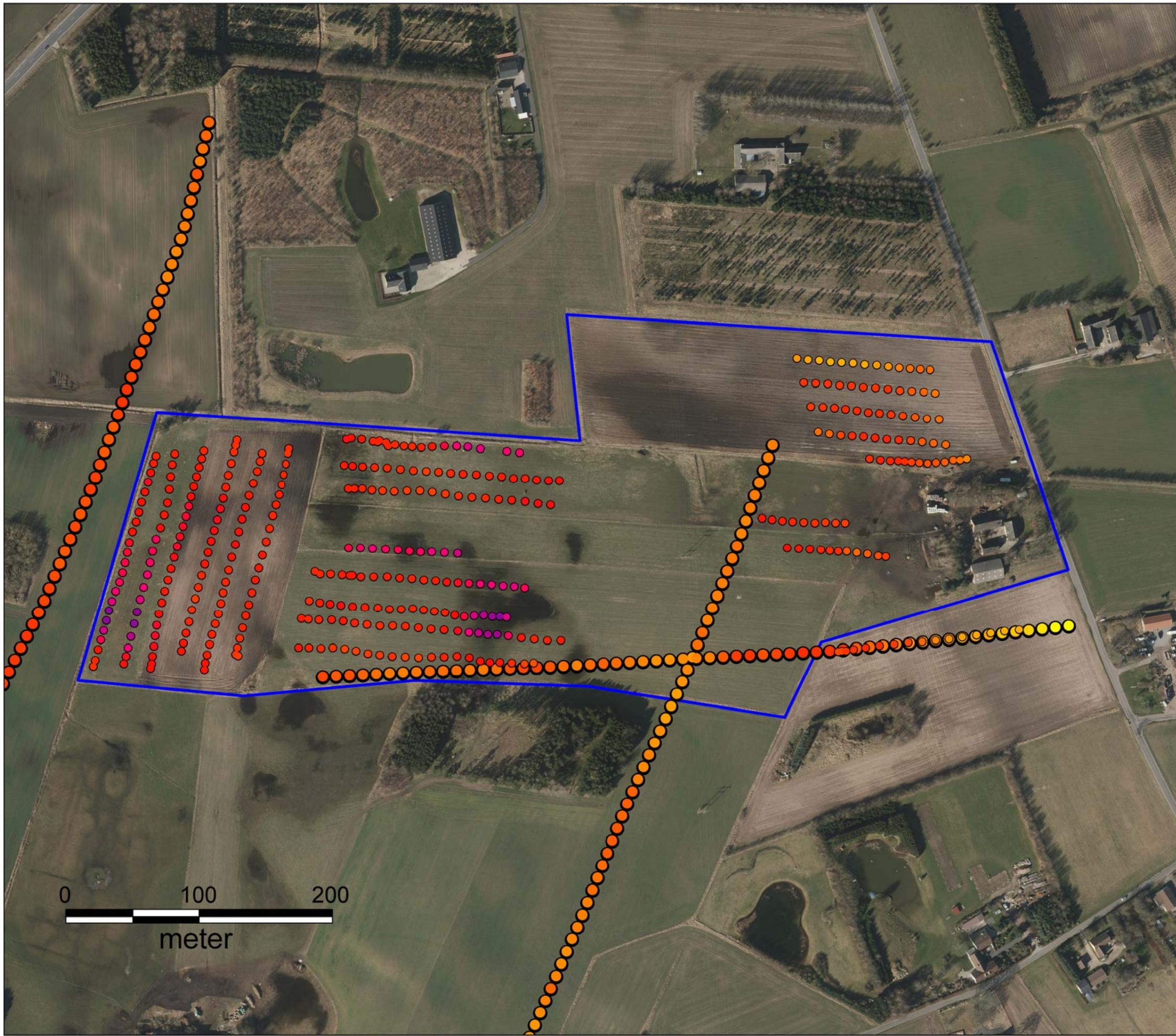


Rev.: 01
 Dato: 2018-05-18
 Af: PRT
 Kontrol: JDAW
 Sag: 1100031422

Bilag 1.11

**Middelmodstanden i
 dybdeintervallet 10 til 15 m u.t.
 MEP og tTEM**

Stenlille - Område 2

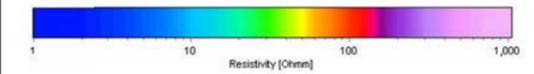
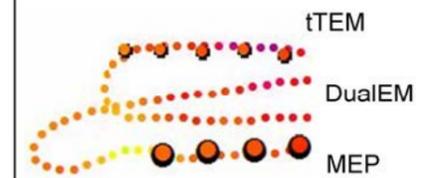
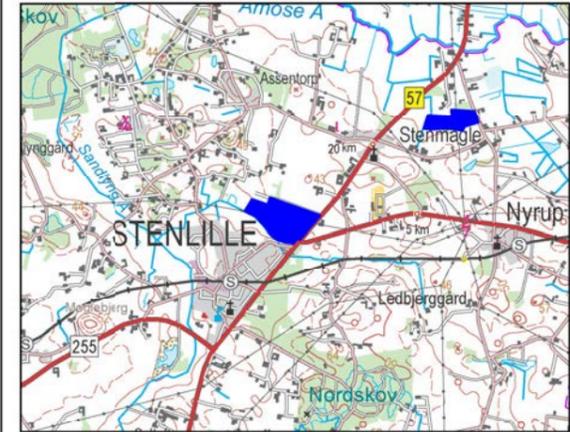
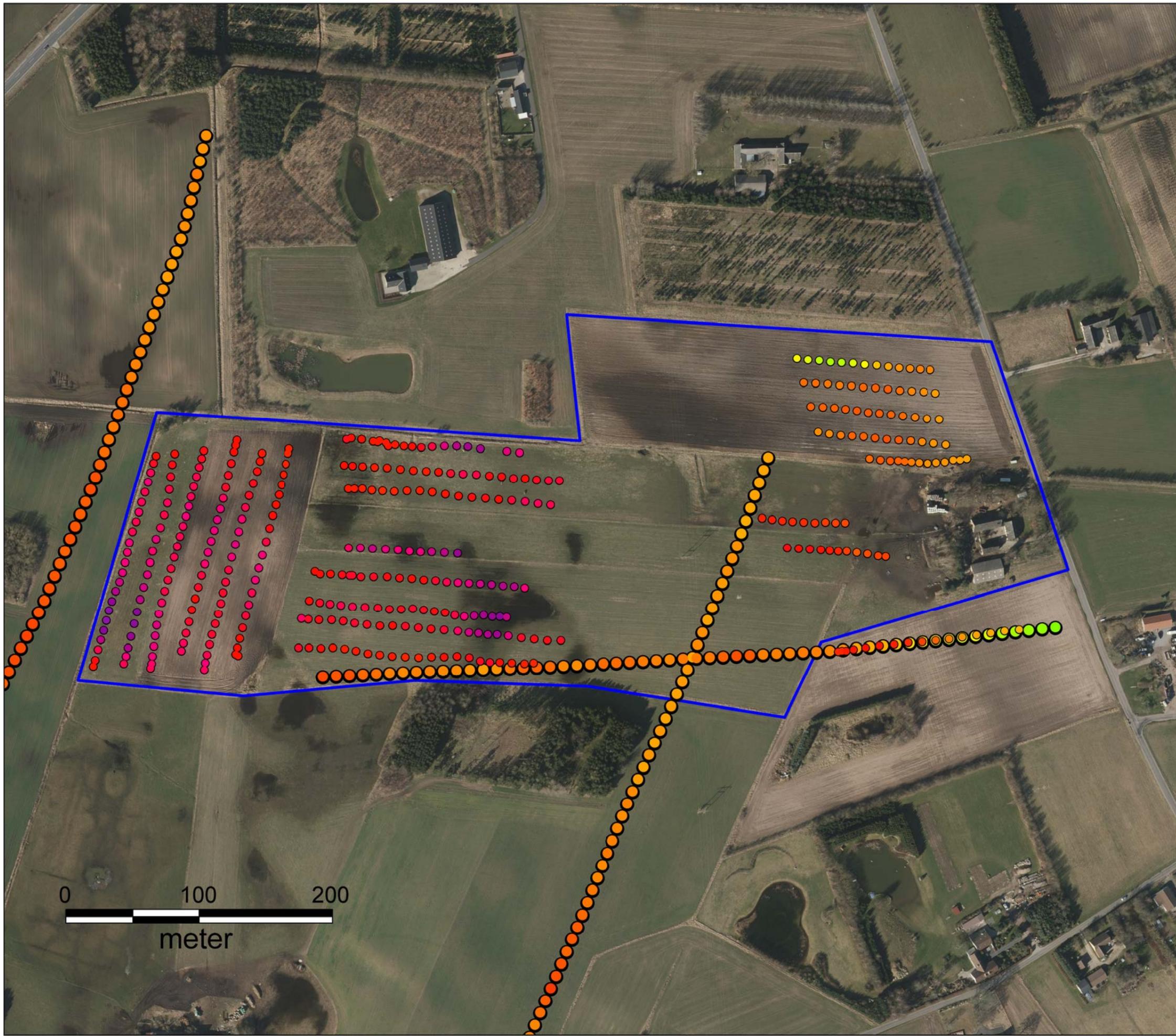


Rev.: 01
 Dato: 2018-05-18
 Af: PRT
 Kontrol: JDAW
 Sag: 1100031422

Bilag 1.12

**Middelmodstanden i
 dybdeintervallet 15 til 20 m u.t.
 MEP og tTEM**

Stenlille - Område 2

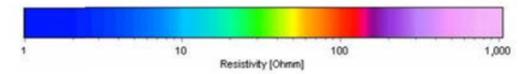
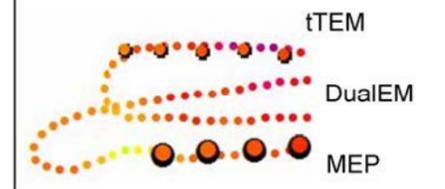
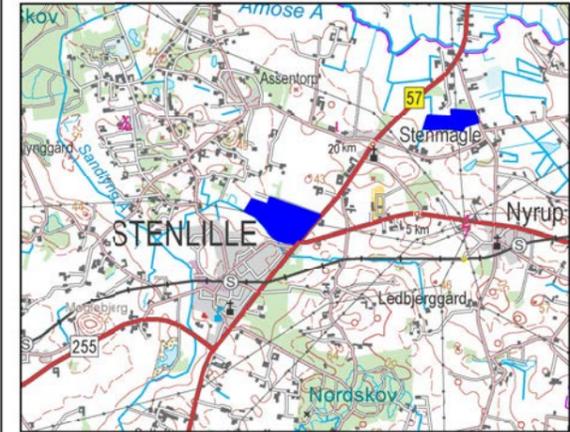
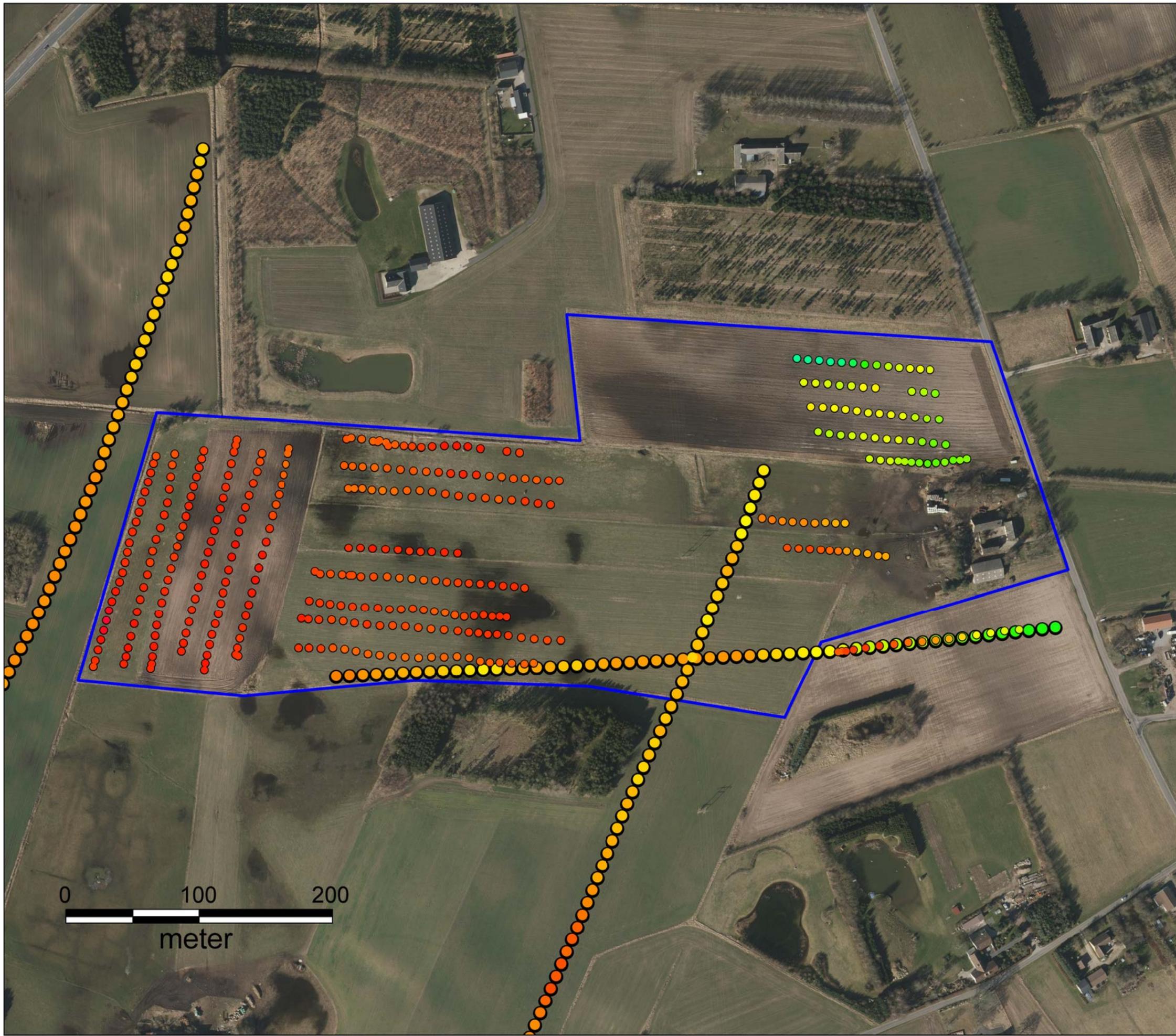


Rev.: 01
Dato: 2018-05-18
Af: PRT
Kontrol: JDAW
Sag: 1100031422

Bilag 1.13

**Middelmodstanden i
dybdeintervallet 20 til 25 m u.t.
MEP og tTEM**

Stenlille - Område 2



Rev.: 01
 Dato: 2018-05-18
 Af: PRT
 Kontrol: JDAW
 Sag: 1100031422

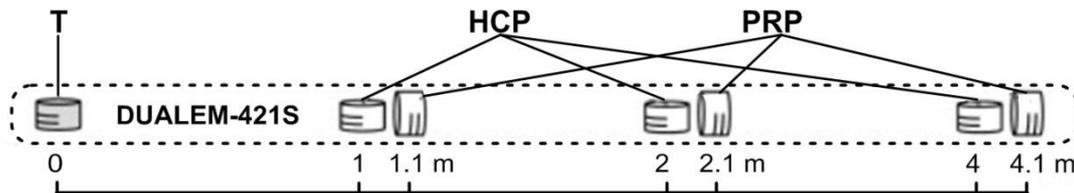
Bilag 1.14

**Middelmodstanden i
 dybdeintervallet 25 til 30 m u.t.
 MEP og tTEM**

Stenlille - Område 2

APPENDIKS A: DUALEM421 - METODEN

DualEM421-metoden er en GCM (Ground Conductivity Meter) metode, og er en videreudvikling af de traditionelt anvendte stangslingrammetoder som eks. EM38 og EM31. DualEM421 er, som navnet antyder, et multikonfigurationsudstyr med spoleafstande på hhv. 1, 2, og 4 meter. Til forskel for andet anvendt geofysisk udstyr indeholder DualEM421, dual-orienterede spoler, dvs. spolepar med hhv. horisontale og vertikale spoler. På Figur 1 ses hvorledes de enkelte spoler i DualEM421 systemet er sat op.



Figur 1 System setup for DualEM421 systemet.

Som det fremgår af Figur 1, er senderspølen T placeret ved 0 m, de horisontale spoler HCP er placeret ved hhv. 1, 2 og 4 m, mens de vertikale spoler er placeret ved 1,1 m, 2,1 m og 4,1 m. I alt omfatter dette således målinger af i alt 6 konfigurationer af sende-modtager kombinationer, hvilket resulterer i 6 datapunkter, relateret til 6 forskellige dybder. Ved geofysisk inversion tolkes disse data efterfølgende til en resistivitetsmodel og resulterer således i en detaljeret horisontal og vertikal resistivitetsmodel ned til 5-10 m, afhængig af den elektriske modstand af de øvre jordlag.



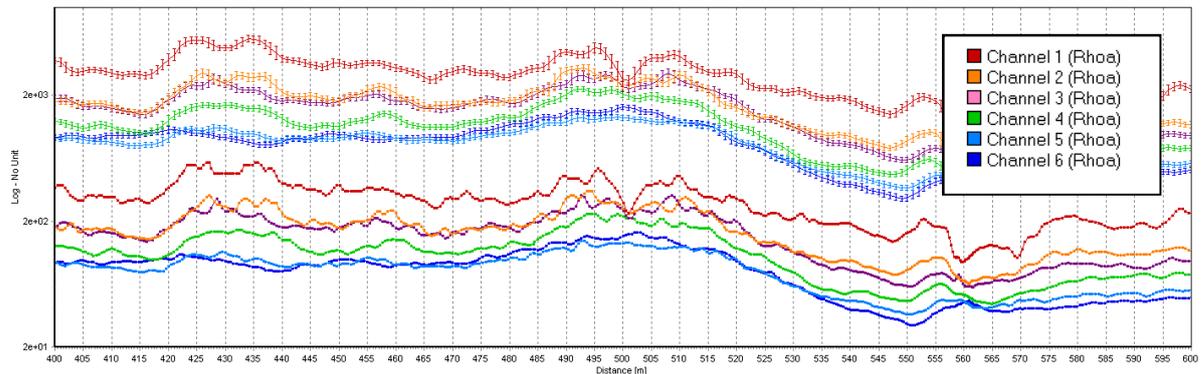
Figur 2 Instrument setup, placeret på en slæde som trækkes bag en ATV.

Selve DualEM421-instrumentet er lagt ind i et PVC-rør, placeret på en specielt designet slæde, der trækkes efter en ATV, se foto i Figur 2. For at minimere støjen fra bevægelser, er slæden konstrueret på en sådan måde, at instrumentet glider så glat som muligt og så tæt på jorden som muligt. På den forreste del af slæden sidder en GPS, der kontinuert logger positionen sammen med de indsamlede data med stor nøjagtighed. Opsætningen med slæde og ATV betyder, at eventuelle markskader er minimale på selv våde marker.

Processering

De indsamlede data processeres i processerings- og tolknings-softwarepakken Aarhus Workbench fra Aarhus Universitet.

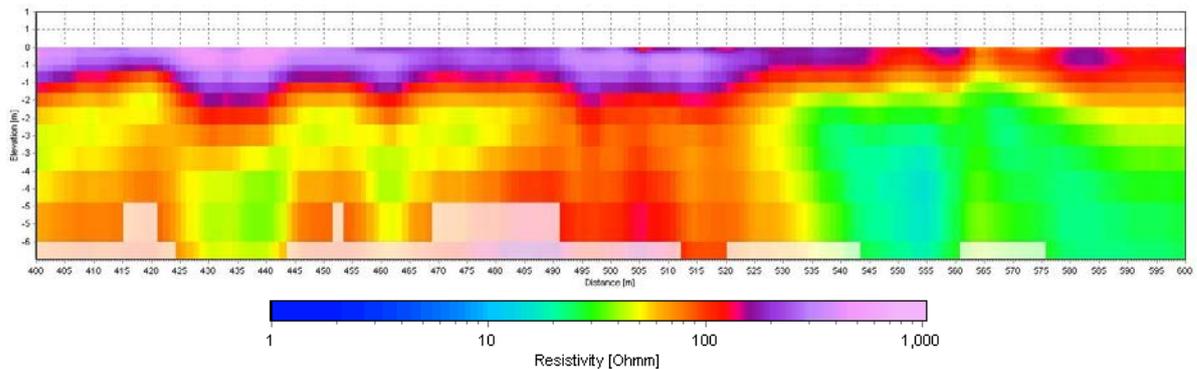
På Figur 3 ses et screendump fra processeringssoftwaren.



Figur 3 Screenshot fra Aarhus Workbench. Nederst er vist de rå data og øverst de processerede data.

Geofysisk tolkning

De processerede data tolkes efterfølgende med Spatially Constrained Inversion (SCI), smooth mangellagsmodel med 14 lag. Et eksempel på en tolket sektion er vist på Figur 4.

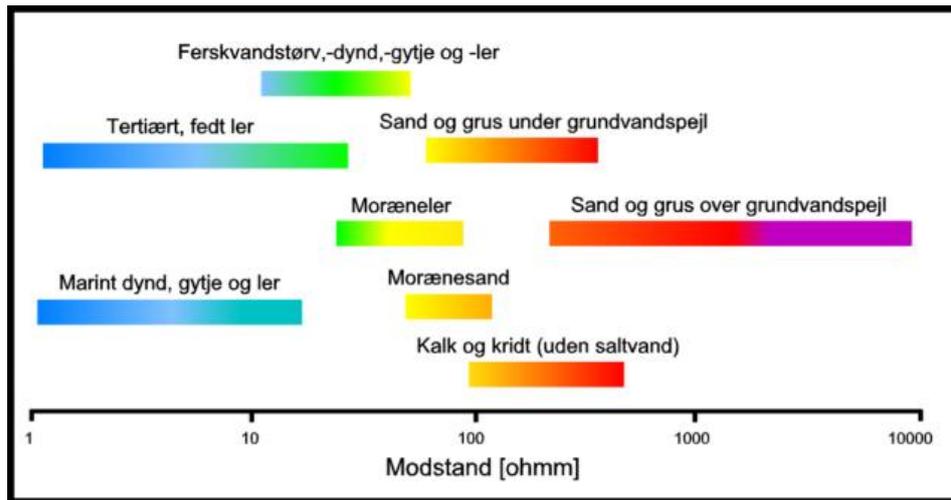


Figur 4 Eksempel på en tolket modelsektion.

På Figur 4 er den del af modellen, der er under den beregnede indtrængningsdybde (DOI), visualiseret med mindre mættet farvelægning.

Tolkning af jordens elektriske modstand til litologi

Med DualEM421 udføres en deltaljeret kortlægning af jordens elektriske modstand fra terræn til ca. 10 meters dybde. Indtrængningsdybden er afhængig af jordens elektriske modstand og er for nærværende kortlægning omkring 6-8 m. Den tolkede modstand kan oversættes til geologiske lag som f.eks. sand og ler ud fra erfaringer omkring modstanden af de forskellige aflejringer. På Figur 5 ses, hvorledes forskellige aflejringer vil have forskellige elektriske modstande. Lerede aflejringer vil således resultere i en lav modstand, mens sandede aflejringer har en højere modstand. Som det fremgår af Figur 5, vil moræneler og morænesand dog kunne have en meget varierende modstand, alt efter indholdet af silt, sand og grus. Af Figur 5 ses det derudover, at det kan være vanskeligt at skelne mellem blødbundsaflejringer som tørv/gytje og glaciale/marine lerede aflejringer.



Figur 5 Oversættelse af modstand til litologi.

APPENDIKS B: TTEM MAPPING STENLILLE



tTEM Mapping Stenlille

Report number 07-03-2018, March 2018





TABLE OF CONTENTS

1. Introduction.....	2
2. Data Collection	4
2.1 The Survey Area.....	4
2.2 The tTEM System	4
2.3 tTEM - Technical Specifications	7
2.4 Calibration of the tTEM System	9
3. Processing of the tTEM Data.....	12
3.1 Data Processing – Workflow	12
3.2 GPS-Positioning.....	12
3.3 Voltage Data.....	13
3.4 Processing - Technical Specifications	14
4. Inversion of the tTEM Data.....	15
4.1 Spatially Constrained Inversion.....	15
4.2 Smooth and sharp Inversion.....	17
4.3 Depth of Investigation	17
4.4 Inversion - Technical Specifications.....	18
5. Thematic Maps and Cross Sections	19
5.1 Location Map, QC-maps	19
5.2 Cross Sections	20
5.3 Mean Resistivity Maps	20
5.4 Deliverables.....	21
6. Conclusion.....	22
7. References	23
Appendix I: Location maps, QC maps.....	1
Appendix II: Cross Sections.....	2
Appendix III: Mean Resistivity Maps.....	3



1. INTRODUCTION

In October, 2017, a geophysical mapping with the ground based transient electromagnetic method tTEM was carried out in the Stenlille area, Denmark. The mapping project was conducted in a cooperation between the HydroGeophysics Group, Aarhus University, Denmark and Rambøll, Denmark. The objective of the mapping was to assess the occurrence of raw materials (sand/gravel) in the study area by means of the tTEM method.

This report primarily presents the geophysical results (resistivity maps and cross sections) and documents the data collection, processing, and inversion of the tTEM data. Chapters 2 - 4 describe the data collection, processing, and inversion. Chapter 5 explains the various types of geophysical maps and cross section placed in Appendix I: - III.

This report does not address a geological interpretation of the obtained geophysical mapping results.



tTEM survey, Stenlille	
Client	Rambøll
Key persons	HGG, Aarhus University, Denmark <i>Senior geophysicist & project manager Jesper B. Pedersen, Postdoc Geophysicist. Pradip Maurya, MSc. geology Rune Kraghede & PhD stud. geophysicist Kim Engebretsen</i> Rambøll <i>Chief consultant, Peter Thomsen</i>
Locality	Stenlille, Denmark
Survey period	30 October, 2017
Line km acquired	23,2 km
Line spacing	25 m



2. DATA COLLECTION

2.1 The Survey Area

The tTEM survey was carried out October 30th, 2017, and covers a total of 23,2 line km of data (Figure 1).

The lines strike west-east and north-south with a line spacing of 25 m. The average driving speed was 10-15 km/h. In Figure 1, the tTEM measurements are shown with black lines. The aim of the mapping was assess the occurrence of raw materials in the study area



Figure 1. Survey area, with tTEM lines in black. The model spacing along the lines is ~10 m.

2.2 The tTEM System

towTEM (tTEM) is a time-domain electromagnetic system designed for hydrogeophysical and environmental investigations. The tTEM system measures continuously while towed on the ground surface. It is designed for a very high near-surface resolution with very early time gates and a fast repetition frequency. The following contains a general introduction to the tTEM system. A



more thorough description of TEM methods in general can be found in Christiansen *et al.* (2006) .

Instrument

Figure 2 shows the tTEM system. The tTEM uses an off-set configuration, with the z-receiver coil (RX-coil) approximately 7.0 m behind the transmitter coil (TX-coil). An ATV tows the tTEM-system, and the distance between the ATV and the TX coil is 2.8 m. The TX-coil is located inside a 2 m x 4 m rectangular frame (TX-frame), which carried on two sledges. GPSs are located at the front of the TX-frame and at the RX-coil for accurate positioning of the system. The RX-coil is placed on a small sledge, suspended in the air to avoid high frequency motion induced noise. The transmitter, receiver, power supply, etc. is located at the back of the ATV.

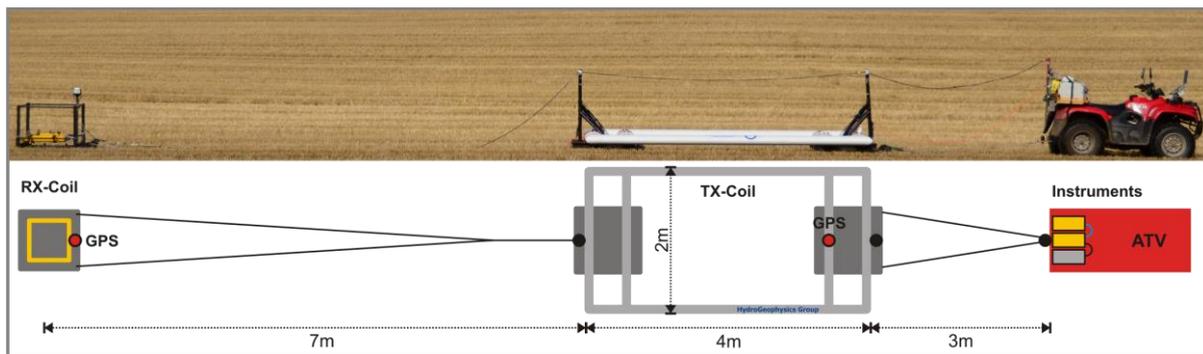


Figure 2. The tTEM system. Rx Coil are the receiver coil and Tx is the transmitter coil. The exact distance and device positions are listed in Table 1.

During data collection, the driver can monitor key data parameters and positioning in real time on a tablet in the front of the ATV.

Measurement Procedure

Measurements are carried out with two transmitter moments. The standard configuration uses low and high transmitter moments applied sequentially. A high and low moment sequence typically takes 0,5 seconds and includes several hundreds of individual transient measurements.

The driving speed can be adjusted to the survey area and target. It will normally not exceed 20 km/h.

Apart from GPS and TEM data, a number of instrument parameters are monitored and stored in order to be used for quality con-



trol when the data are processed. These parameters include transmitter temperature, current level, and voltage of the instrument.

Depth of Investigation (DOI)

The depth of investigation for the tTEM system depends on the transmitter moment, the geological settings, the background noise level and driving speed. Normally, a DOI of 60-70 m can be achieved in a subsurface layering with an average resistivity of 40 ohm-m. The depth will be larger at higher resistivities and less at lower resistivities. During the inversion, the DOI is estimated for each resistivity model (see section 4.3).



2.3 tTEM - Technical Specifications

This section lists detailed technical specifications of the tTEM system setup for the survey.

The tTEM system is configured in a standard two-moment setup (low moment, LM and high moment, HM). The system instrument setup is shown in Figure 2. The positioning of the instruments and the corners of the transmitter coil are listed in Table 1. The origin is defined as the center of the transmitter coil.

The specifications of the LM and HM moment are summarized in Table 2. The integrated waveform for both moments is shown in Figure 3. The exact waveform is listed in Table 3.

Device Position

Unit	X (m)	Y (m)	Z(m)
GP_TX (GPS)	1.40	0.00	-0.20
RxZ (Z-receiver coil)	-9.28	0.00	-0.20
Tx (center transmitter coil)	0.00	0.00	-0.09
Loop corner 1	-02.00	-01.00	0.00
Loop corner 2	02.00	-01.00	0.00
Loop corner 3	02.00	01.00	0.00
Loop corner 4	-02.00	01.00	0.00

Table 1. Equipment and transmitter coil corner positioning. The origin is defined as the center of the transmitter coil. Z is positive towards the ground.

Transmitter, Receiver Specifications

Parameter	LM	HM
No. of turns	1	1
Transmitter area (m ²)	8 m ²	8 m ²
Tx Current	~ 2.8 A	~ 30 A
Tx Peak moment	~ 22.4 Am ²	~ 240 Am ²
Repetition frequency	1055 Hz	330 Hz
Raw Data Stack size	422	264
Raw Moment cyclus time	0.22 s	0.40 s
Tx on-time	0.2 ms	0.45 ms
Duty cycle	42 %	30%
Turn-off time	2.5 μs at 2.8 Amp	4.0 μs at 30 Amp
Number of gates	4	26
Gate time interval	4 μs – 10 μs	10 μs – 900 μs
Front-gate time (nominal)	2 μs	5 μs
Front-gate delay	1.9 μs	1.9 μs

Table 2. Low moment (LM) and high moment (HM) specifications.

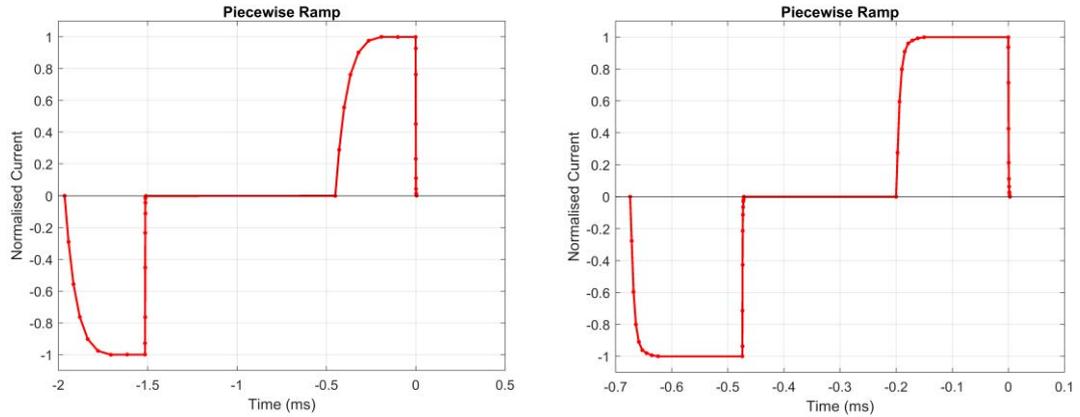


Figure 3. Waveform for LM (left) and HM (right).

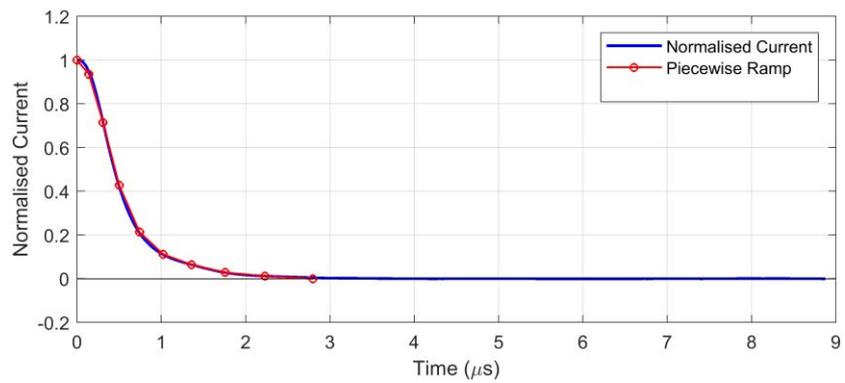


Figure 4. Zoom in on ramp down for LM.

Waveform, LM and HM

LM time	LM amplitude	HM time	HM amplitude
-6.7400e-04 s	-0.000	-1.9650e-03 s	-0.000
-6.7250e-04 s	-0.496	-1.9483e-03 s	-0.316
-6.7071e-04 s	-0.658	-1.9279e-03 s	-0.532
-6.6859e-04 s	-0.784	-1.9030e-03 s	-0.710
-6.6605e-04 s	-0.865	-1.8725e-03 s	-0.845
-6.6303e-04 s	-0.925	-1.8351e-03 s	-0.933
-6.5944e-04 s	-0.963	-1.7894e-03 s	-0.981
-6.5516e-04 s	-0.978	-1.7334e-03 s	-1.001
-6.5007e-04 s	-0.989	-1.6650e-03 s	-1.000
-6.4400e-04 s	-1.000	-1.5150e-03 s	-1.000



-4.7400e-04 s	-1.000	-1.5148e-03 s	-0.967
-4.7387e-04 s	-0.953	-1.5146e-03 s	-0.859
-4.7373e-04 s	-0.812	-1.5143e-03 s	-0.662
-4.7355e-04 s	-0.559	-1.5139e-03 s	-0.381
-4.7334e-04 s	-0.332	-1.5135e-03 s	-0.155
-4.7309e-04 s	-0.175	-1.5131e-03 s	-0.053
-4.7279e-04 s	-0.086	-1.5125e-03 s	-0.017
-4.7243e-04 s	-0.041	-1.5118e-03 s	-0.007
-4.7200e-04 s	-0.016	-1.5110e-03 s	-0.000
-4.7150e-04 s	-0.000	-4.5000e-04 s	0.000
-2.0000e-04 s	0.000	-4.3333e-04 s	0.316
-1.9850e-04 s	0.496	-4.1294e-04 s	0.532
-1.9671e-04 s	0.658	-3.8799e-04 s	0.710
-1.9459e-04 s	0.784	-3.5745e-04 s	0.845
-1.9205e-04 s	0.865	-3.2009e-04 s	0.933
-1.8903e-04 s	0.925	-2.7438e-04 s	0.981
-1.8544e-04 s	0.963	-2.1844e-04 s	1.001
-1.8116e-04 s	0.978	-1.5000e-04 s	1.000
-1.7607e-04 s	0.989	0.0000e+00 s	1.000
-1.7000e-04 s	1.000	2.0384e-07 s	0.967
0.0000e+00 s	1.000	4.3584e-07 s	0.859
1.2589e-07 s	0.953	7.2384e-07 s	0.662
2.6989e-07 s	0.812	1.0598e-06 s	0.381
4.5389e-07 s	0.559	1.4598e-06 s	0.155
6.6189e-07 s	0.332	1.9398e-06 s	0.053
9.0989e-07 s	0.175	2.5078e-06 s	0.017
1.2139e-06 s	0.086	3.1878e-06 s	0.007
1.5659e-06 s	0.041	4.0000e-06 s	0.000
1.9979e-06 s	0.016		
2.5000e-06 s	0.000		

Table 3. Waveform for LM and HM. Listed as time and nominal amplitude.

2.4 Calibration of the tTEM System

Prior to the survey, the tTEM equipment was calibrated at the Danish national TEM test site near Aarhus, Denmark (Foged *et al.*, 2013)). The calibration is performed to establish the absolute time shift and data level in order to facilitate precise modeling of the data. No additional leveling or drift corrections are applied subsequently.



In order to perform the calibration, all system parameters (transmitter waveform, low pass filters, etc.) must be known to allow accurate modeling of the tTEM setup.

The calibration constants are determined by comparing a recorded tTEM response on the test site with the reference response. The reference response is calculated from the test site reference model for the used tTEM configuration.

Acceptable calibration was achieved with the calibration constants stated in Table 4. The calibration was performed on October 30, 2017. Calibration plots for both moments are shown in Figure 5 and Figure 6 .

Moment	Time Shift	Scale Factor
LM	-0.65 μs	1.00
HM	-0.7 μs	1.03

Table 4. Calibration constants.

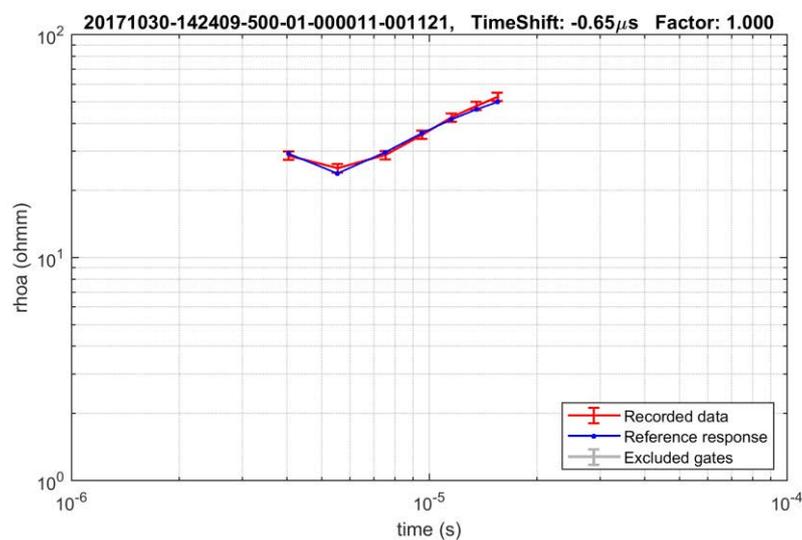


Figure 5. Calibration plot for low-moment. The red curve is the recorded data, and the blue curve is the forward response from the national geophysical test-site in Denmark.

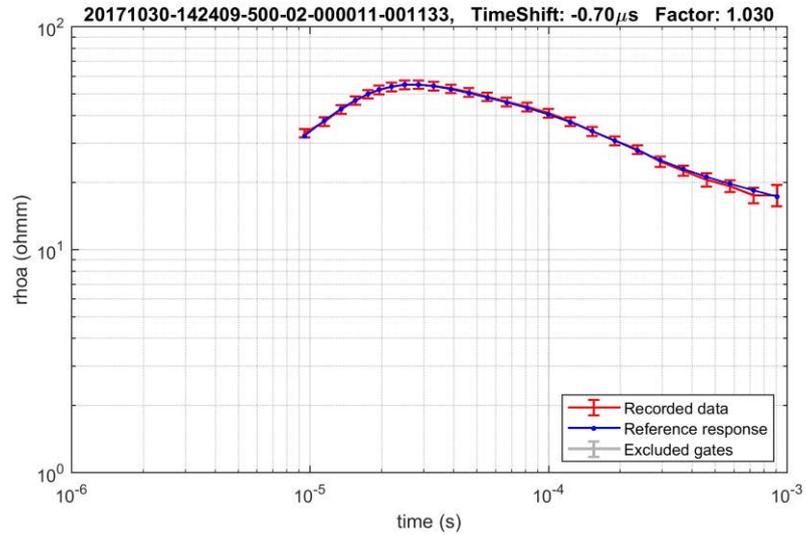


Figure 6. Calibration plot for low-moment. The red curve is the recorded data, and the blue curve is the forward response from the national geophysical test-site in Denmark.



3. PROCESSING OF THE TTEM DATA

3.1 Data Processing – Workflow

The software package Aarhus Workbench is used for processing the tTEM data.

The aim of the processing is to prepare data for the geophysical interpretation. The processing primarily includes filtering and averaging of data as well as culling and discarding of distorted or noisy data.

The data processing can be divided into four steps:

1. Import of raw data into a fixed database structure. The raw data appear in the form of .skb-, .sps- and .geo-files. Skb-files contain the actual transient data from the receiver. Sps-files contain GPS positions, transmitter currents etc., and the geo-file contains system geometry, low-pass filters, calibration parameters, turn-on and turn-off ramps, calibration parameters, etc.
2. Automatic processing: First, an automatic processing of the four data types is used. These are GPS-, and TEM data. This automatic processing is based on a number of criteria adjusted to the survey concerned.
3. Manual processing: Inspection and correction of the results of the automatic processing for the data types in question.
4. Adjustment of the data processing based on preliminary inversion results.

All data is recorded with a common time stamp. This time stamp is used to link data from different data types. The time stamp is given as the GMT time.

In the following, a short description of the processing of the different data types is shown. A more thorough description of the TEM data processing can be found in Auken *et al.* (2009).

3.2 GPS-Positioning

The position of the tTEM-system is recorded continuously with two independent GPS receivers. Furthermore, the GPS data are shifted to the optimum focus point of the tTEM system.



3.3 Voltage Data

The voltage data are gathered continuously along the driving lines (Figure 7). The processing of voltage data is carried out in a two-step system: an automatic and a manual part. In the former, a number of filters designed to cull coupled or noise influenced data are used. Furthermore, raw data are stacked to increase the signal-to-noise ratio. The averaging width of late-time data is wider than that of early-time data, as seen in Table 5. The data uncertainty is calculated from the data stack, with an additional 3% uniform data uncertainty. Typically, the stacked data (soundings) are generated for every 10 m depending on mapping speed, tTEM setup and target. Each sounding location will produce a 1D resistivity model when data is inverted.

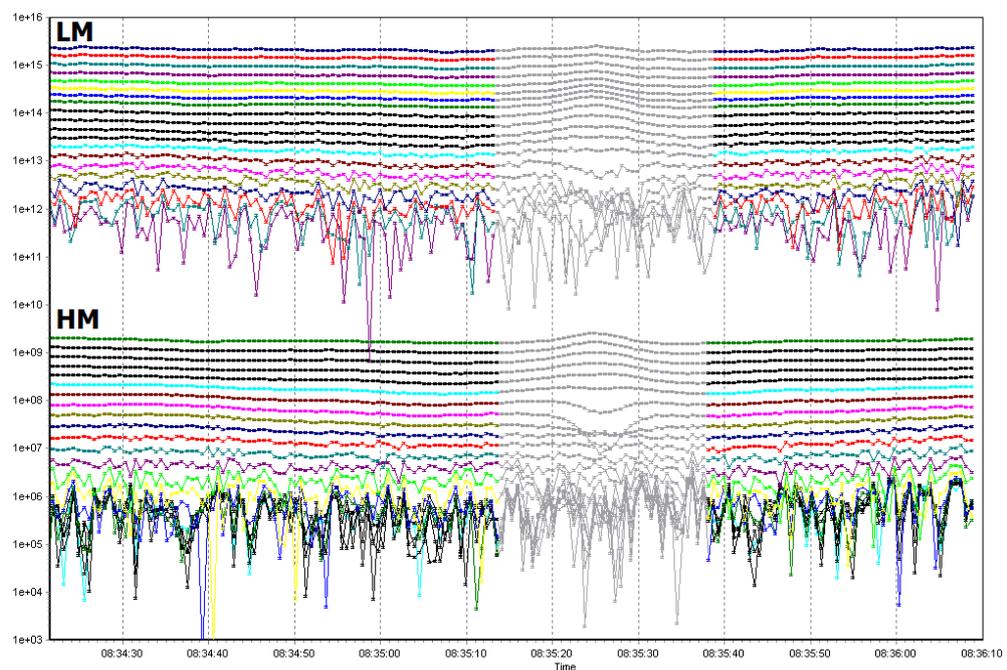


Figure 7. Data section example with coupled data. The section displays 2 minutes (~0.5 km) of data. Each of the curves shows raw low-moment or high-moment data for a given gate time. The green line represents gate 1 of the high moment, the black line gate 2 etc. The grey lines represent data that have been removed due to couplings. A coupling can clearly be identified at 08:35:12 to 08:35:37. In this case the coupling are associated with buried power cables.



The automatic processing is followed by a manual inspection and correction. A number of power lines, roads, railroads, etc. typically crosses survey areas. As data near such installations often are heavily disturbed (coupled to the installations), it is necessary to remove these data, in order to produce geophysical maps without artifact from these manmade installations. The manual inspection and removal of coupled data is therefore essential to obtain high quality models at the end. In some cases, it is not possible to identify the source of the coupling even though it is evident in the data.

Figure 7 shows an example of strongly coupled data. First the coupled data parts are removed. Then data are stacked into soundings, and finally the late-time part of the sounding curves below the background noise level is excluded.

3.4 Processing - Technical Specifications

Table 5 shows key processing settings in the Aarhus Workbench, used for this survey.

Item		Value
Noise Processing	Data uncertainty Uniform data STD	From data stack 3%
Averaging filter	Sounding distance LM, width HM, width At gate times	2.5 s (~10 m) 2.5 s 2.5 s, 5 s 1e-5 s, 1e-4 s

Table 5. Processing settings.



4. INVERSION OF THE TTEM DATA

Inversion of the dataset and evaluation of the inversion results are carried out using the Aarhus Workbench software package. The underlying inversion code (AarhusInv) is developed by the HydroGeophysics Group, Aarhus University, Denmark (Kirkegaard *et al.*, 2015) and Auken *et al.* (2015)

The inversion is a 1D full non-linear damped least-squares solution in which the transfer function of the instrumentation is modeled. The transfer function includes turn-on and turn-off ramps, front gate, low-pass filters, and transmitter and receiver positions.

4.1 Spatially Constrained Inversion

The spatially constrained inversion (SCI) (Viezzoli *et al.*, 2008) scheme is used when inverting the tTEM data. The SCI scheme uses constraints between the 1D-models, both along and across the mapping lines, as shown in Figure 8. The constraints are scaled according to the distance between soundings.

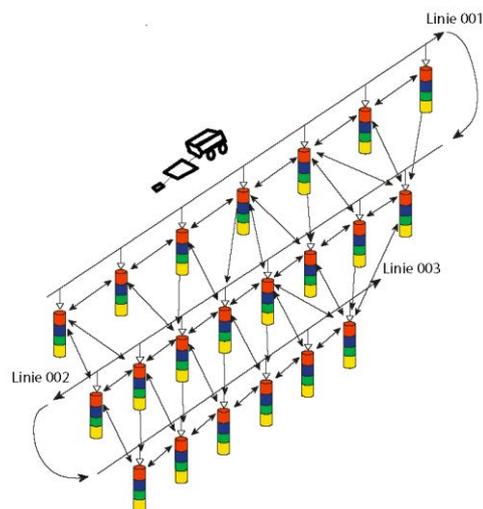


Figure 8. Schematic presentation of the SCI setup. Constraints connect not only soundings located along the mapping lines, but also those across them.



The connection pattern of the constraints is designed using a Delaunay triangulation, which connects *natural* neighbor models. For line oriented data the Delaunay triangulation results in a model being connected to the two neighbor models at the mapping line and typically 2-3 models at the adjacent mapping lines, (see Figure 9). The SCI constraints are the preliminary condition for breaking down the line orientation in the dataset.

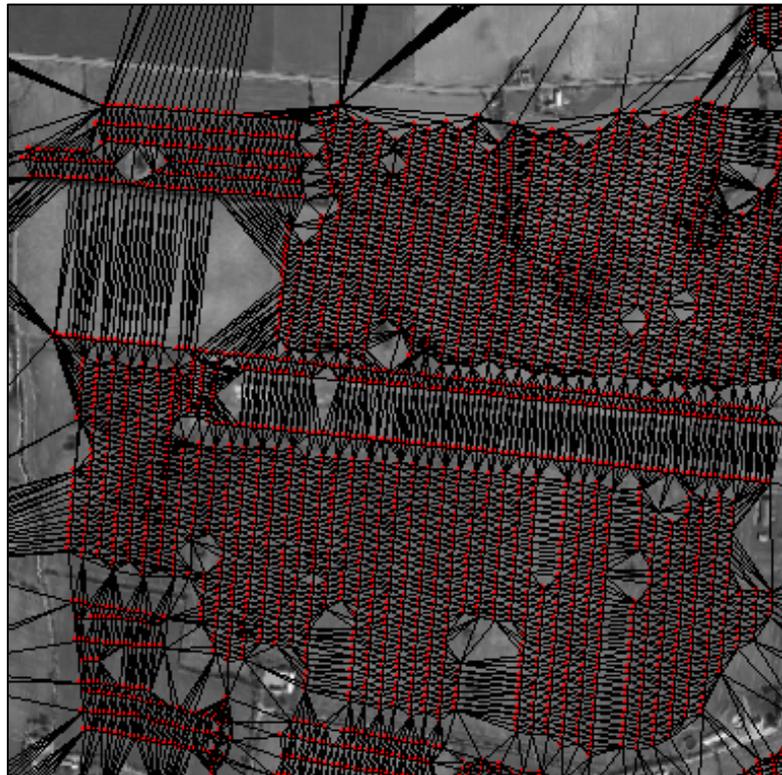


Figure 9. Example setup of SCI-constraints. The red points are the model positions. The black lines show the constraints created with the Delaunay triangles. The line distance in this example is 20 m, sounding distance is 10 m and the area is approximately 1 x 1 km.

Constraining the parameters enhances the resolution of resistivities and layer interfaces, which are not well resolved in an independent inversion of the soundings.

SCI-setup parameters for this survey are listed in section 4.4.



4.2 Smooth and sharp Inversion

Both a smooth and a sharp model inversion have been carried out. Both inversion types use the SCI-setup, but the regularization scheme is different.

The smooth regularization scheme penalizes the resistivity changes, resulting in smooth resistivity transitions both vertical and horizontal, as seen in Figure 9. The sharp regularization scheme (Vignoli *et al.*, 2015) penalizes the number of resistivity changes of a certain size, resulting in model sections with few, but relative shape resistivity transitions, as seen in see Figure 9. Normally the tTEM data are fitted equally well with the model types.

Assuming a geological layered environment, picking geological layer boundaries will be less subjective in a sharp model result compared to a smooth model.

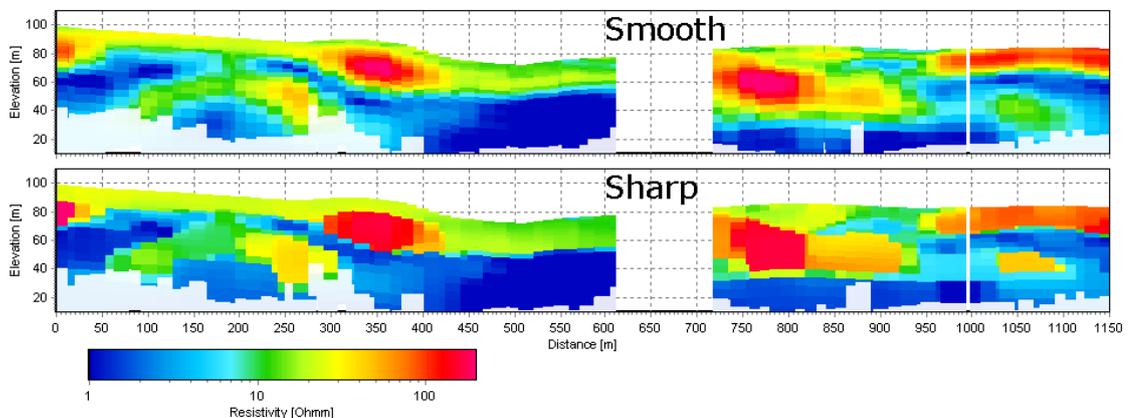


Figure 10. Profile showing of a smooth and sharp inversion of the same tTEM data set. Note the significant better defined layer boundaries in the as a result of the sharp inversion.

4.3 Depth of Investigation

For each resistivity model a depth of investigation (DOI) is estimated, as described in Christiansen and Auken (2012). The DOI calculation takes into account the tTEM system transfer function, the number of data points, the data uncertainty, and the resistivity model.

EM fields are diffusive, and there is no discrete depth where the information on the resistivity structure stops. Therefore, we pro-



vide a conservative and a standard DOI estimate. As a guideline, the resistivity structures above the DOI conservative value are well contained in the tTEM data, and resistivity structures below the DOI standard value are weaker contained in the data and should normally be disregarded.

The DOI conservative and DOI standard estimates are included as a point themes map in Appendix I: The cross sections in Appendix II: are blanked in depth at the DOI standard values. Furthermore, the resistivity models are blanked below the DOI- standard value when compiling the mean resistivity maps.

4.4 Inversion - Technical Specifications

The inversion settings for the smooth and sharp inversions in Aarhus Workbench are listed in Table 6.

Item		Value
Model setup	Number of layers	30
	Starting resistivities [Ωm]	40 ohmm
	Thickness of first layer [m]	1.0
	Depth to last layer [m]	150.0
	Thickness distribution of layers	Log increasing with depth
Smooth model: Constraints/ Prior constraints	Horizontal constraints on resistivities [factor]	1.3
	Reference distance [m]	10
	Constraints distance scaling	(1/distance) ¹
	Vertical constraints on resistivities [factor]	3.0
	Prior, thickness	Fixed
	Prior, resistivities	None
Minimum number of gates per moment	3	
Sharp model: Constraints/ Prior constraints	Horizontal constraints on resistivities [factor]	1.03
	Reference distance [m]	10
	Constraints distance scaling	(1/distance) ¹
	Vertical constraints on resistivities [factor]	1.08
	Prior, thickness	Fixed
	Prior, resistivities	None
	Minimum number of gates per moment	3
	Sharp vertical constraints	200
Sharp horizontal constraints	300	

Table 6. Inversion settings, smooth and sharp SCI setup



5. THEMATIC MAPS AND CROSS SECTIONS

To visualize the resistivity structures in the mapping area, a number of geophysical maps and cross sections have been created. Furthermore, a location map and a number of maps made for quality control (QC-maps) are found in the appendices.

5.1 Location Map, QC-maps

A location map and quality control maps (QC) described below are located in Appendix I:

Model Location and Lines

This map shows the actual survey lines. Black dots mark where data are disregarded due to line turns or coupling. Blue dots mark where data is kept and inverted to a resistivity model.

A decent amount of data is disregarded due to coupling, and the coupled data are primarily associated with electrical cables, buildings, and roads.

Number of Time Gates in Use

This maps shows the number of time gates (high and low moment) in use for each resistivity model. Few time gates correlate to areas with a low signal level (very resistive areas).

Data Residual

The data residual expresses how well the obtained resistivity models fit the recorded data. The data residual values are normalized with the data standard deviation, so a data residual below one corresponds to a fit within one standard deviation.

The data residual map in Appendix I: is for the smooth inversion. The data residual for the sharp inversion is similar. Some areas have relatively high data residual values (>2). This is primarily due to data with a high noise level, which again is associated with a low signal over resistive ground. In general, the data residuals are low, which is expected for this type of environment and geological setting.

Depth of Investigation (DOI)

This map shows the DOI estimates for the smooth model inversion result (see section 4.3 for a description of the DOI-calculation). DOI maps in elevation and depths are included in the appendix.



5.2 Cross Sections

Cross sections of selected mapping lines are located in Appendix II: Each section holds the smooth inversion model bars, which are blanked at the DOI- standard value. Cross section of all mapping lines are available in the delivered Workspace.

5.3 Mean Resistivity Maps

To make depth or horizontal slices, the mean resistivity in the depth or elevation intervals is calculated for each resistivity model and then interpolated to regular grids.

Figure 11 shows how the resistivities of the layers in a model influence the calculation of the mean resistivity in a depth interval [A, B]. d_0 is the surface, d_1 , d_2 and d_3 are the depths to the layer boundaries in the model. ρ_1 , ρ_2 , ρ_3 and ρ_4 are the resistivities of the layers.

The model is subdivided into sub-thicknesses Δt_{1-3} . The mean resistivity ($\rho_{vertical}$) is calculated as:

$$\rho_{vertical} = \frac{\rho_1 \cdot \Delta t_1 + \rho_2 \cdot \Delta t_2 + \rho_3 \cdot \Delta t_3}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3}$$

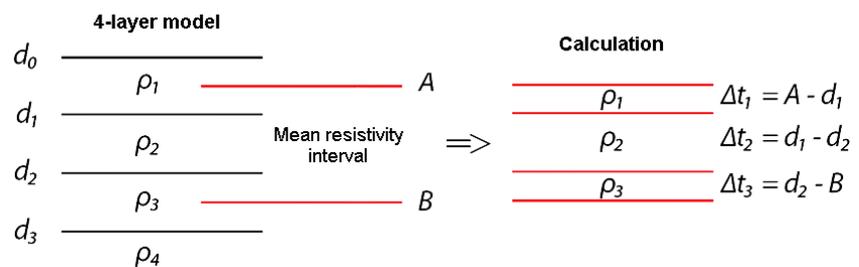


Figure 11. The figure illustrates how the resistivities of the layers influence the mean resistivities in a depth interval [A:B]

In the general term the mean resistivities in a depth interval is calculated as:

$$\bar{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i \cdot \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}$$



where i runs through the interval from 1 to the number of sub-thicknesses. The mean resistivity calculated by the above formula (ρ_{vertical}) is called a vertical mean resistivity - equal to the total resistance if a current flows vertically through the interval.

By mapping with a TEM method, the current flows only horizontally in the ground. It is therefore more correct to perform the mean resistivity calculation in conductivity, called the horizontal mean resistivity ($\rho_{\text{horizontal}}$). The horizontal mean resistivity is equal to the reciprocal of the mean conductivity (σ_{mean}) and is calculated as:

$$\rho_{\text{horizontal}} = \frac{1}{\sigma_{\text{mean}}} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{\rho_i} \right) \cdot \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i} \right]^{-1}$$

For this survey, horizontal mean resistivity themes have been generated from the smooth model inversion result in 5 m depth intervals from 0 to 30 m, and in 10 m intervals from 30 to 70 m. The resistivity models have been blanked below the DOI standard depth.

The interpolation of the mean resistivity values to regular grids is performed by kriging interpolation (Pebesma and Wesseling, 1998), with a node spacing of 5 m and a search radius of 50 m. Addition linear pixel smoothing was subsequently applied. The mean resistivity maps are located in Appendix III:

5.4 Deliverables

Digital

- This report incl. theme maps and profiles as PDF-files.
- Aarhus Workbench workspace holding raw data, processed data, inversion results, theme maps, and profiles. The workspace holds both the smooth and the sharp inversion results.
The workspace can be delivered upon request.

Note: All digital maps and data are geo-referenced to coordinate system WGS84, UTM zone 32N.



6. CONCLUSION

The tTEM survey was carried out successfully and a careful data processing has been performed. Subsequently the data was inverted to produce both a smooth and a sharp resistivity model which describes the resistivity structures of the soil down to more than 50 m depth. The tTEM survey reveals a detailed three-dimensional resistivity picture of the subsurface, due to the close line spacing and lateral resolution along the driving lines. The final resolution is a 25x10 measurement grid. The survey area took 1 days to map, resulting in 23,2 km of data and 1406 models.

The next step in the project is to compare the tTEM results with ERT and boreholes performed in the area. A note will jointly be drafted by HGG and Rambøll documenting the results.



7. REFERENCES

- Auken, E., Christiansen, A.V., Fiandaca, G., Schamper, C., Behroozmand, A.A., Binley, A., Nielsen, E., Effersø, F., Christensen, N.B., Sørensen, K.I., Foged, N. & Vignoli, G., 2015. An overview of a highly versatile forward and stable inverse algorithm for airborne, ground-based and borehole electromagnetic and electric data, *Exploration Geophysics*, 2015, 223-235.
- Auken, E., Christiansen, A.V., Westergaard, J.A., Kirkegaard, C., Foged, N. & Viezzoli, A., 2009. An integrated processing scheme for high-resolution airborne electromagnetic surveys, the SkyTEM system, *Exploration Geophysics*, 40, 184-192.
- Christiansen, A.V. & Auken, E., 2012. A global measure for depth of investigation, *Geophysics*, 77, WB171-WB177.
- Christiansen, A.V., Auken, E. & Sørensen, K.I., 2006. 6 The transient electromagnetic method. in *Groundwater Geophysics. A tool for hydrogeology*, pp. 179-224, ed. Kirsch, R. Springer.
- Foged, N., Auken, E., Christiansen, A.V. & Sørensen, K.I., 2013. Test site calibration and validation of airborne and ground based TEM systems, *Geophysics*, 78, E95-E106.
- Kirkegaard, C., Andersen, K., Boesen, T., Christiansen, V., Auken, E. & Fiandaca, G., 2015. Utilizing massively parallel co-processors in the AarhusInv 1D forward and inverse AEM modelling code, *ASEG Extended Abstracts*, 2015, 1-3.
- Pebesma, E.J. & Wesseling, C.G., 1998. Gstat: A Program for geostatistical Modelling, Prediction and Simulation, *Computers & Geosciences*, 24, 17-31.
- Viezzoli, A., Christiansen, A.V., Auken, E. & Sørensen, K.I., 2008. Quasi-3D modeling of airborne TEM data by Spatially Constrained Inversion, *Geophysics*, 73, F105-F113.
- Vignoli, G., Fiandaca, G., Christiansen, A.V., Kirkegaard, C. & Auken, E., 2015. Sharp spatially constrained inversion with applications to transient electromagnetic data, *Geophysical Prospecting*, 63, 243-255.



APPENDIX I: LOCATION MAPS, QC MAPS

This appendix includes maps of:

- Model location and mapping lines
- Data residual
- Number of data points
- Depth of investigation, in depth



tTEM Stenlille 2017

Location, Stenlille

Black: tTEM lines, Red: tTEM Model

UTM 32N WGS84



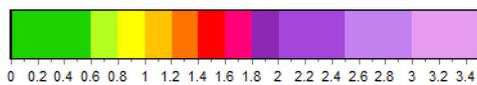
1 km





tTEM Stenlille 2017

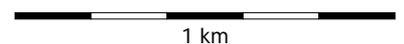
HydroGeophysics Group
AARHUS UNIVERSITY



Data Residual

Below one corresponds to a fit within one standard deviation

UTM 32N WGS84



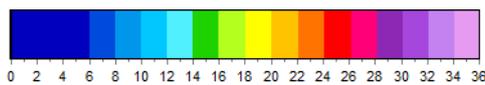
1 km



HydroGeophysics Group
AARHUS UNIVERSITY

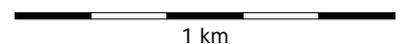


tTEM Stenlille 2017



Number of Datapoints
Number of gates used for inversion

UTM 32N WGS84

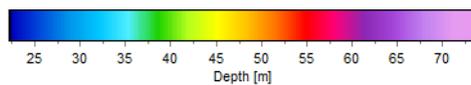


1 km



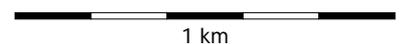
tTEM Stenlille 2017

HydroGeophysics Group
AARHUS UNIVERSITY



Depth of Investigation, Conservative
Depth, Meters

UTM 32N WGS84

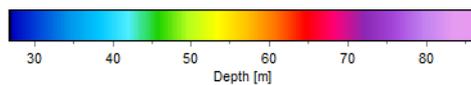




HydroGeophysics Group
AARHUS UNIVERSITY

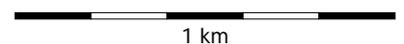


tTEM Stenlille 2017



Depth of Investigation, Standard
Depth, Meters

UTM 32N WGS84



1 km

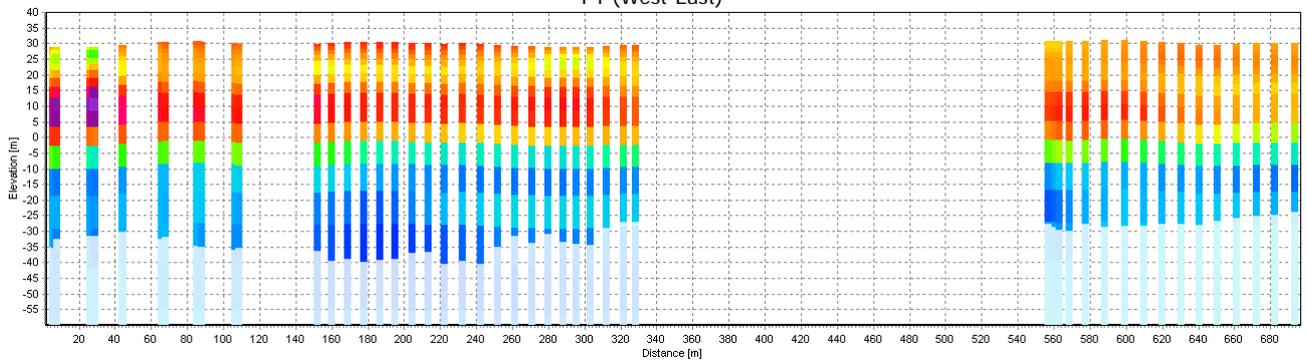


APPENDIX II: CROSS SECTIONS

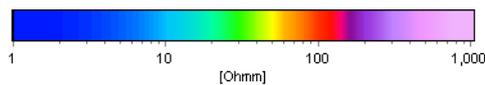
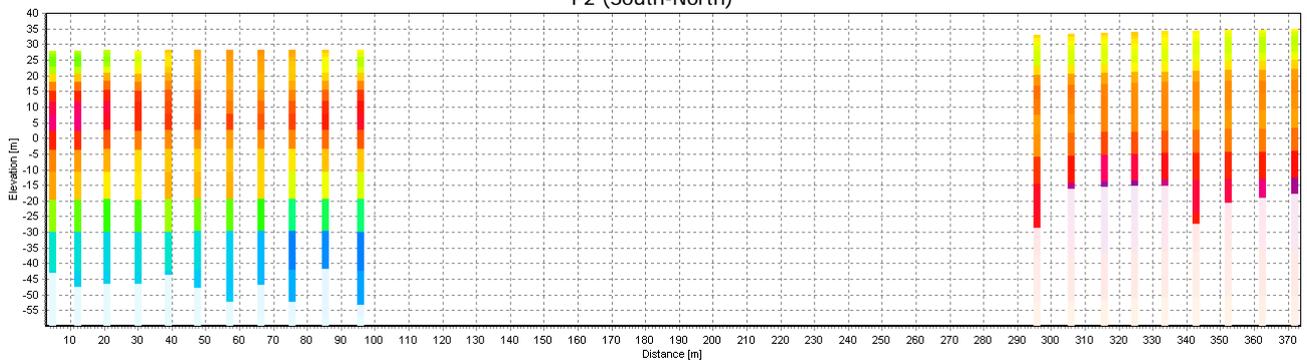
Selected cross sections for the smooth inversion are included. Each section holds the model bars blanked at the DOI- standard value. Sections for all the mapping lines are available in the delivered Workspace.



P1 (West-East)



P2 (South-North)





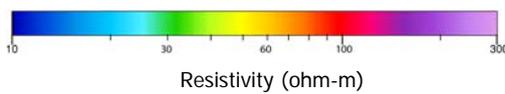
APPENDIX III: MEAN RESISTIVITY MAPS

This appendix includes mean resistivity maps generated from the smooth model inversion result in 5 m depth intervals from 0 to 30 m, and in 10 m intervals from 30 to 70 m. The resistivity models have been blanked at the DOI standard value prior to the interpolation to regular mean resistivity grids.

The interpolation of the mean resistivity values is performed by kriging interpolation, with a node spacing of 5 m, a search radius of 50 m, and with additional pixel smoothing.

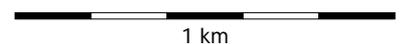


tTEM Stenlille 2017



Mean resistivity map (ohm-m), Depth 0 - 5 m
SCI Smooth Model - Kriging with search radius 50 m

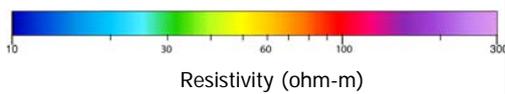
UTM 32N WGS84



1 km

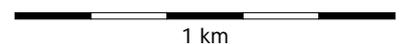


tTEM Stenlille 2017



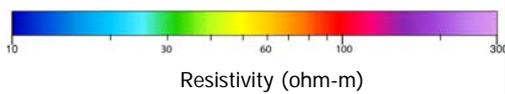
Mean resistivity map (ohm-m), Depth 5 - 10 m
SCI Smooth Model - Kriging with search radius 50 m

UTM 32N WGS84



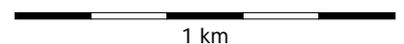


tTEM Stenlille 2017



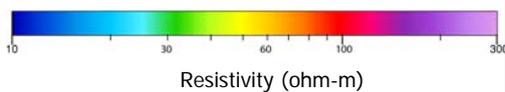
Mean resistivity map (ohm-m), Depth 10 - 15 m
SCI Smooth Model - Kriging with search radius 50 m

UTM 32N WGS84



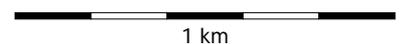


tTEM Stenlille 2017



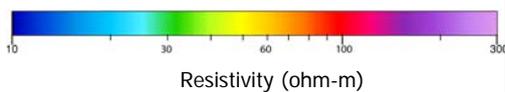
Mean resistivity map (ohm-m), Depth 15 - 20 m
SCI Smooth Model - Kriging with search radius 50 m

UTM 32N WGS84



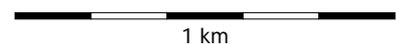


tTEM Stenlille 2017



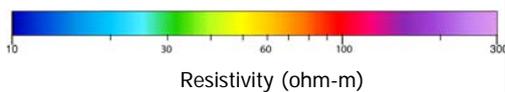
Mean resistivity map (ohm-m), Depth 20 - 25 m
SCI Smooth Model - Kriging with search radius 50 m

UTM 32N WGS84



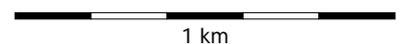


tTEM Stenlille 2017



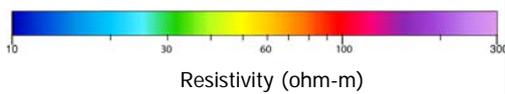
Mean resistivity map (ohm-m), Depth 25 - 30 m
SCI Smooth Model - Kriging with search radius 50 m

UTM 32N WGS84



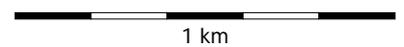


tTEM Stenlille 2017



Mean resistivity map (ohm-m), Depth 30 - 40 m
SCI Smooth Model - Kriging with search radius 50 m

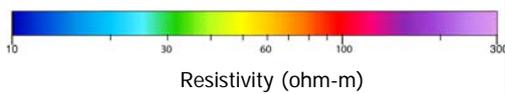
UTM 32N WGS84



1 km

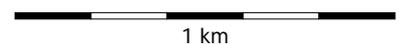


tTEM Stenlille 2017



Mean resistivity map (ohm-m), Depth 40 - 50 m
SCI Smooth Model - Kriging with search radius 50 m

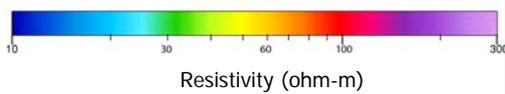
UTM 32N WGS84



1 km



tTEM Stenlille 2017



Mean resistivity map (ohm-m), Depth 50 - 60 m
SCI Smooth Model - Kriging with search radius 50 m

UTM 32N WGS84

