RÅSTOFKORTLÆGNING
RAPPORT NR. 7 - 2011

SAND, GRUS, STEN

Rettestrup-Myrup-Lov, Næstved Kommune

REGION SJÆLLAND
– vi er til for dig

Udgiver: Region Sjælland
Alleen 15
4180 Sorø

Afdeling: Regional Udvikling

Udgivelsesår: 2011

Titel: Råstofkortlægning, Rapport nr. 7 – 2011
Sand, grus, sten
Rettestrup-Myrup-Lov, Næstved Kommune

Konsulent: COWI
Parallelvej 2
Lyngby

Redaktion: Anette Petersen
Regional Udvikling, Råstoffer

Fotos: Region Sjælland

Kort: Grundmateriale
KMS Copyright

ISBN: 978-87-92026-20-0

Sider: 33

Henvendelse vedr. rapporten:
Mail til naturmiljo@regionsjaelland.dk,
eller ring på 57 87 58 30 / 31
Læs mere på www.regionsjaelland.dk/raastoffer

Råstofkortlægning

SAND, GRUS, STEN

Rettestrup-Myrup-Lov
Næstved Kommune

Rapport nr. 7
Oktober 2011

Indholdsfortegnelse

1	**Formålet med kortlægningen**	**6**
1.1	Lovgrundlag	6
1.2	Region Sjællands kortlægning	6
2	**SkyTEM dataindsamling**	**7**
2.1	Planlægning af flyvelinjer	7
2.2	Forløb af dataindsamlingen	7
2.3	Kvalitetssikring af de indsamlede data	8
3	**Databehandling af SkyTEM**	**9**
4	**Tolkning**	**12**
4.1	Beskrivelse af SkyTEM-resultaterne	12
4.2	Sammenligning med eksisterende geofysik	15
4.3	Overordnet geologisk tolkning	20
5	**Evaluering af råstofpotentiale**	**21**
5.1	Boringer	21
5.2	Tidligere undersøgelser	22
5.3	Udpegning af interesseområder	23
6	**Anbefalinger til yderligere kortlægning**	**29**
7	**Evaluering af brug af SkyTEM i forbindelse med råstofkortlægning**	**30**
7.1	Generelle vurderinger	30
7.2	Konkrete vurderinger	30
7.3	Samlet vurdering	31
8	**Referencer**	**32**

Appendiks

Appendiks A	Kvalitativ processeringsvejledning
Appendiks B	Råstofvurdering af boringer
Appendiks C	Notat vedr. problemer med tolkning af lavmodstandslag i den overfladenære geologi i forbindelse med SkyTEM kortlægninger

Bilagsoversigt

Bilag 1.01	Oversigtskort over flyvehøjde og ledningsnet
Bilag 1.02	Oversigtskort over dataresidual
Bilag 2.01-2.08	Middelmodstandskort, koteinterval, SkyTEM
Bilag 3.01-3.08	Middelmodstandskort, dybdeinterval, SkyTEM
Bilag 4.01-4.02	Profiler, SkyTEM og boringer
Bilag 5	Boringer med vurdering af overjord og forekomst
Bilag 6	Sammentolkede interesseområder for råstof

Oversigtskort

Det kortlagte område ligger sydøst for Næstved , Vest for Mogenstrup og nord for Dybsø Fjord i Sydsjælland. Områdets areal er ca. 1400 hektar

1 Formålet med kortlægningen

1.1 Lovgrundlag

Regionsrådet skal ifølge Råstoflovens § 5a udarbejde en plan for indvinding af og forsyning med råstoffer.

Regionsrådet skal fastlægge de overordnede retningslinier for råstofindvindingen, herunder udlæg af graveområder og råstofinteresseområder i råstofplanen.

Regionsrådet skal foretage kortlægning efter råstoffer, som skal danne grundlag for Region Sjællands råstofplan.

Kommunalbestyrelserne er bundet af råstofplanen i deres planlægning og administration.

1.2 Region Sjællands kortlægning

En af Region Sjællands vigtige opgaver er at udarbejde en råstofplan for hele regionen. Råstofplanen er en ny plantype, der er fastlagt i råstofloven i forbindelse med kommunalreformen. Råstofplanen fastlægger, hvor der i fremtiden kan foregå indvinding af råstoffer.

I forbindelse med revisionsarbejdet med Råstofplan for Region Sjælland 2008 har regionsrådet prioriteret kortlægning efter råstofferne sand, grus og sten, som vurderes at være den råstoftype der aktuelt er størst behov for at finde nye graveområder for.

Region Sjælland ønsker med denne kortlægning at bidrage til målsætning om en større lokal forsyning. Kortlægningen er sket i et tæt samarbejde med Naturstyrelsen Storstrøm (tidl. Miljøcenter Nykøbing Falster) og dennes rådgiver i forbindelse med Naturstyrelsens grundvandskortlægning.

2 SkyTEM dataindsamling

Dataindsamlingen er foretaget af SkyTEM Survey ApS i perioden 20/1 - 11/2 2011. Der er indsamlet data med SLM (Super Lavt Moment) og HM (Højt Moment). I Tabel 2-1 ses en oversigt over systemets med blandt andet gate-tider og momenter.

Tabel 2-1 Tabel over udvalgte parametre for den anvendte konfiguration for henholdsvis højt moment (HM) og super-lavt moment (SLM).

	HM	**SLM**
Sender moment	314 m² 92 A 2 vindinger	314 m² 7 A 1 vinding
Frontgate	69,5 µs	-
Tidligste gate anvendt	48,22 µs (gate 12)	11,22 µs (gate 4)
Seneste gate anvendt	2663,22 µs (gate 30)	1132,72 µs (gate 26)

Dataindsamlingen omfatter linjer fløjet for såvel Naturstyrelsen Roskilde som Region Sjælland. Det samlede antal linjekilometer er 1211 km, heraf 1156 km for Naturstyrelsen Roskilde og 55 km for Region Sjælland.

SkyTEM Survey ApS har i forbindelse med dataindsamlingen lavet en afrapportering /9/, hvorfor der henvises til denne for detaljer omkring indsamlings parametre og forløb. I det følgende gives dog en overordnet beskrivelse af forløbet.

2.1 Planlægning af flyvelinjer

Planlægningen blev foretaget i tæt samarbejde mellem COWI, Naturstyrelsen Roskilde, Region Sjælland og SkyTEM Survey ApS. Flyvelinjerne blev placeret med en indbyrdes afstand på ca. 166 m under samtidig hensyntagen til ledningsnet, veje og bygninger.

2.2 Forløb af dataindsamlingen

På grund af tåge varede feltarbejdet længere end planlagt. Der blev indsamlet data på følgende datoer: 20., 23. og 26.-30. januar samt 9. og 12. februar. Den sidstnævnte blev der gen-fløjet udvalgte linjer, som på grund af medvind var blevet indsamlet med for høj flyvehastighed i forhold til de fastsatte kravspecifikationer. Det drejede sig om udvalgte linjer fra flyvningerne 20110209.01 og 20110209.02,. Det er kun de gen-

fløjne linjer med korrekt flyvehastighed, som er anvendt i det videre arbejde.

2.3 Kvalitetssikring af de indsamlede data

COWI har modtaget data løbende under dataindsamlingen og har her kontrolleret data kvantitativt. Herefter er den samlede leverance fra SkyTEM Surveys Aps yderligere kontrolleret. Kontrollen har blandt andet omfattet

- Kontrol af overensstemmelse mellem datarapport /9/ og de leverede filer og anvendte parametre
- Kontrol af referencesonderinger
- Kontrol af linje- og geo-filer
- Kontrol af flyvehastighed, dataomfang, flyvehøjde samt tilt (pitch/roll)

3 Databehandling af SkyTEM

COWI har udført dataprocessering og inversion (tolkning) af de nyindsamlede SkyTEM-sonderinger. COWI's processeringsstrategi er udførligt beskrevet i Appendiks A i form af en kvalitativ processeringsvejledning. Nedenfor gives dog en kort gennemgang af den overordnede procedure og de vigtigste principper.

Dataprocessering og inversion er udført i programmet Aarhus Workbench.

Processeringen er gennemført efter følgende procedure:

1) Kontrol og evt. editering af indsamlede GPS-koordinater

2) Kontrol og evt. editering af indsamlede højdemålinger

3) Automatisk processering af SkyTEM-data

4) Manuel dataeditering af højt og lavt moment i rådata

5) Manuel dataeditering af højt og lavt moment i midlede data

Dataeditering af rådata

Under punkt 4) er det kontrolleret, om der er tale om koblede data, mens støjfyldte data er vurderet under punkt 5), jf. anbefalingerne fra GeoFysikSamarbejdet /10/. Dette skyldes, at støjen til sene tider er vanskelig at vurdere i de rå data og ofte kan midles ud, således at man faktisk kan opnå anvendelige data under det naturlige støjniveau. I de rå data er der derfor ikke fjernet støj, men kun koblinger.

Ledningsnettet

Til støtte for vurderingen af koblinger i data, er der indsamlet og anvendt ledningsoplysninger via LER (LedningsEjerRegistret) som GIS-temaer. Her indgår desuden højspændingskabler, vindmøller og telemaster fra TOP10DK samt luftfotos og almindelig topografisk baggrundskort.

Svage kapacitive koblinger er ikke slettet, hvis de ikke er målt i nærheden af kulturelle ledere (vej eller ledning). Ved svage menes, at der er tale om få gates, der kun afviger svagt fra de øvrige gates.

Dataeditering af average data

I de midlede (average) data er utroværdige data fjernet, således at den endelige sonderingskurve fremstår med et acceptabelt "blødt" forløb.

Under punkt 5), processeringen af de midlede data, er evt. tilbageværende koblinger fjernet. Herudover er fjernet meget støjede data og der er givet usikkerhed til let støjede data. Der er generelt ikke givet usikkerhed på over 20 %, idet data her ofte er slettet i stedet for. Størrelsen af den tildelte usikkerhed blev generelt fastsat ud fra variationen af 4-5 nabosonderinger.

Ved average-sonderinger med "hul" midt i sonderingskurven blev efterfølgende senere gates slettet. Ved "hul" menes, at de midterste gates i sonderingen mangler. Årsagen er, at de manglende datapunkter typisk er fjernet i raw-data i forbindelse med en kobling, og at de sene gates blot er fremkommet ved ren interpolation i average-data via trapez-filtret. Average data blev her sammenholdt med raw data for at vurdere, hvorvidt der findes målte data, der hvor der er average data, eller hvorvidt der er tale om ren interpolation.

Min antal datapunkter

Sonderinger med mindre end 5 datapunkter (gates) på HM blev ikke medtaget i inversionerne, idet det blev vurderet, at informationen i disse sonderinger var for ringe og primært ville bidrage til "forkerte" eller dårligt bestemte modeller i inversionerne. Tilsvarende blev sonderinger med mindre end 8-10 gates på SLM ikke medtaget i inversionerne.

3.1.1 COWIs kvalitative processeringsvejledning

Der er forud for den gennemførte databehandling udarbejdet en projektspecifik vejledning for, hvordan databehandlingen er udført. Vejledningen er udarbejdet forud for det udførte arbejde, med det formål at sikre, at der udføres en ensartet og systematisk processering af data. Manualen beskriver kvalitativt hvordan f.eks. koblinger i data genkendes og skelnes fra støj og tjener således også som dokumentation for, hvilke retningslinjer processeringsarbejdet er udført efter.

Formål

Formålet med en projektspecifik vejledning er

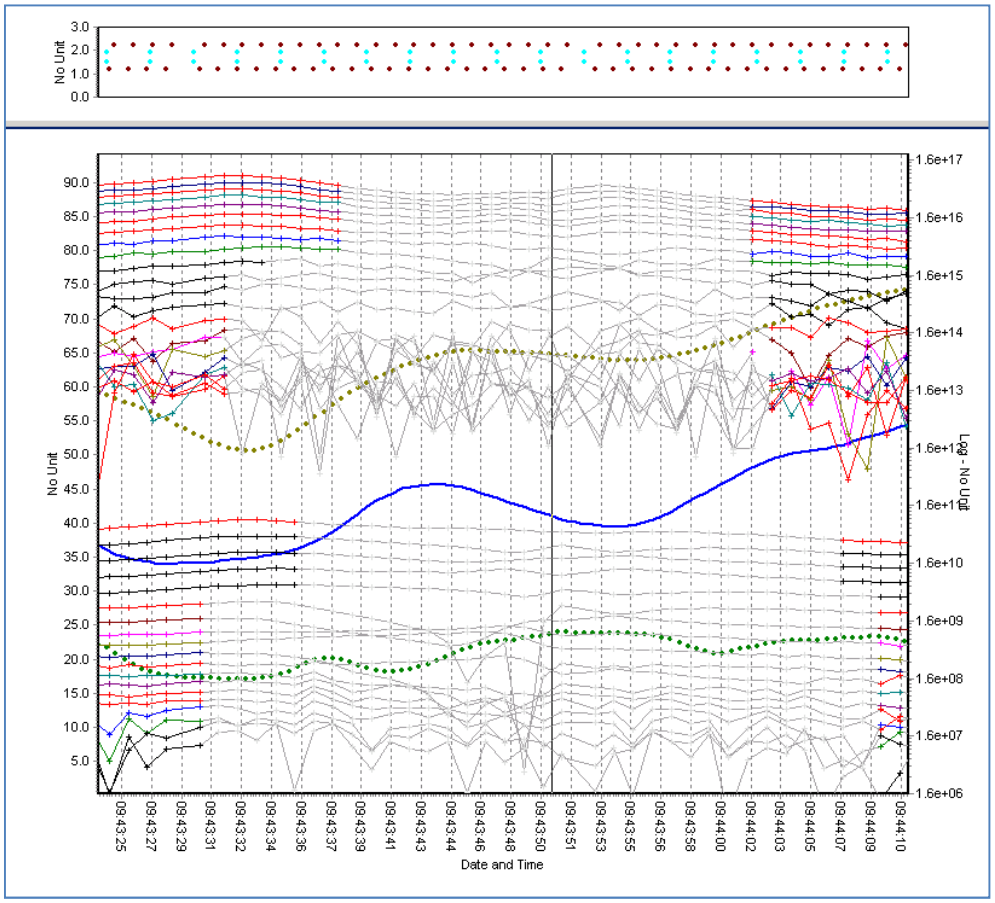
- at opnå det optimale og mest pålidelige resultat ved den efterfølgende inversion.
- at COWIs erfaring med SkyTEM-processering gennem tiden samles og beskrives i ét dokument.
- at sikre at der udføres ensartet og systematisk processering af data.
- at processeringen kan fastlægges i samarbejde med kunden, samtidig med, at den kan være dynamisk og projektspecifik.
- at sikre enighed og åbenhed omkring processeringsarbejdet.
- at kunne dokumentere hvilke kvalitative retningslinjer der er blevet fulgt af de personer, der har foretaget processeringen på projektet.

Vejledningen er vedlagt som Appendiks A.

I det aktuelle område for Rettestrup, Myrup og Lov krydses flere steder højspændingskabler, telefonkabler og veje. Bilag 1.01 og 1.02 viser

ledningsnettet sammen med henholdsvis flyvehøjden og det totale dataresidual fra inversionen.

Sonderinger tæt ved ledninger og veje er som oftest koblede og vil blive fjernet i dataprocesseringen. Andre steder kan også ofte ses koblinger selvom der ikke findes oplysninger omkring ledninger. Sådanne koblinger kan f.eks. skyldes elektriske hegn. Figur 3-1 viser et eksempel på en kraftig kobling af SkyTEM-data optaget tæt ved en vej.



Figur 3-1 *Eksempel fra Workbenchen på borteditering af koblede data. Grå data er blevet fjernet. I den store ramme ses øverst SLM og nederst HM.*

3.1.2 Kvalitetssikring af den udførte processering

Al processering er blevet kvalitetssikret af en anden geofysiker, end den der har udført processeringen. Dette skal sikre, at processeringen er udført korrekt og følger GeoFysikSamarbejdets vejledning /10/ såvel som COWI's kvalitative processeringsvejledning.

Processeringen er herefter blevet kvalitetssikret ved en visuel gennemgang for anomalier af det indledende LCI-inversionsresultat og på baggrund heraf er der om nødvendigt blevet foretaget en re-processering.

4 Tolkning

I dette afsnit foretages først en beskrivelse af SkyTEM-resultaterne i form af resistivitetsfordelingerne på fladekort og langs profiler. Herefter foretages i afsnit 4.2 en sammenligning af de opnåede resultater med den eksisterende geofysik i området. Slutteligt foretages i afsnit XX en overordnet geologisk tolkning af de nye SkyTEM-resultater.

Der er anvendt SCI (Spatially Constrained Inversion) med bindinger på resistiviteterne mellem sonderingerne. Tabel 4-1 viser en oversigt over de anvendte inversionsparametre. Der er anvendt standardparametre som anbefalet af GeoFysikSamarbejdet /10/.

Bindingerne på resistiviteterne overfører information fra den ene sondering til den næste og resultatet er derfor et mere sammenhængende resultat. Bindingerne virker såvel langs flyvelinjen som på tværs af flyvelinjerne (ResHorSTD i Tabel 4-1). For at undgå oscillationer ned gennem mange-lagsmodellens lag, er der desuden anvendt et svagt vertikalt bånd (ResVerSTD i Tabel 4-1).

Tabel 4-1 Inversionsparametre for SCI inversionen af SkyTEM-data

Model-lag	**ResVerSTD**	**ResHorSTD**	**A.S. Power**	**Ref.dist.**	**Lagtykkelser (m)**
19 stk.	2	1,5	0,75	25 m	4,0/4,5/5/5,6/6,3/7,0 / 7,8/8,8/9,8/11,0/12,3 / 13,7/15,4/17,2/19,2/ 21,5/24,1/26,9/-

Bilag 1.02 viser dataresidualet for inversionen. Dataresidualet er et udtryk for hvor godt de inverterede modeller tilpasser de målte data. Det ses at der overvejende er lave dataresidualer (<1), hvilket indikerer god tilpasning til data.

4.1 Beskrivelse af SkyTEM-resultaterne

Kortlægningen af jordlagenes resistivitet er vist på såvel fladekort (bilag 2-3) som langs profiler (bilag 4). De overordnede resultater gennemgås i det følgende.

Fladekortene er udarbejdet som middelmodstandskort baseret på SCI inversionen (19-lagsmodel) og er udarbejdet for såvel dybde- som koteintervaller:

- Bilag 2.01-2.08: Kort i 10 m koteintervaller fra kote +30 ned til kote -50.

- Bilag 3.01-3.08: Kort i 4 m dybdeintervaller fra 0 til 20 m og i 10 m dybdeintervaller fra 20 til 50 m.

Middelmodstandskortene er interpoleret ud fra SkyTEM-sonderingerne med Kriging, søgeradius 350 m og en cellestørrelse på 50 m. Som farveskala er anvendt GeoFysikSamarbejdets standardfarveskala (TEM-middelmodstand).

Områderne med høje resistiviteter (over 80 Ohm-m) tolkes generelt som smeltevandssand eller -grus, mens lave resistiviteter (under 30 Ohm-m) tolkes som lerede aflejringer. Intermediære værdier (mellem 30-80 Ohm-m) vil typisk kunne tolkes som moræneaflejringer (moræneler, -silt, -sand eller -grus). Resistivitetsværdierne varierer dog en del, idet den både afhænger af lerindhold, porøsitet og porevandets resistivitet. Der kan således være overlappende (ens) værdier for de forskellige litologiske lag. For eksempel kan såvel sandede moræneaflejringer og smeltevandssand vise resistivitetsværdier omkring 70-90 Ohm-m.

4.1.1 Middelmodstandskortene i dybdeintervaller

De øverste 20 meter under terræn

I det mest terrænnære dybdeinterval, 0-4 m bilag 3.01, ses overvejende lave resistiviteter på mellem 20 til 50 Ohm-m. Der er i mindre, afgrænsede områder høje resistiviteter på 80-120 Ohm-m. Dette gælder områder omkring Store Marbjerg, mellem Skovmølle og Myrup, umiddelbart syd for Myrup samt Smedebanke længere mod syd.

I det underliggende 4 meters dybdeinterval (4-8 m) stiger resistiviteten til over ca. 60 Ohm-m i det meste af området, jf. bilag 3.02. Områderne med højeste resistiviteter, som vil kunne tolkes som sand- eller grusaflejringer, findes generelt stadig kun omkring de ovennævnte områder, dog ses der også høje modstande nord/nordøst for Myrup by samt syd og sydøst for Rettestrup Plantage.

I dybdeintervallet 8-12 m stiger resistiviteten yderligere og ligger nu overvejende omkring 60 til 120 Ohm-m, jf. bilag 3.03. Det er stadig ovennævnte områder, der udviser de højeste resistiviteter.

Dybdeintervallet 12-16 viser igen stigende resistivitet nedefter. Specielt ses høje modstande nordøst for Myrup by, øst-sydøst for Store Marbjerg, syd og sydøst for Rettestrup Plantage samt i et mindre område mellem Myrup og Lov, jf. bilag 3.04.

Ovennævnte områder viser tilsvarende høje eller stigende resistivitet i dybdeintervallet 16-20 meter, jf. bilag 3.05. De højresistive områder synes at have en tendens til at være orienteret SV-NØ.

Aflejringer under 20 meters dybde

Under 20 meters dybde er dybdeintervalkortene vist i 10 m dybdeintervaller, bilag 3.06-3.08.

Dybdeintervallet 20-40 meter viser udpræget høje resistiviteter i de samme områder som er nævnt under dybdeintervallet 12-16. Der er dog en tendens til at de højeste modstande "topper" i dybdeintervallet 20-30 meter, hvor der ses store områder med værdier op over ca. 200 Ohm-m.

Der ses dog også områder, hvor resistiviteten er markant faldende, det drejer sig specielt om området nord-nordøst for Store Marbjerg samt et SSV-NNØ gående strøg umiddelbart vest for Lov i den sydlige del af området, jf. f.eks. bilag 3.07. I 40-50 m dybde falder resistiviteterne i disse områder til meget lave værdier på omkring 20 Ohm-m.

4.1.2 Middelmodstandskortene i koteintervaller

I koteintervallerne bilag 2.01-2.08 ses overordnet det samme billede. Disse resistivitetskort er uafhængige af terrænoverfladen og vil således ofte give et bedre billede af de stratigrafisk sammenhængende aflejringer.

Det bemærkes at der ses sammenhængende strukturer i de højresistive aflejringer over kote 0. Dette gælder f.eks. en større SSV-NNØ gående struktur umiddelbart vest for Lov samt en V-Ø gående ved Rettestrup Plantage, jf. bilag 2.03.

Tilsvarende ses udpræget høje resistiviteter i koteintervallet 0 til -30. Herunder falder resistiviteten drastisk i skarpt afgrænsede områder, f.eks. umiddelbart vest for den SSV-NNØ gående struktur nævnt ovenfor vest for Lov.

4.1.3 Profilerne

Der er vist fire profiler på bilag 4.01-4.02. Profilerne viser sektioner gennem 3D-resistivitets grid baseret på SkyTEM-modellerne. Dér hvor der findes SkyTEM sonderinger er modellerne vist som stave. De to grå linjer viser den estimerede indtrængningsdybde for SkyTEM-data (øvre og nedre DOI (Depth Of Investigation)).

Alle boringer indenfor en radius af 150 meter fra profilerne er projiceret ind på profilerne og den vinkelrette afstand fra profilet til boringen er angivet i meter under boringerne. Over boringerne er angivet boringens DGU nr.

Der ses i profilerne et forholdsvist tyndt toplag i terræn, som har lav resistivitet (20-40 Ohm-m). Dette gælder dog ikke på bakketoppene, hvor resistiviteten flere steder kommer op omkring 100-200 Ohm-m.

Profilerne viser udpræget god overensstemmelse mellem høje resistiviteter og top af kalk samt aflejringer af smeltevandssand (ds).

Flere steder ser ses resistiviteten at være relativ høj i moræneleren. Der er dog ikke tale om urealistisk høje værdier, idet den generelt ikke overstiger 80 Ohm-m. Desuden er der nedenstående tre forhold, som kan spille ind.

Interpoleret resistivitetsgrid

Enkelte steder ser det ud til at lerede aflejringer har høj resistivitet, se f.eks. profil MR1-V-Ø, station ca. 3.900 meter, bilag 4.02. Her viser boring DGU nr. 221.896 ringe overensstemmelse med det bagvedliggende resistivitetsgrid. Bemærk imidlertid, at der ikke findes SkyTEM-sonderinger på dette sted, men at det bagvedliggende resistivitetsgrid er fremkommet ved ren interpolation i mellem de sonderinger, som ligger i nærheden. Dette ses på profilerne, hvor SkyTEM-sonderingerne er vist som stave med de enkelte modellag (19-lagsmodel) langs det bagvedliggende interpolerede resistivitetsgrid. Det er således vigtigt at være opmærksom på, hvor der rent faktisk findes data.

Indtrængningsdybden

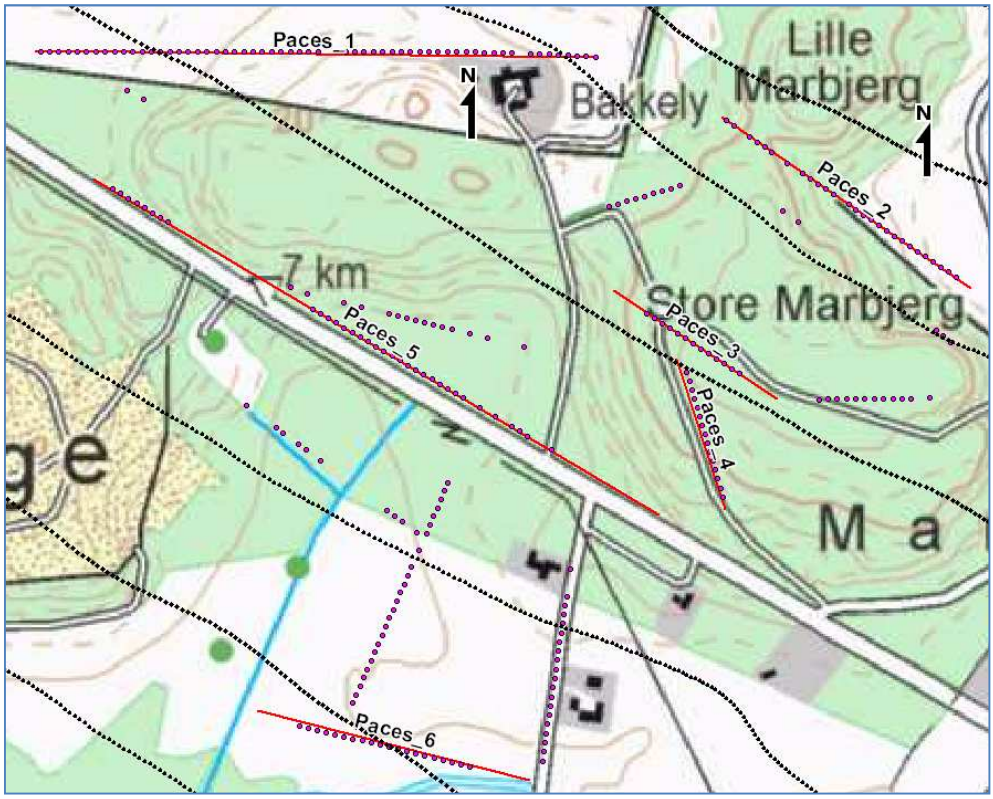
På profilerne man generelt kun have tiltro til de viste resistiviteter, der ligger *over* de to grå linjer. Disse grå linjer viser den såkaldte DOI (Depth Of Investigation), der repræsenterer indtrængningsdybden af SkyTEM-sonderingerne.

Projektions afstand

Bemærk som den sidste ting, at boringerne er projiceret ind på profilet og således kan ligge op til 150 meter fra profillinjen. Afstanden til boringerne er angivet under hver enkelt boring (i meter).

4.2 Sammenligning med eksisterende geofysik

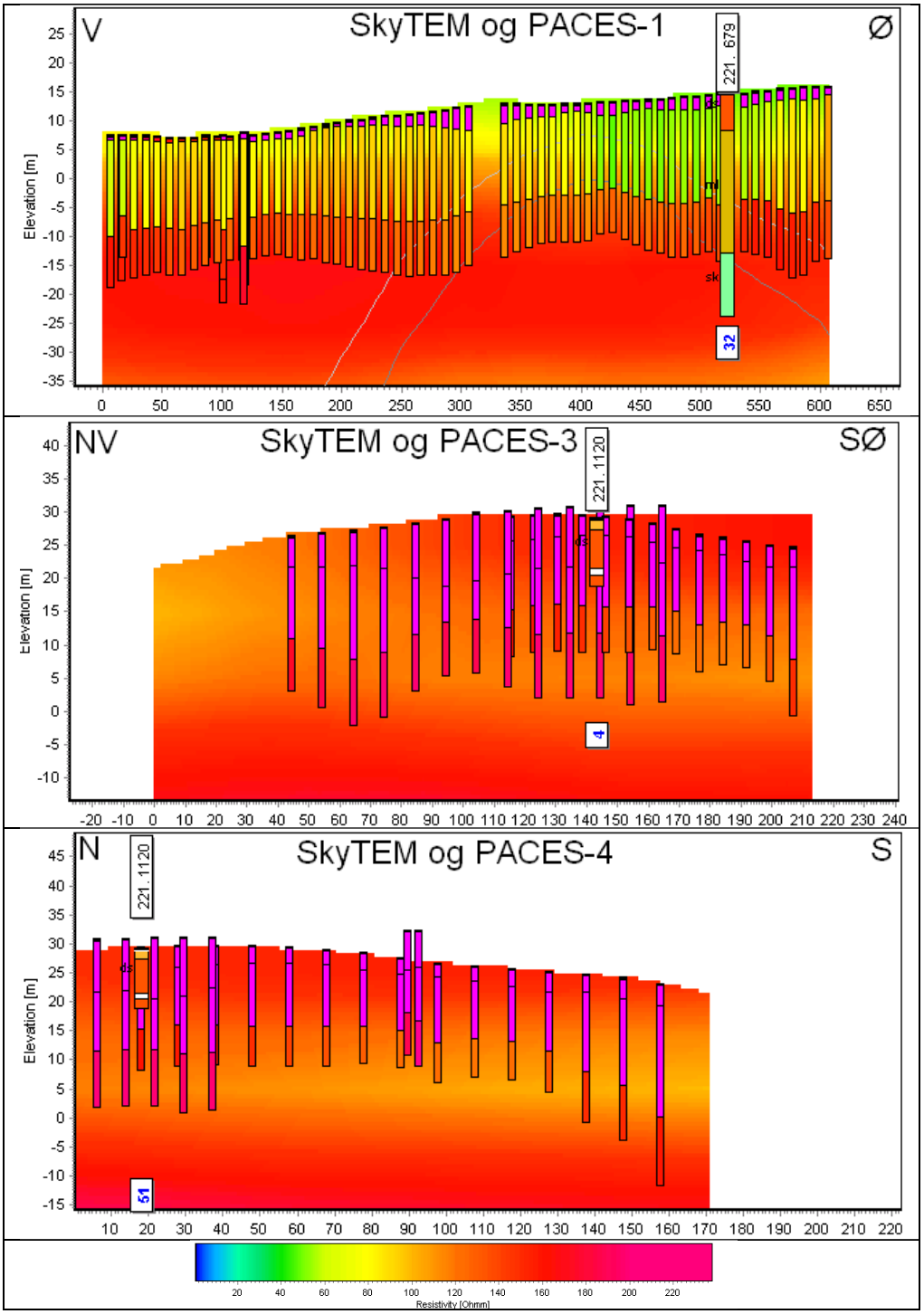
Der findes i GERDA en række PACES-profiler i området omkring Store Marbjerg. Figur 4-1 viser placeringen af en række profiler, som er lavet for direkte sammenligning af SkyTEM og PACES resultaterne. Profilerne er placeret langs fem af de længste PACES linjer, som er orienteret overvejende langs SkyTEM-flyvelinjerne i et område ved Store Marbjerg. Profilerne er navngivet PACES 1-6 og udvalgte profiler gennemgås i det følgende. Profilerne er udvalgt efter placering og forventet datakvalitet.



Figur 4-1 Placeringen af sammenligningsprofilerne (røde linjer) omkring Store Marbjerg for SkyTEM-sonderinger (sorte prikker) og PACES-data (lilla prikker).

Profilet PACES-1 er orienteret V-Ø mellem to SkyTEM-flyvelinjer. Det mest terrænnære lag (max. ca. 3 m tykt) ses i PACES-modellerne som et højresistivt lag og harmonerer dårligt med SkyTEM-modellerne, som viser lave, terrænnære modstande, se Figur 4-2. De underliggende lag stemmer derimod rimeligt godt overens, idet der i begge modeller ses et lav-resistivt lag ned til kote ca. -5 m, hvorunder der ses stigende resistivitet. Det midterste lag tolkes som moræneler (ml) og det underliggende højresistive lag som Skrivekridt (sk), jf. boring DGU nr. 221.679 der ligger ca. 32 m fra profilet, se Figur 4-2.

PACES-3 findes mindre end 30 m fra den nærmeste SkyTEM flyvelinie. Her ses overensstemmelse mellem de to metoder, idet de begge viser høje, terrænnære modstande, faldende resistivitet i koteintervallet ca. kote 14 til 0 og stigende resistivitet under kote 0. De høje, terrænnære aflejringer tolkes fra boring DGU nr. 221.1120 at være sand, se Figur 4-2. Noget tilsvarende ses på profil PACES-4, som ligger på den anden side af SkyTEM-flyvelinjen, orienteret i en N-S gående retning, se Figur 4-1.

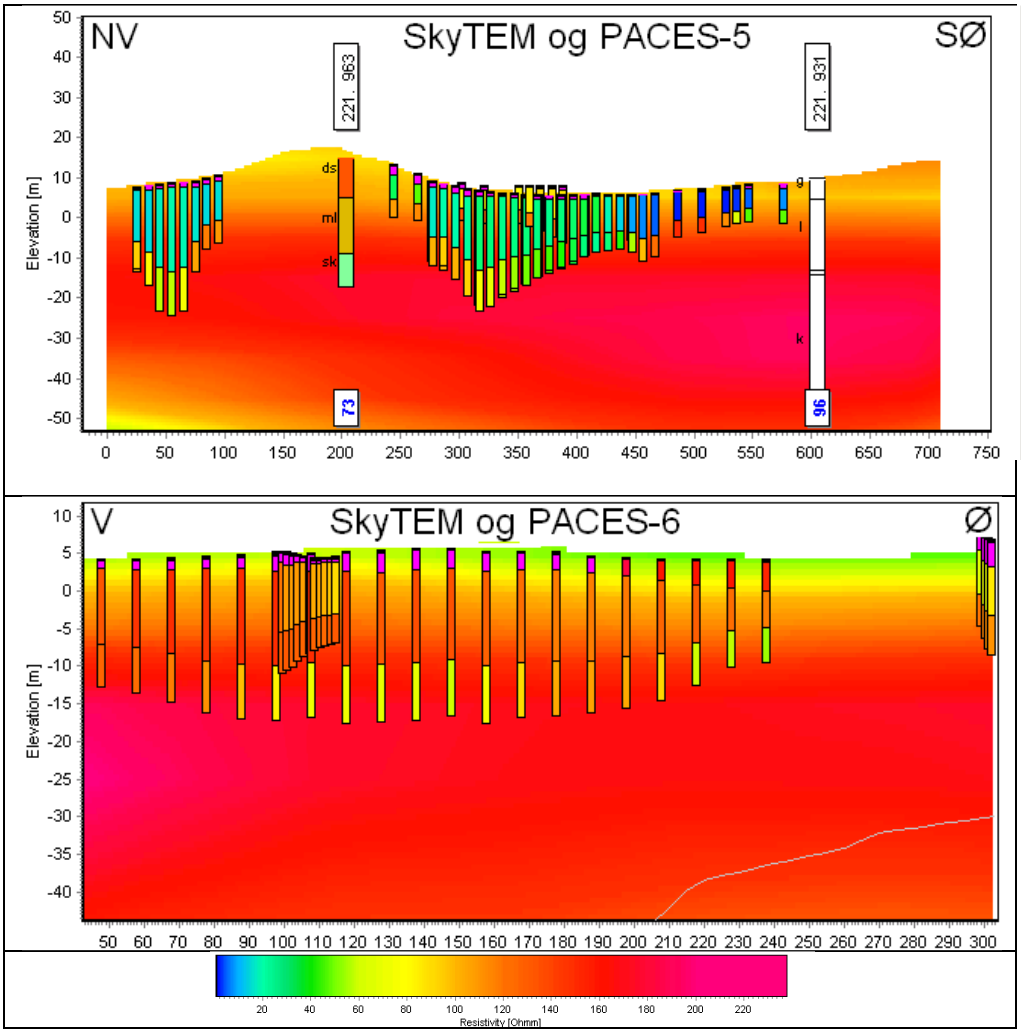


Figur 4-2 *Profilerne PACES 1,3 og 4. Som baggrund er vist resistivitet fra SkyTEM-modellerne (interpoleret til 3D-grid), mens boringer og PACES-modeller er vist som stave. Lilla angiver lag med høj resistivitet jf. legend. Afstanden til boringer (i meter) er vist under boringen. Placeringen af profilerne fremgår af Figur 4-1.*

På profil PACES-5 ses fra de to boringer, at der er et terrænnært sand/gruslag. Dette er i overensstemmelse med PACES-modellernes højresistive toplag, som imidlertid ser ud til at underestimere tykkelsen af sandlaget. Herunder viser såvel PACES som SkyTEM stigende resistiviteter, men de absolutte værdier ligger dog væsentlig lavere i PACES end i SkyTEM. Dette tolkes som et resultat af, at PACES-profilet er placeret langs en vej og derfor sandsynligvis er påvirket af nedgravede kabler langs vejen. SkyTEM-resultatet viser dog meget høje værdier i forhold til det over 10 meter tykke morænelerslag, som ses i boringerne, resistiviteten ligger her omkring ca. 100-120, hvilket er urealistiske høje værdier for moræneler, som erfaringsmæssigt ikke kommer over 80-90 Ohm-m.

Profilet PACES-6 indeholder modeller fra to forskellige PACES-linjer samt SkyTEM griddet, se

Figur 4-3. Den PACES-linje, som krydser vinkelret på profil PACES-6 ved station 100 -120 m er tilsyneladende i overensstemmelse med SkyTEM-resultaterne, dog bortset igen fra det tynde, højresistive og terrænnære lag, som ses i PACES og ikke i SkyTEM. Den anden PACES-linje, som løber parallelt med SkyTEM flyvelinjen er derimod i direkte modstrid med både SkyTEM og den krydsende PACES-linje.



Figur 4-3 *Profilerne PACES 5 og 6. Som baggrund er vist resistivitet fra SkyTEM-modellerne (interpoleret til 3D-grid), mens boringer og PACES-modeller er vist som stave. Afstanden til boringer (i meter) er vist under boringen. Placeringen af profilerne fremgår af Figur 4-1.*

De to PACES-linjer krydser ellers hinanden i dette profil, jf. Figur 4-1, og det må derfor konkluderes, at PACES-modellerne tilsyneladende ikke altid er troværdige. Begge PACES-linjerne viser dog et højresistivt, terrænnært lag. Dette lag ses ikke i SkyTEM-resultaterne, hvilket sandsynligvis skyldes at laget er for tyndt til at kunne opløses med TEM-metoden, som har ringe følsomhed overfor højresistive, terrænnære lag.

4.3 Overordnet geologisk tolkning

De terrænnære høje resistiviteter tolkes som aflejringer af smeltevandssand. Typisk ses disse i forbindelse med de topografiske højtliggende områder (Kame-bakkerne), se bilag 3.01, 4.01-02 samt Figur 5-1. Dette ses også ved sammenligning af bilag 3.01 og Figur 5-1, hvor Mogenstrup Ås nord for området viser markant højere resistivitet i forhold til de omgivende aflejringer.

De lavresistive områder tolkes overvejende som moræneaflejringer, typisk moræneler, dog ses der også områder med smeltevandsler og -silt.

Top Skrivekridt ligger generelt typisk omkring kote -15 til -25, svarende til ca. 25-50 meters dybde. Skrivekridtet viser høje modstande på mellem 100-200 Ohm-m i SkyTEM, der hvor der er fersk grundvand.

I de dybere dele af Skrivekridtet ses markant faldende resistiviteter. Disse lave resistiviteter på ca. 10-20 Ohm-m tolkes som salt grundvand i Skrivekridtet. Overfladen af det salte grundvand ses af profilerne bilag 4.01-4.02 at findes i meget varierende dybde. Det salte grundvandsspejl svinger således mellem kote -40 til -80. På fladekortene i Bilag 2.06 - 2.08 ses det salte grundvand at slå igennem langs markante strukturer. Disse strukturer er sandsynligvis relateret til hydrauliske forhold som kan være forkastningsbetingede eller skyldes erosivt betingede strukturer som f.eks. begravede dale.

5 Evaluering af råstofpotentiale

Til evaluering af råstofpotentiale er eksisterende boringer fra GEUS' Jupiter database samt en række eksisterende rapporter og notater vurderet og sammenholdt med SkyTEM data.

I dette afsnit beskrives hvordan de eksisterende tilgængelige oplysninger er blevet anvendt til evaluering af råstofpotentialet.

Der foretages slutteligt i afsnit 5.3.2 en sammenstilling af SkyTEM-resultaterne under inddragelse af de tilgængelige geologiske oplysninger.

5.1 Boringer

Boringerne blev downloadet fra Jupiter i access 2007-format. Dette gav en bruttoliste med 110 boringer indenfor undersøgelsesområdet. Boringerne blev herefter vurderet individuelt og tildelt værdier for overjordstykkelse og tykkeste sammenhængende sand/grus-lag indenfor de øverste 15 meter af lagfølgen. Den individuelle vurdering er vedlagt rapporten som Appendiks B, Råstofvurdering af boringer.

Boringer hvor litologien er angivet som "ukendt" eller "mangler oplysninger" blev fjernet fra bruttolisten og antallet af boringer til brug i Mapinfo var herefter 99 stk.

5.1.1 Overjord

For definition af "overjord" er brugt følgende fremgangsmåde:

- Hvis boringen indeholder moræneaflejringer eller ler/silt over sand/grus er i vurderingen, som er vedlagt som Appendiks B, indskrevet tykkelsen af den overliggende moræneaflejring/ler.

- Hvis boringen indeholder smeltevandssand/grus eller sand/grus øverst er indskrevet værdien "0" i kolonnen for overjord.

- Hvis boringen KUN indeholder moræneaflejringer/ler ovenpå prækvartære kalkbjergarter er disse aflejringer betragtet som overjord.

5.1.2 Forekomst

For definition af "forekomst" er brugt følgende fremgangsmåde:

- For tykkeste *sammenhængende* sand/gruslag i de øverste 15 m er for hver boring anført en værdi for dette. Aflejringer med den litologiske betegnelse "morænesand" og "morænegrus" er betragtet som overjord og altså IKKE som råstofforekomst, da disse

erfaringsmæssigt vides at være for lerede til at være egnet til råstofindvinding.

- Overstiger tykkelsen af største sammenhængende sand/gruslag 15 meter, er den totale tykkelse anført, således at værdien i kolonnen "forekomst" godt kan overstige 15.

I afsnit 5.3 er gennemgået resultaterne af vurderingen af eksisterende boredata.

5.2 Tidligere undersøgelser

I forbindelse med den aktuelle undersøgelse er den eksisterende litteratur /1/ til /8/ inddraget, og der er nedenfor givet en sammenstilling af konklusionerne.

Området omkring Myrup Bakker domineres af et antal større og mindre adskilte og uregelmæssigt formede bakker, hævet 20-30 meter over det omkringliggende landskab. Området er tolket som et dødislandskab og Myrup Bakker som kame-bakker dannet ved aflejring af silt, sand og grus i isdæmmede søer ved slutningen af sidste istid. Da isen endeligt smeltede bort stod bakkerne tilbage i deres markante form og uden morænedække./6/

Særligt området omkring Rettestrup Plantage, Marbjerg, Myrup Banke og Uglehøj har været genstand for opmærksomhed i tidligere undersøgelser, men konklusionerne er forholdsvis forskellige og i nogle tilfælde nærmest modstridende. Bl.a. konkluderes i /3/ at det ikke synes at være basis for etablering af råstofindvinding i Rettestrup Plantage, hvilket dog senere alligevel har fundet sted iflg. /7/

Grundlæggende er der dog en række konklusioner, som er nogenlunde enslydende i alle tidligere undersøgelser:

Prækvartæroverfladen består af Skrivekridt og findes i området generelt omkring kote -15 til -20. Herover findes moræneler (vekslende leret, sandet, gruset og stenet) af let varierende tykkelse som udgør en flade med en svagt bølget topografi.

1) Grundvandsspejlet står omkring kote -10 i nordvest og omkring kote -5 i sydvest.
2) Silt, sand, grus og sten findes primært i de kame-bakker som overlejrer morænefladen og i mindre udstrækning i fordybninger i morænefladen.
3) I kame-bakkerne findes stort set ingen overjord over sand- og grusforekomster, mens evt. forekomst i fordybninger i morænefladen kan være dækket af et flere meter tykt lag overjord.

4) Forekomsterne har en stedvist kompliceret opbygning grundet aflejringsmiljøet. Nogle steder - ofte i den indre del af kame-bakkerne - findes tykke lag af relativt velsorterede, sandede aflejringer med næsten vandret beliggenhed. Andre steder - ofte i siderne af kame-bakkerne - findes mere uensartede aflejringer som kan være opstået ved f.eks. aflejring i eroderende kanaler i issøernes kanter eller ved senere nedskridning af materiale.
5) Det er uklart fra tidligere undersøgelser og opsummeringer af disse f.eks. /4/, /5/, /6/ og /7/ hvilket volumen og hvilken kvalitet af råstoffer der kan forventes at være tilbage i området. Dels er resultaterne ikke entydige og dels er der usikkerhed om, hvor og i hvilken grad råstofferne tidligere er indvundet.

Da der gennem mange år har foregået råstofindvinding mange steder i området, er det sandsynligt, at de lettest tilgængelige råstoffer er bortgravet.

At tidligere råstofgravning har "begrænset" sig til de aktuelle arealer kan typisk tolkes som et resultat af en eller begge af følgende grunde:

1) Der var ikke flere råstoffer af god nok kvalitet
2) Der var andre arealmæssige, fredningsmæssige eller lignende forhindringer for indvindingen. (I denne forbindelse kan det være en fordel at granske tidligere råstoftilladelser, som måske kan forklare årsagen til afgrænsningen af det tilladte/benyttede graveområde.)

Tilstedeværelsen og udbredelsen af en tidligere/eksisterende råstofgrav er altså en glimrende indikator for at der har været råstoffer i området og det kan betyde, at der også findes råstoffer i de tilstødende arealer. Dog kan dette ikke bruges som entydig indikator for kvaliteten af en eventuel råstofforekomst i tilstødende arealer.

Udbud og efterspørgsel på råstofmarkedet kan i øvrigt have gjort, at materialer som tidligere blev vurderet som uinteressante (og derfor ikke er indvundet) i dag har en større værdi som eventuelt gør dem rentable at udnytte.

5.3 Udpegning af interesseområder

Grundet en ringe datatæthed i boringer og en meget varieret geologi og topografi har det ikke været muligt at fremstille et decideret interpoleret kort over overjordstykkelsen. Der er derfor i stedet udarbejdet et tematisk punktkort baseret på en systematisk gennemgang af områdets boringer, jf. afsnit 5.1.

5.3.1 Tematisk punktkort - bilag 5

Fra boringerne er der lavet tematiseringer af:

- Tykkelse af overjord
- Tykkelse af tykkeste sammenhængende sand/gruslag.

Der er anvendt farverne rød, gul og grøn.

Resultatet er vist på bilag 5 i form af et tematisk punktkort, som viser:

Store cirkler

A) Tykkelsen af overjord fordelt i de tre tykkelsesintervaller 0-5 m (rød), 5-10 m (gul) og > 10 meter (grøn). Punkterne er vist med *store* cirkler.

Små cirkler

B) Tykkelsen af tykkeste sammenhængende sand/gruslag i de øverste 15 meter fordelt i de tre tykkelsesintervaller 0-5 m (grøn), 5-10 m (gul) og > 10 m (rød). Punkterne er vist med *små* cirkler oven i symbolerne for overjordstykkelse.

Punkter med 2 røde symboler oven i hinanden indikerer lille mægtighed af overjord og stor mægtighed af sandforekomst og dermed god sandsynlighed for udnyttelig råstofforekomst.

Punkter med 2 grønne symboler oven i hinanden indikerer omvendt stor mægtighed af overjord og lille eller ingen sandforekomst og ringe sandsynlighed for udnyttelig råstofforekomst.

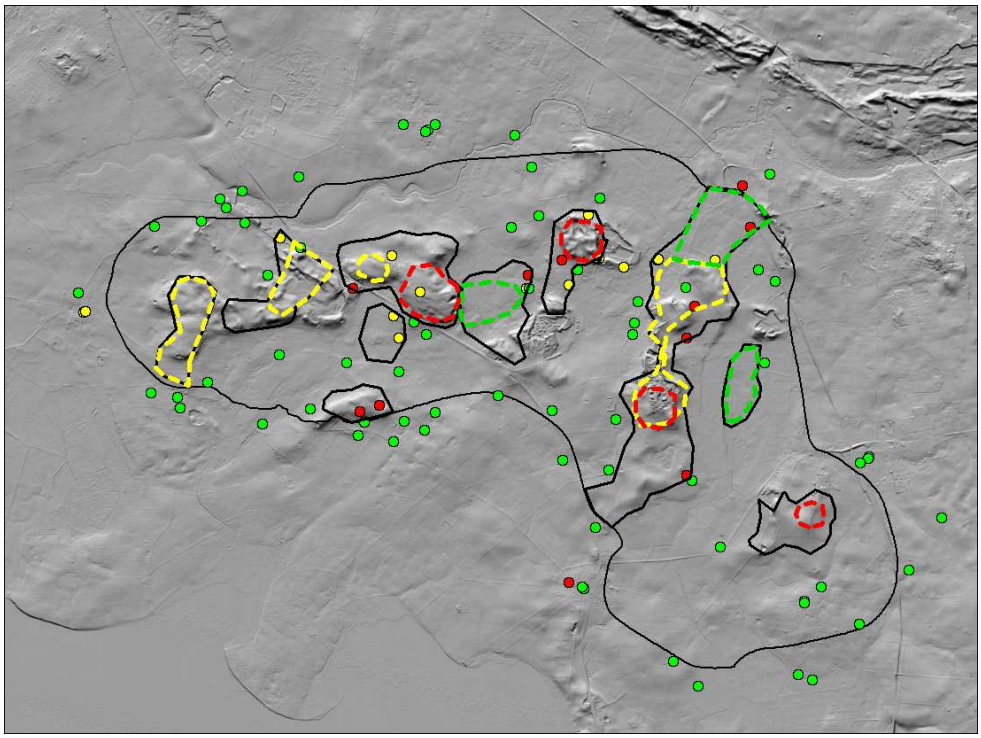
Kumuleret sandtykkelse

Den akkumulerede sandtykkelse indenfor de øverste 15 meter af boringerne er også vurderet, men dette har vist sig ikke at bidrage med informationer som ikke allerede kan udledes ved at vurdere tykkelse af overjord og tykkeste sammenhængende sand/gruslag. Akkumuleret sandtykkelse er derfor ikke vist på bilag 5 eller 6, men data findes i tabellen *tykkelse_af_overjord_og_forekomst_i_jupiter_boringer.* Data for akkumuleret sandtykkelse kan derfor anvendes til tematisering i Mapinfo.

5.3.2 Sammenstilling af boringsdata og SkyTEM data

Ved en gennemgang af den ovenfor beskrevne tematisering af boredata fra Jupiter databasen samt ved sammenstilling med topografi og resultater af SkyTEM har der vist sig overordnet god overensstemmelse med tidligere undersøgelsers konklusioner omkring udbredelsen af sandede (og evt. grusede) forekomster i kame-bakkerne i undersøgelsesområdet.

Kamebakkerne fremstår som markante topografiske høje i det nuværende landskab. Sammenhængen mellem topografien og de i denne rapport udpegede interesseområder for råstoffer fremgår af Figur 5-1.



Figur 5-1 *Kort over terrænoverfladen (DTM) vist sammen med de tolkede mulige råstof-forekomster fra boringer (farvede cirkler jf. bilag 5 og 6) og SkyTEM-resultaterne (områder afgrænset af stiplede linjer, jf. bilag 6).*

En sammenligning af resistiviteterne og boringerne fremgår bedst af profilerne bilag 4.01-4.02. Ud fra en sammenstilling af boringer og SkyTEM-resultater kan følgende konkluderes:

I dybden 0-4 m ses der god overensstemmelse mellem relativt høj resistivitet (50-100 Ohm-m) i områder hvor boringer viser mindre end 5 meter overjord. Områderne med høj resistivitet svarer i grove træk topografisk set til kame-bakkerne. Der ses ligeledes overensstemmelse mellem relativt lav resistivitet (15-50 Ohm-m) i områder, hvor boringer viser mere end 5 meter overjord.

I dybden 4-8 meter er billedet mindre klart, idet SkyTEM resultaterne her viser relativt høje resistiviteter (60-80 Ohm -m) også i de områder hvor der ifølge boringer findes moræneler/overjord. Dette kan skyldes en kombination af at moræneleret generelt er meget kalkholdigt eller indeholder mindre ler og flere siltede/sandede/stenede fraktioner. Det kan også skyldes, at SkyTEM ikke kan opløse de enkelte lag, og at de modellerede resistiviteter udgør et gennemsnit af flere reelle lag med

forskellig resistivitet. Der henvises til afsnit 7 for en evaluering af SkyTEM metodens anvendelighed til råstofkortlægning.

I dybden 8-12 meter og dybere viser SkyTEM resultaterne generelt middelhøje til høje resistiviteter, også i områder med f.eks. moræneler.

I større dybde er resistiviteten yderligere stigende, hvilket tolkes som såvel sand- og grusaflejringer som kalk (Skrivekridt) med fersk grundvand, jf. bilag 4.01-4.02. Da begge litologier udviser høje resistiviteter er der imidlertid også her stor usikkerhed på udpegning af sand- og grusforekomster.

I dybder større end ca. 30 meter forventes udelukkende Skrivekridt og resistiviteterne vil således være høje, hvor der er fersk grundvand og lave, der hvor der er salt grundvand. Det salte grundvand ses af profilerne bilag 4.01-4.02 at findes i meget varierende dybde. Det salte grundvandsspejl svinger således mellem kote -40 til -80.

5.3.3 Udpegede interesseområder - bilag 6

På baggrund af ovenstående konklusioner/data og med de seneste aktive råstofgraveområder for øje, er udpeget i alt 10 områder indenfor hvilke, der er sandsynlighed for råstofforekomst, jf. bilag 6. Områderne er udpeget efter følgende kriterier:

1) Der må maksimalt være 10 meter overjord.
2) Der skal mindst være ét minimum 5 meter tykt sammenhængende sand/grus-lag indenfor de øverste 15 m u.t.
3) Der skal være et sammenhængende areal på minimum 5 ha medmindre arealet støder op til et eksisterende eller tidligere graveområde, i hvilket tilfælde arealet skal være mindst 1 ha.

De 10 udvalgte områder er afgrænset ud fra følgende:

SkyTEM råstoftolkning

Afgrænsning foretaget alene ud fra hvor SkyTEM viser høje resistiviteter (>100 Ohm-m) i dybdeintervallerne 0-4 m, 4-8 m og 8-12 m. Disse arealer er optegnet på bilag 6 med stiplede linjer, hvor der er anvendt følgende farvekoder:

- **Rød:** Høje resistiviteter fra terræn og ned til minimum 12 meters dybde
- **Gul:** Høje resistiviteter fra terræn og ned til maksimum 8 meters dybde
- **Grøn:** Potentiel dybereliggende råstofforekomst. Her ses høje resistiviteter først fra 8 meters dybde og nedefter

Borings råstoftolkning	Afgrænsning foretaget alene ud fra gennemgangen af boringernes litologi (overjord/forekomst), topografisk afgrænsning af bakker, eksisterende graveområder samt af større veje og/eller bygninger/beboelsesejendomme.
Sammentolkning	Disse områder er herefter sammentolket på bilag 6, hvor sammentolkningen er vist med sort, fuldt optrukken streg. Områderne er herefter individuelt gennemgået og en opsummering af informationer om de 10 områder er givet i nedenstående Tabel 5-1. Bemærk at evt. anslåede tykkelser af forekomst er usikre og primært baseret på boringer, geomorfologi, terræn og SkyTEM resultaterne. "?" Angiver at det ikke kan anslås fra nuværende viden og "?" foran en tekst i parentes angiver at dette er meget usikkert.

Tabel 5-1 Opsummering af informationer om de 10 udpegede interesseområder

Område	Areal (ha)	Indikation på råstoffer			Overjord	Evt. bemærkninger i forhold til tidligere undersøgelser	Forventet tykkelse af råstoffer	Formodet sand og/eller grus	Nye boringer foreslået
		SkyTEM	Boringer	Graveaktivitet					
A1	23,6	Høj resistivitet i de øverste ca. 8 m	-	-	< 5 m	-	Ukendt	Sand	2 stk
A2	11,7	Middel resistivitet i de øverste ca. 8 m, herunder svagt stigende	2 positive	-	? SkyTEM og boringer	-	? (> 10 m)	? (Sand og grus)	2 stk
B1	29,2	Høj resistivitet i de øverste ca. 8 m	1 positiv	Grænser op til/krydser tidligere graveområde	< 5 m	Tidl. vurderet uinteressant, dog senere etableret indvinding fra et større areal i Rettestrup plantage	> 5 m	Sand og grus	3 stk
B2	51,6	Høj resistivitet i øverste ca. 8 m dog kun mod SØ	2 positive	-	? Overvejen	En del undersøgelser lavet med varierende konklusioner	~ 10 m, men varierende	Sand og grus	4 stk
B3	13,1	Middel resistivitet i de øverste ca. 4 m, herunder stigende	2 positive	-	Ca. 5 m	Tilsyneladende ikke nærmere omtalt	< 10 m	? (Sand og grus)	2 stk
C1	24,2	Høj resistivitet i de øverste ca. 12 m, herunder faldende	3 positive	Grænser op til	< 5 m	Flere undersøgelser og udpeget til indvinding som er i gang/gennemført	< 10 m, men varierende	Sand og grus	2 stk
C2	33,4	Middel resistivitet i de øverste ca. 4 m, herunder kraftigt stigende	1 positiv	Grænser op til	Ca. 5 m	Nævnt i /6/ at der er undersøgt og fundet sand. Et lerlag deler muligvis forekomsten.	> 10 m	? (Sand og grus)	2 stk
D1	130,8	Varierende. Højeste res. ses mod N ca. 8 m u.t. og nedefter.	7 positive 1 negativ	Krydser tidligere graveområde	Varierende	-	> 10 m, men varierende	Sand og grus	7 stk
E1	14,8	Lav resistivitet i de øverste ca. 4 m, herunder kraftigt stigende	-		Ca. 5 m	-	?	? (Sand og grus)	2 stk
F1	24,9	Middelhøj resistivitet i de øverste ca. 12 m, herunder faldende.	-	Grænser op til	< 5 m	-	?	? (Sand)	3 stk

6 Anbefalinger til yderligere kortlægning

Anbefaling til placering af råstofboringer

For at vurdere kvaliteten og derved muliggøre en nærmere afgrænsning af den interessante forekomst samt et evt. overslag af volumen, vil det være nødvendigt at udføre en række råstofboringer.

Grundet det noget varierende aflejringsmiljø anbefales det at placere råstofboringerne forholdsvis tæt for at få et detaljeret billede af kvalitet og volumen. Da der imidlertid er tale om forholdsvis store arealer og i nogle områder en begrænset viden om en evt. råstofforekomst, er det dog en god fremgangsmåde som udgangspunkt kun at udføre nogle få afgrænsende boringer. Det foreslås derfor at placere boringer med max ca. 300 meters mellemrum og således at de i videst muligt omfang kan bekræfte data fra eksisterende boringer uden at ligge for tæt på disse og samtidig kan hjælpe til at afgrænse den forventede forekomst. Det må forventes, at den endelige placering af boringer vil skulle justeres i felten i forhold til adgangsforhold.

Såfremt de foreslåede områder mindskes (f.eks. med baggrund i en afvejning af andre interesser) bør det overvejes at opretholde antallet af boringer, men at placere disse tættere indenfor det areal, der ønskes undersøgt.

Erfaringsmæssigt vil en 8" (200 mm) snegleboring være at foretrække, da denne giver god mulighed for at bore til en rimelig dybde uden at anvende forerør, samtidig med at det opborede materiale er repræsentativt. Forerør bør dog medbringes, da der altid er en vis risiko for at forekomst af sand og grus under vandspejl umuliggør boring til den ønskede dybde uden forerør.

Det anbefales også at lade en geolog med erfaring indenfor råstofboringer og med kendskab til det aktuelle område føre tilsyn under borearbejdet. Dette letter beslutningsprocessen og prøveudtagning betragteligt og er dermed en optimering af tidsforbrug i forbindelse med udførelsen af boringerne.

Prøvemateriale kan således udtages fra de enheder som af geologen vurderes at være relevante for råstofindvinding. Disse udtages som blandingsprøver, der repræsenterer en enhed af gangen.

Prøver analyseres for kornkurve og evt. SE-værdi (sandækvivalent) ud fra geologens vurdering.

7 Evaluering af brug af SkyTEM i forbindelse med råstofkortlægning

I dette afsnit er der foretaget en generel vurdering af SkyTEM's evne til kortlægning af terrænnære sand- og grusaflejringer. Herefter er der på baggrund af de foreliggende inversionsresultater af SkyTEM-data foretaget en konkret vurdering af metodens anvendelighed indenfor råstofkortlægning af terrænnære sand- og grusaflejringer.

7.1 Generelle vurderinger

Det skal bemærkes, at der for tiden er problemer med at kortlægge den korrekte resistivitetsværdi af de øverste ca. 10 meter med SkyTEM. Resistiviteten bliver således for lav i de øverste ca. 10 meter, jf. /11/. Det er endnu ikke klarlagt, hvorfra afvigelserne i de øverst 10 meter kommer. COWI vurderer dog, at usikkerheden primært gælder i forbindelse med de absolutte værdier og at fejlen er mest udpræget for de lavresistive lag. Det vurderes, at de terrænnære resistiviteter kan anvendes, men udelukkende bør bruges ud fra deres relative værdier.

Herudover ligger det i metodens natur, at den ikke er specielt velegnet til at kortlægge terrænnære resistiviteter, herunder specielt tynde, terrænnære lag. Dette gælder specielt højresistive lag, idet metodens følsomhed er størst overfor lavresistive lag (f.eks. lerlag og salt grundvand).

Usikkerheden på såvel resistivitet som lagtykkelse er derfor stigende med stigende resistivitet. Beregninger af diffusionsdybden foretaget af COWI viser således, at måledybden for SkyTEM-sonderingens tidligste målepunkt (gate) varierer mellem 1 til 15 meter afhængig af jordens elektriske ledningsevne. Usikkerheden på de terrænnære lag vil derfor være varierende og afhænge af de terrænnære jordlags resistivitet og vil vokse med stigende resistivitet.

7.2 Konkrete vurderinger

På grund af ovennævnte problem med forkerte absolutte værdier for de terrænnære lag i SkyTEM-data, er det vanskeligt at foretage en konkret vurdering af metodens egnethed til råstofkortlægning. Det anbefales derfor, at denne vurdering foretages på et senere tidspunkt, når problemet er blevet løst.

SkyTEM resultaterne i Rettestrup, Myrup og Lov området indikerer umiddelbart at metoden er velegnet til at kortlægge de højresistive sand- og grusaflejringer som findes i kame-bakkerne. Der ses således god overensstemmelse mellem de tolkede sand- og grusaflejringer og den digitale terrænmodel, se f.eks. Figur 5-1. Det bemærkes dog, at der i disse tilfælde er tale om relativt tykke lag.

Fra sammenligning med boringerne ses i området en tilsyneladende høj (op til ca. 80 Ohm-m) resistivitet i områder med moræneler. En høj resistivitet i moræneaflejringerne gør det vanskeligt at afgrænse råstofforekomsterne, idet resistivitetskontrasten i så fald er for ringe. Det er set i andre kortlægninger, at moræneleren har en så høj resistivitet. Det kan ikke ud fra de foreliggende data fastslås, om SkyTEM måler korrekte værdier for morænleren. Der kan også være tale om at metoden ikke har tilstrækkelig opløsningsevne til at adskille de enkelte

(tynde) lag, hvorved der opnås en gennemsnitsværdi eller "udtværing" af resistivitetsfordelingen i jorden.

Det underliggende Skrivekridt ses at have meget høje modstande. Kortlægning af sand- og grusforekomster umiddelbart over eller tæt ved kalkoverfladen vil derfor ikke kunne kortlægges på grund af for ringe resistivitetskontrast. Dette vil dog også være vanskeligt for andre geofysiske metoder.

SkyTEM kan ikke måle tæt ved ledninger, veje og bygninger og der er derfor en begrænsning i hvor der kan måles. Der opnås imidlertid en god fladedækning, da der flyves relativt tæt og da sonderingerne ligger tæt på selve flyvelinjen (indbyrdes afstand er ca. 35 meter).

7.3 Samlet vurdering

På grund af den relativt ringe opløsningsevne i de øverste 10-20 meter af specielt højresistive lag vurderes metoden at kunne overse relativt tynde lag af sand/grus. Dette gælder specielt, hvis der er lavresistive lag der over- og/eller underlejrer forekomsten. Her vil der være en risiko for lagundertrykkelse af det højresistive lag, hvilket vil sige, at det højresistive lag ikke kan opløses med denne målemetode. Forekomster med større mægtighed (min. 10-15 meter) vurderes dog at kunne kortlægges med metoden.

I kraft af den gode fladedækning giver SkyTEM et rigtigt godt overblik over den overordnede geologi og åbner op for en sammenhængende og relativ detaljeret tolkning af de geologiske forhold og den geologiske dannelseshistorie.

Samlet set vurderes en SkyTEM-kortlægning derfor at være en meget velegnet metode til screening af større områder for udpegning af interesseområder med henblik på videre detail-undersøgelse for råstofforekomster.

8 Referencer

/1/ Gavnø. Marbjerg Plantage. Undersøgelser af grusforekomster. Rapport nr. 1, Geodan, 1980

/2/ Råstofkortlægning af storstrøms Amtskommune. Etape B. Rapport over Myrup-området (Geoelektriske undersøgelser m.v.) Instituttet for teknisk geologi, I. Krüger A/S. 1977

/3/ Prøvegravninger i Rettestrup Plantage, H+H industri/Teknologisk Institut, 1981

/4/ Udkast til beskrivelse af indvindingsmulighederne for sand og grus i et område ved Myrup. Storstrøms Amtskommune, Miljøkontoret, 1985

/5/ Storstrøms Amt. Geofysiske rapporter. 2002

/6/ Storstrøms Amt Råstofkortlægning på Sydsjælland. Notat om grusforekomster. Watertech 2002 Storstrøms Amt.

/7/ Storstrøms Amt Råstofkortlægning på Sydsjælland 2002. Fase 2, nærmere undersøgelse af mulige grusforekomster. Watertech for Storstrøms Amt 2003

/8/ Rettestrup Plantage, geoelundersøgelser. (Årstal og forfatter ukendt)

/9/ SkyTEM Surveys ApS: SkyTEM kortlægning af: Næstved. Afrapportering af rådata. April 2011.

/10/ Vejledning og kravspecifikation for SkyTEM-målinger, processering og inversion. Version 2.4. GeoFysikSamarbejdet. Januar 2011.

/11/ Refinement of the TEM reference model at Lyngby. GeoFysikSamarbejdet. November 2011.

Appendiks A

Kvalitativ processeringsvejledning

COWI

Processeringsvejledning i SkyTEM modulet

Intern vejledning

Maj 2011

COWI A/S

Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

COWI

Processeringsvejledning i SkyTEM modulet

Internt dokument

Maj 2011

Dokumentnr.
Version 0
Udgivelsesdato 5. maj 2011

Udarbejdet OFN
Kontrolleret JAME
Godkendt OFN

Indholdsfortegnelse

1	**Generelt**	**2**
1.1	Der arbejdes på C-drevet	2
1.2	Forslag til layout-indstillinger	3
1.3	Overordnet workflow	3
2	**Processering af GPS-positioner**	**4**
3	**Processering af flyvehøjden**	**5**
3.1	Processering af tilt (pitch and roll)	6
4	**Processering af raw-data**	**7**
4.1	Eksempler på koblede data	9
5	**Processering af average-data**	**13**
6	**Almindelige genveje i Workbenchen**	**14**

1 Generelt

1.1 Der arbejdes på C-drevet

Workspace og database kopieres fra serveren til C-drevet og der arbejdes på C-drevet. Dette foregår automatisk ved at dobbeltklikke på et perl-script, se nedenfor.

Scriptet gemmer en backup-kopi automatisk i mappen "Archive". Denne back-up-kopi giver dog kun mulighed for at gå én version tilbage. Som ekstra sikkerhed **skal der manuelt som minimum tages en ugentlig back-up** af

- filen GGGWorkspace.gdb
- mappen WorkspaceData

som placeres i en mappe navngivet med den dato som workspacet er fra. Mappen placeres i ARCHIVE\Archived_manually.

1.1.1 Ved dagens opstart

Ved dagens opstart kopieres nedenstående filer på projektdrevet (O-drevet) til mappen "Archive" og til C-drevet: C: \X (hvor X er området NV_Naestved eller SO_Naestved). OBS: Dette gøres *IKKE* manuelt, men ved at dobbeltklikke på filen **skytemcopy.pl**, som er et perl-script. Denne fil ligger på O-drevet i de respektive mapper for områderne (f.eks. for område NV_Naestved i mappen O:\A010000\A014330\3_Pdoc\DATA\SkyTEM\Workspaces\NV_Naestved)

Det, der kopieres af scriptet, er følgende:

- Mappen "Maps"
- Mappen "WorcspaceData"
- Filen "GGGWorkspace.gdb"

Hvis filerne/mapperne findes i forvejen på C-drevet overskrives de blot. Programmet kommer med en advarsel, hvis den finder nyere filer end dem som skal kopieres eller hvis der findes en lock-fil.

Ved kopieringen oprettes en lock-fil, som sikrer, at der ikke er flere, der kan kopiere data fra samme workspace samtidigt. Denne lock-fil slettes automatisk, når man kopierer data tilbage til O-drevet efter dagens arbejde.

1.1.2 Ved dagens afslutning

Efter dagens arbejde **udfyldes statusskemaet:** O:\A010000\A014330\3_Pdoc\DATA\SkyTEM \Status_Skytem_Næstved.xlsx, således at det fremgår, hvor langt man er nået. Dette er meget vigtigt, da vi er flere som skal arbejde i de samme databaser.

Herefter følges nedenstående rutine for kopiering af data tilbage til projektdrevet. Kopieringen til projektdrevet er vigtig, idet andre skal kunne kan tage over og arbejde videre på samme workspace. Inden kopieringen startes skal du huske at gemme (hit SAVE i Workbenchen) og **herefter lukke programmet!** Det er vigtigt at lukke Workbenchen helt, da den først her skriver til databasen!

Når Workbenchen er færdig med at opdatere dobbelklikkes på filen **Skytem_til_O_drev.pl**, som er et perl-script automatisk oprettet ved kopieringen om morgenen. Denne fil ligger på C-drevet i den mappe, som data er blevet kopieret til om morgenen (f.eks. C:\Næstved\SkyTEM\NV_Naestved).

1.2 Forslag til layout-indstillinger

Tryk på knappen "Set buffer Pos" i Edit Form vinduet. Sæt Buffer size til 3 minutter og buffer overlap til 10%. Sørg for at data er vist med gode, synlige farver (ikke gul!) og at bredde af punkter og streger er god inden du starter processeringen. Det anbefales at sætte stregtykkelsen til 1 og anvende cirkler, str. 2 som (data)punkter i raw-data. I average data anbefales det at bruge error-bars i stedet for punkter, med en bredde på 5.

Sammen med voltage-data skal i Edit Form vinduet vises

- terræn
- flyvehøjde
- evt. tilt (under processeringen af højdedata)

På GIS-kortet skal vises veje (alm. topografisk kort) og ledningsnetoplysninger (vindmøller, hegn, højspænding, gas m.v.). Der kan evt. hentes ortofotos ind.

1.3 Overordnet workflow

Data processeres i denne rækkefølge:

1) GPS

2) Flyvehøjde

3) Voltage data, RAW

4) Voltage data, AVERAGE

2 Processering af GPS-positioner

Kontroller at de midlede positioner (tilhørende den grønne processeringsnode) ligger korrekt i forhold til de rå GPS-positioner (tilhørende SKY-noden). Dette gøres på GIS-kortet i et passende zoomniveau, således at man kan vurdere placeringen af de midlede positioner tilhørende processeringsnoden (flightet).

Se specielt efter om der er outliers i de rå GPS-positioner, som gør at den midlede position bliver forkert.

3 Processering af flyvehøjden

Kontroller at flyvehøjden er korrekt. Dette gælder specielt over skov, søer og lignende, hvor laseren ofte har udfald eller giver forkerte (for lave) højdemålinger.

Dette kontrolleres i **edit-formen** med følgende lag synlige:

- Altitude - point: 1Raw og 2Raw (samt evt. 1Raw Pass 1 og 2Raw Pass 1)
- Altitude - line: Tx Edited
- Tilt: Ave X og Ave Y
- Topography
- Positions

Generelt foretages rettelsen således:

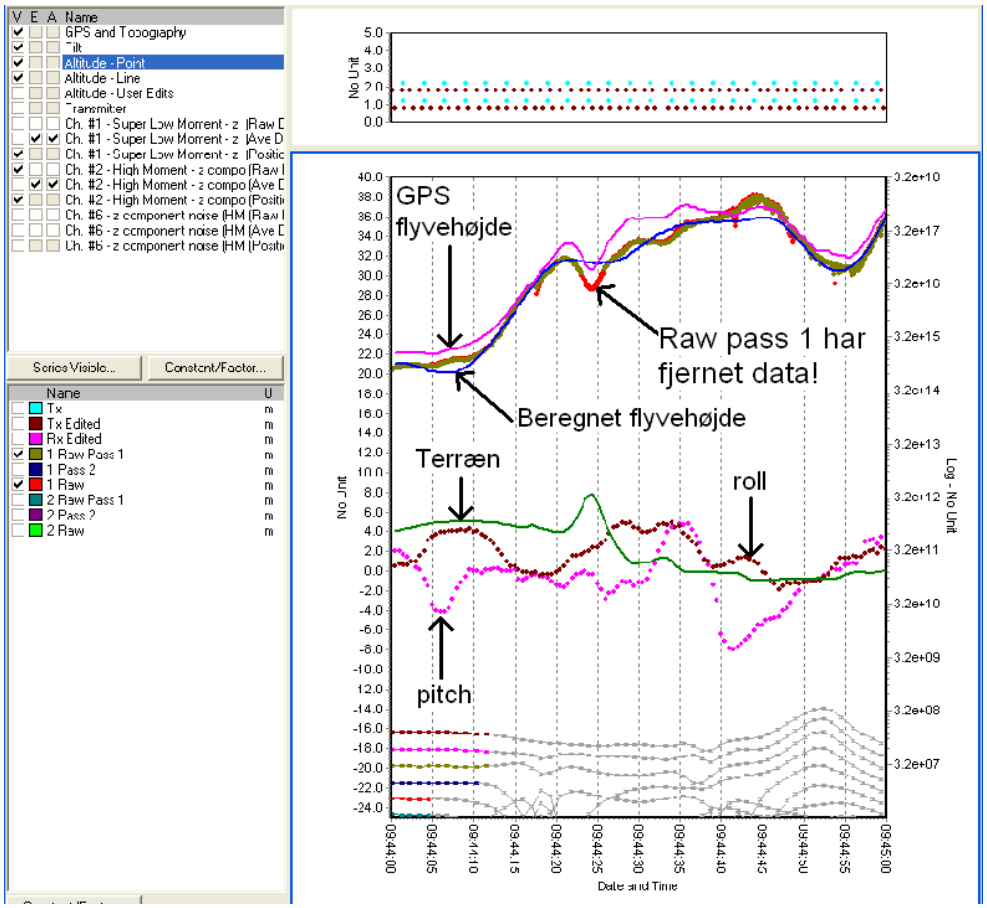
Ved udfald (typisk over skov): Der ses udfald eller meget springende værdier. Fænomenet skyldes, at laseren skiftevis rammer trætoppene og jordoverfladen. Justér højden **op**, således at den passerer gennem de øverste rå højdemålinger, som kan identificeres.

OBS: Du kan støtte dig op ad den målte flyvehøjde med GPS: GPS_Altitude. Den er ikke så nøjagtig som laseren, men den måler uafhængigt af træer og andet, som står på jordoverfladen!

Ved skarpe/kraftige dyk i højden: Her fejler filtreringen sommetider og kommer ikke helt ned i de kraftige dyk, selvom der ikke er udfald i de rå højdedata. Tjek evt. med Pass1 filtreringen, om der her er blevet filtreret rå højdedata fra, som ikke burde være filtreret fra. Justér i givet fald højden **ned**.

Ved mange op- og nedture inden for kort tid: Filteret kan maksimalt skifte retning 7 gange inden for 30 sekunder. Hvis der er flere retningsskift i de rå data, vil filtreringen derfor fejle og det er nødvendigt manuelt at tilpasse kurven.

OBS: Bemærk at det ikke er nødvendigt at bruge tid på at korrigere højdemålingerne, der hvor der ingen SkyTEM-data er! (dvs. hvor der ingen positions ses)



Figur 3-1 Eksempel på fejl i flyvehøjden introduceret af den automatiske filtrering. Terrændtoppen giver et kraftigt dyk i lasermålingerne, som fjernes af første filtrering (Raw Pass 1).

3.1 Processering af tilt (pitch and roll)

Der ændres ikke på tilt, men der indsættes en note i logbogen, hvis tiltværdierne overstiger +/- 25 grader i mere end 15 sekunder. Data skal i så fald ikke anvendes og slettes derfor.

4 Processering af raw-data

I raw-data kigges efter **koblinger**: galvaniske og kapacitive koblinger. Der skal **aldrig fjernes støj** i raw-data, men kun koblinger. Hvis data er koblede over støjniveauet (se senere) fjernes de koblede datapunkter samt alle datapunkter til senere tider i sonderingen. Dette gælder på *begge* momenter. Dvs. hvis der f.eks. er identificeret en kobling til et givet tidspunkt på det høje moment (HM), fjernes alle data til senere tider i dette område - også på det lave moment (SLM).

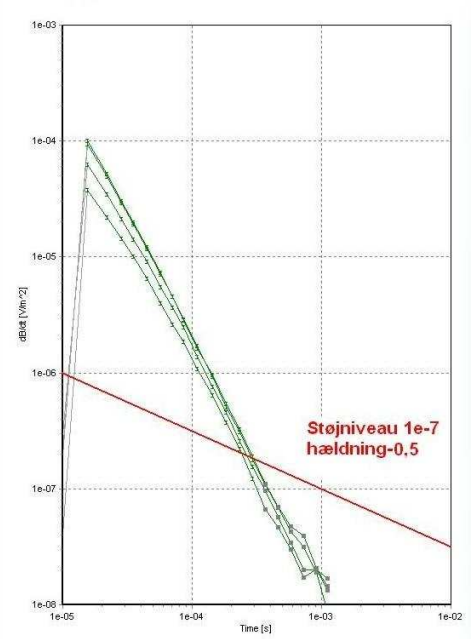
Data skal **ikke vurderes under støjniveau** i raw-data. Støjniveauet er defineret i filtrene, hvorfor filtrene (sign og slope filtrene) heller ikke fjerner data under støjniveauet. Støjniveauet er defineret som et dB/dt niveau ved 1 ms (t=1e-3) samt en hældning. Typiske værdier er V=1e-7 med en hældning på -0,5 som er vist i eksemplet nedenfor.

Der skal **ikke gives usikkerhed** til datapunkter i raw-data (dette gøres kun for average-data).

Der anvendes følgende gates:
SLM: gate 4 til 26
HM: gate 12 til 30

OBS: Vær opmærksom på, om de første gates på specielt SLM er påvirkede af BIAS!

Min. antaldatapunkter krævet i sonderingerne i processeringen (tommelfinger-regel):
SLM: 8-10 gates
HM: 5 gates



Eksempel på HM raw-data og et støjniveau defineret ved V=1e-7 og en hældning på -0,5. Data under dette niveau skal ikke vurderes i processeringen af raw-data.

Generel step-by-step procedure:

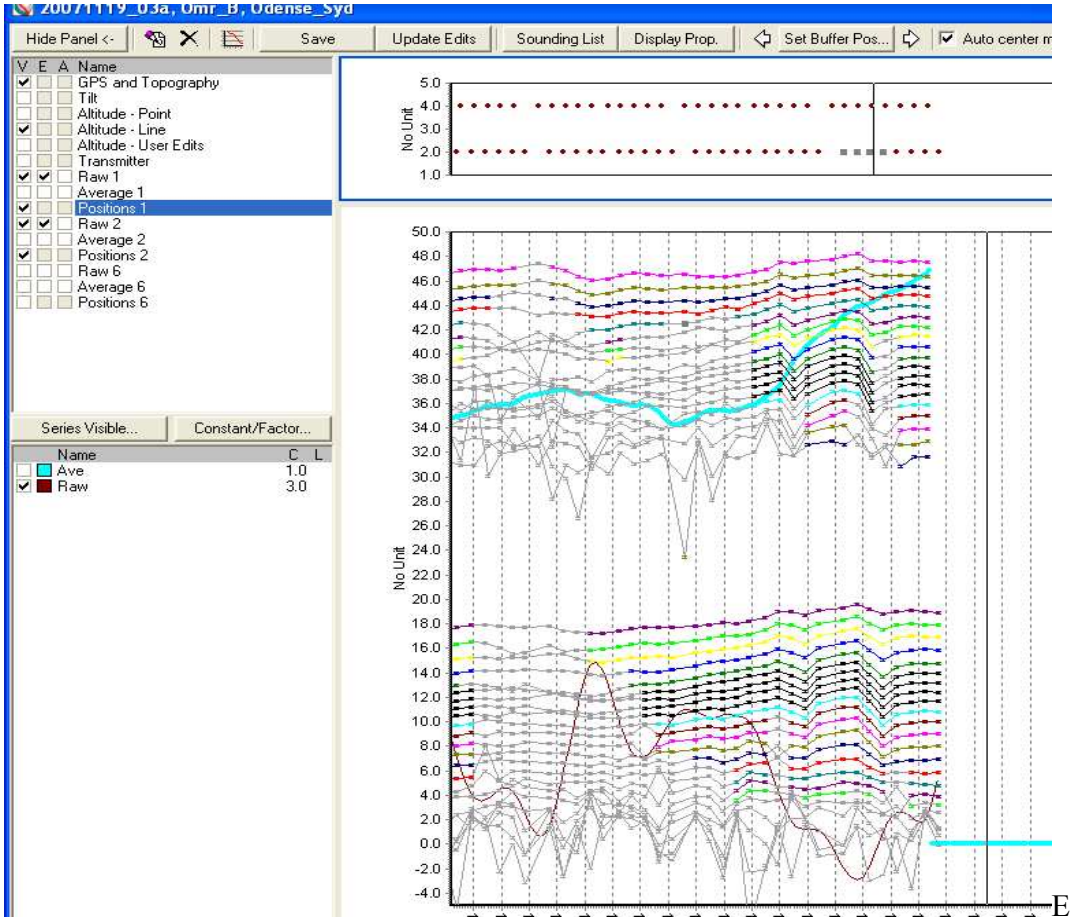
1) Tjek **GIS-kortet** for passage af veje og ledninger. I **edit-formen** fjernes data *snævert* omkring/på de enkelte veje og ledninger. Hermed er deres placering markeret i data.
2) Identificér større koblede områder i data i **edit-formen**. Følg og fjern koblingen så godt som muligt i **edit-formen**.
3) Koblingens afgrænsning højre/venstre vurderes endeligt i **sounding-vinduet**, hvor de enkelte sonderinger plottes. Kør systematisk fra start til slut af buffervinduet.
4) Alle gode data skal tjekkes/vurderes i **sounding-vinduet**.

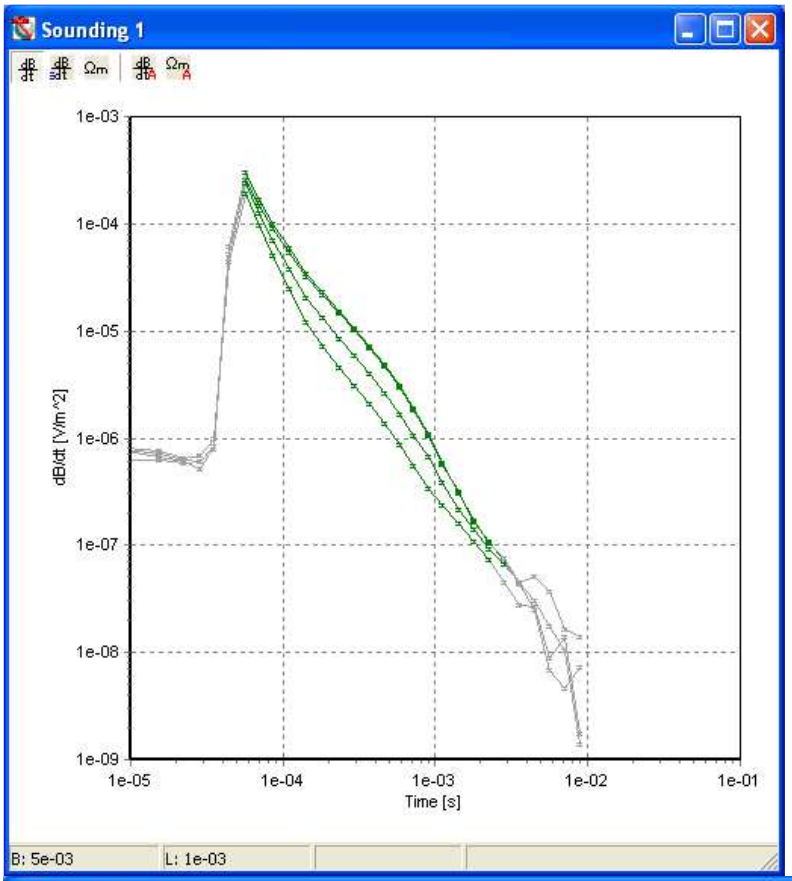
Der skal ikke bruges tid på at plotte/tjekke sonderinger i **sounding-vinduet** i de klart koblede områder, kun selve afgrænsningen af koblingen. Koblingen følges ved at plotte sonderingerne i **sounding-vinduet.**

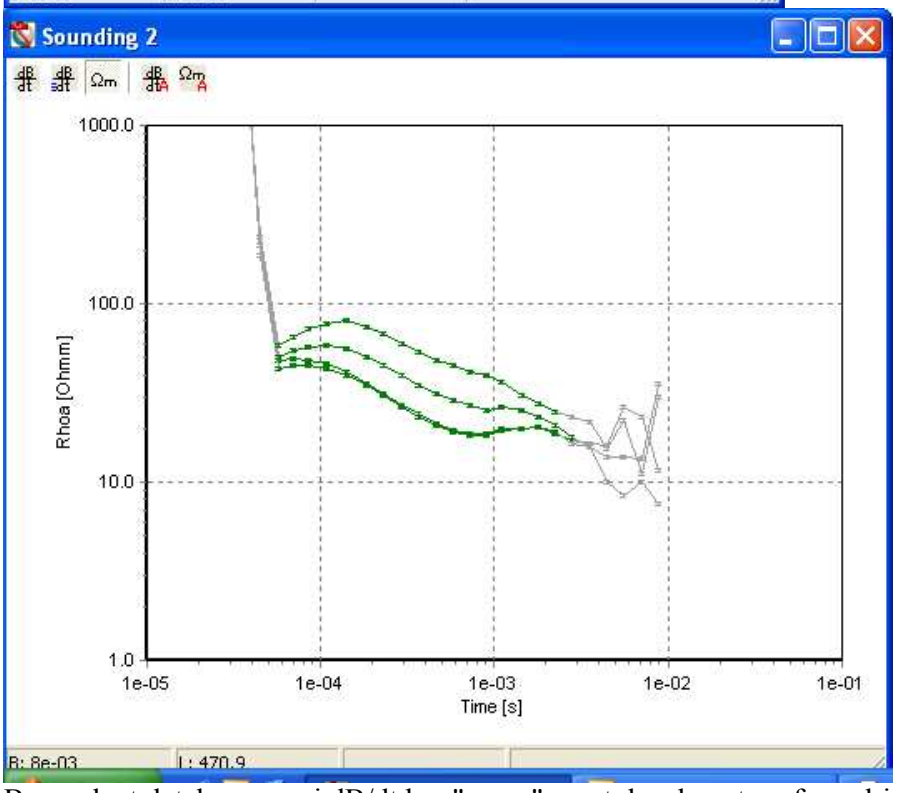
Tip: Hvis der skal fjernes data efter et bestemt tidspunkt, gøres det lettest i **sounding-vinduet**. Dette gælder f.eks. når data skal fjernes fra både HM og SLM fra en given gate (en given tid).

4.1 Eksempler på koblede data

4.1.1 Eksempel på galvanisk kobling

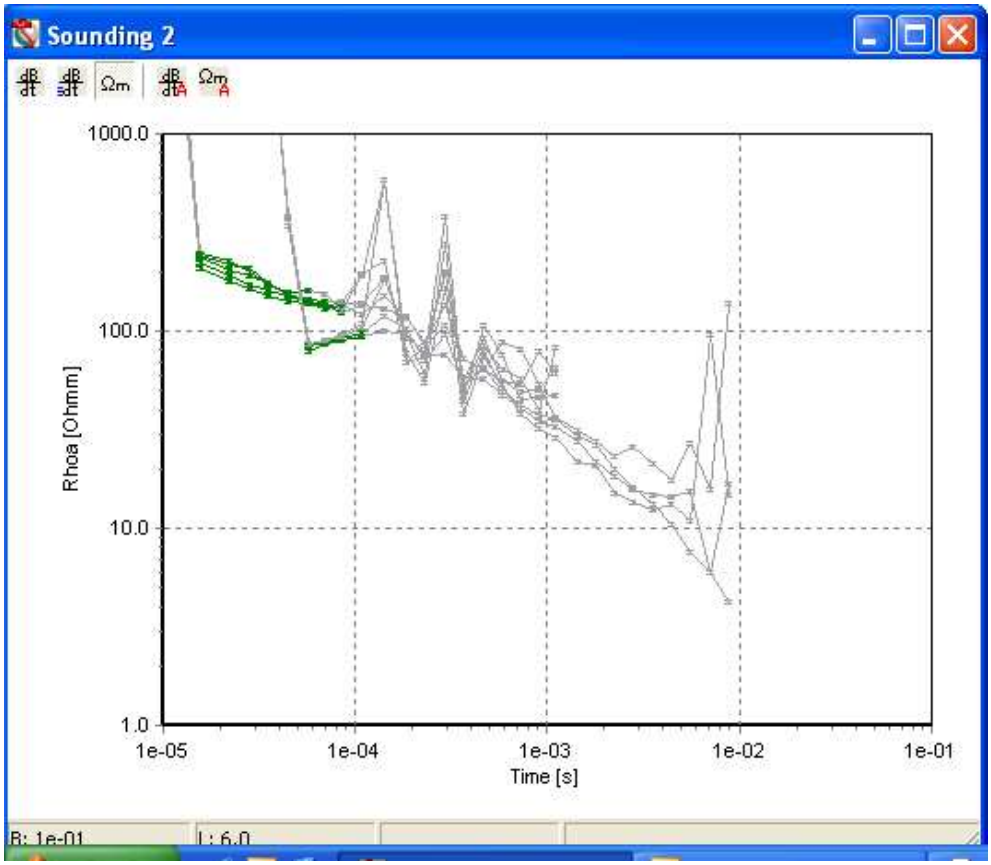






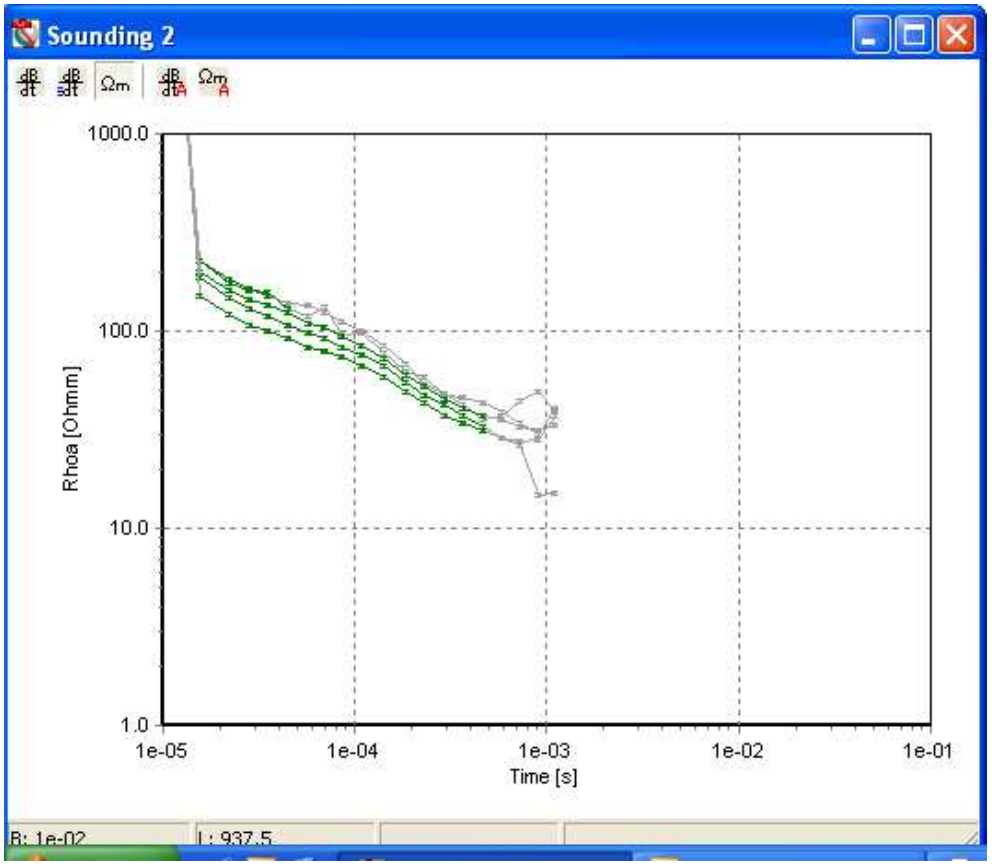
Bemærk at datakurverne i dB/dt har "mave" og at der sker store forandringer i dataværdierne. Disse forandringer skyldes IKKE ændret flyvehøjde eller kuperet terræn, da dette ville ses mere som parallelforskudte kurver. Der er tale om en galvaniske kobling!

4.1.2 Eksempel på kapacitiv kobling



Sonderingerne "følges ad" i et markant, hakket monster. Nem at genkende! Det slettes alle data, som vurderes at være påvirket.

4.1.3 Eksempel på ændring af flyvehøjde



Eksempel på ændring af flyvehøjde: kurverne parallelforskydes.

5 Processering af average-data

I average data fjernes utroværdige data, således at den endelige sonderingskurve fremstår med et acceptabelt "blødt" forløb. Der er således ikke - som i raw-data - noget støjniveau at tage hensyn til.

Datapunkter til sene tider, der er meget støjede, fjernes. Hvis de er let støjede gives evt. ekstra usikkerhed. Hvor stor usikkerhed de skal have, kan skønnes ved at vise 4-5 nabosonderinger samtidigt og ud fra variationen i sonderingerne fastsætte en usikkerhed for hver enkelt gate.

Ved de average-sonderinger, hvor der et "hul" i midten, skal de seneste (alenestående) gates slettes. Ved "hul" menes, at de midterste gates i sonderingen mangler. Begrundelsen er, at de manglende datapunkter typisk oprinder fra en kapacitiv kobling, og at de sene gates blot er fremkommet ved ren interpolation via trapez-filtret. Trapez filtret må dog gerne generere datapunkter lidt udover, hvor der findes raw-data (i tid langs flyvelinjen).

For at vurdere hvor average data er ren interpolation, og hvor de er baseret på målte data, er det derfor ofte nødvendigt at slå raw-data til og fra i **edit-formen**, samtidig med average data vises.

6 Almindelige genveje i Workbenchen

Alt L: Layer Control
Alt Z: Zoom To Layer
Mouse scroll wheel: Zooms In and Out on GIS map

<u>SkyTEM processing module</u>
Ctrl+A: Activates processing
Ctrl+D: Deactivates processing
Ctrl+P: Opens processing form (Edit Form)
Ctrl+R: Runs automatic processing

<u>SkyTEM processing Form (Edit Form)</u>
Alt + or **Alt A**: Toggles selected data points on
Alt - or **Alt q**: Toggles selected data points off
Alt #: Adds #*5% uncertainty to selected data points, e.g. Alt 2 adds 10% uncertainty
Ctrl **Alt i**: Updates series
Ctrl **Alt u**: opens the Buffer Size and Position form
Ctrl Alt Right Arrow: Moves buffer forwards in time
Ctrl Alt Left Arrow: Moves buffer backwards in time
Ctrl S: Saves processing to GERDA database

Appendiks B

Råstofvurdering af boringer

Appendiks B - Råstofvurdering af boringer

DGU nr.	xutm	yutm	Kote	Total overjord	Tykkeste sandlag indenfor øverste 15 m	Kriterier opfyldt?
221. 944	678231	6116752	17.0	44.0	0.0	n
221. 773	678096	6116865	13.4	36.5	0.0	n
221. 656	678352	6116646	16.0	33.5	0.0	n
221. 356	678481	6116582	13.4	33.1	0.0	n
221. 910	679754	6117072	16.4	32.4	0.0	n
221. 925	679696	6116666	14.0	30.3	0.0	n
221. 884	679319	6116743	12.5	30.2	0.0	n
221. 744	681010	6119071	12.5	29.0	0.0	n
221. 268	677179	6119047	10.0	28.9	0.0	n
221. 829	677706	6117055	10.0	28.6	0.0	n
221. 644	676002	6118642	9.0	28.1	0.0	n
221. 733	676383	6118684	12.0	27.8	0.0	n
221. 491	680371	6116580	8.4	27.5	0.0	n
221. 66	678228	6119431	9.0	27.0	0.0	n
221. 736	676739	6118672	7.5	26.9	0.0	n
221. 689	676432	6117374	10.0	26.8	0.0	n
221. 774	679626	6118872	8.4	26.7	0.0	n
221. 812	678285	6119472	9.0	26.6	0.0	n
221. 626	678111	6117863	11.0	26.2	0.0	n
221. 818	679232	6117148	16.0	25.9	0.0	n
221. 65	681284	6115599	12.0	25.0	0.0	n
221. 193	675385	6118103	3.0	25.0	0.0	n
221. 554	681731	6115410	10.4	25.0	0.0	n
221. 556	681290	6115586	12.5	25.0	0.0	n
221. 895	680223	6115107	10.0	25.0	0.0	n
222. 145	681813	6116772	12.0	25.0	0.0	n
222. 152	682138	6115847	22.0	25.0	0.0	n
221. 688	678026	6119473	9.0	24.6	0.0	n
221. 912	678796	6117269	15.0	24.0	0.0	n
222. 421	681803	6116760	10.0	23.7	0.0	n
221. 955	678211	6117766	7.0	22.9	0.0	n
221. 409	676716	6118932	5.0	20.7	0.0	n
222. 209	682401	6116272	27.5	19.7	1.9	n
221. 970	681742	6116718	11.0	19.4	1.0	n
221. 926	677949	6116893	10.0	17.7	1.7	n
221. 842	678283	6117128	12.5	17.5	3.5	n
221. 451	681421	6115711	10.0	17.2	0.6	n
221. 795	680323	6118146	12.5	16.8	0.0	n
221. 817	681237	6115002	2.5	16.7	0.0	n
221. 914	677655	6116946	6.0	16.2	0.0	n
221. 192	679071	6119129	8.0	15.3	0.4	n
221. 859	678204	6119413	9.0	13.2	4.9	n
221. 461	681349	6114958	3.0	13.1	2.5	n
221. 841	678195	6116987	12.5	12.6	4.4	n
221. 909	679444	6118291	9.0	12.0	2.0	n
221. 905	680602	6116035	7.5	5.5	0.0	n
221. 524	680423	6114907	2.3	0.0	0.0	n
221. 942	679125	6118728	12.5	0.0	0.7	n

221. 616	679890	6117764	12.5	11.6	14.8	n
221. 675	680394	6117999	16.5	0.0	26.0	J
221. 687	680851	6118637	10.0	0.0	20.0	J
221. 1007	677670	6117136	20.0	0.0	20.0	J
221. 911	680329	6117737	11.0	3.5	17.5	J
221. 948	680332	6116621	11.0	2.5	16.5	J
221. 359	679315	6118367	9.0	0.0	14.8	J
221. 908	679043	6118247	8.0	0.0	12.2	J
221. 511	680782	6118972	15.4	0.0	12.0	J
221. 1006	677830	6117189	20.0	0.0	11.5	J
221. 408	679374	6115751	12.0	0.0	11.3	J
221. 963	677612	6118143	15.0	0.0	10.2	J
221. 813	680563	6118370	10.0	3.3	9.9	J
221. 1098	679023	6118143	10.0	1.2	9.0	J
221. 928	679531	6118738	17.5	0.0	8.8	J
221. 1008	675428	6117945	2.5	0.0	8.5	J
221. 1120	678159	6118113	29.2	2.1	8.4	J
221. 543	675439	6117951	3.0	0.0	8.1	J
221. 969	677028	6118549	8.0	0.9	7.9	J
221. 848	677993	6117736	7.0	0.0	7.5	J
221. 679	677934	6118409	15.0	0.0	6.9	J
221. 1032	680094	6118370	7.0	0.0	6.0	J
221. 339	679620	6118384	22.5	0.0	5.9	J
221. 896	679819	6118309	10.0	3.5	5.6	J
221. 794	680097	6118378	6.0	0.0	5.6	J
221. 931	677946	6117918	10.0	0.4	5.4	J
221. 542	679374	6118170	7.5	0.0	5.0	J
221. 872	680912	6118292	10.0	0.0	4.6	n
221. 907	678036	6117060	10.0	2.5	4.3	n
221. 1139	676210	6117170	4.8	0.5	4.3	n
221. 627	679902	6117862	10.0	0.0	4.3	n
221. 1000	679585	6116194	14.2	0.0	4.2	n
221. 526	679495	6115700	12.0	0.0	4.0	n
221. 541	676193	6117255	6.5	0.0	4.0	n
221. 606	679478	6115710	12.0	0.0	4.0	n
221. 947	680960	6117533	6.0	0.0	4.0	n
221. 1009	676923	6118247	10.0	0.0	4.0	n
221. 828	679931	6118030	8.0	3.3	3.7	n
221. 652	681048	6118199	10.0	0.0	3.7	n
221. 1149	677188	6118472	9.8	1.1	3.6	n
221. 696	675975	6117292	2.5	0.0	3.2	n
221. 1002	676533	6118866	7.9	0.0	3.2	n
221. 956	676883	6117037	4.0	0.3	2.9	n
221. 853	677020	6117598	5.0	0.0	2.8	n
221. 1099	679048	6118143	10.0	1.1	2.6	n
221. 939	677567	6117533	5.0	0.2	2.3	n
221. 815	678902	6118639	14.0	0.0	2.0	n
221. 843	677993	6117460	5.4	0.0	2.0	n
221. 981	676585	6118792	7.5	0.0	2.0	n
221. 940	678932	6119385	6.0	9.1	1.9	n
221. 483	677271	6117159	7.5	0.0	1.1	n

Appendiks C

Notat vedr. problemer med tolkning af lavmodstandslag i den overfladenære geologi i forbindelse med SkyTEM kortlægninger

GEOLOGISK INSTITUT
DET NATURVIDENSKABELIGE FAKULTET
AARHUS UNIVERSITET

GEOFYSIKSAMARBEJDET

d. 26.08.2011

NOTAT
vedr. Problemer med tolkning af lavmodstandslag i den overfladenære geologi i forbindelse med SkyTEM kortlægninger

Det sidste års udvikling af SkyTEM systemet har gjort det muligt at måle meget tidlige gates for derved at opnå høj opløsning af den overfladenære geologi.
GFS er hen over sommeren blevet involveret i en række kortlægninger, hvor der tilsyneladende er fundet meget lave formationsmodstande i de øverste 5 m af modellen. Der er i alle tilfælde (Sorø-Stenlille, Fyn og Næstved) tale om SkyTEM-kortlægninger hvor der er anvendt meget tidlige gates,

GFS har i tilfældet Sorø-Stenlille undersøgt dataprocesseringen nøje, og har ikke kunnet finde væsentlige fejl i SkyTEM-geometrien, bølgeformer eller filtre. GFS har også undersøgt højdeprocesseringen uden at kunne finde fejl. Endelig har GFS undersøgt selve inversionskoden og sammenlignet forward-responset med andre koder, men har ikke kunnet finde afvigelser, der på nogen måde er væsentlige.

GFS har allerede i et notat, *Notat vedr. undersøgelse af den overfladenære resistivitets struktur på det nationale teststed ved Århus med henblik på en verifikation af SkyTEM responset til tidlige tider* dateret 01.07.2011, foreslået, at det nationale teststed bør opmåles detaljeret for at kunne fastslå om den modstandsmodel der anvendes til kalibrering af SkyTEM systemet, er optimal til kortlægning af de øverste 10 m. Da modellen for mere end 10 år siden blev fastlagt, var der ikke fokus på den meget overfladenære geologi, men på det simple problem at få de instrumenterne der anvendtes i grundvandskortlægningen, til at måle ens i kortlægningen af den dybe geologi. Kortlægningen af teststedet blev forelagt styregruppen for GeoFysikSamarbejdet på halvårsmødet d. 8. juni 2011, hvor projektet blev godkendt.

Der er god grund til at antage at modstandsfordelingen i den dybereliggende geologi under 10 m er rigtig på teststedet.

For nuværende kan der peges på følgende årsagssammenhænge i relation til de tilsyneladende problemer med at opløse flere lag i de øverste 10 m:

- Teststedsmodellen er ikke fastlagt med meget overfladenære geologiske strukturer for øje og er derfor tilsyneladende ikke optimal til at kalibrere instrumenterne til de tidlige tider der er anvendt for SkyTEM kortlægninger i de sidste 1-2 år. Denne grænse er blevet yderligere rykket med indførelse af Coil Response inversion (CR-inversion).

- Der anvendes nu som standard mangelagsmodeller med lagtykkelser ned til 2 – 3 m i de øverste lag. En sådan model har mange frihedsgrader og kan let ekstremisere på meget lave modstande. På fålagsmodeller er de øverste lag tykkere, og effekten maskeres lettere.
- Ved kortlægninger gennemført for mere end 1-2 år siden var den først anvendte gate så relativt sen (18 mikrosekunder) at der ikke kunne opløses geologiske lag i toppen, idet der ikke var tilstrækkelig information om sådanne lag

GFS har allerede lavet en præliminær undersøgelse der indikerer at teststedsmodellen ikke har den rigtige modstandsfordeling i de øverste 10 m. Yderligere viser det sig at, hvis modstandsfordelingen ændres, fås en mere plausibel modstandsfordeling i f.eks. Sorø-Stenlille kortlægningen. Disse undersøgelser er dog ikke fyldestgørende og kan først gennemføres når der er lavet en systematisk tredimensional opmåling af teststedet med MEP metoden (som beskrevet i ovennævnte notat), og der er udført el-log boringer til verifikation af evt. elektrisk anisotropi i de geologiske lag.

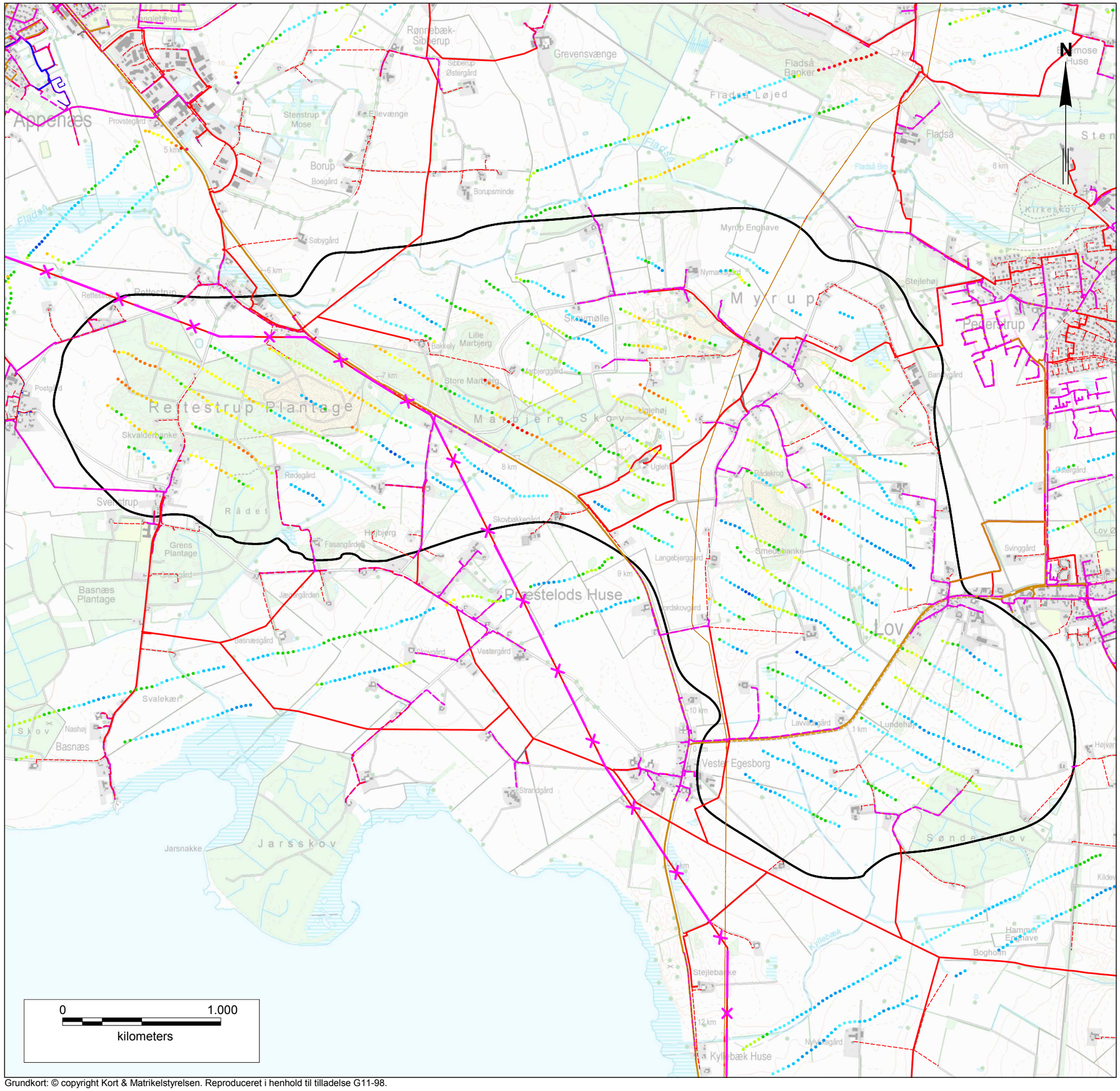
GFS følger nu nedenstående plan:

- undersøgelser på teststedet vil blive gennemført af GFS i uge 39/40
- dernæst analyseres data og indarbejdes i en eventuel revideret teststedsmodel.
- endelig skal der laves prøveinversioner på eksisterende kortlægninger og sammenlignes med tidligere inversioner samt boringer.
- dette arbejde vil kunne være færdigt medio oktober.

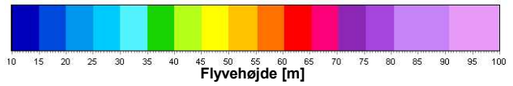
Det bør påpeges at:

- ændringer i den øverste del af teststedsmodellen ikke vil medføre at eksisterende SkyTEM kortlægninger som er gennemført inden for de sidste 1-2 år under anvendelse af gates tidligere end 18 microsek, vil skulle omprocesseres. Formentlig vil der kun skulle rettes to tal i en opsætningsfil og dernæst laves en reinversion og genindberetning af modellerne til GERDA.
- reinversion af data ikke kommer til at ændre væsentligt på de dybere dele af modellen, hvorfor det videre arbejde med disse modeller kan fortsætte.
- det vil være unødvendigt at indstille de SkyTEM projekter der er under udførelse eller på vej til at blive sendt i udbud.

Esben Auken, GFS



Signaturforklaring



- Gas ledning (DONG)
- KONTEK-kablet (Energinet)
- Højspændningsledning
- Strømkabel (SEAS)
- Telefonledning (TDC)
- Bonna ledning (KE)

Region Sjælland

SkyTEM, Myrup-Rettestrup

Flyvehøjde og ledningsnet

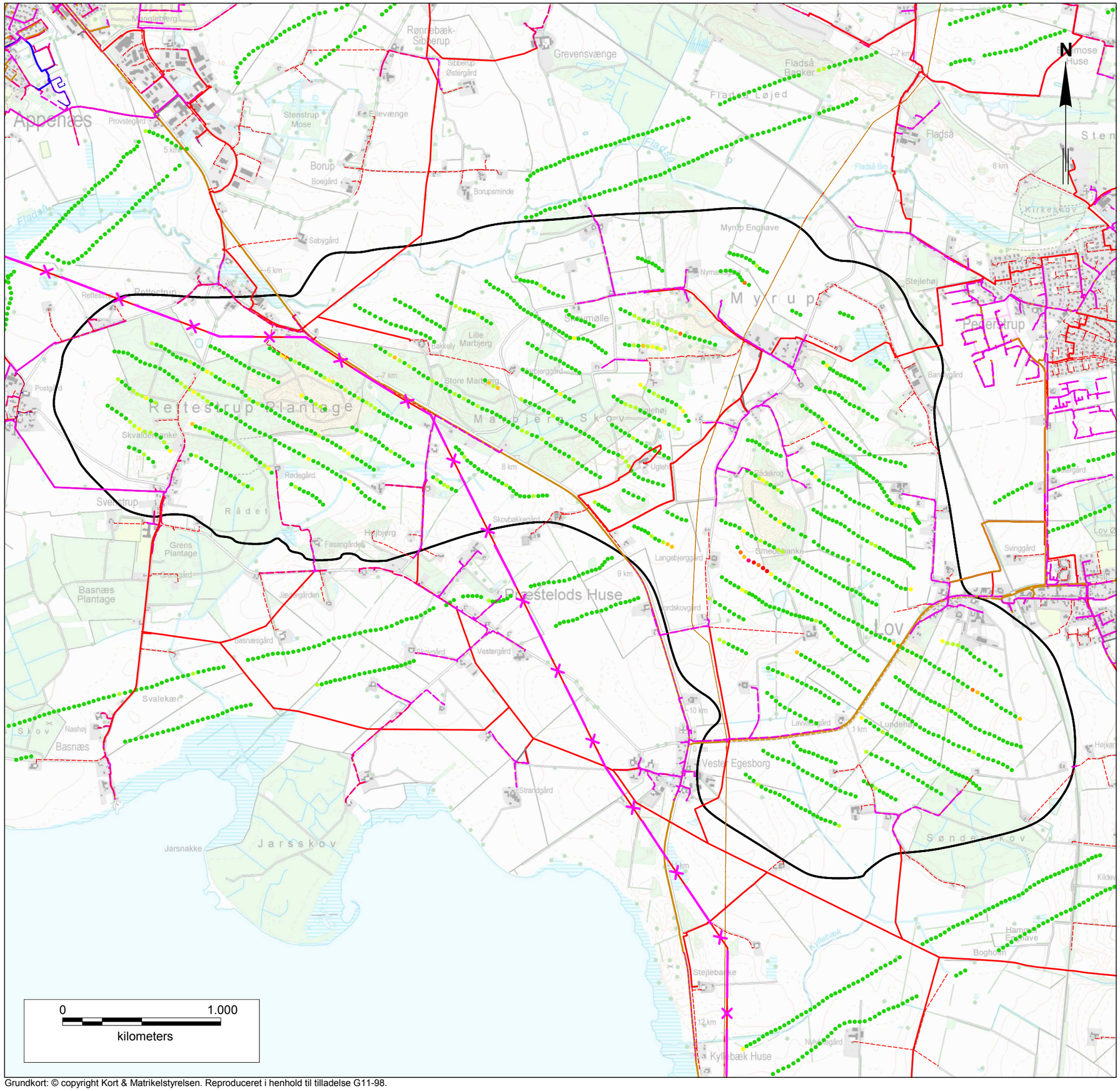
WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	1:24.000
Dato	9. sept. 2011
Dokument nr.	Bilag 1.01
Rev.	0

Dokumentnavn

Bilag_1_01_RS_Flyvehøjde_SkyTEM.wor

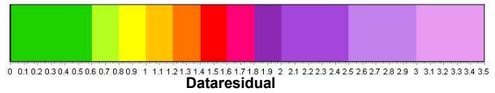
COWI
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.



Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.

Signaturforklaring



- Gas ledning (DONG)
- KONTEK-kablet (Energinet)
- Højspændningsledning
- Strømkabel (SEAS)
- Telefonledning (TDC)
- Bonna ledning (KE)

Region Sjælland

SkyTEM, Myrup-Rettestrup

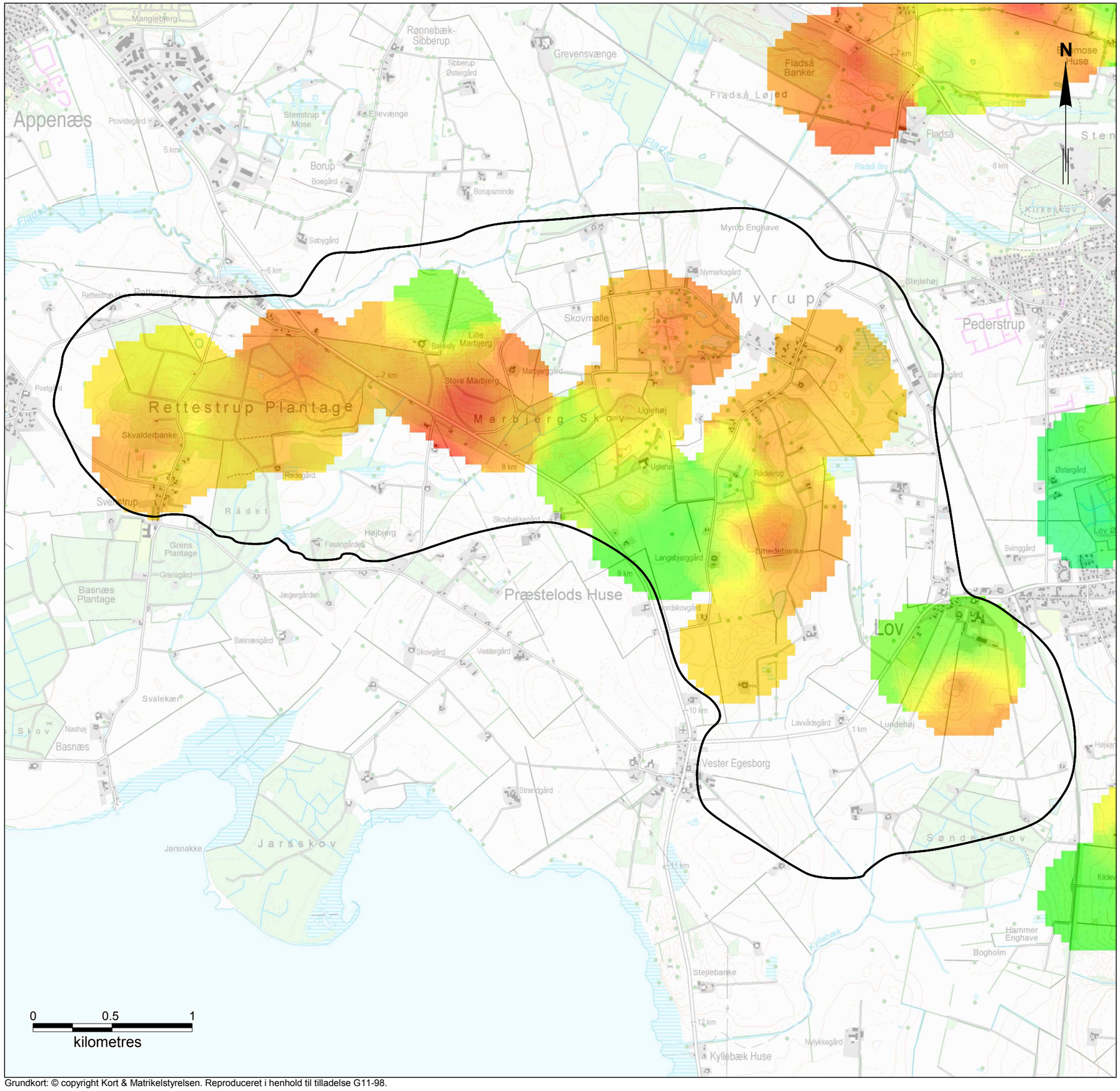
Dataresidual baseret på SCI, 19-lags

WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	1:24.000
Dato	9. sept. 2011
Dokument nr.	Bilag 1.02
Rev.	0

Dokumentnavn

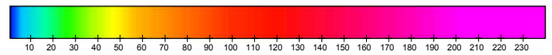
Bilag_1_02_RS_Dataresidual_SkyTEM.wor

COWI
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk



Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.

Signaturforklaring



Region Sjælland

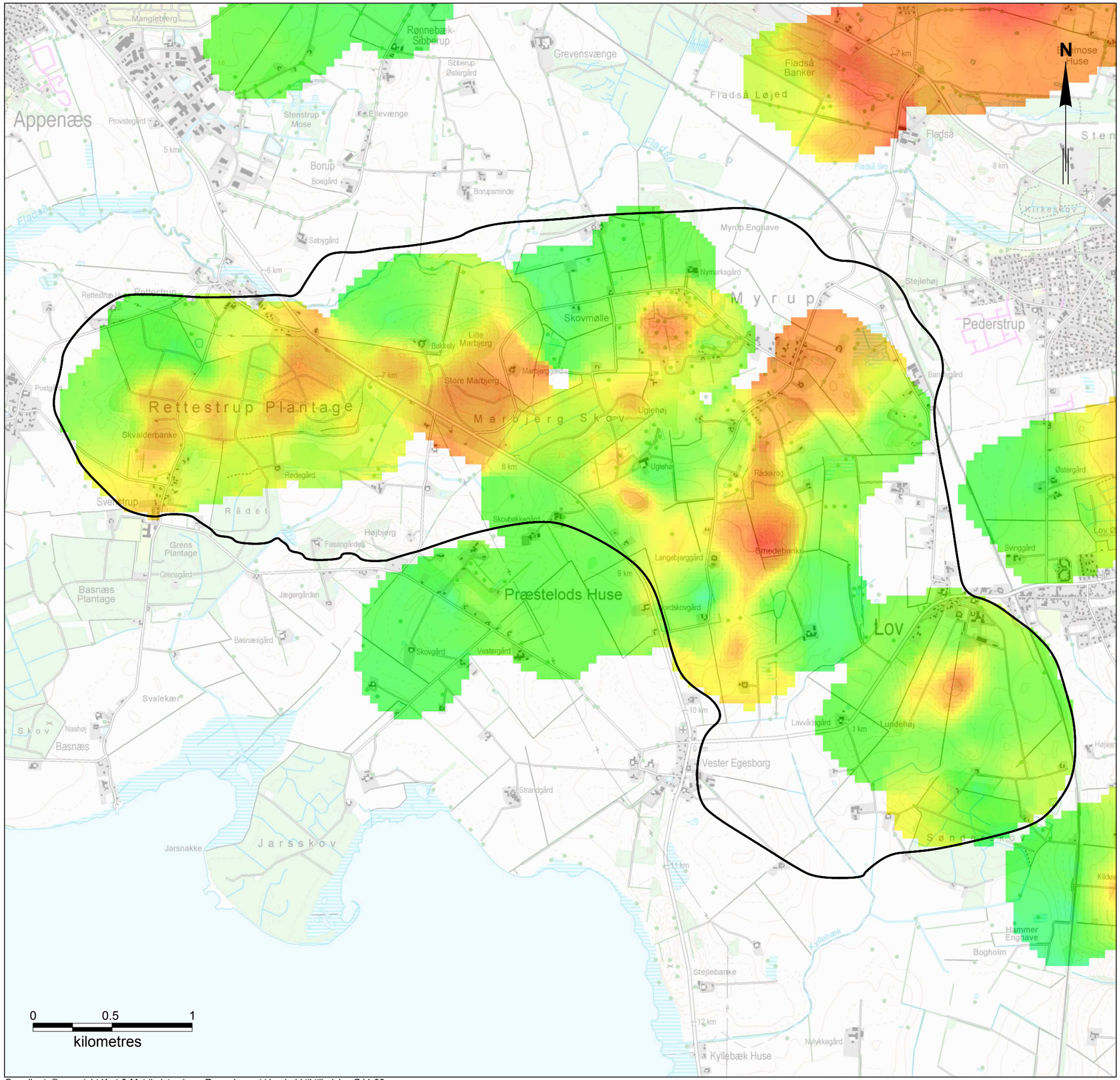
SkyTEM, Myrup-Rettestrup

Middelmodstand koteinterval 30 til 20
SCI
19-lags model

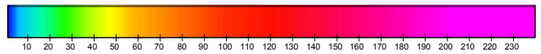
WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	1:24.000
Dato	9. sept. 2011
Dokument nr.	Bilag 2.01
Rev.	0

Dokumentnavn
Bilag_2_01_RS_SCI_19lag_Kote.wor

COWI
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk



Signaturforklaring



Region Sjælland
SkyTEM, Myrup-Rettestrup

Middelmodstand koteinterval 20 til 10
SCI
19-lags model

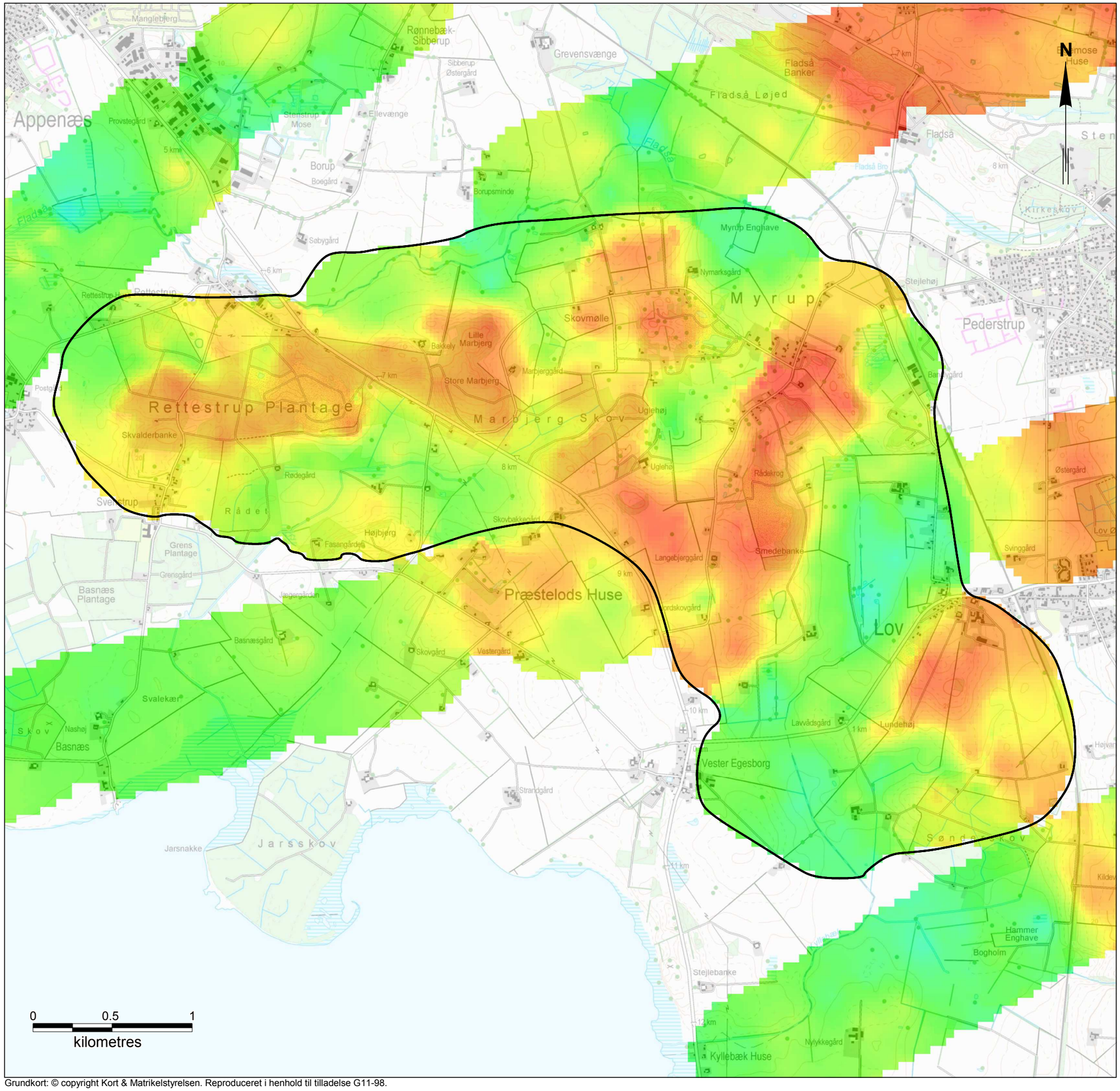
WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	1:24.000
Dato	9. sept. 2011

Dokumentnavn
Bilag_2_02_RS_SCI_19lag_Kote.wor

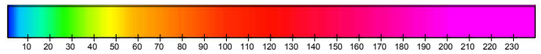
COWI
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

Dokument nr. Bilag 2.02
Rev. 0

Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.



Signaturforklaring



Region Sjælland

SkyTEM, Myrup-Rettestrup

Middelmodstand koteinterval 10 til 0
SCI
19-lags model

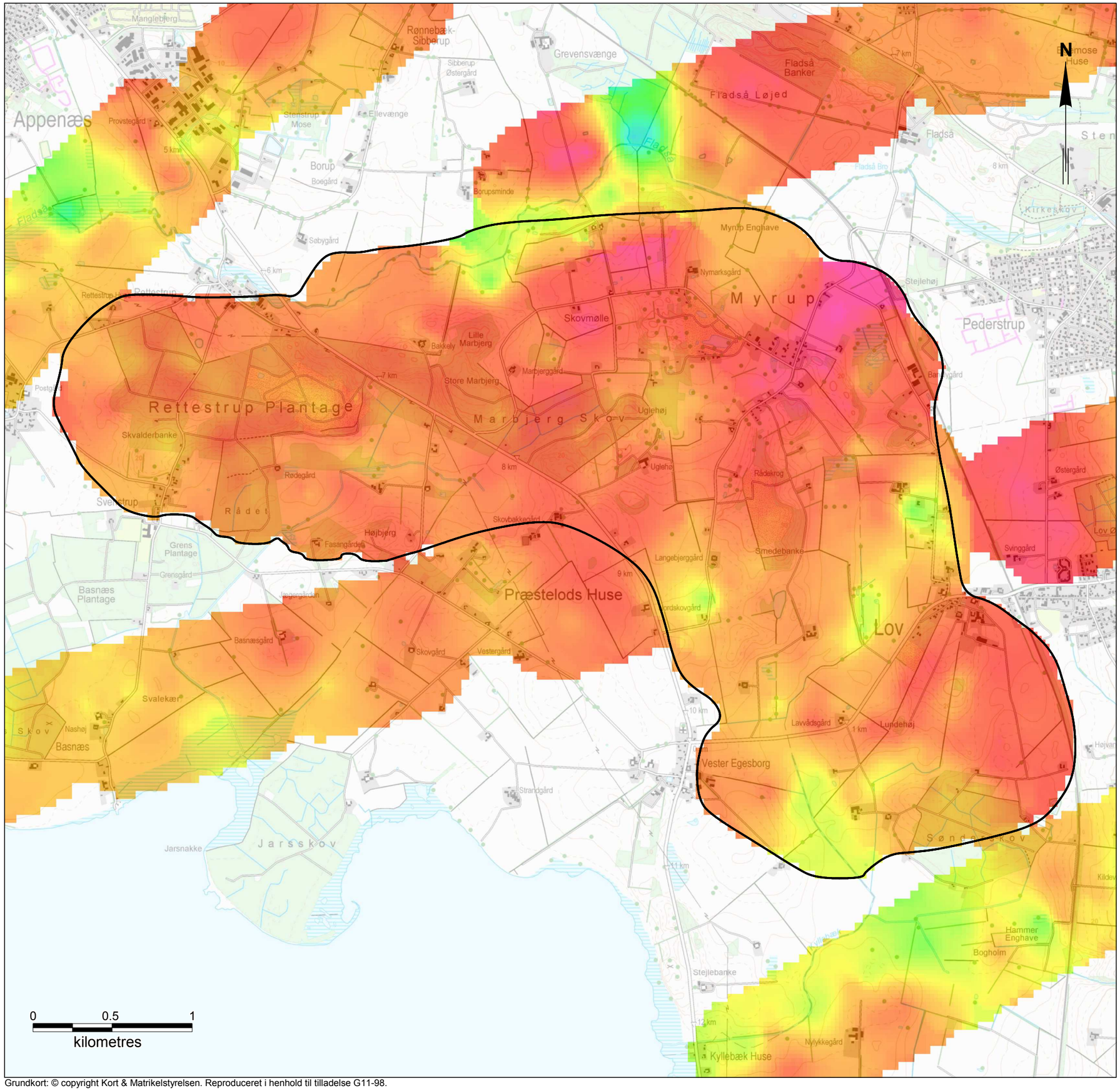
WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	1:24.000
Dato	9. sept. 2011

Dokumentnavn
Bilag_2_03_RS_LSCI_19lag_Kote.wor

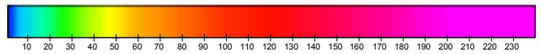
COWI
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

Dokument nr. Bilag 2.03 | Rev. 0

Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.



Signaturforklaring



Region Sjælland

SkyTEM, Myrup-Rettestrup

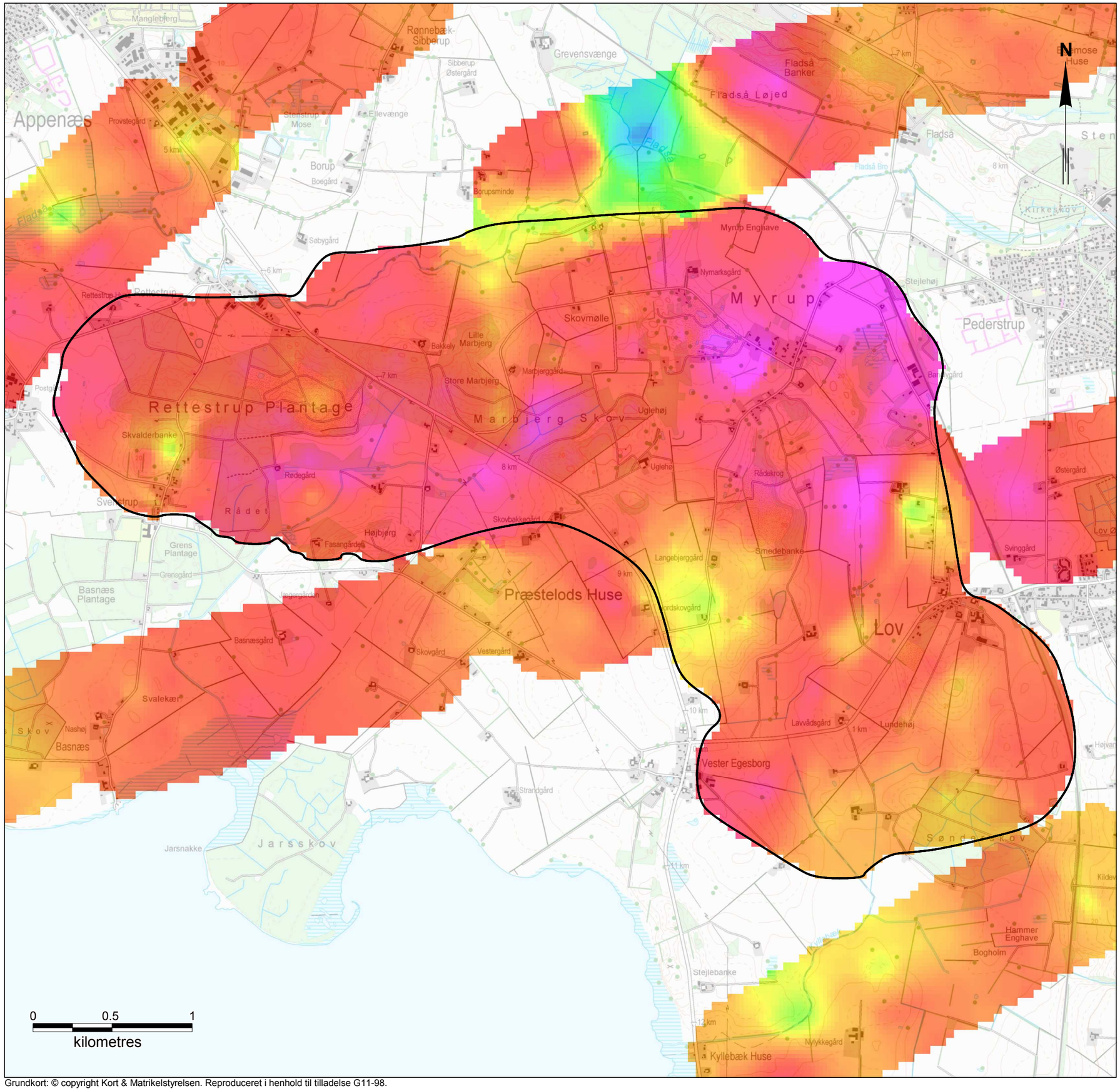
Middelmodstand koteinterval 0 til -10
SCI
19-lags model

WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	1:24.000
Dato	9. sept. 2011
Dokument nr.	Bilag 2.04
Rev.	0

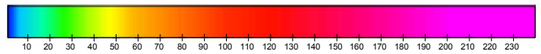
Dokumentnavn
Bilag_2_04_RS_SCI_19lag_Kote.wor

COWI
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.



Signaturforklaring



Region Sjælland

SkyTEM, Myrup-Rettestrup

Middelmodstand koteinterval -10 til -20
SCI
19-lags model

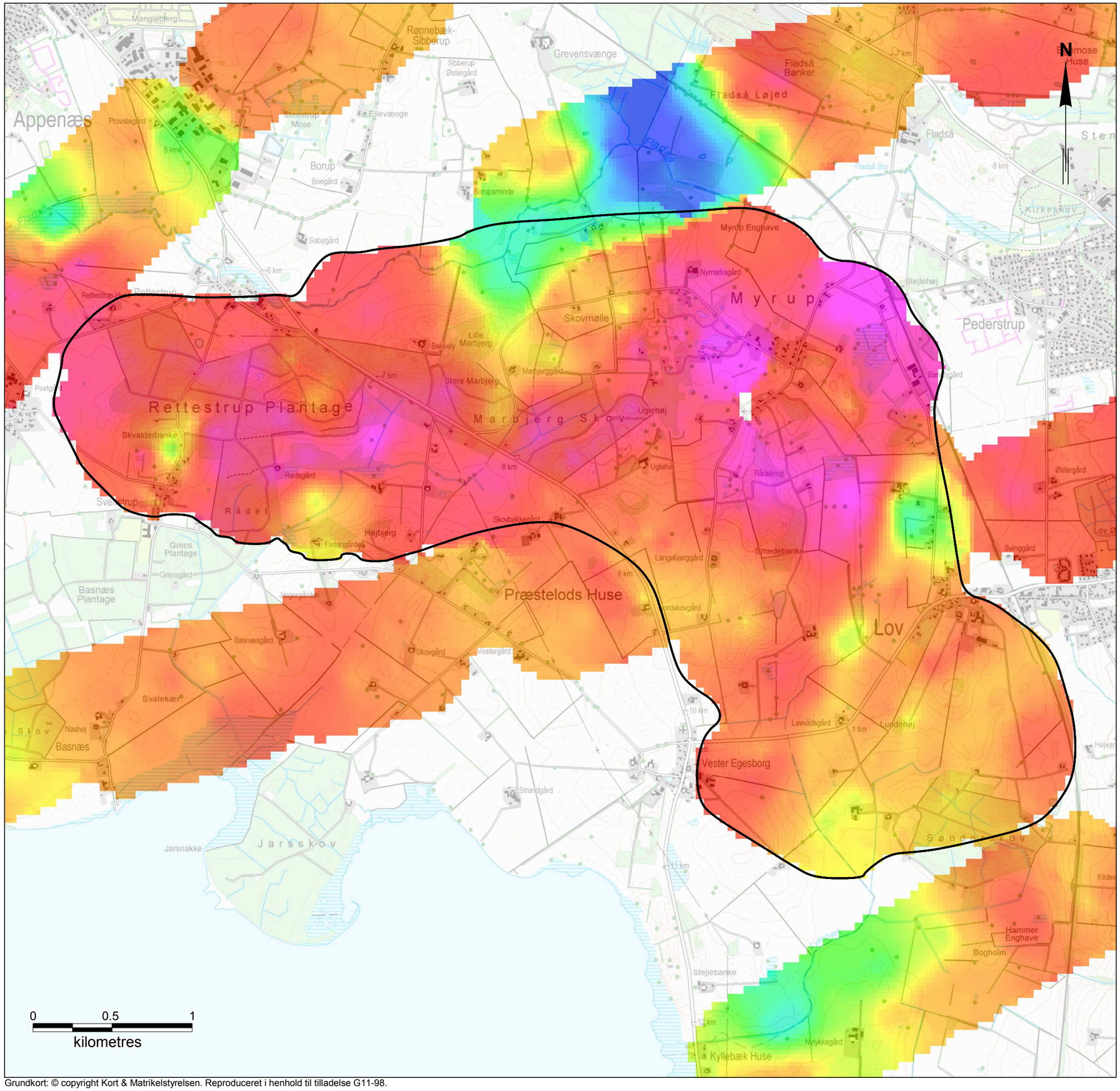
WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	1:24.000
Dato	9. sept. 2011

Dokumentnavn
Bilag_2_05_RS_SCI_19lag_Kote.wor

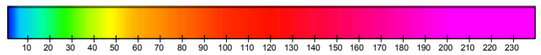
COWI
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

Dokument nr. Bilag 2.05
Rev. 0

Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.



Signaturforklaring



Region Sjælland

SkyTEM, Myrup-Rettestrup

Middelmodstand koteinterval -20 til -30
SCI
19-lags model

WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	1:24.000
Dato	9. sept. 2011

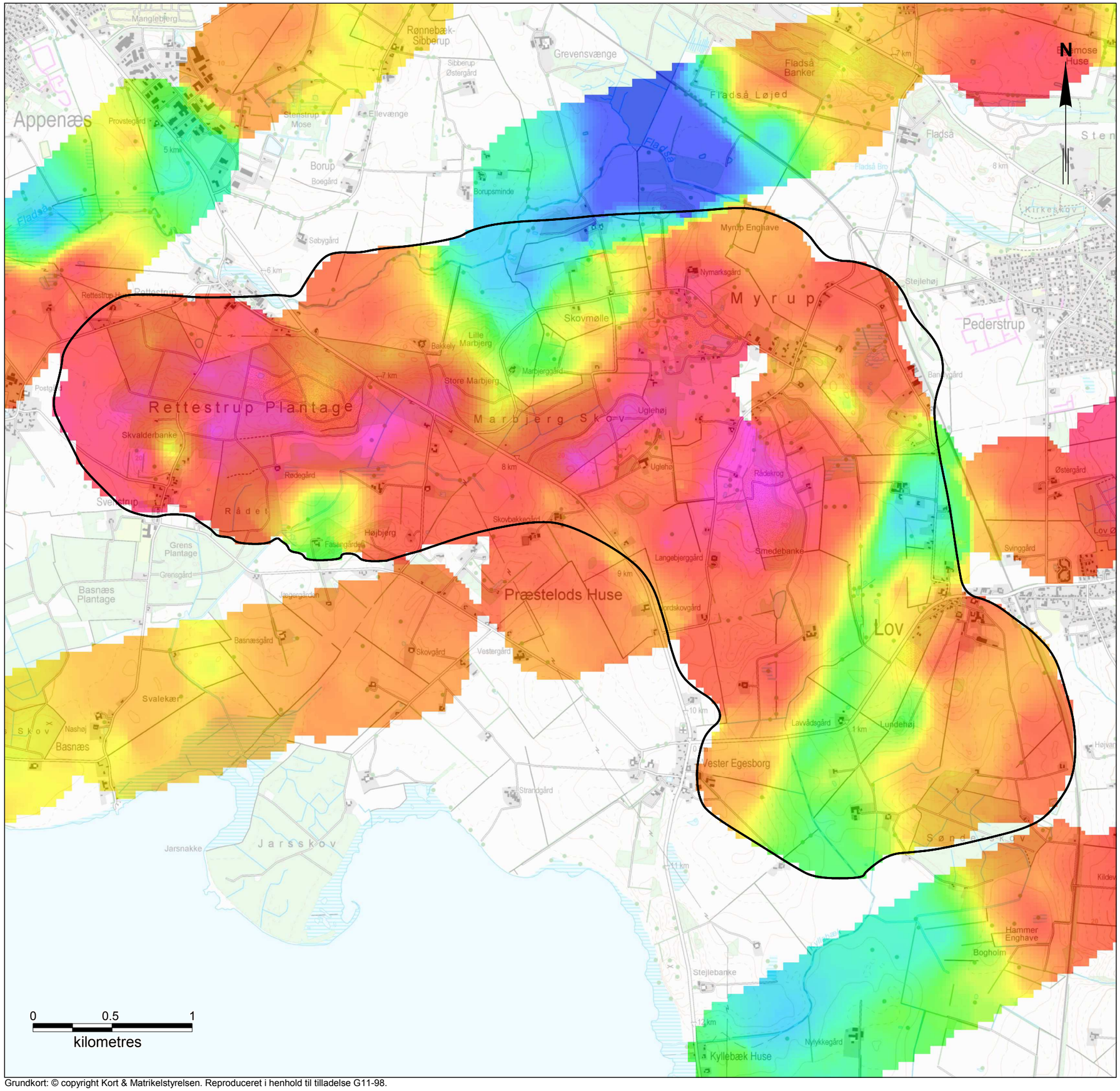
Dokumentnavn

Bilag_2_06_RS_SCI_19lag_Kote.wor

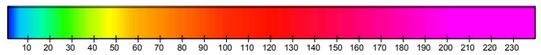
COWI
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

Dokument nr. Bilag 2.06 Rev. 0

Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.



Signaturforklaring



Region Sjælland

SkyTEM, Myrup-Rettestrup

Middelmodstand koteinterval -30 til -40
SCI
19-lags model

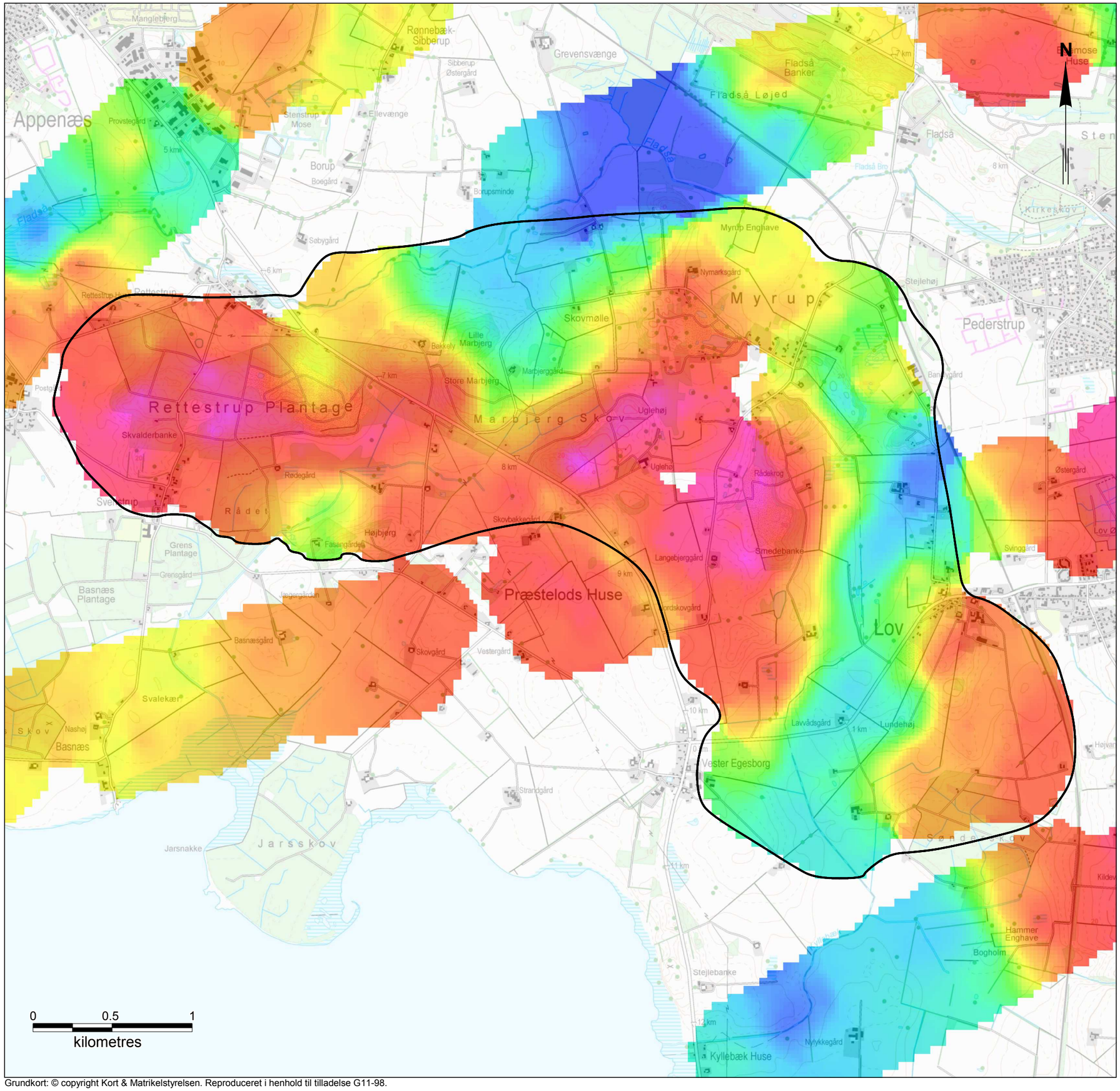
WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	1:24.000
Dato	9. sept. 2011

Dokumentnavn: Bilag_2_07_RS_SCI_19lag_Kote.wor

Dokument nr.: Bilag 2.07 | Rev.: 0

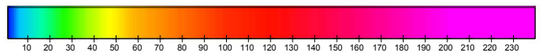
COWI
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.



Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.

Signaturforklaring



Region Sjælland

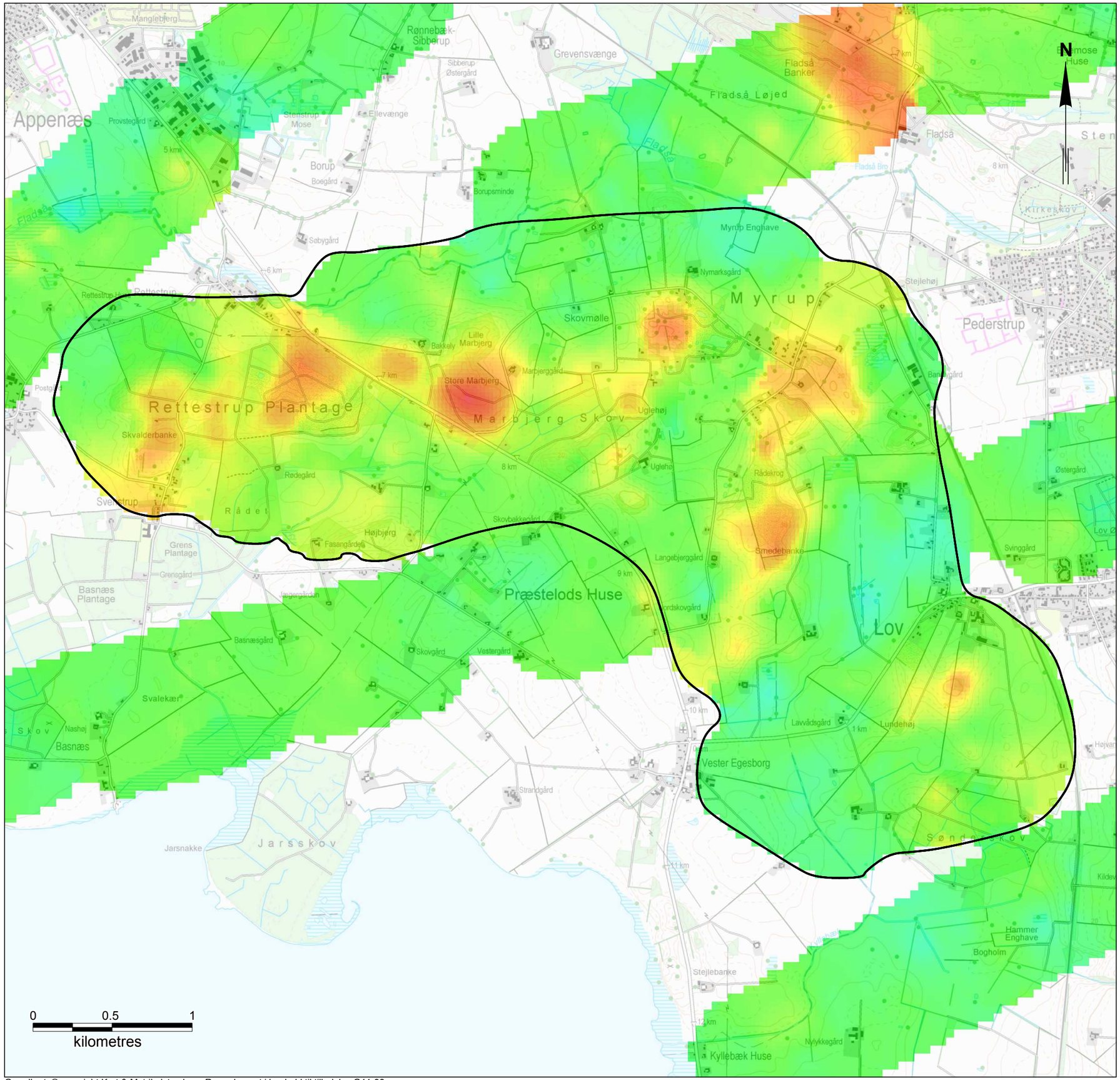
SkyTEM, Myrup-Rettestrup

Middelmodstand koteinterval -40 til -50
SCI
19-lags model

WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	1:24.000
Dato	9. sept. 2011
Dokument nr.	Bilag 2.08
Rev.	0

Dokumentnavn
Bilag_2_08_RS_SCI_19lag_Kote.wor

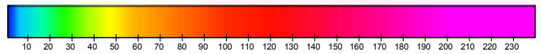
COWI
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk



0 0.5 1
kilometres

Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.

Signaturforklaring



Region Sjælland
SkyTEM, Myrup-Rettestrup

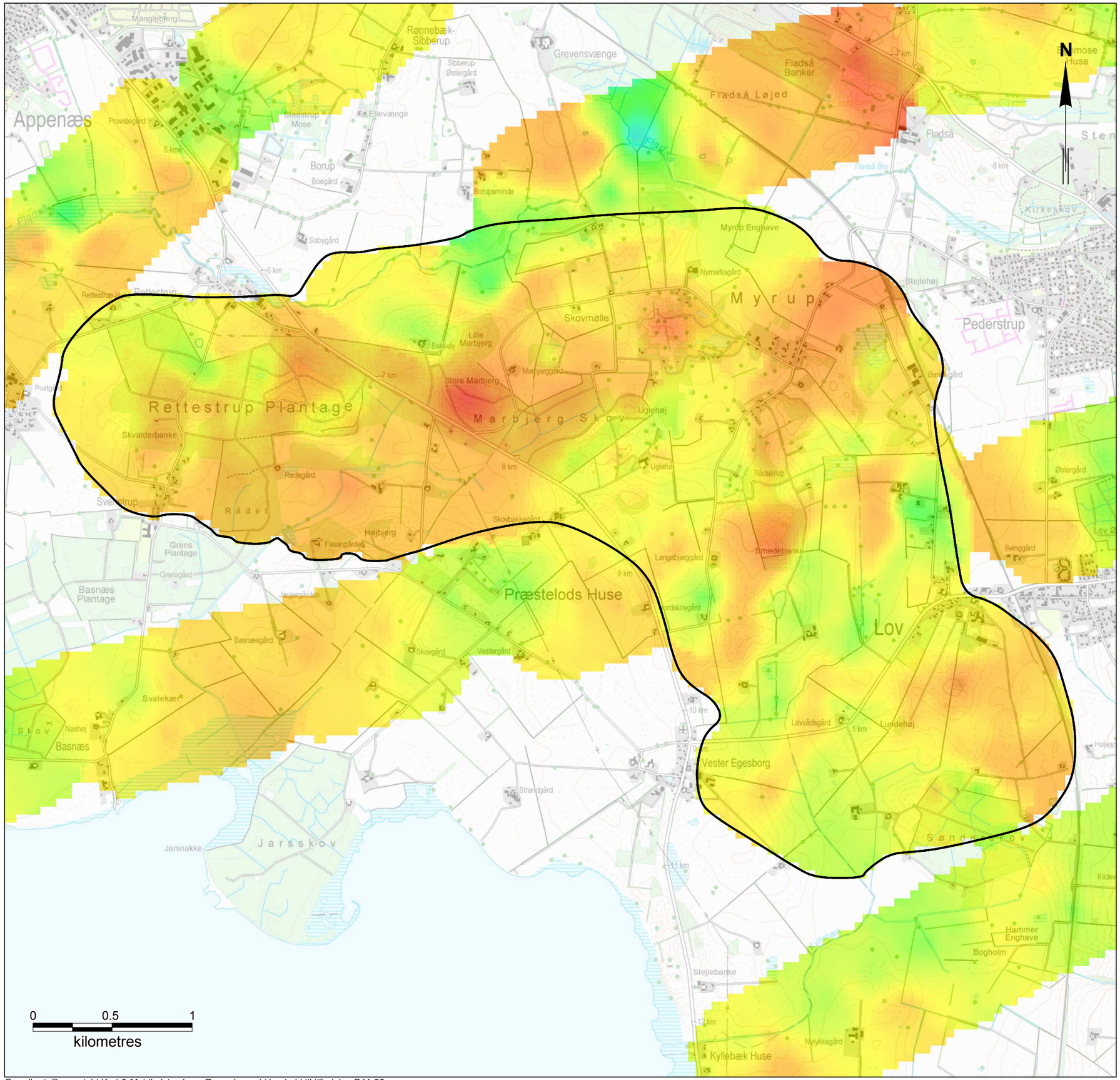
Middelmodstand dybdeinterval 0-4 m
SCI
19-lags model

WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	1:24.000
Dato	9. sept. 2011

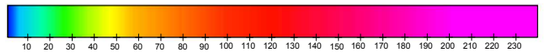
Dokumentnavn
Bilag_3_01_RS_SCI_19lag_Dybde.wor

COWI
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

Dokument nr. Bilag 3.01
Rev. 0



Signaturforklaring



Region Sjælland

SkyTEM, Myrup-Rettestrup

Middelmodstand dybdeinterval 4-8 m
SCI
19-lags model

WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	1:24.000
Dato	9. sept. 2011

Dokumentnavn

Bilag_3_02_RS_SCI_19lag_Dybde.wor

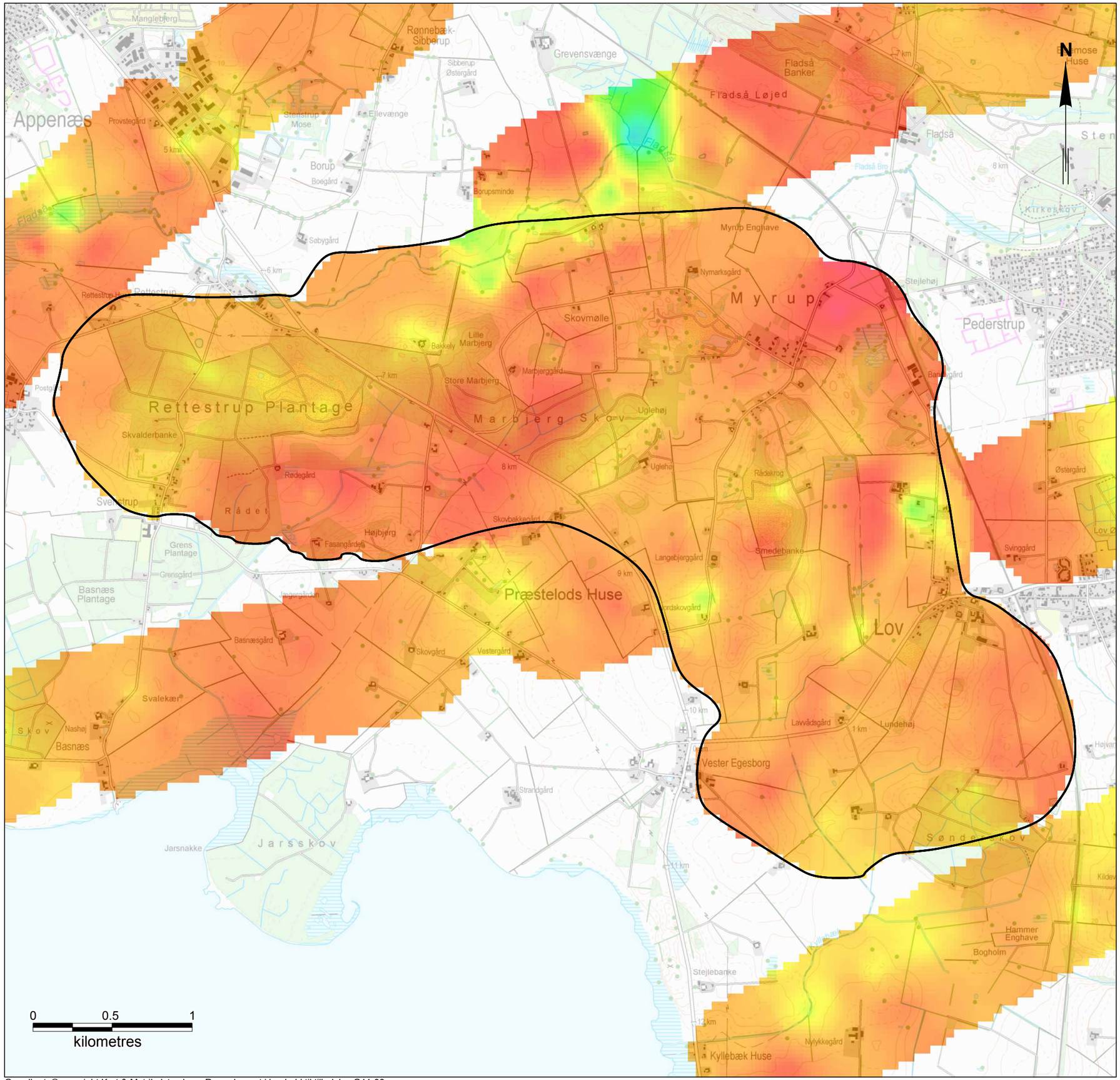
COWI

COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

Dokument nr.	Rev.
Bilag 3.02	0

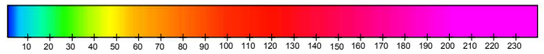
Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.



0 0.5 1
kilometres

Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.

Signaturforklaring



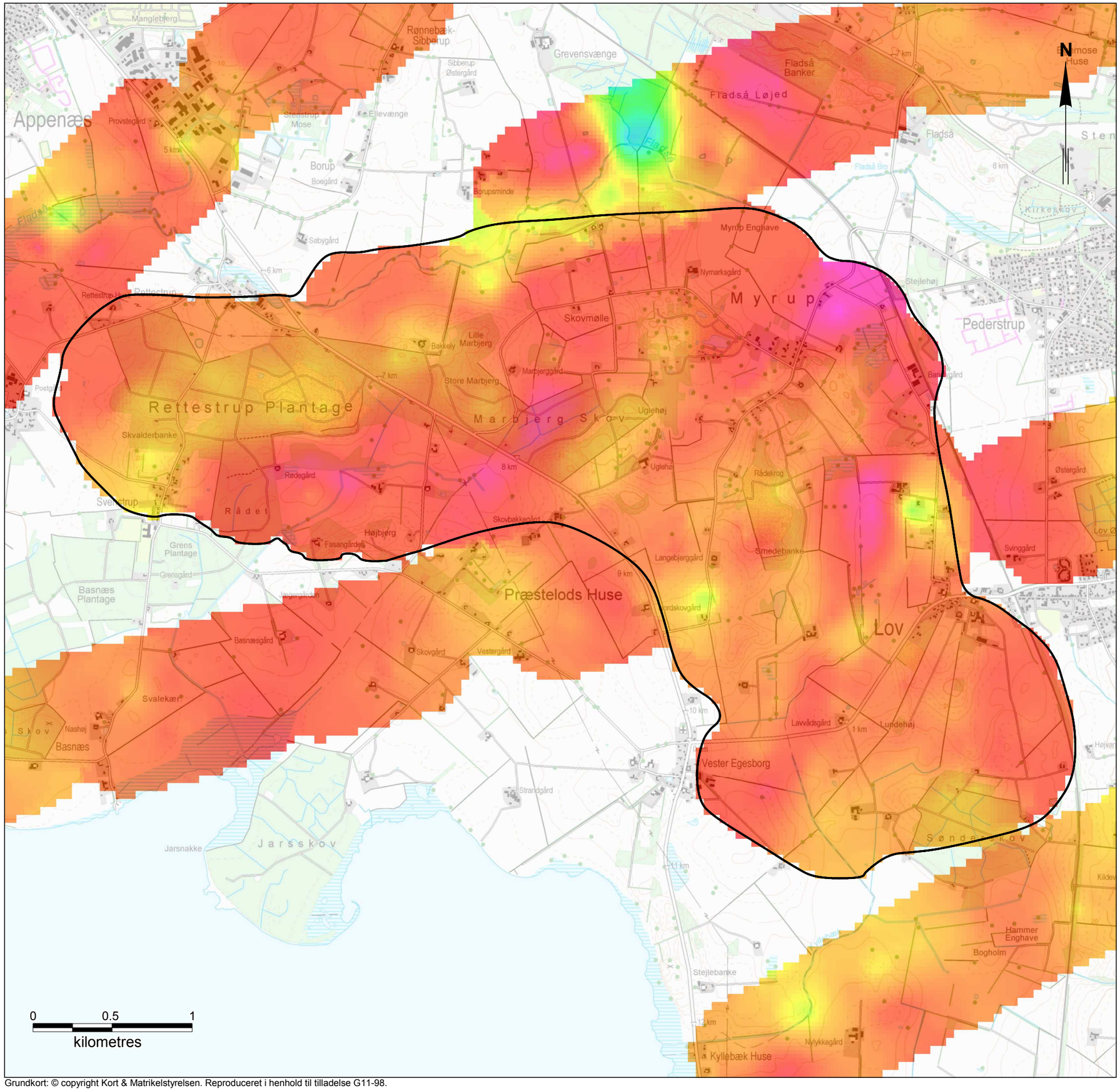
Region Sjælland
SkyTEM, Myrup-Rettestrup

Middelmodstand dybdeinterval 8-12 m
SCI
19-lags model

WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	1:24.000
Dato	9. sept. 2011
Dokument nr.	Bilag 3.03
Rev.	0

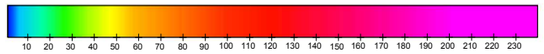
Dokumentnavn
Bilag_3_03_RS_SCI_19lag_Dybde.wor

COWI
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk



Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.

Signaturforklaring



Region Sjælland

SkyTEM, Myrup-Rettestrup

Middelmodstand dybdeinterval 12-16 m
SCI
19-lags model

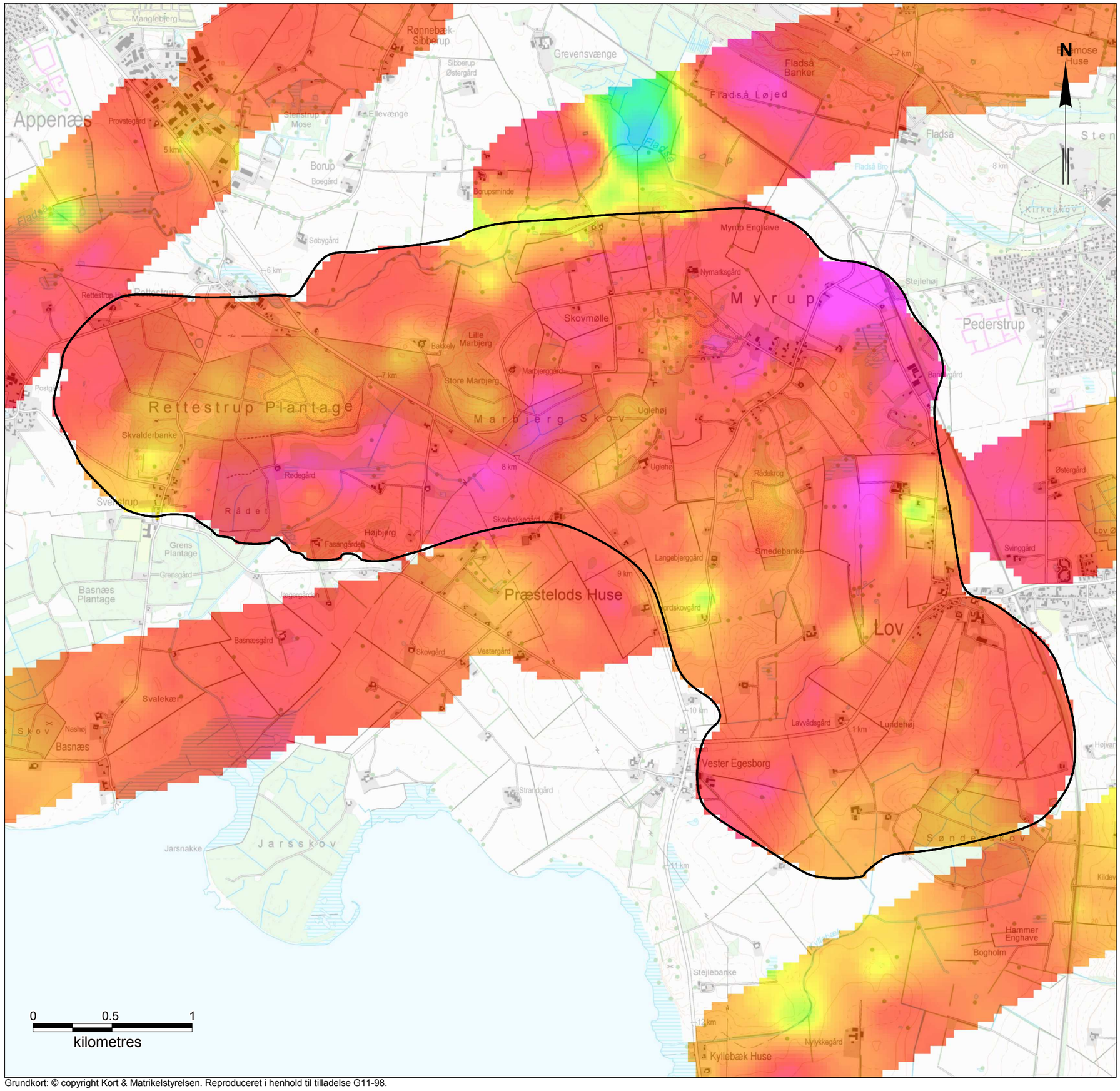
WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	1:24.000
Dato	9. sept. 2011

Dokumentnavn

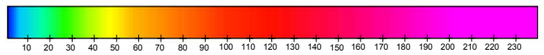
Bilag_3_04_RS_SCI_19lag_Dybde.wor

Dokument nr.	Rev.
Bilag 3.04	0

COWI
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk



Signaturforklaring



Region Sjælland

SkyTEM, Myrup-Rettestrup

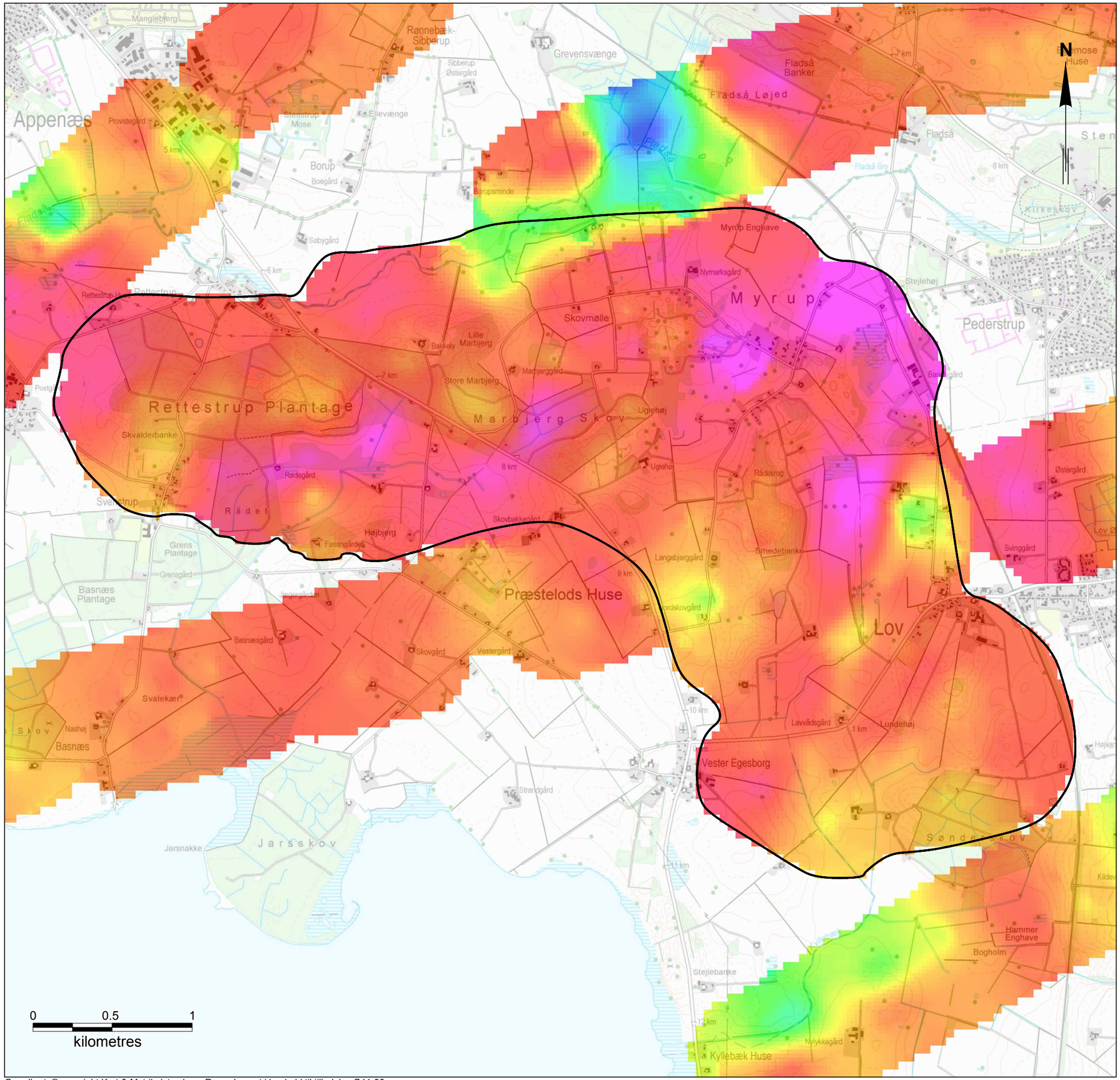
Middelmodstand dybdeinterval 16-20 m
SCI
19-lags model

WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	1:24.000
Dato	9. sept. 2011
Dokument nr.	Bilag 3.05
Rev.	0

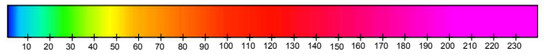
Dokumentnavn
Bilag_3_05_RS_SCI_19lag_Dybde.wor

COWI
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.



Signaturforklaring



Region Sjælland

SkyTEM, Myrup-Rettestrup

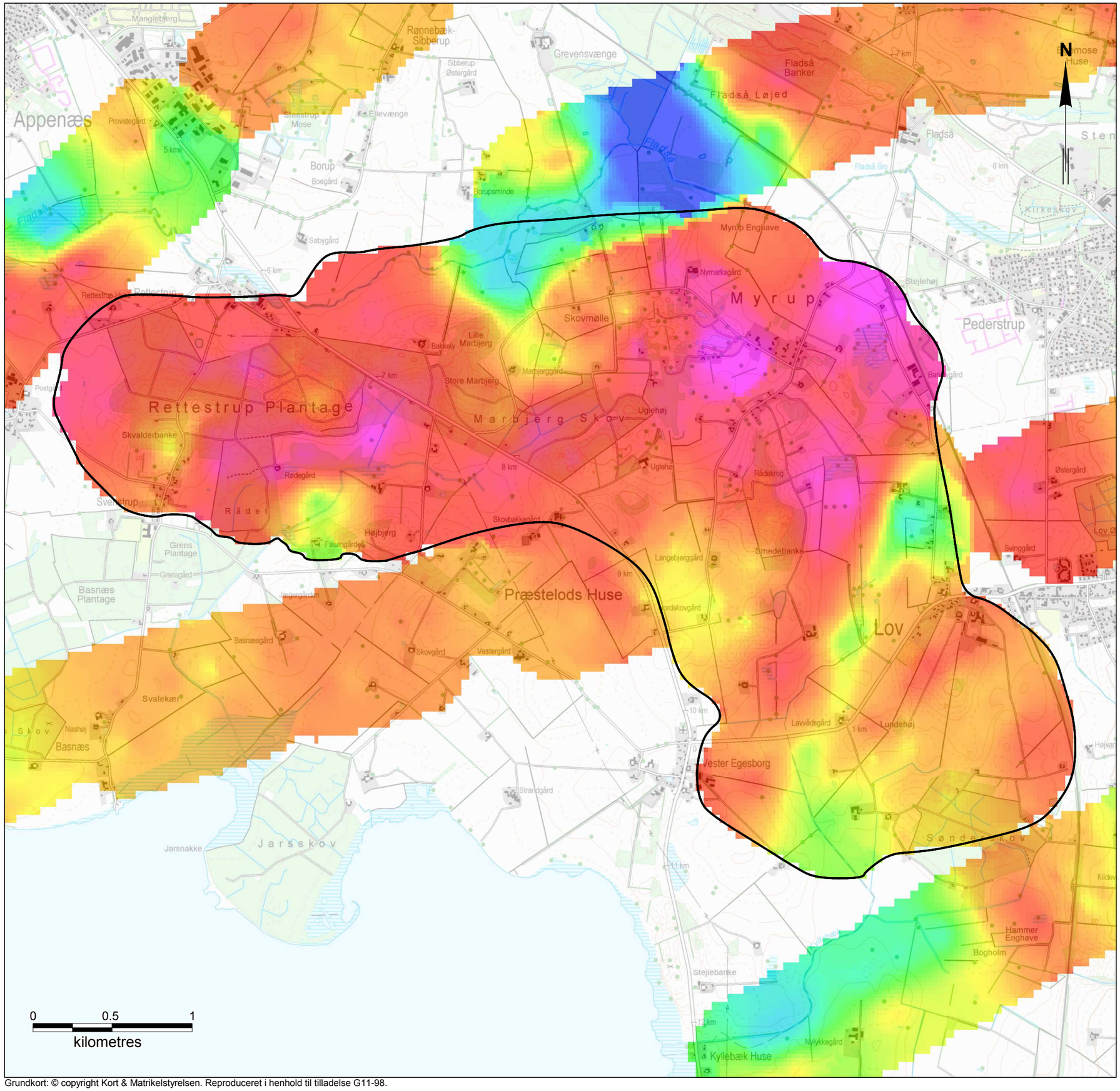
Middelmodstand dybdeinterval 20-30 m
SCI
19-lags model

WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	1:24.000
Dato	9. sept. 2011
Dokument nr.	Bilag 3.06
Rev.	0

Dokumentnavn
Bilag_3_06_RS_SCI_19lag_Dybde.wor

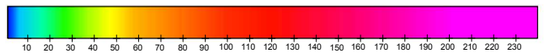
COWI
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.



Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.

Signaturforklaring



Region Sjælland

SkyTEM, Myrup-Rettestrup

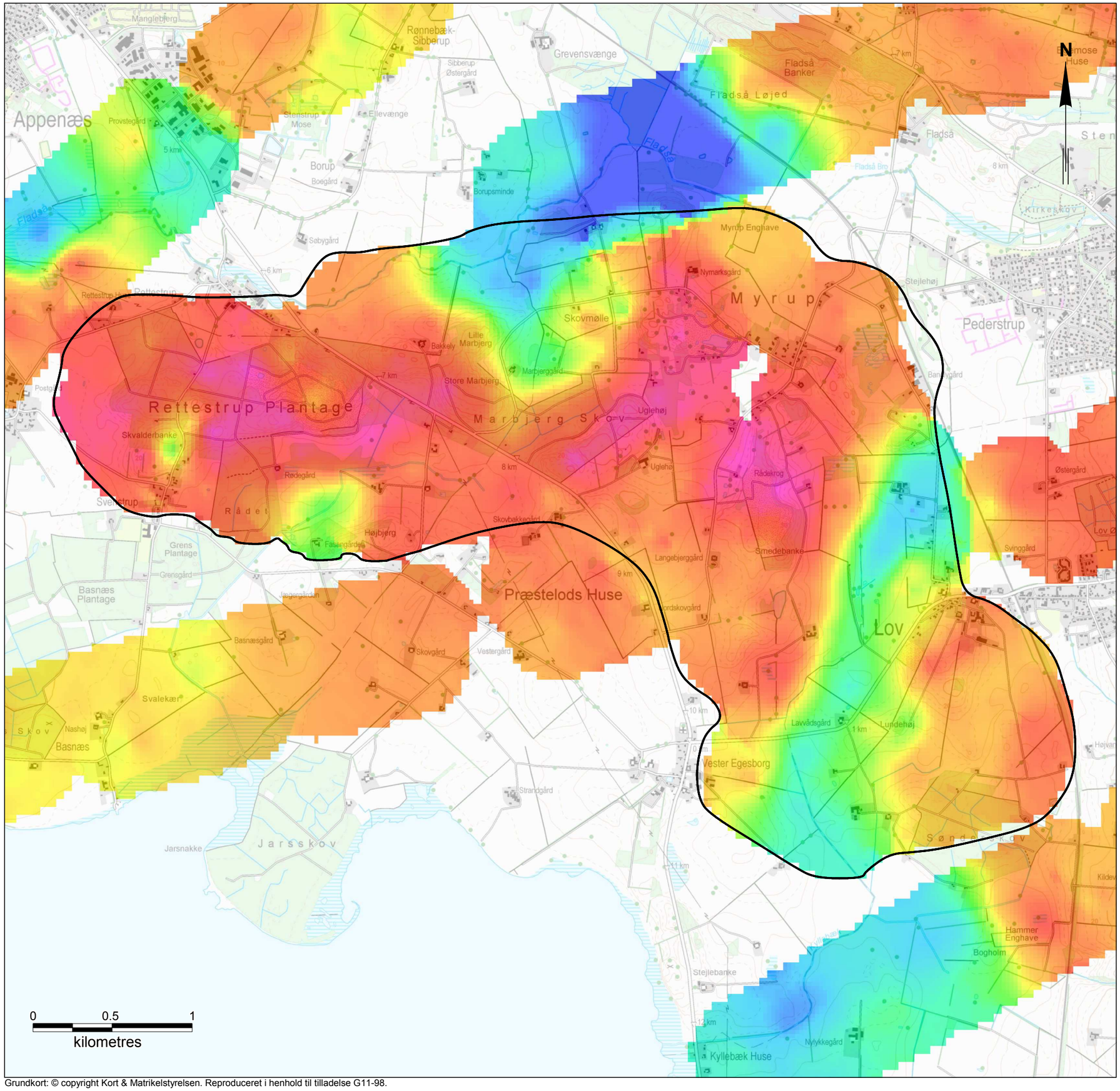
Middelmodstand dybdeinterval 30-40 m
SCI
19-lags model

WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	1:24.000
Dato	9. sept. 2011

Dokumentnavn
Bilag_3_07_RS_SCI_19lag_Dybde.wor

COWI
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

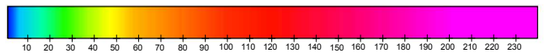
Dokument nr. Bilag 3.07
Rev. 0



0 0.5 1
kilometres

Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.

Signaturforklaring



Region Sjælland

SkyTEM, Myrup-Rettestrup

Middelmodstand dybdeinterval 40-50 m
SCI
19-lags model

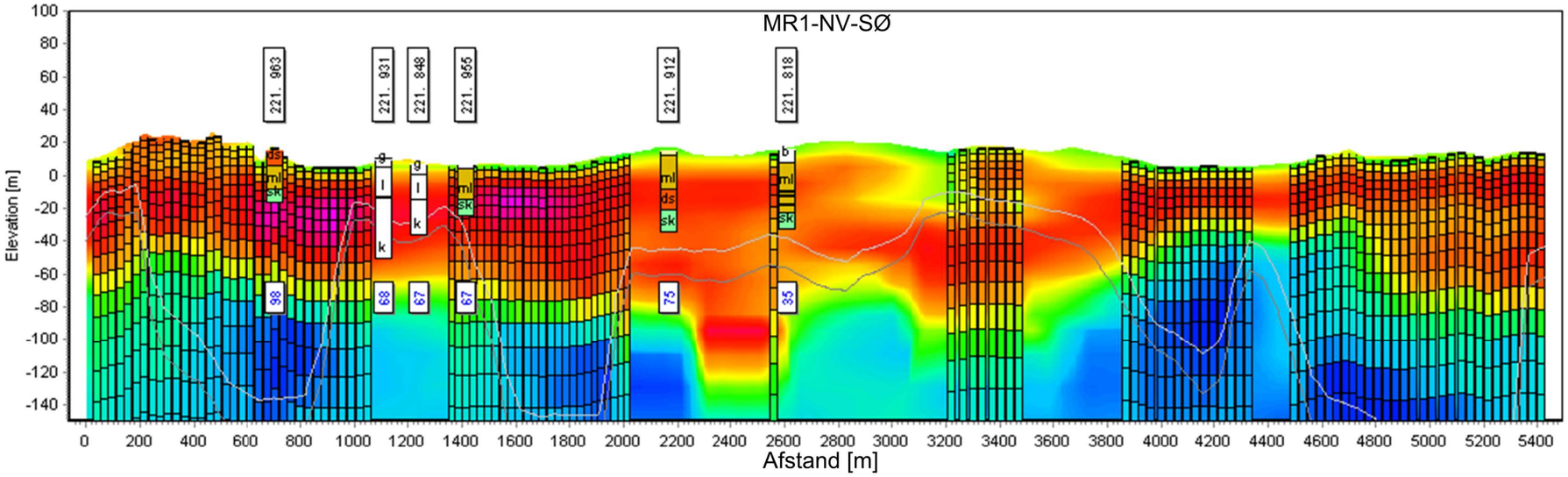
WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	1:24.000
Dato	9. sept. 2011

Dokumentnavn
Bilag_3_08_RS_SCI_19lag_Dybde.wor

Dokument nr. Bilag 3.08 | Rev. 0

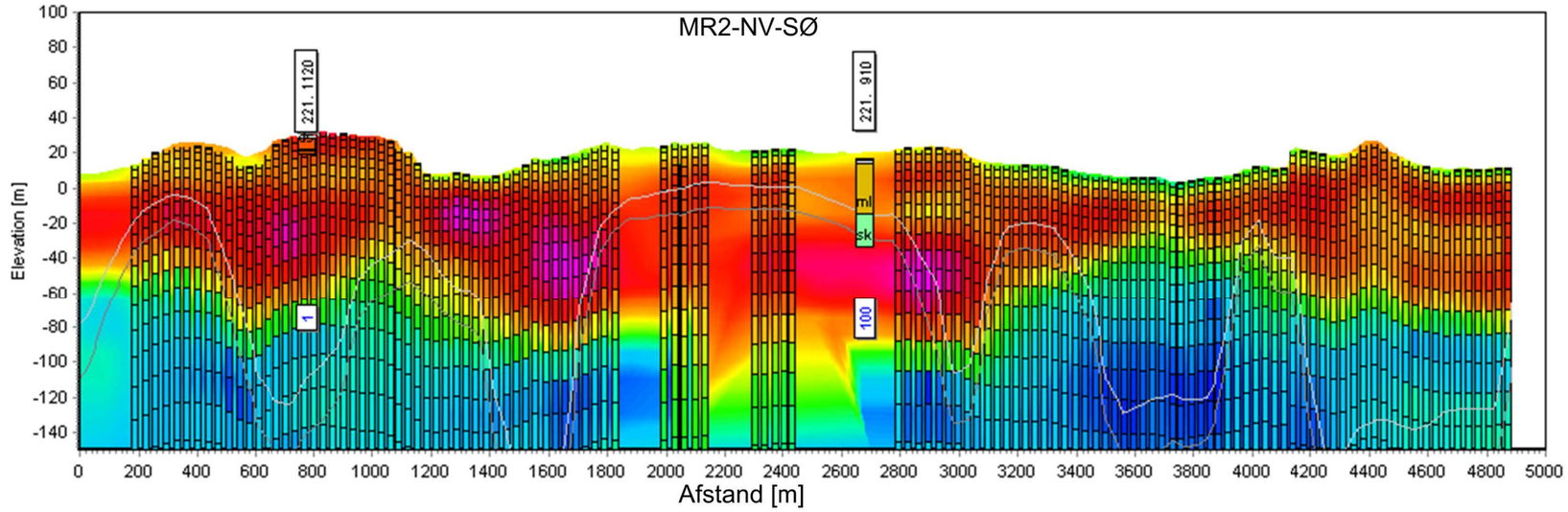
COWI
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

NV

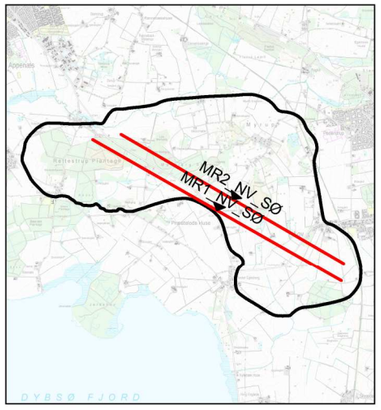


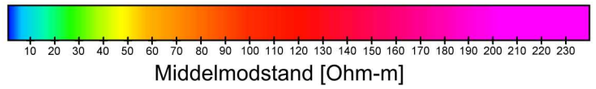
SØ

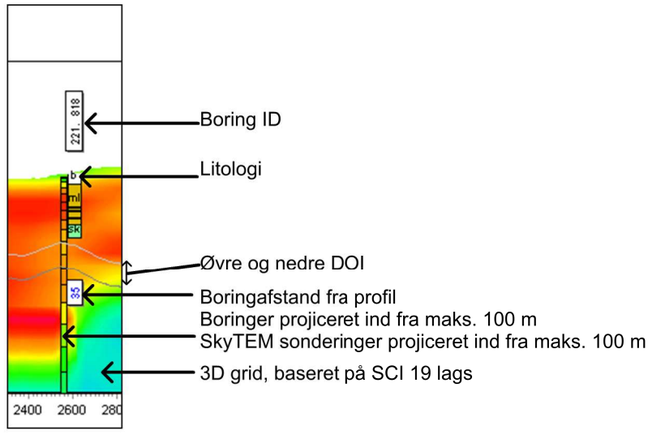
NV



SØ







Region Sjælland
SkyTEM, Myrup-Rettestrup

Profiler MR1-NV-SØ og MR2-NV-SØ
baseret på SCI, 19-lags

WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	H=1:20.000, V=6x
Dato	9. sept. 2011
Dokument nr.	Bilag 4.01
Rev.	0

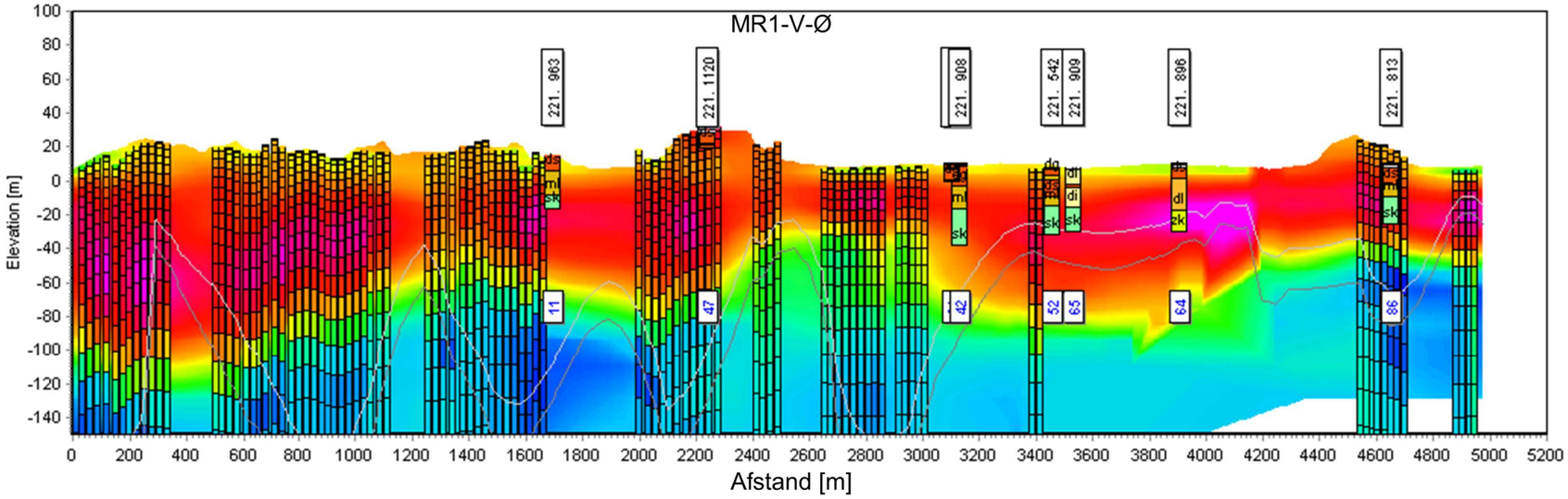
Dokumentnavn
Bilag_4_01_RS_Profiler med SCI-19lag.wor

COWI

COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

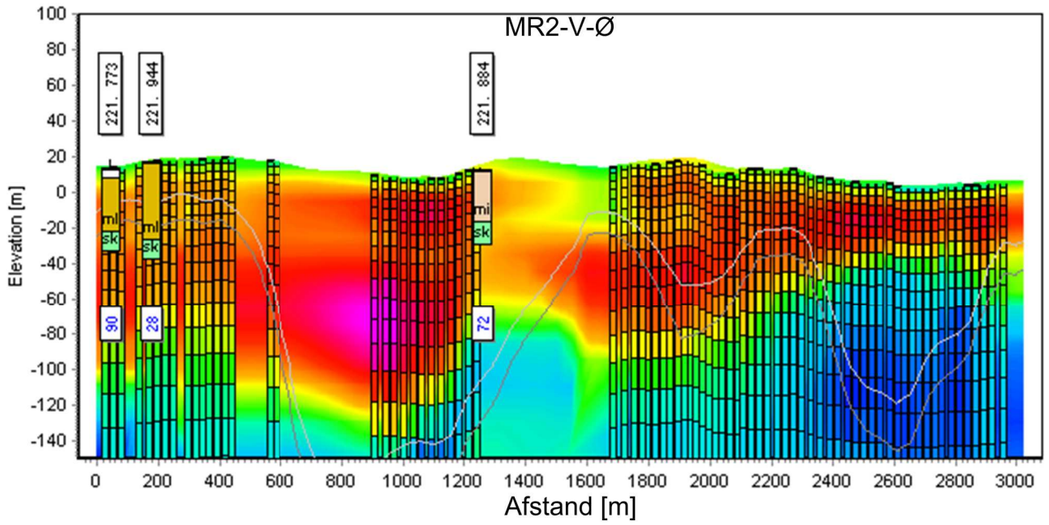
Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.

V

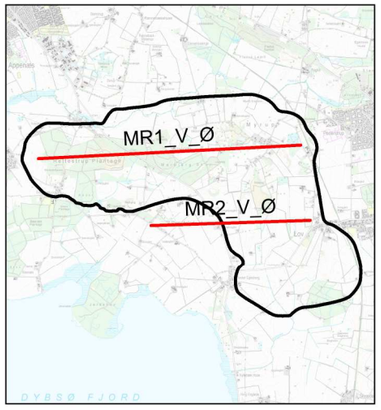


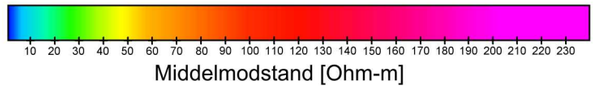
Ø

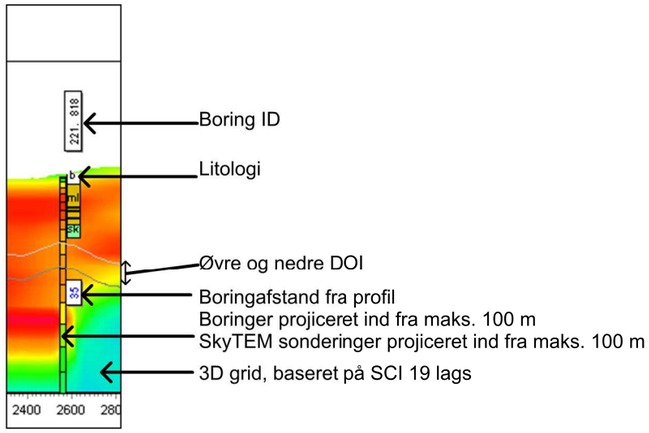
V



Ø







Region Sjælland
SkyTEM, Myrup-Rettestrup

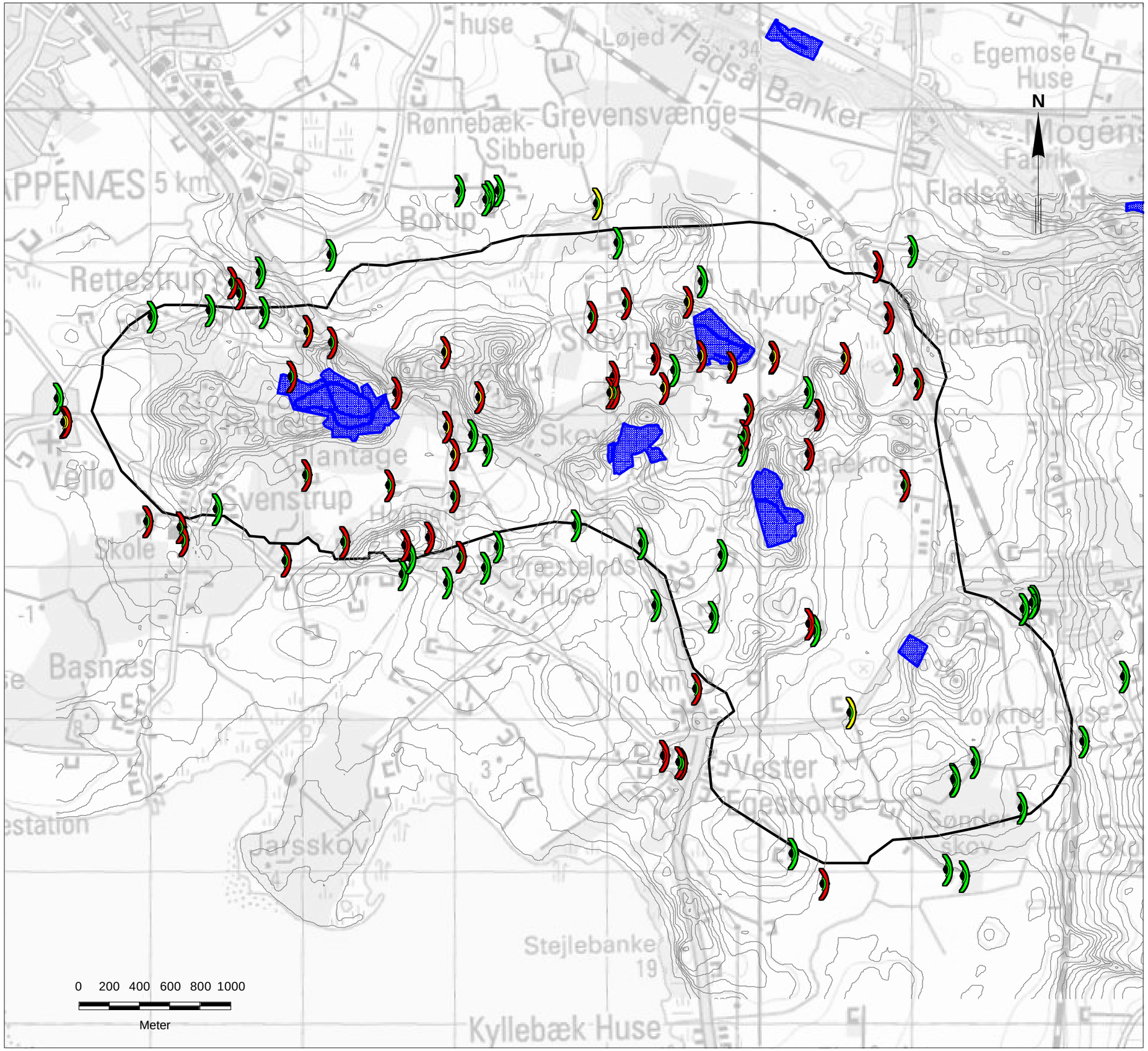
Profiler MR1-V-Ø og MR2-V-Ø
baseret på SCI, 19-lags

WBS-nr.	P-074535
Udarb.	JAME
Kontr.	JOWI
Godk.	OFN
Mål	H=1:20.000, V=6x
Dato	9. sept. 2011
Dokument nr.	Bilag 4.02
Rev.	0

Dokumentnavn
Bilag_4_02_RS_Profiler med SCI-19lag.wor

COWI
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.



Total meter overjord

- 0 til 5
- 5 til 10
- Mere end 10 meter

Tykkeste sammenhængende sandlag

- Mere end 10 m
- 5 til 10 m
- 0 til 5 m

Råstofgraveområder

Region Sjælland

SkyTEM, Rettestrup-Myrup-Lov

Oversigt over overjord og forekomst i boringer

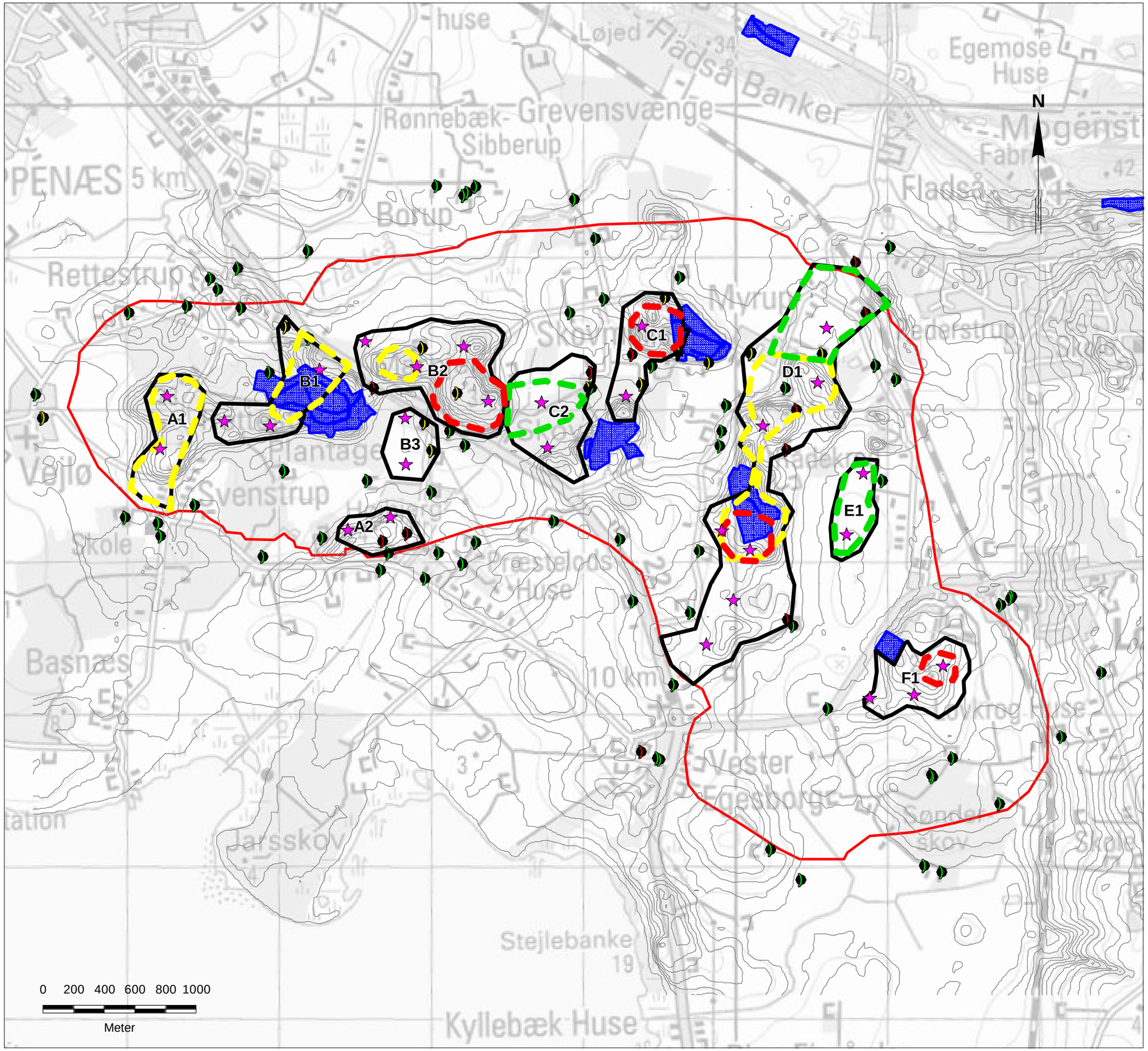
WBS-nr.	P-074535
Udarb.	HERB
Kontr.	OFN
Godk.	JOWI
Mål	1:25.000
Dato	21. sep. 2011
Dokument nr.	Bilag 5
Rev.	1.0

Dokumentnavn

Bilag_5_overjord_og_forekomst_boringer

COWI
COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.



Tykkeste sammenhængende sandlag

- Mere end 10 m
- 5 til 10 m
- 0 til 5 m

Råstofgraveområder

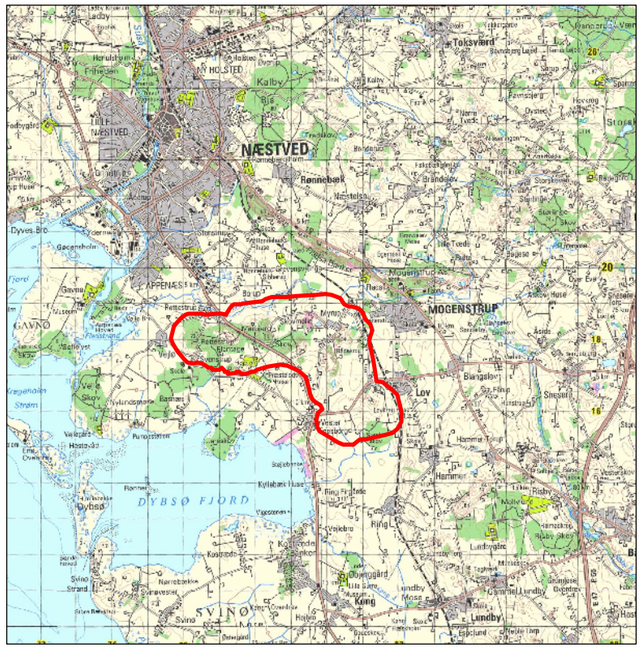
Samtolkede interesseområder

Forslag til boringer

SkyTEM tolkede råstofforekomster

- 0 til minimum 12 meters dybde
- 0 til maximum 8 meters dybde
- 8 til minimum 16 meters dybde

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230



Region Sjælland

SkyTEM, Rettestrup-Myrup-Lov

Forslag til områder for nærmere undersøgelser

WBS-nr.	P-074535
Udarb.	HERB
Kontr.	OFN
Godk.	JOWI
Mål	1:25.000
Dato	24. okt. 2011
Dokument nr.	Bilag 6
Rev.	2.0

Dokumentnavn: Bilag_6_samtolkning_forslag_undersøgelsesområder

COWI

COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

Grundkort: © copyright Kort & Matrikelstyrelsen. Reproduceret i henhold til tilladelse G11-98.