

Før tanken ud i livet
VIA University College

C2C-CC: Potentialer for øget infiltra- tion i nye byområder - Østerhåb Vest



Projektgruppe:

FoU Center for byggeri, energi, vand & klima, VIA University College:

Theis Raaschou Andersen

Julie Dam Larsen

Horsens Kommune:

Helle Jusjong Blæsbjerg

Rasmus Rønde Møller

Ansvarsfraskrivelse:

Nærværende notat offentliggør resultater vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af EU Life IP programmet og udført af VIA University College i samarbejde med Horsens Kommune. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for partnernes synspunkter. Det skal endvidere bemærkes, at det udelukkende er modtagers ansvar, hvis data bruges fremadrettet. VIA University College og Horsens Kommune har ikke ansvar for datakvalitet og brugen af data. VIA University College har uindskrænket ret til at offentliggøre egne forskningsresultater i videnskabelige værker og tidsskrifter i henhold til det pågældende forskningsområdes traditioner. Såfremt data skal bruges af tredjepart skal VIA University College give tilladelse til dette.

INDHOLD

1	Forord	4
2	Opsummering	4
3	Summary	5
4	Indledning	5
5	Beskrivelse af kortlægningsområdet	6
6	Geofysisk kortlægning	8
7	Boringer	10
8	Terrænnært grundvand og umættet zone	14
9	Infiltrationstest	15
10	Sammenstilling med eksisterende værktøjer	17
11	Sammenfatning	17

1 Forord

Denne rapport er en del af projektet "Coast to Coast Climate Challenge (C2C-CC), projekt C23 - Potentialer for øget infiltration i nye byområder", der blev finansieret af Life IP programmet. Projektet er udført som et samarbejde mellem Center for Forskning og Udvikling i byggeri, energi, vand og klima fra VIA University College og Horsens Kommune med opstart i foråret 2017.

Læs mere om selve projektet på www.c2c-cc.eu

2 Opsummering

Indenfor kortlægningsområdet "Østerhåb Vest" er udført følgende undersøgelser:

- En fladedækkende, detaljeret geofysisk kortlægning af de øverste 5-10 m via DualEM-421 metoden
- 123 boreriger med formålet at beskrive områdets litologi
- 15 infiltrationstests

Sammenstilles resultaterne fra disse undersøgelser opnås et datagrundlag anvendeligt til dimensionering af fremtidige nedsivningsløsninger for overfladevand i kortlægningsområdet. På Figur 1 er de mest nedsivningsegne områder skraverede. Det skal bemærkes, at borerigerne i nærværende undersøgelse kun når til 2 - 3 m u.t.



Figur 1: Oversigtskort over områder egnede til nedsivning (skraverede arealer)

3 Summery

The following studies have been carried out within the survey area "Østerhåb Vest":

- A surface-covering, detailed geophysical mapping of the upper 5-10 m via the DualEM-421 method
- 123 wells for the purpose of describing the area's lithology
- 15 infiltration tests

Comparing the results of these studies, a data basis is useful for dimensioning future surface water seepage solutions in the mapping area. In Figure 1, the most seepage areas are shaded. It should be noted that the bores in this study only reach 2 - 3 m u.t.

4 Indledning

Nærværende rapport beskriver i korte træk resultaterne af forskningsprojektet "Potentialer for øget infiltration i nye byområder – Østerhåb Vest", hvilket undersøger mulighederne for nedsivning af overfladevand i et nyt byudstykningsområde ved Østerhåb Vest (Figur 2) beliggende vest for Horsens by.

Forskningsprojektet er et led i et større EU projekt, projekt C2C-CC C23 (se Forord), og har til formål at vurdere nedsivningsmulighederne for overfladevand i det aktuelle byudstykningsområde. Lokalplanen for området kan findes på Horsens Kommunes hjemmeside (http://lokalplaner.horsens.dk/download/pdf/boliger_oesterhaab_vest_horsens.pdf).

Nedsivningspotentialet er undersøgt på baggrund af data fra geofysisk kortlægninger, boringer og infiltrationstests udført ifm. projektet med henblik på at kortlægge de terrænnære hydrauliske forhold og at kvantificere muligheden for nedsivning af overfladevand i de pågældende områder. Disse nye data er suppleret med eksisterende data fra Danmarks Miljøportal, GEUS og Kortforsyningen samt sammenstillet med eksisterende nedsivningsværktøjer som findes på markedet nu. Resultaterne kan indgå som datagrundlag ved projektering af fremtidige løsninger for håndtering af overfladevand i området.

Den ifm. projektet udførte dataindsamling omfatter:

- En fladedækkende, detaljeret geofysisk kortlægning af de øverste 5-10 m via DualEM-421 metoden
- Pejleboringer med geologisk jordtypebeskrivelse
- Infiltrationstests

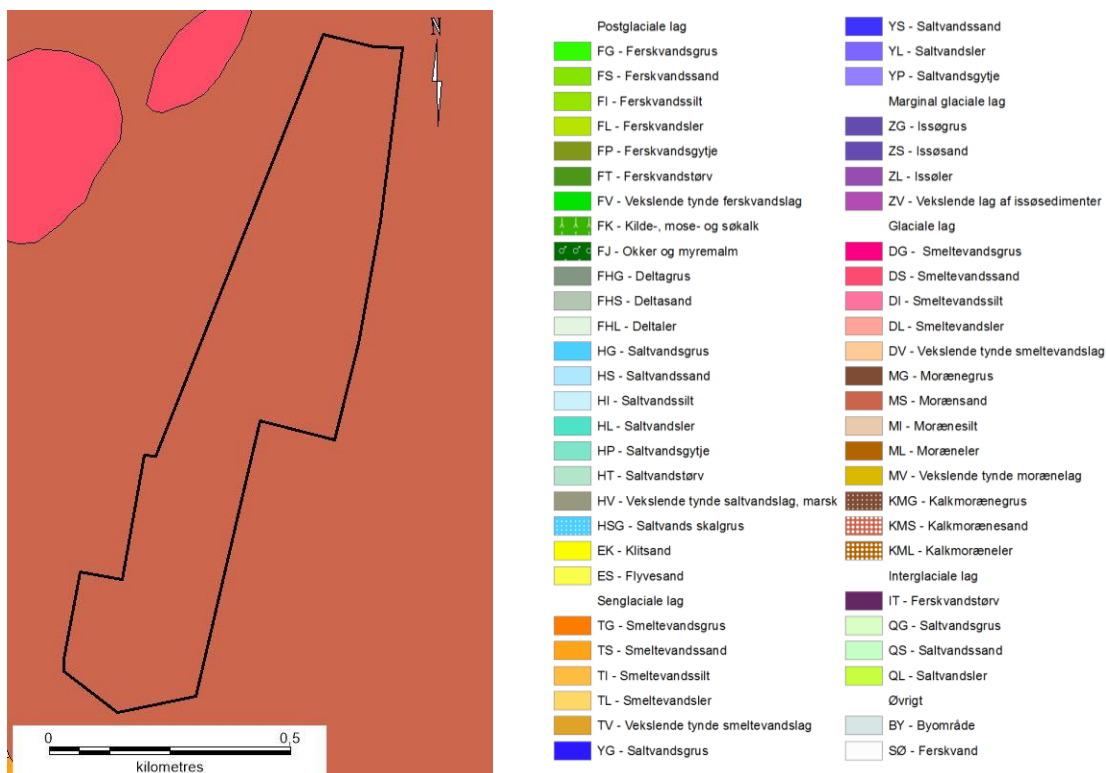


Figur 2: Oversigtsbillede af kortlægningsområdet "Østerhåb Vest"

5 Beskrivelse af kortlægningsområdet

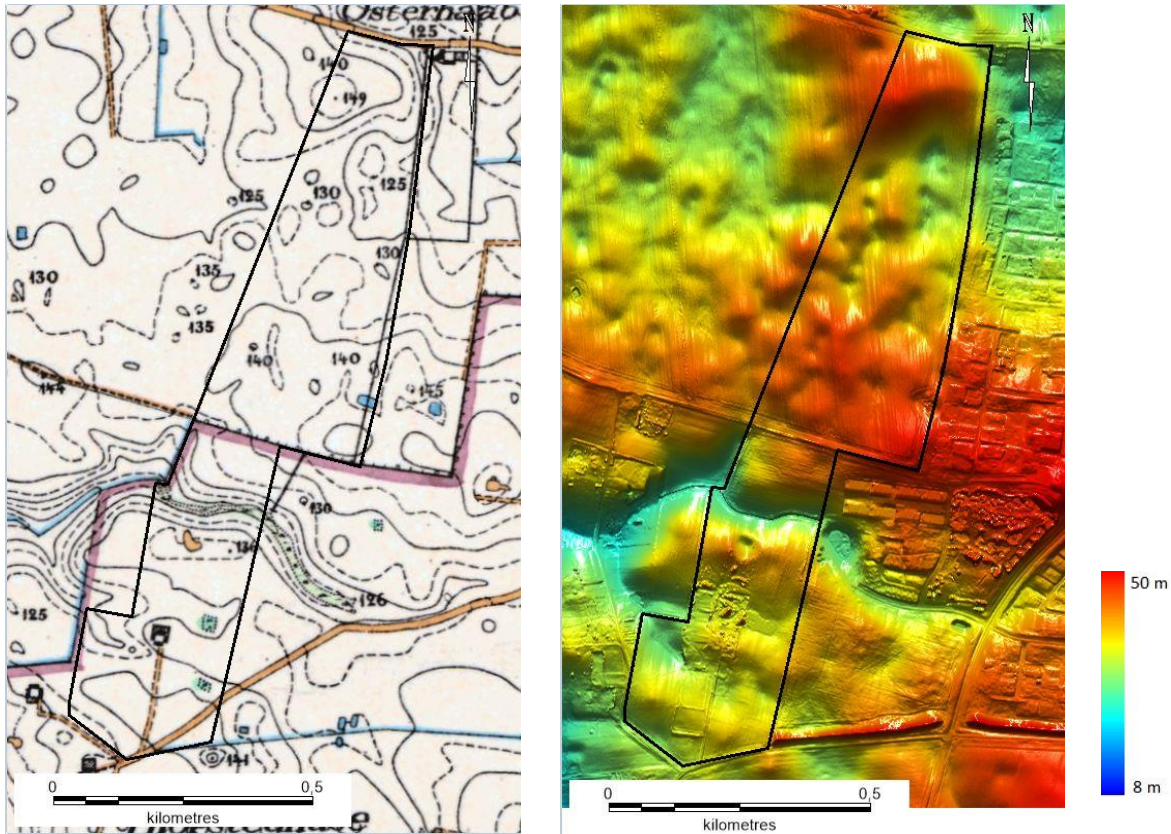
Kortlægningsområdet "Østerhåb Vest" kan overordnet opdeles i to arealer baseret på deres nutidige funktion. Et nordligt areal kendetegnet ved landbrugsdrift, og et sydligt areal kendetegnet ved beboelse i form af en rideskole. Primo 2019 er den nordlige del af arealet udstykket, der er udført geotekniske undersøgelser og opførelsen af nybyggeri opstartet. Jævnfør kommunalplanen etableres et regnvandsbassin til håndtering af overfladevandet og nedsivning af overfladevand er derfor ikke valgt som den primære måde at håndtere overfladevandet på i området. Nærværende rapport og dens resultater skal derfor ses i dette lys.

På Figur 3 ses jordartskortet 1:25.000 for området. Jordartskortet viser overordnede jordartstyper for 0 – 1 meter under terræn (m u.t.). Som det fremgår af kortet er hele området domineret af moræneler, hvilket som udgangspunkt ikke er egnet til nedsivning.



Figur 3: GEUS' jordartskort 1:25.000 lagt ned over kortlægningsområdet

Ifølge GEUS boringsdatabase, Jupiter, findes ingen eksisterende boringer i området. Cirka 300 meter vest for området findes en grundvandsboring fra 1984 (DGU nr. 107.1185), hvori grundvandspejlet er registreret til 24,7 m u.t. Det vurderes, at det målte grundvandsspejl i boringen repræsenterer det primære dybereliggende grundvandsspejl i området. Erfaringsmæssigt kan der i områder præget af moræneler dog forekomme terrænnære, sekundære grundvandsmagasiner, hvorfor det har interesse at undersøge de terrænnære hydrologiske forhold i nærmere detalje. Nærværende undersøgelser er igangsat med netop dette formål, samt at kvantificere tykkelsen og beskaffenheden af den umættede zone i området.



Figur 4: Venstre, Kortlægningsområdet tegnet ind på "Høje målebordsblade" fra 1842 – 1899. Højre, nuværende terrænoverflade

På Figur 4 ses kortlægningsområdet tegnet ind på "Høje målebordsblade" fra perioden 1842-1899 med topografiske intervaller af 5 fod samt den nuværende terrænoverflade, begge hentet fra Kortforsyningen. Som det fremgår af figuren var området dengang præget af et lettere kuperet terræn med de højeste områder (over 40 m) beliggende i det midterste og nordlige del af området, og de laveste mod syd, hvor kortlægningsområdet gennemskæres af to mindre lavninger som afvander området mod vest. Som det ses af figuren har landskabet ikke ændret sig meget siden 1899, idet området kun har været udlagt som landbrugsjord i perioden; der kan derfor kun forventes en svag udjævning af terrænet grundet pløjning.

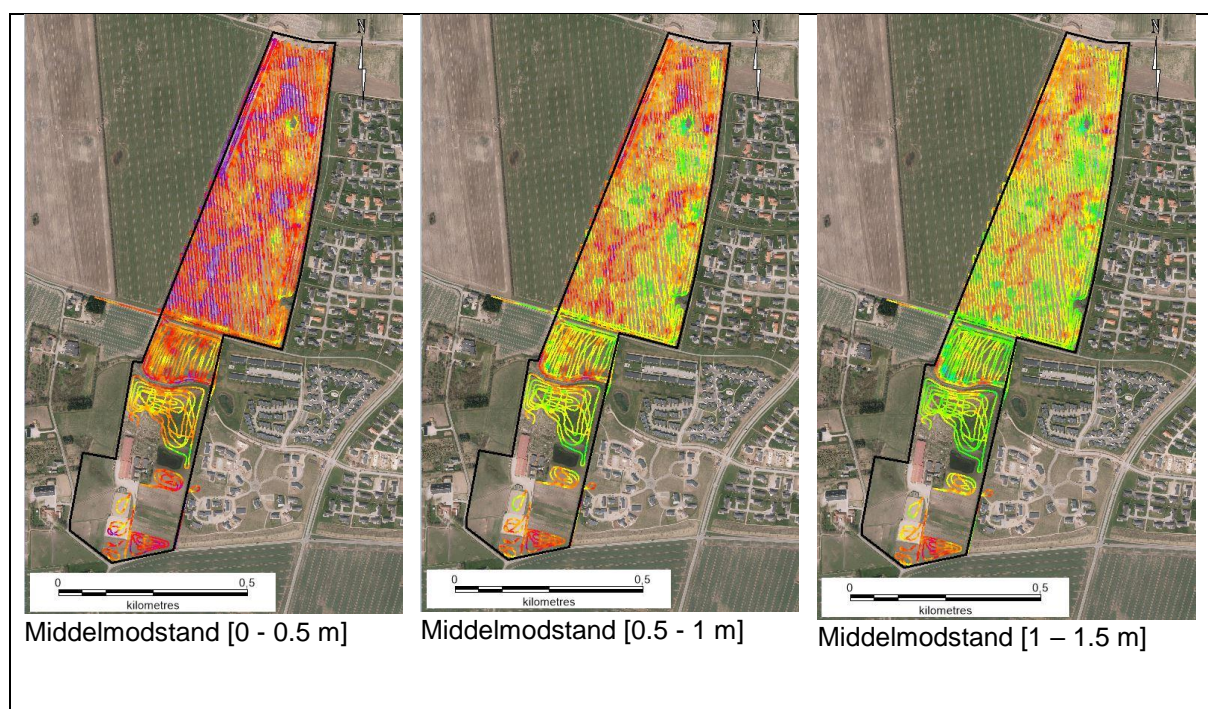
Fra Danmarks Miljøportal kan følgende information uddrages omkring området:

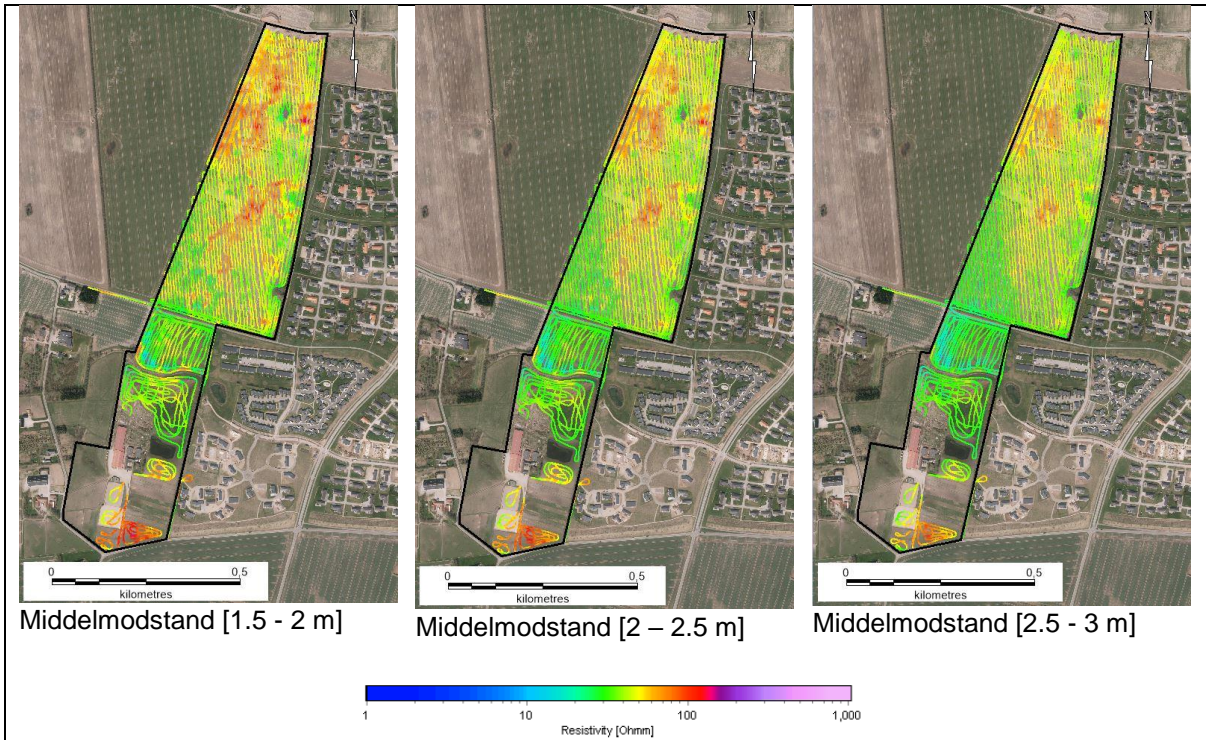
- Området er beliggende i "Område med drikkevandsinteresse", men uden for Områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD). Se mere på http://svana.dk/media/210077/pdf_-vejledning-om-krav-til-kommuneplanlægning-inden-for-omraader-med-saerlige-drikkevandsinteresser-og-indvindingsoplande-til-almene-vandforsyninger.pdf.
- Har karakteren 0 - 3 på HNV skalaen, hvilken er et mål for et områdes naturværdier. Skalaen løber fra 0 (ingen naturværdi) til 14 (høj naturværdi), kategoriseret efter mængden af registrerede biodiversitetslementer på det pågældende sted. Værdierne 0 – 3 indikerer at området ikke har nogen særlig naturværdi.
- Der er ingen fredede områder samt fortidsminder inden for kortlægningsområdet.
- Området overskrider hverken sø- og åbeskyttelseslinjer eller skov- og kirkebyggelinjer.
- Øst i det sydligste felt findes et punkt for betinget udledning af regnvand.

6 Geofysisk kortlægning

I foråret 2017 blev området kortlagt via en DualEM-421 kortlægning. En metode særligt velegnet til detaljeret geofysisk kortlægning af den terrænnære jordlagsserie ned til ca. 7 m u.t. Hele området er kortlagt med en linjeafstand på 7,5 m. På Figur 5 og 6 ses middelmodstandskort for henholdsvis 0 til 3 m u.t. og 3 til 6 m u.t. Indtil 3 m vises middelmodstandskortene med intervaller á 0,5 meter, og fra 3 til 6 meter i intervaller á 1 meter. På Figur 7 ses overordnet oversættelse af middelmodstandsværdier til litologi. Præsentationen af den beregnede middelmodstand er afblændet ved den beregnede indtrængningsdybde (DOI), hvorfor antallet af datapunkter aftager nedadtil. Indtrængningsdybden varierer i området fra ca. 5 til 7 m. Den beregnede middelmodstand er præsenteret som punkttema, og der er derfor ikke foretaget nogen form for interpolation af de beregnede værdier.

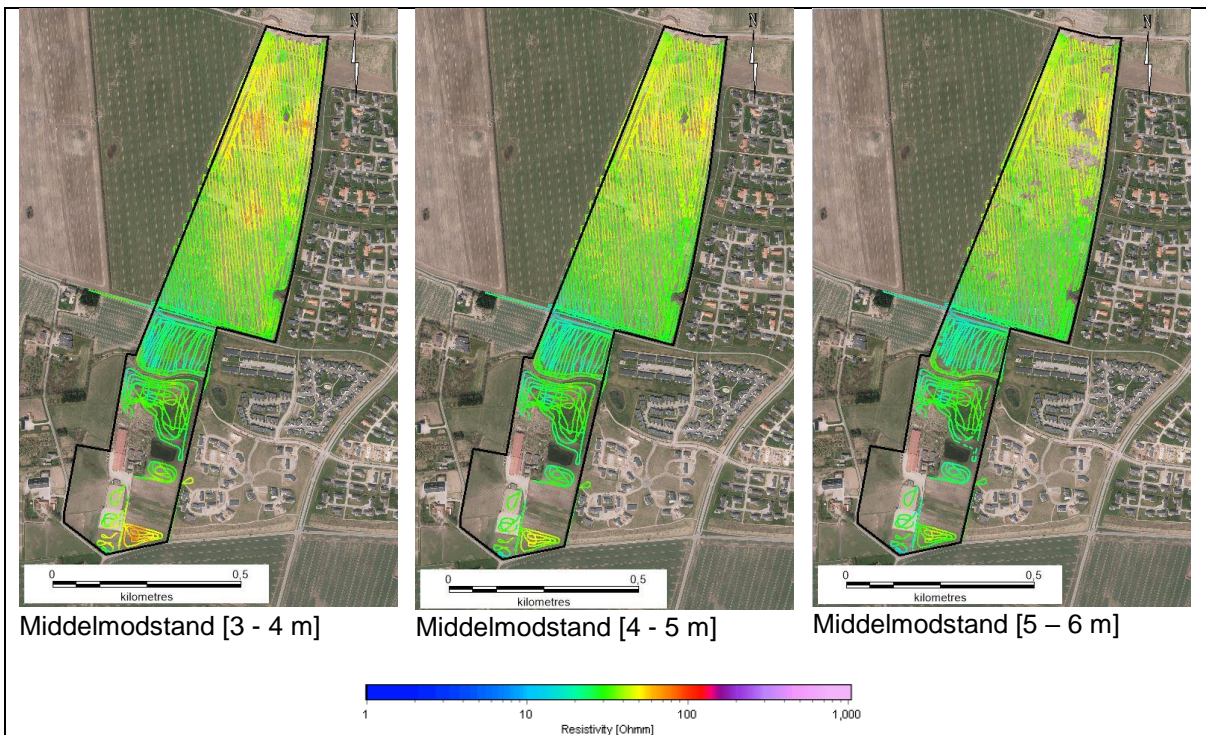
Sammenholdes middelmodstandskortene i Figur 5 og 6 med den litologiske fortolkning i Figur 7 fremgår det at det øverste dybdeinterval (0 – 0,5 m) i hele området domineres af høje middelmodstande (over 100 Ohmm), hvilket indikerer at hele området i dette dybdeinterval er domineret af sand eller tør moræneler. Umiddelbart nord for rideskolen samt i mindre lommer ses lavere modstande omkring 30 til 50 Ohmm. Områderne med lave modstande er overordnet sammenfaldende med eksisterende lavninger i terrænet. Modstandsforskellene kunne derfor godt være et direkte udtryk for vandindholdet i jorden, og ikke nødvendigvis et udtryk for forskellige litologier, hvor lavninger typisk er fugtigere end højere liggende områder. Gennem de fem dybdeintervaller ned til 3 m u.t. skifter litologien i det sydlige del af området til at være domineret af middelmodstande som tolkes som moræneler, dog med undtagelse af den sydligste spids, hvilken forbliver domineret af høje modstande, hvilket tolkes som at området er sanddomineret. Litologien i den nordlige del af kortlægningsområdet viser et mere broget billede med et højmodstandslag over 80 Ohmm i den nordlige og centrale del af området. Den resterende del af det nordlige område domineres af middelmodstand. De høje modstande tolkes som værende sanddominerede aflejringer, mens middelmodstandene tolkes som værende moræneler.



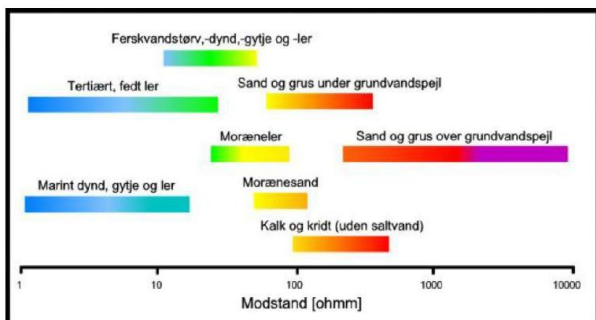


Figur 5: Middelmålingskort baseret på DualEM-421 dækkende 0 til 3 m u.t.

På Figur 6 er middelmålingen fra 3 til 6 m u.t. præsenteret. Som det fremgår af figuren, er modstanden i hovedparten af området domineret af middel til lave modstande omkring 15 til 50 Ohm som tolkes repræsenterende moræner. Større sammenhængende høj- til middelmålingsområder ses i den centrale del af området samt i det nordøstlige hjørne og i områdets nordvest- og sydvestlige dele svarende til sandede aflejringer.



Figur 6: Middelmålingskort baseret på DualEM-421 dækkende 3 til 6 m u.t.

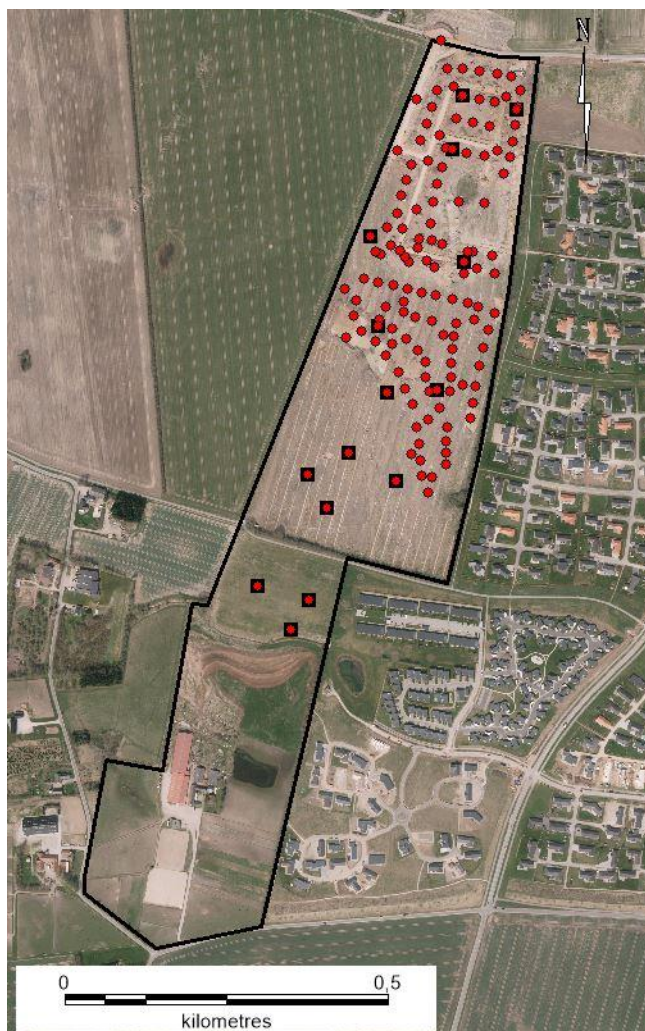


Figur 7: Middelmodstandsværdier omsat til litologi

7 Boringer

På baggrund af resultaterne fra DualEM-421 kortlægningen er der udført 21 håndboringer, hvor materialet er hjembragt til VIA og analyseret i detalje og der er udført 15 infiltrationstest i området. Derudover er der udført 123 geotekniske boringer som også er indarbejdet i nærværende undersøgelse. Boringerne og infiltrationstestene er henholdsvis vist med røde cirkler og sorte firkanter på Figur 8. Boringerne er typisk mellem 2-4 m dybe, alt efter hvad terrænet tillod. Under borearbejdet er det opborede materialet blevet geologisk beskrevet per 0,5 meter.

De overordnede geologiske beskrivelser fra de enkelte boringer ses i Tabel 1. I tabellen ses også grundvandsspejlet samt de tilhørende modstande fra DualEM-421 kortlægningen. Boringer domineret af sand er markeret med rødt.



Figur 8: Boringer, markeret med røde cirkler, udført i kortlægningsområdet. Infiltrationstest er markeret med sorte firkanter.

Borings nr.	Modstand 1 m u.t. [Ohmm]	Litologi [0 - 0,5 m u.t.]	Litologi [0,5 - 1 m u.t.]	Litologi [1 - 2 m u.t.]	Litologi [2 - 4 m u.t.]	Grundvandspejl [m u.t.]
B1	39	Topjord	ML	ML	ML	-1,29
B10	42	Topjord	LER (ML)	ML	ML	-2,95
B11	49	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	SAND	-1,3
B12	88	Topjord	LER (ML)	SAND	LER	-1,3
B13	38	Topjord	LER (ML)	ML	ML	-0,75
B14	58	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-1,56
B15	36	Topjord	LER (ML)	ML (ML)	SAND	-0,52
B16	57	Topjord	SAND	SAND	ML	-1,05
B17	45	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-0,87
B18	49	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-1,03
B19	50	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-1,17
B2	60	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-0,75
B20	50	Topjord	LER (ML)	ML	ML	-0,98
B21	90	Topjord	LER (ML)	SAND	SAND	-1,44
B22	47	Topjord	LER (ML)	ML	ML	-0,96
B23	59	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-1,65
B24	39	Topjord	LER (ML)	ML	ML	-0,89
B25	93	Topjord	LER (ML)	SAND	ML	-1,4
B26	40	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-0,85
B27	76	Topjord	SAND	LER (ML)	ML	-1,45
B28	54	Topjord	LER (ML)	ML	ML	-1,15
B29	55	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-1,25
B3	27	Topjord	LER (ML)	ML	ML	-1
B30	56	Topjord	LER (ML)	ML	ML	-1,25
B31	43	Topjord	LER (ML)	ML	ML	-1,2
B32	37	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-1,05
B33	43	Topjord	LER (ML)	ML	ML	-0,63
B34	40	Topjord	LER (ML)	ML	ML	-0,95
B35	33	Topjord	LER (ML)	ML	ML	-0,75
B36	40	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-3,9
B38	38	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-0,95
B4	40	Topjord	LER (ML)	ML	ML	over 4 m
B40	49	Topjord	LER	SAND	ML	-1,54
B42	62	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	SAND	-1,35
B44	23	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-1,76
B46	38	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-1,42
B48	58	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	over 4 m
B5	60	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-1,25
B50	60	Topjord	SAND	LER (ML)	ML	-1,44
B52	60	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-1,42

B54	52	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-1,18
B56	46	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-1,15
B58	56	Topjord	LER (ML)	ML	ML	-1,38
B6	45	Topjord	LER (ML)	SAND	ML	-3,4
B60	48	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-1,28
B62	54	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-1,08
B64	50	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-2,05
B66	52	Topjord	LER (ML)	ML	ML	-2
B7	83	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-1,37
B8	44	Topjord	LER (ML)	ML	ML	-0,55
B9	97	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	SAND	-1,35
Bb1	51	Topjord	LER (ML)	SAND	SAND	-3,95
Bb2	40	Topjord	SAND	ML	ML	Over 4
Bb3	42	Topjord	ML	ML	ML	-3,7
Bb4	47	Topjord	LER (ML)	ML	ML	-1,5
G10	72	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-2,9
G11	62,3	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-3,5
G12	78	Topjord	LER (ML)	ML	ML	-2,2
G13	68,6	Topjord	SAND	ML	ML	over 4
G14	58	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-3,8
G15	64,9	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	Over 4
G16	59	Topjord	LER (ML)	ML	ML	Over 4
G17	62,5	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-2,9
G18	47	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-3,8
G19	40,6	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-2,8
G2	82	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	Over 4
G20	32	Topjord	ML	ML	ML	-0,5
G21	37	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	Over 4
G22	33	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-1,1
G23	43	Topjord	LER (ML)	ML	ML	Over 4
G24	41	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-1
G25	64	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	Over 4
G26	38	Topjord	LER (ML)	ML	ML	Over 4
G27	54	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	Over 4
G28	43	Topjord	LER (ML)	SAND	ML	Over 4
G29	34	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	Over 4
G3	68	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	Over 4
G30	56	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-3,8
G31	70	Topjord	SAND	LER (ML)	ML	-3,1
G33	76	Topjord	SAND	SAND	ML	-2,1
G35	69	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	Over 4
G37	65	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-3,3
G39	49	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	SAND	-2,8
G4	81	Topjord	SAND	SAND	ML	-2,5
G41	60	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-2,1

G43	56	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-2,3
G45	62	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-3
G47	52	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-2,9
G49	50	Topjord	SAND	LER (ML)	ML	Over 4
G5	69	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-3,8
G51	66	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	Over 4
G53	59	Topjord	ML	ML	ML	-1,5
G55	43	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-1,7
G57	53	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-1,82
G59	87	Topjord	SAND	SAND	ML	-2,35
G6	59	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	Over 4
G61	84	Topjord	SAND	SAND	LER (ML)	-3,14
G62	55	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-3,63
G7	74	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-2,5
G8	60	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	Over 4
G9	58,55	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	
Osterhaab_Vest_10	37	Topjord	ML	ML	ML	
Osterhaab_Vest_11	59	Topjord	ML	ML	ML	
Osterhaab_Vest_12	64	Topjord	ML	ML	ML	-2,13
Osterhaab_Vest_13	33	Topjord	ML			-1,2
Osterhaab_Vest_14	79	Topjord	SAND			
Osterhaab_Vest_15	36	Topjord	ML	ML		-1,2
Osterhaab_Vest_16	72	Topjord	ML	ML	ML	-1,53
Osterhaab_Vest_17	34	Topjord	ML	ML	ML	-1
Osterhaab_Vest_18	22	Topjord	ML	ML	ML	
Osterhaab_Vest_19	150	Topjord	SAND	SAND	SAND	
Osterhaab_Vest_20	81	Topjord	SAND	SAND	ML	-1,37
Osterhaab_Vest_21	34	Topjord	ML	ML	ML	-2,53
Osterhaab_Vest_5	75	Topjord	SAND	SAND	ML	-2,1
Osterhaab_Vest_6	37	Topjord	ML	ML	ML	-1,57
Osterhaab_Vest_7	45	Topjord	ML	ML	ML	
Osterhaab_Vest_8	63	Topjord	SAND	SAND	ML	-1,55
Osterhaab_Vest_9	39	Topjord	ML	ML		-1,69
V1		Topjord	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	Over 4
V1_S	45	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	-0,95
V11	44,8	Topjord	LER (ML)	ML	ML	Over 4
V13	63	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	Over 4
V15	88	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	-2,1
V17	76	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	-3,1
V18	57	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-2,2
V19	75	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	LER (ML)	-3,9
V2_S	48	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-0,84
V21	34	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-0,2
V3	75	Topjord	SAND	LER (ML)	LER (ML)	-3
V3_S	65	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-0,77

V4_S	39	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-0,94
V5	91	Topjord	SAND	LER (ML)	LER (ML)	-2,6
V5_S	44	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-0,72
V6	51	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-3,1
V6_S	46	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-0,71
V7	61	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	Over 4
V7_S	42	Topjord	LER (ML)	ML	ML	-0,86
V9	45,9	Topjord	LER (ML)	LER (ML)	ML	-2,3

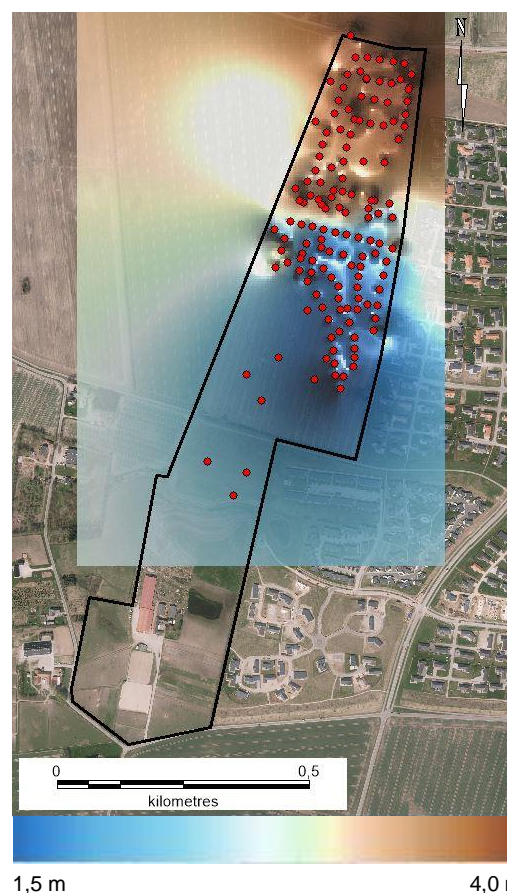
Tabel 1: Overordnet litologisk beskrivelse af borerne fra kortlægningsområdet. Sanddominerede borer er markeret med rødt.

8 Terrænnært grundvand og umættet zone

På baggrund af de mange pejlinger fra området er tykkelsen af den umættede zone genereret, Figur 9. Som det fremgår af Figur 9 ses det terrænnære grundvandsspejl at ligge mellem 1,5 til 4 m u. t. Der ses en klar tendens til at grundvandet er tættere på terræn jo længere sydpå man kommer i den nordlige del af kortlægningsområdet. Her ses grundvandsspejlet kun at være 1,5 m under terræn, mens det i den nordlige del af kortlægningsområdet er mere end 4 m under terræn. Bemærk at der ikke findes pejlinger fra den sydlige del af kortlægningsområdet, hvorved interpolationen skal tages med forbehold her. Endvidere repræsenterer pejlingerne er kort tidsinterval i foråret/forsommeren 2018 og det må forventes at det terrænnære grundvandsspejl vil stå højere i de mere våde vintermåneder. Idet at nedsivningsløsninger som f.eks. faskiner gerne skal ned i frostfri dybde (0,9 m u.t.) er områder, hvor tykkelsen er under 2 m som udgangspunkt uegnet til nedsivning.

Et andet vigtigt aspekt at tilføje til kortet er at det her antages at det sekundære magasin i området er sammenhængende, hvilket dog muligvis ikke er tilfældet, da tilstedeværelsen af moræneler sandsynligvis betyder, at det sekundære grundvand står i mindre ikke sammenhængende lommer. Man kan således ikke forvente at det viste afspejler ét sammenhængende vandspejl, men nærmere den generelle "trend".

Ud fra borerne ses den umættede zone også primært at bestå af moræneler i størstedelen af området.



Figur 9: Tykkelse af umættet zone

9 Infiltrationstest

For at opnå overblik over jordlagenes hydrauliske ledningsevne i området blev der udført 15 infiltrationstest¹. Infiltrationstestene er udført umiddelbart ved siden af borerne, hvorved resultaterne kan sammenstilles med de geologiske beskrivelser anført i Tabel 1. For at opnå en repræsentativ måling blev det øverste muldlag (ca. 40 cm) gravet af før udførelse af infiltrationstestene, således at alle tests er lavet på råjord. Før hver enkelt infiltrationstest påbegyndes vandmættes jorden, hvorefter der foretages måling af infiltrationshastigheden indtil denne er konstant. Det er således den mættede hydrauliske ledningsevne, K-værdien, der måles. I Tabel 2 ses resultaterne af infiltrationstest og de geofysiske mellemmodstandsværdier målt i dybdeintervallet 0.5 til 1 m, hvilket repræsenterer den dybde infiltrationstestene er udført i. En generel relation mellem sedimenttype og hydraulisk ledningsevne (K-værdi) ses i Figur 10.

Borings nr.	K-værdi [m/s]	Modstand [Ohmm]	Geologisk beskrivelse [0,5 – 1 m u.t.]
Osterhaab_Vest_5	4,20E-05	106,336	Sandet
Osterhaab_Vest_6	1,05E-05	40,574	ML
Osterhaab_Vest_7	8,10E-06	63,842	ML
Osterhaab_Vest_8	2,67E-05	108,16	Sandet
Osterhaab_Vest_9	2,50E-06	52,36	ML
Osterhaab_Vest_10	2,65E-05	41,238	ML
Osterhaab_Vest_11	2,06E-05	78,246	ML
Osterhaab_Vest_12	1,88E-05	75,92	ML
Osterhaab_Vest_13	3,33E-06	33,342	ML
Osterhaab_Vest_15	6,67E-06	31,07	ML
Osterhaab_Vest_16	4,73E-05	88,764	ML
Osterhaab_Vest_19	4,86E-05	150,82	Sandet
Osterhaab_Vest_20	1,04E-04	130,08	Sandet
Osterhaab_Vest_21	3,33E-05	41,532	ML

Tabel 2: Infiltrationstest resultater fra området

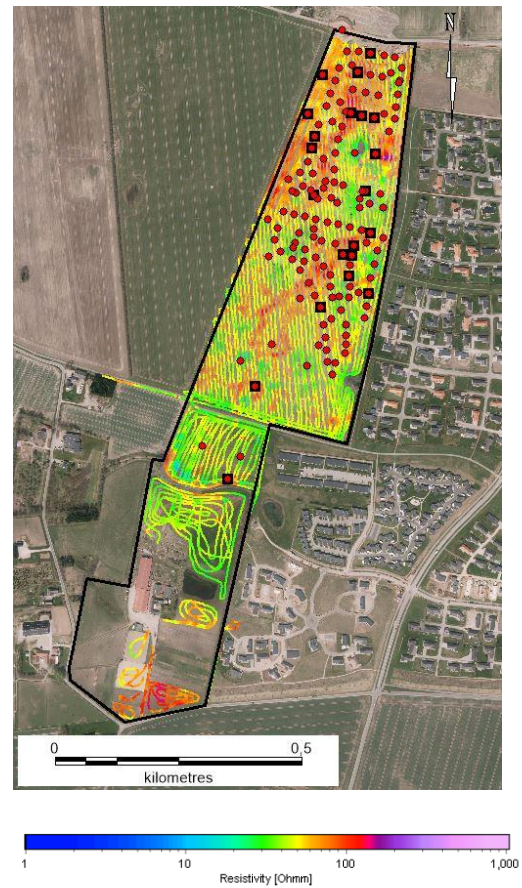
Sediment type	Hydraulic Conductivity K (m/sec)
Gravel	5×10^{-3}
Coarse Sand	10^{-3}
Medium Sand	5×10^{-4}
Fine sand (coarse)	10^{-4}
Fine sand (medium)	5×10^{-5}
Fine sand (fine)	2×10^{-5}
Coarse silt	10^{-5}
Silt	10^{-6}
Glacial clay	$10^{-5} - 10^{-7}$
Limestone	$10^{-3} - 10^{-5}$

Figur 10: Den hydrauliske ledningsevnes størrelse og variation i m/s. Krebs Ovesen, N. et al.: Lærebog i Geoteknik (Textbook of Geotechnology). Polyteknisk Forlag. Dec. 2006

¹ Se praktisk vejledning på: <https://www.teknologisk.dk/nedsivning-af-regnvand-i-faskiner/udfoerelse-af-infiltrationstest/16402,2>

Det fremgår af Figur 7 at lave middelmodstandsværdier (30 – 80 ohmm) indikerer en leret litografi, mens modstande højere en 80 ohmm indikerer sand. Af Figur 10 fremgår det at K-værdier i intervallet 1×10^{-7} til 1×10^{-5} indikerer moræneler, mens K-værdier i intervallet 1×10^{-5} til 1×10^{-3} indikerer sand.

Der ses overordnet en nogenlunde korrelation mellem områder med høj modstand, en sandet litologi i boringerne og høje K-værdier, se Tabel 1 og Figur 11, hvor boreriger hvis litologi er sanddomineret i den øverste meter er vist med sort firkant. Som det fremgår af figuren ses flere boreriger i højmodstandsområder, som ikke umiddelbart er karakteriseret som sand. Dette kan formentlig forklares ved dels at den nordlige del, hvor højmodstandslaget er mest udbredt også er det område, hvor den umættede zone er tykkeste, hvorved moræneleret er mere tørt end andre steder, og dels kan det konstateres at flere af borerigerne i området er beskrevet af brøndborer indeholdende ler med sand og flere steder også stærkt sandet.



Figur 11: Sammenstilling af middelmodstandskort fra 1 m u.t. og boreriger bese beskrevet med sand i den øverste meter

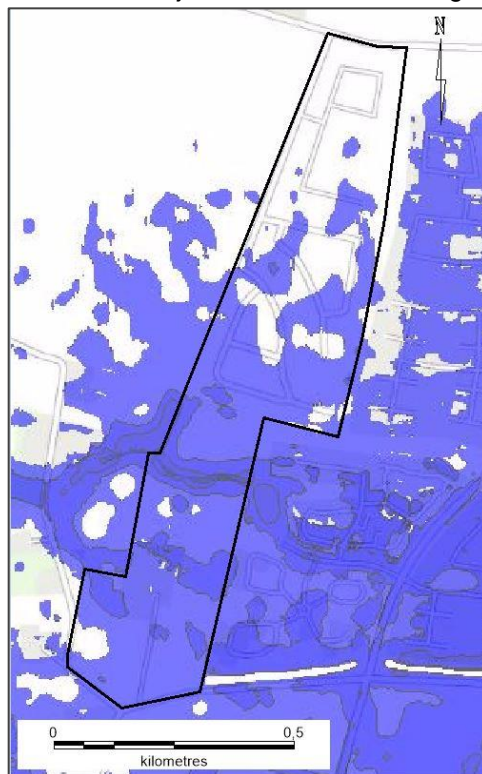
10 Sammenstilling med eksisterende værktøjer

I det følgende er nærværende resultater sammenstillet med eksisterende værktøjer. I dette tilfælde Scalgo Live og NIRAS.

Fra Scalgo Live ses at infiltrationen i området er bestemt til at være 6,5 mm/t (1,8E-06 m/s) svarende til moræneler/fint sand. Omend der ses flere lokale forskelle i nærværende undersøgelser vurderes værdien at være repræsentativ for området og vil kunne bruges til overordnede screeninger fra området. På Figur 12 ses et screen dump fra Scalgo visende områder, hvor grundvandet står mindre end 2 m u. t. Som det fremgår af billedet er der en meget stor overensstemmelse mellem det producerede resultat fra Scalgo Live og de faktiske målinger som vist på Figur 9.

Tilsvarende sammenstillinger er lavet på baggrund af NIRAS' værktøj. Her er resultaterne ikke i overensstemmelse med nærværende undersøgelser. Dels er området vurderet som egnet til nedsivning og dels forventes det terrænnære grundvand at stå mellem 5 og 10 m u.t., hvilket ikke erkendes i nærværende data.

En overordnet konklusion må derfor være at man skal være meget varsom med at bruge disse værktøjer til andet end en screening proces og at detaljerede undersøgelser for hvert areal stadigvæk er nødvendige idet værktøjerne ikke viser et ensartet billede.



Figur 12: Billede fra Scalgo visende områder med under 2 m til grundvandet

11 Sammenfatning

I forbindelse med projektet "Coast to Coast Climate Challenge (C2C-CC), projekt C23 - Potentialer for øget infiltration i nye byområder", er der inden for kortlægningsområdet "Østerhåb Vest" udført følgende undersøgelser:

- En fladedækkende, detaljeret geofysisk kortlægning af de øverste 5-10 m via DualEM-421 metoden
- 123 borer med formålet at beskrive områdets litologi
- 15 infiltrationstests

Sammenstilles resultaterne fra disse undersøgelser opnås et datagrundlag anvendeligt til dimensionering af fremtidige nedsivningsløsninger for overfladevand i kortlægningsområdet. På Figur 13 er de mest nedsivningsegne områder skraverede. Det skal bemærkes, at borerne i nærværende undersøgelse kun når til 2 - 3 m u.t.

De skraverede områder er kendetegnet ved at have overvejende sanddominerede aflejringer fra terræn og ned til 3 til 6 m u.t., mens de ikke-skraverede områder har helt eller delvist lerdominerede sektioner i lagserien samt at det terrænnære grundvand ligger tæt på terræn. Dog ses ikke større sammenhængende sanddominerede områder, hvorved nedsivning selv i de skraverede områder kan være problemfyldt.

Såfremt der kun ønskes nedsvivning som vandhåndteringsløsning kunne vand fra de ikke-skraverede områder ledes til LAR anlæg i de skraverede områder, eller afledes til en recipient. Før der etableres LAR-anlæg i området, anbefales det at beregne, om en øget nedsvivning giver anledning til at grundvandsspejlet kan stige op til kritisk dybde (omkring 1 m u. t.) eller om vandet bevæger sig nedstrøms gennem dybereliggende sandede aflejringer.



Figur 13: Oversigtskort over kortlægningsområdet ved Østerhåb Vest. De skraverede felter angiver de områder der, på baggrund af DualEM-421 screeningen, feltbeskrevet litografi og målte K-værdier anses for at være de mest egnede til fremtidige nedsvivningsløsninger.