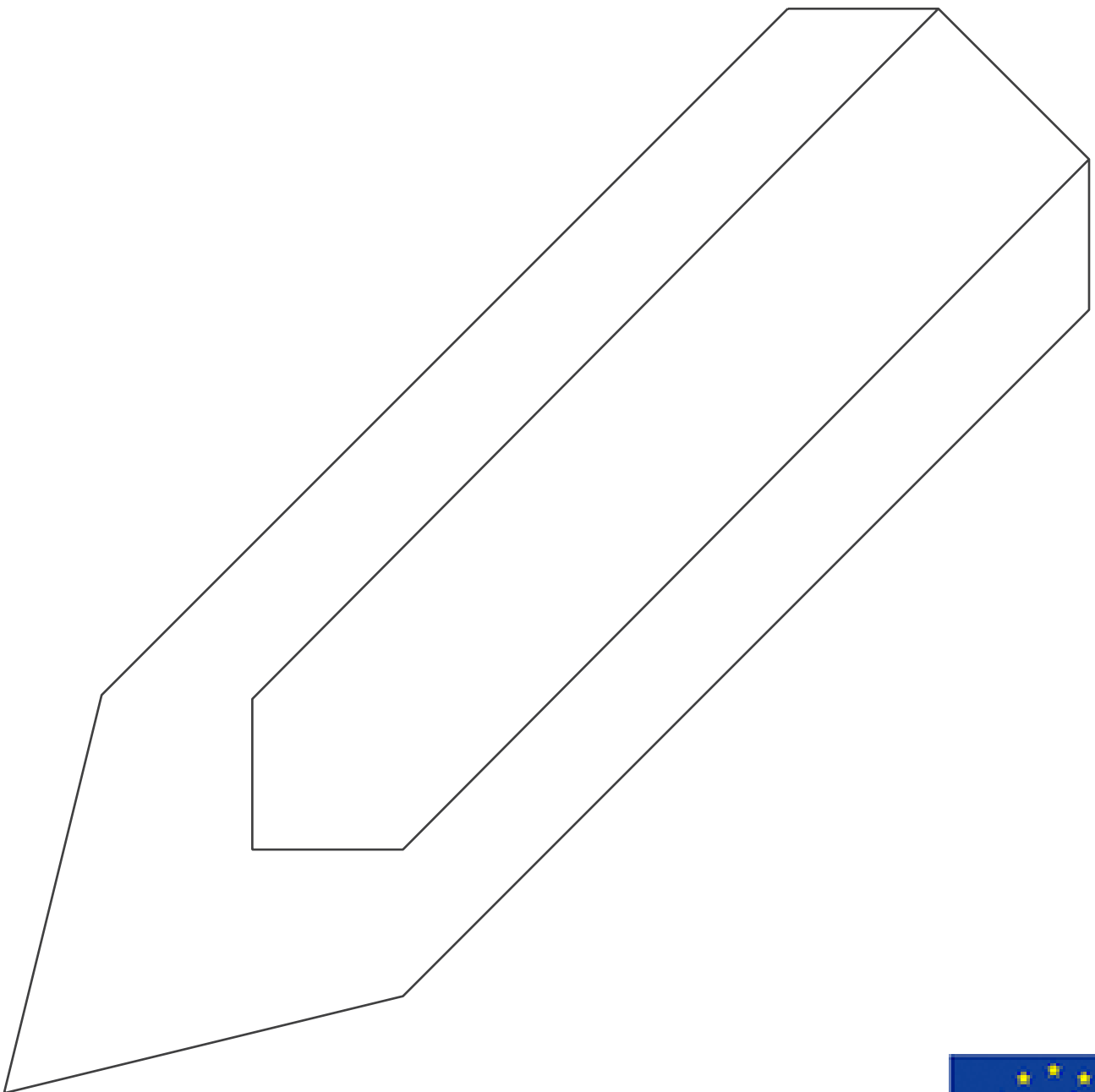


C2C-CC: Potentialer for øget infiltra- tion i nye byområder - Nørrestrand



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	7
7	Boringer	10
8	Infiltrationstest	11
9	Sammenstilling med eksisterende værktøjer	14
10	Sammenfatning	14

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.

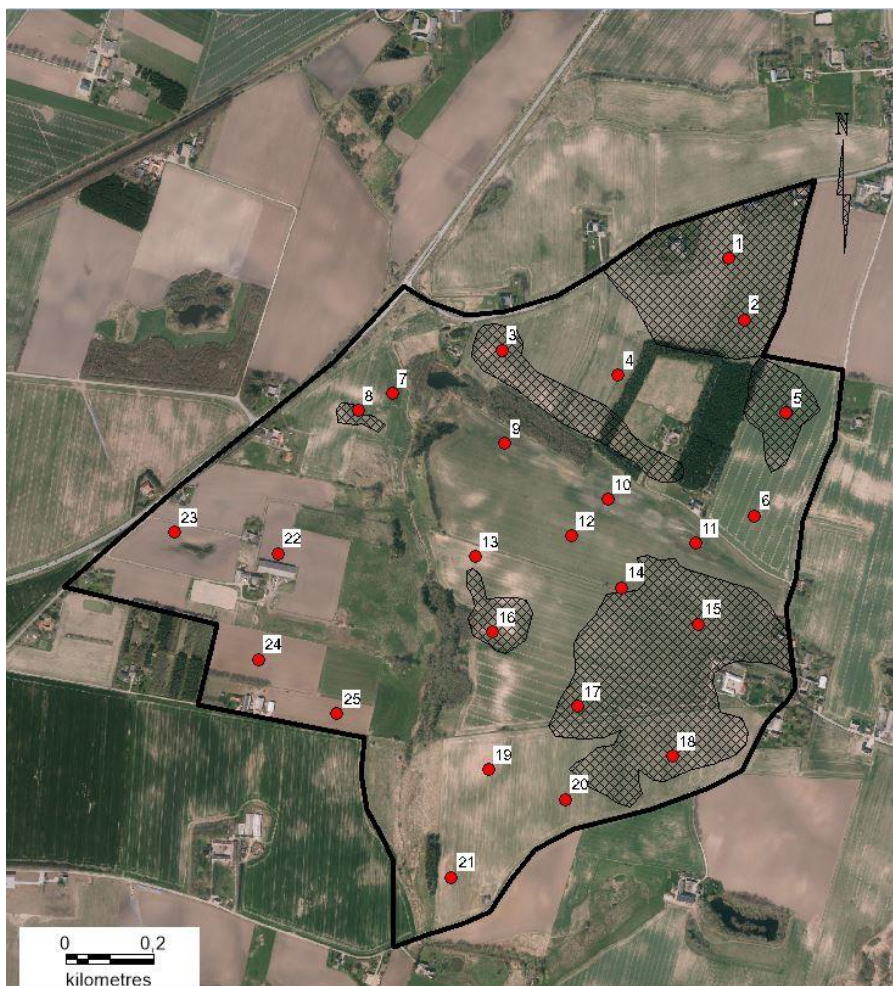
Læs mere om selve projektet på www.c2c-cc.eu

2 Opsummering

Indenfor kortlægningsområdet "Nørrestrand" er udført følgende undersøgelser:

- En fladedækkende, detaljeret geofysisk kortlægning af de øverste 5-10 m via DualEM-421 metoden
- 25 boreriger med formålet at beskrive områdets litologi
- 25 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 "Nørrestrand":

- A surface-covering, detailed geophysical mapping of the upper 5-10 m via the DualEM-421 method
- 25 wells for the purpose of describing the area's lithology
- 25 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 – Nørrestrand", hvilket undersøger mulighederne for nedsivning af overfladevand i et nyt byudstykningsområde ved Nørrestrand (Figur 2) beliggende nord 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. Udviklingsplanen for Nørrestrand kan findes på følgende link: http://helhedsplaner.horsens.dk/download/pdf/pdf_norrestrand_udviklingsplan.pdf

Nedsivningspotentialer er undersøgt på baggrund af data fra geofysisk kortlægninger, boringer og infiltrationsstests 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.



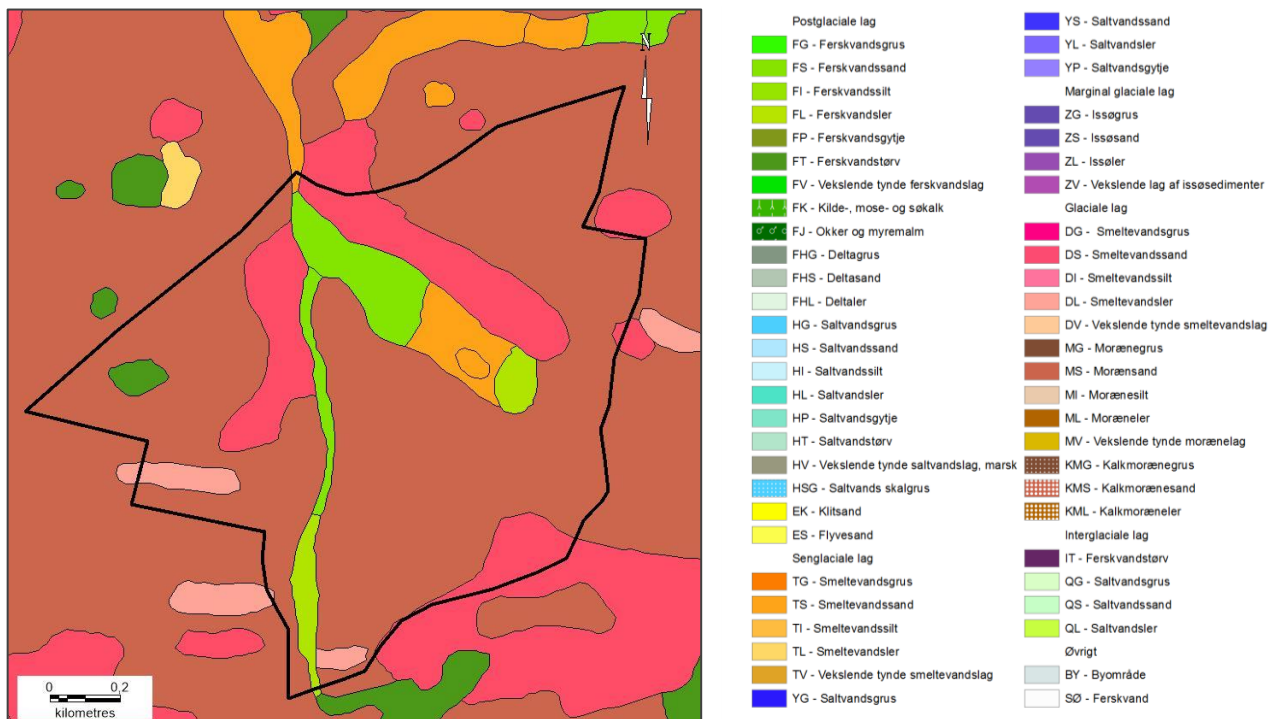
Figur 2: Oversigtsbillede af kortlægningsområdet "Hatting"

Den ifm. projektet udførte dataindsamling omfatter:

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

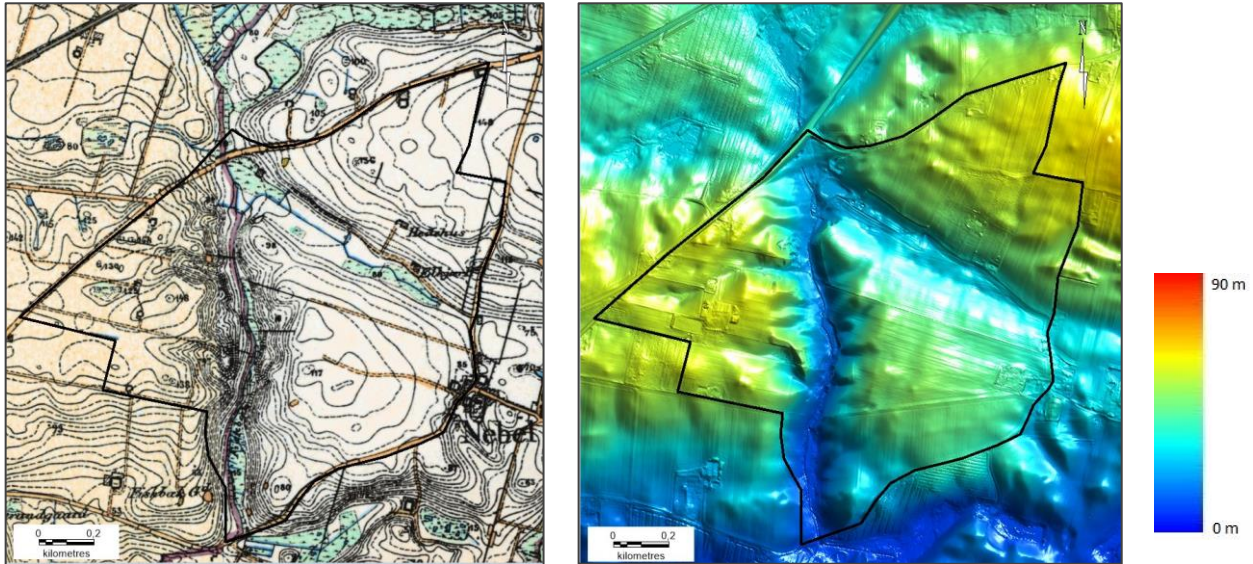
5 Beskrivelse af kortlægningsområdet

Kortlægningsområdet "Nørrestrand" er kendetegnet ved overvejende at være brugt til landbrugsdrift. 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 størstedelen af området domineret af moræneler, hvilket som udgangspunkt ikke er egnet til nedsivning. Smeltevandssand, ferskvandstørv og smeltevandsler ses i to strøg i kortlægningsområdet. Et nord-syd orienteret strøg domineret af ferskvandssedimenter og et afsnøret sydøstlig – nordvestlig strøg domineret af smeltevandssand og ferskvandstørv. Gennem hele kortlægningsområdet ses endvidere mindre lommer som er kortlagt som ferskvandstørv og smeltevandssand og ler.



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

Ifølge GEUS boringsdatabase, Jupiter, findes der 6 eksisterende boringer i området: En vandboring (DGU nr. 107.833) og fem uspecificerede boringer ("Andet"), alle beliggende i områdets nordlige og vestlige del. Cirka 250 meter øst for området findes en grundvandsboring (DGU nr. 107.942). Grundvandspejlet er registreret til henholdsvis 30,9 og 14 m u.t. i boring 107.833 og 107.942. Disse grundvandspejl repræsenterer sandsynligvis det primære grundvandspejl for området. Erfaringsmæssigt kan der i områder præget af moræneler dog forekomme terrænnære, sekundære grundvandsmagasiner, hvorfor det har interesse at undersøge de terrænnære hydrauliske 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 35 m) beliggende i den nordlige, vestlige og sydøstlige del af området. De laveste arealer ses mod syd og nordvest, hvor kortlægningsområdet afgrænses af hver deres lavning. Kortlægningsområdet gennemskæres endvidere af to dale. En nord-syd orienteret dal og en nordvest – sydøstlig orienteret del, hvorved kortlægningsområdet fremstår som 3 højdepartier. 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:

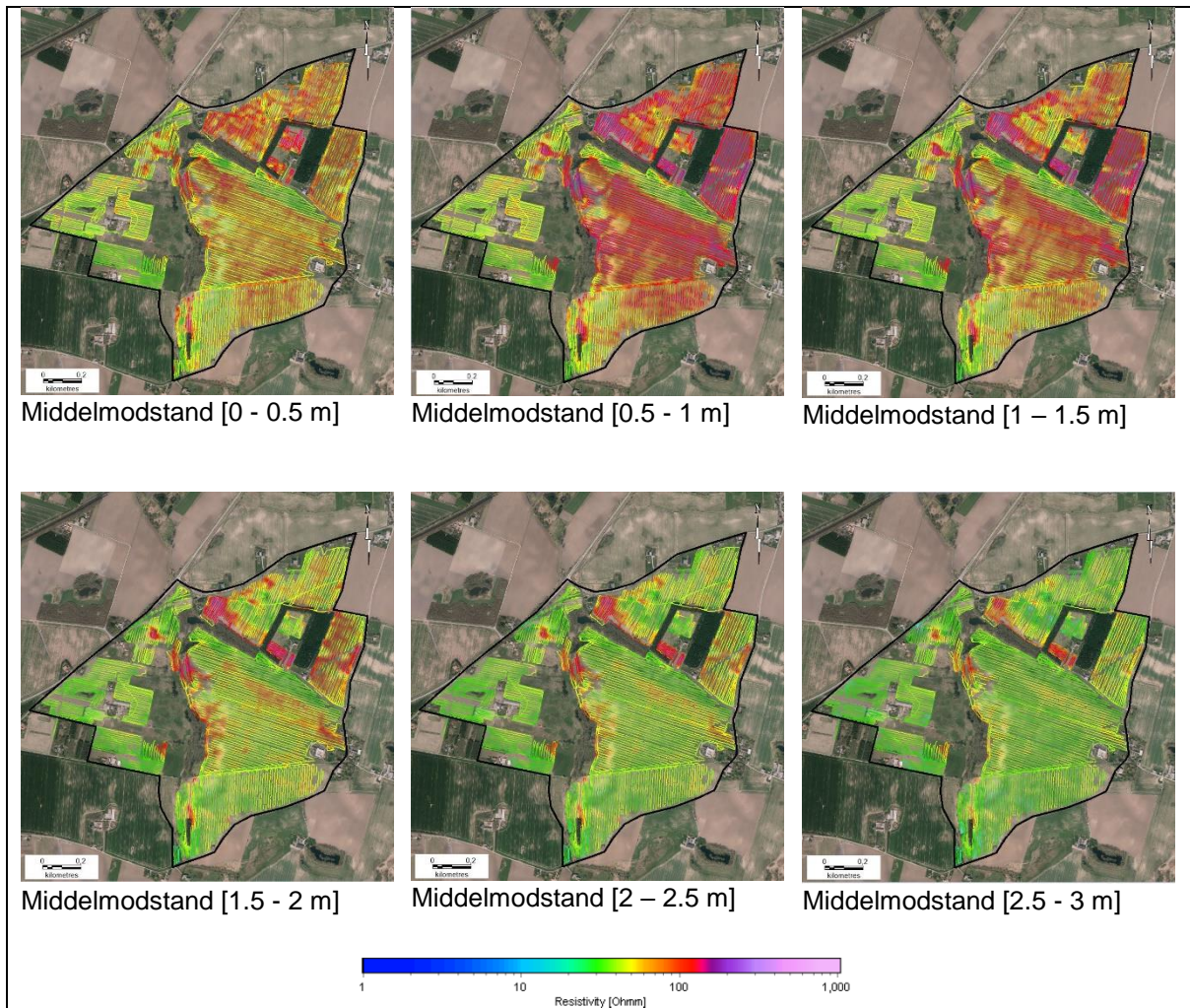
- Beliggende i et "Område med drikkevandsinteresse".
- Har karakteren 0 - 7 på HNV skalaen, hvilken er et mål for et områdes naturværdier. Skalaen løber fra 0 (ingen naturværdi) til 14 (høj naturværdi), kategoriseret efter mængden af registrerede biodiversitetselementer på det pågældende sted. Værdien 0 dækker landbrugsarealerne, mens de højere værdier er beliggende i dalene og lavningerne.
- I den sydlige del af området ses fredede områder. Mod vest ses Ramsar og Natura2020 Habitat områder.
- Inden for kortlægningsområdet er der ikke registreret områder med Jordforurening V1 og V2.

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 middelmålingskort for henholdsvis 0 til 3 m u.t. og 3 til 6 m u.t. Indtil 3 m vises middelmålingskortene med intervaller á 0,5 meter, og fra 3 til 6 meter i intervaller á 1 meter. På Figur 7 ses overordnet oversættelse af middelmålingsværdier til litologi. Præsentationen af den beregnede middelmåling 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 middelmåling er præsenteret som punkttema, og der er derfor ikke foretaget nogen form for interpolation af de beregnede værdier.

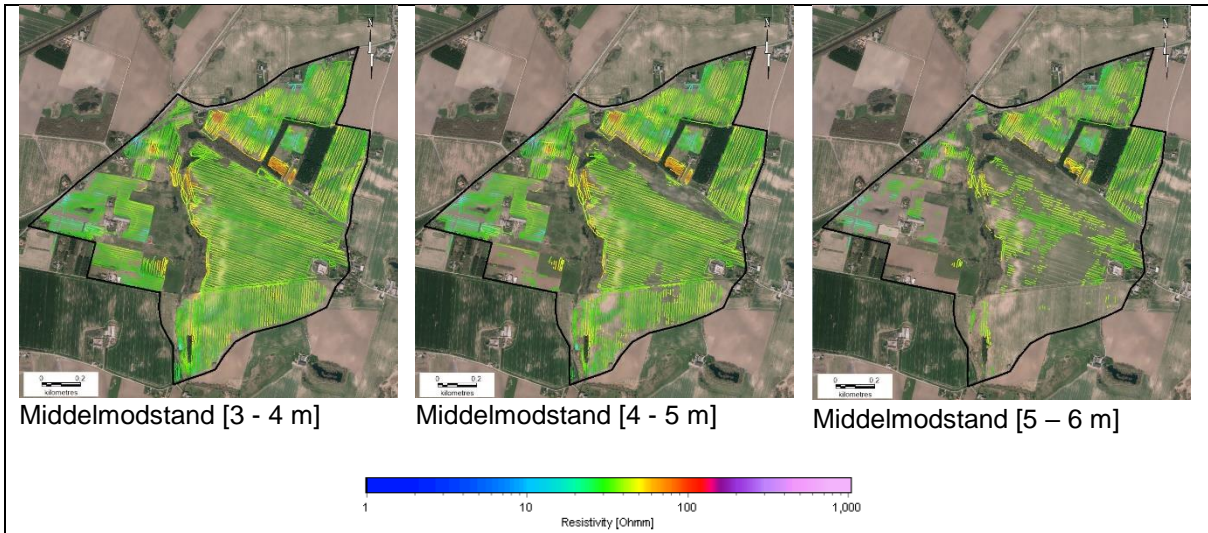
Sammenholdes middelmålingskortene i Figur 5 og 6 med den litologiske fortolkning i Figur 7 fremgår det at det øverste dybdeinterval (0 – 0,5 m) i hele den nordlige og østlige del af kortlægningsområdet domineres

af høje modstande (over 70 Ohmm), hvilket indikerer at begge områder i dette dybdeinterval er domineret af sand eller tør moræneler. I den vestlige del af kortlægningsområdet samt i en smal tange i den centrale del af kortlægningsområdet ses modstande omkring 30-50 ohmm indikerende lerdominerede aflejringer eller ferskvandsaflejringer. Gennem de fem dybdeintervaller ned til 3 m u.t. skifter litologien i størstedelen af området til at være domineret af middelmodstande som tolkes som moræneler dog med undtagelse af mindre højmodstandsblommer i den nordlige del. Disse områder tolkes som at området er sanddomineret.

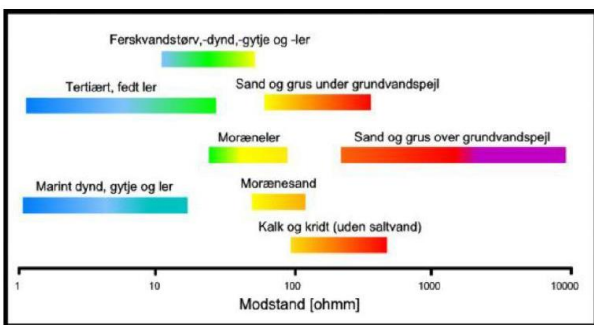


Figur 5: Middelmodstandskort baseret på DualEM-421 dækkende 0 til 3 m u.t.

På Figur 6 er middelmodstanden 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 Ohmm som tolkes repræsenterende moræneler. Enkelte høj- til middelmodstandsblommer ses i det nordlige del af kortlægningsområdet svarende til sandede aflejringer.



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

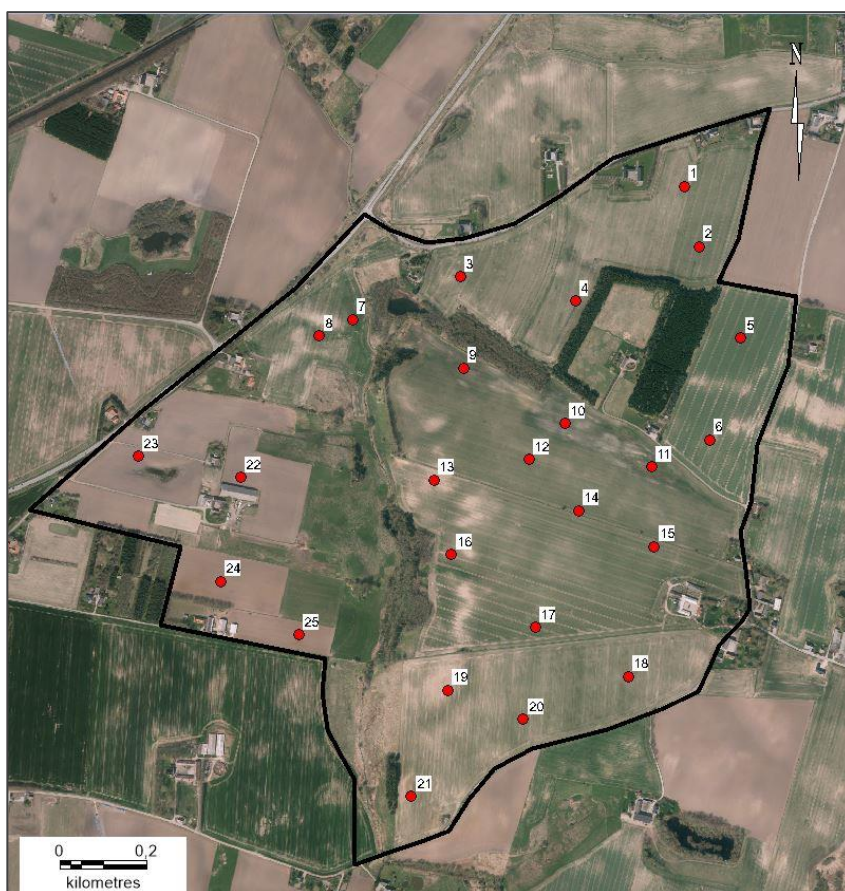


Figur 7: Middelmodstandsværdier omsat til litologi

7 Boringer

På baggrund af resultaterne fra DualEM-421 kortlægningen er der henholdsvis udført 25 håndboringer, hvor materialet er hjembragt til VIA og analyseret i detalje og 25 infiltrationstest i området. Boringerne og infiltrationstestene er vist med røde cirkler på Figur 8. Boringerne er typisk mellem 2-4 m dybe. Under borearbejdet er det opborede materiale blevet geologisk beskrevet per 0,5 meter.

De overordnede geologiske beskrivelser fra de enkelte boringer ses i Tabel 1. I tabellen ses også de tilhørende modstande fra DualEM-421 kortlægningen. Boringer domineret af sand er markeret med rødt. Da området under borearbejdet var i aktiv landbrugsdrift var det ikke muligt at opsætte pejlerør. Grundvandsspejlet er derfor ikke monitoreret i nærværende område.



Figur 8: Boringer, markeret med røde cirkler, udført i kortlægningsområdet.

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.]
Nørrestrand 1	200	MULD	ML	ML	-
Nørrestrand 2	91	MULD	ML	ML	-
Nørrestrand 3	409	MULD	SAND	SAND	-
Nørrestrand 4	71	MULD	SAND/ML	ML	-
Nørrestrand 5	295	MULD	SAND	ML	ML/SAND
Nørrestrand 6	212	MULD	ML	ML	-
Nørrestrand 7	43	MULD	ML	ML	ML
Nørrestrand 8	330	MULD	SAND	SAND	-
Nørrestrand 9	36	MULD	SAND	SAND	-
Nørrestrand 10	41	MULD	SAND	ML	-
Nørrestrand 11	35	MULD	ML	ML	-
Nørrestrand 12	187	MULD	ML	ML	ML/SAND
Nørrestrand 13	36	MULD	SAND	SAND / ML	ML
Nørrestrand 14	181	MULD	ML	ML	ML
Nørrestrand 15	237	MULD	ML	ML	-
Nørrestrand 16	212	MULD	SAND	SAND	-
Nørrestrand 17	93	MULD	ML	ML	-
Nørrestrand 18	204	MULD	SAND	SAND/ML	ML
Nørrestrand 19	39	MULD	ML	ML	-
Nørrestrand 20	71	MULD	ML	ML	-
Nørrestrand 21	36	MULD	ML	-	-
Nørrestrand 22	87	MULD	ML	ML	-
Nørrestrand 23	38	MULD	ML	ML	-
Nørrestrand 24	47	MULD	ML	ML	-
Nørrestrand 25	25	MULD	ML	ML	-

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

8 Infiltrationstest

For at opnå overblik over jordlagenes hydrauliske ledningsevne i området blev der udført 25 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 9.

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

Borings nr.	K-værdi [m/s]	Modstand 1 m u.t. [Ohmm]	Geologisk beskrivelse [0,5 – 1 m u.t.]
Nørrestrand 1	7,99E-05	200	ML
Nørrestrand 2	1,67E-04	91	ML
Nørrestrand 3	5,28E-05	409	SAND
Nørrestrand 4	2,12E-05	71	SAND/ML
Nørrestrand 5	1,35E-04	295	SAND
Nørrestrand 6	6,25E-05	212	ML
Nørrestrand 7	1,75E-05	43	ML
Nørrestrand 8	7,50E-05	330	SAND
Nørrestrand 9	3,33E-06	36	SAND
Nørrestrand 10	3,87E-05	41	SAND
Nørrestrand 11	No infiltration	35	ML
Nørrestrand 12	4,17E-05	187	ML
Nørrestrand 13	1,12E-04	36	SAND
Nørrestrand 14	1,07E-04	181	ML
Nørrestrand 15	6,67E-05	237	ML
Nørrestrand 16	4,06E-05	212	SAND
Nørrestrand 17	1,01E-04	93	ML
Nørrestrand 18	9,90E-05	204	SAND
Nørrestrand 19	3,00E-05	39	ML
Nørrestrand 20	3,67E-05	71	ML
Nørrestrand 21	No infiltration	36	ML
Nørrestrand 22	4,44E-05	87	ML
Nørrestrand 23	2,50E-05	38	ML
Nørrestrand 24	9,33E-05	47	ML
Nørrestrand 25	1,42E-04	25	ML

Table 2: Infiltration test results from the area

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

Det fremgår af Figur 7 at lave middelmotstandsværdier (30 – 80 ohmm) indikerer en leret litografi, mens modstande højere en 80 ohmm indikerer sand. Af Figur 9 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.

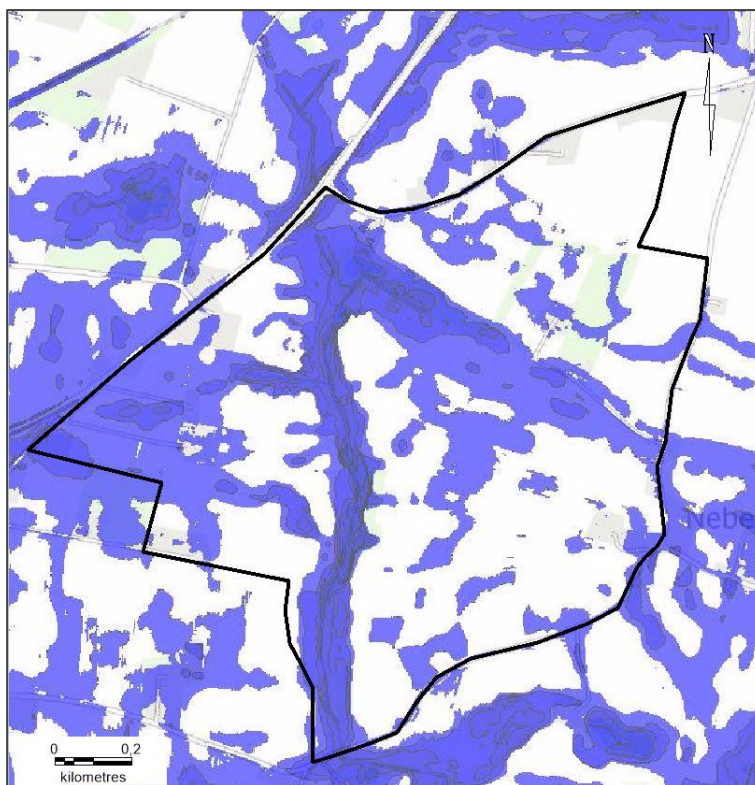
Der ses overordnet en god korrelation mellem områder med høj modstand, en sandet litologi i borerne og høje K-værdier, se Tabel 1. Der er enkelte borer i højmodstandsområder, som ikke umiddelbart er karakteriseret som sand f.eks. boring nr. 1,6, 14 og 15 og som heller ikke har høje hydrauliske ledningsevner. Dette kan formentlig forklares ved tilstedeværelsen af tørt moræneler.

9 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/silt. Omend der ses flere lokale forskelle i nærværende undersøgelser vurderes værdien at være en smule for lav for området da de udførte infiltrationstest alle er i intervallet E-05. På Figur 10 ses et screen dump fra Scalgo visende områder, hvor grundvandet står mindre end 2 m u. t. Som det fremgår af billedet ses især den vestlige del samt de to strøg at blive påvirket af terrænnært grundvand. På de højere liggende plateauer ses derimod ingen umiddelbare påvirkninger.

Tilsvarende sammenstillinger er lavet på baggrund af NIRAS' værktøj. Hele området vurderes i dette program at være egnet til nedsivning, med undtagelse af dalstrøgene. Grundvandet vurderes at være mere end 5-10 m u.t. Fra omkringliggende boringer sås grundvandspejlet at være over 14 m u.t., hvilket overordnet er i overensstemmelse med konklusionerne fra NIRAS værktøj.



Figur 10: Billede fra Scalgo visende områder med under 2 m til grundvandet

De to værktøjer er forskellige mht. deres vurdering af grundvandspejlet. Scalgo Live indikerer en mere terrænnær grundvandspåvirkning, hvilket ikke erkendes ved NIRAS. 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.

I den videre arbejde tages udgangspunkt i grundvandspejlet fra Scalgo.

10 Sammenfatning

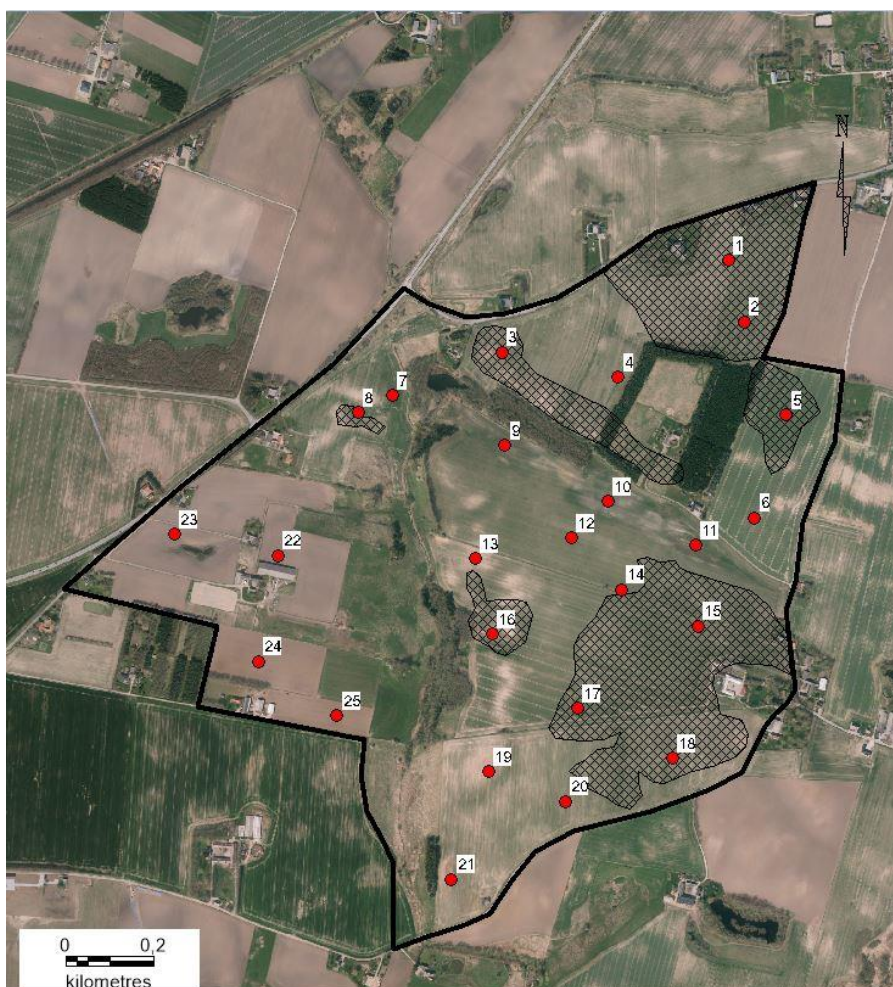
I forbindelse med projektet "Coast to Coast Climate Challenge (C2C-CC), projekt C23 - Potentialer for øget infiltration i nye byområder", er der inden for kortlægningsområdet "Nørrestrand" udført følgende undersøgelser:

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

Sammenstilles resultaterne fra disse undersøgelser opnås et datagrundlag anvendeligt til dimensionering af fremtidige nedsivningsløsninger for overfladevand i kortlægningsområdet. På Figur 11 er de mest nedsivningsegne områder skraverede. Det skal bemærkes, at boringerne 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 2 m u.t. eller have høje hydrauliske ledningsevner i størrelsesordenen $1E-04$ m/s, mens de ikke-skraverede områder har helt eller delvist lerdominerede sektioner i lagserien samt at det terrænnære grundvand ligger tæt på terræn. De to største skraverede sammenhængende områder er kendetegnet ved middel til høje modstande, høje hydrauliske ledningsevner og et grundvandsspejl dybere end 2 m u.t., hvilket fordrer mulighederne for nedsivning. Dog ses de fleste af borerne i de to områder at være domineret af moræneler (boring nr. 1, 2, 15, 17), hvilket typisk ikke er egnet til nedsivning. Det anbefales derfor, at der udføres enkelte supplerende infiltrationstests i områderne for at verificere nærværende resultater. Dette er for at sikre, at nærværende resultaterne ikke kun repræsenterer en sæsonvariation. De 4 mindre skraverede områder er kendetegnet ved høje modstande, høje hydrauliske ledningsevner, et grundvandsspejl dybere end 2 m u.t. og borerne domineret af sand.

Såfremt der kun ønskes nedsivning 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 nedsivning 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 11: Oversigtskort over kortlægningsområdet ved Nørrestrand. 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 nedsivningsløsninger.