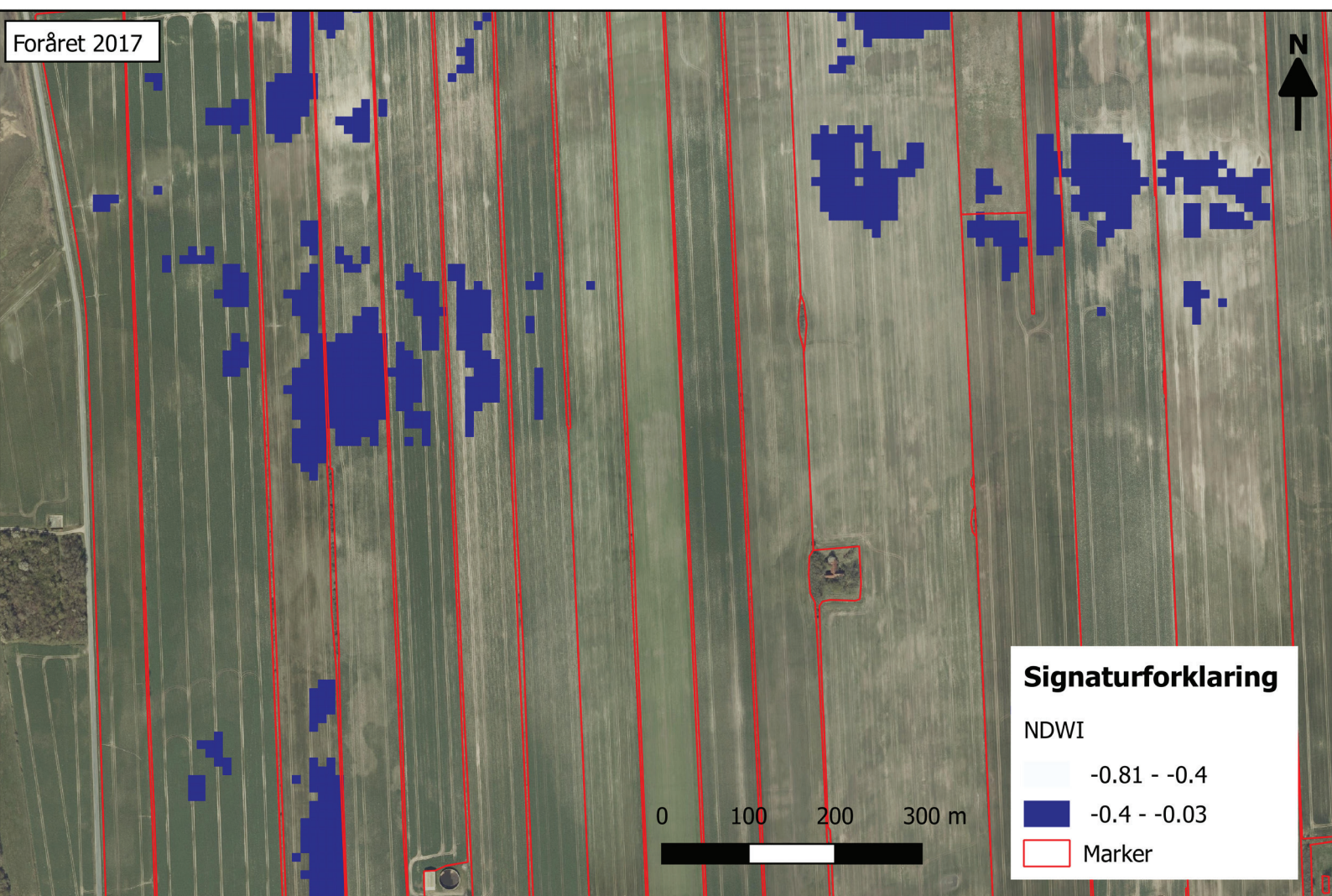


SATELLIT-BASERET KORTLÆGNING AF VAND PÅ MARKER

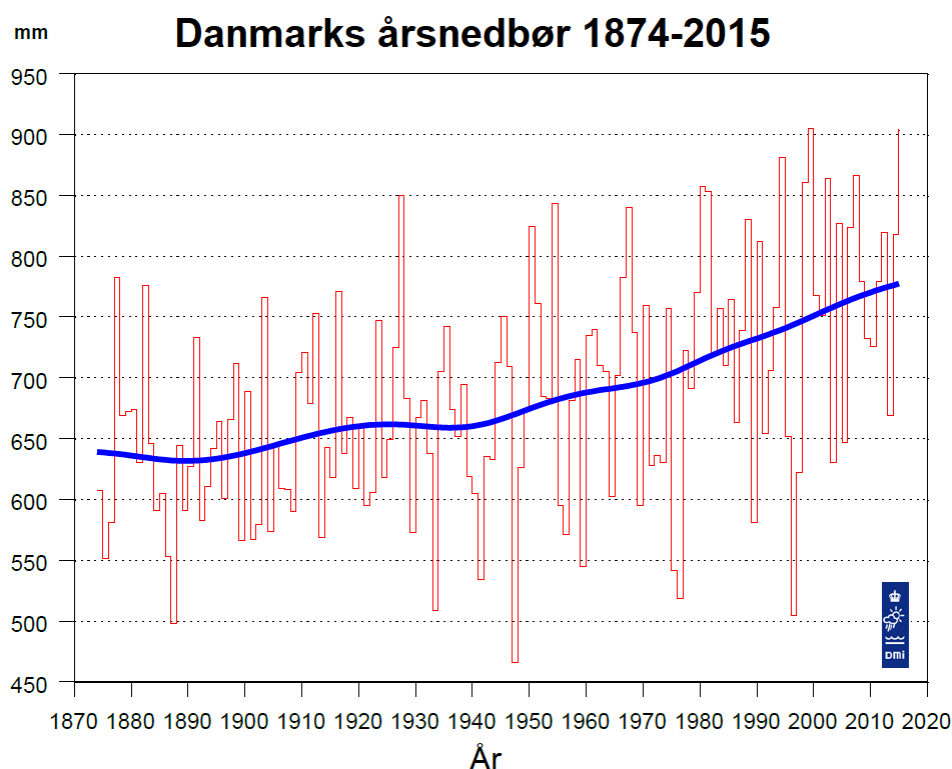


1	BAGGRUND FOR KORTLÆGNING AF VAND PÅ MARKER	2
2	FORMÅLET.....	3
3	METODER	3
3.1	LOKALITETSBEKRIVELSE	4
3.2	ANVENDT DATA.....	6
3.3	NDWI.....	7
4	RESULTATER	8
4.1	NDWI-KORTLÆGNING AF VAND PÅ UDVALGTE FORSØGSMARKER	9
4.2	NDWI-KORTLÆGNING AF VAND I OMRÅDET VED RYÅ.....	13
4.3	KORTLÆGNING AF VAND MED SENTINEL-1 RADARDATA.....	15
5	DISKUSSION.....	17
6	KONKLUSION OG FREMTIDIGE PERSPEKTIVER	19
7	LITTERATUR.....	20
8	BILAG	21

1 BAGGRUND FOR KORTLÆGNING AF VAND PÅ MARKER

Denne rapport indeholder en undersøgelse af potentialet i at bruge satellitdata til at kortlægge områder i marken med dårlig dræningstilstand.

I dag oplever landmanden stigende udfordringer med oversvømmede og våde marker med dårlig afdræningstilstand. Dette skyldes en række faktorer. Blandt de vigtigste er, at årsnedbøren i Danmark på landsplan er steget med 10 % over de sidste 30 år, og med ca. 100 mm siden perioden 1900-1950, hvor mange af de drænsystemer, der i dag afdræner marken, blev anlagt. Samtidig er frekvensen af ekstremregn stigende.



Figur 1: Udviklingen i Danmarks årsnedbør 1874-2013 [mm]. Den blå kurve er middelværdier over ni år. I 2019 er nedbøren på landsplan 835 mm og vi mangler stadig december. Kilde: DMI Teknisk Rapport 14-01.

Det giver udfordringer med oversvømmede eller våde marker, hvor jorden ikke afdrænes tilstrækkeligt hurtigt om foråret. Det medfører typisk, at såning af afgrøder må udskydes, fordi jorden er for våd og kold til at understøtte spiring og vækst. Afgrøderne får en dårligere rodudvikling, som giver tab af udbytte samt tab af uudnyttet kvælstof. Det er dermed essentielt for landmanden at have en velafvandet jord for at få en optimal produktion og mindske miljøbelastningen fra landbrugsjorden. For at landmanden kan imødegå førømtalte udfordringer, er det nødvendigt med et kendskab til omfanget af berørte arealer med afvandingsproblemer. Det er meget tidskrævende at kortlægge våde områder i marken, der trænger til dræning fra landjorden. Her kan satellitter udgøre en omkostningseffektiv metode til at kortlægge områder i marken med dårlig dræningstilstand, og på den måde danne grundlag for arealmæssigt målrettede drænprojekter, som skal sikre landmanden en veldrænet jord.

Kortlægning af våde områder med dårlig dræningstilstand, vil have potentiale til at indgå i tildelingsalgoritmer, der skal sikre korrekt placering af bl.a. kemi og gødskning. Når landmanden i dag anvender positionsbestemt eller gradueret tilførsel af f.eks. kvælstofgødskning eller planteværnsmidler, sker det på baggrund af satellit-

kortlagte variationer i afgrødens biomasse. Hvis den lave biomasse skyldes våde og vandlidende forhold, får landmanden ikke gevinst af den tilførte gødning eller kemi som i højere grad tabes til atmosfæren eller vandmiljøet. Det forventes, at der ved at inkludere oplysninger om vand-forholdene, vil kunne opnås en mere præcis tildelingsalgoritme til gevinst for både landmanden og miljøet.

En systematisering af observationer om vand på marken kan give viden om omfanget af områder, der er påvirket af vand, hvor hyppigt det er påvirket af vand og i hvor lang en periode. Det kan tilsammen anvendes til at bedømme markens dræningstilstand.

Kortlægningen tager udgangspunkt i NDWI-indekset beregnet af data fra det multispektrale kamera på Sentinel-2. NDWI står for Normalized Difference Water Index og er en metode til at kortlægge vand på jordoverfladen (McFeeters, 1996; Mueller, et al., 2016; Qiao, et al., 2011). Satellitbilleder af NDWI har været tilgængelig for danske marker siden 2016. Ved at følge udviklingen i satellitbilleder henover vinteren og det tidlige forår, undersøges om NDWI kan bruges til at kortlægge områder, hvor jorden dræner langsomt af.

Ulempen ved Sentinel-2 satellitdata er, at satellitten er afhængig af skyfrie forhold for at kunne få data. I perioder med kraftig nedbør er der ofte skydække, og det kan forhindre i at få tilstrækkeligt med data i denne periode. Sentinel-1 er derimod en radar, som kan "se" igennem skyer samt måle om natten, og det giver Sentinel-1 satellitdata en høj tidslig opløsning. Sentinel-1 satellitdata kan kortlægge klart vand på jordoverfladen samt registrere jordfugtighed. Radarbillederne har en opløsning på 10 m, men er noget mere støjfyldte end optiske billeder fra Sentinel-2, og er derfor sværere at fortolke. Til kortlægning af markens drænbehov vil det være ideel med en kombination af data fra Sentinel-1 og Sentinel-2. Derfor undersøges potentialet for at sådan en kombination.

2 FORMÅLET

Formålet med undersøgelsen er at afteste om det frit tilgængelige NDWI-indeks kan bruges som metode til at kortlægge markens dræningstilstand samt undersøge potentialet i brugen af øvrigt satellitdata fra Sentinel-2 og Sentinel-1 til samme formål. Herved dannes grundlag for arealmæssigt målrettede drænprojekter, som skal sikre landmanden en veldrænet jord. Kortlægningen vil deslige have potentiale for at indgå i tildelingsalgoritmer, der skal sikre korrekt placering af bl.a. kemi og gødskning.

3 METODER

Analysen af kortlægningen af markens dræningstilstand med satellitdata tager udgangspunkt i de tre forsøgsmarker henholdsvis Trudsholm, Lejre og Søholt samt et større område i Ryå opland ved Aabybro i Nordjylland (figur 2).



Figur 2: Placeringen af de områder, der indgår i satellitbillede-analyserne. Det drejer sig som tre enkelte forsøgsmarker på Sjælland og Lolland samt et større område ved Ryå i Nordjylland.

3.1 Lokalitetsbeskrivelse

De tre forsøgsmarker

De tre forsøgsmarker er udvalgt af Københavns Universitet, som har foretaget en kortlægning af markens dræningstilstand baseret på jordfugtighedsmålinger i foråret 2019.

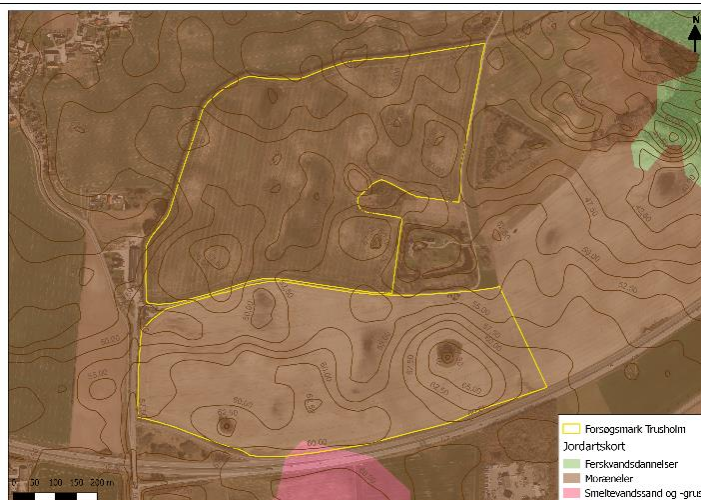
Forsøgsmarkerne præsenteres kort i det følgende.

Trudsholm

De to marker ved Trudsholm er tilsammen 88 ha. Landskabet er meget kuperet med mange bakker og lavninger inden for de markerne. Jordbunden består hovedsageligt af moræneler, mens 0,2 ha i den sydlige del af arealet er smeltevandssand og -grus. Overjorden er klassificeret som JB 6.

Afgrøde: Nord Syd

2017	Vinterhvede	Vinterhvede
2018	Vårbyg	Vinterhvede
2019	Rajgræsfrø	Vårbyg



Lejre

Marken er 22 ha, og er relativ fladt i den nordlige og sydlige del med et stejlt fald på 7,5 m omkring markens nordlige 1/3. Jorden er moræneler og overjorden er klassificeret som JB 7.

Afgrøde

2017	Vinterhvede
2018	Vårbyg
2019	Vinterhvede

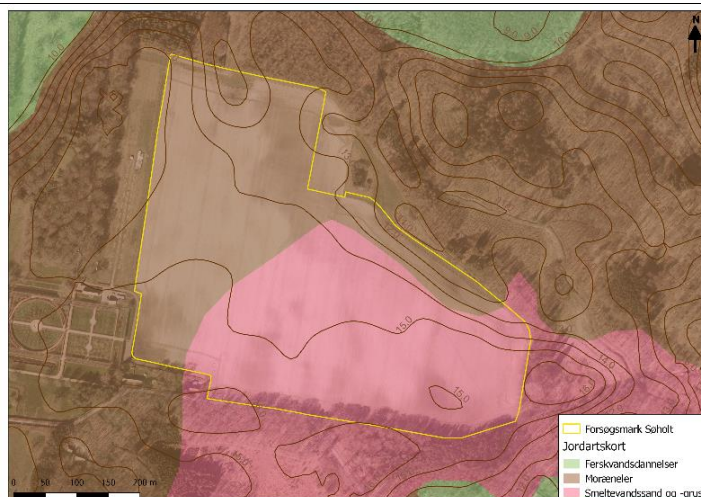


Søholt

Marken er 23 ha, flad med en lille lavning i markens nordlige ende. Halvdelen af marken består af moræneler, mens markens sydøstlige del består af smeltevandssand og -grus. Marken er klassificeret som JB 4 med indslag af JB 6.

Afgrøde

2017	Vinterraps
2018	Vinterhvede
2019	Sukkerroer



Undersøgelsesområdet i Ryå opland

I analysen indgår også et større område i Ryå opland i Nordjylland. Området er valgt, da det er et område, der ofte har udfordringer med vand. Arealet består primært af tæt sedimenteret, finsandet havbund. Realet er fladt og det meste af området ligger i kote 0 i forhold til Limfjorden. Den kombination giver både udfordringer med stående vand på jordoverfladen, hvor nedbøren efter kraftige hændelser kun langsomt kan trænge væk fra jordoverfladen og udfordringer med et højt grundvandsspejl. Derfor er arealet pumpet og drænet for at kunne understøtte en planteproduktion.



Figur 3: Jorden i undersøgelsesområdet består primært af marint sand og ler, men der findes også mindre forekomster af moræneler, smeltevandsler, strandvolde og prækvartære forekomster.

3.2 Anvendt data

Til analyserne indgår satellitdata fra henholdsvis Sentinel-2 og Sentinel-1.

Sentinel-2

Til NDWI-analyserne er der anvendt Sentinel-2 satellitbilleder fra to forskellige kilder.

I analysen af de tre forsøgsmarker, er der anvendt processeret Sentinel-2 satellitdata fra SATHub, som får data fra Sinergise. De bruger skymasken S2-cloudless.

Til NDWI-kortlægning af området ved Ryå er anvendt Sentinel-2 satellitdata fra DHI-GRAS, som er atmosfærekorrigeret ved brug af Sen2Core v2.8 og Fmask 4.0 er anvendt til fjernelse af skyer. Se bilag 1 for en nærmere beskrivelse af det anvendte data fra DHI-GRAS.

Sentinel-1

Hvor Sentinel-2 satellitterne overflyver et givent område i Danmark 1-2 gange om ugen, har Sentinel-1 data en højere tidlig opløsning over Danmark med 4-6 overflyvninger om ugen over et givent område.

Sentinel-1 radardata leverer to slags produktioner henholdsvis, coherence og backscatter, hvoraf den sidste nævnte er mest egnet til at kortlægge vand. Backscatter angiver hvor meget stråling, der bliver sendt tilbage mod radaren og genereres for hver overflyvning, radaren foretager. Stående vand på jordoverfladen har en lav backscatter-værdi. Backscatter-produkterne er processeret med GRD-værktøjet fra Shihub. Det er ud fra backscatter, at oversvømmelsesfrekvenskortet og markens relative jordfugtighed, som indgår senere i analysen, er beregnet.

Valideringsdata

For hver af de tre forsøgsmarker har Københavns Universitet udarbejdet et kort, der viser hvilke områder, der i foråret 2019 havde en dårlig dræningstilstand. Kortlægningen er baseret på målinger af jordvandindholdet, og verificeret med målinger af grundvandsstanden. Det antages, at det i de store træk de våde områder i 2019 også er våde året før i 2018.

Valideringsdata for Ryå består af 30 udpegninger af våde områder med dårlige dræningsforhold, som i alt 5 landmænd har udpeget. Det er områder, hvor der hvert år (2016-2019) har været problemer med langsom afdræning.

3.3 NDWI

NDWI står for Normalized Difference Water Index og er en metode til at kortlægge vand på markerne ud fra multispektrale sensorer.

NDWI bygger på samme principper som NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), der som indledningsvist nævnt anvendes at kortlægge variationen i afgrøders biomasse og indgår som grundlag i præcisionsjordbruget.

NDVI har formelen:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Til forskel fra NDVI, der synliggør objekter, der har en høj refleksion af nær-infrarød (NIR) og en lav refleksion af rødt lys (som vegetation på jordoverfladen), mens objekter, der både har en lav refleksion af rødt lys og NIR, undertrykkes, gør NDWI det modsatte og synliggør objekter, der har en lav refleksion af NIR som eksempelvis vand og undertrykker objekter, der har en høj refleksion af NIR som vegetation og tør landjord. Derudover er det røde bånd udskiftet med et grønt, som yderligere er med til at fremhæve vandområder på jordoverfladen.

NDWI udregnes efter formelen (McFeeters, 1996):

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$$

Ved beregning af NDWI fås en værdi mellem -1 og 1 (McFeeters, 1996). Positive tal er typisk vand, mens jord er omkring 0 og vegetation er negative. Tærskelværdien for, hvornår NDWI kortlægger vand og våd jord, har vist sig at kunne variere fra dag til dag afhængig af atmosfæriske forhold og satellittens placering i fht. Solen den pågældende dag (Qiao, et al., 2011). Tærskelværdien kan også afhænge af hvilken metode, der er anvendt til at processere satellitbillederne. Baseret på satellitbillederne, der indgår i analysen, er der anvendt en NDWI-tærskelværdi på 0 for de tre forsøgsmarker og en NDWI-tærskelværdi for -0,3 for kortlægningen af området ved Ryå.

Fremgangsmåde

Kortlægning af våde områder i marken og markens dræningstilstand baseres på to typer af beregninger.

Summeret NDWI: Den ene beregning viser de områder, hvor det i en given periode har været mest vådt. Jo højere værdier, jo mere vådt har det været i den pågældende periode. Kortet bygger på summen af NDWI for de antal dage, hvor der har været brugbare satellitbilleder for området.

Frekvenskort: Den anden type beregning er et frekvenskort, der viser hvor hyppigt i en given periode området har været vådt. Om et område er identificeret som værende våd, er i sig selv ikke et problem, hvis det kan dræne af. Det interessante i forhold til at undersøge jordens dræningstilstand, er at finde de områder i marken, der gentagne gange er våde i perioden. Derfor er der lavet et frekvenskort efter princip af (Mueller, et al., 2016), som viser, hvor mange gange pågældende pixel har været kortlagt af satellitten som værende våd.

Tilsammen er de to beregninger vores bedste bud på, hvordan man kan anvende NDWI-indekset til at kortlægge våde områder i marken med dårlig dræningstilstand.

Tidsserier og -perioder

For at se, om det er de samme områder, der er våde fra år til år og for at se, om der sker en udvikling i de våde områder, har vi foretaget NDWI-kortlægningen for flere år.

Den helt store udfordring i kortlægning af markens dræningstilstand ved brug af NDWI-indekset er begrænsninger i den tidlige opløsning. På grund af skyer og skygger fra skyer er den reelle tidlige opløsning væsentlig lavere end 1-2 ugentlige billeder. Det har været nødvendigt at kortlægge basere NDWI-kortlægningen på tidsperioder for at være sikker på, at der er tilstrækkelig med billeder, hvor der har været skyfrie forhold. Det har også stor betydning for antallet af brugbare satellitbilleder i de udvalgte tidsperioder.

Der er i NDWI-kortlægningen anvendt forskellige tidsserier og -perioder.

For de tre forsøgsmarker er tidsperioderne fra 1. september til 1. april som dækker over de forventede mest våde tidspunkter for henholdsvis 2017/2018 og 2018/2019. Der indgår i alt 7 satellitbilleder i analyserne for tidsperioden 2017-2018 og 3 satellitbilleder for tidsperioden 2018/2019.

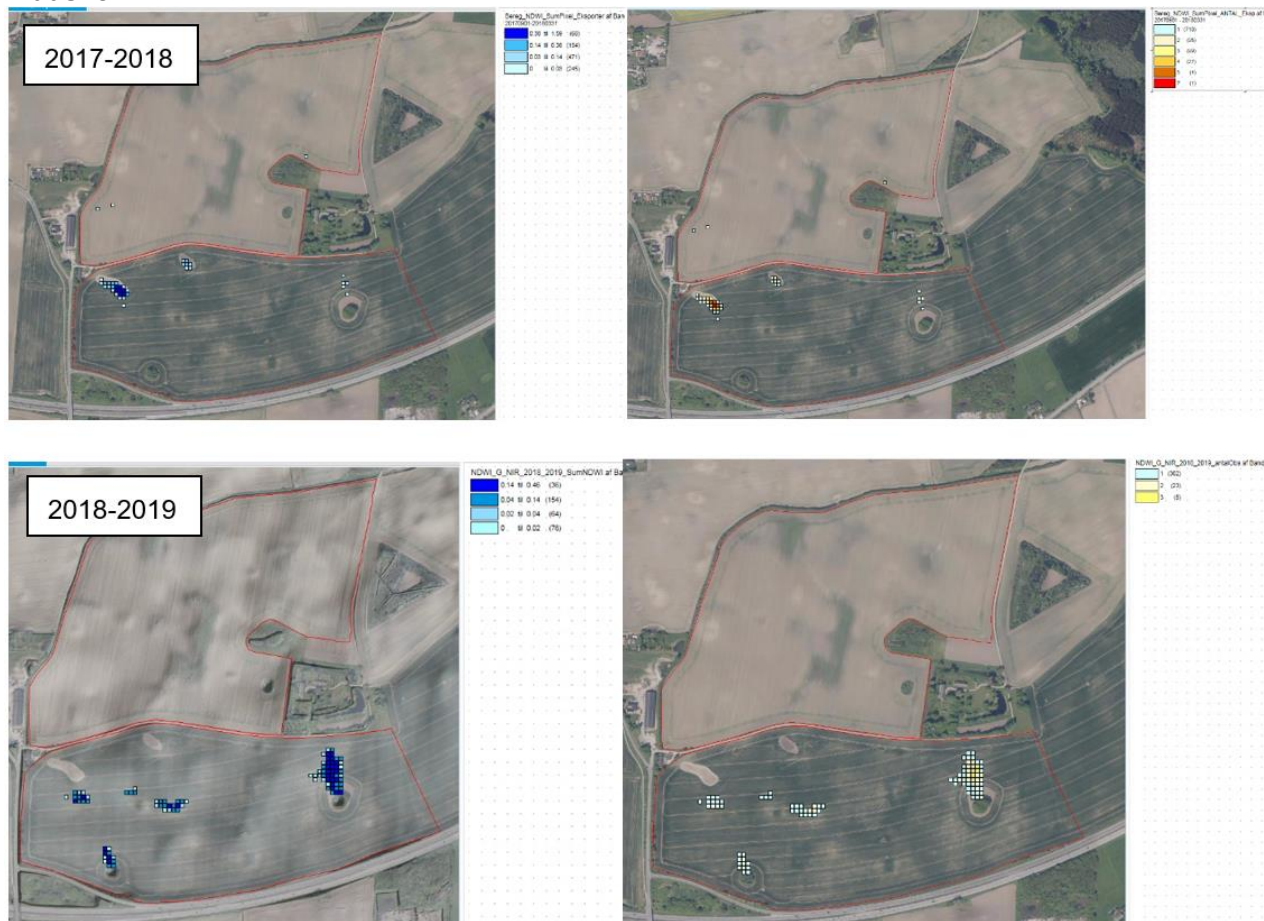
For området ved Ryå er tidsperioderne fra 1. februar til 15. april, hvor det forventes, at våde områder, der gentagne gange er våde i foråret, kan være et udtryk for områder med dårligere dræningstilstand. Der var ingen gangbare satellitbilleder i foråret 2018 pga. skyer og sne, og derfor indgår 2018 ikke i kortlægningen. I kortlægningen af foråret 2017 indgår 2 gyldige satellitbilleder (24. marts og 3. april), mens foråret 2019 er baseret på 7 satellitbilleder (27. februar, 11., 19., 26., 29., 31. marts og 5. april).

4 RESULTATER

4.1 NDWI-kortlægning af vand på udvalgte forsøgsmarker

I det følgende præsenteres beregninger af NDWI på pixels-niveau for de tre udvalgte forsøgsmarker ved Lejre, Trudsholm og Søholt for 2017-2018 og 2018-2019. NDWI-kortlægningen sammenlignes efterfølgende med resultater fra en kortlægning af markens dræningstilstand målt med in situ data i foråret 2019.

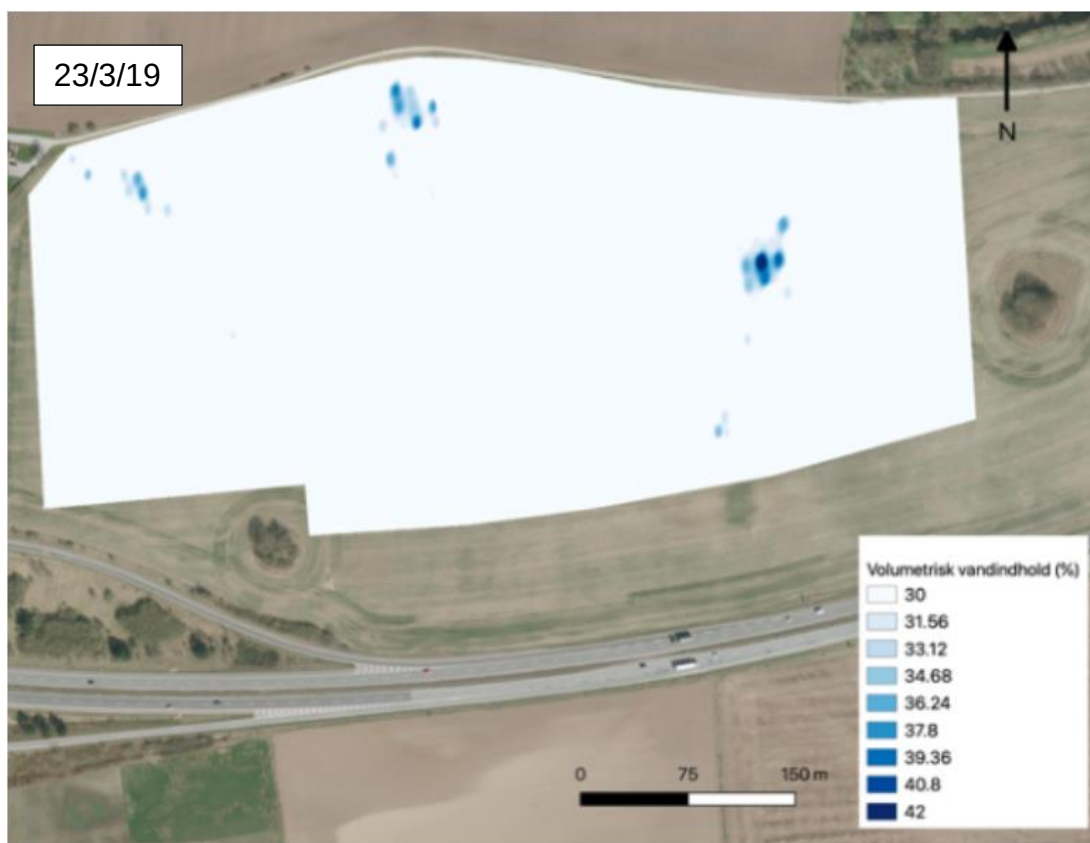
Trudsholm



Figur 4: NDWI-kortlægning af våde områder for Trudsholm i perioden 1. september 2017-1. april 2018 og 1. september 2018-1. april 2019

I perioden 2017-2018 udpeges tre mindre områder til at være våde. Særligt lavningen øverst i markens nordøstlige hjørne beregnes som værende våd gentagne gange i 7 satellitkort, der indgår i analysen. Året efter er det dog andre dele af marken, som betegnes som våde. Det gælder områderne nord for de to gravhøje, der er i marken samt i områder på markens nordvendte skrånninger.

Sammenlignes de våde områder beregnet ud fra NDWI med de våde områder fundet ved målinger i marken (figur 5) ses det, at NDWI finder to af de tre våde områder i perioden 2017-2018, mens det våde område vest for den store gravhøj ikke identificeres. Til gengæld er ingen af de våde områder, fundet ved NDWI-kortlægningen i perioden 2018-2019.



Figur 5: Kortlægning af områder med dårlig dræningstilstand d. 23. marts 2019. Kilde: Kasper Jensen, Københavns Universitet.

Lejre

I 2017-2018 var store dele af markfladen på et givent tidspunkt i perioden beregnet som våd. Mest våd var et område nede i markens sydvestlige hjørne samt nogle bestemte områder i midten af marken nedenfor skråningen. Frekvenskortet viser, at hovedparten af de kortlagte pixels kun er våd én gang i perioden. Det er næppe nok til at klassificeres som værende et område, der har dårlige dræningsforhold.





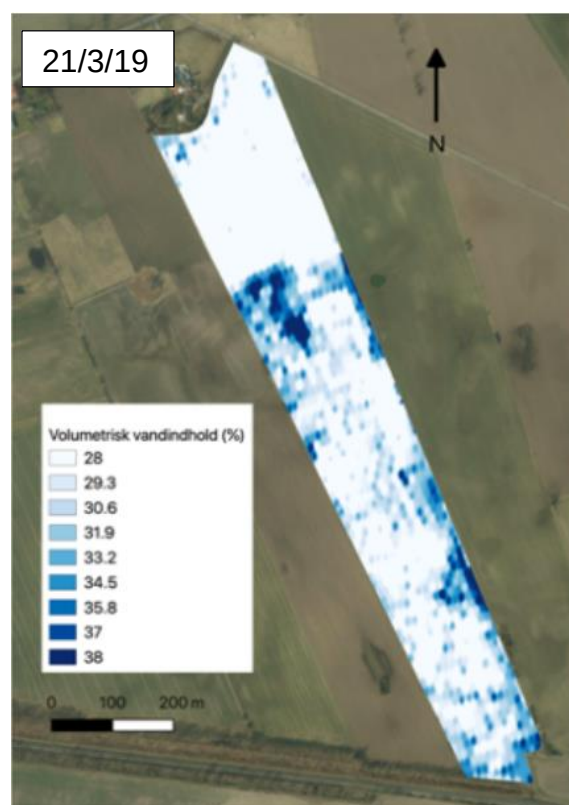
Figur 6: NDWI-kortlægning af våde områder for Lejre i perioden 1. september 2017-1. april 2018 og 1. september 2018-1. april 2019

Året efter i 2018-2019 er et område midt på marken identificeret som våd, men området er kun kortlagt som våd én gang i perioden, og vurderes derfor ikke til at være dårlig afdrænet.

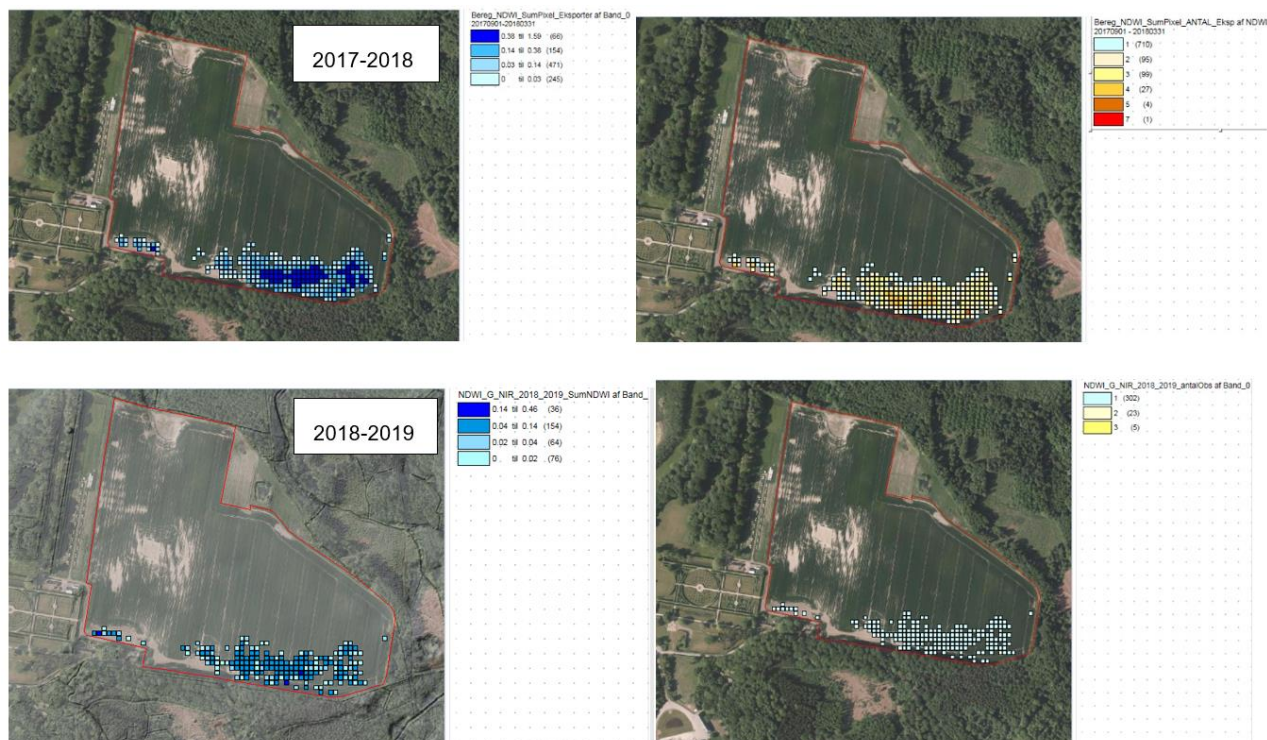
Markens reelle dræningstilstand er vist i figur 7 og her ses det, at det våde område nede i markens sydvestlige hjørne, der blev identificeret i 2017-2018, går igen, samt det våde område, som blev identificeret midt på marken i 2018-2019 ligeledes kan findes på kortet. De to områder beregnet af NDWI blev dog i frekvenskortet ikke vurderet til at have problemer med afdræningen, hvilket de fysiske målinger i marken antyder. Generelt er der en dårlig gengivelse – både af placering og omfanget – af våde områder beregnet med NDWI i forhold til de reelle våde områder på marken i Lejre.

Søholt

På marken ved Søholt på Lolland er det samme område i markens sydlige del beregnet som våd gentagne gange i tidsperioden for både 2017-2018 og det efterfølgende år 2018-2019. Det må ifølge NDWI-kortlægningen antages at være et område med dårlig dræningstilstand.

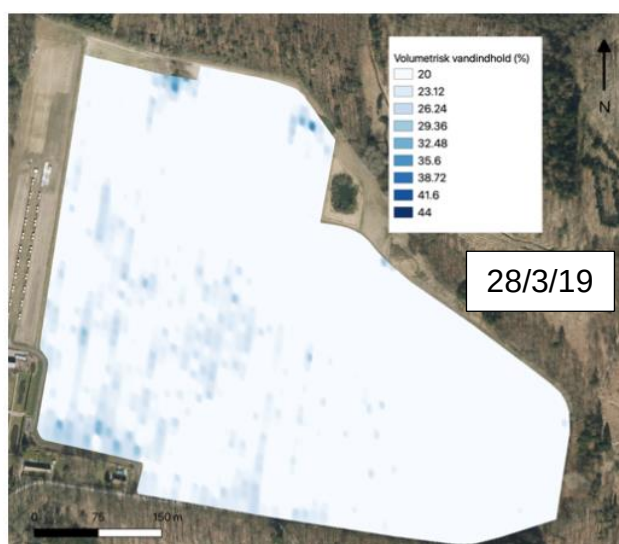


Figur 7: Kortlægning af markens dræningstilstand d. 21. marts 2019. Kilde: Kasper Jensen, Københavns Universitet.



Figur 8: NDWI-kortlægning af våde områder for Søholt i perioden 1. september 2017-1. april 2018 og 1. september 2018-1. april 2019

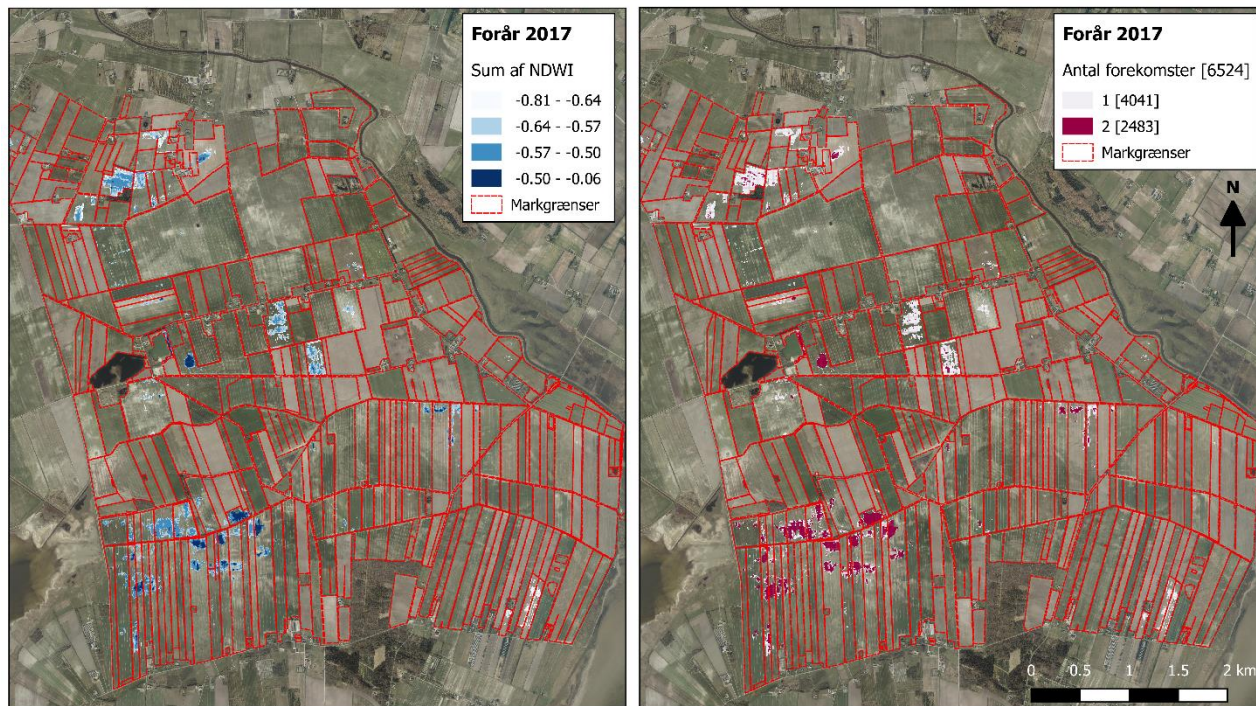
Målinger af markens dræningstilstand i figur 9 viser, at der primært er områder med dårlig dræningstilstand i markens sydvestlige hjørne, i et område i midten af marken samt to områder ved kanten af markens nordlige ende. Det er kun det ene område i markens sydvestlige hjørne, som satellitten med NDWI er i stand til identificere.



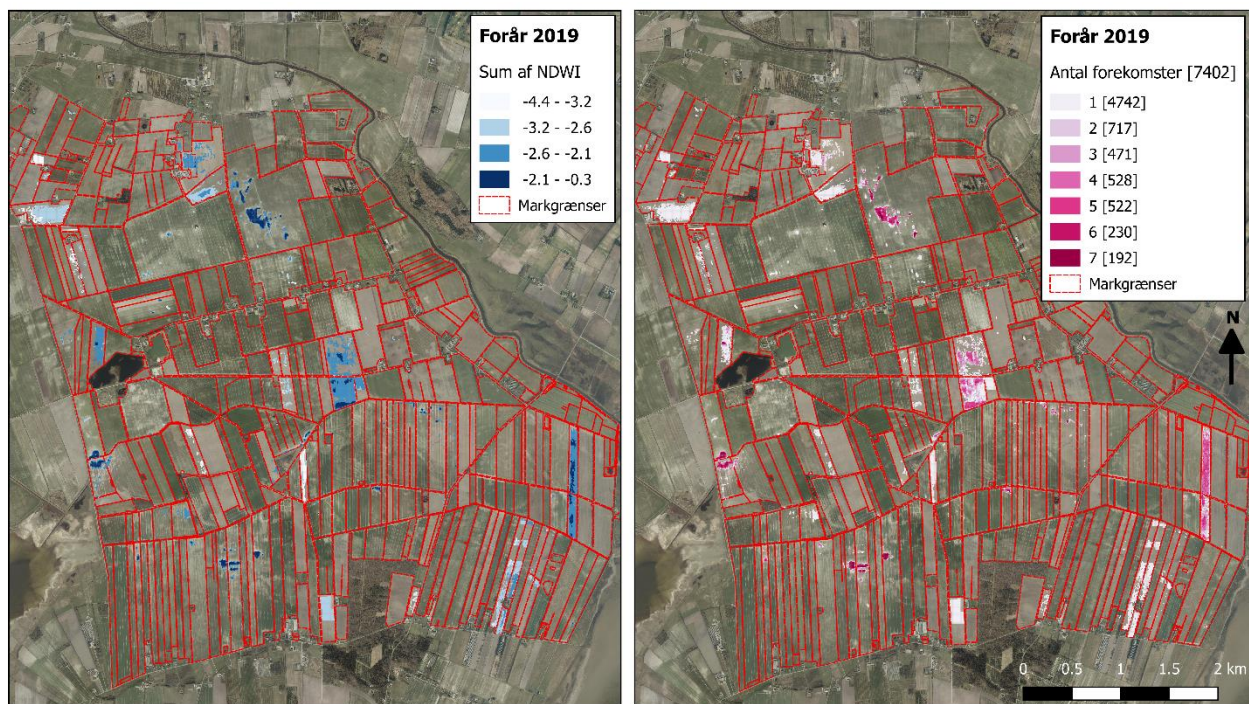
Figur 9: Kortlægning af markens dræningstilstand ved Søholt d. 28. marts 2019

4.2 NDWI-kortlægning af vand i området ved Ryå

I det følgende præsenteres beregninger af NDWI på pixels-niveau for området i Ryå opland for foråret 2017 og foråret 2019. NDWI-kortlægningen sammenlignes efterfølgende med landmændenes egne udpegninger af våde områder på deres marker.



Figur 10: Kortlægning af henholdsvis summeret NDWI og frekvensen af våde områder for foråret 2017, der er baseret på satellitbilleder fra 24. marts og 03. april 2017.



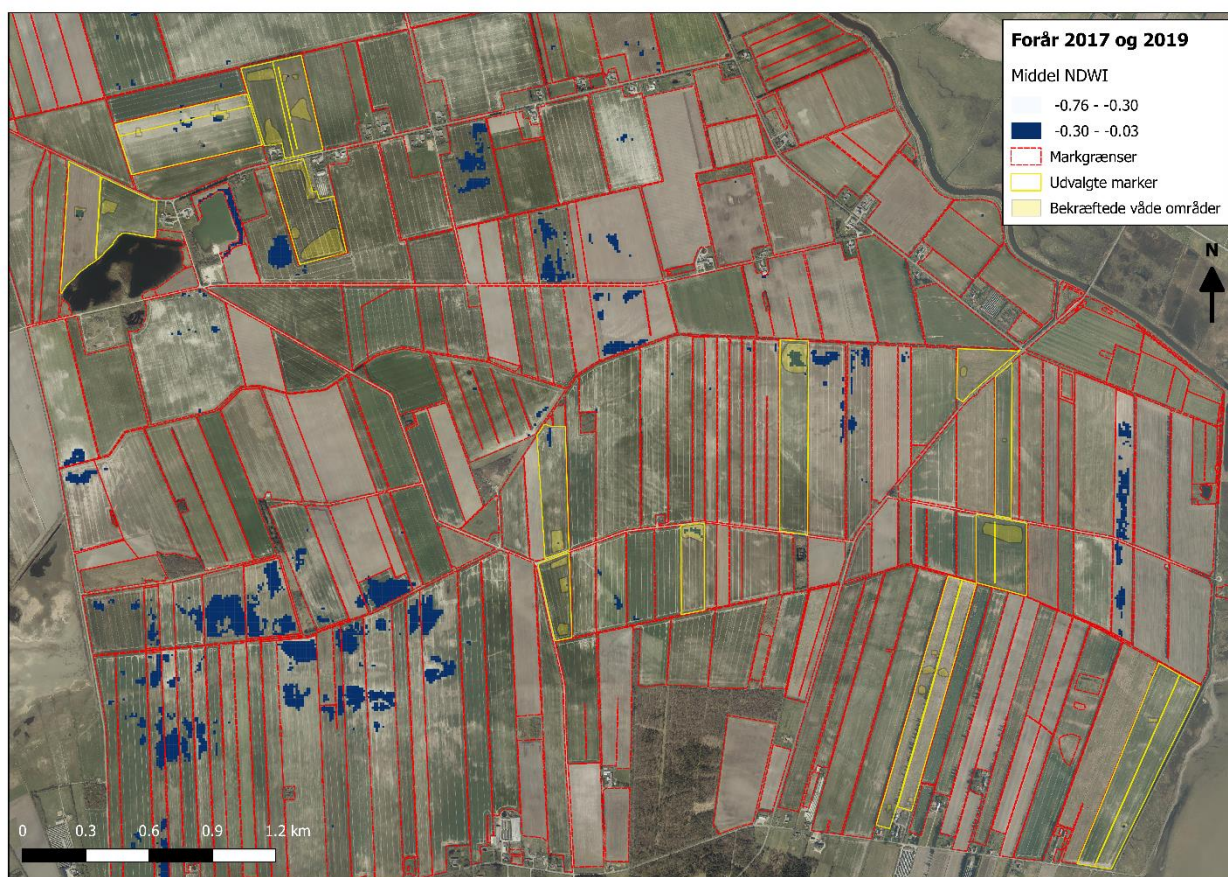
Figur 11: Kortlægning af henholdsvis summeret NDWI og frekvensen af våde områder for foråret 2019, der er baseret på satellitbilleder fra 27. februar, 11., 19., 26., 29., 31. marts og 05. april 2019.

Sammenligner vi NDWI-kortlægningen for de to år, er det generelt meget forskellige, hvilke områder der klassificeres som værende våde.

I foråret 2017 var det særligt et område i det sydvestlige hjørne, der var præget af mange våde områder, som var våde begge dage.

I 2019 er de områder, der er gentagne våde mere spredt fordelt over hele arealet. Nogle enkelte områder går igen fra 2017, men ellers er det nye områder, som er vurderet våde. Der er flere tilfælde, hvor hele eller delvis hele marker er kortlagt som våde.

To tredjedele af de våde områder i både foråret 2017 og 2019 klassificeres som våde én gang. Disse områder forventes ikke at udgøre områder med et afdræningsproblem.

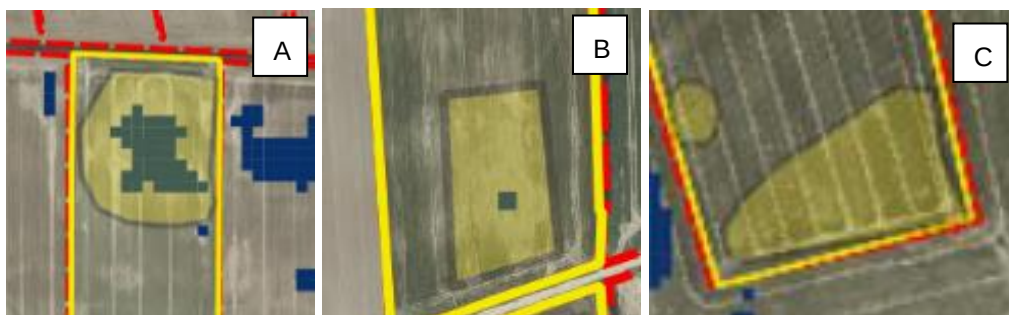


Figur 12: Kortet viser middelværdierne af NDWI for i alt 10 satellitbilleder fra foråret 2017 og 2019. De gul-skraverede områder udgør de områder, hvor landmanden med egne ord mener der er problemer med dårlig afdræning.

I figur 12 sammenkobles middel NDWI for både 2017 og 2019 med udpegninger, som landmænd har markeret som værende våde.

I alt har 5 landmænd udpeget 30 områder, hvor de har problemer med vand og dårlige dræningsforhold. Ud af de 30 bekræftede våde områder, er 9 blevet identificeret med NDWI-kortlægningen, mens 21 ikke er. For de 9 områder tendenser NDWI dog til at underestimeret omfanget af det våde areal (jf. figur 13).

Der er generelt ikke overensstemmelse mellem de områder, som landmanden har vurderet til at have problemer med afdræningen og de områder, som er kortlagt med NDWI-indekset.



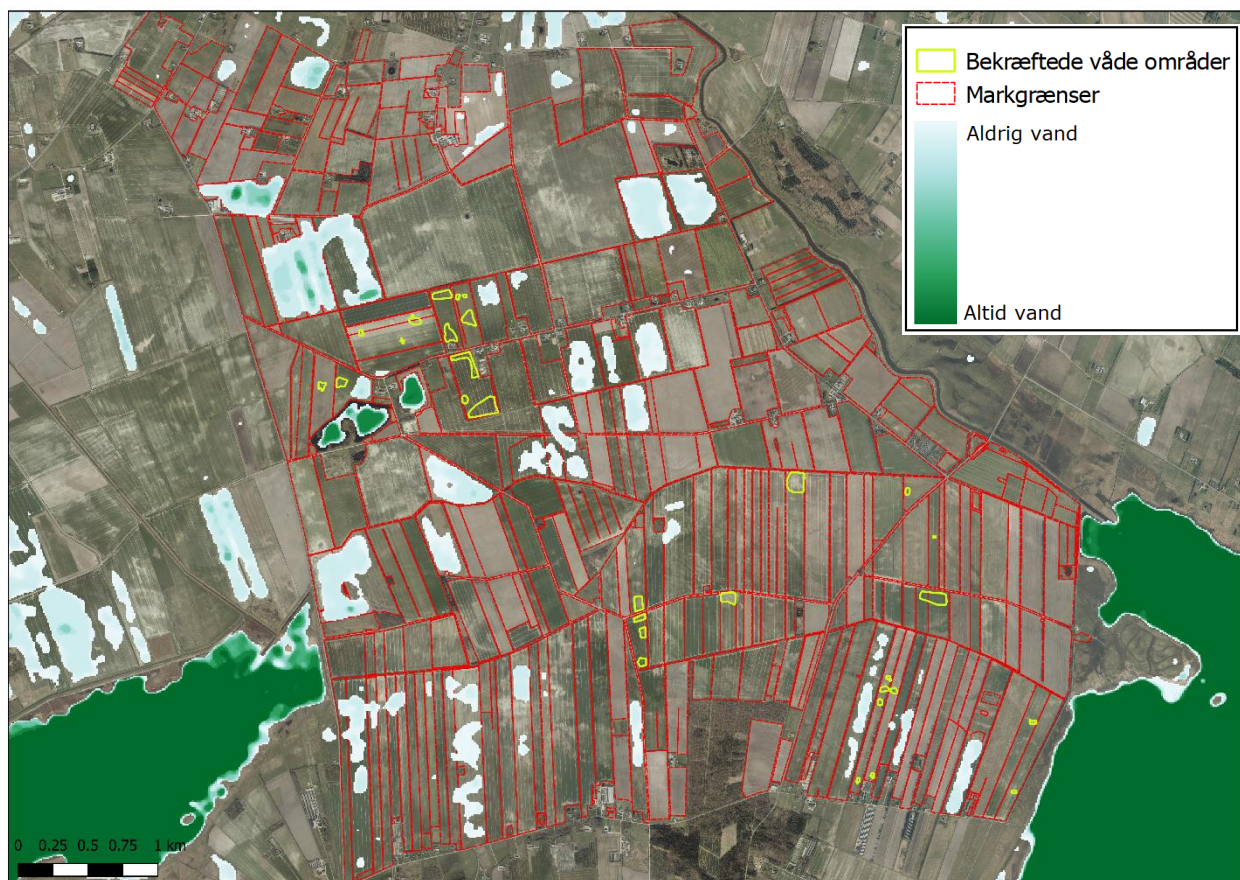
Figur 13: Eksempler på forskellen mellem områder udpeget af landmanden som værende våde og områder klassificeret med NDWI-indekset. (A) Delvis overensstemmelse i omfanget mellem områder udpeget af landmanden og NDWI. (B) Arealet er blevet identificeret af satellitten som værende våd, men der er dårlig overensstemmelse i omfanget. (C) Ingen overensstemmelse. Området er ikke blevet identificeret af satellitten.

4.3 Kortlægning af vand med Sentinel-1 radardata

I afsnittet evalueres to måder, som er præsenteret i det tekniske notat fra DHI-GRAS i bilag 1.

Oversvømmelsesfrekvenskortet

DHI-GRAS har lavet et oversvømmelsesfrekvenskort for perioden 1. september til 15. april baseret på månedlige gennemsnitsoversvømmelseskort. Frekvenskortet viser hvor ofte et område har været klassificeret som vand. I figur 14 nedenfor ses et eksempel på oversvømmelseskortet for perioden 2017-2018, som var den periode med flest registrerede oversvømmelseshændelser. Hverken i perioden 2016-2017, 2017-2018 og 2018-2019 blev de udpegede våde områder identificeret vha. oversvømmelsesfrekvenskort. Dette skyldes til dels, at radaren fra Sentinel-1 kan kun registrere vand, hvor vegetationen ikke er for tæt. Det kan give udfordringer med at identificerede oversvømmede marker med græs eller tæt vinterafgrøder, og derved kan underestimere omfanget af det berørte område. Derudover kan begrænsningerne i radarens rumlige opløsning og den mere støjfyldte karakter af data betyde, at de udpegede våde områder, som er relativ små i udbredelsen, ikke bliver identificeret af radaren. Det peger på, at potentialerne for oversvømmelsesfrekvenskortet med radar-data primært er mest anvendelig til udpegning af større områder der er vandlidende.



Figur 14: Oversvømmelseskort baseret på Sentinel-1 data for perioden 1. september 2017 til 15. april 2018. Data fra DHI-GRAS.

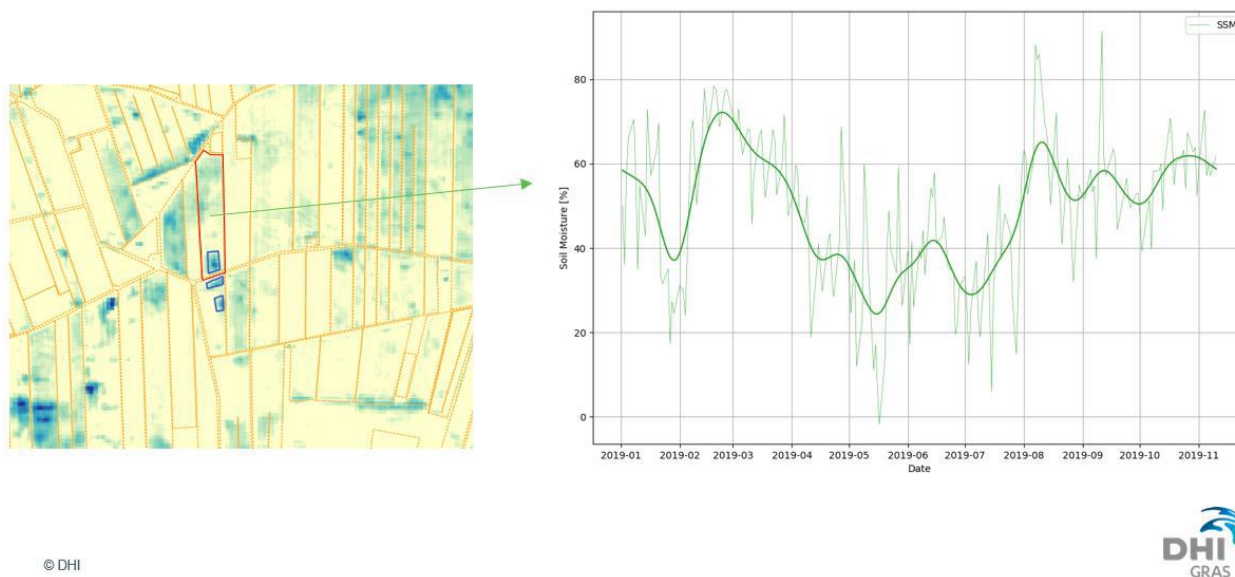
Relativ jordfugtighed på markniveau

Som nævnt indledningsvist kan Sentinel-1 radaren måle jordfugtigheden på jordoverfladen. Det giver mulighed for, at der kan laves tidsserier af den relative jordfugtighed på markniveau. Det kan give et indblik i, hvornår marken er relativ mere våd eller tør end den plejer.

Et eksempel på, hvordan tidsserier af markens relative jordfugtighed kan opstilles, kan ses i figur 15. Følger man filtreringen (den tykke grønne linje) i figuren, kan man se, at februar er relativ, tør efterfulgt af en våd periode i marts, der langsom dræner af i april og maj. Det følger i fin tråd med det nedbørsmønster, der var for samme periode, nemlig en nedbørsfattig februar, en meget våd periode i starten af marts og en tør april (DMI, 2019).

Ud fra beregningen af den relative jordfugtighed ser marken ud til at dræne fint af hen over foråret. Ifølge landmanden er det også tilfældet for det meste af marken. Der er dog et område i markens sydlige ende, som er udpeget af landmanden til at have udfordringer med både overfladevand og dårlig afdræning. Det kunne være interessant at kunne følge udviklingen i jordfugten konkret for dette område.

Jordfugtigheden på jordoverfladen varierer meget fra måling til måling afhængig af tidspunktet på døgnet og nedbørsmønstret. Derudover påvirkes radarens målinger af, om der er vegetation samt sne og frost på jordoverfladen.



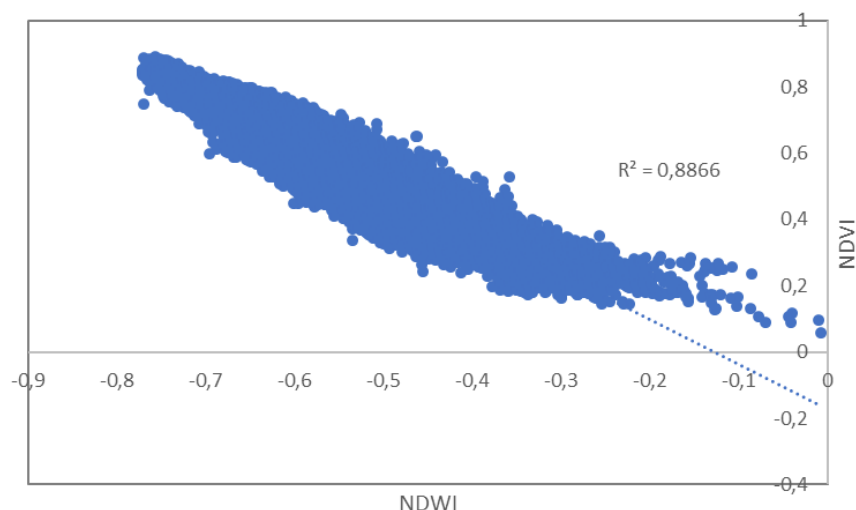
Figur 15: Tidsserie af markens relative jordfugtighed for perioden januar-november 2019 for en mark ved Ryå. Figuren er hentet fra det tekniske notat af DHI-GRAS på side 12. Se bilag 1 for flere oplysninger.

5 DISKUSSION

Analysen viste, at NDWI-indekset er dårlig til at gengive de områder, der reelt er våde. Det gælder både for de tre forsøgsmarker, men også for området i Ryå opland.

Der kan findes flere årsager til forskellen mellem de beregnede våde områder med NDWI og de registrerede våde områder.

- Påvirkning fra skygger:** NDWI synes at være udfordret af skygger fra læhegn og terrænet, således at skygger klassificeres som vand. Særligt tydelig er skyggepåvirkningen ved Søholt, hvor NDWI-indekset identificerer området langs markens sydlige kant, der grænser op til skovbrynet som værende våd, mens in situ målinger viste, der ikke var. Også ved Trudsholm synes skygger fra gravhøjene og fra terrænets egen skyggeside at give misvisende NDWI-resultater. Det kan særligt være en udfordring, når der anvendes billeder fra vinterperioderne, hvor Solen står lavt på horisonten og kaster lange skygger. Acharya, et al. (2018) har haft succes med at undgå terrænskygger ved at hæve NDWI-tærsklen fra 0 til 0,3 på Landsat 8 satellitbilleder. Det vurderes dog, at hvis man hæver tærsklen til 0,3, kun kan kortlægge åbne vandspejl, som søer, fjorde med mere og dermed ikke de våde områder i marken, som typisk har NDWI-værdier tæt på eller under 0. En anden mulighed for at overkomme udfordringen med skygger er at "klippe" områder af marken, der er påvirket af skyggeobjekter som læhegn, gravhøje, skovbryn m.m. ud, eller ved at den digitale højdemodel kunne skyggepåvirkningen fra topografien minimeres.
- Vegetation:** NDWI kan være påvirket af, at der er manglende vegetation. Der er eksempler på, hvor NDWI beregner arealer som vådt, men hvor det reelt blot er en bar plet i marken med dårlig eller manglende afgrødeetablering, som ikke skyldes våde forhold. En korrelation mellem NDWI og NDVI for samme dag viser, at der er en god sammenhæng mellem områder, hvor der er lav biomasse, og hvor der er vådere forhold. Det er en forventet korrelation. Ved lave NDWI- og NDVI-værdier er korrelationen mere spredt. Det er primært på marker med bar jordoverflade, hvor korrelationen spredes. På de bare marker kan NDWI give flere informationer om våde forhold end NDVI.



Figur 16: Korrelation mellem NDWI og NDVI for den 27.02.2019, baseret på satellitdata fra DHI-GRAS.

Ligeledes kan der være områder, som er vandlidende, men som ikke identificeres med NDWI fordi vegetationen skygger for våde forhold på jordoverfladen.

- Den tidlige opløsning: Nogle gange kan udtørningsperioden, hvor de dårligt drænedes områder er mest fremtrædende på jordoverfladen, ske hurtigt. Den begrænsede reelle tidlige opløsning med Sentinel-2 kan betyde, at man ikke når at fange den situation, hvor marken begynder at afdræne, før hele marken er afdrænet.
- Der kan i nogle tilfælde være dårlige afdræningsforhold, som ikke nødvendigvis giver synlige afmærkninger på jordoverfladen. Disse vil i sagens natur generelt være svære at detektere fra satellitter.

En kortlægning udelukkende baseret på NDWI giver ikke valid information om markens dræningstilstand. For det første, er den ikke i tilstrækkeligt omfang er i stand til at lokalisere områder, der gentagne gange er våde over en given periode. For det andet har det vist sig, at den reelle tidlige opløsning er meget lav, når man ønsker Sentinel-2 satellitdata fra vinter- og forårsmånederne, hvor der ikke er skyer, skygger eller sne. Det gør det vanskeligt at få både en frekvens og mængde af brugbare billeder til at kunne følge udviklingen i markens afdræning henover afdræningssæsonen om foråret. Derudover peger resultaterne også på, at det ikke er muligt at kunne følge en udvikling i de våde områder fra år til år. Man ville forvente, at områder med dårlige dræningsforhold overordnet er de samme områder år efter år. I analysen blev der ikke fundet overensstemmelse mellem de NDWI-kortlagte våde områder mellem forskellige år. Det vanskeliggør udarbejdelsen af et grundkort baseret på NDWI, til brug til at forbedre tildelingsalgoritmer.

Moisture index

Siden NDWI blev introduceret i 1996 med NIR og grøn, er flere modificerede versioner af NDWI blevet udviklet (MNDWI), og i dag anvendes NDWI typisk som en del af andre indekser i analyser af kortlægning vand.

DHI-GRAS har baseret på optisk Sentinel-2 data beregnet et fugtighedsindeks (Moisture index), som udover NDWI kombinerer andre indekstal, der er bedre i stand til at adskille pixels med vand og fugtig jord fra tørre pixels. Kortet har ligesom med NDWI en opløsning på 10 m.

Der er fundet en god sammenhæng mellem områder, som moisture indekset identificerer som fugtige og landmandens udpegninger (figur 17).



Figur 17: Gennemsnitlig moisture index for perioden 1. september – 15. april for alle tre år (2017-2019). Data fra DHI-GRAS.

Ud af de 30 udpegede områder, genfinder moisture indekset i større eller mindre omfang 26, mens 4 områder ikke identificeres.

Der er umiddelbart stort potentiale i at arbejde videre med moisture indekset for at se, hvorvidt det kan bruges til at kortlægge våde og fugtige områder i marken. Udfordringen med moisture indekset i forhold til at kunne kortlægge områdernes afdræningstilstand er stadig begrænset af den tidlige opløsning, som det optiske Sentinel-2 data har.

6 KONKLUSION OG FREMTIDIGE PERSPEKTIVER

Dette pilotprojekt viser, at

- NDWI-indekset alene ikke giver en valid kortlægning af markens dræningstilstand
- NDWI kan indgå i et moisture index sammen med andre indekser af de optiske data fra Sentinel-2, som i højere grad er i stand til at lokalisere de udpegede områder med dårlig dræningstilstand.
- Backscatter radardata har besvær med at lokalisere mindre våde områder i marken, og at markens relative jordfugtighed ikke giver meget information om enkelte områders dræningstilstand.

Brugen af satellitter som redskab til at målrette arealspecifikke drænprojekter eller til brug til positionsbestemt eller graderet tildeling af gødskning eller kemi, er på nuværende tidspunkt ikke en mulighed.

Potentialet i at bruge satellitdata til at kortlægge våde områder i marken synes stadig ikke til fulde afdækket i dette pilotprojekt. Der er blevet åbnet op for muligheden for at moisture index kan have potentiale, men der er behov for yderligere validering af indekset – gerne med absolutte værdier fra målinger af vandindholdet i marken, så indeksets relative skala bedre kan fortolkes.

Radardata har potentiale til at kortlægge større områder, der er vandlidende, over tid. Det kunne være interessant at få afdækket om radardata, særligt den relative jordfugtighed kombineret med moisture indekset kan bruges som brugbare kortlægningsmetoder til dokumentation af en evt. forringet afvandingstilstand i området, der grænser op til f.eks. vådområdeprojekter, i forhold til at kunne fastslå om projektgrænsen er fastlagt korrekt.

7 LITTERATUR

Acharya, T. D., Subedi, A. & Lee, D. H., 2018. Evaluation of Water Indices for Surface Water Extraction in a Landsat 8 Scene of Nepal. *Sensors*, 07. 08., pp. 2580-2595.

DMI, 2019. *Vejrarkiv*. [Online]

Available at: <https://www.dmi.dk/vejrarkiv/>

[Senest hentet eller vist den 18. 12. 2019].

McFeeters, S. K., 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, pp. 1425-1432.

Mueller, N. et al., 2016. Water observations from space: Mapping surface water from 25 years of Landsat imagery across Australia. *Remote Sensing of Environment*, Årgang 174, pp. 341-352.

Nyborg, L. & Færch, L., 2019. *Screening af vand på marker*, Hørsholm: DHI-GRAS.

Qiao, C. et al., 2011. An Adaptive Water Extraction Method from Remote Sensing Image Based on NDWI. *Indian Society of Remote Sensing*, 15. 10., pp. 421-433.

8 BILAG

SEGES skaber løsninger til fremtidens landbrugs- og fødevarerhverv. Vi udvikler forretningsmuligheder i tæt samarbejde med vores kunder, forskningsinstitutioner og virksomheder over hele verden. SEGES er en del af Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.

SEGES
Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.
Agro Food Park 15
DK 8200 Aarhus N

+45 8740 5000
info@seges.dk
seges.dk

