

12. OKTOBER 2017

Afvandingsforsøg Tokkerup

Afrapportering af resultater for vækstsæsonen 2016/17

Forsøg udført for SEGES

**Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne:
Danmark og Europa investerer i landdistrikterne**



Miljø- og Fødevareministeriet
Landbrugsstyrelsen



Den Europæiske Landbrugsfond
for Udvikling af Landdistrikterne

LDP 2020



Se EU-Kommissionen, Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne

SPECTROFLY APS

Markstien 2
DK-4640 Faxe



Luftfoto af forsøgsmarken d. 31/3-2014. Optaget af R. N. Poulsen.

Kundens repræsentant:	Projektkonsulent, Cand. Scient. Stinna Susgaard Filsø
Udarbejdet af:	Cand.agro. Robert Nøddebo Poulsen
	Cand.agro. Ph.D. studerende Kasper Jakob Jensen
Version	1.0 (12. oktober 2017)

1 RESUME

I 2016/17 blev afvandings betydning for udbyttet undersøgt igen, i år i vinterhvede på en drænet JB7 jord i Tokkerup (Faxe) på Sydøstsjælland. Nærværende rapport afrapporterer forsøgsresultater fra vækstsæsonen 2016/17, hvilket er 6. års resultater fra forsøget. Forsøget er udført af SpectroFly ApS for SEGES, med støtte fra DLF-Trifolium i St. Heddinge og Østdansk Landboforening i Rønnede og KU-Science.

Formålet med projektet er, at undersøge afvandings betydning for afgrødernes vækst og udbytte, samt få en bedre forståelse for vand- og kvælstofdynamikken ved varierende afvandingsforhold. Reflektansmålinger er anvendt til at beskrive afgrødens vækst igennem sæsonen og afgrødens tørstof og kvælstofudbytte er målt ved tre kvælstofniveauer (henholdsvis 0, 90 og 180 kg N/ha) ligesom grundvandsniveauet i forsøgsparcellerne og vejrdata er kontinuert registreret i forsøget.

Vækstsæsonen 2016/17 var karakteriseret ved et køligt og dermed sent forår og en ikke så varm sommer. Nedbørsfordelingen kom jævnt gennem vækstsæsonen og der blev ikke observeret synlige tegn på tørke i forsøget. I de høstede vinterhvedeudbytter blev ved halv norm (N90) og norm (N180) kvælstofniveau registreret signifikante udbyttetab på 1903 og 1722kg TS/ha svarende til henholdsvis ca. 27% og 22 % imellem veldrænede parceller og parceller med reduceret dræning. Ligeledes blev registreret signifikant lavere kvælstofoptagelse imellem veldrænede parceller og parceller med reduceret dræning, ved N90 var N-udbyttetab på 33 kg N/ha og ved N180 38 kg N/ha svarende henholdsvis 34 og 28%.

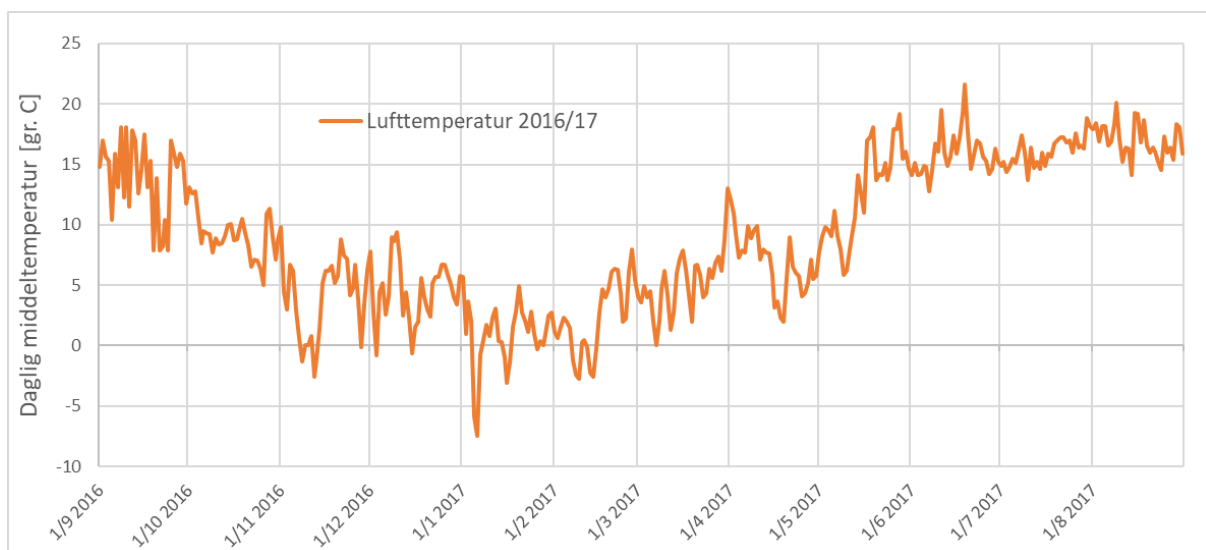
2 INDHOLDSFORTEGNELSE

1	Resume.....	2
2	Indholdsfortegnelse	3
3	Vækstsæsonen 2016/17	4
3.1	Temperatur & nedbør	4
3.2	Forsøgsarealet og dyrkningshistorie	5
4	Metode.....	5
4.1	Forsøgsarealets grundbehandling.....	5
4.1.1	Såning.....	5
4.1.2	Plantebeskyttelse.....	5
4.1.3	Gødskning	6
4.2	Forsøgsinddeling og behandlinger	6
4.3	Kernehøst.....	7
4.4	N _{min}	7
4.5	Vandstandsmålinger	8
4.6	Reflektansmålinger	8
4.7	Statistiske modeller.....	8
4.7.2	Kerneudbytte	9
4.7.3	Protein indhold	9
4.7.4	Kvælstofoptag	9
4.7.5	Simplere beskrivelse af afvandingseffekten	9
5	Resultater.....	10
5.1	N _{min}	10
5.2	Vandstandsdata	10
5.3	Reflektansmåling.....	12
5.4	Høstdata.....	13
5.5	Tørstofudbytte i kerner.....	13
5.6	Kvælstofudbytte i kerner	15
6	Diskussion og Sammenfatning	16
7	Litteraturliste	17
	Appendix A - Statistisk analyse af udbytte data.....	18

3 VÆKSTSÆSONEN 2016/17

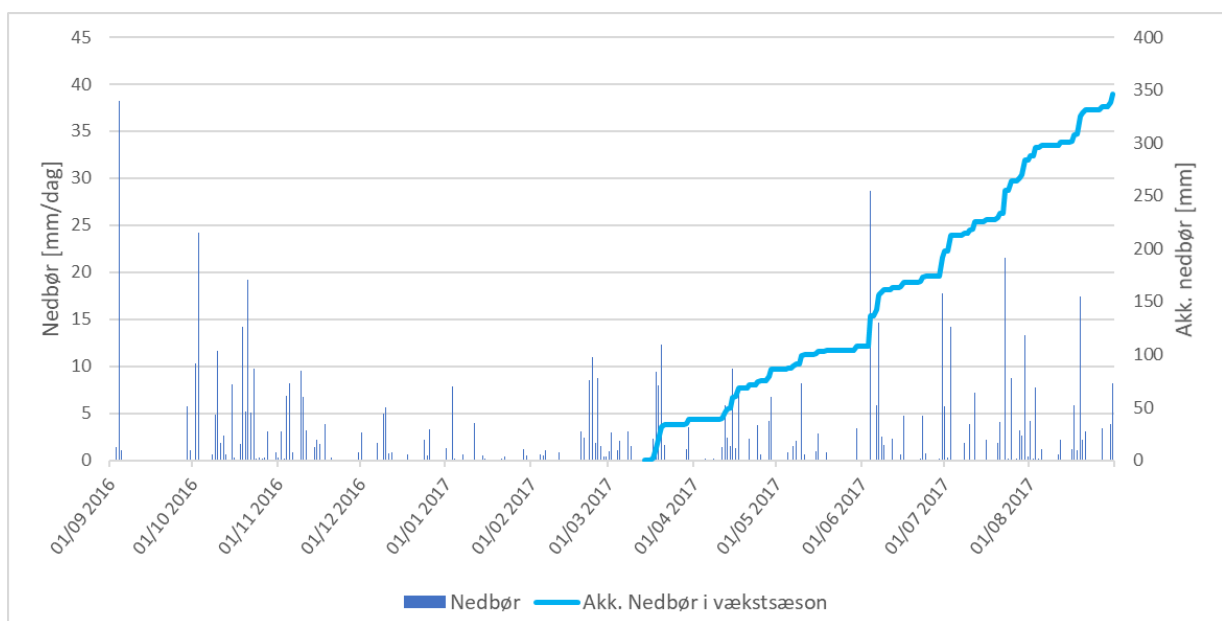
3.1 TEMPERATUR & NEDBØR

Dyrkningsåret 2016/17 huskes for en lun september 2016 og en nedbørsrig oktober med ca. 125 mm regn. Vinteren var forholdsvis tør og ikke udpræget kold, med middeltemperatur for januar var 0.9 og 2.2 grader C i februar. Marts og april var kølige. Vækstsæsonen startede medio marts og kom langsomt i gang, idet varmen kom en uge ind i maj. Middeltemperaturen og nedbørsfordelingen for dyrkningsåret 2016-17 fremgår af Figur 1 og Figur 2.



Figur 1 Daglig middeltemperatur i dyrkningsåret fra 1/9-2016 til 31/8-2017

Fra væksten starter i marts ($T > 5$ gr.C) til høst er der målt 347 mm nedbør (ukorrigeret), hvoraf ca. 63 mm faldt i august. Nedbøren i vækstperioden udmærker sig ved en forholdsvis jævn fordeling, uden forekomst af synlige tørkeperioder.



Figur 2 Daglig nedbør fra 1/9-2016 til 31/8-2017, samt akkumuleret nedbør (ukorrigeret) fra vækstsæsonens start i marts til høst dvs. fra 14/3-2016 til 31/8-2017, målt i nedbørsmåler på forsøgsarealet.

Tabel 1 Oversigt over månedsnedbør, samt minimum, middel og maksimum temperaturer på månedsbasis baseret på daglig middelværdier.

	Sep	Oct	Nov	Dez	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug
Månedsnedbør [mm]	47.7	125.1	49.8	24.1	17.4	41	50.1	48	21.3	84.5	91.7	62.8
Daglig minimum temp [dg. C]	10.8	6.8	1.0	1.8	-1.5	0.0	1.6	3.0	7.9	11.2	10.9	11.6
Daglig middel temp [gr. C]	16.1	9.1	4.0	4.6	0.9	2.2	5.2	6.9	12.6	15.9	16.1	17.0
Daglig max temp [gr. C]	21.4	11.4	6.9	6.6	3.0	4.6	8.7	10.1	17.2	19.1	20.5	22.0

3.2 FORSØGSAREALET OG DYRKNINGSHISTORIE

Forsøgsarealet er 3.8 hektar der ligger vandløbsnært til den opstrøms del af Vivede Mølleå uden for landsbyen Tokkerup ca. 5 km nord for Faxe på Sjælland. Jordtypen er JB7 og arealet er nærmest helt fladt. Der er en gradient i afvandingsforholdene henover arealet fra vest mod øst, i kraft af gradienten på drænanlægget.

Forsøgsarealet er velkarakteriseret med bl.a. EM-38, tekstur, volumenvægtsbestemmelser og næringsstofanalyser og reaktionstal, samt kendskab drænanlæggets placering jf. (Hansen & Jensen, 2013) (Szilas, 2003) (Szilas, 2013). Sædskifte og forfrugt fremgår af Tabel 2.

Tabel 2 Oversigt over sædskifte for perioden 2012-2017.

Tokkerupgaard - Mark 05	2012	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17
Sædskifte	Vårbyg	Vinterhvede	Vinterhvede	Vårbyg	Vinterhvede	Vinterhvede

4 METODE

4.1 FORSØGSAREALET GRUNDBEHANDLING

4.1.1 Såning

I vækstsæsonen 2016/17 blev forsøgsarealet tilsået med vinterhvedesorten Torp (160 kg/ha). Efter gammel høst og før såning var marken tallerken- og ukrudtsharvet samt round-up sprøjtet. Dagen før såning blev fortaget ophavning med tallerkenharve. Afgrøden blev sået d. 25/9-15 med 4m Kverneland Accord luftassisteret såmaskine. Der blev opnået en god ensartet etablering af afgrøden på forsøgsarealet.

Der er forsat ikke pløjet i forsøget, baggrunden herfor er i tråd med tidligere år, nemlig at der i et nedbørsrigt efterår/forår er risiko for at der ikke kan nås og lave et ordentligt såbed, idet specielt den østlige del af forsøgsarealet kan reagere hurtigt på nedbør og dermed risiko for en utilfredsstillende og/eller sen jordbearbejdning etablering i foråret. Dertil er der forsøgsteknisk en del arbejde forbundet med at reetablerer pejlebrønde, hvis arealet pløjes.

4.1.2 Plantebeskyttelse

Forud for såning blev sprøjtet med Round-up, og efter såning foretaget en ukrudtssprøjtning. I løbet af forår og sommer blev sprøjtet i alt fire gange jf. Tabel 3. Hele forsøgsarealet blev behandlet ensartet mht. plantebeskyttelse og der blev sprøjtet med henblik på at ukrudt, svampesygdomme og skadedyr ikke skulle få indvirkning på forsøget, ligesom der vækstreguleret.

Tabel 3 Oversigt over datoer og de anvendte plantebeskyttelsesmidler på forsøgsarealet

8/9-2016	17/10-2016	16/03-2016	4/5-2016	26/5-2016	15/6-2016
Round-up	Boxer	Mangannitrat	Nicanor 20 SG	Proline EC 250	Bell
Amm. Sulfat	Stomp		Starane 333 HL	Orius 200 EW	Comet Pro
	Legacy 500 SC		Cycocel 750		Fastac 50
	Fastac 50		Mangannitrat		
	Mangannitrat				

4.1.3 Gødskning

Forsøgsarealet blev i foråret 2017 grundgødsket ad tre gange jf. Tabel 4. I forbindelse med plantebeskyttelsen er udsprøjtet mangannitrat to gange.

Tabel 4 Oversigt over datoer og forsøgsarealet grundbehandling med gødning

	Kvælstof [kg N/ha]	Fosfor [kg P/ha]	Kalium [kg K/ha]	Gødningstype
14/03-2017	0	17.6	92.2	0-4-21
30/03-2016	80.9			N30 2S (flydende)
28/04-2016	132.7			N30 2S (flydende)

4.2 FORSØGSINDELING OG BEHANDLINGER

Forsøget består af 7 dobbelt parceller placeret i stigende afstand fra vandløbet jf. Figur 3.



Figur 3 Oversigtskort over forsøgsmarken og den geografiske placering af dobbeltparceller, drænanlæg og pejlerørbrønde.

Hver dobbeltparcel består af 10 gentagelsesplot, som er fordelt på tre behandlinger (led), to led har fire gentagelser og et led har to gentagelser. Ledbehandlingerne omfatter tre kvælstofniveauer henholdsvis lav (0kg N/ha), halv norm (90 kg N/ha) og norm (180 kg N/ha) jf. Figur 4. Hver dobbeltparcel er 2 x 5 x 16 meter placeret imellem dræn. Hvert gentagelsesplot havde en størrelse på 2.25 x 5 m svarende til 11.25 m². Tilsvarende forrige sæson er kvælstofniveauet i behandlingerne ændret således, at det tidligere høje N niveau er ændret til halv norm. Dette er gjort mhp. at opnå

en bedre placering på kvælstofresponskurven, hvor hældningen og dermed kvælstofresponsen er størst og dermed få en tydeligere mulig respons af afvandringsforholdene.

Tilførsel af fast N27 gødning blev givet med håndskubbet forsøgsgødningsspreder.

<-- N	
N 180, Gentagelse nr. 1	N 0 , Gentagelse nr. 2
N 180, Gentagelse nr. 2	
N 180, Gentagelse nr. 3	Værn
N 180, Gentagelse nr. 4	N 90 , Gentagelse nr. 4
140 Værn	N 90 , Gentagelse nr. 3
N 0 , Gentagelse nr. 1	N 90 , Gentagelse nr. 2
	N 90 , Gentagelse nr. 1

u

Figur 4 Oversigt over behandlinger i en dobbeltparcel, af hvilke der er 7 i forsøget.



Figur 5 Gødningstildeling med håndskubbet forsøgsgødningsspreder anvendt til gødskning af N90 og N180 leddene.

4.3 KERNEHØST

Parcellerne blev høstet fri d. 15/8-2017 og selve forsøget blev høstet d. 31/8-2017 med Haldrup forsøgsmejetærsker med 2.25 m skærbord. Gennemsnitsudbyttet på forsøgsmarken blev målt på mejetærsker til ca. 81 hkg/ha.

Hvert gentagelesplot blev høstet separat, og mængden blev vejet på høstdagen. Ud af den høstede mængde blev efterfølgende udtaget 1kg prøve til analyse for tørstof- og kvælstofindhold i kernen, samt hektolitervægt og renhed. Prøver blev analyseret på Koldkærgård (Agrotech / DTI).

4.4 N_{MIN}

Den 22. marts 2017 blev udtaget syv N_{min} prøver repræsenterende hver af de syv dobbelt parceller. Hver af de syv prøver blev blandet af otte stik til 75 cm dybde. Prøver blev udtaget med håndbor i midten af dobbeltparcellerne jævnt henover længden af dobbeltparcellen dvs. mellem dræn.

Nmin prøverne blev udtaget af Spectrofly og analyseret ved Eurofins.

4.5 VANDSTANDSMÅLINGER

I hver dobbeltparcel er installeret 3 pejlebrønde, hvoraf der i et pejlerør er installeret en automatisk tryksensor af mærket OTT. De automatiske loggere måler grundvandsstanden hvert 15. minut og giver på den måde en meget høj datatæthed i forhold til manuelle målinger. Tidligere års pejlinger har vist beskeden variation i de pejlede vandstande inden for de syv dobbeltparceller. De manuelle målinger benyttes således primært til at verificerer koteforholdene af de automatiske tryksensorer. Data fra de automatiske loggere sendes via mobilnettet til online database og er tilgængelig på hjemmesiden <http://hydroinform.dk/Afvanding.html>.

I vækstsæsonen blev grundvandspejlet målt manuelt i alle pejlebrønde 1 gange henholdsvis 16/5 og 20/6 herefter blev ikke foretaget yderligere målinger i pejlebrøndene.

4.6 REFLEKTANSMÅLINGER

Henover vækstperioden (marts-august) blev foretaget regelmæssige reflektansmålinger. Der blev i denne vækstsæson anvendt en drone af fabrikatet Senesefly Ebee installeret med et multispektralt kamera af mærket Airinov Multispec 4c. Sensoren måler indstråling og refleksion fra afgrøden på fire bølgelængder, henholdsvis i det grønne bånd (550 nm), røde bånd (660 nm), Red-edge (735 nm) og i det nærinfrarøde del af spektret (790 nm).

Målingerne blev foretaget fra ca. 100 m's højde, hvor der blev målt på hele parcelarealet, fratrasket kanteffekt på ca. 50 cm. På hver måledato blev udtrukket reflektansdata fra de 3 forskellige forsøgsled N0, N90 og N180. Over perioden blev foretaget i alt 12 succesfulde målinger, datoerne fremgår af Tabel 5. Den målte reflektans blev omsat til Normalized Difference Vegetation Index værdier også kendt som NDVI-værdier (Bach, 2014) i software-programmet Pix4D.

Tabel 5 Datoer for reflektansmålinger i forsøgsparcellerne.

28.03	18.04	27.04	06.05	15.05	22.05	29.05	09.06	15.06	27.06	28.07	10.08
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

4.7 STATISTISKE MODELLER

Resultaterne er opdelt i de forskellige målinger henholdsvis udbytte, proteinindhold og kvælstofoptag. Der er angivet metode og model for hver af analyserne.

I den statistiske analyse er anvendt nedenstående modeller. Det anvendte signifikansniveau er generelt 95%.

Drændybden og kvælstofniveauet er ikke anvendt som covariat (kvantitativ faktor) i analyserne, da antallet og intervallet af drændybder ikke har været tilstrækkeligt til at udføre denne analyse, og der dermed er fundet vekselvirkninger.

4.7.1.1 LSD (Least Significant Differens)

Variationen er i alle analyser beskrevet ved parvise sammenligninger, der angives med et fælles bogstav for grupper, der er ikke adskiller sig signifikant. Yderligere er der angivet de to ekstremer af LSD værdier henholdsvis minimum og maksimum, der repræsenterer sammenligninger af værdier, med henholdsvis flest og færrest målinger.

LSD værdier bruges til parvise sammenligninger, og da der er et uens antal målinger i parcellerne, findes der flere LSD værdier. Disse ligger dog så tæt værdimæssigt, at dette reduceres til en minimum og en maksimum værdi. De to LSD værdier udregnes efter Ligning 1. De viste LSD værdier i graferne er generelt de højeste.

$$\text{Ligning 1: } LSD = t_{0,975,df} * \text{standard residual error} * \sqrt{\frac{1}{\text{antal målinger}} + \frac{1}{\text{antal målinger}}}$$

4.7.2 Kerneudbytte

4.7.2.1 Metode:

Prøverne er korregeret først for renhed og derefter for vandindhold og de angivne værdier er dermed angivet i kg tørstof i ren varer.

Data for nul parcellerne er behandlet separat, da de afvandingsafhængige effekter anses for at være væsentlig forskellige ved dette meget lave kvælstofniveau. Data der behandlet med en ensidet variansanalyse efter ligning 2, hvor afvandingsstilstanden udtrykkes som en faktor, benævnt "Parcel" og Y er tørstofudbyttet.

Ligning 2: $Y_i = \alpha(\text{Parcel}_i) + e_i$, $e_i \sim N(0, \sigma^2)$, hvor målingerne $e_1, \dots, e_i$ er uafhængige.

Udbytte data fra det "primære" forsøg med kvælstofniveauerne 90 og 180 kgN/ha er behandlet efter en flersidet varians analyse efter ligning 3, med Parcel og kvælstofniveau og som kvalitativ faktor og Y som responsvariabel og udbytte i tørstof/ha.

Ligning 3: $Y_i = \alpha(\text{Parcel}_i \times \text{Niveau}_i) + e_i$, $e_i \sim N(0, \sigma^2)$, hvor målingerne $e_1, \dots, e_i$ er uafhængige.

4.7.3 Protein indhold

Proteinindholdet i kernerne er analyseret med en additiv variansanalyse efter ligning 4, med Parcel og Nniveau som kvalitative faktorer og proteinindholdet i procent i tørstofdelen som responsvariable.

Ligning 4: $Y_i = \alpha(\text{Parcel}_i + \text{Niveau}_i) + e_i$, $e_i \sim N(0, \sigma^2)$, hvor målingerne $e_1, \dots, e_i$ er uafhængige.

4.7.4 Kvælstofoptag

Kvælstofoptaget er udregnet ved multiplikation af kvælstofindholdet i kernetørstoffet og udbyttet for hver parcel og derefter analyseret efter ligning 4 med Parcel og Niveau som kvalitative faktorer og kvælstofoptaget ("Y") som responsvariabel

Kvælstofindholdet i kernerne er udregnet er proteinindholdet i tørstofdelen efter ligning 5

$$\text{Ligning 5: } \text{Kvælstofindhold} = \frac{\text{Råproteinindhold}}{6,25}$$

4.7.5 Simplere beskrivelse af afvandingseffekten

Marken kan betragtes som en blok med to afvandingsintensiteter og parcellerne som tilfældige prøveudtagningssteder. Dermed er parcellerne ikke længere en faktor i sig selv og dræningsintensiteten bliver dermed den kvalitative faktor der analyseres for. I dette tilfælde er erstattes ligning 2 med ligning 6, ligning 3 af ligning 7 og ligning 4 af ligning 8.

Dette er anvendt analysen af dræningsintensitetens betydning i nederste del af tabellerne i excel dokumentet.

Ligning 6: $Y_i = \alpha(\text{Dræningsintensitet}_i) + e_i$, $e_i \sim N(0, \sigma^2)$, hvor målingerne $e_1, \dots, e_i$ er uafhængige.

Ligning 7: $Y_i = \alpha(\text{Dræningsintensitet}_i \times \text{Niveau}_i) + e_i$, $e_i \sim N(0, \sigma^2)$, hvor målingerne $e_1, \dots, e_i$ er uafhængige.

Ligning 8: $Y_i = \alpha(\text{Dræningsintensitet}_i + \text{Niveau}_i) + e_i$, $e_i \sim N(0, \sigma^2)$, hvor målingerne $e_1, \dots, e_i$ er uafhængige.

5 RESULTATER

5.1 $N_{\min}$

Resultaterne af de syv $N_{\min}$ prøver udtaget 22. marts ses i Tabel 6. Analyseverdierne ligger højt og uensartet i et niveau fra 51-107 kg N/ha og der ses ikke nogen umiddelbare tendenser til at kvælstofniveauet i jorden varierer med afdræningstilstanden af parcellerne .

Tabel 6 Oversigt over $N_{\min}$ målinger udtaget foråret 2014-16, samt afvandsingsdybden i parcellerne på prøvetagningstidspunktet.

År	Plot nr.	1	2	3	4	5	6	7
2014	$N_{\min}$ Kg N/ha (0-75cm)	26	26	42	22	79	48	114
	Afvandsingsdybde [m]	0.63	1.00	0.62	1.10	0.66	0.12	0.23
2015	$N_{\min}$ Kg N/ha (0-75cm)	30	25	29	19	25	27	23
	Afvandsingsdybde [m]	0.64	0.96	-	1.09	0.68	0.3	0.36
2016	$N_{\min}$ Kg N/ha (0-75cm)	22	15	23	12	21	16	19
	Afvandsingsdybde [m]	1	1	70	-	-	0.35	0.35
2017	$N_{\min}$ Kg N/ha (0-75cm)	107	58	82	70	67	51	77
	Afvandsingsdybde [m]	-	95	75	108	50	51	-

5.2 VANDSTANDSDATA

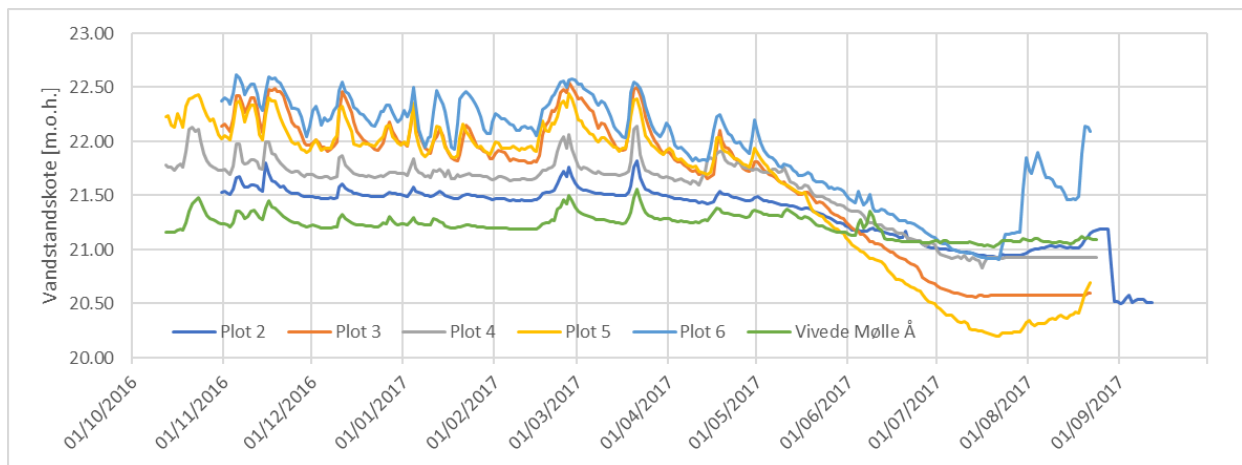
Der er foretaget enkelte manuelle målinger af grundvandstanden i pejlebrøndene, der har fungeret som kotekontrolpejlinger for de automatiske målinger jf. Figur 6 og Figur 7.

Målinger fra de automatiske loggere er præsenteret i Figur 6 og Figur 7, henholdsvis præsenteret som koter (DVR90) og som afvandsingsdybder. Herfra kan vandspejlsdynamikken siden sidste vækstår følges som helhed men også forskellene mellem parcellerne bliver tydelig.

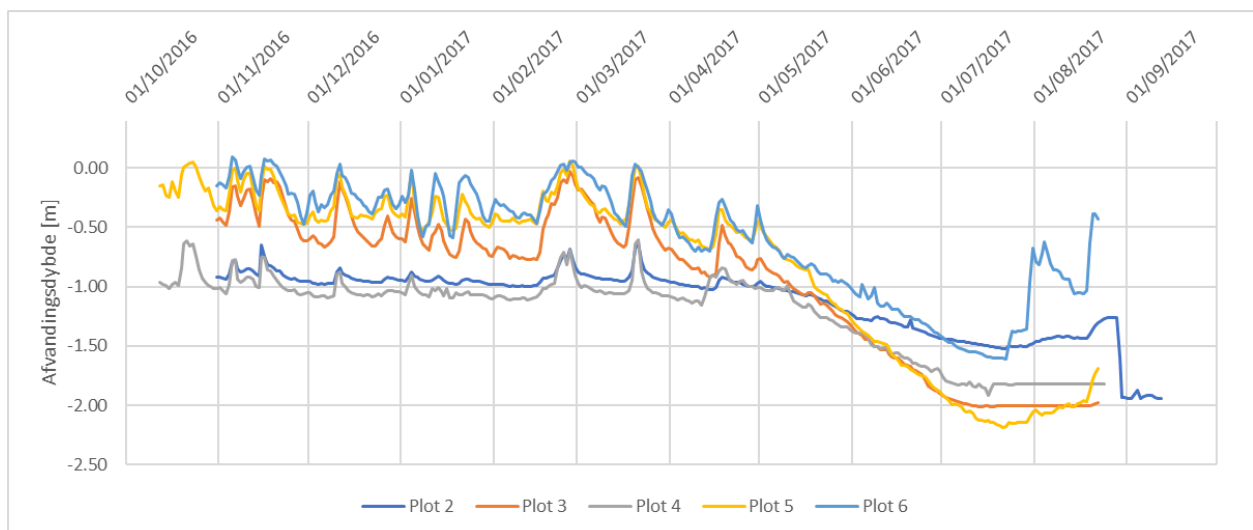
Ud over vandspejldynamik i pejlebrøndene kan i Figur 6 ses vandspejlskoten i vandløbet (Vivede Mølleå st. 1140) dvs. samme station som hoveddrænets udløb fra forsøgsmarken. Når vandspejlskoten i vandløbet når over 21.24 meter er drænuvløbet fuldt dykket.

Figur 6 og Figur 7 viser et højere liggende vandspejl parcellerne 5 og 6 som har mindst drændybde. Parcellerne 2 og 4 har karakteristika for de bedre afvandede, mens parcel 3 har et respons mellem de bedste og ringst afvandede parceller. Forskellene i vandstanden imellem parcellerne med normal

og begrænset drændybde er størst i løbet af vinteren og aftager i løbet af foråret og hen over sommeren.

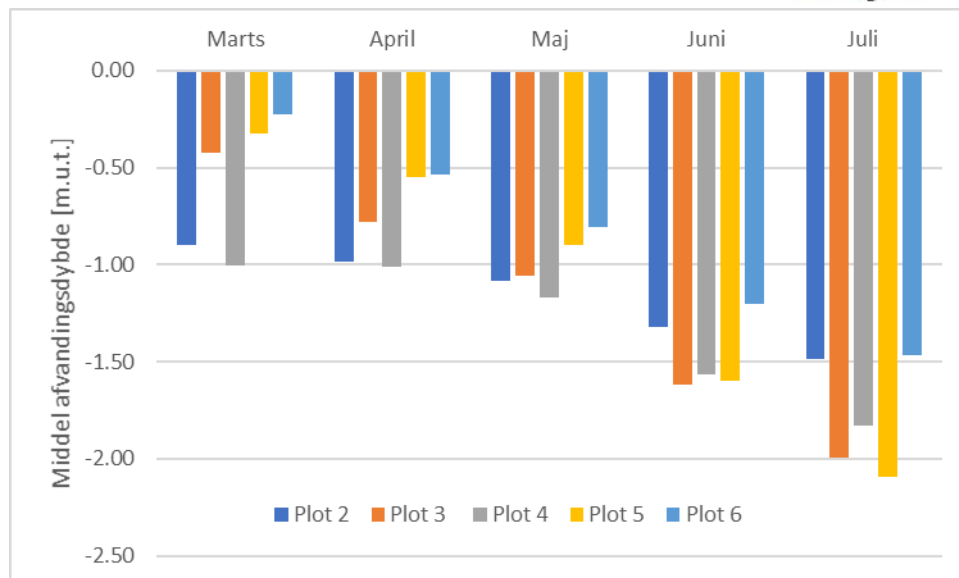


Figur 6 Målte vandspejlskoter i vandløb og parcellerne 1-7 for perioden oktober 2016 til september 2017. Vandstanden i målt kontinuert (15 min) med online vandstandslogger i nedgravede pejlerør, samt verificeret med manuelle pejlinger.



Figur 7 Afvandingsdybder i parcellerne 1-7 for perioden oktober 2016 til september 2017 baseret på kontinuert (15 min) måling af vanddybden i nedgravede pejlerør. Målingerne er omregnet til afvandingsdybder i forhold til målte terrænkoter i hver enkelt parcel.

På baggrund af tidsseriedata fra Figur 7 er for parcellerne beregnet en månedsmiddel afvandingsdybde for perioden marts til juli jf. Figur 8, idet afgrøderne i denne periode foretager næsten hele sin vækst. Overordnet ses, at afgrøderne måned for måned sænker grundvandsspejlet med hver deres hastighed. Dertil ses, at de parceller som grundet deres større drændybde er kategoriseret som veldræned (dvs. 2-4) i forårsmånederne marts til maj også har den største afvandingsdybde.



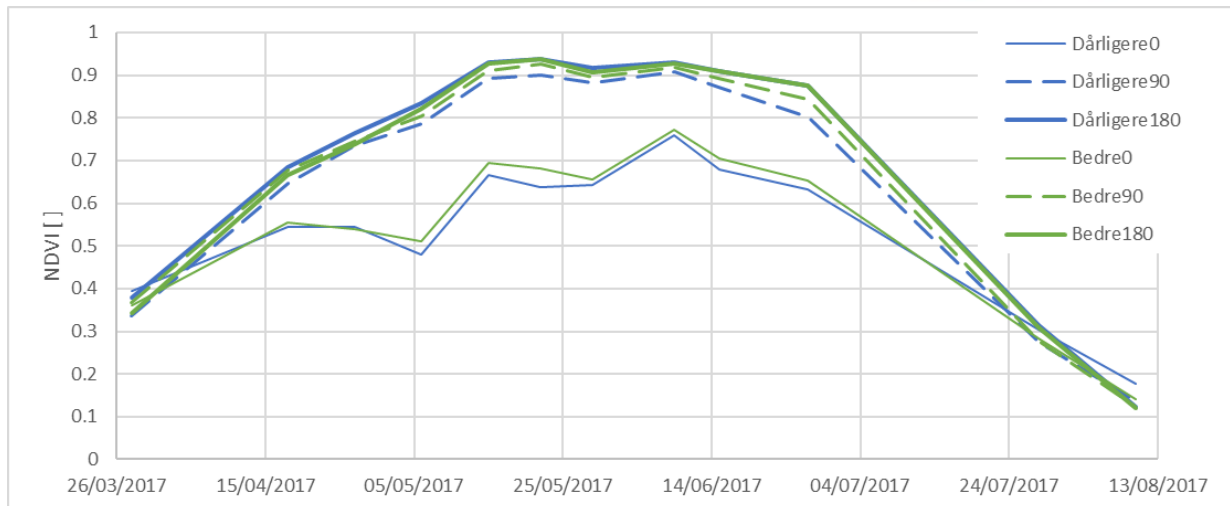
Figur 8 Middelgrundvandsspejlet på månedsbasis vækstsæsonen fra marts til juli 2017 for 5 parceller.

5.3 REFLEKTANSMÅLING

Afgrødeudviklingen i vækstsæsonen blev målt i form af omtrentlige ugentlige reflektansmålinger i perioden 28/3 til 10/8 jf. Tabel 5. Reflektansmålingerne er repræsenteret i form NDVI-værdier præsenteret i Figur 9.

Reflektansmålingerne er grupperet i forhold til de tre gødskningsniveauer og fordelt på to dræningsintensiteter henholdsvis veldrænet og reduceret dræning. NDVI kurverne i Figur 9 er en proxy for afgrødens vækstkurve. På det høje kvælstofniveau (180N) ses på ingen måletidspunkter signifikante forskelle i NDVI imellem de to dræningsintensiteter. Anderledes forholder det sig ved halv norm (90N) hvor der er signifikante forskelle i NDVI på måletidspunkterne 15/5, 22/5, 15/6 & 27/6. I 0N gødningsniveauet var der signifikante forskelle i NDVI imellem de to dræningsintensiteter på måledatoerne 15/5, 22/5, 9/6, 15/6 & 10/8.

I tråd med sidste års observationerne giver kvælstofniveauet med halv norm (N90) en tydeligere effekt af dræningsintensiteten, antageligt, som følge af at afgrøden ikke kan kompensere med en øget kvælstofoptagelse. Effekterne den varierende dræningsintensitet og grundvandsstand kan sandsynligvis tilskrives en række fysiske og biologiske forhold herunder forskelle i temperaturegime, rodudvikling mv. men er ikke undersøgt i forsøget.



Figur 9 Middel NDVI hen over sæsonen, hvor parcellerne er grupperet som veldrænet (2,3,4) og reduceret dræning (1, 5, 6 & 7) og fordelt på henholdsvis tre N-niveauer dels 0N, halv norm 90N og norm 180N.

5.4 HØSTDATA

Forsøget blev høstet den 31/8-2017, som en moden afgrøde under tørre høstforhold. I forbindelse med afvejning og udtagning af prøver til analyse blev ikke observeret uregelmæssigheder. Prøver fra to gentagelsesled i parcel 6 gik tabt, henholdsvis en prøve fra 0N og 90N.

Den gennemsnitlige hektolitervægt, renhed, råprotein og vandindhold af alle de 70 høstede forsøgsparcellerne fremgår af Tabel 7.

Tabel 7 Oversigt over middel, minimum og maksimum analyseværdier på hele datasættet omfattende 70 prøver og fordelt på de tre kvælstofniveauer.

N-niveau	HL-vægt	Renhed [% i råvare]	Råprotein [% af TS]	Vand % i kerne
Gns. 0N	70.1	99.2	8.3	18.7
Gns. 90N	69.1	99.3	8.1	18.7
Gns. 180N	70.8	99.1	10.5	18.2

	HL-vægt	Renhed [% i råvare]	Råprotein [% af TS]	Vand % i kerne
Middel	70.0	99.2	9.1	18.4
Min	67.8	98.4	7.4	13.9
Max	72.9	99.6	11.6	19.6

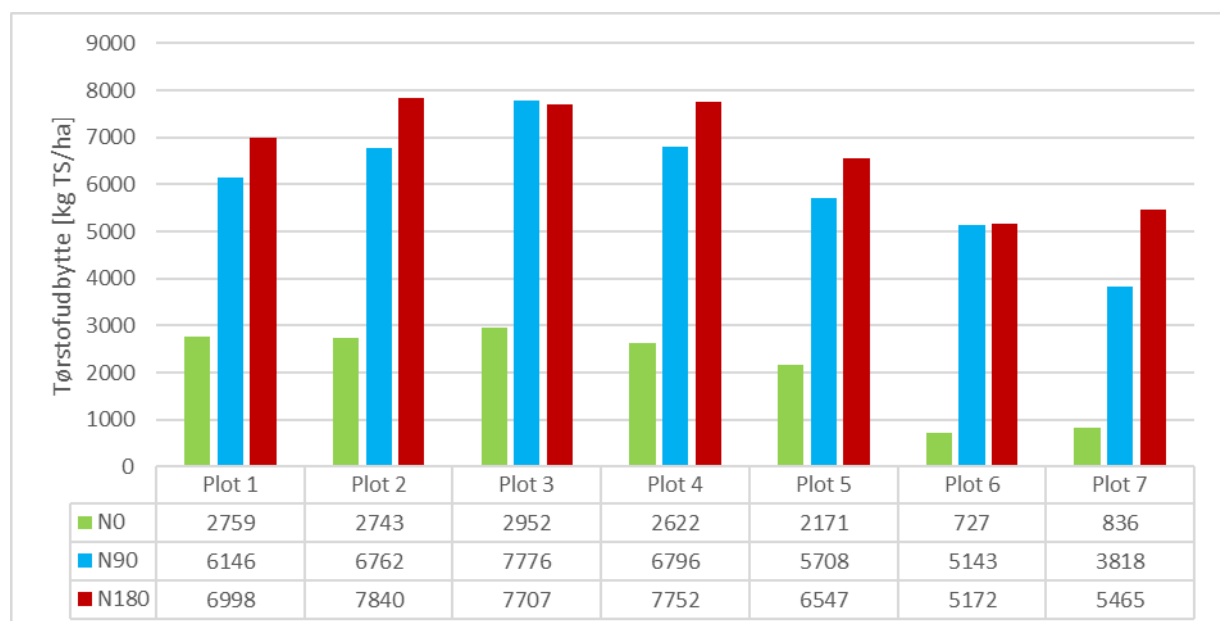
5.5 TØRSTOFUDBYTTE I KERNER

Tørstofindholdet i vinterhvede kerneudbytte ved kvælstofniveauerne 0, 90 og 180 Kg N/ha er for 2016/17 sæsonen præsenteret i Figur 10.

Tørstofudbyttet i N0 parcellerne varierer fra 727- 2952 kg TS/ha, i N90 fra 3818-7776 kg TS/ha og N180 fra 5172 til 7840 kg TS/ha. De højeste tørstofudbytter i 2016/17 er registreret i de bedst afvandede parceller (2, 3 og 4) ved det høje kvælstofniveau N180 og er signifikant højere end udbyttet i de resterende parceller (5, 6 og 7). Resultaterne er i overensstemmelse observationer fra tidligere år (Poulsen & Jensen, 2014) (Hansen & Jensen, 2013). Variationen i tørstofudbyttet imellem

parcellerne ved henholdsvis N90 og N180, er større ved det lave N-niveau, henholdsvis 3958 og 2668 kg TS/ha jf. Figur 10.

De ekstra 90 kg tilført N fra N0 til N90-niveauet har i alle syv parceller bidraget til et øget tørstofudbytte. Merudbyttet varierer fra 2982 til 4824 kg TS/ha (middel 3906 kg TS/ha). Ses alene på de velafvandede parceller (2, 3 og 4) opnås et højt respons på den øgede kvælstof (gns. 4339 kg TS/ha). De resterende dårligt afvandede parceller øger i gennemsnit kun tørstofudbyttet med 3581 kg TS/ha dvs. 759 kg TS/ha mindre til forskel. Billedet er dog ikke konsistent da plot 6 og 7 har en væsentlig mindre udbytte ved 0N niveauet end de 5 andre plot, hvilket sandsynligvis indvirker på at plot 6 har det næststørste merudbytte ved at tildele 90N. Fra N90 til N180 niveauet har kvælstoftilførslen generelt øget tørstofudbyttet, men responset er betydeligt mindre og lidt mindre konsistent. Merudbyttet varierer fra -69 til 1647 kg TS/ha (middel 762 kg TS/ha) og der er ikke nogen klar sammenhæng mellem merudbytternes størrelse og parceller med god og ringe afvandingstilstand.



Figur 10 Målt tørstofudbytte [kg TS/ha] i tre kvælstofled N0, N90 og N180 fordelt på syv parceller.

I procent er udbytteforskellen (tørstof) mellem mindste og største udbytte i 0N, 90N og 180N leddene henholdsvis 25%, 49 og 66%.

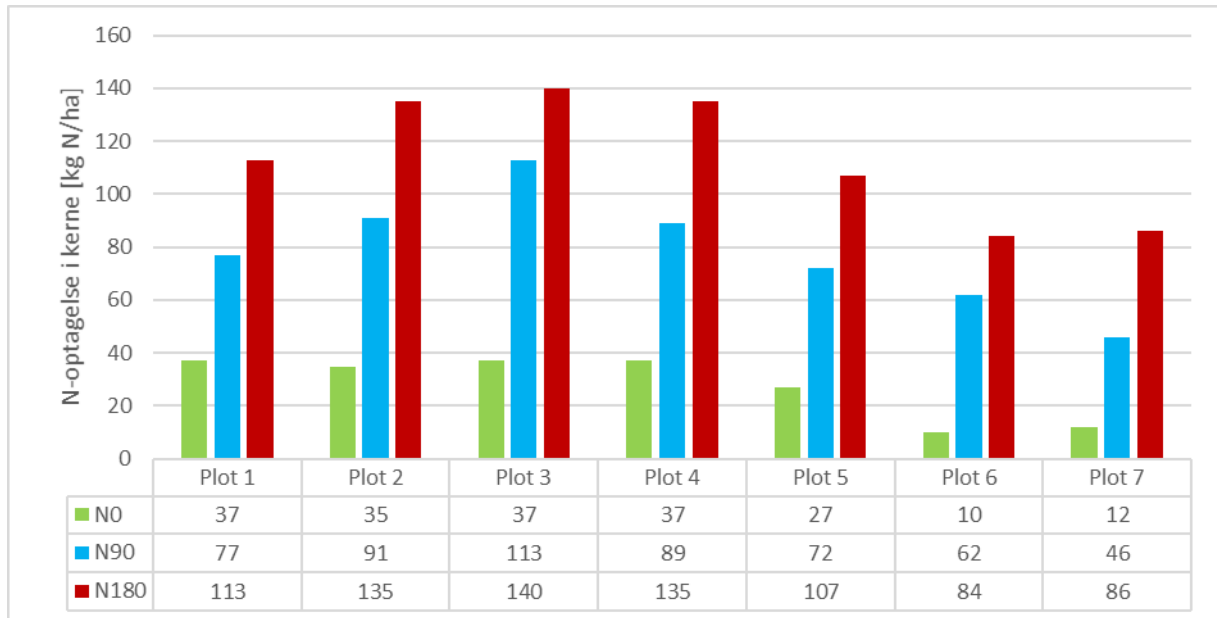
Inddeles parcellerne i to grupper efter dræningsintensitet "veldrænet" og "reduceret afvanding" er afvandingens påvirkning af tørstofudbyttet blev statistisk testet jf. Tabel 8. Forskellen i denne analyse mellem veldrænete og reduceret dræning er ved N90-niveauet 1903 kg TS/ha svarende til ca. 26.8%. Ved N180-niveauet er forskellen 1722 kg TS/ha svarende til 22.2%. Tørstofudbyttene imellem de to dræningsintensiteter er statistisk signifikante på de to kvælstofniveauer.

Tabel 8 Oversigt over statistisk analyse af tørstofudbyttene grupperet i forhold til dræningsintensitet

Dræningsintensitet	Tørstofudbytte [kg TS/ha]	Signifikans	Antal prøver
N90 -Veldrænet	7111	A	12
N90 -Reduceret dræning	5208	C	15
N180 - Veldrænet	7760	A	11
N180 - Reduceret dræning	6038	B	16

5.6 KVÆLSTOFUDBYTTE I KERNER

Kvælstofudbyttet i vårbyggets kerner ved kvælstofniveauerne 0, 90 og 180 Kg N/ha er for 2016/17 sæsonen præsenteret i Figur 11. Resultaterne viser de gennemsnitlige høstede kvælstofudbytter i kernen for hvert kvælstofniveau (led).



Figur 11 Oversigt over det målte kvælstofudbyttet ved tre kvælstofniveauer henholdsvis N0, N90 og N180.

Baggrundsmineraliseringen (målt som n-optagelse) ses i 0N-leddet en variation på 27 kg N/ha fra 10 og 37 kg N/ha. Der blev i de dårligst afvandede parceller (6 & 7) registreret den mindste baggrundsmineralisering. Kvælstofoptagelsen varierer i N90-niveauet 67 kg N/ha fra 46 til 113 kg N/ha, og i N180-niveauet 56 kg N/ha fra 84 til 140 kg N.

Alle parceller har entydigt responderet på øget tildeling af kvælstof. N-optagelsen i N0, N90 og N180 er i gennemsnit henholdsvis 27, 79 og 114 kg N/ha. Fra N0 til N90 niveauet er der i gennemsnit optaget 51 kg N/ha og fra N90 til N180-niveauet er der i gennemsnit optaget 36 kg N/ha.

Tabel 9 Oversigt over statistisk analyse af kvælstofudbytterne grupperet på dræningsintensitet.

Dræningsintensitet	Kvælstofniveau	Kvælstofoptagelse	Signifikans	Antal prøver
Veldrænet	N90	98	b	12
Reduceret dræning	N90	65	c	15
Veldrænet	N180	136	a	11
Reduceret dræning	N180	98	b	16

Tilsvarende som for tørstof er lavet en forenklet statistisk analyse af kvælstofoptagelsen vha. en additiv model. For at analysere dræningseffekten på kvælstofoptagelsen blev parcellerne inddelt i to dræningsintensiteter henholdsvis "veldrænet" og "reduceret dræning". På begge kvælstofniveauer (N90 og N180) blev registreret signifikant forskel på henholdsvis 38kg N/ha på de veldrænedes parceller og 33 kg N/ha på parceller med en reduceret dræning.

6 DISKUSSION OG SAMMENFATNING

Vækstsæsonen 2016/17 startede med et forår (marts, april og start maj) uden meget varme og dermed en langsom start af vækstsæsonen. Nedbøren fra start af vækstsæsonen og til høst var 347 mm (ukorrigeret) og dermed 35 mm højere end 2016 og 167 mm højere end i 2015. Nedbøren kom jævnt fordelt over hele vækstperioden og der blev ikke observeret synlige tegn på tørkestress i afgrøden. Dermed er de målte afvandings effekter i mindre omfang end tidligere vækstår i vekselvirkning med tilgængeligheden af vand. Målinger og analyser har på signifikant niveau vist at de velafvandede afvandede parceller (2,3 og 4) har haft bedst vækst og udbytte. Når parcellerne blev analyseret efter dræningsintensitet blev på udvalgte måletidspunkter (maj og juni) fundet signifikante forskelle i NDVI. Tilsvarende blev fundet signifikant forskel på både tørstof- og kvælstofudbytter i kernerne når analyseret i forhold til dræningsintensitet.

Nmin analyserne var i 2016/17 på et højere og mere uensartet niveau (51-107 kg N/ha) end de foregående to år. Det højere niveau hænger antageligt sammen med tørke i foregående sæson, ligesom at nedbøren over vinteren var lille og heraf en mindre udvaskning, større afvandingsdybder og dermed også mindre potentiale for denitrifikation.

Gennemsnitlig forskel i tørstofudbyttet på kvælstofniveauet 90N mellem veldrænet og reduceret dræning var i vækstsæsonen 2016/17 på 1903 kg TS/ha svarende til 26.8%. I 2015/16 og i 2014/15 var udbytteforskellen til sammenligning henholdsvis 32% og 22.3 % i gennemsnit. På 180N-niveauet var udbytteforskellen 1722 kg TS/ha svarende til 22.2%.

Gennemsnitlig forskel i kvælstofudbyttet (90N) mellem veldrænet og reduceret dræning var i vækstsæsonen 2016/17 på 33 kg N/ha svarende til ca. 34% N-udbytteforsk. På N180-niveauet var udbytteforskellen 38 kg N/ha svarende til 28 %.

I tråd med tidligere år, viser årets reflektansmålinger (NDVI-værdier), at de varierende afvandingsforhold giver udslag i et signifikant afgrøderespons i løbet af maj og juni. Som tidligere år, identificeres dræningseffekten tydeligere på det lavere 90N-gødningsniveau, da det høje kvælstofniveau (180N) tilsyneladende i stand til at kompensere for eller sløre effekten af dræningstilstanden.

7 LITTERATURLISTE

- Bach, H. J. (23.. April 2014). *Instruktion i NDVI/RVI-måling og afrapportering med udstyret "Crop Circle"*. Hentet fra https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Landsforsoeg-og-resultater/Kvalitet-i-Landsforsoegene/Sider/pl_kval_landsfors_IN05-002.aspx
- Ellerman, T., Andersen, H. V., Bossi, R., Christensen, J., Løfstrøm, P., Monies, C., . . . Geels, C. (2013). *ATMOSFÆRISK DEPOSITION 2012. NOVANA*. Aarhus Universitet. DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi. Hentet fra <http://dce2.au.dk/pub/SR73.pdf>
- Hansen, M. K., & Jensen, K. (2013). *Afdræning og høstudbytter - Grundvandsdynamikkens påvirkning på udvalgte vækstfaktorer i forsøg på lerjord*. Kandidatspeciale, Københavns Universitet, Institut for Plante- og Miljøvidenskab, Frederiksberg.
- Poulsen, R. N., & Jensen, K. J. (2014). *Afvandingsforsøg Tokkerup*. Faxe: Spectrofly Aps.
- Szilas, C. (2003). *Tokkerupgaard - EM38 kortlægning, jordprøveudtagning samt beregning af positionsbestemt kalk-, P, K og Mg-behov*. Skælskør: GPSagro.
- Szilas, C. (2013). *Tokkerupgaard I/S - GPS-jordprøveudtagning samt oversigt over reaktionstal, kalkbehov, P, K og Mg-status*. Skælskør: GPSagro.
- Videnscentret for Landbrug. (2012). *Oversigt over Landsforsøgene*. Århus N: Videnscentret for Landbrug, Planteproduktion.

APPENDIX A - STATISTISK ANALYSE AF UDBYTTE DATA

Statistisk analyse af kerneudbytte 2017

Udbytte							
Analyse af de to høje N niveauer					Nul N		
Parcel	N niveau	Udbytte	sign	Antal målinger	Udbytte	sign	Antal målinger
1 N 90		6146	def	4	2759	a	2
2 N 90		6762	cd	4	2743	a	2
3 N 90		7776	a	4	2952	a	2
4 N 90		6796	bcd	4	2622	a	2
5 N 90		5708	efgh	4	2171	ab	2
6 N 90		5143	h	3	727	b	2
7 N 90		3818	i	4	836	b	2
1 N 180		6998	abcd	4			
2 N 180		7840	a	3			
3 N 180		7707	ab	4			
4 N 180		7752	abc	4			
5 N 180		6547	de	4			
6 N 180		5172	gh	4			
7 N 180		5465	fgh	4			
LSD		929-1072			1639		
Bedre drær N 90		7111	a	12	2773		6
Dårligere dr N 90		5208	c	15	1752		8
Bedre drær N 180		7760	a	11			
Dårligere dr N 180		6038	b	16			
LSD		651-756			1007		

Noptag							
Analyse af de to høje N niveauer					Nul N		
Parcel	N niveau	Noptag	sign	Antal målinger	Noptag	Antal målinger	
1 N 90		77		4	de	37	a
2 N 90		91		4	c	35	a
3 N 90		113		4	b	37	a
4 N 90		89		4	cd	37	a
5 N 90		72		4	ef	27	ab
6 N 90		62		3	f	10	b
7 N 90		46		4	g	12	b
1 N 180		113		4	b		
2 N 180		135		3	a		
3 N 180		140		4	a		
4 N 180		135		4	a		
5 N 180		107		4	b		
6 N 180		84		4	cde		
7 N 180		86		4	cde		
LSD		14.4-16.6				23	
Bedre drær N 90		98	b	12		36	a
Dårligere dr N 90		65	c	15		23	b
Bedre drær N 180		136	a	11			
Dårligere dr N 180		98	b	16			
LSD		10.4-12				13	