

Prædiktation af udbytte ud fra biomassemålinger

Af Mikkel Møller Østerhaab

I dette afsnit undersøges det, om der kan findes en sammenhæng mellem NDVI/NDRE og udbyttet (hkg/ha), så det måske i fremtiden vil være muligt at kunne prædiktere det potentielle udbytte ud fra biomassemålinger. Beregningerne er lavet på baggrund af data fra droneoverflyvninger i vinterhvede med stingende mængder kvælstof.

4.1 Metode

I denne analyse anvendes den maksimalt målte NDVI/NDRE-værdi som reference + tre uger.

I dette forsøg er stadiet tre uger efter maksimalt målte NDVI/NDRE-værdi udregnet således:

1. I en pivottabel er den maksimalt målte NDVI/NDRE-værdi fundet, samt dens stadium. Det blev dobbelttjekket med samtlige målinger for forsøgsserien, at det var det rigtige stadium, der var fundet i første omgang med maksimalt målt NDVI/NDRE-værdi.
2. Det stadium, som, fordelt under lokalitet, ligger tættest på, udvælges.
3. Den gennemsnitlige dato for lokaliteterne udregnes på baggrund af de valgte droneoverflyvninger ud fra stadiene.
4. Der adderes tre uger på den gennemsnitlige dato.
5. Der sorteres på ny i droneflyvninger efter datoen for hver lokalitet, som ligger nærmest den gennemsnitlige dato + tre uger.
6. Nu haves målinger, for hver lokalitet, med den maksimalt målte NDVI/NDRE-værdi + tre uger.

Stadierne som analysen er lavet på baggrund af NDVI: 49-59 og NDRE: 73-77. Fordelingen af lokaliteterne under stadiene er for NDVI: 1 (005) ved 49, 3 (001, 002, 003) ved 57 og 1 (004) ved 59 og for NDRE: 2 (004, 005) ved 73, 2 (001, 002) ved 75 og 1 (003) ved 77.

Behandlingerne havde de samme vækststadier under hver lokalitet.

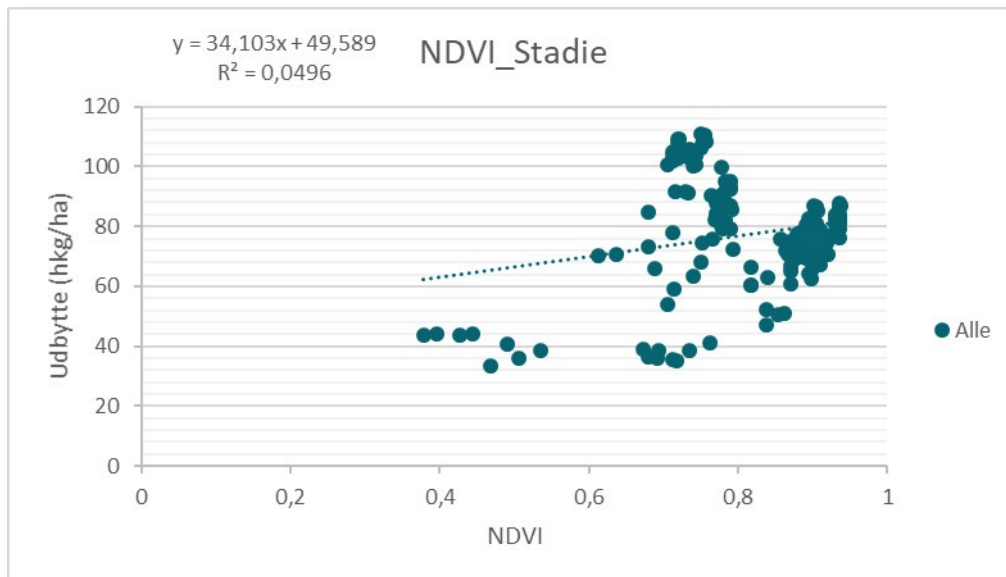
4.2 Resultater

I figurerne 16-18 ses sammenhængen mellem NDVI og udbyttet (hkg/ha) efter samlede målinger, grupperet efter behandlinger og grupperet efter lokaliteter. I figurerne 19-21 ses sammenhængen mellem NDRE og udbyttet (hkg/ha) efter samlede målinger, grupperet efter behandlinger og grupperet efter lokaliteter.

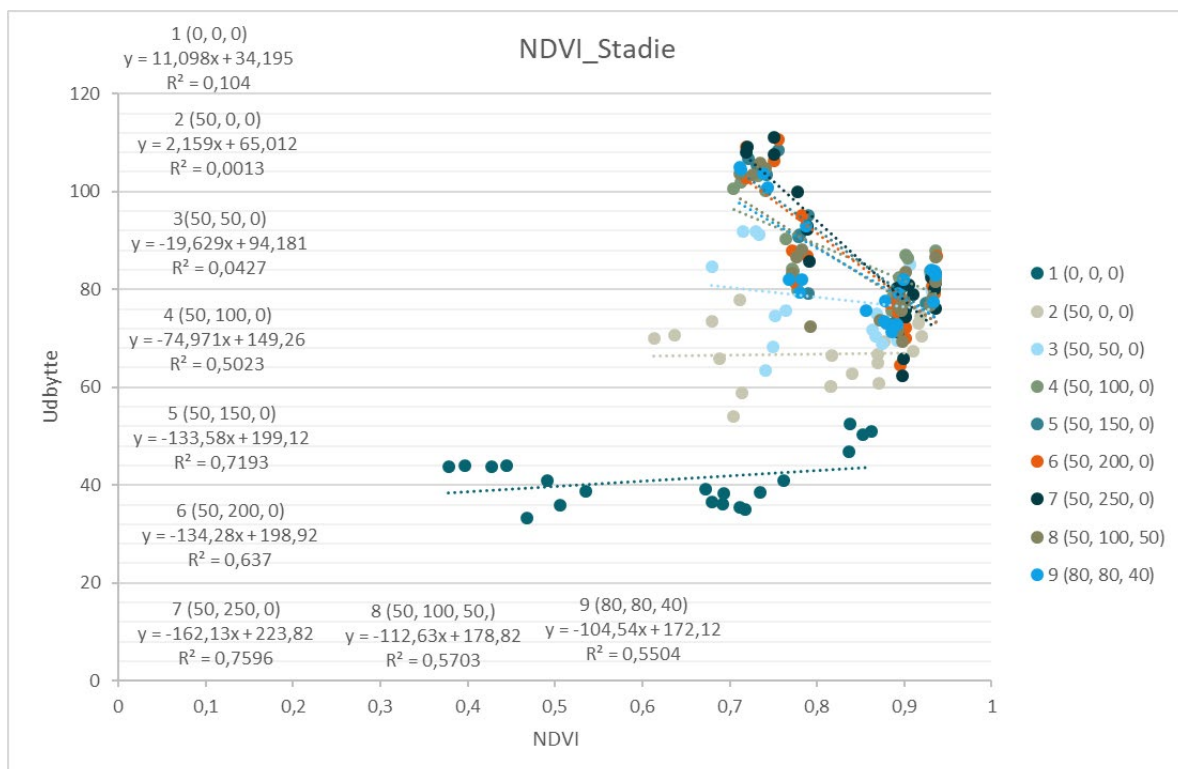
NDVI

I figur 16 ses målinger for de droneoverflyvninger som lå tættest på datoen tre uger efter den maksimalt målte NDVI-værdi i hver lokalitet. Resultatet heraf er ikke prangende, da sammenhængskoefficienten er lavere end 0,05. Kigges der på x-aksen, NDVI-værdierne, i figur 16 ligger størstedelen af værdierne i intervallet 0,75-1. Som udgangspunkt bliver NDVI betragtet som mættet, når værdierne ligger fra 0,8 og opefter, og ville vurderes til at være for usikre at arbejde med. Det sker da vinterhveden er blevet for busket til at det røde lys, som bruges til at udregne NDVI, har svært ved at gennemtrænge plantedækket, da det hurtigt bliver absorberet af planternes klorofyl, og give et brugbart estimat af biomassen. Variationen i målingerne er også skyld i den dårlige sammenhæng. F.eks. ved en NDVI-værdi på ca. 0,775 er der en variation i udbyttet på ca. 80 hkg pr. ha, hvilket giver en vis usikkerhed i prædiktationen af udbyttet baseret på NDVI målinger.

Selvom sammenhængen mellem NDVI-værdierne og udbyttet (hkg/ha) ikke er god, vil dog være interessant at se, hvordan målinger ligger, hvis de inddeles efter behandling eller lokalitet. Det er muligt se i figur 17, inddelt efter behandling, og figur 18, inddelt efter lokalitet.



Figur 16. Sammenhængen mellem NDVI og udbytte (hkg/ha) tre uger efter maksimalt målte NDVI (Stadium 55,8). Alle målinger er samlet på tværs af lokalitet og behandlingstype (Gødningsmængde og strategi).



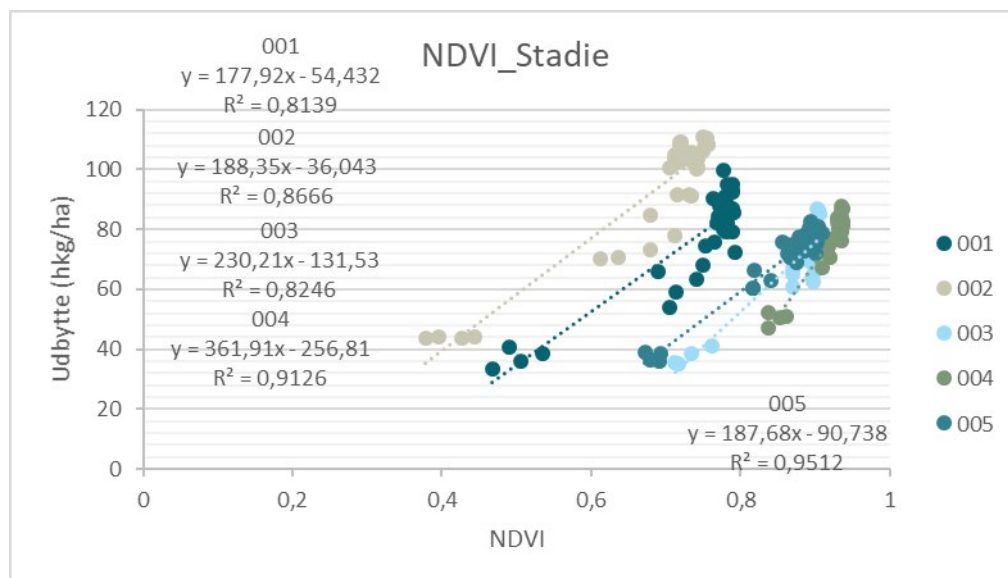
Figur 17. Sammenhængen mellem NDVI og udbytte (hkg/ha) tre uger efter maksimalt målte NDVI (Stadium 55,8). Målingerne er grupperet på behandlingsniveau (Gødningsmængde og strategi), mens de er samlet på tværs af lokaliteter.

Selvom sammenhængen mellem NDVI-værdierne og udbyttet (hkg/ha) ikke er god, vil dog være interessant at se, hvordan målinger ligger, hvis de inddeles efter behandling eller lokalitet. Det er muligt at se i figur 17, inddelt efter behandling, og figur 18, inddelt efter lokalitet.

Kigges der på figur 17, er der ikke en særlig god sammenhæng mellem NDVI og udbyttet ved behandling 1-3, mens sammenhængen fra behandling 4-9 er væsentlig bedre. Behandling 1-3 har en positiv hældning på deres lineære regression, mens behandling 4-9 har en negativ hældning på deres lineære regression. Der udover er det mere eller mindre muligt at isolere målingerne for behandling 1-3, mens målingerne for behandling 4-9 ligger klumpet sammen.

Det vil sige, at fra tildeling af 150 kg N pr. ha og opefter er det ikke muligt at differentiere målingerne i behandlinger, og at jo mere kvælstof, op til 150 kg N pr. ha, der er blevet tildelt, des mere biomasse har der været.

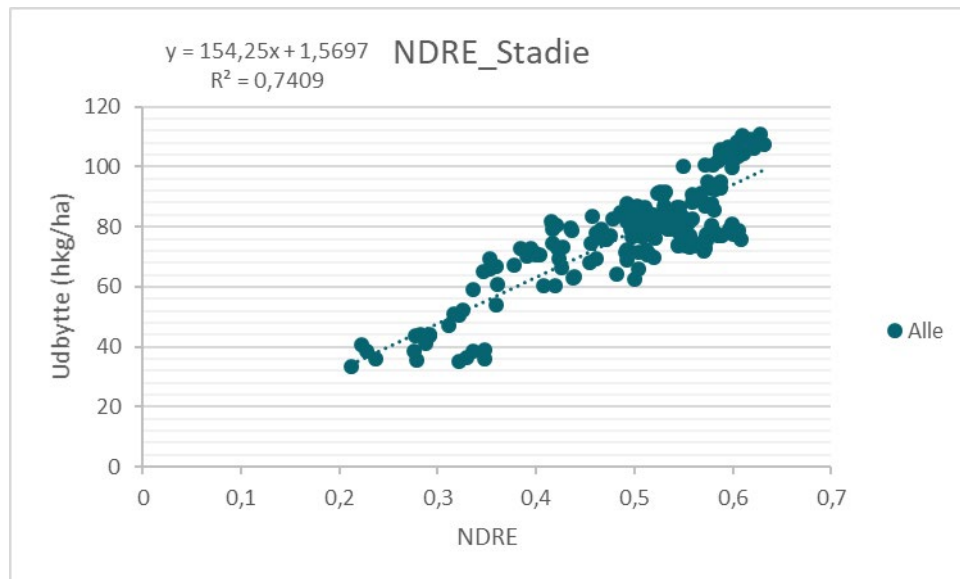
I figur 18, hvor målingerne for NDVI er grupperet efter lokalitet, ses en helt anden og langt bedre sammenhæng, end tilfældet var i figur 16 og 17. Opdeling efter lokalitet kan bl.a. forklare den store variation i udbyttet i figur 16 ved en NDVI på ca. 0,775. For hver eneste lokalitet er der en gruppe målinger, som ligger isoleret. Den gruppe, for hver lokalitet, kan tilskrives den manglende kvælstoftildeling i led. Stadieniveauerne varierede meget ved NDVI fra 49 til 59, men sammenhængen mellem NDVI og udbyttet var ikke afhængig af stadieniveauerne, da lokalitet 005 havde et stadium på 49, mens det er placeret i mellem lokaliteter med stadier 57 og 59 i figur 18.



Figur 18. Sammenhængen mellem NDVI og udbytte (hkg/ha) tre uger efter maksimalt målte NDVI (Stadium 55,8). Målingerne er grupperet på lokalitetsniveau, mens de er samlet på tværs af behandlingstype (Gødningsmængde og strategi).

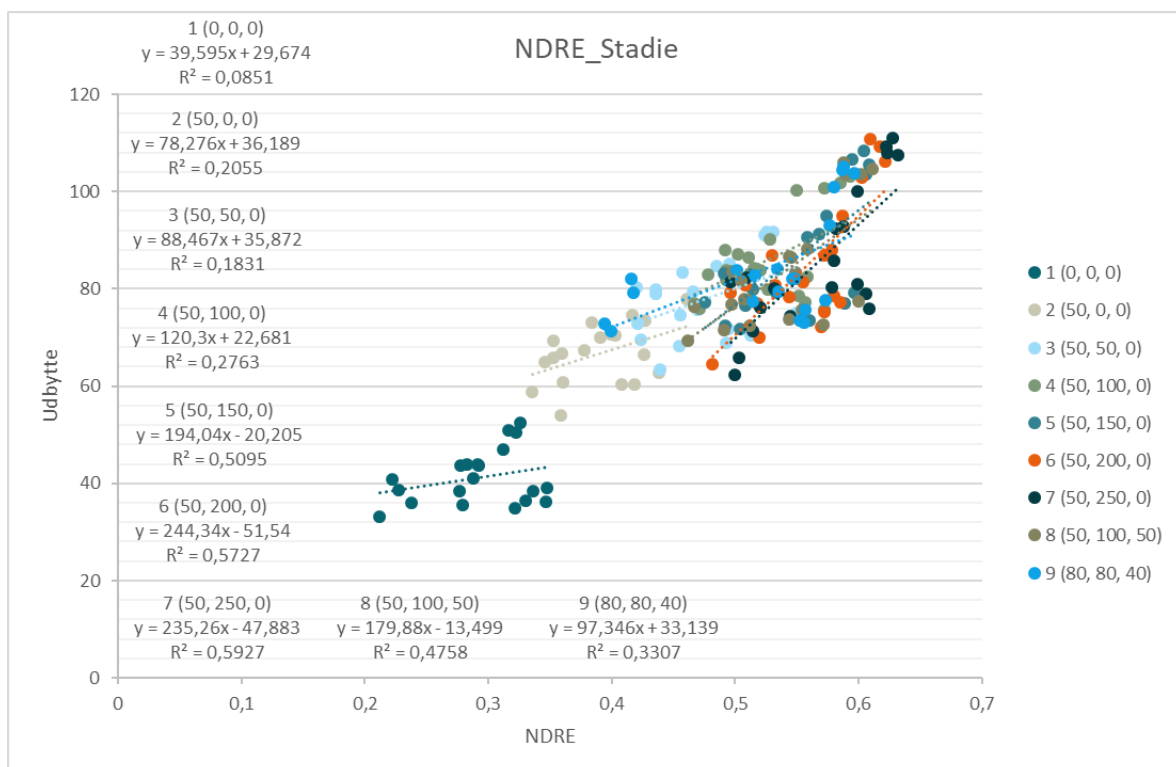
NDRE

I figur 19 ses målinger for de droneoverflyvninger, som lå tættest på datoen tre uger efter den maksimalt målte NDRE-værdi i hver lokalitet. Sammenhængen er god med koefficient på 0,74, hvilket gør at man med en vis sikkerhed kan forudsige udbyttet ved at finde NDRE-værdien tre uger efter den maksimalt målte NDRE-værdi i vækstsæsonen. Selvom der er en god sammenhæng mellem NDRE-værdien og udbyttet, hvis der kigges nærmere på målingerne, er det muligt at erkende, at med en NDRE-værdi på 0,6 kan udbyttet variere med 40 hkg pr. ha, hvilket giver en vis usikkerhed til prædiktionen af udbyttet baseret på NDRE-værdien.



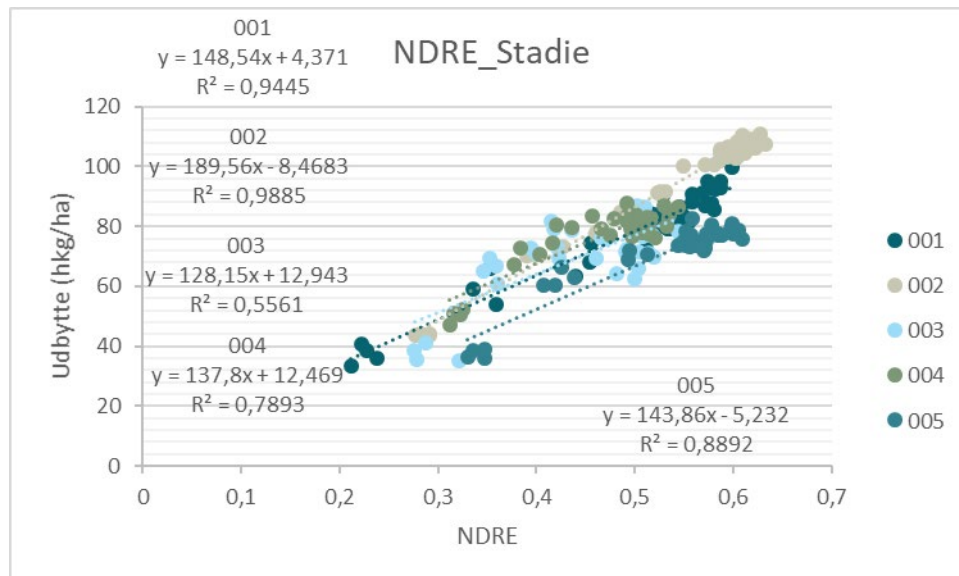
Figur 19. Sammenhængen mellem NDRE og udbytte (hkg/ha) tre uger efter maksimalt målte NDRE (Stadium 74,6). Alle Målingerne er samlet på tværs af lokalitet og behandlingstype (Gødningsmængde og strategi).

Kigges der på figur 20, ses målingerne grupperet efter behandlingerne. Ligesom ved NDVI er sammenhængen mellem NDRE og udbytte ikke imponerende, med undtagelse af behandlinger 5-8, som er væsentlig bedre end behandling 1-4 og 9. I forhold til hvordan behandlingerne placerer sig i diagrammet, ses igen at behandling 1-3 mere eller mindre kan isoleres, mens behandling 4-9 ligger klumpet sammen. Det fortæller at ved tildeling fra 150 kg N pr. ha og opefter, ikke med sikkerhed giver et merudbytte, hvorimod at der er et merudbytte at tildele mere N fra 0 til 150 kg N pr. ha.



Figur 20. Sammenhængen mellem NDRE og udbytte (hkg/ha) tre uger efter maksimalt målte NDRE (Stadium 74,6). Målingerne er grupperet på behandlingsniveau (Gødningsmængde og strategi), mens de er samlet på tværs af lokaliteter.

Når NDRE målinger grupperes efter lokalitet, bliver sammenhængen mellem NDRE og udbyttet væsentligt forbedret med undtagelse af lokalitet 003. Ligesom ved NDVI målingerne, giver gruppering efter lokalitet svar på variationen ved f.eks. en NDRE-værdi på ca. 0,6. Det selvom alle målingerne ligger langt bedre samlet end ved NDVI målingerne. Variationen kan ligeledes ses mellem lokaliteterne 004 og 005, da lokalitet 004 giver det samme udbytte som lokalitet 005, men NDRE målingerne ligger tydeligt lavere end i lokalitet 005. Der ses en gruppe målinger for hver lokalitet, som ligger lidt isolerede, og de målinger kan tilskrives den manglende N tildeling i behandling 1.



Figur 21. Sammenhængen mellem NDRE og udbytte (hkg/ha) tre uger efter maksimalt målte NDRE (Stadium 74,6). Målingerne er grupperet på lokalitetsniveau, mens de er samlet på tværs af behandlingstype (Gødningsmængde og strategi).

4.3 Diskussion

NDRE er bedre til at prædiktere det potentielle udbytte end NDVI, figur 16 og 19, når der benyttes NDVI/NDRE-værdien, som ligger tre uger efter den maksimalt målte værdi. Grunden til at NDVI har en dårlig sammenhæng med udbyttet, er at mange af målingerne ved NDVI ligger i området fra ca. 0,8 og opefter. Dette område betragtes som et område, der er usikkert at konkludere noget ud fra, da indekset er blevet mættet, og ikke afspejler den reelle biomasse på jorden (Gislum, 2016). Det sker, da den røde bølgelængde bliver kraftigt absorberet af planternes klorofyl i de øvre lag af plantebevoksningen. Hvorimod NDRE bruger nær-infrarød bølgelængden, som ikke bliver absorberet i samme grad som den røde bølgelængde, og derfor kan nå længere ned i plantedækket, og give et mere retvisende billede af biomassen.

Selvom om NDRE giver en god sammenhæng med udbyttet, så er der stadig variation i målingerne. Variationen ved både NDVI og NDRE, figur 18 og 21, som er på henholdsvis 80 og 40 hkg pr. ha, bliver til dels forklaret, når målingerne indeles efter forsøgslokaliteterne. Der bliver sammenhængskoefficienten væsentlig bedre end ved de samlede målinger, med undtagelse af forsøgslokalitet 003 ved NDRE. Variationen mellem forsøgslokaliteterne er ikke konsekvent, da bl.a. lokalitet 002, figur 21, behandling 1 ikke klart ligger højere i hverken udbytte eller NDRE sammenlignet med de andre lokaliteter, mens behandling 4-9 klart ligger isoleret fra de andre lokaliteter, både hvad angår udbytte og NDRE (Østerhaab et al., 2018).

De billeder, som et multispektralt kamera tager, er påvirkelige af solens lysindfald, da det er lysindfaldet, som tillægger billederne deres værdi eller data, som der bruges til at udregne NDVI og NDRE, for de enkelte billeder (rød, grøn, blå, nær-infrarød og infrarød) (MicaSense, 2018). Det gør, at flere faktorer kan have en betydning for billedernes værdi. Herunder kan bl.a. nævnes skyer og solens indstråling og/eller vinkel. Dette imødekommes ved at konferere en kalibreringsplade før og efter flyvningen, som producerer en reflektansreference af sollyset for den specifikke flyvning. For at lokaliteten ikke skal give udslag i variationen, eller er årsag til variationen, skal skydækket og solens indstråling og/eller vinkel være identisk i alle flyvningerne i forsøgsserierne, hvilket er en meget svær øvelse, da flyvningerne ofte skal gennemføres omkring specifikke vækststadier eller datoer uafhængig af skyer og solen.

Der kan ses et merudbytte og en stigning i NDVI/NDRE-værdien ved at tildele N i intervallet 0-150 kg pr. ha, figur 17 og 20. Ved tildeling af 150 kg N pr. ha og opefter er det ikke muligt at se et merudbytte eller en stigning i NDVI/NDRE-værdien. Ud fra disse data ligner det at det økonomiske optimum af N-tildeling er nået ved 150 kg N pr. ha, ligesom det er muligt at se, at når vinterhveden udnytter det kvælstof, op til 150 kg N pr. ha, der bliver stillet til rådighed (øget biomasse).

4.5 Konklusion

NDRE har en god sammenhæng med udbyttet ($R^2=0,74$), men den har stadig en variation på 40 hkg pr. ha. De forskellige forsøgslokaliteter er årsagen til variationen i sammenhængen imellem NDRE og udbytte.

NDRE har en langt bedre sammenhæng med udbytte end NDVI og udbyttet har ($R^2=0,05$). NDVI er blevet mættet, da de fleste målinger ligger fra ca. 0,8 og opefter.

De forskellige behandlinger varierer i udbytte og NDRE-værdi, men det ligner, at der er et økonomisk optimum ved tildeling af 150 kg N pr. ha