

Sammenhæng mellem biomassemålinger og høstudbytte

Igennem tiden er der udviklet mange forskellige vegetationsindeks, der kan beskrive vegetationens produktivitet og sundhed. Disse vegetationsindeks bygger på viden om, hvordan en plante reflekterer solens lys, og hvordan denne refleksion af lys varierer i forhold til f.eks. høj biomasse og lignende. Dette kan bl.a. bruges til at monitorere plantens vækst, når man tager billeder med satellitter, droner eller andre sensorer.

Sammenhæng på 13 vinterhvedemarker 2016

I forsøg støttet af Stiftelsen Hofmangsgave er gennemført en undersøgelse i 13 vinterhvedemarker i 2016, hvor formålet var at undersøge positionsbestemt gødskning ud fra satellitdata. Der blev i denne undersøgelse vist en sammenhæng mellem vegetationsindeks (NDVI) og variation i udbyttet i marken, hvor det blev beregnet, hvad gennemsnitsudbyttet var ved forskellige NDVI-niveauer ved forskellige satellitbilleder (datoer). Sammenhængen var svag i begyndelsen af maj, stærkere i begyndelsen af juni og derefter igen aftagende. Resultaterne af undersøgelsen kan læses [her](#).

Følgende viser en analyse af de samme 13 vinterhvedemarker i 2016. I markerne er der målt med udbyttmåler, og det målte udbytte på positionen er parret med NDVI på positionen.

En simpel sammenhæng mellem Udbytte og NDVI ved forskellige satellitbilleder i maj-juni viser, at der ikke er en simpel sammenhæng mellem NDVI og udbytte, hvilket skyldes, at andre faktorer også spiller ind, f.eks. jordtype. Derudover er datasættet ret ubalanceret, da langt fra alle forsøg er dækket af alle satellitbilleder.

Tabel 1. Simpel lineær regression mellem udbytte og NDVI ved forskellige datoer/satellitbilleder.

Satellitbillede	Sammenhæng	R ² og signifikans p<0,05 *, p<0,01 **, p<0,001 ***
2. maj 2016	4,78 + 9,16 x NDVI	0,01
5. maj 2016	-0,41 + 11,00 x NDVI	0,14 ***
8. maj 2016	-3,35 + 14,20 x NDVI	0,21 ***
12. maj 2016	11,30 + 0,95 x NDVI	0,00
25. maj 2016	-58,87 + 74,20 x NDVI	0,44 ***
28. maj 2016	10,49 – 2,63 x NDVI	0,00
4. juni 2016	22,05 – 12,91 x NDVI	0,02 ***
7. juni 2016	-17,90 + 30,05 x NDVI	0,18 ***
11. juni 2016	-15,89 + 31,30 x NDVI	0,11 ***

Hvis man i stedet laver et gennemsnit af NDVI-målingerne fra satellitbillederne primo maj (2. maj – 12. maj) og et gennemsnit af billederne omkring start juni (25. maj – 11. juni) får vi to biomasse estimater, der dækker alle forsøg. En simpel lineær regression viser også her, at sammenhængen ikke kan forklare meget af udbyttevariationen, men sammenhængen er dog signifikant ved begge estimater.

Tabel 2. Simpel lineær regression mellem udbytte og gennemsnitligt NDVI ved satellitbilleder fra hhv. primo maj og slut maj/start juni.

Satellitbillede	Sammenhæng	R ² og signifikans
-----------------	------------	-------------------------------

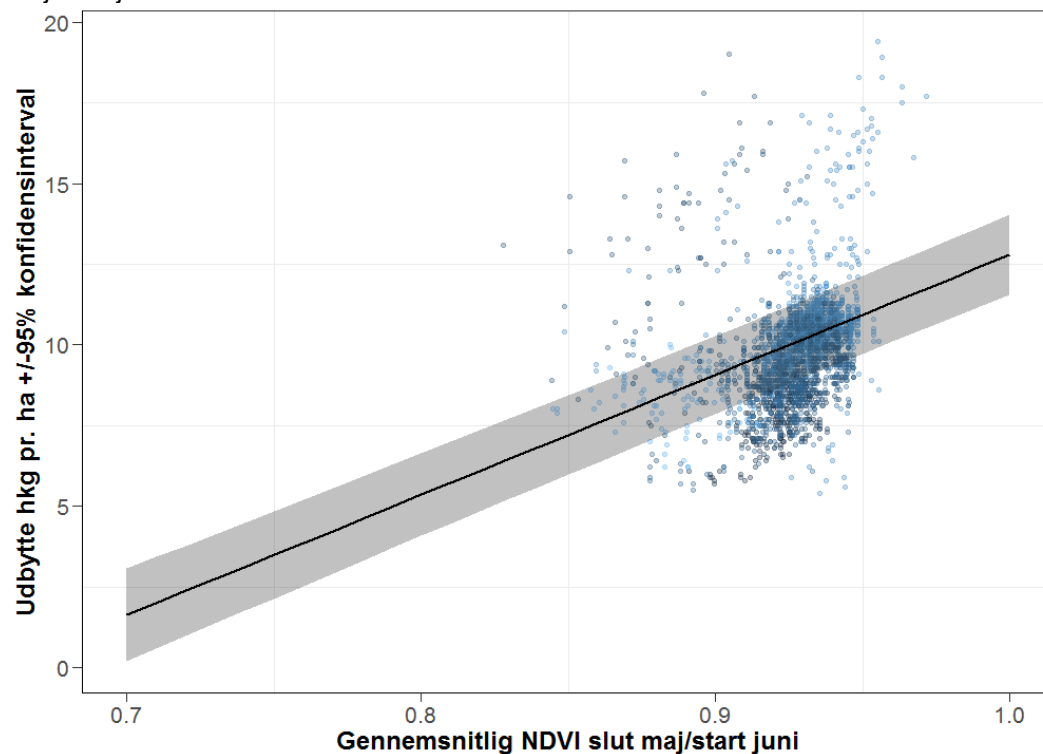
		p<0,05 *, p<0,01 **, p<0,001 ***
Gennemsnit primo maj	$7,44 + 2,65 \times \text{NDVI}$	0,00 ***
Gennemsnit slut maj/start juni	$-17,44 + 29,44 \times \text{NDVI}$	0,08 ***

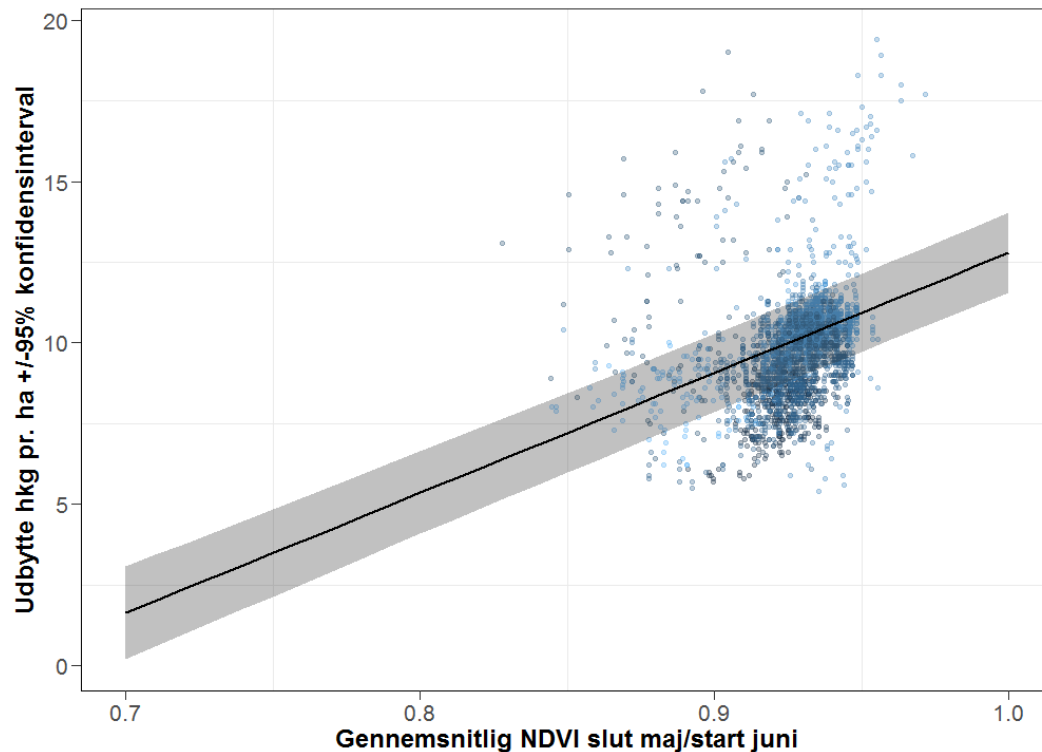
Den lave forklaringsgrad skyldes i høj grad den variation, der er imellem bedrifter og marker, som indgår i forsøget. Hvis man kører sammenhængen i en mixed model, hvor der tages højde for denne variation, der skyldes forsøgslokaliteten, kan vi øge forklaringsgraden betydeligt.

Tabel 3. Lineær regression med mixed model mellem udbytte og gennemsnitligt NDVI ved satellitbilleder fra hhv. primo maj og slut maj/start juni og forsøgslokalitet som tilfældig virkning.

Satellitbillede	Sammenhæng	R ² og signifikans p<0,05 *, p<0,01 **, p<0,001 ***
Gennemsnit primo maj	$6,61 + 3,58 \times \text{NDVI}$	0,68 ***
Gennemsnit slut maj/start juni	$-24,43 + 37,23 \times \text{NDVI}$	0,73 ***

Sammenhængene kan også ses af figur 1, hvor der tydeligt ses, at der er variation imellem lokaliteterne (farvevariationen i punkterne). Lokaliteterne varierer fra -1,78 til +2,56 hkg pr. ha i forhold til den viste sammenhæng i primo maj og fra -1,95 til +3,00 hkg pr. ha i forhold til den viste sammenhæng i slut maj/start juni.





Figur 1. Sammenhængene mellem NDVI i hhv. primo maj og slut maj/start juni og udbytte. Punkterne viser de faktiske udbyttmålinger. Farverne på punkterne viser de 8 forskellige lokaliteter.

Konklusion

På tværs af marker er det svært at finde en god sammenhæng mellem NDVI og udbytte, da der er mange andre faktorer, der spiller ind. Indenfor de enkelte marker er der derimod en god sammenhæng mellem udbytte og NDVI.

Perspektivering

Flere forskere beskæftiger sig med brug af vegetationsindeks til at forudsige udbyttet, og har netop fundet, at der ikke er en simpel sammenhæng mellem udbyttet og NDVI, men at sammenhængen i høj grad er påvirket af f.eks. afgrødens vækststadie, jordens karakteristika og klima (Prasad et al. 2006, Huang et al. 2014, Fortes et al. 2015). De har fundet flere forskellige måder til at tage hensyn for denne variation.

En metode, der bruges i flere forskergrupper og som bl.a. er beskrevet af Professor Svend Christensen fra Københavns Universitet, er at omregne NDVI-målingerne til fPAR (Christensen 1992, Christensen and Goudriaan 1993, Grigera et al. 2007). Parameteren fPAR angiver, hvor mange procent af det fotosyntetisk aktive lys planterne optager i det øjeblik, man tager et satellit- eller dronebillede, eller måler det med en reflektansmåler.

Når man har fPAR, kan man udregne, hvor meget biomasse, der produceres pr. dag ved dels at interpolere fPAR/NDVI mellem måledatoer og dels at anvende indstrålingsdata fra den nærmeste klimastation til at udregne, hvor meget lysenergi, som planterne akkumulerer over tid. Svend Christensen har i sine forsøg fundet en god sammenhæng mellem udbytteforskelle og akkumuleret lysenergi. Hans

undersøgelser har dog også vist, at der er betydelige forskelle mellem jordtyper, så flere undersøgelser er nødvendige.

Litteratur

- Christensen, S. 1992. Non-destructive assessment of growth parameters in spring barley. *Eur. J. Agron.* 3:187-193.
- Christensen, S. and Goudrian, J. 1993. Deriving Light Interception and Biomass from Spectral Reflectance Ratio. *Remote Sens. Environ.* 43:87-95.
- Fortes, R., Prieto, M.H., Garcia-Martin, A., Cordoba, A., Martinez, L. and Campillo, C. 2015. Using NDVI and guided sampling to develop yield prediction. *Spanish Journal of Agricultural Research.* 13:e02—004.
- Grigera, G., Osterheld, M. and Pacin, F. 2007. Monitoring forage production for farmers' decision making. *Agricultural Systems.* 94:637-648.
- Huang, J., Wang, H., Dai, Q. and Han, D. 2014. Analysis of NDVI Data for Crop Identification and Yield Estimation. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing.* 7:4374-4384.
- Prasad, A.K., Chai, L., Singh, R.P. and Kafatos, M. 2006. Crop yield estimation model for Iowa using remote sensing and surface parameters. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation.* 8:26-33.