

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

TABEL 7. Afprøvning af Yaras metode til bestemmelse af kvælstofbehov i vinterhvede ud fra måling med Yara N-Sensor. (N6)

Vinterhvede	Tidspunkt for kvælstoftildeling					Tildelt i alt, kg N pr. ha	Procent råprotein i kerne-tørstof	Udbytte, kg N i kerne pr. ha	Udb. og merudb., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. uden protein-korr., hkg kerne pr. ha	Netto-merudb. med protein-korr., hkg kerne pr. ha ¹⁾
	Medio marts	Medio april	Først i maj, st. 31	Medio maj, st. 45	Først i juni, st. 51						
2017. 9 forsøg											
1.	0	0	0	0	0	0	8,5	75	59,1	-	-
2.	50	0	0	0	0	50	8,5	100	19,2	15,4	14,1
3.	50	50	0	0	0	100	9,0	122	32,1	24,5	23,9
4.	50	100	0	0	0	150	9,7	143	40,1	29,4	30,7
5.	50	150	0	0	0	200	10,6	161	42,5	28,8	33,1
6.	50	200	0	0	0	250	11,2	166	40,2	23,4	29,7
7.	50	250	0	0	0	300	11,7	170	38,3	18,5	26,3
8.	50	100		50		200	10,9	168	44,1	29,6	34,9
9.	80	80		40		200	10,9	166	43,1	28,6	33,9
10.	50	62		73		185	10,8	165	43,2	29,6	34,6
11.	80		66	70		216	10,9	167	43,2	27,7	33,1
12.	80		66	70		216	11,2	173	44,5	29,0	35,4
13.	80		66		70	216	11,2	170	42,8	27,3	33,7
LSD								11	4,8		

¹⁾ Der er indregnet en værdi af protein på 3,50 kr. pr. hkg pr. procentenhed protein.

i samarbejde med forsøgshederne foretaget målingerne med Yara N-Sensoren, og Yara har meldt tilbage til forsøgsheden, hvor meget kvælstof, der skulle tildeles i de enkelte forsøg og forsøgsled. Forsøgsheden har oplyst Yara om det forventede udbytte.

Metoden er afprøvet ved to kvælstofstrategier og ved anvendelse af henholdsvis kalksalpeter eller NS 27-4 til sengødskning. I den ene kvælstofstrategi er tildelt 50 kg kvælstof pr. ha medio marts og anden kvælstoftildeling er foretaget medio april (led 10) ud fra sensormålinger. I den anden kvælstofstrategi er der tildelt 80 kg kvælstof pr. ha ved første tildeling og 2. tildeling er sket i begyndelsen af maj (led 11-13). 3. tildeling er i led 10-12 sket i stadie 45 sidst i maj og i led 13 i st. 55 først i juni. I led 10 og 11 er anvendt NS 27-4 ved sidste tildeling, mens der i led 12 og 13 er anvendt kalksalpeter. Effekten af deling af kvælstoftilførslen er beskrevet i afsnittet om kvælstofstrategier. I dette afsnit omtales metodens egnethed til at bestemme kvælstofbehov.

Yara har bestemt et kvælstofbehov ud fra målinger i led 11-13 på i gennemsnit 215 kg kvælstof pr. ha. Variationen mellem forsøgene går fra 180 til 250 kg kvælstof pr. ha. Optimum i forsøgene er beregnet til 174 og 215 kg kvælstof pr. ha henholdsvis med og uden korrektion for protein. I forsøgene varierer det bestemte optimum fra 121 til 260 kg kvælstof pr. ha uden proteinkorrektion og fra 148 til 300 kg kvælstof pr. ha med proteinkorrektion.

I modsætning til 2016 er der ingen sammenhæng mellem optimum bestemt ud fra Yara-N-Sensormålingerne og det fundne optimum i forsøgene. For at undersøge Yaras metode til at bestemme kvælstofbehovet kræves der flere forsøg.

Kvælstofbehov i vinterhvede ud fra måling af NDVI

Afgrødens refleksion af lys udtrykt ved det såkaldte NDVI- indeks (Normalized Difference Vegetation Index) er tæt korreleret med afgrødens kvælstofoptagelse. NDVI kan måles med relativt billige håndholdte instrumenter som f.eks. GreenSeeker, der kan købes for ca. 3.000 kr. NDVI kan også måles fra traktormonterede

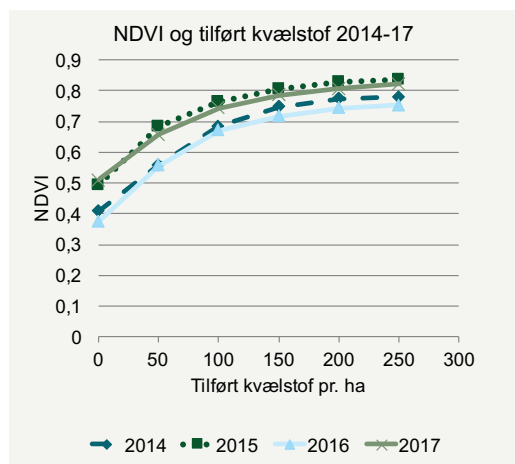


FOTO: TORKILD BIRKMOSE, SEGES
En GreenSeeker kan hurtigt og let måle afgrødens biomasse i form af en NDVI-måling, og målingen kan bruges til at justere afgrødes kvælstofbehov i vækstsæsonen.

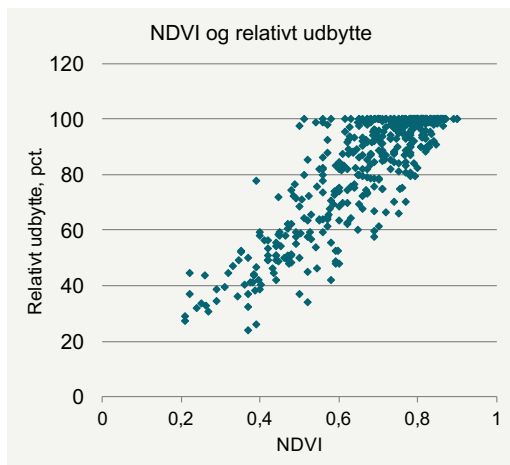
sensorer og fra satellitter, og NDVI er udgangspunktet for gødskning efter satellitdata i CropSAT. NDVI er et relativt indeks med værdier fra 0 til 1. NDVI indekset udtrykker bedst forskelle i kvælstofoptagelsen før afgrøden er så tæt, at bladene skygger for hinanden. Denne mætning sker ved et NDVI-indeks på 0,8 og derover.

Bestemmelse af afgrødens kvælstofoptagelse i vækstsæsonen giver mulighed for at bestemme behovet for supplerende tilførsel af kvælstof for at dække afgrødens kvælstofbehov. Dette er afprøvet i 77 forsøg med stigende mængder kvælstof til vinterhvede fra 2014 til 2017. Forsøgene er nærmere beskrevet under afsnittet Kvælstof til vinterhvede. NDVI er målt i alle forsøgsled fra 0 til 250 kg kvælstof pr. ha varierende fra 9. maj til 13. juni mellem forsøgene. Målingerne viser, at NDVI-indekset stiger med stigende tilførsel af kvælstof. Fra 150 kg kvælstof pr. ha er stigningen meget begrænset, fordi afgrøden bliver for kraftig til at man kan måle forskelle. Der er betydelig forskel mellem årene. I 2017 er afgrøden kraftigere end i 2014 og 2016 på grund af de gode vækstbetingelser. Se figur 5. Det samme var tilfældet i 2015.

For at undersøge om NDVI målingen er korreleret til kvælstofbehovet er sammenhængen mellem NDVI og det relative udbytte beregnet i forsøgene. Det relative udbytte er udbyttet i det enkelte forsøgsled i forhold til det maksimale udbytte i forsøget. Det relative udbytte for hvert forsøgsled i alle forsøg er i figur 6 vist som funktion af forsøgsleddets NDVI-værdi. Et lavt relativt udbytte



FIGUR 5. Gennemsnit af NDVI målinger i vinterhvedeforsøg fra 2014 til 2017 ved måling fra 9. maj til 13. juni.



FIGUR 6. Sammenhæng mellem NDVI og relativt udbytte. Relativt udbytte er udbyttet i det enkelte forsøgsled som procent af det maksimale udbytte i forsøget.

te svarer til, at merudbyttet for tilførsel af ekstra kvælstof og dermed kvælstofbehovet er stort.

Jo lavere NDVI jo lavere er det relative udbytte. Det vil sige, at der i forsøget er opnået merudbytter for at tildele ekstra kvælstof. Ved en NDVI måling på under 0,6 er der med al sandsynlighed være et merudbytte for ekstra kvælstof. Ved et NDVI på mellem 0,6 og 0,75 er der en vis sandsynlighed for at opnå et merudbytte, mens der ved NDVI værdier på over 0,75 ikke kan opnås merudbytter.

En strategi for anvendelse af NDVI som udgangspunkt for bestemmelse af kvælstofbehovet kan være at tildele vinterhvede 150 kg kvælstof pr. ha inden 20. april, og så bestemme restbehovet ud fra måling af NDVI. Denne fremgangsmåde er testet ved at undersøge, om udbyttepotentialet og NDVI målt i forsøgsleddet med tilførsel af 150 kg kvælstof pr. ha er korreleret med den optimale kvælstofmængde. Den statistiske analyse viser (se tabel 8), at både udbyttepotentialet og NDVI-værdien har en signifikant sammenhæng med kvælstofbehovet. Det ses også, at korrelationskoefficienten (R^2) kun er 0,24 og standardfejlen på sammenhængen er stor (34 kg kvælstof pr. ha). Metoden til beregning af kvælstofbehovet efter denne fremgangsmåde er vist sidst i afsnittet.

Merudbyttet ved at anvende metoden til fastsættelse af kvælstofbehovet på denne måde kan beregnes ud fra udbyttefunktionen i hvert enkeltforsøg. Merudbyttet er beregnet til 43,6 hkg pr. ha i forhold til et gennemsnitligt

TABEL 8. Statistisk analyse af forskellige modellers evne til at forudsige kvælstofbehovet i 77 forsøg i vinterhvede fra 2014 til 2017. Signifikansniveauet af de enkelte faktorer er angivet med * -*** fra 95 pct. til 99,5 pct. signifikansniveau. Merudbyttet ved at tildele netop den optimale kvælstofmængde i hvert enkelt forsøg er beregnet til 45,1 hkg pr. ha. Alle modeller resulterer i en tilførsel på i gennemsnit 170 kg kvælstof pr. ha.

Beskrivelse af model	Tildeling af 50 kg kvælstof pr. ha i marken under forventet behov. Måling af NDVI i marken	Etablering af et gødningsvindue med tilførsel af 50 kg N pr. ha. Måling af NDVI her. Bestemmelse af markens behov herudfra	Beregning af behov ud fra forfrugt, udbytteneiveau, eftervirkning mv. f.eks. I MarkOnline. NDVI anvendes ikke	Etablering af gødningsvindue. Måling af NDVI her. Behov beregnes ud fra det beregnede behov ved gødningsplanlægning og den målte NDVI.
Parametre i model	Udbyttepotentiale***	Udbyttepotentiale***	Beregnet behov ***	Beregnet behov*** NDVI, 50 kg N***
	NDVI, 150 N ***	NDVI, 50 N ***		
Korrelationskoefficient, R ²	0,24	0,32	0,32	0,41
Standardfejl, kg N pr. ha	34	33	32	30
Merudbytte, hkg pr. ha	43,6	43,9	44,1	44,2

merudbytte på 45,1, hvis der er anvendt netop den optimale kvælstofmængde i hvert forsøg.

En anden metode for anvendelse af NDVI i praksis er, at etablere et "gødningsvindue" med tilførsel af kun 50 kg kvælstof pr. ha indtil NDVI målingen er foretaget midt i maj. NDVI målingen ved et så lavt kvælstofniveau er et udtryk for, hvad jorden kan stille til rådighed til afgrøden af kvælstof. NDVI i forsøgsleddet med 50 kg kvælstof pr. ha er sammen med det potentielle udbytte stærk korreleret til kvælstofbehovet (99,9 pct. signifikansniveau). Af den statistiske analyse ses, at korrelationskoefficienten (R²) er 0,32, standardfejlen er 33 kg kvælstof pr. ha og merudbyttet for at anvende modellen 43,9 hkg pr. ha. Metoden er derfor marginalt bedre end at anvende udbyttepotentialet kombineret med NDVI-måling i forsøgsleddet med 150 kg kvælstof pr. ha. Beregningsmetoden er vist sidst i afsnittet.

Tilsvarende er en model gennemregnet, hvor der alene anvendes en beregnet kvælstofnorm ud fra udbyttepotentialet, jordtype, forfrugtsvirkning, eftervirkning af husdyrgødning og kvælstofprognosen, og hvor NDVI målingen ikke inddrages. Denne metode danner udgangspunkt for indstilling af de økonomisk optimale normer, som indgår i kvælstofreguleringen. Den statistiske beregning viser, at korrelationen mellem den beregnede norm og den økonomisk optimale kvælstofmængde er signifikant (99,5 pct. niveau), korrelationskoefficienten (R²) er 0,32, standardfejlen 32 kg kvælstof pr. ha, og det beregnede merudbytte ved at anvende metoden er 44,1 hkg pr. ha. Metoden er således marginalt bedre end de to ovenfor beskrevne metoder.

Hvis NDVI måling i forsøgsleddet med tilførsel af 50 kg kvælstof pr. ha inddrages sammen med den beregnede

kvælstofnorm for forsøget, kan forudsigelsen af kvælstofbehovet forbedres, så korrelationskoefficienten forbedres til 0,41 og standardfejlen reduceres til 30 kg kvælstof pr. ha. Merudbyttet ved denne model er beregnet til 44,2 hkg pr. ha. Anvendelsen af NDVI forbedrer således behovsfastsættelsen, men det har kun marginal indflydelse på det opnåede merudbytte. I praksis kan metoden anvendes ved, at der etableres et gødningsvindue, hvor der tildeles 50 kg kvælstof ved 1. kvælstoftildeling og NDVI måles i dette gødningsvindue medio maj. Marken skal på dette tidspunkt være tildelt f.eks. 40 kg kvælstof under normen. Beregningsmetoden er vist sidst i afsnittet.

Anvendelse i praksis
Resultaterne af forsøgene viser, at måling af NDVI med GreenSeeker i nogen grad kan anvendes til at fastslå behovet for supplerende gødning. Der er forskellige måder at anvende NDVI-målingen på.

Metode 1: Marken er tilført den kvælstofmængde, der forventes at dække behovet. NDVI målingen kan anvendes til at undersøge, om kvælstofmængden alligevel er utilstrækkelig.

- > Ved en NDVI-værdi over 0,8 er der ikke behov for supplerende kvælstof
- > Ved en NDVI-værdi på under 0,6 er der med stor sikkerhed brug for supplerende kvælstof. Behovet for at tilføre kvælstof kan beregnes som (0,8 – Målt NDVI) x 350 kg kvælstof pr. ha.
- > Ved NDVI værdier på mellem 0,6 og 0,8 skal behovet for ekstra kvælstof fastsættes ud fra en helhedsvurdering.

Metode 2: Marken er tilført 50 kg kvælstof pr. ha mindre end det forventede behov. I midten af maj tildeles resten, der bestemmes ud fra målinger af NDVI i marken ud fra følgende formel:

- > Restbehov i kg N pr. ha = (Forventet udbytte – 75) x 1,05 + (0,8 – NDVI-værdi) x 175 + 50
- > Eksempel: Der forventes et udbytte på 100 hkg pr. ha, der måles et NDVI med GreenSeeker på 0,7. restbehov: (100 – 75) x 1,05 + (0,8 – 0,7) x 175 + 50 = 41 kg kvælstof pr. ha.

Metode 3: Der etableres et gødningsvindue i marken, der kun tildeles 50 kg kvælstof medio marts. Marken tildeles kvælstof medio marts og medio april i en samlet mængde på 40-50 kg kvælstof under det forventede behov. Markens samlede kvælstofbehov beregnes ud fra følgende formel:

- > Kvælstofbehov i kg N pr. ha = 170 + (Forventet udbytte – 75 hkg pr. ha) x 1,3 + (0,5 – NDVI-værdi) x 200
- > Eksempel: Der forventes et udbytte på 65 hkg pr. ha. Midt i maj måles en NDVI værdi på 0,6. Markens samlede kvælstofbehov beregnes som: 170 + (65 -75) x 1,3 + (0,5-0,6) x 200 = 147 kg kvælstof pr. ha.

Metode 4: Der etableret et gødningsvindue i marken, der kun tildeles 50 kg kvælstof medio marts. Kvælstofbehovet i marken beregnes ud fra normer eller MarkOnline, hvori der tages hensyn til forventet udbytte, forfrugt, jordtype, eftervirkning af husdyrgødning mv. Marken tildeles kvælstof medio marts og medio april i en samlet mængde på 40-50 kg kvælstof under det forventede behov. Markens samlede kvælstofbehov beregnes ud fra følgende formel:

- > Korrektion af behov (kg N/ha)¹= Ændret udbytteforventning³ x 1,5 + (0,5 – NDVI) x 135 + (Beregnet behov² – 170) x 0,7

¹Hvor korrektionen af kvælstofbehovet er i forhold til det behov, der blev beregnet ved gødningsplanlægningen.

²Beregnet behov, er det kvælstofbehov, der er beregnet ud fra normer eller MarkOnline ved gødningsplanlægningen.

³ Ændret udbytteforventning er det forventede udbytte ved vurdering i maj måned i forhold til det udbytte, der blev forventet under gødningsplanlægningen.

- > Eksempel: Medio maj forventes på grundlag af gode vækstbetingelser et udbytte på 20 hkg mere, end der blev forudsat ved gødningsplanlægningen. Markens kvælstofbehov blev ved gødningsplanlægningen beregnet til 210 kg kvælstof pr. ha. Medio maj måles der i et gødningsvindue, hvor der er tilført 50 kg kvælstof pr. ha tidligt en NDVI værdi på 0,4. Korrektionen af kvælstofbehovet i forhold til beregningen ved gødningsplanlægningen: (20 x 1,5) + (0,5-0,4) x 135 + (210 – 170) x 0,7 = 72 kg kvælstof pr. ha.

Kvælstofprognosen

Kvælstofprognosen 2017 viste, at kvælstofbehovet var lavere end normalt. På lerjord var kvælstofbehovet 5 eller 10 kg pr. ha lavere end normalt, afhængigt af område, og på finsandet jord var det 5 kg pr. ha mindre end normalt. På grovsandet jord var behovet det samme som normalt. På landsplan resulterede kvælstofprognosen i et kvælstofbehov på omkring 7.000 tons mindre end normalt, svarende til knap 3 kg kvælstof pr. ha landbrugsareal. Det lavere kvælstofbehov skyldes, at nedbøren fra september 2016 til februar 2017 var lavere end normalt, især i den østlige del af Jylland og på øerne. Se figur 7 og tabel 9.

Kvælstofprognosen er baseret på målinger af N-min i jorden i 143 marker i Kvadratnettet i februar 2017, suppleret med modelberegninger. Resultaterne heraf er blevet sammenholdt med det gennemsnitlige N-min-indhold i jorden målt i Kvadratnettet i februar i perioden 2006 til 2016.

Kvælstofprognoser fra 1995 til 2017

Figur 8 viser kvælstofprognoser fra 1995 til 2017 samt gennemsnittet af alle kvælstofprognoser i samme periode. I 14 af årene har kvælstofbehovet været større end

TABEL 9. Kvælstofprognosen 2017. Prognosen angiver afvigelse fra det normale behov for tilførsel af kvælstof (kg kvælstof pr. ha.). Områdeindelingen fremgår af figur 7.

Område	Grovsand	Finsand	Lerjord
	JB 1 og 3	JB 2 og 4	JB over 4
Område A	0	-5	-5
Område B	0	-5	-10