

Notat: "Høst gevinsterne ved præcisionsjordbrug" arbejdspakke AP-2.

Baggrund

Teknologien til gradueret tildeling er allerede tilgængelig, og der findes flere metoder til at bestemme afgrødens biomasse, herunder satellitdata, droner og afgrødesensorer. Eksisterende vækstreguleringsmodeller kan typisk variere doseringen med $\pm 20\%$, hvor maksdosis sætter den øvre grænse. Nyere sprøjteteknik giver mulighed for endnu større variation, hvilket åbner for udviklingen af en model med større reduktionspotentialer.

Vækstregulering er en sprøjtningstype, hvor der er mulighed for at reducere forbruget på dele af marken, især ved stor variation i biomasse. Der er behov for en model, der automatisk kan lukke dyserne og foretage nultildeling på områder med lav biomasse. For at sikre modellens funktionalitet gennemføres denne afprøvning.

Formål

Formålet med forsøget er at sammenligne forekomsten af lejesæd i parceller med og uden vækstregulering i vinterhvedemarker. Tildelingskortet er baseret på en ny vækstreguleringsmodel, der graduerer dosis i tre niveauer: høj dosis, medium dosis og ubehandlet (dyserne lukker helt). Gradueringen beregnes ud fra markens topografi og biomasse. Den nye model sammenlignes med ensartet dosering samt ubehandlet areal.

Projektets indhold

Projektet har udviklet en ny model til gradueret vækstregulering med et dosisloft, der reducerer planteværnsforbruget i områder med lav biomasse. Dette mindsker risikoen for sprøjteskader og reducerer brugen af planteværn. De eksisterende modeller bygger på et omfordelingsprincip, hvor den samlede mængde forbliver uændret.

Modellen er udviklet i samarbejde med specialister inden for vækstreguleringsmidler, GIS- og softwareeksperter samt fagfolk med viden om sprøjteteknik. Den er afprøvet i to storskala-forsøg hos landmænd med egnede arealer og sprøjteteknik. Arealerne blev udvalgt i samarbejde med lokale forsøgsenheder, der har bidraget med erfaring og netværk.

Der blev etableret to storskala-forsøg med tre behandlinger:

- Ingen vækstregulering
- Fast dosis
- Ny model

Forsøgene blev udført i to hvedemarker, hvor gradueret sprøjtemiddel skulle forhindre lejesæd senere i sæsonen. Teorien er, at jo lavere vegetationsindeks, desto lavere dosis er nødvendig. Formålet er at reducere sprøjtemiddelforbruget inden for marken.

Satellitbilleder

I projektet anvendes data fra EU-satellitten Sentinel-2. Den flyver i 800 km højde og har en optisk sensor ombord. Sensoren måler på i alt 12 bånd og har en opløsning på 10*10 meter. Den overflyver det samme sted i Danmark ca. hver 3-5 dag. Problemet med en optisk sensor er, at den ikke "se" gennem regn og skyer. Det betyder i praksis, at der kan være længere perioder, hvor det ikke er muligt at få Sentinel-2 data. Derfor har SEGES købt data fra firmaet ClearSky, der ud fra AI og anvendelse af Sentinel 1,2 og 3, Landsat 7 og 8 kan forudsige, hvad "Sentinel-2 ville have set, hvis der ikke havde været skyer". ClearSky leverer AI-genererede satellitdata hver 2 dag. Det er disse data der er anvendt i projektet.

Ud fra satellit data er det muligt at beregne forskellige vegetationsindeks, der alle siger noget om afgrøden tilstand. I projektet er valgt vegetationsindekse NDRE. Her ligger værdierne ligger mellem 0 og 1. Jo højere NDRE værdi jo mere frodig og grøn er afgrøden og jo lavere NDRE jo mere tynd står afgrøden.

Formel bag NDRE vegetationsindeks:

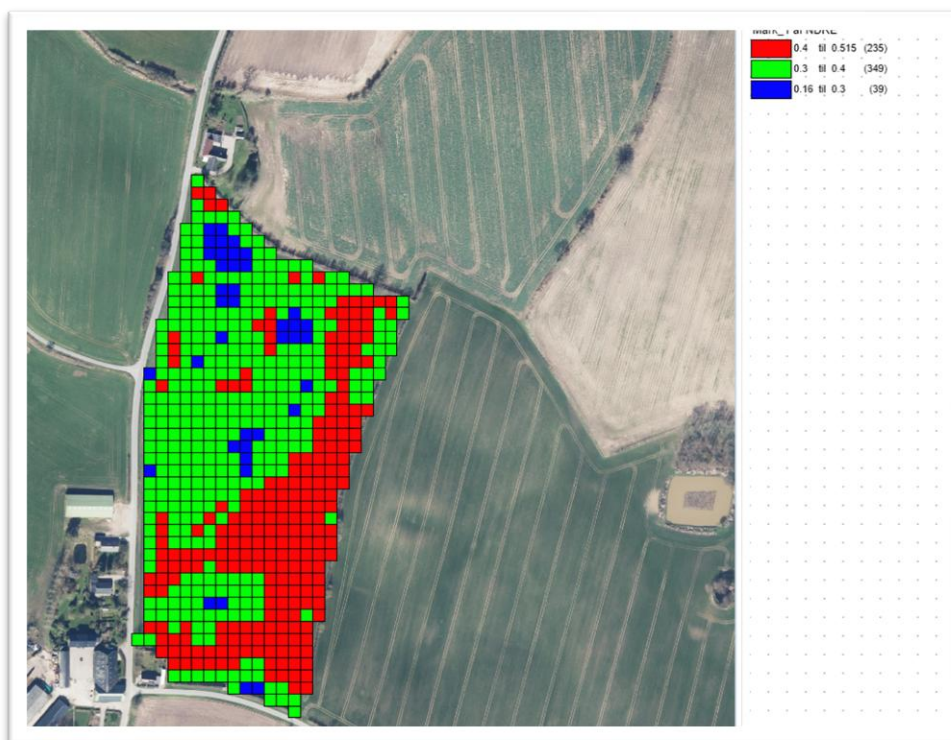
$$NDRE = (b8 - b5) / (b8 + b5) * 255$$

Metode:

Der er hente satellitdata tæt på den dato, hvor landmændene har planlagt sprøjtning mod lejesæd. Derefter er NDRE beregnet pr. pixel ud fra ovenstående formel.

På baggrund af NDRE værdierne pr. pixel pr. mark blev det besluttet at lave 3 niveauer for tildeling af væske – se figur 1:

- 1) Lav NDRE (svag plantevækst) = Ingen tilførsel af sprøjtemiddel
- 2) Middel NDRE (normal plantevækst) = lav dosis af sprøjtemiddel
- 3) Høj NDRE (kraftig plantevækst) = normal dosis af sprøjtemiddel



Figur 1. Mark 1 ses inddelt i 3 niveauer efter NDRE-værdierne pr. pixel.

Det vil sige, der er områder af marken, der ikke tildeles sprøjtemiddel. Ingen områder får mere end "normal" dosis på 150 l/ha. Vi havde håbet at kunne lægge en fast NDRE pr. niveau, men på grund af lidt for stor ensartethed i en af markerne, blev niveauerne i denne mark justeret – se tabel 1.

Liter pr. ha	Mark 1, NDRE-intervaller	Mark 2, NDRE-intervaller
0	0-0,30	0-0,35
100	0,30-0,40	0,35-0,45
150	>0,40	>0,45

Tabel 1. Inddelingen i de 3 niveauer er ikke helt ens. Variationen i mark 4 var for lille, hvis den samme inddeling blev anvendt.

Tekniske udfordringer:

Efter at have udarbejdet de to tildelingskort i filformatet Shape, skal det konverteret til formatet ISOXML, som er det format traktorterminalerne kan læse. Det viste sig ikke at være så ligetil, men heldigvis har Datalogisk udviklet en applikation på nettet, hvor konverteringen mellem shape og ISOXML kan ske – se link.

[ISOxml ⇄ Shape | Konverteringsværktøj af Datalogisk](#)



Figur 2. Datalogisk har udviklet denne applikation på nettet, hvor shape filer kan konverteres til ISOXML og omvendt. ISOXML formatet er ISOXML 4.

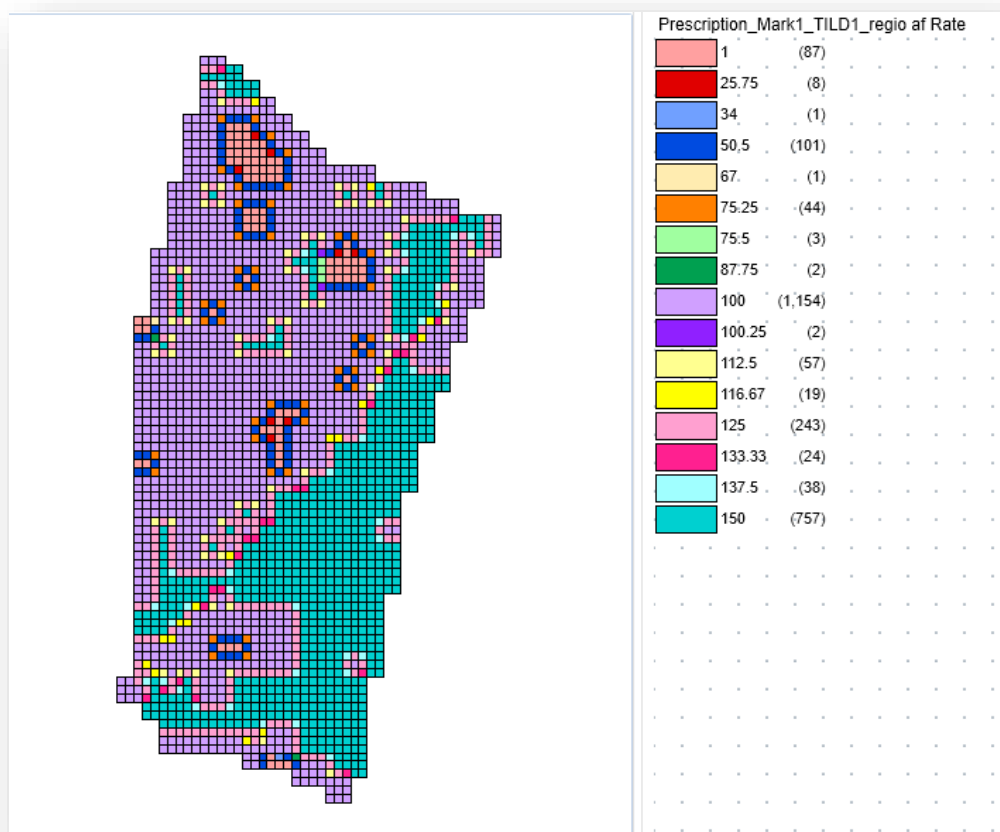
Der sker to ting i forbindelse med konverteringen, som vi ikke var forberedt på:

- 1) De faste grænser bliver til flydende overgange
- 2) 10 m grids ændres til 5 m grids
- 3) Konverteringen sker kun i formatet ISO XML 4, som de to terminaler ikke kan læse

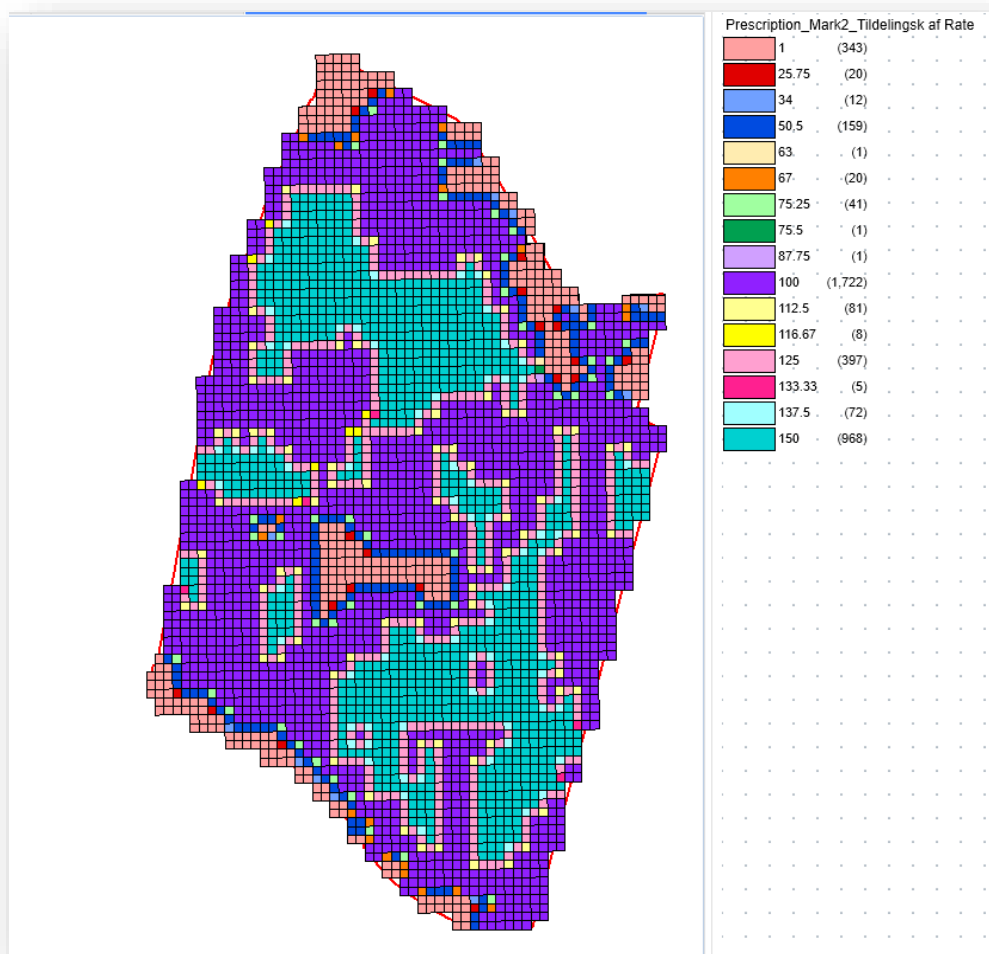
Det viser sig efterfølgende at de to traktorterminaler ikke kan læse ISOXML 4, men kun ISOXML 3. Derfor kontaktes firmaet GeoTeam, der hjælper med at konvertere tildelingsfilerne fra shape til ISOXML 3.

Vi havde samme problem med at pixels blev halveret og de faste grænser blev flydende.

Nedenfor ses de to tildelingskort- Læg mærke til at der ikke står 0 l/ha, men 1 l/ha. Årsagen er at undgå huller i data.



Figur 3. Tildelingskort til mark 1 i formatet ISOMXL 3. Som det fremgår af kortet, er der ikke tale om faste afgrænsninger, men om flydende overgange.



Figur 4. Tildelingskort til mark 2 i formatet ISOMXL 3. Som det fremgår af kortet, er der ikke tale om faste afgrænsninger, men om flydende overgange.

Sprøjtning af forsøg

Forsøgene blev etableret den 29.–30. april 2025.

Anlæggene fandt sted i slutningen af april, hvor tidspunktet var optimalt for vækstregulering i hveden.

SEGES Innovation var til stede under sprøjtningen for at sikre, at arbejdet blev udført i overensstemmelse med forsøgsplanen.



Billede 1 viser sprøjtningen, hvor der køres efter ny vækstreguleringsmodel



Billede 2 viser sprøjten som bruges til graduering af vækstregulering

Landforsøgssenhed Syd, som er specialiseret i markforsøg, varetog det videre arbejde i projektet. Dette omfattede registreringer samt høst af forsøgspareller.

Tabel 1 viser forsøgsresultaterne fra de 2 anlagte forsøg med vækstregulering

Vinter Hvede	Stadie	Afgrøde- de-højde cm	Afgrøde- de-højde cm	Karak- ter ¹⁾ for lejesæd	Karak- ter ¹⁾ for lejesæd	Hkg kerne pr. ha
						Ud- bytte og mer- udb.
		18/6	8/8	18/6	8/8	
2025. 2 forsøg						
1. Ingen vækstregulering		87,6	78,8	0,0	0,0	100,2
2. Landmandspraksis, ensartet tilførsel	32	85,4	77,5	0,0	0,0	-1,3
3. Landmandspraksis, gradueret tilførsel tildelingskort fra ny vækstreguleringsmodel	32	86,7	76,2	0,0	0,0	-3,9
LSD						ns
1) Karakter 0-10, hvor 0 = ingen lejesæd, og 10 = helt i leje.						

I 2025 er der etableret to storskala-forsøg med gradueret vækstregulering i vinterhvede baseret på den nye model. Udbyttene fra begge forsøg fremgår af tabel 1. I forsøgsserien sammenlignes striber med og uden vækstregulering, og gradueringen vurderes i forhold til en fastlagt standarddosis.

I tabel 1 ses et gennemsnit af de 2 forsøgsresultater. I forsøgene blev der ikke observeret lejesæd, og der var ingen signifikante forskelle i afgrødehøjde mellem de vækstregulerede og ikke-vækstregulerede parceller. Udbyttet var uden signifikante forskelle, hvilket indikerer, at vækstreguleringen i dette tilfælde ikke har haft en negativ effekt på afgrøden. Da der ikke har været lejesæd i forsøgene, har det ikke været muligt at sammenligne effekten af de to modeller til vækstregulering.

Efterfølgende arbejder med modellen

Der er opstået udfordringer undervejs i udviklingen med modellen. Der har været meget diskussion frem og tilbage, hvilken metode der var den mest optimale at vurdere afgrødens behov for vækstregulering, og eftersom de 2 anlagte forsøg ikke gav noget signifikant billede af, om modellen har det ønskede effekt på afgrøden, så kræves det at modellen videreudvikles yderligere før den kan implementeres i systemer som CropManager mfl.

Konvertering af filtyper til de rigtige således at landmandens udstyr også har været en udfordring da nogle terminaler (computere) kun læser nogle bestemte filtyper. Derfor var det en nødvendighed at omkonvertere filerne fra Shape til ISOxml 4 og så til ISOxml 3, hvilket ændrede modellens, beskrevet overfor. Der har dermed været nogle uforudsete udfordringer ved at få selve modellen ud og virke på sprøjten.

Derfor har forsøgsarbejdet ikke givet god nok grundlag for at den nye gradueringsmodel til vækstregulering fungere efter hensigten.

Derfor er det efterfølgende arbejde ikke gået med at implementere modellen i CropManager, men derimod at evaluere vores arbejde med modellen, for at sikre at den er udarbejdet på et stærkt nok grundlag.

Der er behov for at anlægge nye forsøg til næste år på arealer med stor risiko for lejesæd for at se om omfordelingen af vækstregulering løser udfordringerne med lejesæd, selv ved steder med laver dosering.