



Miljø- og  
Fødevareministeriet  
Miljøstyrelsen

# Præcisionsvanding med kanon og bom

MUDP rapport

August 2019

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Peter Flø Pedersen, Fasterholt Maskinfabrik

ISBN: 978-87-7038-098-0

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse

# Indhold

<b>1.</b>	<b>Forord</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Opsummering af projekt</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Gennemgang af arbejdsplaner</b>	<b>6</b>
<b>4.</b>	<b>Konklusion</b>	<b>10</b>
<b>5.</b>	<b>Perspektivering</b>	<b>11</b>
	<b>Bilag</b>	<b>12</b>
Bilag 1.	Projektbeskrivelse	12
Bilag 2.	Kanontest – Tabel	19
Bilag 3.	Nodolini-brochurer	21
Bilag 4.	Markplan – kort	26
Bilag 5.	Bommaskinen	28
Bilag 6.	Jordbunds-	32
Bilag 7.	Wintex 2000	34
Bilag 8.	Vandbalance-rapport	43
Bilag 9.	Høstresultater	54
Bilag 10.	Nodolini Testing	54

# 1. Forord

Denne rapport er udarbejdet af FASTERHOLT Maskinfabrik i perioden 2013-2016. Hovedforfatter er Peter Flø Pedersen.

Rapporten er skrevet som dokumentation for projektet "Præcisionsvanding med kanon og bom." i forbindelse med bevillingen fra MUDP-NST-404-00200.

Projektet har løbet over 3 vandingssæsoner, og har været et "stort" projekt, idet vi har brugt en hel mark som vores testområde- ca. 12HA. Vi vil hermed gerne takke for det gode samarbejde, som der har været imellem projektgruppens medlemmer. Specielt tak til den lokale landmand Christen Bjerre, som lagde jord til og stillede kritiske spørgsmål, og til Steffen Bjerre, som lavede alt det praktiske med maskinerne i marken.

## 2. Opsummering af projekt

Det er lykkedes for gruppen, at få udviklet udstyr, der skal bruges i forbindelse med præcisionsvanding. En styrbar kanon- en bred spredebom- et måleudstyr der hurtigt kan bestemme hele markens vandings behov- en opsamling af digitale data, der samles i et GIS system, og som kan sendes tilbage med brugbare data til regulering af både vandingsmaskinen og kanonen/bommen- for at lave så optimal og præcis vanding som muligt. Der er behov for noget mere testkørsel, og det vil blive foretaget i de næste sæsoner.

Samlet set, kan det med det overfor nævnte udstyr lade sig gøre, at foretage præcisionsvanding på store marker. Dette vil der blive brug for inden for fremtidens landbrugsudvikling.

# 3. Gennemgang af arbejdspakker

## 3.1 Arbejdspakke 1

Denne arbejdspakke 1 lægger fundamentet under hele projektet og sikrer, at vi får opstillet planer og mål for det samlede projekt. Ligeledes at sikre, at projektet kører som det skal, og inden for budgettet.

## 3.2 Arbejdspakke 2

Videreudvikling af standardvandingsmaskine med styrbar kanon.:

Planen med projektet var først at teste alle gængse vandingskanoner på det danske marked. Dette blev gjort med manuelle opstillede vandmålere på tværs af kørselsretning, således at vandmængde kunne bestemmes i hele den planlagte vandingsbredde.(bilag 2). Dette blev gennemført for de tre gængse kanontyper i Danmark: Nelson-Komet og Sime kanoner.

Der blev testet i stille vejr- hvor det viste sig at der ikke var nogen signifikant forskel på de tre kanontyper, hverken i spreddebredde eller fordeling af vandet. Alle kanoner er meget afhængige af især blæsevejr, tryk og vandmængde og kan som sådan ikke bruges til præcisionsvandning.

Der var så kommet en ny kanon på markedet, Nodolini Electronis Jet(bilag 3). Denne kanon kan fordele vandet bedre end andre kanoner, fordi den tager hensyn til vinden og ændrer kastevinklen op imod vinden. Kanonen kan desuden forprogrammeres til at give forskellig vandmængde, alt afhængig af jordens behov. Denne kanon ville jo være optimal i forhold til vores projekt, og give helt åbent mulighed for at præcisionsvande.

Den mark vi havde valgt, havde netop forskelligt behov for vandning(se bilag 4), og derfor var det helt naturligt at tage den nye kanon fra Nodolini ind i projektet.Vi kørte i 2.sæson med Nodolini-kanonen, men desværre holdt elektronikken i kanonen ikke- og vi fik ikke nogen brugbare resultater med den kanon.

Nodolini kanonen har vi så arbejdet videre med i sæson 2017- og for at få noget brugbart vejr i løbet af sommeren, har vi testet kanonen i –Danmark og i Holland- i håbet om at vejret så et af stederne ville give mulighed for at teste kanonen.

I Danmark har vi kun brugt kanonen til at regulere for vinden- og det har fungeret rigtigt fint. I Holland har vi udviklet et andet styresystem til kanonen, således at den kunne tage hensyn til indkodede markdata, og vandingsbehov. Det er lykkedes for kanonen, at fordele vandet mere optimalt, og så fået vandet til at lande der hvor der var behov.(Bilag 10)

Så konklusionen på arbejdspakke 2 var, at der i Danmark ikke findes en kanon, som kan bruges til præcisionsvandning — ihvertfald ikke endnu.

Nodolini kanonen har et stort potentiale, til at kunne bruges som præcisionskanon, og med noget mere test kan den blive en stor mulighed for landmænd, fordi de fremover vil kunne dosere vandingen meget mere præcist.

Dette vil kræve yderligere tests, og det vil FASTERHOLT Maskinfabrik foretage i løbet af de kommende sæsoner- og evt. lade nogle af forsøgene foregå i Frankrig/Italien hvor der er tradition for tørke/vandingsbehov hvert år.

### **3.3 Arbejdspakke 3**

Fasterholt Maskinfabrik arbejdede så videre med at udvikle en bom, som kunne vande helt ud i den ønskede bredde, som var 72 meter, og som kunne fordele vandet optimalt i hele bredden - lige meget hvor meget det blæste.(bilag 5).

Ligeledes kunne maskinen via den indbyggede computerstyring variere fremkørselshastigheden efter den ønskede nedbørsmængde. Der blev testet og udviklet meget på bommen, fordi der er et kundekrav om, at den skal være nem at flytte. Dette betyder, at bommen skal kunne foldes ind og ud hydraulisk.

Efter at have afsøgt hele det europæiske marked af bom-leverandører, fandt vi faktisk ikke noget, der umiddelbart kunne bruges.

Sluttelig blev der efter mange overvejelser indkøbt en Briggs-bom fra England, og så udviklede FASTERHOLT Maskinfabrik alle tilpasninger på centerrammen af bommen- således at bommen kunne sættes fast på en standard vandingsmaskine. Selve udviklingen foregik over et helt forår, og mange ting blev afprøvet og testet igennem og efter mange testkørsler fungerede det helt efter hensigten.

Bommen kan nu lægge vand ud – i den ønskede mængde- helt præcist, og helt ud til bommens bredde, selv om det blæser voldsomt. Så selve problematikken med blæse vejr kan løses med en bom.

Nu mangler vi bare at få udviklet nogle små elektriske dyser, der kan styres fra GSM-baseret kommunikation og hastighedsregulering, således at vi kan dosere vandmængden inden for selve bommens bredde. Dette ville netop give den helt optimale løsning, og således sikre at der kun bliver vandet med netop den rigtige vandmængde på mindre områder med forskelligt behov.

Denne del af projektet, forventer FASTERHOLT Maskinfabrik at fortsætte med i de næste sæsoner, og der forventes en del testkørsel i Frankrig- for der er bom-maskinen placeret-for at sikre kørsel i løbet af sæsonen.

### **3.4 Arbejdspakke 4 og 5**

Jordprøveudtagning er vigtig for at kunne kende jordbundens beskaffenhed, f.eks. for at kunne bestemme vandindholdet i dybderne 25-50 cm ned i jorden – fordi det er her, planten henter sit vand til væksten. Derfor er det vigtigt, at man nemt og hurtigt kan få taget nogle valide prøver af marken. Denne del af projektet stod samarbejdet mellem AgroSens og Wintex Agro for. Det har udmyntet sig i et nyt produkt: Wintex 2000 til at måle jordens vandindhold af vand, der er tilgængeligt for planterne.

Der er på marken lavet et helt mønster af jordprøver, som gav os et helt klart billede af, hvordan jordens vandindhold så ud. (bilag 6)

Den nyudviklede maskine, Wintex 2000, fungerede så godt og gav nogle fine resultater (bilag 6), og er blevet en succes for Wintex og Agrosens, således at de har solgt over 100 stk. af maskinen til USA til brug i deres landbrugsrådgivning.

Wintex 2000 er traktorbåret udstyr (bilag 7), som man om efteråret kører rundt på marken med, når man forventer, at jordens indhold af vand er oppe på max. Derved bestemmes den maksimale vandtilgængelighed i jorden, og så kan man ud fra disse tal bestemme, hvornår der skal vandes på marken om sommeren.

Wintex 2000 opsamler data elektronisk og bearbejder dem om til kort eller plancer, som så kan kodes sammen med meteorologiske data fra vejrstationer og data fra Water-mini-vandbalance rapporten, som udarbejdes dagligt samt GPS-positionering. (se næste arbejds-pakke.)

### 3.5 Arbejdspakke 6

Aarhus Universitet har bidraget med udvikling af en vandbalancemodel, der er afviklet i et GIS system, således at data kan sendes til kanon/maskinstyringen, og derved kan de opsamlede data bruges direkte til optimering af vandingen og være med til at sikre, at der ikke overvandes i nogle områder, og ikke vandes nok i andre områder. (Bilag 8)

Sammenholdt med data fra arbejdspakke 4 og 5, giver det et helt unikt øveblik over, lige præcis hvor på marken der er behov for vanding. Hvor meget og hvornår. Her samles alle data i en samlet masse, (jordprøver- jordstruktur-vejrdata- modelberegnet vandingsbehov) for hvert felt som var 10x10 meter.

Der er indsamlet data over netop vores mark- og der er i 2016 lavet 69 kørsler- hvor vandingsbehovet er blevet kortlagt. Disse datafangster er foretaget i maj-juni-juli-august med et interval på ca hver anden dag. Det samme er gjort for sæson 2014 og 2015. Disse datafangster har så hver giver et behovskort (Bilag 8).

Her var det så, at vi skulle have brugt Nodolini-kanonen, fordi den netop kunne fordele vandet-ud fra de netop omtalte data, og derved vande på de felter, der var 10x10 meter.

Desværre lykkedes det ikke at få Nodolini-kanonen til at fungere i dette her projekt, men vi har testet videre på kanonen her i sæson 2017, som tidligere nævnt.

Agro ved Aarhus Universitet har leveret digital data- Arc GIS filer, i form af kort og tal, af testmarken. Samt deltaget i fortolkning af vandingsresultaterne fra testmarken.

### 3.6 Resultater

Vi har lavet en sammenlignelig testramme. Samme mark, samme afgrøde, samme gødningsmængde, samme sprøjtning og samme høstning, over 3 sæsoner- 2014-2015-2016- for at kunne sammenligne resultaterne. (bilag 9).

De resultater, der for vores slutkunder- altså landmændene - er interessante, er, om kan betale sig, at bruge præcisionsvanding. Det er det eneste, de går op i. Derfor ville vi lave et så stort forsøg (12HA) og så prøve at finde ud af, om der var noget at hente rent økonomisk.

Desværre var sæson 14-15-16 så meget plaget af regn, at vi kun fik vandet på marken i 2015. Og derved fik vi ikke noget udbytteforskelle, som vi kunne bruge som resultater. (bilag 9.)  
Høst udbytte på de 12 Ha.



<b>Sæson 2014:</b>	<b>54,128 tons vårbyg.</b>
<b>Sæson 2015:</b>	<b>52,293 tons vårbyg.</b>
<b>Sæson 2016:</b>	<b>50,459 tons vårbyg.</b>

De ovenstående tal- kan ikke give nogen som helst indikation om, at hovedformålet-- Præcisionsvanding- kan betale sig i Danmark. Desværre er en testperiode på 3 år i fri natur ikke altid nok, og det var den vi faldt ned i.

## 4. Konklusion

Hermed afslutter vi projektet "Præcisionsvanding med kanon og bom."

Formålet var, at der i Danmark/Europa fremover vil blive mere behov for præcisionsvanding, fordi vand er en ressource, som man skal passe på, og der er ingen grund til at vande, hvor der ikke er behov. Det er spild af vand, det koster energi til pumper, det tager tid for den enkelte landmand. Dette ville vi gerne forsøge at bevise i vores projekt.

For FASTERHOLT Maskinfabrik har vi fundet ud af, at alle kanoner på det danske marked ikke egner sig til præcisionsvanding. bl.a. på grund af vindfølsomhed, og da det ofte blæser fra vest/nordvest her i Danmark, må der findes andre løsninger.

NODOLINIS Electric Jet kanoner vil med fremtiden blive en vigtig faktor - i ønsket om præcisionsvanding, fordi den for det første tager hensyn til vinden, og så kan den styres til at vande lige netop der hvor det ønskes. **ALTSÅ PRÆCISIONS VANDING.**

Ved udviklingen af bommen har vi ramt et produkt, der straks vil give flere præcisionsvanding muligheder, og som på længere sigt også vil kunne sælges til landmænd i hele Europa. Vores prototype af bommen køres i sæson 2017 i Frankrig - netop for at kunne få noget køretid/vanding kørt på projektet. Der er stor interesse for bommen i Frankrig, hvor der i sæson 2017 har været stort behov for vanding. Så nu får vi den testet godt igennem.

AGROSSENS-AARHUS UNIVERSITET og WINTEX - har sammen lavet et prøvetagnings apparat Wintex 2000 - der er en stor succes, og som de har solgt mange stk. af til USA.

Sammen har de tre også udviklet en base til at opsamle informationer om jorden- og vejret - således at der kan laves et komplet vandingsprogram, som så skal overføres til vandingsmaskinens datasystem - for at give den optimale vandfordeling.

Dette system vil i fremtiden blive banebrydende til netop styring af vandingsmaskiner, og vil i nærmeste fremtid forsøgt udført i et senere projekt.

## 5. Perspektivering

I Danmark vil der komme et behov, for at udnytte det tilgængelige vand bedst muligt, og her har vi i projektet fundet hele to ting, der bliver væsentlige i den henseende: Den Elektroniske Kanon, og vanding med spredébom.

Den elektroniske kanon vil når den er færdigudviklet – kunne sælges til danske landmænd- og da der er ca 12000 vandingsmaskiner i Danmark- er der et meget stort potentiale.

Hvis vi så kikker på potentialet i Europa så snakker vi om ca 100.000 enheder- der alle ville kunne drage nytte af den nye kanon- så der er kæmpe salgsmuligheder. Hvis bare 10% af alle kunder kan se fordelene ved kanonen, så sidder vi med et salg på ca. 1200 stk bare i Danmark.

Vi skal først have lavet nogle valide tal, og det arbejder Fæsterholt videre med.

Med hensyn til bommen så er produktet udviklet, og vil have interesse for max 1000 kunder inden for EU. Dette vil dog også være utroligt interessant for os at følge op på.

Wintex har allerede nu udnyttet noget af deres salgspotentiale, med hensyn til prøvetagningsudstyret. De vil udvikle nogle flere sensor typer, således at maskinen kan bruges til flere forskellige prøvetagninger- f.eks kvælstofindhold- fosforindhold- kulstofindhold osv. Så der er her også tale om et stort potentiale for salg af udstyret.

# Bilag 1. **Projektbeskrivelse**

Kopi af den oprindelige projektansøgning.

## 3. Projektbeskrivelse

### 3.1 Baggrund – hvad er den nuværende situation

Vanding i landbrug og gartneri foretages i dag med metoder, der ikke har ændret sig meget siden tørken i 1970'erne, hvor udbygningen af vandingskapaciteten i især Midt- og Vestjylland tog fart. Manuelle systemer er erstattet med slangemaskiner, men ellers er vandingsstyring stort set stadigvæk baseret på erfaring og skøn. God vandingsstyring kombineret med god arealmæssig tildeling af vandingsvandet er vigtig for både udbyttene og kvalitet, forbrug af vand og energi samt tab af kvælstof til grundvandet.

Formålet med projektet er at videreudvikle, implementere, evaluere og demonstrere ny vandingsteknik, der muliggør en bedre arealmæssig fordeling af vandingsvandet samt styring af den tildelte mængde afhængig af afgrøde, jordbund og klima. Herunder falder også risikoen for vindafdrift, således at planternes vandbehov dækkes, uden at der overvandes med vandspild og fare for udvaskning af næringsstoffer og udbyttetab til følge. Desuden videreudvikles en sensor til bestemmelse af jordens vandindhold og den skal anvendes til forbedret vandingsstyring og løbende evaluering af den arealmæssige fordeling af vandingsvandet.

Institut for Agroøkologi ved Aarhus Universitet (AGRO) og AgroSens deltager i et EU finansieret vandingsprojekt ([www.figaro-irrigation.net](http://www.figaro-irrigation.net)), der har som formål at videreudvikle, afprøve og demonstrere vandbesparende præcisionsvanding. Projektets målgruppe er de europæiske landmænd, og som en del af dette projekt videreudvikles et kommercielt tilgængeligt program (uManage, [www.netajim.com](http://www.netajim.com)) til datahåndtering og vandingsstyring. uManage samt erfaringerne fra Figaroprojektet vil danne basis for udviklingen af et brugervenligt system til vandingsstyring tilpasset de nye muligheder og danske forhold.

### 3.2. Formål, mål og succeskriterier – den forventede løsning

Hovedaktiviteterne omfatter videreudvikling af eksisterende maskiner til kanonvanding med GPS og mulighed for at variere vandingsmængden på tværs og på langs af køreretningen samt at korrigere for vindafdrift. Desuden nyudvikles en vandingsbom til en endnu mere præcis markvanding. GPS styring tillader stedspecifik vanding afhængig af afgrødens art og udvikling, klima, og de lokale jordbundsforhold, hvorved vandingsmængden styres ved hjælp af en ny styrbar kanon samt vandingsmaskinens hastighed. Ved bomvanding varieres vandingsmængden på lignende vis gennem styring af dyserne. Styringsmulighederne tillader vanding hvor afgrøder og vækstforhold varierer på tværs og på langs af køreretningen. F.eks. er det muligt at vande mark- eller gartneriafgrøder med forskelligt vandingsbehov på hver side af vandingsmaskinen. Den detaljerede vandingsstyring baseret på GPS-position og tildelingskort foretages af vandingsmaskinens computer. Tildelingskortenes kompleksitet afhænger af behovet for variabel vanding, datatilgængelighed, ejerens prioriteringer etc. Efter gennemført vanding er kort over vandingstildelingen tilgængelig fra maskinen og kan indgå i planlægningen af en efterfølgende vanding.

Derudover videreudvikles en eksisterende maskine til udtagning af jordprøver, således at den også kan anvendes til bestemmelse af jordens markkapacitet og løbende vandindhold.

Markkapacitetskort baseret på målinger i det tidlige forår anvendes til at inddele markerne i et mindre antal delområder, hvor vandingsbehovet beregnes og monitoreres særskilt. Baseret på de løbende målinger af jordvand evalueres den rumlige tildeling inkl. korrektion for vindafdrift. En manuel sensor (Fieldscout TDR 300 soil moisture meter, [www.specmeters.com](http://www.specmeters.com)) til måling af jordvandindholdet til en dybde af 20 cm vil blive introduceret og anvendt til vandingsstyring og evalueret under projektet.

uManage programmet udvikles til at håndtere de forskelligartede data der indgår i vandingsstyring. Både kortinformation, punktdata og meteorologiske data kan indgå. uManage vil blive sat op til at anvende Markvand udviklet ved Aarhus Universitet eller anden vandbalanceprogram til beregning af vandingsbehov.

Projektets mål	Succeskriterier
Udvikling af maskine til præcisionsvanding med kanon	Maskine inkl. GPS, kommunikation og styringsfunktioner fungerer under markforhold i projektets andet og tredje år. Funktionaliteten sikres af forsøgsværten under praktiske forhold i dialog med projektdeltagerne
Udvikling af maskine til præcisionsvanding med bom	Maskine inkl. GPS, kommunikation og styringsfunktioner fungerer under markforhold i projektets tredje år. Funktionaliteten sikres af forsøgsværten under praktiske forhold i dialog med projektdeltagerne
Udvikling af multimaskine til bestemmelse af jordfugtighed	Maskine og tilhørende software udvikles gradvist til fuld funktionalitet i projektets andet og især tredje år. Funktionaliteten er afgørende for udførelsen af projektet herunder funktionaliteten af de udviklede vandingsmaskiner og sikres af projektdeltagerne og i dialog med forsøgsværten
Udvikling af præcisions støttesystem til markvanding	Det komplekse støttesystem til markvanding udvikles løbende under projektet til fuld funktionalitet i projektets sidste år. Støttesystemet evalueres dels af projektdeltagerne, dels gennem analyser af høstudbytter, vandforbrug etc. og dels i dialog med forsøgsværten.
Formidling af resultater	Resultaterne formidles løbende i projektforløbet og især i projektets sidste år, hvor hovedresultaterne foreligger. Formidling sker på forskellig vis bl.a. via projektets hjemmeside, gennem dialog med konsulentsystemet, og meget vigtigt gennem møder med erfa-grupper og andre grupper af erhvervets praktikere.

### 3.3 Hvad er de forventede miljømæssige effekter?

Markvanding på lavbonitetsjorde i især Midt- og Vestjylland har et stort omfang. Ca. 400.000 ha vandes med vandmængder, der ofte overstiger 100 mm årligt. Uden vanding ville store områder være helt uegnede til planteproduktion. På trods af den omfattende og kostbare vandingsindsats, er der endnu ikke udviklet metoder, der sikrer at afgrøderne forsynes optimalt med vand og miljøet ikke belastes unødigt med bl.a. kvælstof. Ud over vandingsmaskiner, der muliggør en mere præcis fordeling af vandingsvandet, er der behov for mere effektive metoder til vandingsstyring, der sikrer afgrøderne en optimal vandforsyning.

I tilknytning til GPS-styrede maskiner, hvor spredbilledet i høj grad kan styres, er der behov for mere effektive metoder til vandingsstyring, der kan håndtere variable afgrøder og jordbundsforhold mm. Som en del af projektet videreudvikles en mobil sensor til bestemmelse af jordfugtighed udviklet til forskningsformål ved Aarhus Universitet. Sensoren er unik og en lignende sensor er ikke udviklet andetsteds. Med jordfugtighedscensoren kan markkapaciteten kortlægges og anvendes til underinddeling af marker i ensartede enheder og vandindholdet i delmarkerne kan løbende følges. Ved anvendelse af ny vandingsteknologi og vandingsstyring

delvist baseret på effektive målinger af vandindhold kan vandingsmængden tilpasses de varierende forhold og både over- og undervanding undgås. Præcisionsvanding som skitseret ovenfor er en væsentlig forudsætning, for at producere tilstrækkeligt med madvarer globalt til en hastigt stigende befolkning samtidig med, at der er stigende pres på vandressourcerne som påvirkes negativt af klimaændringer.

### **3.4 Hvad er den teknologiske nyhedsværdi?**

I modsætning til gødsning med især kvælstof, er der ikke udviklet tilsvarende metoder til præcisionsvanding.

Dette kan skyldes flere forhold bl.a. at kvælstoftildelingen er begrænset af et kvotesystem, mens vand har været en forholdsvis rigelig ressource. Med ønsket om at begrænse både vand- og energiforbruget og reducere landbrugets miljøpåvirkning samtidig med at afgrødernes udbytter og kvalitet sikres, er der en begyndende interesse for præcisionsvanding i både samfund og jordbrugserhvervene. Interessen kommer bl.a. til udtryk når konsulenter og planteavlere mødes til erfa-møder. I projektet fokuseres der på at udnytte nye tekniske muligheder, herunder en unik jordfugtighedssensor til at modernisere markvanding samt at kommunikere resultaterne til en bred kreds af rådgivere og praktikere. Samlet set vil der blive udviklet metoder til præcisionsvanding, der ikke tidligere har været tilgængelige.

### **3.5 Hvad er det forretningsmæssige potentiale?**

Danske maskinfabrikanter kan kun konkurrere på nær- og fjernmarkederne ved at producere effektive maskiner med et højt teknologiindhold. Alt tyder på en stigende interesse for præcisionsvanding, og hvis danske fabrikanter ikke kan levere moderne vandingsløsninger er risikoen, at de taber markedsandele. P.t. domineres markedet for vandingsmaskiner i Danmark af danske producenter. Standard vandingsmaskiner kan udbygges til præcisionsvanding uden større ændringer i grundkonstruktionen. Kunder der ønsker de sædvanlige maskiner kan fravælge præcisionsteknologien. Udviklingen af metoder til præcisionsvanding anses for at være meget væsentlig for dansk vandingsindustri konkurrenceevne.

### **3.6 Hvad gør et tilskud nødvendigt?**

Det har længe været et ønske blandt projektdeltagerne at arbejde med præcisionsvanding. Aarhus Universitet har således ledet og deltaget i flere EU-projekter, hvor præcisionsvanding og herunder drypvanding har indgået. Aarhus Universitet og AgroSens deltager pt. i et EU finansieret projekt omkring vandbesparende markvanding, hvor der i Danmark arbejdes der med at udvikle og evaluere drypvanding i kartofler. Projektet ønsket gennemført nu fordi omstændighederne er gunstige - her tænkes på den stigende interesse for mere præcis vanding, nye teknologiske muligheder med hensyn til vandingsteknik og jordfugtighedssensorer samt ønsket om, at udnytte de løsninger der udvikles under EU-projektet under danske forhold. Den stigende interesse for præcisionsvanding manifesterer sig internationalt gennem nye forskningsprojekter og et stigende antal publikationer, messer og udstillinger etc. Der ønskes medfinansiering for at fremme en hurtigere udvikling end der ellers ville være mulighed for og for at muliggøre et samarbejde mellem danske teknologivirksomheder og forskningsinstitutioner et samarbejde der forventes at føre til udviklingen af mere komplette og konkurrencedygtige produkter.

### **3.7 Projektets aktiviteter og leverancer (opdelt i arbejds pakker eller leverancer)**

Projektet, der er et samarbejde mellem tre private virksomheder og Aarhus Universitet, videreudvikler teknologier og styringsværktøjer, således at vanding til jordbruget kan ske mere effektivt og med mindre tab eller spild af vand, sammenfattet under begrebet præcisionsvanding. Herved opnås en vandtildeling til afgrøderne der muliggør en mere effektiv udnyttelse af både vand og næringsstoffer, især kvælstof og reduktion af kvælstofudvaskning fra marker med grøntsager og landbrugsafgrøder. De private firmaer er overvejende teknologiudviklere og Aarhus Universitet står for udvikling af software og styringsværktøjer til jordbruget. Projektet udføres over en treårig periode (36 måneder, med start 1. jan 2014), således at de første år går med fortrinsvis udvikling og sidste år fortrinsvis med test, demonstration og formidling. Nedenfor er beskrevet projektets arbejds pakker (pakkeleder er angivet i kursiv) og leverancer, hvor opfyldelse af milepæle er angivet i parentes som et måneds nr. beregnet fra projektstart.

### **Arbejdspakke 1 (25% tilskud): Projektledelse**

Deltagere: *Fasterholt Maskinfabrik, AGRO, AgroSens, Wintex Agro*

Leverancer:

Lev1.1. Projekthjemmeside design og opfølgning til både projektstyring og formidling

Lev1.2. Faglige rapporter og regnskab til bevillingsgiver

Aktiviteter og milepæle:

Projektlederen (hovedansøgeren plus AGRO) udgør sammen med lederne af arbejdspakkerne projektets fælles ledelse. Den fælles projektledelse er ansvarlig for følgende aktiviteter og milepæle:

- Funktionsdygtig projekthjemmeside (mdr. 2)
- Anvendelse af moderne kommunikationsteknologi til diverse møder (Skype, telefonmøder, mv.) og halvårslige projektledelsesmøder (mdr. 12, 18, 24, 30, 36)
- Formidlings- og demonstrationsmøder i felten med slutbrugere, herunder VidenCenter for Landbrug, konsulenter erfa-grupper og planeavlere bredt (mdr. 30)
- Årlige møder med fremlæggelse af resultater, herunder endelig udarbejdelse af faglige rapporter og regnskaber til bevillingsgiver (mdr. 12, 24, 36)
- Afholdelse af slutkonference, hvor projektets resultater fremlægges for slutbrugere (mdr. 35).

### **Arbejdspakke 2 (50% tilskud): Videreudvikling af standard vandingsmaskine med styrbar kanon**

Deltagere: *Fasterholt Maskinfabrik*

Leverancer :

Lev2.1. Standard Fasterholt vandingsmaskine hos forsøgsvært udstyret med styrbar vandingskanon, GPS, GSM baseret kommunikation og hastighedsregulering.

Aktiviteter og milepæle:

Den styrbare vandingskanon inkl. vindhastighedsmåler og styringselektronik monteres på vandingsmaskine. Vindhastighedssensoren indgår i korrektion for vindafdrift. Desuden monteres styring for fremdriftshastighed samt GPS og anden styringselektronik. Vandingsmaskinen udvikles som funktionsdygtig maskine før første vandingsæson. Maskinen videreudvikles til nær færdigt produkt i løbet af de to følgende vandingsæsoner.

- Standardmaskinen uden GPS udviklet til test i første vækstsæson (mdr. 4)
- Standardmaskinen med GPS og hastighedsregulering udviklet til test i andet vækstsæson (mdr. 16)
- Fuld udbygget standardmaskinen, klar til test og demonstration i tredje vækstsæson (mdr. 28)

### **Arbejdspakke 3 (50% tilskud): Nyudvikling af prototype vandingsbom**

Deltagere: *Fasterholt Maskinfabrik*

Leverancer:

Lev3.1. Standard Fasterholt vandingsmaskine hos forsøgsvært udstyret med nyudviklet spredébom, GPS, GSM baseret kommunikation og hastighedsregulering.

Aktiviteter og milepæle:

Vanding med bom tillader mere detaljeret styring af vandingsmængden end ved kanonvanding. Desuden skal der ikke korrigeres for vindafdrift. I sammenligning med kanonvanding kræves der en større investering og flytning af maskinen er vanskeligere. Vandingsmængden reguleres ved styring af de enkelte dyser eller grupper af dyser samt fremdriftshastigheden. Vandingsmaskinen udvikles til anvendelse i det anden og især tredje forsøgsår.

- Udvikling af design (mdr. 12)
- Udvikling og indledende test (mdr. 20)
- Færdigudviklet vandingsbom (mdr. 28)



#### **Arbejdspakke 4 (50% tilskud): Videreudvikling af jordprøveudtager med jordfugtighedssensor**

Deltagere: AgroSens, Wintex Agro

Leverancer:

Lev4.1: Robust TDR sensor der kan bestemme vandindholdet til dybderne 25 og 50 cm eller anden dybde efter behov.

Lev4.2: TDR software der kræver minimal input fra brugeren. TDR målinger og GPS positioner gemmes i standard GIS format.

Aktiviteter og milepæle:

Baseret på mobil jordprøveudtager udviklet og markedsført af Wintex Agro og TDR baseret sensorer til registrering af jordfugtighed oprindeligt udviklet ved Aarhus Universitet og senere videreudviklet og markedsført af AgroSens udvikles en mobil multimaskine, der både kan anvendes som GPS baseret jordprøveudtager og jordfugtighedssensor. Den udviklede maskine kan anvendes sammen med ATV eller mindre traktor. Sensoren anvendes til kortlægning af forsøgsarealernes vandkapacitet før vækststart samt til løbende målinger til vurdering af vandingens ensartethed og afgrødernes vandforsyning.

- Udvikling og design af første generation af måleudstyret (mdr. 5)
- Udvikling og optimering af måleudstyret (mdr. 24)
- Fuld udbygget måleudstyr, klar til test og demonstration i tredje vækstsæson (mdr. 28)

#### **Arbejdspakke 5 (50% tilskud): Videreudvikling af program til GPS baseret vandingsstyring**

Deltagere: AGRO, AgroSens, Wintex Agro, FASTERHOLT Maskinfabrik,

Leverancer:

Lev5.1. Udvikling af en ny dataplatform på den kommercielle platform uManage (se [www.netafim.com](http://www.netafim.com)) relevant for præcisionsvanding, der kan håndtere rumlige data fra de i projektet nyudviklede teknologier

Lev5.2 Udvikling af et vandingsstyringsprogram til præcisionsvanding på den kommercielle platform uManage.

Aktiviteter og milepæle:

Der indledes et samarbejde med NetaFim fra Israel ([www.netafim.com](http://www.netafim.com)), således at AGRO kan udvikle en ny dataplatform på den kommercielt tilgængelige uManage server. Data platformen skal kunne håndtere rumlige stedfæstede data, der beskriver både statiske data: markgrænser, teksturelle underopdelinger og vandkapaciteter, afgrødeplaner m.fl. og dynamiske data: beregnet vandingsbehov og udførte vanding m.fl. Disse data anvendes til en videreudvikling af et eksisterende vandingsstyringsystem (f.eks. AquaCrop fra FAO), der kan håndtere både kanon og bomvanding.

- Eget dataplatform identificeret og beskrevet i samarbejde med NetaFim (mdr. 12)
- Udvikling af vandingsstyringsprogram på uManage til kanon og bomvanding (mdr. 26)
- Tilrette systemet baseret på resultater fra test og demonstration, se arbejdspakke 6 (mdr.33)

#### **Arbejdspakke 6 (25% tilskud): Anvendelse og test af præcisionsvanding hos forsøgsværter**

Deltagere: AGRO, AgroSens, Wintex Agro, FASTERHOLT Maskinfabrik

Leverancer:

Lev6.1. Vandingsmaskiner til præcisionsvanding

Lev6.2 Vandkapacitet og løbende vandingskort i GIS format

Lev6.3 Målinger med jordfugtighedssensor til kontrol af spredbillede og optimeret vandingsstyring

Lev6.4. Registrering af udbyttens niveau til validering af vandingsstyringen

Aktiviteter og milepæle:

Hos en eller flere forsøgsværter gennemføres vandingsforsøg i tre vækstperioder omfattende almindelige landbrugsafgrøder som f.eks. korn og kartofler og gartneriafgrøder som f.eks. salat og løg med meget forskellige vandingsbehov. Forsøgsmarkerne karakteriseres før forsøgsstart med hensyn til jordens vandkapacitet med jordfugtighedssensor og underinddeles, hvis der er behov for det, i vandingsmæssigt ensartede delmarker. I vækstperioden laves der et mindre antal GPS positionerede jordfugtighedsmålinger med bærbart udstyr til kontrol og opdatering af vandingsindsatsen.

- Afprøvning og demonstration af vandingsteknik og automatiske styringsværktøjer afsluttet (mdr. 20)
- Videre afprøvning og demonstration af vandingsteknik og automatiske styringsværktøjer afsluttet (mdr. 32)
- Kortlægning af vandkapacitet i GIS format (mdr. 4, 16, 28)
- Løbende fugtighedsmålinger afsluttes (mdr. 8, 20, 32)
- Udarbejdelse af udbyttekort (mdr. 8, 20, 32)

### **Arbejdspakke 7 (25% tilskud): Formidling**

Deltagere: *AGRO*, *AgroSens*, *Wintex Agro*, *Fasterholt Maskinfabrik*

Leverancer:

Lev7.1 Formidling med brug af forskellige formidlingskilder, bl.a. dialogmøder, populær artikler, hjemmesider, pjecer m.v.

Lev7.2 Slutkonference

Aktiviteter og milepæle:

Projektets væsentlige formidlingsmedium i starten af projektet er projektets hjemmeside. Hjemmesiden angiver nyheder og alle resultater, der har slutbrugernes interesse. Der linkes til projekthjemmesiden fra projektpartners firmahjemmeside. Derudover formidles projektets resultater til alle interessenter, landmænd, konsulenter, rådgivningsinstitutioner og lokale myndigheder gennem møder, konferencer, populære artikler og pjecer

- Projektets mål og leverancer tilgængelig på projekthjemmesiden (mdr. 3)
- Andet års resultater videreformidlet (24)
- Tredje års resultater videreformidlet (36)

### **3.8 Hvad er risikoen for at projektet ikke når målene?**

I projektet arbejdes der med videreudvikling af eksisterende vandingsmaskiner og sensorer.

Projektdelegerne er veletablerede og deltager med spidskompetencer. Projektmidlerne støtter udviklinger som er højt prioriterede. Totalbudgetterne forventes at være realistiske og de specialiserede komponenter der indgår i udviklingsarbejdet er tilgængelige på det internationale marked.

### **3.9 Formidling – hvordan får andre del i den nye viden?**

Der formidles med brug af forskellige formidlingskilder, bl.a. dialogmøder, populærartikler, hjemmesider, pjecer m.v., og der afholdes slutkonference.

Projektets væsentlige formidlingsmedium i starten af projektet er projektets hjemmeside. Hjemmesiden angiver nyheder og alle resultater, der har slutbrugernes interesse. Der linkes til projekthjemmesiden fra projektpartners firmahjemmeside. Derudover formidles projektets resultater til alle interessenter, landmænd, konsulenter, rådgivningsinstitutioner og lokale myndigheder gennem møder, konferencer, populære artikler og pjecer

### **3.10 Tidsplan** (inddelt i faser og med tydelig angivelse af hvilke aktiviteter, der foregår i hvilke faser)

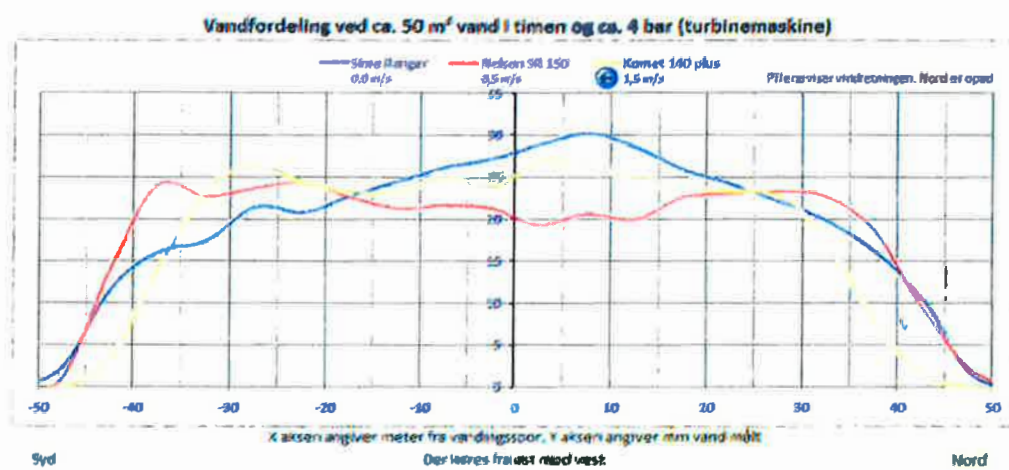
## Bilag 2. **Kanontest – Tabel**

Kanon test data for alle tre kanoner.

Nelson –Komet og Sime, alle målt på en dag hvor det ikke blæste.

Viser ingen forskel overhovedet.-Målt ved 50 kubik /time og ca 4 bars tryk på dysen. Som er de forhold de fleste kanoner arbejder under i Danmark.

## Fordeling ved 50 m<sup>3</sup>/h



Figur 11. De tre konotypers vandingskurver ved 50 m<sup>3</sup>/h på turbinemaskine

## Bilag 3. **Nodolini-brochurer**

Nodolini Jet Electronic brochurer.



Fasterholt Maskinfabrik A/S  
Ejstrupvej 22 | Fasterholt | 7330 Brande



**Nodolini**  
IRRIGATORI

# Jet Electronic

In attesa di Brevetto / Patent pending

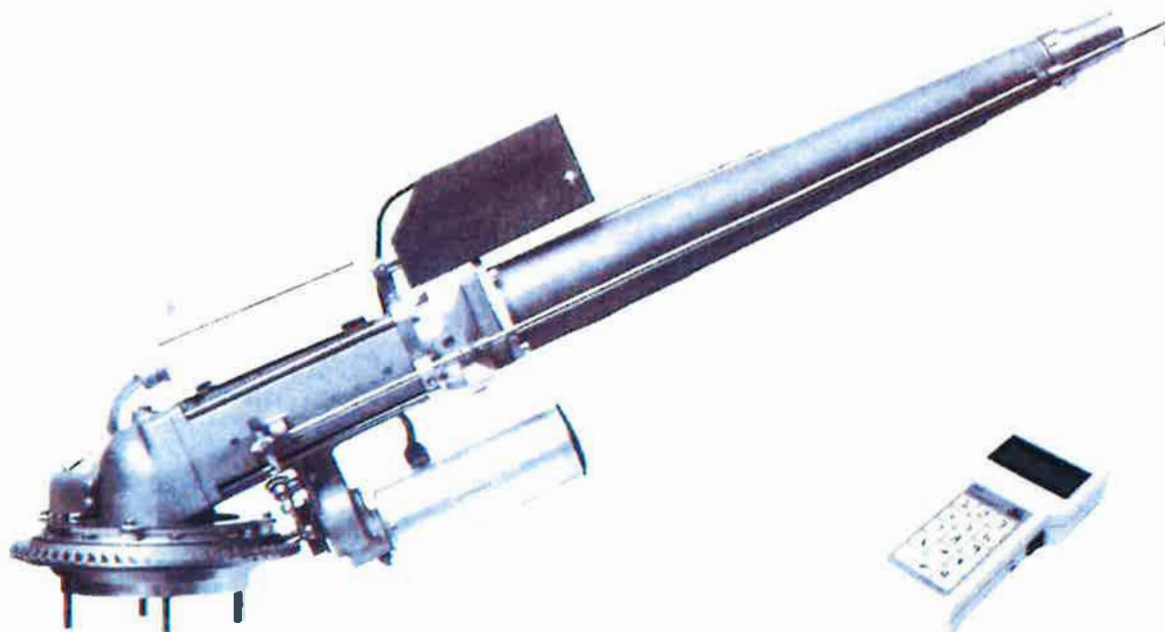
*Revolutionizing  
spray irrigation*

Revolution inden for  
kanoner til kunstvanding



**NODOLINI SPRINKLERS** di Nodolini Saverio  
Via Iotti, 55 - 42045 Luzzara (RE) - Italia  
Tel. +39 0522 977491 - Fax +39 0522 977491  
[info@nodolini.com](mailto:info@nodolini.com) - [www.nodolini.com](http://www.nodolini.com)





*The Jet Electronic series by Nodolini s.n.c. is revolutionizing the spray irrigation industry. The electromechanical series works with programmable electronic management and is controlled by means of a multi-function remote control. It is no longer necessary to move levers or mechanical references in order to choose an irrigation angle. All the above can be operated easily and safely by remote control: as it is no longer necessary to manoeuvre the irrigator. It is possible to set up the irrigation angle with the multifunction remote control clockwise and counterclockwise; you can also regulate the rotational speed that is no longer dependent on the working pressure and can be changed independently for each rotation direction. Thanks to the "Just-Angle" system, you can set up a trajectory angle that is better adapted to the irrigation culture; manually or automatically with settings contained in the multi-function remote control. The (built-in) wind sensor, automatically adjusts the trajectory ideally adapting to the wind speed. Nodolini s.n.c. has successfully blended the constructive experience of various irrigation levels with more advanced technology, guaranteeing a consistent and precise irrigation, simultaneously allowing the operator to work with maximum security. We are certain that this product effectively satisfies the demands of modern agriculture.*

Electronic Jet-serien fra Nodolini s.n.c. er en revolution inden for kunstvanding. Den elektromekaniske serie styres af programmerbare elektroniske data og betjenes af en multifunktionel fjernbetjening. Det er ikke længere nødvendigt at flytte løftestænger eller mekaniske dele for at vælge vandingspositionen eller for at justere vandingsvinklen. Dette styres nemt og sikkert af fjernkontrollen, og det er heller ikke længere nødvendigt at manøvrere vandingsmaskinen manuelt. Med den multifunktionelle fjernbetjening kan man indstille vandingsvinklen, så den bevæger sig enten med eller mod uret. Rotationshastigheden er uafhængig af arbejdsstrykket, og denne kan reguleres særskilt for hver rotationsretning. Takket være "Just-Angle"-systemet, kan man ved hjælp af fjernbetjeningen oprette en banevinkel, der er bedst mulig i forhold til kunstvanding. Den (indbyggede) vindsensor justerer automatisk banen i forhold til den aktuelle vindhastighed. Nodolini S.N.C. har med succes kombineret deres knowhow indenfor forskellige typer kunstvanding med mere avanceret teknologi – og derigennem sikret en ensartet og nøjagtig kunstvanding, hvor operatøren samtidig arbejder under maksimal sikkerhed. Vi er overbeviste om, at dette produkt lever op til de krav, der i dag stilles fra moderne landbrug.

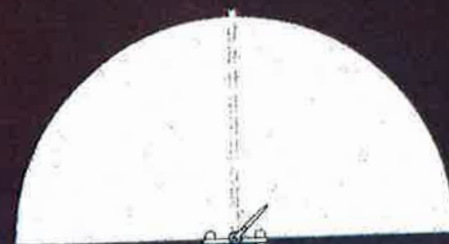


## Innovativ præcisionsvandning med Nodolini Electronic Jet



Systemet er i stand til automatisk at bedømme radius af vinklerne i forhold til jet-kanonens munding, både med og mod uret, under hensynstagen til de mulige laterale forhindringer, der skal undviges (gader, huse og så videre).

Du kan vælge vandingshastighed, indstille forskellige værdier for rækkevidden af de to vinkler og selv tilpasse deres respektive rotationer med uret og mod uret.



Figuren lige herover viser to indstillinger af vandingscyklussen: Første del, hvor jet-kanonen er rettet mod den selvkørende vandingsmaskine (øverste del af figuren) – og anden del, hvor der er en hurtig omstilling af jet-kanonen på en lille parcel, hvor slangen ligger (nederste del af figuren). Med high-speed på jet-kanonens omstilling kan du undgå at fugte det stykke jord, der gennemløbes af vandingsmaskinen.

Et målrettet, internationalt samarbejde mellem flere kompetente virksomheder indenfor kunstvandring er mundet ud i skabelsen af et nyt, integreret vandingsystem, hvor du selv kan styre og kontrollere vandingen.

Med en enkelt styreenhed, IrriMOP, kan du på én og samme tid styre både maskinens hastighed og vinklen på jet-kanonens rækkevidde. Du indstiller styreenheden inden vandingen starter, og derefter kan du desuden justere og ændre på indstillingen, mens maskinen kører. Det gør du ved hjælp den håndholdte multifunktions-enhed, HandyJet. Denne er kodificeret med et unikt serienummer for hver sprinkler.

Du behøver ikke at indstille vanderens placering på forhånd. Når du har indtastet data om det område, du skal have vandet, kan du programmere op til to forskellige sprøjtevinkler – både med og mod uret. Herefter er det muligt at indstille op til 16 arbejdsprogrammer, og for hver af dem kan du vælge mellem 8 arbejds-hastigheder. Hele vandingsprocessen kan styres ved hjælp af din mobiltelefon. Sikker vanding har aldrig før været så nemt.



**Nodolini**  
SPRINKLERS

Nodolini Sprinklers di Nodolini Saverio  
via C. Jotti, 55 - 42045 Luzzara (RE) - ITALY  
Tel. +39 0522 977491 - Fax +39 0522 977491  
[www.nodolini.com](http://www.nodolini.com) - [www.nodoliniusa.com](http://www.nodoliniusa.com)

**FASTERHOLT**

Plasentia Maastricht 4, A/B  
Estrada 22 - Fátimas 7330 Braco  
[www.fasterholt.de](http://www.fasterholt.de)



**NODOLINI's JET Electronic** kanoner er udstyret med et elektronisk styresystem, der fokuserer væsentligt mere på sikkerhed, funktionalitet og præcision end de regndråbesystemer, som i øjeblikket findes på markedet for kunstvanding. En **JET Electronic** kanon er et innovativt produkt, der giver dig mulighed for at styre dit vandingssystem, når og hvor du vil.

**JET Electronic** kanonerne leveres både med sol-panel og et batteri, så du uden problemer kan bruge jet-systemet i minimum 60 timer i tilfælde af manglende sollys. **IdroJET's** indre panel, som er monteret på sprinkleren, giver dig mulighed for at styre jet-kanonen gennem hvert step i vandingprocessen. Retning, intensitet og selv den længde på vandstrålen, der er passende for at få den mest optimale fordeling af vandingen på stedet.

Ved hjælp af sensorer, som er placeret på sprinkleren, er **IdroJET** i stand til løbende at registrere ændringer i arbejdsforholdene, som kræver en tilretning eller justering for at køre hensigtsmæssigt. **IdroJET** panelet omfatter endvidere et radio-frekvensmodul, der kan kommunikere med den elektroniske styreenhed **IrriMOP**, som er installeret på vandingsmaskinen.

Ved at de elektroniske anordninger arbejder sammen – **IdroMOP**, som vedrører pumpedelen, **IrriMOP**, der er relateret til vandingsmaskinen og **IdroJET**, som angår sprinkleren – får du kontrol over hele vandingen.

I tilfælde af uregelmæssigheder, vil det straks blive registreret og varslet af styreenheden **IrriMOP**, hvilket vil aktivere sikkerhedsprocessen for at beskytte dit anlæg.

Takket være GSM/GPRS-modulet er både arbejdskommandoer og driftsparametre tilgængelige fra både internettet og mobiltelefonen.

## FUNKTIONER

Ud fra det arbejdsprogram, der defineres når vandingsmaskinen bliver placeret i marken, kan **IdroJET** køre selvstændigt og undvige de forhindringer, som vandstrålen risikerer at møde.

Kortlægningen af de jordstykker, der skal vandes, er meget let. Den bygger på registrering af den afstand, strålerøret skal holde fra de forhindringer det møder, mens maskinen er på vej tilbage til sin oprindelige position, og desuden på den automatiske lagring af vandingsvinklernes værdier (med og mod uret) – begge i forhold til jet-kanonens position ved start og afslutning af vanding af et jordstykke.

Sammen med **IdroJet** styreenheden har du den håndholdte enhed, **HandyJet**, hvor du kan programmere alle de ovennævnte parametre og holde kontrol med hvert trin i vandingscyklussen. Takket være en 4,3 tommer TFT-grafik farveskærm og et touch-tastatur er betjeningen meget nem og handy. Bemærk desuden, at hvis du har ændringer til arbejdsprogrammet, kan du foretage justeringer selv mens maskinen er i drift.



**Nodolini**  
SPRINKLERS

Nodolini Sprinklers di Nodolini Saverio  
via C. Iotti, 55 - 42043 Luzzara (RE) - ITALY  
Tel. +39 0522 977491 - Fax +39 0522 977491  
www.nodolini.com - www.nodoliniusa.com

**FASTERHOLT**

OFFICIEL IMPORTØR OG  
DISTRIBUTØR I DANMARK

## Bilag 4. **Markplan – kort**

Marken vi brugte i 3 år som testmark var nr 8-0, og var på 11,40HA.- og der er markeret 4 vandingsspor ned over marken.



6-0  
7.94 ha

7-0  
4.47 ha

8-0  
11.40 ha

9-0  
3.00 ha

13-0  
3.86 ha

12-0  
2.61 ha

## Bilag 5. **Bommaskinen**

Fasterholt Vandingsmaskinen monteret med bom fra Briggs i England. Fysisk 72 meter i bredden- forsynet med nedadrettede dyser der sikrer optimal vanding selv om det blæser.

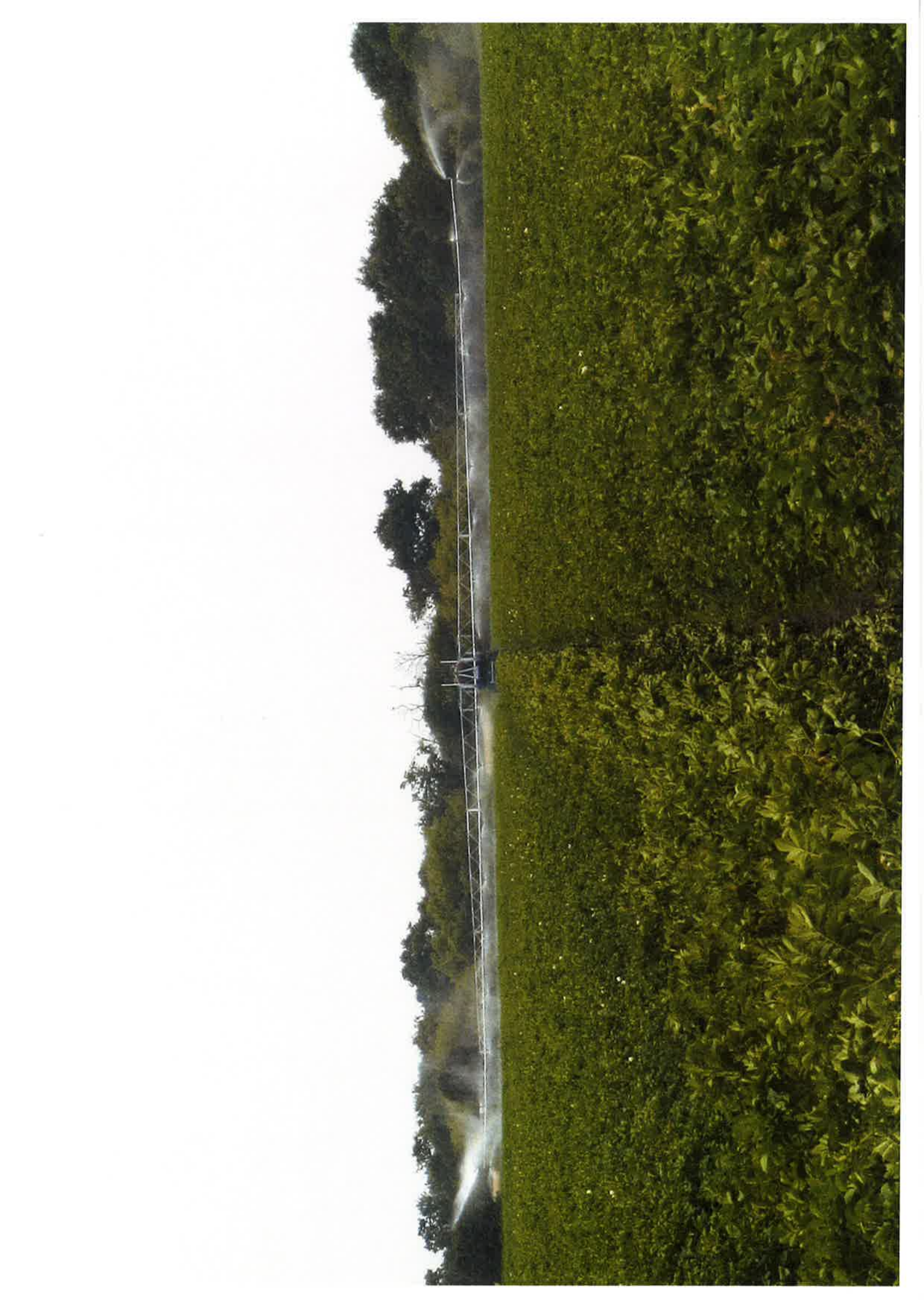
Bommen er halv hydralisk udklappelig, hvor den sidste udklapning må foregå manuelt.

Selve tårnet som bommen hænger i kan hæves op og ned hydraulisk, således at den ønskede højde kan opnås- feks i majs.













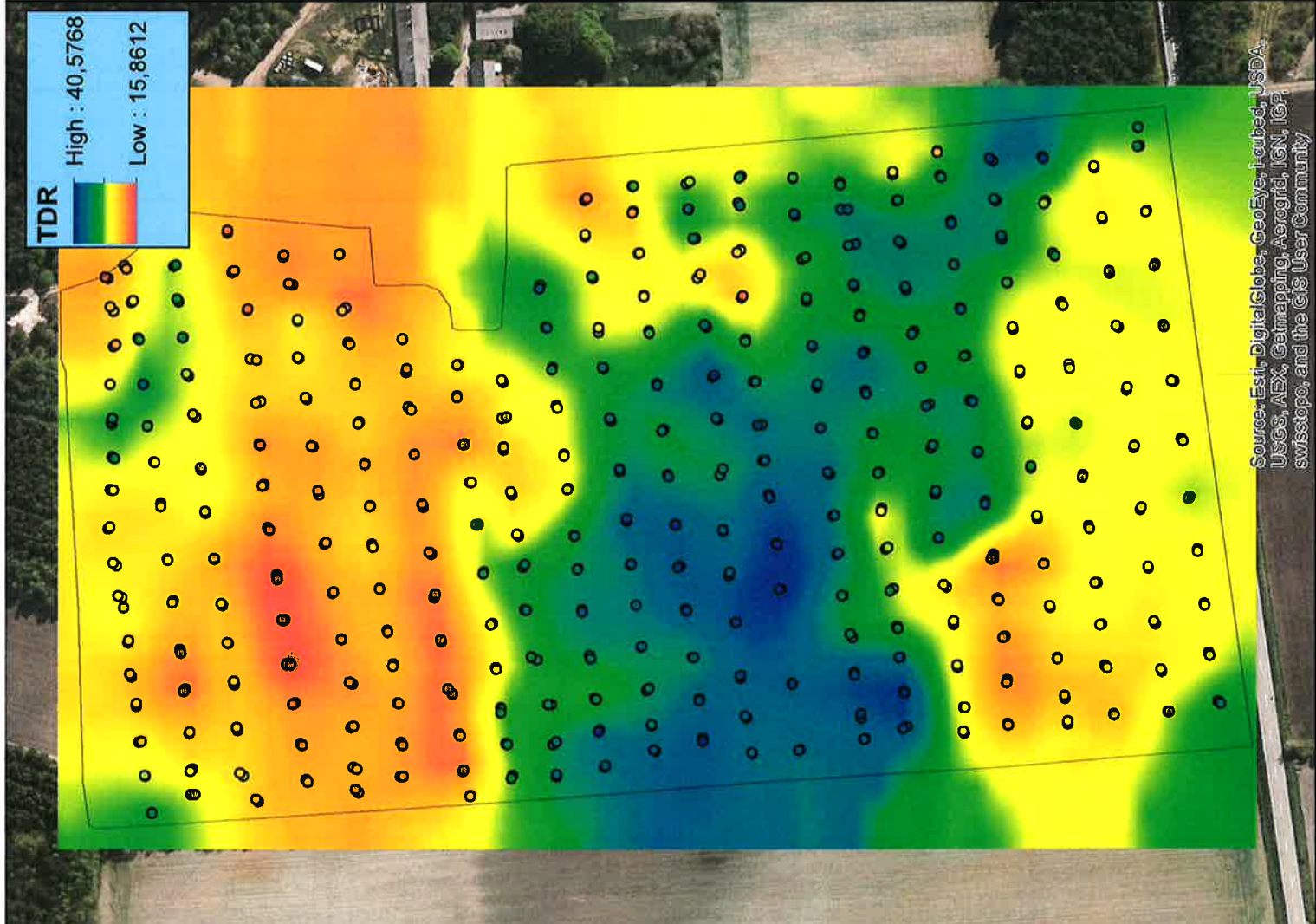
## Bilag 6. **Jordbundsundersøgelser, TDR-resultater**

Her vises et eksempel på vores testmark- hvor der er foretaget TDR-målinger. Hver ring er en måling. Viser jordens max vandindhold, og er bestemmende for hvor meget vand planten kan optage i vækstperioden.





Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aergrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community



Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aergrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community



## Bilag 7. **Wintex 2000** **- TDR-redskab**

Viser Wintes 2000- Måler vandtilgængeligheden af jorden, vha. de to spyd der presses ned i jorden. Der sendes en lille elektrisk impuls, og resultatet opfanges straks af noget måleudstyr, og så videre til næste prøvetagning.

### Soil moisture attachment to the Wintex 2000 series soil sampler

With the soil moisture attachment the Wintex 2000 turns into a unique multipurpose implement for both sampling soils and measuring soil water content to a maximum depth of 60 cm.

The change from soil sampling to soil moisture measurement only requires the change of tools and selection of the appropriate mode of operation. The time required for sampling soil moisture is close to the time required for taking a soil sample. The Wintex 2000 configured for soil moisture measurement is shown in Fig. 1.



Figure 1. The Wintex 2000 configured for soil moisture measurement and mounted on a standard farm tractor

The Wintex 2000 can be mounted on a range of vehicles including ATV's, other light vehicles and standard farm tractors.

For soil moisture measurement a special probe including two parallel steel rods has been developed. The length of the probes can be freely varied between 20 and 60 cm. Standard probes are 40 and 50 cm long. The attached soil moisture probe is shown in Fig.2.



Figure 2. The Wintex 2000 with soil moisture probe visible at the center of the figure.

The probe is hydraulically inserted into the soil in the same way as the soil sampler. Mean soil moisture content is measured to a depth equal to the length of the probe. Because the probe is vibrated - not simply forced - into the ground the probe has a long standing life also on difficult hard and stony soils. Damaged probes can easily be exchanged in the field.

Besides the probe a measuring instrument (TDR100 produced by Campbell Scientific, USA) and a handheld or other computer running the acquisition and analysis software is required. The principle of measurement is TDR, which stands for time domain reflectometry. TDR is a fast, flexible and precise way of measuring both soil moisture content and electrical conductivity within the same volume of soil. A very comprehensive introduction to TDR is provided by Robinson et al., 2003.

Soil moisture measurement is based on a general calibration function (Topp et al., 1980) suitable for almost all mineral soil types. Only soils with very high clay content or partly organic soils require special calibration. Also for the measurement of electrical conductivity a probe specific calibration is required. Calibration of TDR measurement of soil water content and electrical conductivity is discussed in Robinson et al., 2003. The software developed for mobile measurement of soil water content and electrical conductivity is introduced in Thomsen et al., 2007. The mobile TDR instrument developed by Thomsen et al., 2007, was used as platform for developing and testing the TDR attachment for the Wintex 2000 basis implement. A range of probe types were initially tested. The simple design including two flexible steel rods was found to be robust and superior to the other types tested.

The Wintex 2000 with TDR attachment was applied to a number of fields and the original design was changed slightly for better performance. Examples of water content and electrical conductivity measurements made within an approx. 10 ha agricultural field are shown as Figure 3 and Figure 4.

Measurements made in a spring barley field using a 40 cm probe. Water content high because of recent rainfall. The field is generally sandy with a depression with a significant clay content running across the field.

Bulk electrical conductivity primarily related to the clay and silt content of the soil. Water holding capacity of a soil also related to the fine soil fractions, here resulting in a high degree of correlation between the two types of measurement. Thomsen et al., 2007, showed that that TDR measurements of both water content and electrical conductivity closely correlated with the clay content of an agricultural field and clay content maps could be generated.

Mobile TDR measurements important for diverse applications in soil and crop sciences. The water content measurements shown in Fig. 3 collected as part of a precision irrigation project.

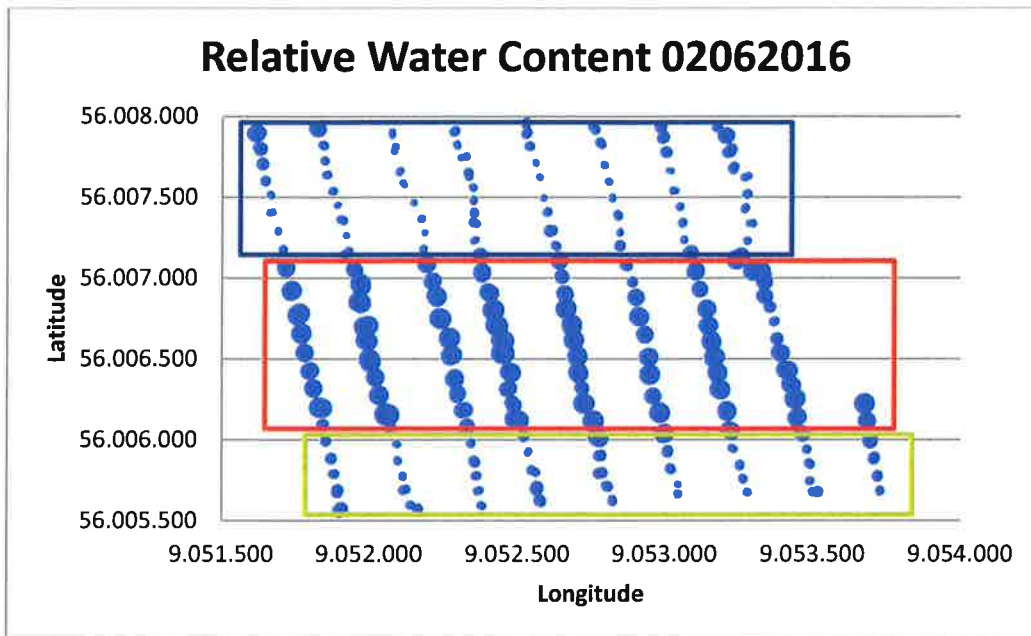


Figure 3. Relative water content measured on June 2, 2016. Water content range 10 – 35 vol. %. Area divided into three relatively uniform areas for individual irrigation.

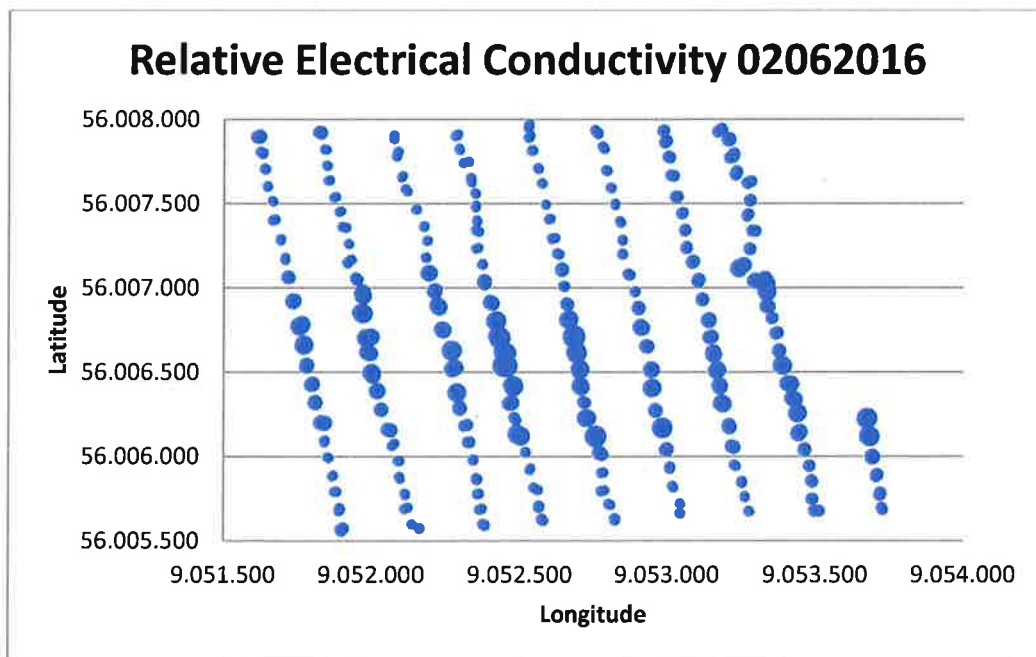


Figure 4. Relative electrical conductivity measured on June 2, 2016. Measurements not calibrated into bulk electrical conductivity.

Robinson, D.A., S.B. Jones, J.M. Wraith, D. Or, and S.P. Friedman. 2003. A review of advances in dielectric and electrical conductivity measurement in soils using time domain reflectometry. *Vadose Zone J.* 2:444-475.

Topp, G.C., J.L. Davis, and A.P. Annan. 1980. Electromagnetic determination of soil water content: Measurement in coaxial transmission lines. *Water Resour. Res.* 16:574-582.

Thomsen, A., K. Schelde, P. Drøschler, and F. Steffensen. 2007. Mobile TDR for geo-referenced measurement of soil water content and electrical conductivity. *Precis. Agric.* 8:213-223.















## Bilag 8. **Vandbalance-rapport**

Opsamling af data, og bearbejdsning, samt udarbejdelse af GIS filer, som så sendes tilbage til landmanden, således at han kan udføre korrekt vanding.

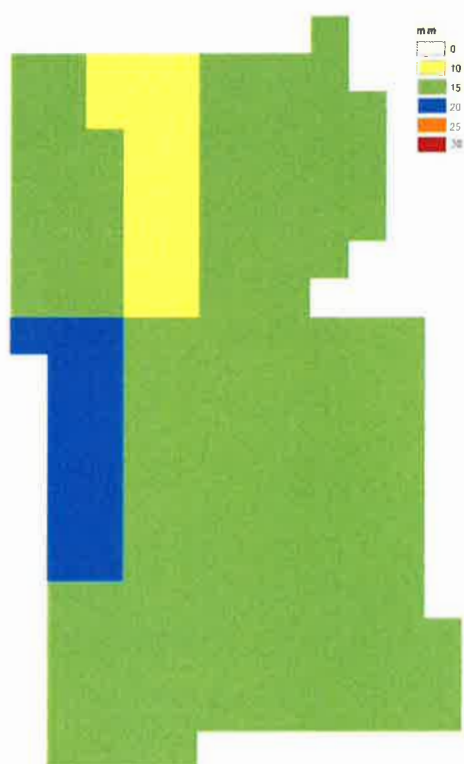
Sidste billede er en sådan fil over vores testmark.

## Nye landvindinger i projekt med tilskud fra Naturstyrelsen

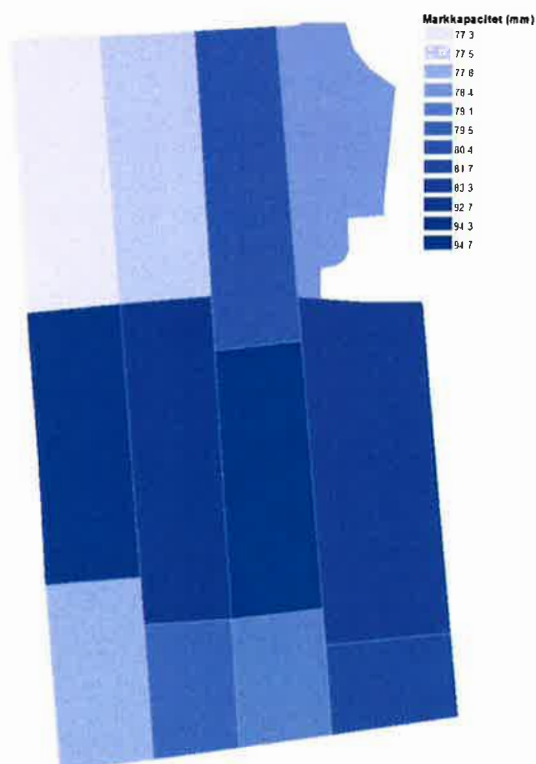
Projektets titel: Præcisionsvanding med kanon og bom

Journal nr. på tilsagn: NST-404-00200

Aarhus Universitet har bidraget med udvikling af en vandbalance model (Annex 1), der afvikles i et GIS system. Modellen afvikles dagligt og opdateres automatisk med målte klimadata og en 5-døgns vejrprognose. Systemet testes for andet år i en forsøgsmark ved Karup. Vandingsbehovet (Fig.1) baseres på vandbalancemodelberegninger og vejrforudsigelser, og beregningerne gennemføres på en server ved AU. Disse tal leveres digitalt til Fasterholt, der herefter kan programmere deres vandingsmaskine således at marken vandes med forskellige mængder afhængig af jordens vandholdende evne (Fig. 2).



Figur 1. Vandingsbehov på testmarken



Figur 2. Markkapacitet for testmarken

## Annex 1. Vandbalance til MUDP projektet præcisionsvanding (version 5)

Af Finn Plauborg

Denne rapport beskriver ligninger til et forsimplet Vandregnskabsprogram (Water-mini), der kan håndtere input fra Point Weather generator (fra Seges), mobilt TDR (AgroSens) og italiensk (Nodolini) Webservice med vandingsmængder, således at der etableres en daglig vandbalance i 10x10m felter (vandingsfelter) gældende for en grovsandet mark (Fasterholt-mark) ca. 600x30 m<sup>2</sup>, hvor der dyrkes vårbyg i 2015. Marken og de x antal vandingsfelter forudsættes at allerede være georefererede.

Water-mini udvikles i det mest nærliggende og nutidigt værktøj, f.eks. Arc-Info GIS eller andet. Resultaterne skal være georefererede, enten ved 10x10m felternes centrum eller hjørnekoordinater. Med det tidligere softwarefirma var det aftalt at skulle være en shape fil.

Water-mini vandbalancen afvikles dagligt ved Agro og der dannes forskellige typer output. Et væsentligt output er angivelse af vandingsbehov angivet i mm for hvert af de eksisterende vandingsfelter. Dette vandingsbehov omsættes til fysiske signaler der skal styre vandmængde og position af en intelligent vandingskanon, der er monteret på Fasterholts vandingsmaskine. Agros Web-server modtager de aktuelle vandingsfelters vandingsmængder, der så bliver input til næste dags vandbalanceberegning.

Vandbalancens afvikles fra 1. marts til 1. september. Da den valgte afgrøde på marken ikke spirer frem førend en gang sidst i april afvikles de ligninger der beskriver vårbyggs vækst og udvikling først ved datoen for observeret fremspiringstidspunkt. Ligningerne der implementeres i Water-mini er beskrevet i det følgende følger den syntaks der er benyttet i beretning S2113, ligesom der henvises til tabeller i samme rapport.

### Data input og output til Water-mini

Der dannes dagligt i perioden 1. marts til 1. september en klimafil (Klim-målt) med målte data for vores Fasterholt-mark. I filen indgår lufttemperatur og referencefordampning (Makkink) fra AGROs 20x20km klimagrid mens nedbør hentes fra Agros 10x10 klimagrid. De målte klimadata leveres til Water-mini i en fil med formatet dato t (YYMMDD eller dagnummer i året),  $T$  (Temperatur, °C),  $E_p$  (Makkink-fordampning, mm) og  $P$  (nedbør, mm). Denne fil leveres hver dag efter kl 12 middag af til en for Water-mini fornuftigt datasti.

Ligeledes ca. kl 12 middag hver dag i perioden afleverer en af designet ny Point Weather webservice der trækker på Seges daglig vejrforudsigelser for vores mark gældende for afviklingsdatoen og fem dage frem. Disse data lægges i en fil (Klim-gæt), der dagligt overskrives og lægges på en for Water-mini fornuftigt datasti. Formatet for filen er dato t (YYMMDD eller dagnummer i året),  $T$  (Temperatur, °C),  $E_p$  (Makkink-fordampning, mm),  $P$  (nedbør, mm),  $R_g$  (GlobalStr., MJm<sup>-2</sup>). Hvis Makkink fordampningen ikke er en del af Webservicen skal formelen til denne beregning ske i Water-mini.

Output til og input fra Nodolini beskrives nærmere når Nodolini melder tilbage om hvordan de ønsker formatet

### Ligninger i Water-mini og rækkefølgen for den daglige afvikling

I det følgende beskrives tre sæt af ligninger: Vandbalance, Temperatursum og Afgrødeudvikling. Vandbalanceligningerne afvikles hver dag i perioden 1. marts til 1. september, hvorimod Temperatursum og Afgrødeudvikling først afvikles dagligt, når afviklingsdatoen ( $t$ ) er større end eller lig med vårbyggets fremspiringsdato ( $t_0$ ), der angives af FASTERHOLT.

#### Temperatursum

Temperatursummen  $S_a^b$  beregnes fra dato a til b og påbegyndes altså først når programafviklingsdatoen er større end eller end vårbyggets fremspiringstidspunkt og den bruges til at regulere modelleringen af vårbyggets vækst og dermed vandbehov. Ligningen for temperatursummen  $S$ , der afvikles dagligt er så

$$S_{t_0}^t = \sum_{i=t_0}^t T_i \quad (1)$$

hvor  $t$  programmets afviklingsdato,  $t_0$  er fremspiringsdatoen og  $T_i$  er lufttemperatur på dag  $i$

#### Afgrødeudvikling

Afgrødeudviklingsligninger beskriver:

overjordisk bladareal ( $L_g$ ), der er medbestemmende for hvor meget vand vårbyggen fordampner

roddybde ( $z_r$ ), der bestemmer hvor meget vand der er til rådighed til fordampning

Bladarealligningen er

$$L_g = \begin{cases} L_{ge} + (L_{gx} - L_{ge}) \left\{ \frac{\exp\left(2.4 \frac{S_{t_0}^t - S_{Le}}{S_{Lx} - S_{Le}}\right) - 1}{10} \right\} & t_0 \leq t < t_{S_{Lx}} \\ L_{gx} & t_{S_{Lx}} \leq t < t_{S_{Lr}} \\ L_{gx} - (L_{gx} - L_{gm}) \left( \frac{S_{t_0}^t - S_{Lr}}{S_{Lm} - S_{Lr}} \right) & t_{S_{Lr}} \leq t < t_{S_{Lm}} \\ 0 & t_{S_{Lm}} \leq t \end{cases} \quad (2)$$

hvor

$L_g$  er bladarealindeks på dag  $t$

$L_{gv}$  er  $L_g$  ved vårbyggets fremspiring = 0

$L_{ge}$  er  $L_g$ , hvor  $L_g$ 's vækstrate ændres fra konstant til eksponentiel = 0

$L_{gx}$  er maksimal  $L_g = 5$

$L_{gm}$  er  $L_g$  ved fuld modenhed = 0

$S_{t_0}^t$  er aktuel temperatursum på datoen  $t$ , ( $^{\circ}\text{C}$ )

$S_{Le}$  er temperatursum krav, hvor  $L_g$ 's vækstrate ændres fra konstant til eksponentiel = 0  $^{\circ}\text{C}$

$S_{Lx}$  er temperatursum krav for maksimal  $L_g = 400$   $^{\circ}\text{C}$

$S_{Lr}$  er temperatursum krav, hvor  $L_g$  begynder at aftage = 1070  $^{\circ}\text{C}$

$S_{Lm}$  er temperatursum krav, hvor væksten stopper og  $L_g$  bliver nul = 1479  $^{\circ}\text{C}$

$t_{S_{Le}}$ ,  $t_{S_{Lx}}$ ,  $t_{S_{Lr}}$  og  $t_{S_{Lm}}$  er beregnet på grundlag af temperatursummerne  $S_{Le}$ ,  $S_{Lx}$ ,  $S_{Lr}$  og  $S_{Lm}$  og startdatoen  $t_0$ .

Rodudvikling beskrives ved:

$$z_r^* = \begin{cases} 0 & t < t_0 \\ \min[z_x, \max[z_v, c_r(t - t_0)]] & t_0 \leq t < t_{S_{Lm}} \end{cases} \quad (3)$$

hvor

$z_r$  er effektiv roddebde (mm),

$z_0$  er effektiv roddebde før fremspiring = 0 mm,

$z_v$  er start roddebde = 55 mm,

$z_x$  er maksimal roddebde = 500 mm,

$c_r$  er rodvæksthastighed = 15 mm dag<sup>-1</sup>,

$t - t_0$  er antal dage efter fremspiring,

$S_{Lm}$  er temperatursum krav, hvor væksten stopper = 1479  $^{\circ}\text{C}$ .

### Vandbalanceligningerne vist for felt 1

Nu er vi så klar til vandbalanceligningerne, der gennemløbes for alle dage i perioden 1 marts til 1. september og alle 10x10 felter Til en start anvendes MobilTDR tal fra Anton, idet vi her har målinger af alle

10x10 felters vandindhold. Disse målinger er givet som vandindhold i volumenprocent vil jeg tro, f.eks. vandindhold i felt 1 er givet som  $\theta_1 = 12$  vol%. (Hvis Antons tal er angivet som 0.12, så skal der ikke divideres med 100 i ligning 4 nedenfor). Disse tal skal vi bruge til at beregne feltets rodzone kapacitet  $C_r$ .

**Før det første gennemløb af Water-mini** skal reservoir variablene sættes til nogle faste startværdier:

Roddybden  $z_r$  sættes til 0 mm,

Aktuelt vandindhold i rodzone  $V_r$  sættes til startkapacitet i rodzone  $C_r$ ,

Aktuelt vandindhold i underjord under rodzone  $V_b$  sættes til startkapacitet  $C_b$ ,

Aktuelt vandindhold i evaporationsreservoir  $V_e$  sættes til  $C_e = 6.0$  mm.

Aktuelt vandindhold i "øvre imaginære rodzone reservoir"  $V_u$  og kapaciteten af dette reservoir  $C_u$  sættes til 0 mm.

Definition af endnu kendte variable fremgår af ligningerne nedenfor.

Herefter beregnes den daglige vandbalance 1 marts og efterfølgende dage ved at gennemløbe alle ligninger nedenfor, afsluttende med beregning af dagens vandingsbehov.

Med udgangspunkt i felt 1 beregnes  $C_r$  ved:

$$C_r = \begin{cases} \max[C_e, \frac{\theta_1}{100} z_r] & z_r \leq z_0 \\ \frac{\theta_1}{100} z_0 + \frac{\theta_1}{100} (z_r - z_0) & z_r > z_0 \end{cases} \quad (4)$$

hvor

$z_r$  er effektiv roddybde (mm),

$C_e$  er 6 mm,

$z_0$  er dybden af overjorden = 300 mm.

Kapaciteten for vandindholdet i underjorden under rodzonen  $C_b$  ved

$$C_b = \frac{\theta_1}{100} z_x - C_r \quad (5)$$

$V_r = C_r$  og  $V_b = C_b$

Bemærk  $C_r$  og  $C_b$  opdateres igen i ligning 8 og 9 baseret på tilvækst i roddybden ( $z_r^* - z_r$ ) Vandbalanceligningerne holder styr på det aktuelle vandindhold i nogle reservoir, der er medbestemmende for hvor stor den aktuelle fordampning kan blive. Det hele starter med at beregne hvor en vandfordampning det aktuelle klima kræver. Denne størrelse er input til vores model og beskrives ved



Maksimal potentiel fordampning  $E_p$ . Denne størrelse fordeles så der bliver et krav jorden  $E_{pe}$  og til planternes transpiration  $E_{pc}$ :

$$E_{pe} = E_p \exp(-k_p L_g) \quad (6)$$

$$E_{pc} = E_p - E_{pe} = E_p [1 - \exp(-k_p L_g)] \quad (7)$$

hvor

$k_p$  er 0.6,

og  $L_g$  er bladarealindekset (se ligningen ovenfor).

Næste skridt er at reservoir variablene  $V_r$ ,  $C_r$ ,  $V_b$  og  $C_b$  dagligt opdateres svarende til den nye roddybde. Herved får disse variable \* tilføjet deres betegnelse og fungerer som midlertidige hjælpe-variable. Kapaciteterne beregnes efter ligning 4 og 5. På en given dag beregnes det nye vandindhold på en given dag i disse reservoirer ved:

$$C_r^* = \begin{cases} \max[C_e, C_r + \frac{C_r}{z_r}(z_r^* - z_r)] & z_r \leq z_0 \\ C_r + \frac{C_r}{z_r}(z_r^* - z_r) & z_r > z_0 \end{cases} \quad (8)$$

$$C_b^* = \frac{\theta_1}{100} z_x - C_r^* \quad (9)$$

$$V_r^* = \begin{cases} V_r + (C_r^* - C_r)V_r/C_r & C_r^* \leq C_r \\ V_r + (C_r^* - C_r)V_b/C_b & C_r^* > C_r \end{cases} \quad (10)$$

$$V_b^* = V_b - (V_r^* - V_r) \quad (11)$$

Derefter sættes

$$V_r = V_r^* \quad (12)$$

$$V_b = V_b^* \quad (13)$$

$$C_r = C_r^* \quad (14)$$

$$C_b = C_b^* \quad (15)$$

Vandbalance ligningerne køres som et bogholderi system, så der ved hvert dagligt tidsskridt tilføres nedbør mængden  $P$  (mm) og vandingsmængde  $I$  (mm) til jordens reservoir.

$$V_e^* = V_e + P + I \quad (18)$$

$$V_r^* = V_r + P + I \quad (19)$$

$$V_e = V_e^* \quad (20)$$

$$V_r = V_r^* \quad (21)$$

Den aktuelle evaporation fra jordoverfladen antages at foregår med potentiel hastighed, så længe der er vand i evaporationsreservoiret. Hvis denne betingelse ikke er opfyldt trækkes der vand fra rodzone og subzone med en hastighed svarende til  $c_e E_{pe}$ , dvs.

$$E_{ae} = \begin{cases} E_{pe} & V_e \geq E_{pe} \\ c_e E_{pe} (V_r + V_b) / (C_r + C_b) & V_e < E_{pe} \cap E_{pe} \leq V_r + V_b \\ 0 & V_e < E_{pe} \cap E_{pe} > V_r + V_b \end{cases} \quad (22)$$

hvor

$c_e$  er en jordtypeafhængig basisevaporationsfaktor, her lig = 0.08.

Jordevaporationen trækkes først fra rodzonen. Hvis den er udtørret trækkes det fra underjorden.

$$V_e = \min[C_e, (V_e - E_{ae})_+] \quad (23)$$

$$V_r^* = (V_r - E_{ae})_+ \quad (24)$$

$$V_b^* = (V_b - E_{ae} + V_r - V_r^*)_+ \quad (25)$$

$$V_r = V_r^* \quad (26)$$

$$V_b = V_b^* \quad (27)$$

Også det "imaginære reservoir" justeres

$$V_u^* = (V_u + P + I - E_{ae})_+ \quad (28)$$

$$C_u^* = \min[C_r, C_u + (P + I - E_{ae})]_+ \quad (29)$$

$$V_u = V_u^* \quad (30)$$

$$C_u = C_u^* \quad (31)$$

Fordampningen fra afgrøden (transpirationen) er afhængig af jordens vandindhold i rodzonen, men også fra vandindholdet i det "imaginære reservoir", der holder styr på de små vandmængder der ligger øverst i jorden og derfor ikke fugter hele rodzonen op. Transpirationen beregnes derfor for begge reservoir og den der fordamper mest "vinder".

$$E_{aTr} = E_{pc} \left(1 - \left[\frac{C_r - V_r}{C_r}\right]^{\frac{c_T}{E_{pc}}}\right) \quad (32)$$

$$E_{aTu} = E_{pc} \left(1 - \left[\frac{C_u - V_u}{C_u}\right]^{\frac{c_T}{E_{pc}}}\right) \quad (33)$$

hvor  $c_T$  er en transpirationskonstant, her = 12.0.

Den endelige transpiration bliver så

$$E_{aT} = \min[V_r, [E_{aTr}, E_{aTu}]] \quad (34)$$

Den aktuelle transpiration trækkes herefter fra både det "imaginære reservoir" (hvis indholdet er større end nul) og i selvfølgelig fra rodzonereservoaret.

$$V_u^* = (V_u - E_{aT})_+ \quad (35)$$

Maybe here  $V_u^* = \max[3 \cdot E_{aT}, 0]$

$$V_u = V_u^* \quad (36)$$

Kapaciteten i det " imaginære reservoir" justeres

$$C_u = V_u \quad (37)$$

Ligeledes justeres rodzonevandindholdet

$$V_r^* = (V_r - E_{aT})_+ \quad (38)$$

$$V_r = V_r^* \quad (39)$$

Den samlede fordampning bliver så (sum af ligning 18 og 30)

$$E_a = E_{ae} + E_{aT}$$

Hvis jordens vandindhold efter fordampning overstiger markkapacitet, antages den overskydende vandmængde at dræne af med konstant hastighed. Dræningskonstanterne  $k_{gr}$  og  $k_{qb}$  er jordtypeafhængige og defineret for lagtykkelser svarende til den maksimale roddybde og tilpasses den aktuelle jordlagstykkelse ved en lineær tilnærmelse:

$$D_r = [k_{qr} + (1 - k_{qr}) \frac{z_x - z_r^*}{z_x}] (V_r - C_r)_+ \quad (40)$$

$$D_b = [k_{qb} + (1 - k_{qb}) \frac{z_r^*}{z_x}] (V_b + D_r - C_b)_+ \quad (41)$$

hvor

$D_r$  og  $D_b$  (mm) er henholdsvis dræning ud af rodzonen og underjorden.  $k_{gr}$  og  $k_{qb}$  er begge lig 0.6.

Som afslutning på det daglige ligningsgennemløb justeres vandindhold i rodzone og underjord for den beregnede dræning:

$$V_r^* = (V_r - D_r) \quad (42)$$

$$V_r = V_r^* \quad (43)$$

$$V_b^* = (V_b + D_r - D_b) \quad (44)$$

$$V_b = V_b^* \quad (45)$$

$$z_r = z_r^*$$

Der vurderes herefter hvort stort et vandunderskud der er i en eller flere vandingsfelter på datoen for Water-mini's afvikling, og der foreslås vanding  $I_f$  (mm) efter følgende kriterie

$$I_f = \begin{cases} 0 & V_u \geq E_{aT} \\ C_r - V_r & C_r - V_r \geq 15 \\ 0 & C_r - V_r < 15 \end{cases} \quad (46)$$

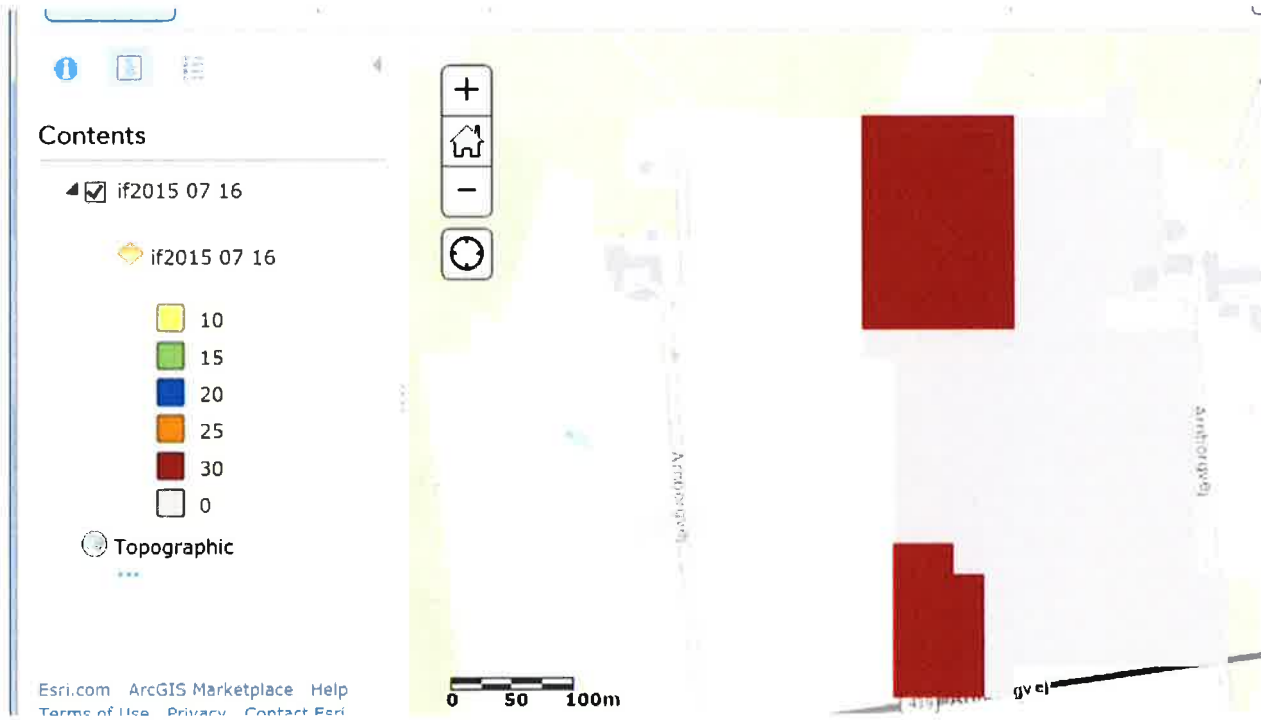
Ved næste dagligt gennemløb af Water-mini, skal vores vandingsforslag, så erstattes af aktuelle vandingsmængder  $I$  (mm) angivet for de vandingsfelter marken består.



## Pakke 5

Som tidligere beskrevet har AGRO ved AU leveret digitale data, i form af kort og tal, således at testmarken vi har arbejdet på kan præcisionsvandes

Nedenfor vedlagt eksempler herpå fra 2015



Her en link til kort vi har leveret til 2016, hvor der dog ikke var vandingsbehov

[https://www.arcgis.com/home/search.html?q=if2016\\*](https://www.arcgis.com/home/search.html?q=if2016*)

## Pakke 6

AU har deltaget i fortolkning af vandingsresultater fra testmarken

## Høstresultater

Udbytte målt på mejetærskeren med et digitalt fold-meter.

Det er data direkte fra mejetærskeren, som er tegnet ud på et kort.

Viser lidt variation, men ikke noget nævneværdigt, når vi snakker om salgbar vare.

## Bilag 10. Nodolini Testing

Her i 2017 har vi testet Nodolini kanonen, med noget GPS styret drejestyringsforsøg, og noget placeringsstyring, som har givet nogle fine resultater.

Med drejekontrol går vi fra 55mm til 30mm. Og vi ser hvor tæt man følger markkanten på det nederste billede.

Individuel sector irrigation. Her ses hvordan vandet bliver fordelt meget bedre med den nye styring på, og der kommer ikke så meget overlap af vandet- giver besparelser på vandforbruget.

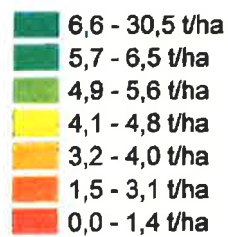
# FORSØG - 2014 Barley (Spring): Høstning

## Tør afgrøde udbytte

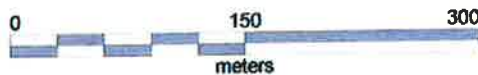
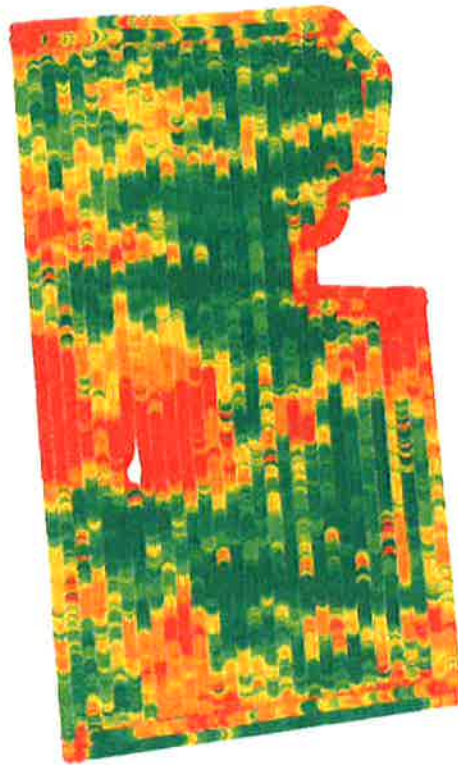


0 100 300  
meters

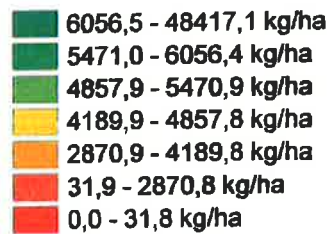
**Kunde:** STEFFEN BJERRE  
**Gård:** NR 34  
**Mark:** FORSØG  
**Afgrøde:** 2014 Barley (Spring)  
**Navn:** FORSØG - Høstning  
**Type:** Høstning  
**Areal:** 12,88 ha  
**Start dato:** 06-08-2014 12:12  
**Slut dato:** 06-08-2014 16:50  
**Timetal:** 4,6 ti  
**I brug:** 3,5 ti  
**Høst:** 54,128 t  
**Gennemsnit:** 4,20 t/ha



# ISØG - 2015 Barley (Spring): HøstningFORSØG - 2015 Barley (Spring): Høst Masse udbytte

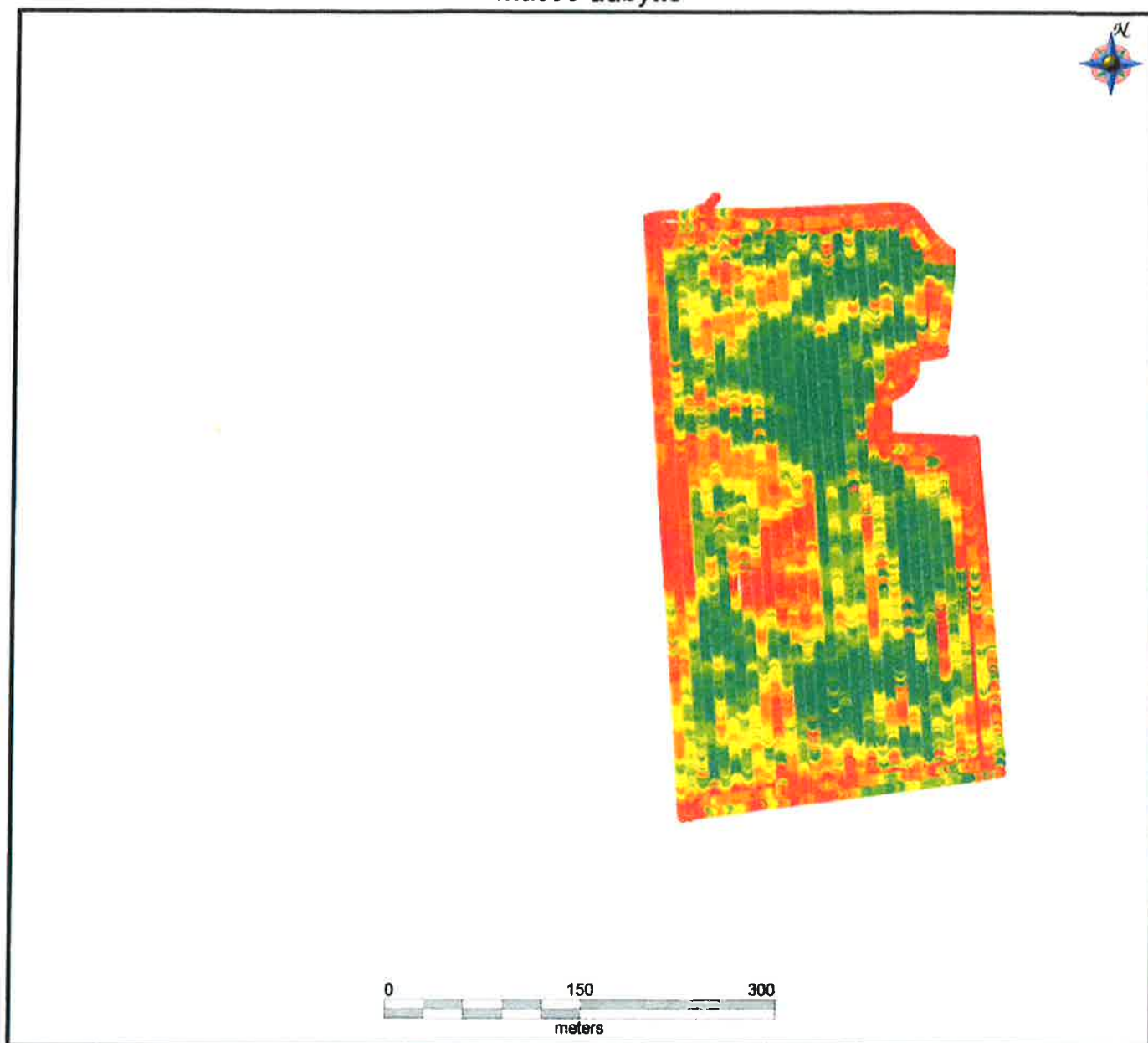


**Kunde:** STEFFEN BJERRE  
**Gård:** NR 34  
**Mark:** FORSØG  
**Afgrøde:** 2015 Barley (Spring)  
**Navn:** 15/09/10-12:55:55  
**Type:** Høstning  
**Areal:** 12,04 ha  
**Start dato:** 10-09-2015 12:55  
**Slut dato:** 10-09-2015 17:06  
**Timetal:** 4,2 ti  
**I brug:** 3,2 ti  
**Høst:** 52,293 t  
**Gennemsnit:** 4,34 t/ha

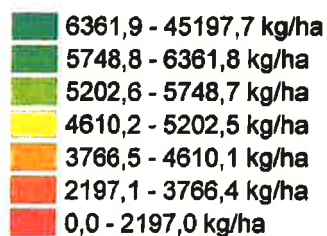




pring): HøstningHØST 2017 - 2016 Barley (Spring): HøstningHØST 2017 - 2016  
Masse udbytte

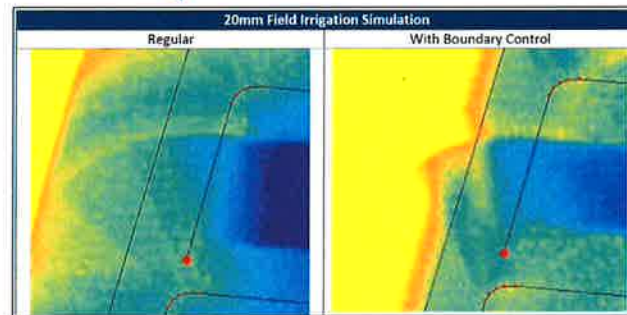
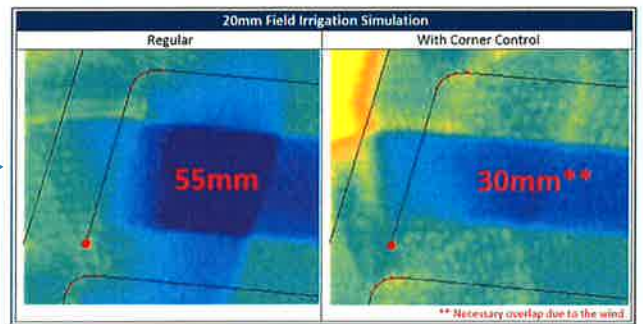


**Kunde:** STEFFEN BJERRE  
**Gård:** HØST 2017  
**Mark:** HØST 2017  
**Afgrøde:** 2016 Barley (Spring)  
**Navn:** 16/08/18-00:28:13  
**Type:** Høstning  
**Areal:** 12,45 ha  
**Start dato:** 18-08-2016 00:28  
**Slut dato:** 18-08-2016 04:55  
**Timetal:** 4,5 ti  
**I brug:** 3,3 ti  
**Høst:** 50,459 t  
**Gennemsnit:** 4,05 t/ha



# Feature Overview

- Curve Irrigation Control
- Field Boundary Control

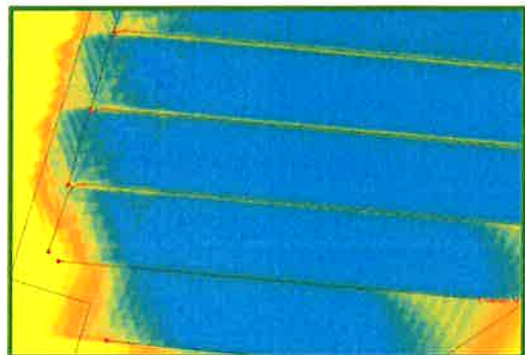


# Feature Overview

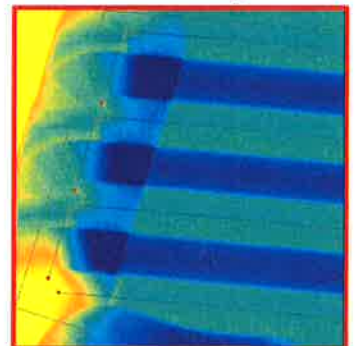
Individual Precipitation to  
different **Soil Structures!**

- **Optimized Start- and End-Irrigation**
- **Individual Sector Irrigation**

Precipitation with Irrigation Control



Without...



### **Præcisionsvanding med kanon og bom**

God vandingsstyring kombineret med god arealmæssig tildeling af vandingsvandet er vigtig for både udbyttens niveau og kvalitet, forbrug af vand og energi samt tab af kvælstof til grundvandet. Formålet med projektet var derfor at videreudvikle, implementere, evaluere og demonstrere ny vandingsteknik, der muliggør en bedre arealmæssig fordeling af vandingsvandet samt styring af den tildelte mængde afhængig af afgrøde, jordbund og klima. Projektet har identificeret to teknologier, der vurderes væsentlige for at imødekomme ønsket om at udnytte vandingsvand bedst muligt: Den Elektroniske Kanon og vanding med spredebom.



Miljøstyrelsen  
Tolderlundsvej 5  
5000 Odense C  
[www.mst.dk](http://www.mst.dk)