



Udvikling af nye risikomodeller for Septoria (Zymoseptoria tritici) i vinterhvede

BEKF nr. 168

Februar 2017

Udgiver: Miljøstyrelsen

Forfattere:

Jens Bligaard

Lise Nistrup Jørgensen

Jørgen Axelsen

Jens Grønbech Hansen

Jens Erik Ørum

Sanmohan Baby

Ghita Cordsen Nielsen

ISBN: 978-87-93529-68-7

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. 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

Forord	5
Sammenfatning	6
Summary	8
1 Introduktion	11
1.1 Formål	11
1.2 Projekt mål	11
1.3 Baggrund	12
2 Septoria'sbiologi	14
2.1 Beskrivelse af patogenet	14
2.2 Sygdomscyklus og epidemiologi.....	16
2.3 Sygdomshåndtering	18
2.4 Specifikke klimaparameters betydning for Septoria	20
3 Eksisterende Septoria modeller	21
3.1 Eksisterende Septoria modeller	21
3.2 Beskrivelse af Planteværn online	22
4 Vejrdata og vejrprognoser til Septoria-modeller	24
4.1 Indledning	24
4.2 Stationsgrundlag – DMI stationer	24
4.3 Datagrundlag og måling af fugtighed og dugdannelse	25
4.4 Udvikling af prognosemodel for bladfugt ved DMI	27
5 Klimadatat platformen	34
5.1 DMI's nationale vejrobservationer og -prognoser	34
5.2 Dataflow ved kald af klimadatat platformen	35
6 Såtidspunktets betydning for Septoria	36
6.1 Indvirkning af såtidspunkt på angreb af Septoria.....	36
6.2 Litteraturstudier og parvise observationer fra projektet.....	37
6.3 Konklusion om såtidspunktet	39
7 Fugtighedsmodellen	51
7.1 Anvendte klimaparametre i modellerne	51
7.2 Beregning af sæsonstart	52
7.3 Forskellige risikoscenarier	53
7.4 Resultater fra forskellige scenarier – Beregnet antal behandlinger for forskellige strategier - sensitivitet beregninger	54
7.5 Modelkørsel i 2014 og 2015	59
7.6 PC-plattform til modelafprøvning	62
7.7 Konklusion	66
8 SeptoriaSIM	67
8.1 Mål og krav til modellen	67
8.2 SeptoriaSIM beskrevet i ord	67
8.3 Vinterhvede vækstmodellen	67

8.4	Modellering af Septoriasmitte og angrebsgrad.....	69
8.5	SeptoriaSIM beskrevet i matematiske termer	70
8.6	Kalibrering	72
8.7	Konklusion	74
9	Validering af nye Septoriamodeller.....	75
9.1	Beskrivelse af vejret i 2014 og 2015	75
9.2	Vejret maj og juni 2014.....	75
9.3	Vejret maj og juni 2015.....	75
9.4	Afprøvning af modeller på AU i 2014 og 2015.....	77
9.5	Resultat af forsøgsafprøvningen på AU, Flakkebjerg.....	77
9.6	Afprøvning af modeller på SEGES i 2014 og 2015	82
9.7	Resultat af forsøgsafprøvningen hos SEGES.....	82
9.8	Konklusion af forsøgene	85
10	Miljøpåvirkning fra valg af fungicider	86
10.1	Introduktion.....	86
10.2	Rangordning af fungicider brugt i korn.....	87
10.3	Problemer relateret til fungicidresistens	90
10.4	Konklusion	91
11	Visualisering i varslingsammenhæng.....	91
11.1	Muligheder for visualisering.....	91
12	Diskussion og konklusion.....	93
12.1	Varslingsmodellerne	93
12.2	Vejrdata og klimadatatpladform	95
12.3	Afprøvningen i marken.....	95
12.4	Samlet konklusion.....	96
13	Perspektivering.....	98
13.1	Perspektivering.....	98
14	Referencer.....	99
	Bilag A Lokal vejrstation	1

Forord

Nærværende projekt (J. nr.: MST-667-00139) er gennemført som et samarbejdsprojekt mellem AU, KU og SEGES under Miljøstyrelsens forskningsprogram til understøttelse af grundlaget for udvikling af monitorings- varslings- beslutningsstøttesystemer i perioden 2013 – 2015. Den praktiske dataindsamling og afprøvningen i felten er gennemført ved AU og ved forsøgsheder i de lokale landøkonomiske foreninger i DLBR i regi af Landsforsøgene® og med assistance fra AgroTech. Der skal her rettes en tak til alle, der har medvirket til dataindsamlingen, markregistreringerne, opsætning, korrekturlæsning mv. i forbindelse med projektets gennemførelse og afrapportering.

Sammenfatning

Septoria (*Zymoseptoria tritici*) er den økonomisk mest betydende bladsygdom i dansk hvedeproduktion og giver typisk udbyttetab på mellem 5-20 % i en ubehandlet afgrøde. Fungicidforbruget i vinterhvede er betydeligt og står for 20 pct. af den samlede pesticidbelastning i landbrugsafgrøder.

Det har været formålet med projektet at udvikle bedre varslings- og beslutningsstøttesystemer for Septoria i vinterhvede. Målet var ikke at udvikle og validere et færdigt system, men i stedet var det målet at udvikle og afprøve to grundlæggende forskellige former for beslutningsstøttesystemer og efterfølgende vurdere deres anvendelighed ved afprøvning i markforsøg i to år.

Indledningsvist har vi sammenfattet eksisterende viden om **Septoriasvampens biologi og klimafaktorenes betydning** for sygdommens udvikling. Især perioder med meget fugtighed under strækningsfasen har stor betydning for udviklingen af kraftige angreb. Projektet har derfor også fokuseret på at inddrage værdier for nedbør, Rh og bladfugt (LW, leaf wetness) som væsentlige faktorer i de udviklede beslutningsstøttesystemer.

To års parvise sammenligninger af **såtidspunktets betydning** for angrebsgraden baseret på 16 lokaliteter fordelt rundt i landet viste, at der i visse egne kunne ses lidt kraftigere angreb efter tidlig såning i starten af september. En samlet analyse af de to års forsøgsdata viste dog ingen klar sammenhæng. I projektet har inddragelse af sortsresistens, som en betydende parameter ikke været prioriteret højt, bortset fra, at der i markforsøgene har været testet på to sorter med forskellig grad af modtagelighed. Det er vægtet vigtigst i første omgang at få de klimatiske risikoparametre vurderet.

Flere forskellige metoder til registrering af de nødvendige vejrdata er behandlet indgående i projektet. Vi troede først, at vi skulle basere os på lokalt opsatte vejrstationer i den enkelte mark og afgrøde, men problemer med kalibrering af sensorer og usikkerhed i forhold til placering af vejrstationen i marken har dog vægtet tungt i forhold til at **benytte standardiserede vejrdata fra DMI's** mere stabile og kalibrerede vejrstationer. Bladfugt viste sig at være af afgørende betydning, men da de praktiske muligheder for at skaffe sikre bladfugtdata er dårlige, fandt vi frem til, at relativ fugtighed (Rh) $\geq 85\%$ målt 2 meters højde kunne bruges som et forholdsvis sikkert estimat for forekomst af bladfugt. Analyser af målte vejrdata viste, at det afhængigt af metoden i 88 – 91 % af tilfældene med målt bladfugt i 1 m højde var muligt at forudsige dette ud fra Rh i 2 m.

I projektet udviklede vi to forskellige beslutningsstøttesystemer til Septoria i vinterhvede. **SeptoriaSIM** er en klassisk mekanistisk simuleringsmodel som består af en værtsmodel, der simulerer vinterhvedens vækst primært ud fra temperatur og globalstrålingen, og en parallelt kørende patogenmodel, der simulerer Septoria-svampens vækst primært ud fra temperatur, luftfugtighed og nedbør. Septorias skadelige virkning på hvedeplanten simuleres ved, at svampen reducerer det fotosyntetiserende bladareal og dermed hvedens vækst. SeptoriaSIM estimerer ikke alene vinterhvedens og Septoriasvampens udvikling frem til datoen for modelkørslen. Modellen simulerer også værtsplante-patogen samspillet og hvedeudbyttet ud fra en række forskellige vejrsценарier baseret på historiske vejrfiler fra perioden 2003 – 2013. SeptoriaSIM er dermed et beslutningsstøtteværktøj, der viser et udfaldsrum for det økonomiske merudbytte ved en bekæmpelse. Fuldt kendskab til alle de væsentligste biologiske mekanismer og omhyggelig kalibrering af modellens parametre på et omfattende uafhængigt datasæt af høj kvalitet er afgørende vigtig for modellens brugbarhed. SeptoriaSIM repræsenterer en nytænkning ved at komme med forudsigelser af det økonomiske provenu ved en bekæmpelse.

Fugtighedsmodellen er en klassisk risikomodel, der ud fra empiriske analyser af historiske forsøgs- og vejrdata prædikerer, hvornår der har været tilstrækkelig bladfugt længe nok til at sikre at svampen kan gennemløbe de tre afgørende faser: sporulering, sporespredning og infektion. Det antages i Fugtighedsmodellen, at svampen altid er til stede, og at bladfugt er den altafgørende faktor for svampens udvikling og spredning. Modellen bygger på en opsummering af sammenhængende ”**fugtige timer**”, hvor en time defineres som fugtig, hvis $R_h \geq 85\%$ og/eller bladfugten er målt til > 30 min. pr time og/eller der er registreret $> 0,2$ mm nedbør. Hvis antallet af sammenhængende ”**fugtige timer**” overstiger et vist niveau, anbefales det, at man udfører en bekæmpelse.

Fugtighedsmodellen siger ikke noget om det forventede udbyttetab eller sandsynligheden for, om det kan betale sig at bekæmpe eller ej. Den siger i bund og grund kun, om forholdene har været gunstige for, at svampen kan udvikle sig, og så er det op til brugeren at beslutte, om der skal bekæmpes. De anbefalede tærskler i modellen er fastlagt på basis af en række følsomhedsanalyser på historiske vejrdata. Planteværn Onlines (PVO) anbefalinger har været benyttet som referenceværdi ved fastlæggelsen af tærsklerne. Det er generelt opfattelsen, at PVO anbefaler lidt for få behandlinger i praksis i forhold til det økonomisk optimale. Ved fastlæggelsen af tærsklen for Fugtighedsmodellen sigtede vi derfor mod, at Fugtighedsmodellen skulle udløse lidt flere sprøjtninger end PVO.

De tre modeller har været **testet i ti markforsøg i 2014 og 2015** for at vurdere deres robusthed og evne til at give brugbare anbefalinger sammenlignet med traditionelle standardsprøjtninger. Desværre har markforsøgene ikke vist entydige svar på modellernes brugbarhed.

2014 var et år med usædvanligt meget Septoriaangreb over hele landet, og både PVO-modellen og Fugtighedsmodellen udløste alt for få behandlinger i 2014 i alle forsøgene. På grund af en parameterfejl i 2014 kom SeptoriaSIM slet ikke i afprøvning dette år. I 2015 var resultaterne fra Flakkebjerg og de fire Landsforsøg i regi af SEGES meget forskellige. I Flakkebjerg udløste PVO-modellen og Fugtighedsmodellen hver tre behandlinger og gav store nettomerudbytter, hvorimod SeptoriaSIM kun udløste en meget tidlig sprøjtning og dermed ikke nogen behandling, som virkede beskyttende på de øvre blade. Nettomerudbyttet for SeptoriaSIM var meget dårligt i Flakkebjerg i 2015. I Landsforsøgene i 2015 var behandlingsbehovet derimod lavere, hvilket favoriserede SeptoriaSIM modellen, der også her kun udløste en behandling. I flere af disse forsøg gav SeptoriaSIM således det højeste nettomerudbytte af de tre modeller.

Samlet set har de nye modeller kun været afprøvet i begrænset udstrækning, men umiddelbart har ingen af dem vist bedre resultater end den nuværende enkle PVO model. De meget varierende resultater viser, at der fortsat er behov for videreudvikling og validering af begge modeller, før de implementeres bredere. Det har med andre ord ikke været praktisk muligt at etablere et nyt robust varslingsystem for så kompleks en sygdom som Septoria inden for tre år med de givne projektressourcer. Resultaterne peger dog på en række områder, hvor Fugtighedsmodellen og SeptoriaSIM kunne forbedres, bl.a. kunne Fugtighedsmodellen med fordel udbygges med en bladmodel, hvor det tages i betragtning, hvornår sprøjtesæsonen indtræder og nye blade fremkommer i vækststadiet (vs) 31-39. En sådan model kunne hjælpe til styring af sprøjtetidspunkterne og om hvorvidt nye blade, allerede er beskyttet af den seneste fungicidbehandling. Ligeledes kunne Fugtighedsmodellen gøres mere robust så en eller få timer med lav fugtighed i en ellers fugtig periode får mindre betydning. Dette kunne ske ved i stedet at beregne et risikoindeks baseret på et glidende gennemsnit for antal fugtige timer. **For SeptoriaSIM's vedkommende bør et fremtidigt udviklingsarbejde især sætte fokus på at fastlægge betydningen af den sene sporespredning i vækstsæsonen.** Alt peger på, at modellen skal tilrettes, så den lettere anbefaler en eller flere behandlinger senere i sæsonen.

De enkelte fungicider til bekæmpelse af Septoria har som udgangspunkt stor forskel i deres **pesticidbelastning**. Forskellige løsninger, som giver ligeværdige effekter og merudbytter er afprøvet og viser, at pesticidbelastningen afhængig af produktvalget kan variere fra 0,37 til 2 for rene aktivstoffer og fra 0,54 til 3,43 for kombinationsprodukter. Med henblik på at reducere pesticidbelastningen med de ønskede 40 % i forhold til referenceåret (2011), er det nødvendigt at være opmærksom på, at en ensidig anvendelse af produkter med de laveste pesticidbelastningsværdier med stor sikkerhed vil lede til øgede problemer med fungicidresistens. Derfor anbefales det fortsat at sikre et nuanceret middelvalg, således at man ikke øger risikoen for resistens.

Summary

Septoria (*Zymoseptoria tritici*) is the economically most important fungal disease in Danish winter wheat production and causes typically yield losses in the range of 5 to 20 %. The fungicide use in winter wheat is about 20 % of the total pesticide load in agricultural crops.

It was the goal of this project to develop and validate two basically different types of decision support systems (DSS) against *Septoria* in winter wheat.

Initially we reviewed existing literature on biological aspects as well as the influence of climatic factors on population dynamics of *Septoria*. Especially humid periods during the elongation phase are known to cause high disease infestation. Hence, the influence of precipitation, relative humidity (% Rh) and leaf wetness (LW) on the population dynamics of *Septoria* was given a high attention in the project.

The influence of **sowing date** on disease pressure was investigated in field trials on 16 localities with pairwise comparisons in 2013 and 2014. Although, there was a tendency of higher disease pressure in situations with early sowing, this was however not significant. Varietal differences in susceptibility to *Septoria* were only given low attention in this project, since we judged that this was of much less importance than the impact of the climatic factors.

Field based weather stations placed in each individual field were initially considered valuable instruments for prediction of disease pressure. However, practical problems with sensor calibration and placement in the crop resulted in, that we decided it would be better to do the modelling work on standardized weather data from the National Danish Meteorological Institute (DMI). The following analysis showed a good correlation between $Rh \geq 85$ % measured at 2 m and actual leaf wetness - with 88 – 91 % correct predictions of leaf wetness.

In the project two very different climatic biology based models were developed to be used for decision support in *Septoria* in winter wheat.

SeptoriaSIM is a classic multi trofic model that is able to simulate the population dynamics of winter wheat based on temperature and global radiation. Parallel to this a model for simulating the population dynamics of *Septoria* was developed. The driving variables for the latter model were primarily temperature, relative humidity and precipitation. The influence of *Septoria* on the growth of winter wheat was simulated in *SeptoriaSIM* mainly by reducing the leaf area available for photosynthesis. Hence, *SeptoriaSIM* was able to predict the plant – pathogen interactions and the resulting wheat yield. This was done based on a series of historical weather data from 2003 – 2013. In this way *SeptoriaSIM* became a true DSS that shows the economic consequences of a planned treatment. Adequate knowledge of all essential biological mechanisms and careful model calibration based on a large set of independent data has earlier proven to be essential for the usefulness and precision of such complex models, which also was the case in this project.

The humidity model presented in the project is a classic empiric model based on historical data from field experiments and local weather. The humidity model predicts periods with climatic conditions favourable for sporulation, spreading and infestation. The humidity model is based on the hypothesis that *Septoria* spores always are present in the field during the growth season. Hence, humidity is considered to be the major limiting factor for the growth and spread of the fungal disease. The humidity model simply sums the number of continuous “humid” hours. An hour is considered humid in the model, if $Rh \geq 85\%$ and/or leaf wettness is more than 30 minutes per hour and/or the measured precipitation is > 0.2 mm. More than a fixed number of continuous humid hours lead to a recommendation for a treatment. The humidity model was calibrated and a number of sensitivity analyses were carried out by using historical data sets and the additional field data collected in the project from 2013 and 2014. Since it is the general experience that the existing Crop Protection Online model is recommending too few treatments, it was our intention that the humidity model should recommend slightly more treatments per year than the Crop Protection Online model.

Both models were tested in **field trials** in 2014 and 2015 to evaluate their abilities to give useful information on *Septoria* handling compared to standardized treatments or use of Crop Protection Online.

SeptoriaSIM was only evaluated in 2015, where it recommended one early treatment in the experiments. This was significant lower than Crop Protection Online. The humidity model recommended treatments more or less at the same level as Crop Protection Online. None of the models were however better than the existing Crop Protection Online model.

Both models need more work before they can be evaluated properly.

It would be helpful if the humidity model were supplemented with a function to describe the development of new leaves during growth stage 31-39. Such a function could help to determine the time of appearance of the third leaf from the top, which is of great importance for the overall dry matter production. Such a function could also help to control the timing of treatments and to tell whether new leaves already are protected by the latest fungicide treatment or not. *SeptoriaSIM* could be improved by incorporating more knowledge on the influence of the dispersion of fungal spores in the late season.

The different fungicides for treatment against *Septoria* have very different **pesticide loads**. Depending on the active ingredient, the calculated pesticide load varies from 0.37 to 2 for fungicides with only one active ingredient and 0.54 to 3.43 for pesticides based on a combination of more than one active ingredient. Several useful ways to reduce the present pesticide load with 40 percent exists. However, consistent use of the fungicides with the lowest pesticide load would eventually lead to resistance problems. Therefore, it is still recommendable to vary between fungicides with different functional mechanisms to prevent resistance problems.

1 Introduktion

1.1 Formål

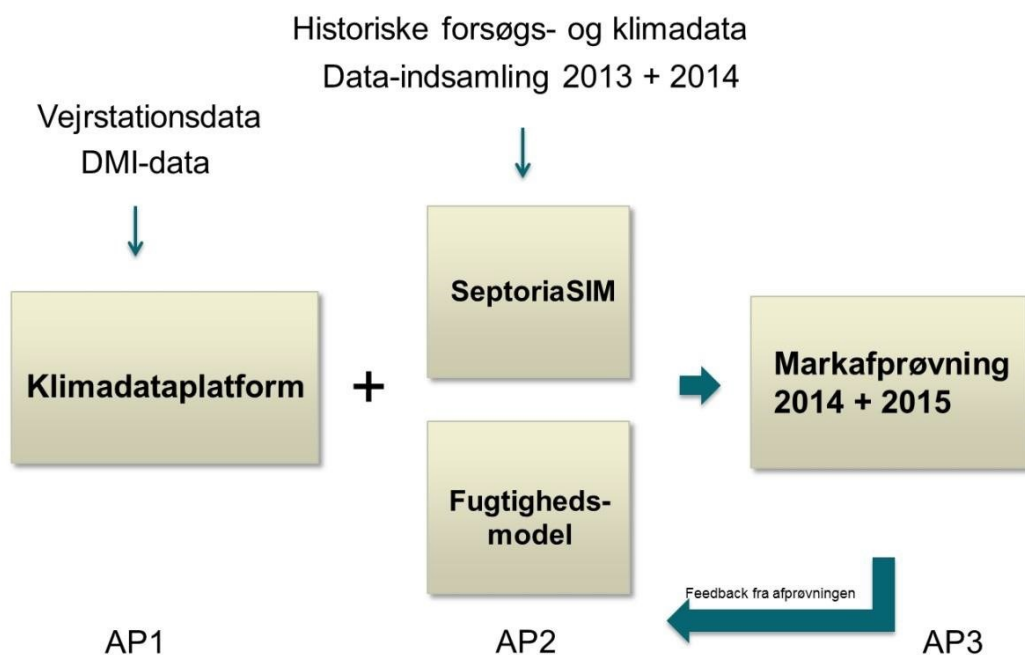
Det er projektets overordnede formål at skabe grundlaget for en nedsættelse af pesticidforbruget gennem udvikling af bedre beslutningsstøttesystemer for bekæmpelse af Septoria i vinterhvede. I projektet udvikles og afprøves to nye typer af beslutningsstøttesystemer. Begge beslutningsstøttesystemer er baserede på biologiske- og klimatiske varslingsmodeller koblet med beregninger af det potentielle udbyttetab og estimater for miljø- og sundhedsbelastningen.

1.2 Projekt mål

Projektet har følgende mål:

- Etablering af en effektiv klimadataplatform, der – udover de gængse prognoser og observationer fra DMI – også omfatter prognoser for bladflugt.
- Udvikling af to typer af varslingsystemer for Septoria i vinterhvede, der begge inddrager lokale klimadata, biologisk viden, ikke-kemiske faktorer som eksempelvis såtid og sortsresistens samt miljømæssige og økonomiske aspekter.
- Udvikling af nye beslutningsstøttesystemer, hvor de udviklede varslingsmodeller er koblet med beregninger af de potentielle udbyttetab og estimater for den miljø- og sundhedsmæssige belastning.
- Gennemførelse af markforsøg til evaluering af fordele og ulemper ved de to nye biologisk-klimatisk baserede beslutningsstøttesystemer set i forhold til den nuværende enkle tærskelbaserede model.

Det er hensigten, at de udviklede beslutningsstøttesystemer skal støtte jordbrugere og rådgivere i deres behovsvurdering for bekæmpelse af Septoria i vinterhvede, og herunder bidrage med en estimering af det potentielle udbyttetab samt klarlægge de miljø- og sundhedsmæssige effekter, der kan forventes ved valg af specifikke løsninger. Klimadataplatformen baseres på data fra **DMI's** klimastationer og **DMI's** vejrprognosemodeller. De biologisk-klimatiske modeller og klimadataplatformen vil være generiske i arkitektur og interface, så de med relativt begrænsede tilpasninger kan danne afsæt for varslingsmodeller for andre skadegørere-afgrøder kombinationer. Figur 1.1 viser en skematisk gennemgang af projektet.



FIGUR 1.1. SKEMATISK GENNEMGANG AF PROJEKTET. AP₁, AP₂ OG AP₃ HENVISER TIL OPDELINGEN I PROJEKTETS TRE ARBEJDSPAKKER. 'SEPTORIASIM' ER DEN MEKANISTISKE SIMULERINGSMODEL, OG 'FUGTIGHEDSMODEL' ER DEN EMPIRISKE MODEL.

1.3 Baggrund

Hvedearealet i Danmark er betydeligt, og fungicidforbruget i denne afgrøde står for 20 pct. af den samlede pesticidbelastning i landbrugsafgrøder (Belastningsrapport, 2012). Septoria koster i gennemsnit 10 pct. i udbyttetab, hvis sygdommen ikke bekæmpes (Oversigt over Landsforsøgene, 2011). Bladsygdomme i hvede behandles i gennemsnit med to til tre sprøjtninger pr. sæson, hvoraf typisk to af disse sprøjtninger er specifikt rettet imod bekæmpelse af Septoria.

Sygdommens udvikling er drevet af fugtighedsforhold, hvorfor omfanget af bladfugt og perioder med høj Rh antages at være de afgørende klimatiske faktorer for sygdommens udvikling. Fastlæggelse af behovet for bekæmpelse er i dag meget simpelt, da det alene baserer sig på antallet af nedbørsdage, sortsvalg og hvedens vækststadiet.

Fra udlandet (UK) har man erfaret, at såtidspunktet koblet med sortens modtagelighed har væsentlig betydning for mængden af smitstof, når vækstsæsonen starter om foråret (Gladders et al., 2001). Hvorvidt såtidspunktet tilsvarende under danske forhold, hvor temperaturerne generelt er lavere, har betydning for epidemiudviklingen og de potentielle udbyttetab er ikke klarlagt og ønskes specifikt belyst i projektet. Fra praksis har konsulenter konkret erfaret, at der selv inden for små afstande kan være betydelige variationer i angrebsgraden. Hvorvidt dele af denne variation er koblet til såtid og sort eller primært kan tilskrives mere specifikke klimaforhold, ønskes nærmere belyst.

Bekæmpelse af Septoria med fungicider har fra tidligere undersøgelser vist sig at være relevant i intervallet fra vs 31-32 frem til vs 71. Især under fremkomsten af de to øverst blade og frem til blomstring har bekæmpelse givet de største udbyttmæssige responser (vs 33-65) og det er således i dette tidsmæssige spænd, at en modellering af sygdomsrisikoen er vigtig (Jørgensen et al. 2007). Der har tidligere været udviklet modeller til forudsigelse af Septoriarisikoen (Hansen et al. 1994, te Beest et al. 2009, Cook, Tydlesly Thomsen, 1980). De anvendte modeller inddrager forskellige nedbørsparametre til deres risikovurdering, ligesom det er tilfældet i PVO modellen for Septoria (se kapitlet: Eksisterende Septoria modeller inkl. PVO). For at Septoriasvampen kan angribe, kræves der fugtighed i afgrøden. Sporer gøres parate til spredning under fugtige forhold (chirri kvælder op med pyknidie-sporer). Spredning fra pykniderne kræver regnsplash eller bevægelse i bladmassen og endelig, kræves der fugt for, at nye sporer af svampen kan spire og trænge ind i bladet. Samlet forudsætter dette en periode på ca. 24-48 timers fugtighed, for at disse processer skal give en signifikant risiko for angreb (Hess & Shaner 1986). En bladfugtmåler kan måle, om en sådan periode er til stede.

Klimastationer er udviklet til måling af perioder med bladfugt. Inddragelse af disse bladfugtmålinger samt kobling mellem makroklima og bladfugtmålinger skal bruges til at optimere risikovurderingen.

Målet med projektet har været at udvikle et bedre varslings- og beslutningsstøttesystem for Septoria, der om muligt kunne inkludere både præcise vejrobservationer, prognoser for temperatur og bladfugt, afgrødens såtidspunkt, sortsresistens, udbyttetab samt de afledte miljø- og sundhedseffekter. Et sådan system vurderes at kunne forbedre beslutningsgrundlaget for behandling væsentligt. Eksisterende mekanistiske simuleringsmodeller for skadegørere i vinterhvede inkluderer allerede nogle af disse elementer (Sønderskov et al., 2006), hvilket også er med til at pege på, at der er basis for at udvikle et nyt beslutningsstøttesystem for Septoria, der inkluderer ovennævnte faktorer.

DMI udbyder vejrdata, som kan benyttes som input til klimadrevne varslingsmodeller. Disse data benyttes allerede i dag som grundlag for en række plantefaglige varslingsmodeller bl.a. på www.landbrugsinfo.dk. Datakvaliteten er generelt meget høj, men der hersker usikkerhed om, hvorvidt det vil være muligt at forudsige bladfugt tilstrækkeligt nøjagtigt i den enkelte mark ud fra de nuværende HIRLAM- og ECMWF-vejrprognosemodeller. I GUDP-projektet **'Reduceret** ressourceforbrug, optimering og værdiløft i kartoffelproduktionen – **SKIMMELSTYRING'** (2012 - 2014), har DMI udviklet og implementeret en prototype på en prognosemodel, der forudsiger perioder med bladfugt. Det er vigtigt at få valideret prognosemodellen for bladfugt. Hvis modellen anses for at være tilstrækkelig nøjagtig, skal bladfugt-prognosen indarbejdes i den generelle klimadataplatform, som i dag udvikles og vedligeholdes af SEGES.

Samlet set vurderes det, at der er et stort brugerønske blandt konsulenter og landmænd i forhold til at kunne forbedre det nuværende beslutningsgrundlag for bekæmpelse af Septoria i vinterhvede. Et forbedret system vurderes i visse sæsoner at kunne mindske antallet af sprøjtninger.

2 Septoria's biologi

2.1 Beskrivelse af patogenet

For at opnå en fælles forståelse af svampens biologi og dermed også, hvordan man kan forudsige dens udbredelse og spredning, er der udarbejdet et afsnit om Septoria svampens biologi hovedsageligt baseret på et review af Ponomarenko et al., 2011.

Mycosphaerella graminicola. (Synonym: ***Septoria tritici***) er for nylig blevet omdøbt, og det korrekte taksonomiske navn er nu ***Zymoseptoria tritici***. Den er en ascomycet, som tilhører ***Mycosphaerellaceae***-familien. Den er kendt som et alvorligt patogen på hvede, og forårsager sygdommen hvedegråplet (i dette projekt benævnt Septoria, da det er den almindelige benævnelse i Danmark). Septoria karakteriseres ved nekrotiske læsioner (Figur 2.1) på blade og er især udbredt under kølige og fugtige vejrforhold. Den betragtes som den væsentligste sygdom i hvede i Nordeuropa (Jørgensen et al. 2014), og der sker intensiv anvendelse af fungicider for at minimere reduktioner i udbytte forårsaget af Septoria.

Alvorlige epidemier af Septoria er på Europæisk plan beskrevet til at kunne reducere hvedeudbyttet med 35 til 50 %. I Danmark er udbyttetabene typisk omkring 10 %, men i sæsoner med kraftige angreb er 20 % udbyttetab ikke ualmindelige. Fungicidomkostningerne til at bekæmpe sygdommen kan være store. Ca. 70 % af den anslåede mængde af fungicider, der anvendes i Europa, anvendes til at bekæmpe Septoria (Torriani et al. 2015). I Europa anslås de årlige tab på grund af Septoria til at være \$400 millioner, og lignende estimater for tab i USA er på mere end \$275 millioner pr. år (Torriani et al 2015).

Symptomer og tegn: De første symptomer på Septoria ses som små klorotiske pletter på bladene. Efterhånden som læsionerne bliver større, bliver de (let gulbrune og udvikler mere mørkt farvede frugtlegemer Figur 2.1). Læsioner på voksne planter er som oftest lange, smalle og afgrænsede af bladstrengene, men kan også have en uregelmæssig form eller være elliptiske, især på frøplanter eller blade, der var unge, da de blev inficeret. Modne læsioner indeholder sorte eller brune frugtstrukturer, som er enten de ukønnede pyknidier eller de kønnede pseudotecier. Pyknidierne eller pseudotecierne udvikles i værtens substomatata hulrum, således at de fremstår med regelmæssige mellemrum inden i læsionerne (Figur 2.2).

Ukønnede sporer, eller pyknidiesporer, er hyaline (klare) og trådagtige og bliver produceret i specialiserede strukturer, kaldet pyknidier. Hver spore har typisk tre til syv utydelige skillevægge og måler ca. 2,6 x 62,5 µm. Spiring af konidier kan ske fra sideceller eller mellemliggende celler. De udskilles fra pyknidierne i cirrhi (slimede, skorstenslignende sporemasser), som sædvanligvis er mælkehvide til brungule. Der kan være mange ukønnede reproduktionscykler i løbet af vækstsæsonen. Antallet af pyknidier kan være enormt i løbet af en vækstsæson, Fones og Gurr (2015) estimerer således, at svampen let kan have 5-6 livscyklener per sæson; at 400 pyknidier per blad ikke er ualmindeligt, som hver har ca. 300 spore. Sammenvejet kan dette således give meget høje niveauer af spore pr ha – i størrelsesordenen 10¹⁰ sporer/ha.

Kønnede frugtlegemer, kendt som pseudotecier, bliver også produceret inden i læsioner. Svampen har et topolet, heterothallisk parringssystem; enkeltindivider af begge parringstyper, betegnet mat1-1 og mat1-2, skal mødes, for at kønnet reproduktion kan finde sted. Pseudotecierne dannes nedenunder værtens epidermis. De er kugleformede, mørkebrune og ca. 68-114 µm i diameter. Ascier, der indeholder ascosporer, måler ca. 11-14 x 30-40 µm. De otte askosporer, der er samlet i hver sporesæk, er hyaline (klare), elliptiske, måler 2,5-4 x 9-16 µm og består af to celler af forskellig længde. Ascosporer bliver kastet ud med tryk fra sporesækkene ved modenhed. Trykket udløses af svingninger i den relative fugtighed efter perioder med fugtighed. Optil 30 % af Septoria populationen sidst på vækstsæsonen kan stamme fra det seksuelle stadie af svampen (Eriksen et al 2001).

Pyknidiespore af ***M. graminicola*** kan spire i frit vand fra den ene eller begge ender eller fra mellemliggende celler. Sporespiring sker normalt i løbet af 12 timer efter kontakt med bladene, når luftfugtigheden er høj. Mindst 20 timer med høj Rh er nødvendig for vellykket inficering. Hvedesortens grad af resistens påvirker ikke sporespiringen på bladoverfladerne.

Primær gennemtrængning af bladet sker gennem spalteåbninger (Figur 2.4). Hyfer, der trænger ind i spalteåbningerne, er begrænset til ~1 µm i diameter, men udvider sig efter at have nået hulrummet under spalteåbningerne. Efter at have

koloniseret hulrummet under spalteåbningerne, formerer hyferne sig uden for cellerne i mesofylet, men gennemtrænger ikke disse eller cellerne i epidermis. Makroskopiske sygdomssymptomer viser sig generelt ikke før ni dage efter kontakt med patogenet. Mesofylceller dør hurtigt, begyndende omkring 11-18 dage efter inficering, umiddelbart før symptomerne viser sig.

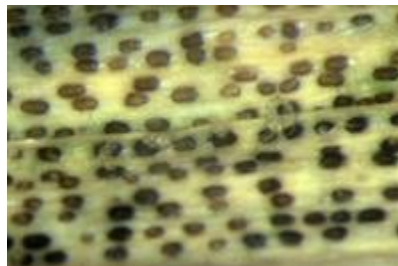
Z. tritici er beskrevet som en hemibiotrofisk svamp (Shetty et al. 2007). Dette betyder, at den er biotrofisk tidligt i inficeringsprocessen, hvor den opnår sin ernæring fra apoplasten omkring levende celler, derpå dræber den de omkringliggende værtsceller og bliver nekrotrofisk (anvender dødt væv) i de senere inficeringsstadier. Inficering i hvede med *Z. tritici* er således karakteriseret ved to stadier.

Stadie 1 – Biotrofisk vækst: Begyndende vækst af hyferne på bladoverfladen; 0-24 timer efter kontakt. Dette vil blive fulgt af værtsgennemtrængning via naturlige åbninger i spalteåbningerne; 24-48 timer efter kontakt. Dette vil igen blive fulgt af den intercellulære biotrofiske fase, efterhånden som hyferne breder sig indeni det mesofyle væv og får næringsstoffer fra plantens apoplast. Dette stadie varer mellem 2-12 dage efter kontakt.

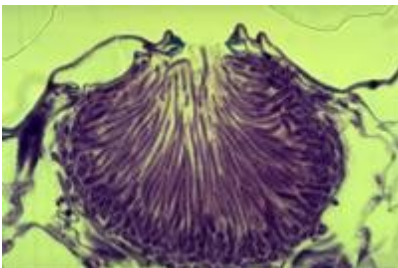
Stadie 2 – Nekrotrofisk vækst: En hurtig ændring fra biotrofisk til nekrotrofisk vækst associeres med tilsynecomsten af læsioner på bladoverfladen og sammenfaldet af plantevævet; ca. 12-14 dage efter kontakt. Der vil ske yderligere kolonisering af mesofylvævet, og dannelse af pyknidier med konidier i hulrum under spalteåbningerne i aldrende væv, vil typisk vise sig 14-28 dage efter den første indtrængning.



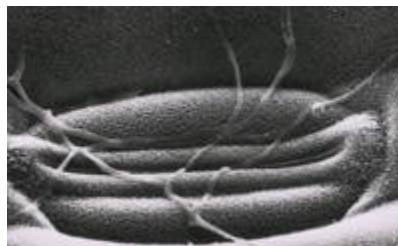
FIGUR 2.1. STB-LÆSIONER PÅ HVEDEBLADE



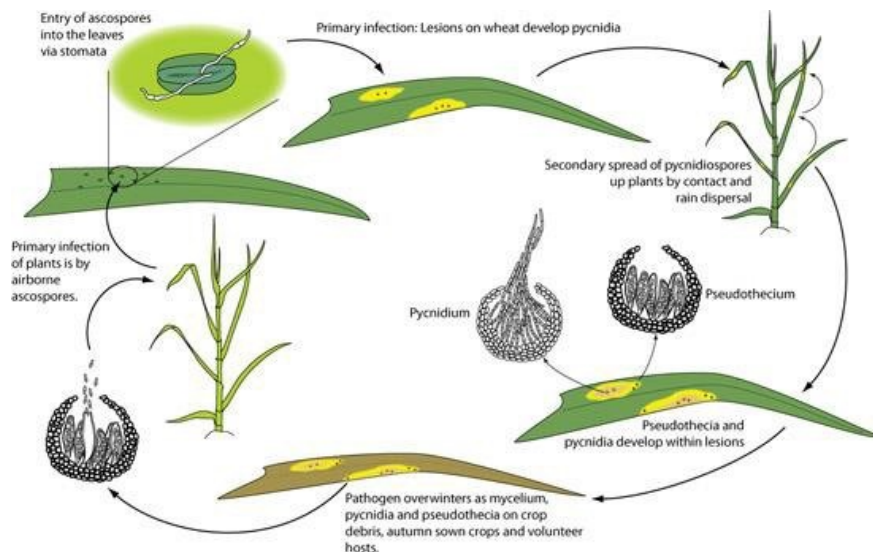
FIGUR 2.2. PYKNIDIER SKABT AF *Z. TRITICI* PÅ HVEDE



FIGUR 2.3. UKØNNED E SPORE R DANNET I PYKNIDIER



FIGUR 2.4. GENNEMTRÆNGNING AF *Z. TRITICI* I SPALTEÅBNINGSCELLER



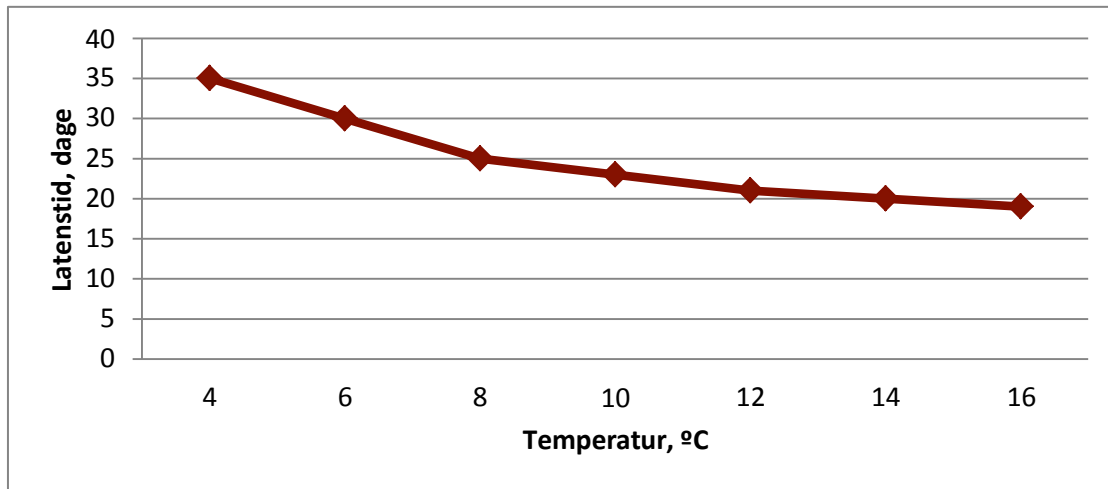
FIGUR 2.5. SYGDOMMENS LIVSCYKLUS HOS ZYMOSEPTORIA TRITICI (PONOMARENKO, ET AL 2011)

2.2 Sygdoms cyklus og epidemiologi

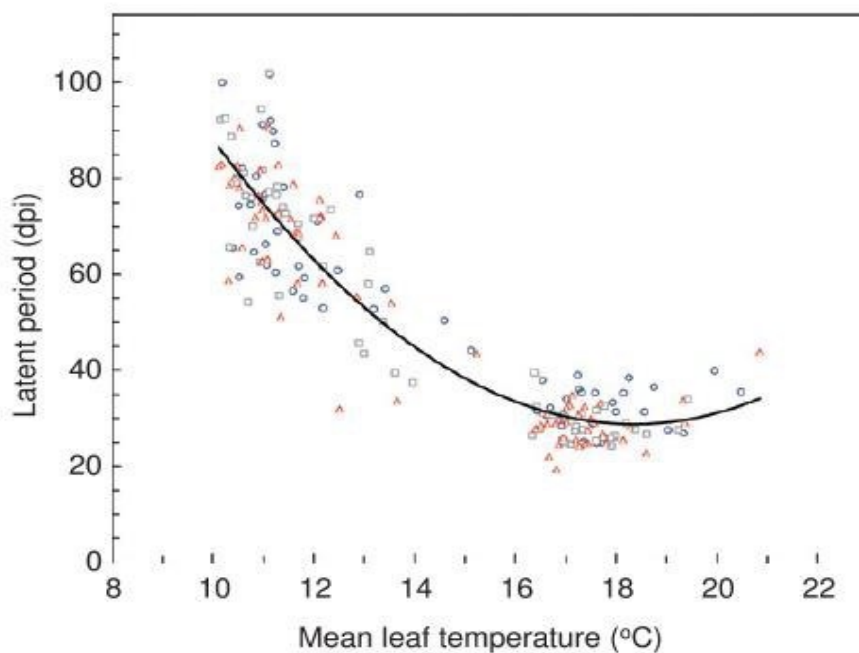
Patogenet overlever afgrødefrie perioder især som pseudotecier, men også som pyknidier på rester af hvedeafgrøder. Efterårssæede afgrøder og spildplanter medvirker til overlevelse om vinteren. Generelt beskrives, det at jo tidligere der sås om efteråret, jo mere kan sygdommen nå at spredes, inficere og etablere sig i efteråret inden vinteren kommer. Primærspredning af *Z. tritici* begynder med at de luftbårne ascosporer og de splash spredte pyknidiesporer, spredes fra afgrøderester fra forrige sæson (Figur 2.5). Primær inficering forekommer kort efter hvedens fremspiring, dvs. om efteråret for vinterhvede eller foråret for vårhvede. Især primære infektioner fra den luftbårne spredning af ascosporer har stor betydning for, at sygdommen stort set optræder i alle marker uanset forfrugt. Ascosporenes spirehyfer tiltrækkes til spalteåbningerne, hvorigennem de får adgang til hulrummet under spalteåbningerne enten direkte eller efter dannelse af en appressorium-lignende struktur (inficeringspude). I flere dage vokser hyferne mellem cellerne mens der kun sker en lille forøgelse af biomassen. Efter skiftet fra biotrofisk til nekrotrofisk vækst kan man begynde at identificere sygdommen som små gule pletter eller skjolder. Læsionerne bliver efterfølgende større, især langs bladstrengene, således at de danner lange, smalle, nekrotiske pletter. Pyknidier udvikler sig omkring spalteåbningerne i de nekrotiske områder af læsionerne og udsunder pyknidiesporer i geléagtige, vandsugende cirrhi.

Sekundær spredning af pyknidiesporer kræver en periode med enten høj luftfugtighed eller, at der er frit vand på bladene, som sikrer at pyknidiesporerne gøres klar til spredning fra de geléagtige, vandsugende cirrhi. Efterfølgende kan regnsplash eller blæst, som forårsager bevægelse i afgrøden, sikre at pyknidiespore spredes til blade på samme eller nærtstående planter (Shaw & Royal, 1993). Pyknidiesporer dannes mellem 14 til 40 dage efter inficering, afhængigt af især temperaturer, fugtighedsforholdene men også sortens resistens. I Danmark er latenstiden i sommerhalvåret normalt på ca. 20 dage, men kan i kølige vækstsæsoner være længere end 4 uger (Se Figur 2.6 og Figur 2.7). Som det fremgår af de to figurer er der nogen variation i den fundne latenstid. Bernard et al. (2013) finder ved lavere bladtemperaturer en betydelig længere latenstid end den som er beskrevet af Shaw og Royle (1993). I 2015, som var en kølig vækstsæson fandt man også meget lange latenstider for svampen, som strakte sig mellem 4-6 uger, hvilket indikerer at Bernard et al. (2013) måske har en bedre beskrivelse af sammenhængen end Shaw og Royal (1993). At forskellige sorter udviser betydelig forskel i latentperioden er desuden vist af Viljanen-Rollison et al. (2005).

Dannelse og spredning af pyknidiesporer sker ret hurtigt sammenlignet med modningen af ascospore fra pseudothecier, der er adskillige uger længere om at modne. Samlet set bidrager både pyknidiesporer og ascosporer således til epidemien, men den ukønnede cyklus vurderes at være dominerende i vækstsæsonen. Mens ascosporer kan være luftbårne over store afstande, regnes det som usandsynligt, at regnsplash spredte pyknidiespore langt fra deres oprindelsessted.



FIGUR 2.6. SAMMENHÆNG MELLEM TEMPERATUR OG LATENSTIDEN FOR SEPTORIA (SHAW & ROYLE 1993).



FIGUR 2.7. EFFEKT AF GNS. BLADTEMPERATUR (Mean leaf temperature) PÅ HVEDEBLADE PÅ LATENSPERIODENS (Latent period) LÆNGDE (DPI = DAGE EFTER INOCULERING TIL 37 % AF SLUT SPORULERING ER NÅET) FRA 3 ISOLATER AF *Z. TRITICI* (BERNARD ET AL. 2013).

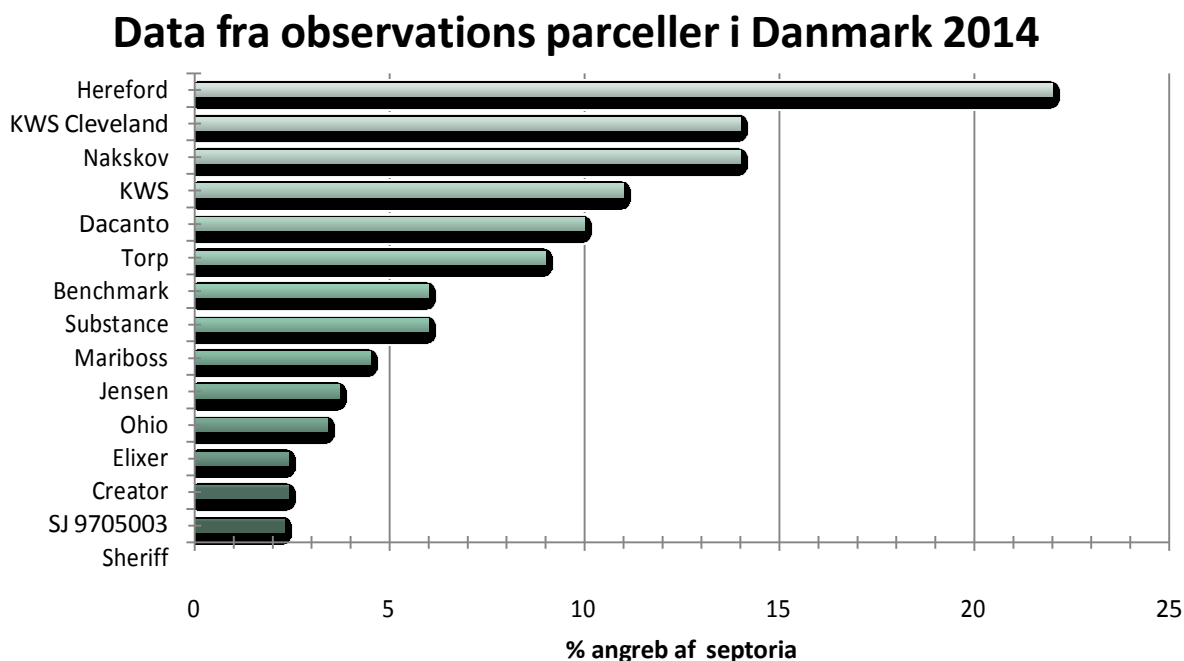
Pyknidiesporer er vigtige for spredning af sygdommen op gennem afgrøden, fra nedre blade til øvre blade. Inficering af de 2 øverste blade vurderes særligt kritisk i forhold til den potentielle reduktion af udbyttet. Hvis ascospore spredningen ikke har været jævn, kan der i sommersæsonen ses ujævnt fordelte angreb i marken, som giver foci lignende angreb. Et mere ensartet udseende af sygdommen er typisk, når der har været en rigelig forekomst af luftbårne ascosporer under den første inficering. Mange cykler af kønnet og ukønnet formering i løbet af vækstsæsonen giver grobund for kraftige angreb og rester fra stærkt inficerede blade og stængler, som efterlades på markerne efter høst danner smittestof til næste vækstsæson.

2.3 Sygdomshåndtering

Resistente sorter. Såning af resistente sorter er den mest økonomiske og mindst arbejdskrævende metode til at kontrollere Septoria. Resistens over for *Z. tritici* kan være kvalitativ (uspecifik) eller kvantitativ (specifik). Til dato er 13 større (kvalitative) gener for resistens over for Septoria blevet navngivet, kortlagt og offentliggjort, og nogle af dem har vist sig at påvirke patogenet på en gen-for-gen måde, hvilket bl.a. gælder Stb 6 (Brown et al. 2015). I felten har nogle Stb-gener været effektive og holdbare (langvarige), mens andre har svigtet på grund af en hurtig genetisk ændring i patogenpopulationen. For eksempel er Stb1 forblevet effektiv i Indiana (USA) i mere end 25 år, mens Stb4 var effektiv i Californien i 14 år, før det svigtede. Til sammenligning holdt Stb4 kun et eller to år i Oregon. Hvedesorter, der blev rapporteret som værende resistente i en region, har ofte vist sig at være modtagelige i en anden. Dette kan hænge sammen med den genetiske sammensætning af den lokale patogenpopulation, der igen påvirkes af de dyrkede sorter, miljøets egnethed til inficering og den relative betydning af det kønnede stadie af sygdommen.

Kvantitativ uspecifik resistens kan forekomme i hvedesorter. Men, i modsætning til kvantitativ resistens over for mange andre patogener, kan det over for *Z. tritici* være isolatspecifikt og dermed lettere omgås af svampesygdommen. Hvor det er muligt, bør anvendelse af kvalitative Stb-gener kombineres med kvantitativ specifik resistens for at hjælpe med til at sikre resistensudvikling. Molekylære markører er blevet kædet sammen med mange STB-gener, der gennem markørassisteret udvælgelse vil fremme skabelsen af effektive genkombinationer i nye hvedesorter (Torriani et al. 2015). Selvom der er stor fokus på at forædle højtydende resistente sorter, så er vurderingen fra forældre, at det ikke vurderes muligt at opnå fuld Septoriaresistens selv ved inddragelse af alle kendte specifikke majorgener samt gener fra hexaploide syntetiske hveder (Ghaffary et al. 2012). Det vurderes som en bedre taktik at ”**stække**” minorgener og på den måde opbygge en samlet additiv effekt (Torriani et al. 2015).

I Danmark findes der ikke i litteraturen viden om de dyrkede sorters Stb gener eller resistensbaggrund. Bedømmelser fra observationsparcellerne (www.sortinfo.dk) bidrager dog årligt med nyttig viden om sorterens grad af modtagelighed, som kan inddrages i jordbrugernes sortsvalg (Figur 2.8).



FIGUR 2.8. RANGORDNING AF DANSKE SORTER EFTER FØLSOMHED OVER FOR *Z. TRITICI* I 2014

Kulturtekniske faktorer kan mindske risikoen og angrebsgraden af Septoria. I litteraturen beskrives det, at dyrkning af afgrøder i sædskiftet, der ikke er vært for Septoria, samt reduktion af smitte ved dyb nedpløjning kan formindske mængden af smittestof, der er i stand til at sætte en ny sygdomssæson i gang. I praksis fungerer dette dog ikke særligt effektivt, da mængden af hvedemarker og marker med stubrester er så stor, at det ikke kan dæmme op for den vindspredning af ascosporene over store afstande, som især sker om efteråret. Sen såning af vinterhvede (f.eks. midt i oktober mod normalt midt i september) er også beskrevet som en strategi til at dæmpe omfanget af den første infektion ved at undgå ascosporespredning i en nysået hvedeafgrøde (Gladders et al., 2001). Danske data fra 1990'erne viste, at såtidspunktet havde sikker, men relativ lille effekt på Septoriaangrebene under danske forhold (Jørgensen et al., 1997). De senere års ændring imod endnu tidligere såning i Danmark har dog gjort, at det vurderes relevant igen, at se på såtidspunktets betydning for angrebsgraden, bl.a. for at vurdere om såtiden er en faktor, som skal indgå i fremtidige risikovurderinger.

Kemisk bekæmpelse. Sprøjtning med fungicider i løbet af vækstsæsonen anvendes udbredt til bekæmpelse af Septoria. Der findes i nogle lande bejdsemidler med aktivstoffer som kan reducere angreb af Septoria på nyfremspirede planter. Ingen af disse midler er til rådighed på det danske marked.

Der findes en del fungicider, som er effektive overfor bladangreb af Septoria. Afhængig af smitterisikoen og risikoen for udbyttetab anbefales der typisk mellem to til tre sprøjtninger imod Septoria per sæson. Merudbyttet for en bekæmpelse skal kunne dække omkostningen til både kemi og sprøjtning. Især sæsonens fugtighedsforhold, hvedesortens modtagelighed og omfanget af synlig sygdom influerer på beslutningen, om hvorvidt der skal sprøjtes eller ej.

Sprøjtning i intervallet mellem vs 37-55, giver normalt det største økonomiske merudbytte i forhold til indsatsen (Jørgensen et al. 2008).

Et stort problem i forbindelse med kemisk bekæmpelse er, at mange populationer af *Z. tritici* hurtigt har udviklet resistens over for specifikke fungicider. Dette så man især inden for gruppen af strobiluriner, hvor den første resistens hos *Z. tritici* blev opdaget i 2002, og i dag er *Z. tritici* populationen i det meste af Nordeuropa nu næsten helt resistent over for strobiluriner (Fraaije et al. 2005, Jørgensen & Thygesen, 2006). De almindeligste fungicider, der anvendes i øjeblikket, tilhører gruppen af azoler. Virkningen af denne gruppe midler har i de senere år været aftagende på grund af mutationer i cyp51-genet (Cool & Fraaije, 2013). Det anbefales derfor, at skifte mellem eller bruge blanding af fungicider med forskellige virkemåder for at formindske udviklingen af resistens.

Biologisk bekæmpelse. Adskillige former for biologisk bekæmpelse er under afprøvning for bekæmpelse af Septoria, men ingen står endnu til rådighed for kommerciel produktion. Svampe tilhørende *Trichoderma* spp., *Bacillus* og *Pseudomonas* er blevet afprøvet med skiftende succes her.

2.4 Specifikke klimaparameters betydning for Septoria

Temperatur: Temperaturforholdene har betydning for især 2 forhold. Svampens evne til at vokse om vinteren og effekten på svampens latenstid. Svampen går i dvale ved lave temperaturer i vinterhalvåret, og der sker ingen udvikling. Temperaturer $<-2^{\circ}\text{C}$ i november sænkede Septoria angrebene signifikant (Gladders et al., 2001). Også for månederne marts og april har lave temperaturer ($<4^{\circ}\text{C}$) sænket udviklingen betydeligt. De lave temperaturer øger latenstiden og reducerer den samlede risiko for udvikling (Shaw 1990, Lovell et al., 2004). Nye undersøgelser baseret på temperaturmålinger på bladet og ikke på temperaturen i den omgivende luft har vist meget forlængede latensperioder ved lave forårstemperaturer. Disse undersøgelser viser at ved 10°C kan latenstiden være helt op til 40-60 dage. Den optimale temperatur for udvikling er $18-19^{\circ}\text{C}$ (Bernard F. et al. 2013). Milde forår med temperaturer over disse niveauer øger aktiviteten og udviklingen af Septoria. Når temperaturen stiger til over 7°C øges aktiviteten (Coakley et al. 1985). I perioder, hvor temperaturen er høj nok til at svampen er aktiv, bliver længden af perioder med bladfugt også af betydning for udviklingen af Septoria. Latenstiden er ofte udtrykt i graddage, men også målt i denne enhed er der fundet stor variation i længden af latenstiden. Thomas et al. (1989) beskriver latenstiden til at variere mellem 400- 500 graddage (svarende til 40-50 dage ved 10°C), mens man i undersøgelser fra New Zealand har beskrevet latenstiden til at variere mellem 300-400 graddage i et temperaturinterval på $12-14^{\circ}\text{C}$, som i deres undersøgelser svarede til latenstider på 22-30 dage (Viljanen-rollinson, 2004).

Nedbør: Store nedbørsmængder øger spredningen af Septoria pyknidier (Shaw & Royle, 1993). Fra slutningen af januar har nedbørshændelser vist sig betydningsfulde for opbygning og spredning af sporer i UK. Mange artikler beskriver at regn også efter vs 31 spreder inoculum i afgrøden og leder til skader senere i vækstsæsonen (Hansen et al. 1994, Tyldsley and Thompson 1980, Thomas et al. 1989, Shaw et al. 2008). Manglende regn i april har vist betydelig negativ effekt på senere udvikling af Septoria (Coakley et al., 1985). Mens antal dage med mere end 5 mm regn fra tidlig marts til slutningen af april har vist øget risiko (Pietravalle et al. 2003). Nedbørshændelserne er mere kritiske for sorter med moderate resistensniveauer sammenlignet med mere modtagelige sorter (Te Beest et al., 2009).

Vind: Meget vind mindsker perioden med bladfugt og reducerer risikoen for angreb (Pietravalle et al., 2003).

Solskin: Meget solskin i september og oktober har vist sig at reducere risikoen for angreb i den efterfølgende sæson (te Beest et al., 2009). Dette forventes at hænge sammen med mindre ascosporer spredning og infektion. Høje sommertemperaturer er tit forbundet med meget solskin. Dette viste klart en dæmpende effekt på udviklingen af Septoria (Shaw et al., 2008).

Lufttryk: Vinterperioder med højt lufttryk, ingen vind og høj indstråling øger risikoen for angreb af Septoria (Pietravalle et al., 2003). Dette passer med at vind, indstråling og lufttrykket har stor betydning for, om der er bladfugt eller ej.

3 Eksisterende Septoria modeller

Sygdomsmonitoring og brug af bekæmpelsestærskler i forbindelse med beslutning om anvendelse af fungicider er væsentlige IPM-elementer i en bæredygtig dyrkningsstrategi. Mange europæiske lande har hen over årene udviklet en række prognose- og varslingsystemer til at optimere og minimere brugen af fungicider. Komplexiteten af disse systemer er meget variabel, og deres reelle anvendelse i praksis er i mange tilfælde forholdsvis begrænset. Nogle systemer, bl.a. PVO og Pro_Plant, er stadig i brug (Hagelskjær og Jørgensen 2003; Volk *et al.* 2006; Anon. 2009b), hvorimod andre har mistet deres relevans (Zadoks 1981; Verret *et al.*, 2000; Schepers *et al.*, 1996; Milne *et al.*, 2007). En bekæmpelsestærskel kan enten være en visuel bedømmelse af sygdom under inspektion i marken eller en mere formaliseret bedømmelse byggende på frekvens af planter med angreb eller på graden af angreb på specifikke blade. Tærsklerne tilstræber, at definere den grad af sygdomsangreb, som vil forårsage så stort et udbyttetab, at det vil retfærdiggøre en kemisk bekæmpelse med fungicider. De underliggende antagelser er, at aktuelle niveauer af sygdom er proportionale med fremtidig sygdomsudvikling, og at bekæmpelsen baseret på sprøjtninger med fungicid vil være effektiv og give merudbytter for bekæmpelse på tværs af lokaliteter og sæsoner. Disse antagelser er ofte understøttet af undersøgte sammenhænge mellem kendte sygdomsangrebsniveauer og disses effekter på udbyttet, og er hyppigst undersøgt for de væsentlige bladsygdomme i hvede (Thomas *et al.*, 1989). Mange af prognosesystemerne og DSS kræver en stor mængde data fra landmænd eller konsulenter, hvilket ofte betragtes som tidskrævende sammenlignet med mere konventionelle og forud planlagte strategier (Jørgensen *et al.*, 2008).

3.1 Eksisterende Septoria modeller

For Septoria har de anvendte skadetærskler ofte været baseret på enten nedbørsdata (Tyldesley og Thomsen 1980; Hansen *et al.* 1994; Wiik og Ewaldz 2009), eller som i Tyskland på forekomst af angrebne planter (Verreet *et al.* 2000). Adskillige vejrbaserede beslutningsstøttesystemer til især bekæmpelse af Septoria er gennem årene blevet afprøvet og sammenlignet med hensyn til deres evne til at optimere fungicidinput. Systemer har ofte givet sammenlignelige slutresultater. I Danmark har planteværnsstrategier med lavt input af fungicider ofte givet det bedste resultat (Jørgensen og Hagelskjær 2003), hvorimod den enkle Septoria Timer var den bedste løsning i Irland (www.thiesclima.com) (Burke og Dunne, 2008).

TABEL 3.1. EKSEMPLER PÅ EKSISTERENDE RISIKOMODELLER TIL FORUDSIGELSE AF SEPTORIAANGREBET, SAMT ANGIVELSE AF KILDE.

Modelnavn	Indhold	Kilde
Cooks model	Nedbør i 2 ud af 3 dage, min. 10 mm eller 5 mm i 3 på hinanden følgende dage. Nedbør i 4 på hinanden følgende dage eller >16 timer med Rh >90, startende med 5 mm regn	Cook 1977
Tyldesley Thomsen	5-8 dage med >1 mm nedbør fra midt maj til midt juni.	Tyldesley og Thomsen, 1980
Coakley model	Baseret på 10 års forsøgsdata fra USA, blev angrebsgraden 26 dage efter skridning beregnet ud fra ligningen: Angrebsgrad af Septoria (26 dage efter skridning) = 147.40 – $3.025 \times X1 - 2.093 \times X2$, hvor X1 er sammenhængende dage uden nedbør fra 26. marts til 4. maj, og X2 er sammenhængende dage med temperaturer under 7 °C (4. april-3. maj)	Coakley et al. 1988
Septoria-timer	Målinger af bladfugt i afgrøden med sensor. Behandling anbefales efter 36 timer (første omgang 48 timer var valgt som kriterium) med bladfugt. Som registreres på et display eller sender information via telefon om at der har været en risikoperiode	Verreet J A, Klink H, Hoffmann G M. 2000
Two-step process prediction of Septoria tritici	Første step er en kvalitativ model som beregner risikoen for Septoria først på vækstsæsonen på basis af vintertemperaturen fra december frem til april og vindhastigheden omkring vs 31. Andet step er en kvantitativ model som prædikerer angrebsgraden på de 3 øverste blade på vs 75 baseret på nedbørshændelser april og maj.	Pietravalle S et al. (2003)
Tidlig bestemmelse af Septoria-risiko	Denne model bruger akkumulerede nedbørsmængder >3mm i en 80 dages periode forud for vs 31 (typisk tidlig feb. til slutning af april) samt antal dage med temperaturer mindre end 0 C i en 50 dages periode fra 120 dage før vs 31 (tvøisk januar og februar)	Te Beest et al. 2009
The IPM wheat model	Modellen bygger på bestemmelse af angrebet bladareal samt optælling af pyknider på bladniveau.	Verreet J A, Klink H, Hoffmann G M. 2000
EPIWHEAT	Risikokort genereret for Europa til illustrering af forskelle i angreb af Septoria	Savary et al. 2015
PVO	Antal dage med nedbør > 1mm. Tærsklen afhænger af vækststadiet og sortens modtagelighed for Septoria	Hansen et al. 1994; Secher et al. 1995; Hagelskær og Jørgensen 2003

3.2 Beskrivelse af Planteværn online

Planteværn Online (PVO) (Secher et al., 1995; Hagelskær og Jørgensen 2003) og PRO_PLANT (Frahm et al., 1996) er to beslutningsstøttesystemer, som har været til rådighed i mere end 20 år og har haft en pæn udbredelse i henholdsvis Danmark og Tyskland.

PVO, som blev introduceret til danske landmænd i 1993, har vist gode nettomerudbytte resultater i adskillige forsøg (Henriksen et al. 2000). PVO, der omfatter modeller til bekæmpelse af meldug, rust, Septoriasygdomme og knækkefodsyge, er baseret på empiriske data vedrørende (i) fungicideffektivitet, (ii) bekæmpelsestærskler, (iii) udbredelse af sygdomme og skadedyr på forskellige vækststadier af afgrøden, (iv) sorterens modtagelighed over for sygdomme og (v) vejrparametre med indflydelse på sygdomsudvikling.

I nærværende projekt betragtes PVO som referencesystemet, når nye modeller udvikles. Den aktuelle Septoriamodel i PVO er at betragte som en meget simpel model, der alene beror på dage med nedbør (>1 mm). I tilfælde af modtagelige og moderat modtagelige sorter anbefales behandling efter fire dage med nedbør, begyndende ved vs 32. For mere resistente sorter begynder modellen ved vs 37 og kræver fem dage med nedbør. Efter behandling forventes afgrøden at være beskyttet i ti dage, før en ny risikoperiode begynder. Risikovurderingen stopper, når afgrøden når vs 71. Modellen blev udviklet i **90'erne byggende** på historiske forsøgsdata, som blev sammenkoblet med klimadata, for at afsøge hvilke klimaparametre, der gav den bedste sammenhæng til de bedømte angrebsgrader (Hansen et al. 1994).

Tidligere udviklede modeller fra UK blev også undersøgt **under udviklingsarbejdet i 90'erne**, men disse gav ikke en større forklaringsgrad end den simple model som byggede på dage med nedbør. Modellen betragtes som nævnt som ret simpel og tager ikke hensyn til mere specifikke biologiske træk fra **Z. tritici**-svampen og bl.a. dens krav til mindst 24 timers fugtighed i afgrøden. PVO-modellen har i forsøg vist sig at være ret robust (Jørgensen 2014) og en af styrkerne har især været, at den er nem at huske for landmændene. Imidlertid er det erfaringen fra praksis, at modellen i visse år i let grad underestimerer behovet for behandlinger og anbefaler ret konservative input. En usikkerhed ved bedømmelse af behovet for behandling baseret på vejrdata i løbet af sæsonen er naturligvis den manglende kendskab til, hvorledes vejret udvikler sig i den resterende del af sæsonen. Bedre langtidsprognoser for især nedbør kunne hjælpe med til at give en bedre forudsigtelse af det faktiske behov for behandlinger. Især hastigheden af modningsperioden ses ofte som en væsentlig faktor, der har indflydelse på den endelig udbytterespons af behandlingerne.

TABEL 3.2. EKSEMPLER PÅ BEKÆMPELSESTÆRSKLER I Planteværn Online.

Sygdom	Eksempler på tærskel i PVO
Knækkefodsyge	>35 % planter angrebet på vs 30-32
Meldug	>10 % planter angrebet fra vs 29 (S) >25 % planter angrebet fra vs 29 (R) Ingen behandlinger efter vs 40
Septoria	4 dage med nedbør fra vs 32 (S) 5 dage med nedbør fra vs 37 (R) Eller angreb på 3. blad fra vs 45-60
Brunrust	>25 % planter angrebet (S)
Gulrust	vs 29-60 > 1 % planter angrebet (S)

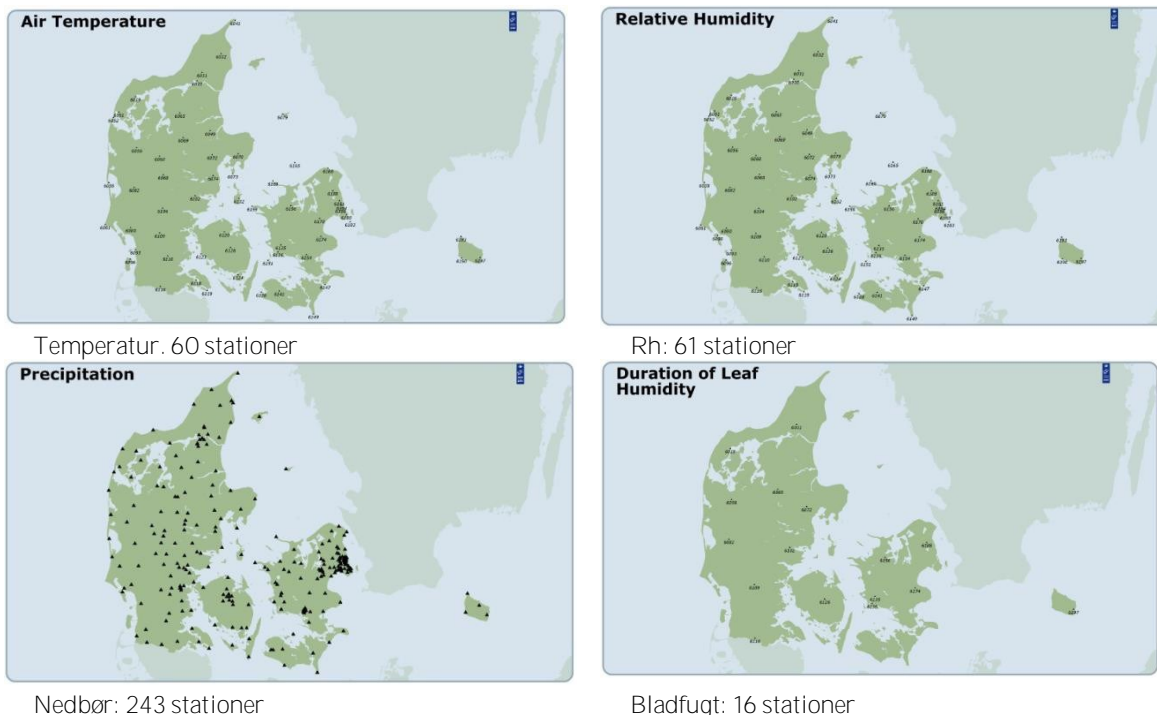
4 Vejrdata og vejrprognoser til Septoria-modeller

4.1 Indledning

Septoria og en række andre fugtighedselskende svampe er betinget af perioder med høj luftfugtighed. Fugtighed måles af DMI ved officielle klimastationer med parametrene Rh, nedbør eller bladfugt. Rh og temperatur måles ved ca. 60 stationer, hvorimod bladfugt kun måles ved 16 stationer. Det er derfor besluttet at undersøge om det er muligt at fastlægge et bestemt niveau for Rh, der kan anvendes som estimat for, hvornår bladfugt optræder. I GUDP projektet ”Skimmelstyring” har DMI desuden udviklet en ny prognose for bladfugt. I den forbindelse er det vurderet, om denne prognose kvalitetsmæssigt er så god, at prognoseværdierne kan gemmes og efterfølgende anvendes som var det målte observationer, dvs. kan beregnede prognoseværdier anvendes som en slags ’pseudoobservationer’ til risikovurdering for angreb af Septoria.

4.2 Stationsgrundlag – DMI stationer

I Danmark måles temperatur og Rh ved ca. 60 stationer, nedbør ved 243 stationer og bladfugt (LW, leaf wetness) ved 16 stationer (Figur 4.1).



FIGUR 4.1. DMI'S KLIMASTATIONSNET FOR TEMPERATUR, RELATIV FUGTIGHED, NEDBØR OG BLADFUGT.

Klimastationer har historisk set været placeret nær kyster, ved lufthavne og har ikke haft fokus på landbrug. Derfor blev der i 1980'erne i Danmark oprettet 13 nye agro-meteorologiske stationer, placeret ved Statens Planteavl's forsøgsstationer og derudover i vigtige landbrugsområder. I sidste halvdel af 1990'erne begyndte Danmarks Jordbrugsforskning, i samarbejde med DMI og SEGES, at lave et beslutningsstøttesystem til landbruget: PlantInfo, som i høj grad inddrog brug af vejrdata og prognoser. Man startede med at anvende AgroMeteorological Information System (AMIS) griddata (10*10 km). Baseret på eksisterende stationsnet blev disse data beregnet med en såkaldt ”inverse distance weighted” metode. Det betyder i praksis, at for en given lokalitet interpoleres data fra de nærmest omgivende klimastationer og at interpolationen er vægtet med afstanden fra lokaliteten til de DMI vejrstationer, som indgår i beregningen. Dette fungerer godt og Udvikling af nye risikomodeller for Septoria (*Zymoseptoria tritici*) i vinterhvede

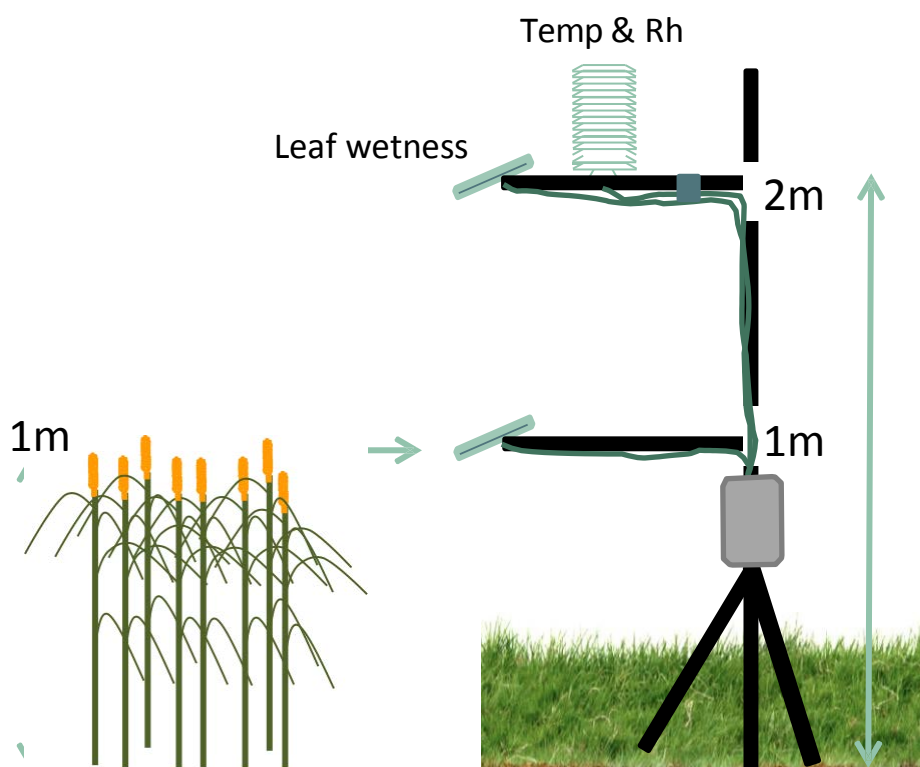
robust mht. temperaturangivelser, men det er generelt et problem at angive præcise estimater for fugtighed, nedbør, Rh og bladfugt. Jo færre stationer der måles ved, desto ringere bliver estimatet. De ca. 60 stationer for temperatur og Rh dækker stort set behovet, men måling af bladfugt ved 16 stationer er for usikkert, og der har manglet en prognose for bladfugt. Dermed opstod ønsket om at kunne estimere bladfugt ud fra bl.a. Rh.

4.3 Datagrundlag og måling af fugtighed og dugdannelse

Ved stationerne Tylstrup, Jyndevad og Flakkebjerg er der indkøbt bladfugtsensorer af mærkerne Adcon og Deagon. Disse sensorer supplerer eksisterende målinger af bladfugt i 2 m højde ("plate sensors") samt temperatur og Rh målt i 2 m højde. Dette datasæt anvendes til to formål:

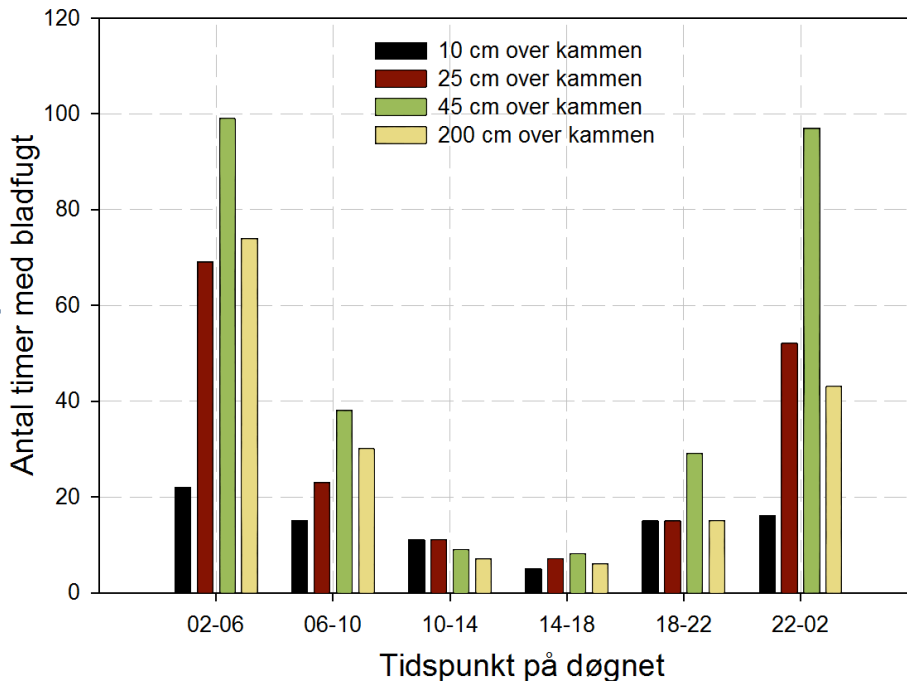
1. Validering af, om Rh målt i 2 m højde kan anvendes som estimat for bladfugt i 1 m højde.
2. Validering af prognosen for bladfugt, samt om prognosedata alene kan anvendes til risikovurdering for angreb af Septoria

Opstillingen er angivet i Figur 4.2



FIGUR 4.2. SENSOR PLACERING VED TYLSTRUP, JYNDEVAD OG FLAKKEBJERG. MÅLING AF BLADFUGT I 1 M HØJDE ANTAGES AT VÆRE ET GODT ESTIMAT FOR DUGDANNELSE PÅ 'HIMMELEKSPONERED E' BLADE I EN AFGRØDE

I 1990'erne arbejdede AU – Foulum med mikroklimaundersøgelser i kartofler i relation til kartoffelskimmel. Resultater herfra viste, at dugdannelsen om natten sker ved en nettoudstråling og dermed afkøling af det enkelte blad. Når bladets temperatur kommer under dugpunktstemperaturen vil der ske en kondensation af vand i form af dug. Den varmeudstråling, som sker fra blade nede i afgrøden, vil blive tilbagekastet af blade ovenover, og der blev målt et temperaturmaksimum nede i afgrøden. Der blev fundet dugdannelse primært på de "himmeleksponerede" blade med fri udstråling og i langt mindre grad på nedre blade og inde i afgrøden. Ved at sammenligne målinger af bladfugt i profil midt ned gennem afgrøden i 0,10 m, 0,25 m, 0,45 m og 2 m's højde over kartoffelkammen, viste resultaterne for en tør periode uden nedbør, at der om natten (kl 22-kl 06) blev målt ca. 5 gange så mange timer med bladfugt lige over afgrøden (45 cm over kammen) end 10 cm over kammen, dvs. nede i afgrøden. Der blev også målt flere timer med bladfugt i 45 cm sammenlignet med 2 m højde. Der var en god sammenhæng mellem målinger af bladfugt lige over afgrøden (45 cm) og målinger af bladfugt i 1 m højde på den lokale Agrometeorologiske målestation ved Foulum. Med baggrund i disse resultater blev det anbefalet fremover at måle bladfugt ved DMI stationer i 1 m højde med en hældning på 5-7 grader mod nord. En sådan måling vil være det bedste estimat for dugdannelse på "himmeleksponerede" blade i en kartoffelafgrøde (Hansen, 1992). Det vurderes, at tilsvarende forhold vil være gældende i en kornafgrøde. Udvikling af nye risikomodeller for Septoria (*Zyloseptoria tritici*) i vinterhvede



FIGUR 4.3. MÅLING AF BLADFUGT MED "PLATE SENSORER" I EN KARTOFFELAFGRØDE I EN TØR PERIODE (6 DAGE) I JULI 1989. MÅLINGER BLEV FORETAGET I PROFIL FRA KAMMEN I 10 CM, 25 CM 45 CM (LIGE OVER AFGRØDEN) OG 200 CM HØJDE (= MIKROKLIMA). GENTEGNET EFTER HANSEN, 1992.

I en situation med typisk dansk sommervej i form af vekslende byger med vind og sol kan der omvendt være længere tid med bladfugt på de nedre blade end på de øverste blade, som udtørres af sol og vind (Hansen, 1992). Det er sandsynligvis kombinationen af dug og nedbør (splash-effekt af inokulum op i afgrøden), som samlet set er betydningsfuld for nye infektioner.

Der er store udfordringer ved at anvende mikroklimadata til risikomodeller for sygdomsudvikling. For det første vil der være en profil af varierende temperatur, Rh og bladfugt ned igennem afgrøden – mest dug på de øvre blade og mindst på de nedre blade og højeste temperatur i centrum, hvor bladmassen er størst, jf. Figur 4.3. Hvor skal man placere sensoren i afgrøden? For det andet vil der desuden i kuperede marker og marker med læhegn være meget forskellige klimaforhold alt efter, hvor en klimastation placeres.

Planteværnsmodeller bør i udgangspunktet altid afvikles med vejrdata, som er målt på samme måde som de vejrdata, der blev brugt til udviklingen af modellen. Hvis dette ikke er muligt, skal der som minimum benyttes en stabil metode til at oversætte målingerne til hvad de ville have været, hvis samme målemetode havde været anvendt. For at undgå fejl og usikkerheder om opstillingen og metoderne til vejrdataindsamling, anbefales det derfor at udvikle og anvende varslingsmodeller på baggrund af standard meteorologiske data, hvor der måles på kortklippet græs efter WMO's internationale standarder.



FIGUR 4.4. DUGDANNELSE PÅ "HIMMELEKSPONEREDE" HVEDEBLADE, FOULUM, 2015. PHOTO: JENS G. HANSEN

4.4 Udvikling af prognosemodel for bladfugt ved DMI

DMI har fra medio april 2014 leveret punktdata (point weather) + 60 timers prognose for bladfugt og globalstråling fra de operationelle DMI-modeller SKA (eksisterende model) RA3 (ny eksperimentel model) til SEGES.

Data leveres kl 01 og kl. 13. Analyser viser, at modellen RA3 rammer Rh bedre end modellen SKA (marts-april), men giver lavere værdier i juni (efter korrektion for jordfugt). Der er bedst overensstemmelse for landstationer, mens kyststationer generelt er for tørre. SKA laver prognoser for et område, som dækker hele Skandinavien og Nordeuropa, mens RA3 laver prognoser for et mindre område centreret over Danmark, og benytter, i modsætning til SKA, bl.a. data fra det danske radarnetværk for at forbedre nedbørsprognoserne.

DMI har fortaget undersøgelse af bladfugtmålinger med forskellige bladfugtsensorer.

1. Data fra 18 DMI stationer med plate sensors (officielle DMI sensorer). Disse sensorer måler bladfugt i min/time
2. Data fra nyindkøbte sensorer (Adcon og Deagon) opsat ved Tylstrup, Jyndeved og Flakkebjerg. Disse sensorer måler en elektrisk spænding over sensoren, i princippet mængde af vand.

Generelt vedr. bladfugt kan det siges, at hvis prognoser for temperatur og Rh ved overfladen bliver bedre, så bliver prognosen for bladfugt også bedre i nedbørfrie perioder. I nedbørperioder er det nedbør, som giver bladfugt. Her er det derfor modellens evne til at forudsige nedbør på de rigtige steder og tidspunkter, der er mest afgørende.

4.5 Brug af standard Rh som estimat for bladfugtighed i en afgrøde

Bladfugtighed er tilstedeværelsen af frit vand på bladoverfladen af en afgrøde. Bladfugtighed kommer primært fra tre kilder: vand fra nedbør eller vanding, tåge og dugdannelse. Bladfugtighed er blevet grundigt undersøgt i relation til plantepatologi, fordi mange patogener kræver tilstedeværelse af frit vand for at kunne spire og inficere (Rowlandsson et al., 2015; Bregaglio 2011; Wichink Kruit, 2008; Huber og Gillespie, 1992). I Septoriatimeren antages det f.eks. at der er risiko for nye infektioner efter 36 -48 timer med bladfugt (Verreet et al., 2000). I Danmark måles, som beskrevet, bladfugt på 16 ordinære klimastationer. Data interpoleres og griddes efterfølgende så de kan overføres til eksterne **beslutningstøttesystemer via DMI's webservice til levering af vejrdata (PointWeather)**. Da der kun er relativt få målestationer, hvor der måles bladfugt, er der risiko for, at de interpolerede værdier rammer væsentligt ved siden af den reelle bladfugt. Da der findes næsten fire gange så mange målestationer, der måler Rh, er det undersøgt, om man kan anvende Rh til at estimere bladfugtighed. Der findes i litteraturen flere forskellige metoder til at beregne bladfugtighed ud fra Rh (Wichink Kruit, 2008). De mere komplekse metoder kræver, at man også kender nettosolstrålingen, men denne parameter måles ikke som standard ved DMI's klimastationer. Mere simple metoder anvender alene Rh med en specifik tærskelværdi, men den optimale tærskelværdi afhænger af lokale forhold (Sentelhas et al., 2008). I nærværende projekt har vi derfor undersøgt forskellige metoder til estimering af bladfugt i 1 m højde baseret på standardiserede målinger af Rh i 2 m.

4.6 Kan bladfugt i 1 m estimeres ud fra Rh måling i 2 m?

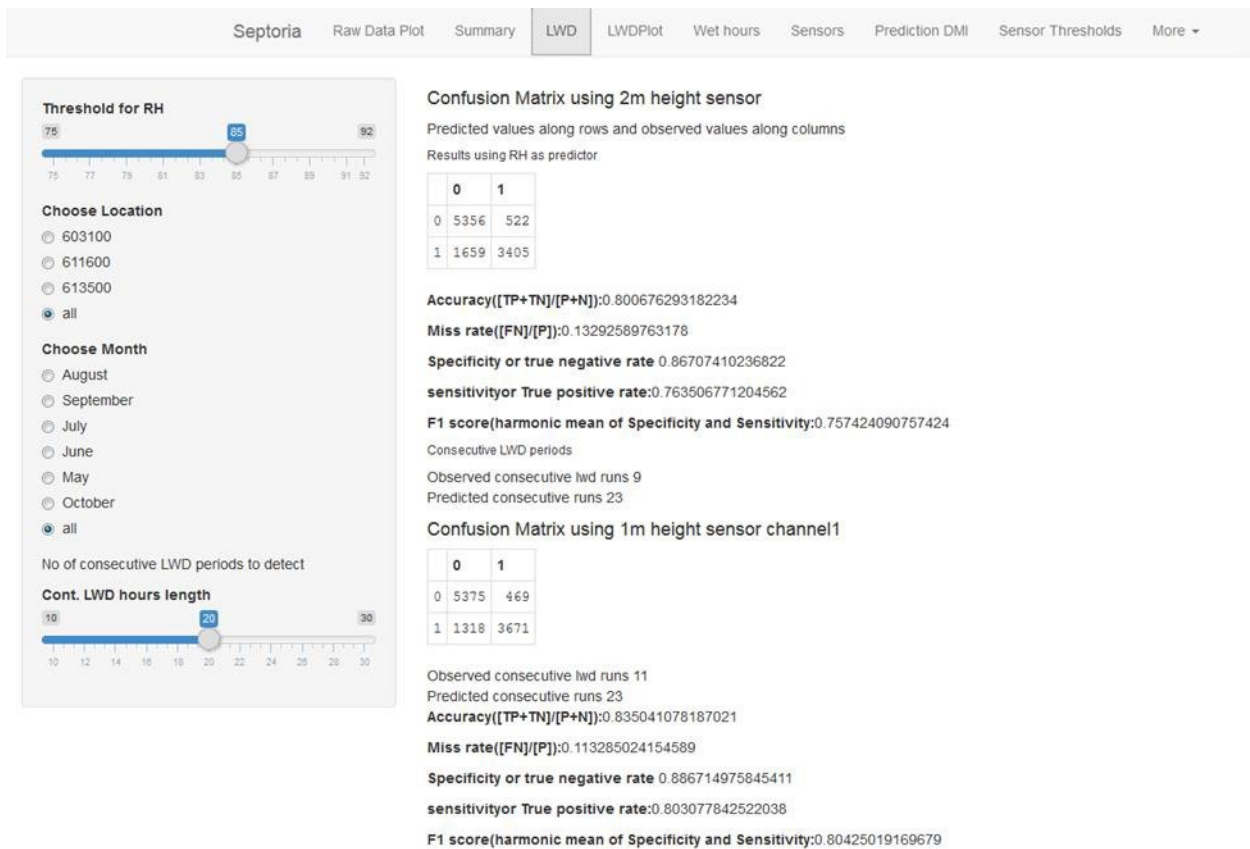
Der er anvendt vejrdata fra DMIs stationer: Jyndevad, Tylstrup og Flakkebjerg. Vejrdata omfatter temperatur, bladfugt, Rh (Sensor: Vaisala) i 2 m og nedbør i 1.5 m højde. Derudover er der foretaget målinger med nyindkøbte bladfugt sensorer (Adcon og Decagon), placeret i 1 m. Bladfugt sensoren fra DMI (Type: Malling kontrol) leverer et output i form af 0-60 minutter bladfugt/time. Adcon og Decagon måler bladfugt på sensoroverfladen ved at måle den dielektriske konstant af sensorens overflade. Outputtet er en måling i volt hvert 10. minut. Efter bestemmelse af tærskelværdien for bladfugt er målingerne fra Adcon og Decagon sensorerne konverteret til bladfugt i minutter per time. Målet er at estimere bladfugt i 1 m højde med standard Rh målinger fra 2 m, da det – som ovenfor nævnt – antages, at bladfugt i 1 m på kortklippet græs er et godt mål for bladfugt på **"himmeleksporerede blade"** i en afgrøde (Hansen, 1992).

Resultaterne angives for det samlede antal timemålinger for de tre stationer, maj, juni, juli og august for 2014 og 2015. Der er undersøgt to forskellige metoder til estimering af bladfugt:

- **Konstant Rh tærskel.** Hvis Rh er større eller lig med en given Rh tærskel antages, at der er bladfugt.
- **Extended Rh tærskel.** For perioder med Rh mellem 70 % og 85 %, antages det, at der er dugdannelse, hvis Rh stiger mere end 6 % imellem to timemålinger, hvorimod en overflade antages at tørre ud, hvis Rh falder mere end 4 % mellem to timemålinger. Hvis Rh < 70 % antages det, at overfladen er tør. Hvis Rh > 85 % antages det at overfladen er våd (Wichink Kruit et al., 2004).

4.7 Shiny-R applikation til data analyse og visualisering

Til analysen blev der udviklet en web software løsning baseret på programmeringssproget R. Et screen-dump af brugergrænsefladen er vist i Figur 4.5. Programmet blev anvendt til at analysere alle data for sammenhænge mellem vejrdata og estimater af bladfugtighed. Fordelen med dette program er at det er muligt at ændre på alle tærskelværdier for optimering af **"confusion"** matricen, ligesom man kan visualisere alle beregninger. Programmet er opdelt i funktioner via faneblade. Vigtige funktioner er muligheden for at kalibrere de rå målinger fra de ny-indkøbte bladfugtsensorer, beregninger af **"confusion"** tabeller og sammenligning af metoder til estimat af bladfugtighed fra Rh målinger. For alle beregninger kan man dynamisk vælge via 'radio buttons' og 'checkboxmarks' hvilke år, måned og stationer, som skal indgå i beregningerne eller i visualiseringen.



FIGUR 4.5. USER INTERFACE AF SHINY-R PROGRAMMET UDVIKLET I PROJEKTET TIL ANALYSE AF VEJRDATA OG SAMMENHÆNGE MELLEM RH OG BLADFUGTIGHED

Alle prædikterede resultater præsenteres som en “**confusion matrix**” med observerede værdier langs kolonnen og prædikterede værdier langs rækken (Tabel 4.1)

TABEL 4.1. CONFUSION MATRIX FOR ESTIMAT AF BLADFUGTIGHED MED ANVENDELSE AF RH STANDARD MÅLINGER.

		Målte værdier	
		Ingen bladflugt	Bladflugt
Estimerede værdier	Ingen Bladflugt	TN = True Negative	FN = False Negatives
	Bladflugt	FP = False Positive	TP = True Positive

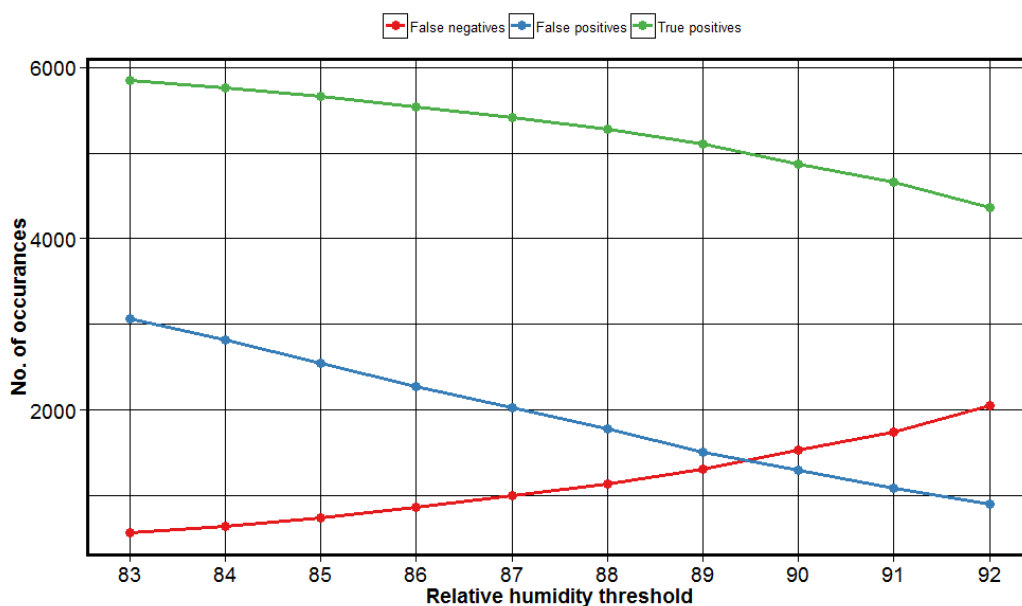
Følgende parametre anvendes til at evaluere modellernes anvendelighed:

- Sensitivity (true positive rate) = $TP/(TP+FN)$
- Specificity (true negative rate) = $TN/(FP+TN)$
- Miss rate (false negative rate) = $FN/(FN+TP)$
- Accuracy = $(TP+TN)/(P+N)$

Målet er primært at maximere "Sensitivity" og at minimere "Miss rate". Man kan argumentere for at vælge en tærskel med lidt flere "False alarms" end færre "Miss rates", dvs. hellere estimere lidt flere (forkerte) timer med bladfugt end at estimere færre timer med bladfugt, hvor der faktisk blev målt bladfugt.

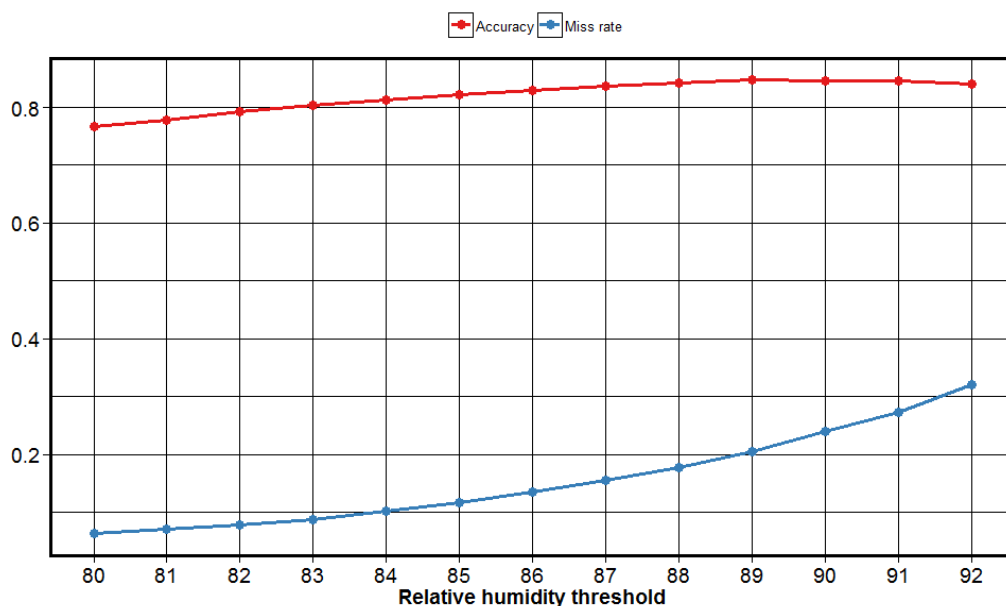
4.8 Resultater

Estimater fra confusion tabellen er beregnet med forskellig Rh tærskel og bladfugt målinger fra 1 m højde (Fig 4.6). Resultaterne er vist for Rh tærskel fra 83 % - 92 %. Når tærsklen øges, falder både False positive og True positive. Faldet i false positive er favorabelt for analysen, men man ønsker at have True positive så høj som muligt. Når tærsklen øges, da øges også antallet af False negative (der var bladfugt, men det blev ikke estimeret). Det betyder at valget af den optimale tærskel er en afvejning mellem at maximere Accuracy og at minimere False negative (Miss rate). Med denne afvejning - samt målet at maximere "Sensitivity" og at minimere "Miss rate" – så vurderes det at en tærskel på Rh=85 % er valgt til estimat af bladfugtighed i en afgrøde. Ved en tærskel på 85 % Rh er andelen af tilfælde, hvor der estimeres bladfugt, og der faktisk måles bladfugt relativt høj (True positive, Sensivity) og andelen af tilfælde, hvor der måles bladfugt, men der estimeres ingen bladfugt er relativt lav (False negative, Miss rate)



FIGUR 4.6. SAMMENHÆNGEN MELLEM FALSE NEGATIVE, FALSE POSITIVE AND TRUE POSITIVE FOR FORSKSLIGE RH TÆRSKLER TIL ESTIMERING AF BLADFUGTIGHED

Variationen af Accuracy og Miss rate med forskellige Rh tærskler er vist i Figur 4.7 Ved en tærskel på 85 % er Accuracy ca 80 %, og Miss rate er ca. 10 %.



FIGUR 4.7. EFFEKTEN AF FORSKLLIG TÆRSKEL FOR RH PÅ ACCURACY OG MISS-RATE AF ESTIMATET FOR BLADFUGTIGHED.

Resultater for anvendelse af den relative fugtighed som estimat for bladfugt er præsenteret nedenfor. Tallene i parentes angiver procentdelen af observationerne i forhold til det samlede antal observationer.

TABEL 4.2. RELATIV FUGTIGHED ($\geq 85\%$) SOM ESTIMAT FOR BLADFUGT I 2 M HØJDE. TALLENE ANGIVER ANTAL OBSERVATIONER FOR HVER KOMBINATION AF MÅLT HHV. ESTIMERET VÆRDI FOR TRE STATIONER OVER TO VÆKSTSÆSONER (VÆRDIER I PARENTES ANGIVER FORHOLDSMÆSSIG ANDEL).

		Målte værdier	
		Ingen bladfugt	Bladfugt
Estimerede værdier	Ingen Bladfugt	9372(0.51)	908(0.05)
	Bladfugt	3220(0.17)	4999(0.27)
Accuracy	Miss rate	Specificity	Sensitivity
0.7768528	0.1537159	0.7442821	0.8462841

TABEL 4.3. RELATIV FUGTIGHED ($\geq 85\%$) SOM ESTIMAT FOR BLADFUGT I 1 M HØJDE. TALLENE ANGIVER ANTAL OBSERVATIONER FOR HVER KOMBINATION AF MÅLT HHV. ESTIMERET VÆRDI FOR TRE STATIONER OVER TO VÆKSTSÆSONER (VÆRDIER I PARENTES ANGIVER FORHOLDSMÆSSIG ANDEL).

Målte værdier			
Estimerede værdier	Målte værdier		
		Ingen bladflugt	Bladflugt
	Ingen Bladflugt	9537(0.51)	743(0.04)
Bladflugt	2553(0.14)	5666(0.31)	

Accuracy	Miss rate	Specificity	Sensitivity
0.8218282	0.1159307	0.7888337	0.8840693

Resultaterne viser, at der som gennemsnit for den målte periode ved tre stationer over to vækstsæsoner måles bladflugt i 32 % af tiden i 2 m højde og 35 % af tiden i 1 m højde. Sensitivity er 0,85 for 2 m og 0,88 for 1 m estimerede værdier, dvs. i hhv. 85 % og 88 % af tilfældene med målt bladflugt i 2 og 1 m højde kunne modellen forudsige dette. Der er 15,4 % Miss rate for 2 m og 11,6 % Miss rate for 1 m estimerterne.

TABEL 4.4. ANVENDELSE AF EXTENDED RH TIL ESTIMAT AF BLADFUGT I 2 M HØJDE. TALLENE ANGIVER ANTAL OBSERVATIONER FOR HVER KOMBINATION AF MÅLT HHV. ESTIMERET VÆRDI FOR TRE STATIONER OVER TO VÆKSTSÆSONER (VÆRDIER I PARENTES ANGIVER FORHOLDSMÆSSIG ANDEL).

Målte værdier			
Estimerede værdier	Målte værdier		
		Ingen bladflugt	Bladflugt
	Ingen Bladflugt	8574(0.46)	630(0.03)
Bladflugt	3982(0.22)	5312(0.29)	

Accuracy	Miss rate	Specificity	sensitivity
0.7506757	0.1060249	0.6828608	0.8939751

TABEL 4.5 ANVENDELSE AF EXTENDED RH TIL ESTIMAT AF BLADFUGT I 1 M HØJDE. TALLENE ANGIVER ANTAL OBSERVATIONER FOR HVER KOMBINATION AF MÅLT HHV. ESTIMERET VÆRDI FOR TRE STATIONER OVER TO VÆKSTSÆSONER (VÆRDIER I PARENTES ANGIVER FORHOLDSMÆSSIG ANDEL).

Målte værdier			
Estimerede værdier	Målte værdier		
		Ingen bladflugt	Bladflugt
	Ingen Bladflugt	8631(0.47)	573(0.03)
Bladflugt	3458(0.19)	5836(0.31)	

Accuracy	Miss rate	Specificity	Sensitivity
0.78208455	0.08940552	0.71395483	0.91059448

Resultaterne viser at Sensitivity er 0,89 for 2 m og 0,91 for 1 m estimerede værdier. Der er 10,6 % Miss rate for 2 m estimerterne og 8,9 % Miss rate for 1 m.

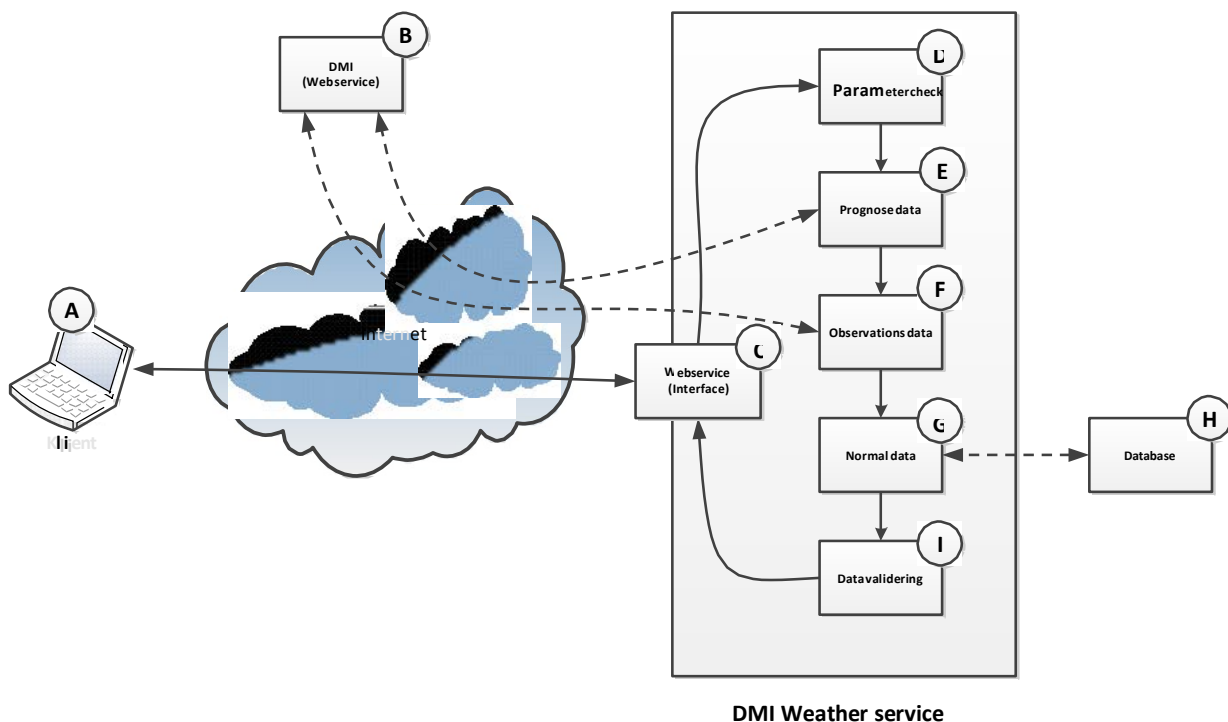
4.9 Konklusion

Forsøget viste, at begge metoder (konstant Rh-tærskel og extended Rh-tærskel) er anvendelige til at estimere bladfugt i 1 m højde ud fra Rh i 2 m og dermed varigheden af dugdannelse i en afgrøde. Extended Rh metoden er en anelse bedre end at bruge en konstant Rh metode, hvis man fokuserer på, at det vigtigste er at kunne forudsige målt bladfugt korrekt. Miss rate er hhv 11,6 % og 8,9 % for konstant Rh og Extended Rh metode. Tilsvarende er Sensitivity hhv. 88,4 % og 91,0 % for de to metoder. Hvis der reelt er observeret bladfugt, forudsiger de to modeller med andre ord dette korrekt i 9 ud af 10 tilfælde. Da antallet af lokaliteter i Danmark, hvor der måles bladfugt er relativt begrænset, og der desuden har manglet en prognose for bladfugt, anbefales det derfor at estimere bladfugt i afgrøden ud fra standardmålinger af Rh i 2 m højde **med en tærskelværdi på ≥ 85 % Rh.**

5 Klimadaplatformen

5.1 DMI's nationale vejrobservationer og -prognoser

DMI's landsdækkende net af målestationer registrerer året rundt vejrdata, der samles i en central database hos DMI. Disse data udstilles derefter af DMI via internettet, hvorved data kan benyttes som grundlag for eksempelvis biologiske varslingsmodeller. I nærværende projekt er der taget udgangspunkt i en klimadaplatform udviklet af SEGES. Klimadaplatformen henter DMI-vejrdata via PointWeather-webservicen, som er udviklet i fællesskab af SEGES og DMI.



FIGUR 5.1. SYSTEMARKITEKTUR FOR KLIMADATAPLATFORMEN

Klimadaplatformen (Figur 5.1) kan levere observationsdata, prognose data samt normal data (1960 – 1990 i 20 x 20 km grid) for udvalgte klimaparametre for Danmark (excl. Færøerne og Grønland). Tabel 5.1 viser de vejrparametre, som servicen kan levere. Bemærk, at ikke alle parametre har en tilknyttet 30-års normal eller prognose data, samt at de ikke alle leveres i samme opløsning (time- og døgnværdier).

Prognoser leveres med en times interval de første 48 timer baseret på HIRLAM (High Resolution Limited Area Model). Herefter leveres de med 6 timers interval baseret på ECMWF (European Centre for Medium range Weather Forecasts).

Tidskrævende dataprocessering medfører, at observations- og prognosedata leveres ca. 10 timer forskudt, før de udstilles i DMI's webservice. Hertil skal så regnes med en forsinkelse på yderligere 6 til 24 timer alt efter hvilke prognoser, der kaldes. Konsekvensen er, at længden af ECMWF-prognosen er mellem 6 og 7 døgn, afhængig af, hvornår på dagen servicen kaldes.

5.2 Dataflow ved kald af klimadatatplatformen

- A. Klienten som gør brug af servicen kalder servicen med angivelse af periode, position, ønskede parameter og datatyper (prognose, observation og/eller normaler)
- B. DMI (Danmarks Meteorologiske Institut) hvor prognose og observations data hentes.
- C. Interfacet (End pointet) til web servicen som er udstillet for klienten, herfra kaldes videre i systemet, som beskrevet fra punkt D til I.
- D. Parameter check. Alle parametre angivet af klienten undersøges for at sikre korrekt forespørgsel mod DMI og til den efterfølgende databehandling.
- E. Prognose data. Først hentes de prognose data som kan findes hos DMI i et givet tidsinterval (dags dato og 5 - 7 dage frem).
- F. Observations data. Efterfølgende hentes observations data fra gårdsdagen og tilbage til starttidspunkt for perioden (hvis mere end 2 år tilbage i tiden bliver data ældre end 2 år udskiftet med 1960-1990 normal data).
- G. 1960-1990 normal data. Hvis prognose og/eller observations- data ikke findes indsættes normal data. Normaldata er baseret på observationer for en 30 årig periode og et beregnet gennemsnit er udarbejdet af DMI.
- H. Database. Normal data for DMI Weather Service opbevares i 20 x 20 km griddatabase på en SQL server hos SEGES.
- I. Data validering. Efter alle data er indsamlet for den givne periode, korrigeres datasættet for ugyldige værdier, før vejrdatasættet returneres til klienten (A).

TABEL 5.1. TABELLEN VISER VEJRPARAMETRE, SOM UDSKILLES VIA KLIMADATAPLATFORMEN. ET KRYDS (X) ANGIVER, HVORVIDT DER KAN HENTES TIME-, DØGN-, 1990 – 1990 NORMAL- OG PROGNOSEVÆRDIER FOR DE ENKELTE VEJRPARAMETRE.

Parameter	Beskrivelse	Observationer		Normaler		Prognoseværdier	
		Time	Døgn	Måned	Døgn	Time	Døgn
Airtemp	Temperatur	X	X		X	X	X
AirRH	Rh	X				X	
Windspeed	Vindstyrke	X				X	
Winddir	Vindretning	X				X	
Glorad	Globalstråling		X	X			
Prec	Nedbør		X		X	X	X
Mintemp	Minimumtemperatur		X		X		X
Maxtemp	Maksimumtemperatur		X		X		X
Sunrad	Kortbølgestråling					X	X
Soiltemp	Jordtemperatur	X	X			X	X
Leafwet	Bladfugtighed	X					
Evapo	Fordampning		X		X		X

6 Såtidspunktets betydning for Septoria

6.1 Indvirkning af såtidspunkt på angreb af Septoria

Et element i projektet har været at undersøge, hvor meget såtidspunktet betyder for angrebsgraden af Septoria. Engelske data har vist, at tidlig såning øger angrebet betydeligt (Gladder et al. 2001), mens tidligere danske undersøgelser kun har vist begrænsede effekter af såtidspunktet (Jørgensen et al. 1997).

Over to sæsoner blev der med hjælp fra lokale konsulenter ved SEGES udvalgt 16 lokaliteter med vinterhvede fordelt over hele Danmark. Lokaliteterne blev valgt så de indenfor en kort radius (<1 km) kunne dække 2 tidspunkter og to sorter med forskellig modtagelighed. De udvalgte marker fik markeret et område, som forblev ubehandlet for fungicider. Markeringen i markerne blev afsat med hjælp fra konsulenten, og området dækkede typisk en sprøjteboms bredde (15-20 meter).

Markerne blev bedømt for graden af angreb (severity) af Septoria 5-6 gange i løbet af sæsonen på individuelle bladniveauer for at følge angrebsudviklingen med intervaller på ca. 14 dage, begyndende i april. Markerne blev opdelt i tidligt såede marker (før 10. september) og senere såede marker (efter 20. september). Det er sygdomsdata fra disse usprøjtede parceller, som beskrives ved de efterfølgende figurer i kapitlet.

TABEL 6.1. LISTE OVER LOKALITETER, DER BLEV UNDERSØGT FOR ANGREB I LØBET AF VÆKSTSÆSONEN, SAMT ANGIVELSE AF SORT OG SÅDATO

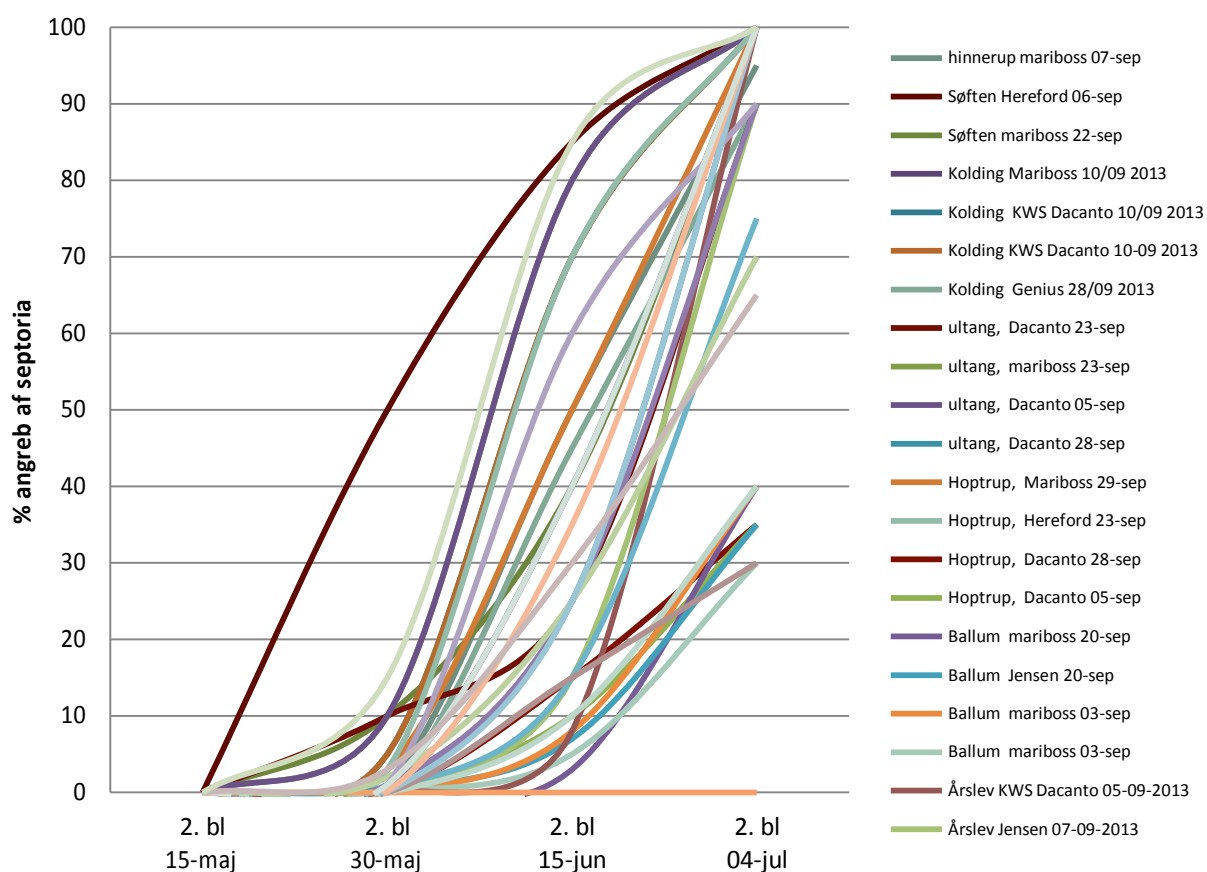
Lokalitet	Mark 1	Mark 2	Mark 3	Mark 4
2013				
Holeby	Tabasco 24-09	Mariboss 19-09	Hereford 12-09	Dacanto 17-09
Holbæk	Mariboss 15-09	Hereford 22-09	Hereford 12-10	Dacanto 17-09
Ultang	Jensen 20-08	Dacanto 20-08	Hereford 10-09	Hereford 30-09
Haderslev	Mariboss 16-09	Hereford 10-09	Asano 06-09	Asano 30-09
Kolding	Genius 10-09	Mariboss 10-10	Hereford 16-09	Hereford 08-10
Tjele	Hereford 15-09	Hereford 10-10		
Horsens	Hereford 10-09	Mariboss 12-09	Mariboss 30-09	Mariboss 08-9
Hadsten	Jensen 19-09	Hereford 19-09	Jensen 19-09	Jensen 19-09
2014				
Holeby	Mariboss 19-09	Mariboss 05-09	Mariboss 19-09	Dacanto 27-09
Holbæk	Jensen 15-09	Hereford 15-09	Dacanto 07-09	Dacanto 22-09
Flakkebjerg	Mariboss 13-09	Hereford 13-09		
Ultang	Dacanto 23-09	Mariboss 23-09	Dacanto 05-09	Dacanto 28-09
Hobstrup	Mariboss 29-09	Hereford 23-09	Dacanto 28-09	Dacanto 05-09
Hinnerup	Mariboss 07-09	Hereford 06-09	Mariboss 22-09	-
Ballum	Mariboss 20-09	Jensen 24-09	Mariboss 10-09	Mariboss 28-09
Kolding	Mariboss 10-09	Dacanto 10-09	Dacanto 10-09	Genius 28-09
Årslev, Fyn	Dacanto 05-09	Jensen 07-09	Hereford 05-09	Mariboss 06-09

Forsøgene viste tydelige forskelle i angrebsniveauet mellem de udvalgte lokaliteter. I begge sæsoner var angrebsniveauet højt i den sydlige del af Jylland og relativt lavt på Lolland. På hver lokalitet blev to forskellige sorter bedømt, typisk en meget modtagelig sort (Hereford eller KWS Dacanto) eller en moderat modtagelig sort (Mariboss, Jensen eller Genius). Resultaterne er vist i Figur 6.2.

6.2 Litteraturstudier og parvise observationer fra projektet

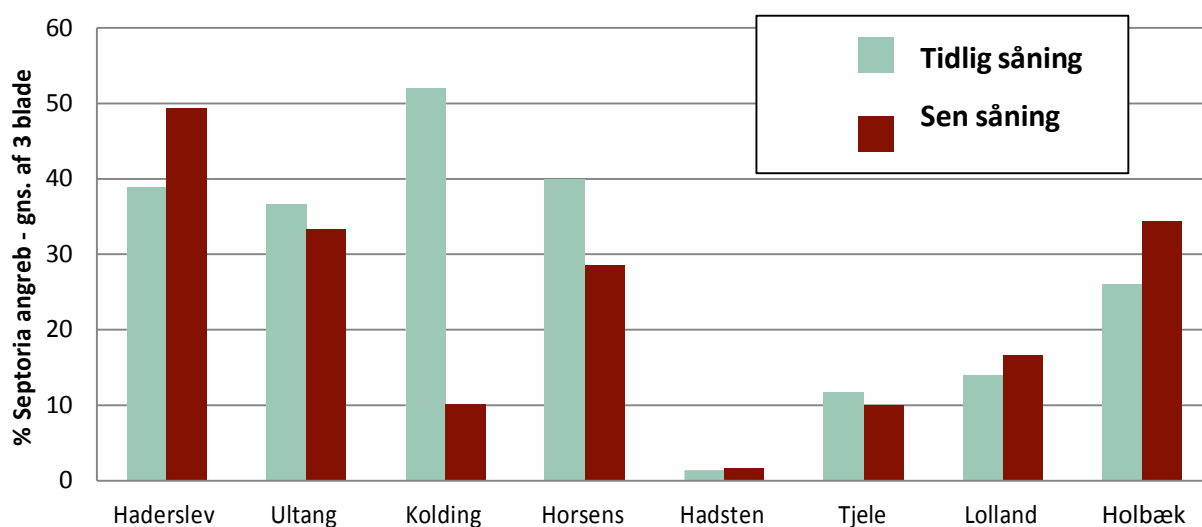
Baseret på udenlandsk litteratur og visse observationer i marker i de to projekt år blev det antaget, at tidlig såning kan have en betydelig effekt på angrebsgraden af Septoria. De parvise observationer indsamlet i projektet (Tabel 6.1) viste eksempler på, at der var større angreb efter tidlig såning, især på lokaliteter i Sønderjylland (Figur 6.2). For en række lokaliteter kunne hypotese om kraftigere angreb efter tidlig såning dog ikke bekræftes. Figur 6.1 viser sygdomsudviklingen på 2. øverste blad summeret henover vækstsæsonen 2014. Som det fremgår, er der store forskelle i de bedømte angrebsgrader. Effekten af såtid i parvise sammenligninger er sammenstillet i Figur 6.2 for både 2013 og 2014 observationer. Som det fremgår, var lokaliteten af større betydning for variationen i angrebsgrad end såtidspunktet. I 7 ud af de 16 sammenligninger fra de 2 år var der kraftigere angreb i den tidligt såede mark, men kun i 5 tilfælde var forskellen relativt markante.

En samlet analyse af de to års forsøgsdata, som blev indsamlet i projektet kunne da heller ikke vise nogen klar korrelation i betydningen af sådato, hverken bedømt først på vækstsæsonen eller senere (Figur 6.3). Effekten af sortsmodtagelighed var heller ikke særlig klar (data ikke vist), da der til trods for den opgjorte inddeling p.t. ikke indgår dyrkede sorter med markant stor forskel i modtagelighed.

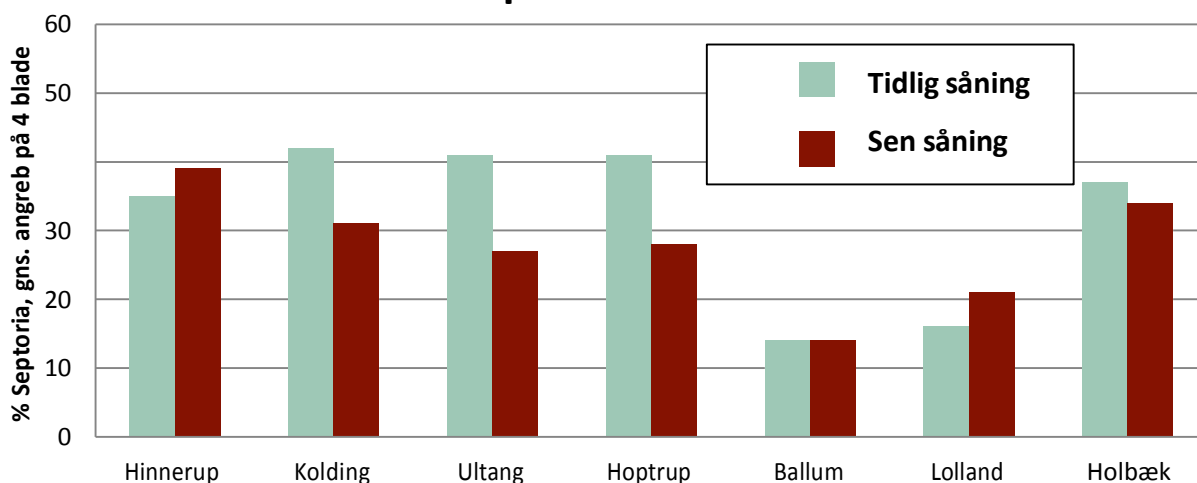


FIGUR 6.1. DATA FRA SYGDOMSBEDØMMELSE I 2014 BEDØMT PÅ 2. ØVERSTE BLAD. AF DETTE FREMGÅR, AT SYGDOMSUDVIKLINGEN VARIERER MELLEM LOKALITETER OG MARKER.

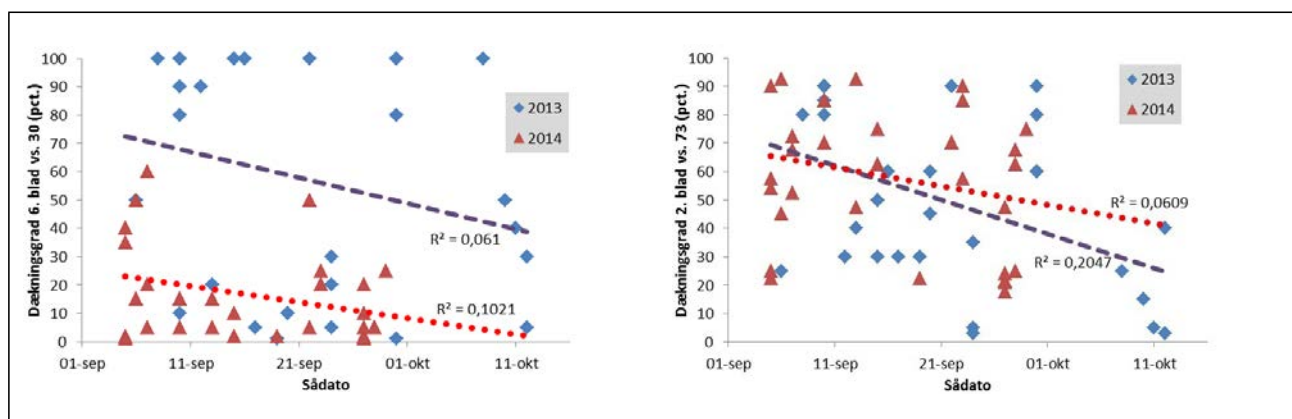
Septoria 2013



Septoria 2014



FIGUR 6.2. PROCENT SEPTORIA-ANGREB I UBEHANDLEDE HVEDEPARCELLER, BEDØMT I MARKER MED FORSKELLIGE SÅTIDSPUNKTER. DATA BLEV INDSAMLET I 2013 OG 2014. TIDLIG SÅNING ER FØR 10. SEPTEMBER OG SEN SÅNING ER EFTER 20. SEPTEMBER.



FIGUR 6.3. SAMMENHÆNG MELLEM SÅDATO OG DÆKNINGSGRAD PÅ BLAD 6 (VS 30) OG BLAD 2 (VS 73). DATA INDSAMLET GENNEM 2 ÅR FRA SEPTORIA PROJEKTET.

6.3 Konklusion om såtidspunktet

Sammenfattende omkring såtidspunktets betydning for udviklingen af Septoria kan det på baggrund af de indsamlede data ikke konkluderes, at såtidspunktet har en generel effekt på angrebsniveauet. Vores bedømmelser i de to projektår viste en markant forskel i angrebsgraderne i marker placeret i det Sønderjyske, men ikke andre steder i landet. Tidligere data fra vinterhvedeprojektet (1990-1995) viste en mindre, men dog signifikant effekt af såtidspunktet på Septoria i forsøg, som var specifikt designet for vurdering af dyrkningsfaktorer (Jørgensen et al., 1997). Det vurderes dog ikke, at vi på baggrund af de indsamlede og analyserede data har mulighed for at foretage en større differentiering i sygdomsrisikoen i relation til såtiden, og det blev derfor besluttet ikke at inddrage såtiden som faktor i de nye varslingsmodeller.

Hvis såtidens effekt skal undersøges nærmere vil det kræve, at der etableres flere forsøg, hvor både flere såtider og sorter med forskellig modtagelighed er indbygget som variable for at sikre et balanceret datasæt. At såtiden ikke samlet set kan dokumenteres at have en stor effekt kan skyldes en kombination af mange faktorer, som spiller ind på sygdomsudviklingen. Herunder tidspunktet for spredning af ascosporer i efteråret, afgrødens biomasse i efteråret, i løbet af vinteren og igen i foråret samt ikke mindst Septoria angrebnes mulighed for at overleve på døde blade efter barfrostperioder.

I dansk landbrug har der i løbet af de sidste årtier været en klar tendens hen imod tidligere såning, en tendens der især er øget i de seneste år. Det kan ikke afvises, at tidlig såning i visse år og på nogle lokaliteter kan øge risikoen for Septoria betydeligt, men det kan ikke umiddelbart dokumenteres, at det er en afgørende faktor, som vil øge behovet for bekæmpelse. At der kan være betydelig forskel på den mængde af afgrøde, som er til stede i markerne i det tidlige forår er dog uomtvisteligt. De to indsatte billeder (Figur 6.9 og 6.10) viser, hvor stor forskel der kan være på plantebestanden og bladmasse i det tidlige forår afhængigt af, om der har været perioder med barfrost eller ej. Dette indikerer, at omfanget af barfrost i vinterperioden også spiller en rolle på mængden af tilstedeværende smitstof om foråret.



FIGUR 6.9. BILLEDE FRA HVEDEMARK, MIDT MARTS 2010. EFTER KRAFTIG NEDVISNING AF AFGRØDEN PGA BARFROST ER DEN GRØNNE BLADMASSE SVEDET VÆK. HER ER DER KUN BEGRÆNSET SMITTE AF SEPTORIA.



FIGUR 6.10. BILLEDE FRA HVEDEMARK, MIDT MARTS 2014. EN KRAFTIG AFGRØDE MED MASSER AF SEPTORIA ANGREB PÅ DE NEDRE BLADE EFTER EN MILD VINTER. HER ER SMITSTOF MÆNGDEN AF SEPTORIA STØRRE.

7 Fugtighedsmodellen

Introduktion

For at udvikle en mere specifik risikomodel for Septoria, der omfatter faktorer som Rh og bladfugt, blev historiske klimadata organiseret med henblik på at lave nye modeller og få en forståelse af den dynamik, der er forårsaget af forskellige klimascenarier.

7.1 Anvendte klimaparametre i modellerne

Forskellige kombinationer af klimaparametre – Rh, nedbør og bladfugt, er blevet inkluderet i arbejdet med at beregne risikoen for Septoria. Udfra fastsatte klimaparametre er det beregnet, hvilket antal behandlinger der vil blive udløst per vækstsæson. Ved at sammenholde disse data med udbytteresponser for behandling i de enkelte forsøgsår har det været muligt at afsøge, hvad der kan være rimelige behandlingsstrategier. Baseret på den biologiske viden om Septoriasvampen er det kendt, at sygdommen som minimum har behov for 24 timer med fugtighed, for at den kan spredes og etablere sig.

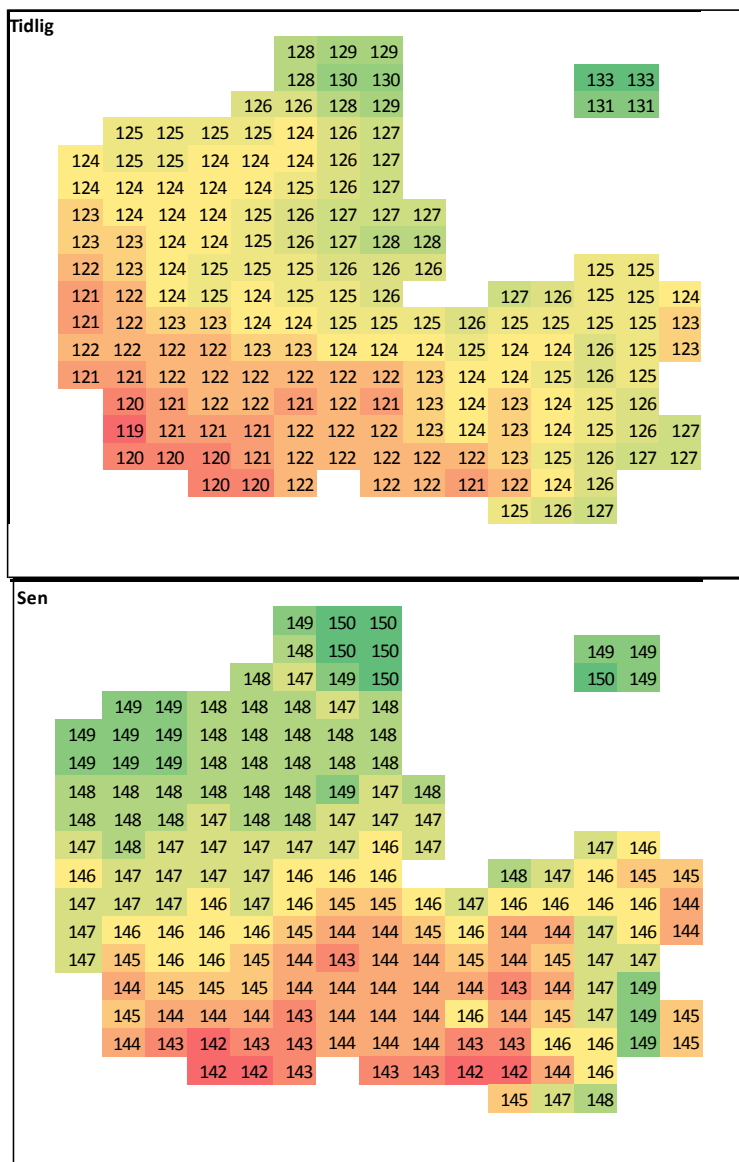
I projektet er først og fremmest brugt data fra ni forskellige vejrstationer i perioden 2003 til 2008. De specifikke vejrstationer, der er omfattet i dette arbejde, er Abed, Flakkebjerg, Holbæk, Årslev, Jyndevad, Askov, Bygholm, Ødum og Tylstrup, hvor værdier for lufttemperatur (°C), nedbør (mm), Rh (%) og bladfugt (min./time) er blevet målt hver time. Alle vejrstationer er placeret 2 m over jorden. Når forskellige modeller og parametre fra stationerne sammenlignes, er det vigtigt, at alle data er til rådighed. I sammenligning med datasæt fra andre år viste data fra 2003 og 2008 sig at være det bedste datasæt, der var til rådighed, da disse er blevet kvalitetssikret og ikke har perioder med manglende data. Datasættene brugte følgende klimaparametre:

TABEL 7.1. VEJRDATA INKLUDERET I ARBEJDET MED EN NY MODEL

Nedbør pr. time eller dag, mm	Nedbør er inkluderet i forskellige modeller med tærskler som 1 mm pr. dag eller blot 0,2 mm pr. time.
Rh målt i 2 m højde pr. time, Rh %	Standardmålinger er foretaget i 2 m højde. Forskellige perioder med niveauer $\geq 85\%$ Rh er først og fremmest brugt i modellerne, da dette niveau bedst forbindes med fugtighed i afgrøden.
Bladfugtighed målt 2 m højde (LW), minimum fugtighed/time	Sensorer til måling af bladfugt er placeret i 2 m højde. Der ses ofte god korrelation mellem høje Rh-værdier og LW. Ikke inkluderet i modellerne, da de historiske data ikke er pålidelige for denne parameter.
Temperatur (°C)	Temperaturer er blevet inkluderet i prognose af væksthastigheder for afgrøden. I det interval, hvor risikovurderinger udføres for Septoria, har temperaturen kun mindre indflydelse på længden af den latente periode, og temperaturen har derfor ikke indgået i modellering af svampens vækst.

7.2 Beregning af sæsonstart

I projektet er data fra SEGES' nationale registreringssystem gennem mere end ti år koblet med temperaturdata fra den samme periode fra lokale vejrstationer. Målet med dette datasæt var at fremkomme med et estimat for, hvornår specifikke vækststadier indtræffer baseret på summen af graddage.



FIGUR 7.1. GRIDDED DANMARKSKORT MED ANTAL DAGE FRA 1. JANUAR, HVOR VS 32 SKULLE VÆRE NÅET VED AT FØLGE 500- GRADDAGESMODELLEN (SUMMERING AF TEMPERATURER FRA 1. MARTS). DE TO KORT ILLUSTRERER INDFLYDELSEN AF TEMPERATURER VED HENHOLDSVIS TIDLIG (ØVERST) OG SEN (NEDERST) SÆSONSTART. (BEREGNINGER BASERET PÅ DMI - 10X10 KM GRID-DATA 2000-2010).

For Septoria vurderes det specielt, at vs 32 er vigtigt at kunne fastlægge, da planten på det tidspunkt fremkommer med sit tredje øverste blad. Tidligere arbejde har vurderet, at vs 32 vil begynde ved 500 graddage summeret fra 1. marts. Denne model kunne ikke umiddelbart bekræftes ved brug af data fra det nationale registreringssystem i dette projekt, hvilket formodes at være på grund af, at datasættet indeholder upræcise data som følge af vanskeligheder med at bedømme vækststadier. Erfaringsmæssigt kan det især være vanskeligt præcist at angive vs 31, 32 og 33. Forskelle mellem 500-graddagesmodellen og det som datasættet viste, kan også være relateret til ændringer i f.eks. væksthastigheder for nyere sorter og indflydelsen af tidlig efterårssåning af afgrøderne. Ved brug af 500-graddagesmodellen viser en adskillelse mellem tidlig og sen startsæson tydelige variationer for, hvornår vs 32 nås.

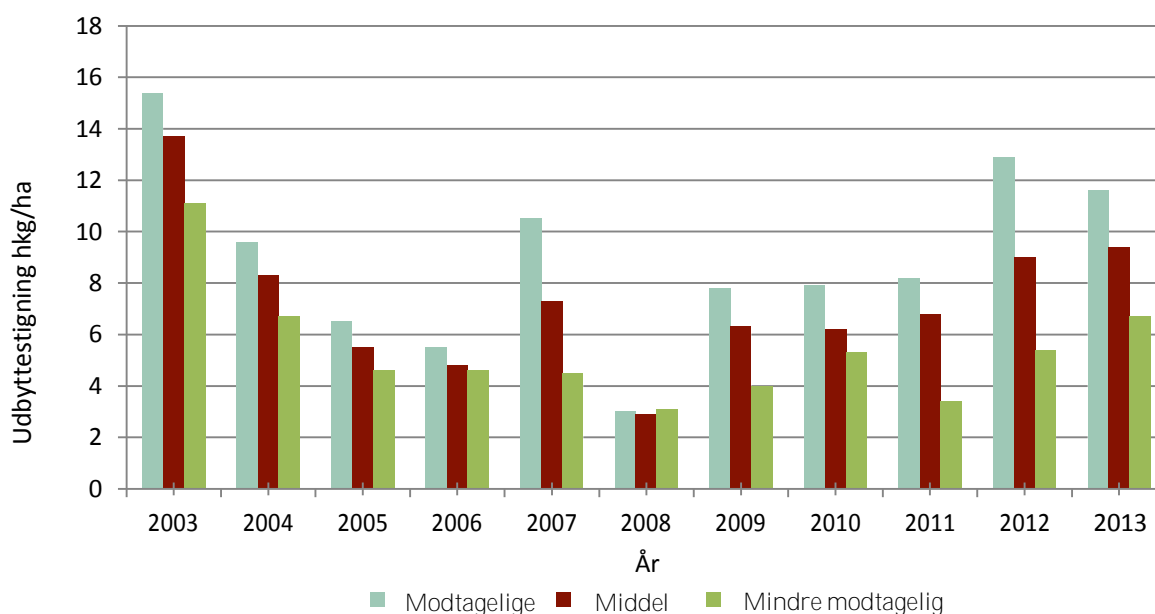
Tidsrummet går fra 1. maj (120 dage) til 1. juni (150 dage) ved brug af denne model. Det gennemsnitlige tidspunkt for at nå vs 32 blev fundet til at være dag 137 (midt i maj).

I virkeligheden har de seneste to sæsoner (2014 og 2015) vist, at vs 32 allerede kan forekomme midt i april efter meget tidlig såning og en mild vinter. Der kan således være gode grunde til også at sætte spørgsmålstejn ved 500-graddagesmodellen. På grund af disse problemer blev det besluttet i flere af de modeller, som er beskrevet nedenfor, at anvende kalenderdage som basis for bedømmelse af vækststadier og sprøjteinterval. Figurerne er dog medtaget fordi de stadig afspejler en tydelig gradient på tværs af landet, som vurderes at være ganske reel.

7.3 Forskelligerisikoscenarier

For at kunne bedømme hvilke parametre, der bør inkluderes i risikomodellen, er forskellige scenarier blevet afprøvet på de historiske data fra 2003-2008. Antallet af Septoriabegivenheder er blevet beregnet og sammenlignet med antallet af behandlinger fra PVO, som er brugt som reference. Alle modeller har indbygget en ti-dages beskyttelsesperiode fra tidspunktet for behandling til starten af den næste risikoperiode. Modellerne er også baseret på den forudsætning, at Septoria-sporer altid findes i tilstrækkelig mængde til at kunne foranledige sygdommen, hvis de nødvendige fugtighedsforhold er tilstede.

Resultater fra modellerne bliver evalueret og sammenlignet med sygdomsdata og ekspertviden fra specifikke år. Tidsrammen (2003-2008) omfattede såvel år med meget lavt sygdomstryk (2008) som år med højt sygdomstryk (2003 og 2007). Dette er delvis illustreret i Figur 7.2, som viser udbytterespons fra Septoriabekæmpelse i specifikke år (Data fra SEGES, oversigt over landsforsøgene).



FIGUR 7.2. UDBYTTSTIGNINGERNE FRA BEKÆMPELSE AF ISÆR SEPTORIASYGDOMME I DANSKE LANDSFORSØG I SPECIFIKKE ÅR. SORTER ER INDDELT I MODTAGELIGE OG MINDRE MODTAGELIGE SORTER UD FRA SEPTORIA ANGREB.

Inddata til modellerne er værdier målt hver time for Rh (%) og/eller bladfugt. Risikotærsklerne er baseret på givne fortløbende perioder med høj fugtighed ved brug af disse parametre. Timer med minimum 85 % Rh eller med mere end 30 minutters bladfugt vil tælle som en time med fugtighed. I 2015 blev også nedbør (>0,2 mm) i en given time inkluderet i de afprøvede modeller, som tællende som en time med positiv fugtighed.

Uddata fra modellen er et "ja" eller "nej" for hver periode på én time. Baseret på de beregnede værdier pr. time er 0 eller 1 blevet lagt til. Modellen vil udløse en sprøjtebegivenhed, når modellen har beregnet f.eks. 20 eller 24 timer i træk. Valget af antal timer understøttes af biologiske data, som angiver, at svampene som minimum kræver 24 timer med høj luftfugtighed, før sygdommen kan forventes at sporulere, spredes og inficere og dermed anrette betydelig skade og kræve en behandling med fungicider.

Efter f.eks. 24 timer med konstant luftfugtighed vil et fungicid blive anvendt og beskytte afgrøden i ti dage, før en ny risikobegivenhed kan begynde. Adskillige modeller med en række begivenheder med uafbrudte timer med høj Rh er blevet afprøvet på det historiske datasæt med fra 12 til 24 timer med Rh-værdier over 85 % for at teste hvordan valgte tærskler vil influere på sprøjteindsatsen. I specifikke modeller er det blevet givet, at vs 32 begynder på dag 130, og at fungicider kan anvendes så sent som til dag 170. Når modellerne anvendes, er forskellige starttidspunkter blevet inkluderet, og de givne tal i tabellen er et gennemsnit på 5 starttidspunkter, som skal illustrere at starttidspunktet kan variere betydeligt årene imellem.

7.4 Resultater fra forskellige scenarier – Beregnet antal behandlinger for forskellige strategier - sensitivitsberegninger

Som beskrevet ovenfor er der blevet udført detaljerede analyser med afprøvning af forskellige vejrmodellers indvirkning på antal behandlinger. En liste over nogle af de afprøvede modeller er vist i Tabel 7.2.

Modellerne viser tydeligt dynamikken og indvirkningen ved at vælge en specifik tærskel. Jo lavere tærskel dvs. jo kortere periode med uafbrudt luftfugtighed man vælger, jo flere behandlinger vil udløses. På tilsvarende vis gælder det, at jo mindre antal dage med nedbør, som er inkluderet i PVO-modellen, jo flere behandlinger vil udløses. Ud fra historiske vejrdata er der beregnet på 13 grundlæggende modelstrategier baseret på nedbør og Rh (Tabel 7.2). Foruden de ti grundlæggende 85 % Rh-strategier ved 12-40 timer og 20/24-20/36-strategier er der også afprøvet 12-40 timer med 81, 83, 87, 89, 90, 91, 93 og 95 % Rh-tærskler (Tabel 7.6).

Yderligere 85 % Rh-strategier, hvor en time med henholdsvis 0,01, 0,2, 1, 2, 5 og 99 mm nedbør tæller for en fugtig time er også blevet afprøvet (Tabel 7.7), for at kunne vurdere effekten af nedbørshændelser.

TABEL 7.2. FORSKELLIGE AFPRØVEDE STRATEGIER, MED FORSKELLIGE KLIMADATA OG PERIODELÆNGDER.

Strategi	Tærskler
pvo4	Fire regnvejrsgage (dage med mindst 1 mm nedbør) er forekommet
pvo6	Seks regnvejrsgage er forekommet
pvo8	Otte regnvejrsgage er forekommet
12 hrs	12 timer med mindst 85 % Rh
16 hrs	16 timer med mindst 85 % Rh
20 hrs	20 timer med mindst 85 % Rh
24 hrs	24 timer med mindst 85 % Rh
28 hrs	28 timer med mindst 85 % Rh
32 hrs	32 timer med mindst 85 % Rh
36 hrs	36 timer med mindst 85 % Rh
40 hrs	40 timer med mindst 85 % Rh
20/24	20 timer med mindst 85 % Rh -ELLER- mindst 90 % Rh 24 timer gennemsnit
20/36	20 timer med mindst 85 % Rh -ELLER- mindst 90 % Rh 36 timer gennemsnit

Da sæsonlængden også har effekt på antallet af udløste behandlinger er elleve startdatoer for begyndende overvågning i intervallet fra 15. april til 15. maj blevet afprøvet i kombination med seks sæsonlængder i intervallet 40 til 65 dage. I alt er 29 relevante kombinationer med en gennemsnitlig sæsonlængde på 53 dage blevet afprøvet (Tabel 7.3).

TABEL 7.3. KOMBINATIONER AF STARTDATO OG SÆSONLÆNGDE.

		Sæsonlængde (dage)					
		40	45	50	55	60	65
Startdato	Dag nr.	Slutdato					
15. apr	105						20. jun
18. apr	108					18. jun	23. jun
21. apr	111				16. jun	21. jun	26. jun
24. apr	114				19. jun	24. jun	29. jun
27. apr	117			17. jun	22. jun	27. jun	
31. apr	120			20. jun	25. jun	31. jun	
3. maj	123		18. jun	23. jun	28. jun		
6. maj	126	16. jun	21. jun	26. jun	1. jul		
9. maj	129	19. jun	24. jun	29. jun			
12. maj	132	22. jun	27. jun				
15. maj	135	25. jun	31. jun				

Effekt af lokalitet: Når man ser på specifikke lokaliteter, varierer antallet af behandlinger i nogen grad mellem lokaliteterne. Silstrup (nær Thisted) er generelt den lokalitet, der har det højeste niveau af fugtighed og flest behandlinger, som også illustreret i Figur 7.6. Skønt gennemsnittet fra de andre stationer synes meget ens med hensyn til antal behandlinger, kan der ses store forskelle mellem de enkelte år (Tabel 7.4).

Effekt af år: Når man ser på specifikke år, kan man se store, generelle forskelle i det beregnede antal behandlinger pr. sæson (Tabel 7.4, Figur 7.5). 2008 var et meget specielt år, der var meget tørt og gav meget lav risiko for Septoria (Figur 7.2), og der blev da også for det år beregnet et meget lavt antal af behandlinger fra alle vejrstationerne. Årene 2006 og 2007 gav anledning til det største antal behandlinger.

Den gamle PVO-model, der bruges som referencemodel, er kendt for at være en temmelig konservativ model, der sjældent udløser mere end 1-2 sprøjtninger pr. sæson. Den model, der bruger 24 timer med $R_h > 85\%$, viste sig at sprøjte mindre end den gamle PVO-model, hvilket antyder, at perioden med R_h bør sættes ned. Brug af 20 timer med $R_h > 85\%$ øger det gennemsnitlige antal behandlinger fra 1,7 til 2,2. Ved yderligere at inkludere nedbør pr. time som del af risikomodellen øges det gennemsnitlige antal behandlinger for Fugtighedsmodellerne med i gennemsnit 0,1 (se Tabel 7.7). Brug af modellen med 20 timers $R_h > 85\%$ har vist, at antal behandlinger sandsynligvis vil variere mellem en og tre pr. år, mens der mellem lokaliteter er set en variation fra nul til fire behandlinger (data ikke vist). Brug af de kombinerede modeller 20/24 og eller 20/36 har generelt øget antallet af behandlinger med en halv, hvilket fører til tre sprøjtninger i de fleste sæsoner, dog stadig med undtagelse af 2008, hvor der kun blev beregnet en behandling.

Tabel 7.6 viser indvirkningen af at vælge forskellige R_h -værdier (81-95 %) og forskellig varighed af uafbrudt luftfugtighed (12-40 timer). Matrixen viser antal behandlinger varierende fra nul til 4,4 pr. sæson. Tilsvarende viser Tabel 7.7 indvirkningen af regnbegivenheder hver time. Hvorvidt der vælges en tærskel på 0,2 eller 2 mm/time har mindre indvirkning på tærsklerne. Samlet set har inddragelse af nedbørshændelser minimal indvirkning.

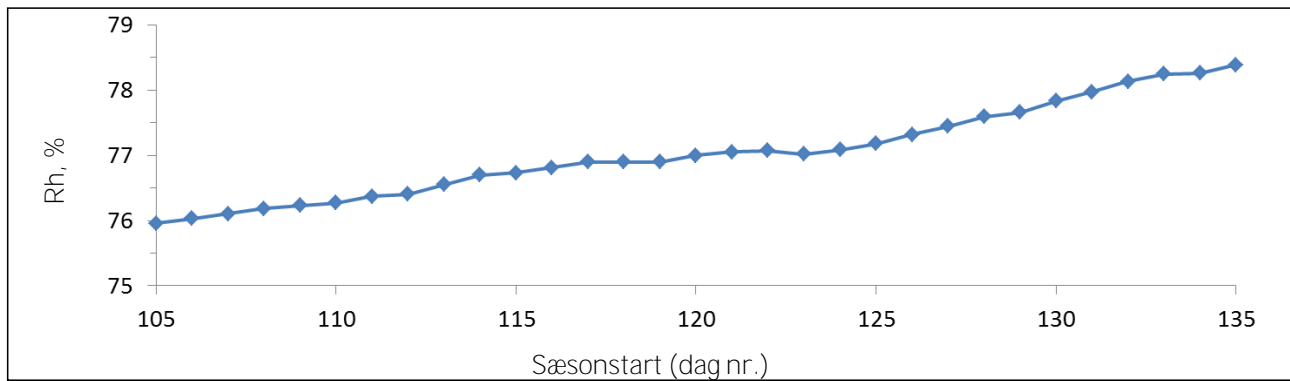
TABEL 7.4. BEREGNET ANTAL BEHANDLING PR. VEJRSTATION OG PR. ÅR (2003-2008). MODELLERNE ANVENDER FORSKELLIGE ANTAL TIMER MED RH>85% SÅVEL SOM FORSKELLIGE ANTAL DAGE MED BEGYNDENDE REGNBØR.

	pvo 4	pvo 6	pvo 8	12 hrs	16 hrs	20 hrs	24 hrs	28 hrs	32 hrs	36 hrs	40 hrs	20/24	20/36
1 Silstrup	2,0	1,5	1,2	4,4	3,6	3,1	2,8	2,3	2,3	1,8	1,5	3,6	3,6
2 Års	2,1	1,6	1,3	3,9	3,3	2,3	1,8	1,5	1,3	1,3	0,8	2,8	2,6
3 Ødum	2,3	1,7	1,3	3,9	2,8	2,0	1,6	1,3	1,1	1,0	0,5	2,6	2,5
4 Bygholm	2,3	1,6	1,3	3,7	2,9	1,9	1,6	1,4	1,3	1,0	0,7	2,7	2,6
5 Jyndevad	2,2	1,6	1,3	4,0	2,8	2,3	1,5	1,4	1,3	0,8	0,8	2,6	2,8
6 Årslev	2,0	1,5	1,1	3,7	2,8	2,1	1,5	1,5	1,2	0,6	0,4	2,6	2,5
7 Holbæk	1,6	1,3	0,9	3,8	2,5	1,6	1,3	0,9	0,9	0,6	0,5	2,5	2,1
8 Flakkebjerg	1,7	1,4	1,1	3,7	2,5	1,9	1,7	1,3	1,0	0,3	0,2	2,4	1,9
9 Abed	1,8	1,2	0,8	3,6	2,9	2,2	1,6	1,5	1,3	0,9	0,7	2,4	2,3
10 Nexø	1,9	1,3	0,9	3,7	2,9	2,2	1,9	1,9	1,7	1,6	0,8	2,6	2,4
Average	2,0	1,5	1,1	3,8	2,9	2,2	1,7	1,5	1,3	1,0	0,7	2,7	2,5
2003	2,5	2,1	1,6	4,0	2,8	2,0	1,3	1,2	1,2	0,9	0,6	2,6	2,3
2004	2,0	1,5	1,1	4,5	3,6	2,5	2,0	1,8	1,6	1,1	0,9	3,2	3,2
2005	2,3	1,7	1,3	4,4	3,3	2,2	1,7	1,3	1,0	0,5	0,2	3,0	2,6
2006	1,7	1,2	1,0	4,2	3,5	3,0	2,5	2,0	1,9	1,8	1,3	3,3	3,2
2007	2,2	1,6	1,2	4,0	3,4	2,6	2,3	2,1	1,9	1,3	0,9	3,1	2,9
2008	1,2	0,8	0,5	1,8	1,0	0,6	0,6	0,6	0,3	0,2	0,2	1,0	0,8

Sæsonlængdens effekt: Antallet af behandlinger pr. sæson vil som nævnt også være afhængigt af længden af vækstsæsonen (Tabel 7.5). Under brug af forskellige startdato og sæsonlængder er antallet af behandlinger givet i tre modeller illustreret i Figur 7.7. Graferne viser forskellige starttidspunkter for sæsonen (vs 31-32). Dag 105 = 15. april; 135 dage = 15. maj. Øverst er sæsonen forlænget som resultat af den tidlige start, men i bunden løber sæsonen kun over 55 dage uanset starttidspunkt. Figur 7.3 angiver, at det generelle luftfugtighedsniveau er lavere, når sæsonen begynder tidligt. I de fleste sæsoner vil en tidlig start ikke nødvendigvis betyde, at sæsonen bliver meget kortere, idet længden er meget vejrafhængig. En start to uger tidligere kan ved slutningen af sæsonen blot betyde mindre end 1 uges tidligere høst. Overordnet set vil en tidlig start generelt føre til flere behandlinger, sådan som de gennemsnitlige resultater fra Tabel 7.5 også antyder.

TABEL 7.5. BEREGNET ANTAL BEHANDLINGER AFHÆNGIGT AF STARTDATO OG SÆSONLÆNGDE.

Start date	Day no.	End date	Season length (days)					
			40	45	50	55	60	65
15. Apr	105							2,53
18. Apr	108						2,30	2,53
21. Apr	111					2,12	2,48	2,58
24. Apr	114					2,30	2,43	2,82
27. Apr	117				2,02	2,37	2,52	
31. Apr	120				2,12	2,25	2,58	
3. Maj	123			1,77	2,00	2,22		
6. Maj	126	1,50	1,87	1,97	2,38			
9. Maj	129	1,70	1,83	2,22				
12. Maj	132	1,77	1,92					
15. Maj	135	1,68	2,02					



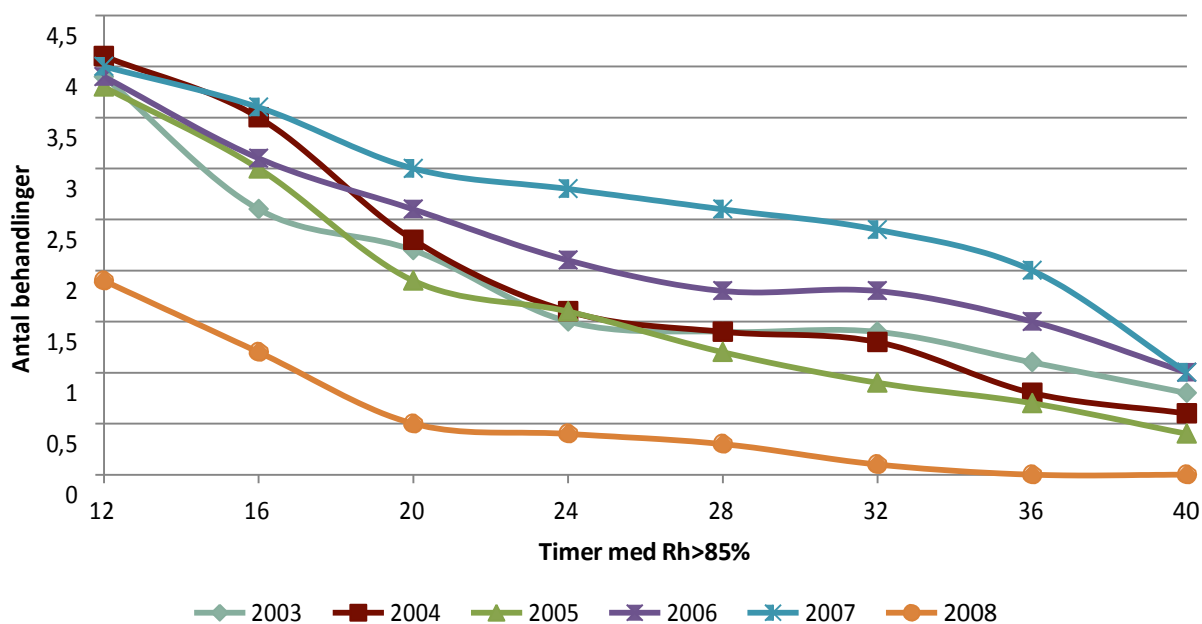
FIGUR 7.3. RH FOR EN SÆSON PÅ 53 DAGE SOM FUNKTION AF SÆSONSTART (DAG NR.). GRAFEN VISER GENERELT LAVERE RH-VÆRDIER TIDLIGT I SÆSONEN SAMMENLIGNET MED SENERE DATOER.

TABEL 7.6. BEREGNET ANTAL BEHANDLINGER FOR FORSKELLIGE RH-TÆRSKLER VED BRUG AF FORSKELLIGE PERIODER MED UAFBRUDT LUFTFUGTIGHED. BASERET PÅ DATA FRA SEKS ÅR OG TI LOKALITETER.

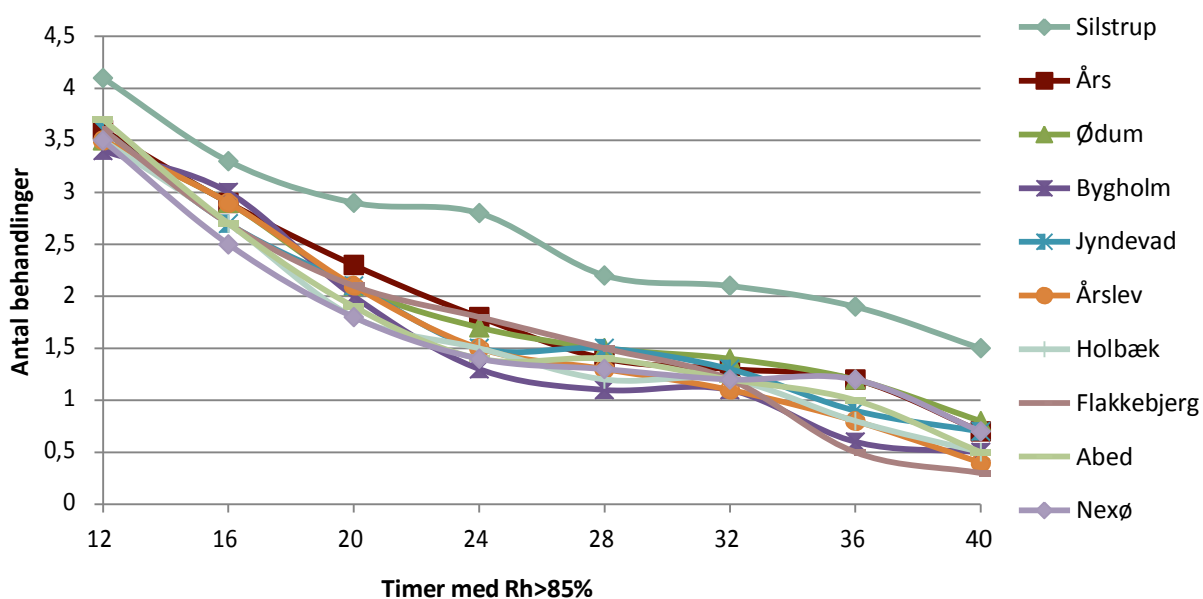
RH (%)	12 hrs	16 hrs	20 hrs	24 hrs	28 hrs	32 hrs	36 hrs	40 hrs
81	4,4	3,5	2,7	2,4	2,2	2,0	1,7	1,3
83	4,2	3,2	2,5	2,1	1,9	1,7	1,4	0,9
85	3,8	2,9	2,2	1,7	1,5	1,3	1,0	0,7
87	3,5	2,7	1,9	1,5	1,2	1,0	0,7	0,5
89	3,1	2,3	1,5	1,2	1,0	0,7	0,5	0,3
90	3,0	2,0	1,3	1,0	0,8	0,5	0,3	0,1
91	2,8	1,8	1,1	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1
93	2,3	1,2	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1	0,0
95	1,5	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0

TABEL 7.7. BEREGNET ANTAL BEHANDLINGER FOR FORSKELLIGE PERIODER MED RH > 85 % KOMBINERET MED FORSKELLIGE MM/TIME-TÆRSKLER. BASERET PÅ DATA FRA SEKS ÅR OG TI LOKALITETER.

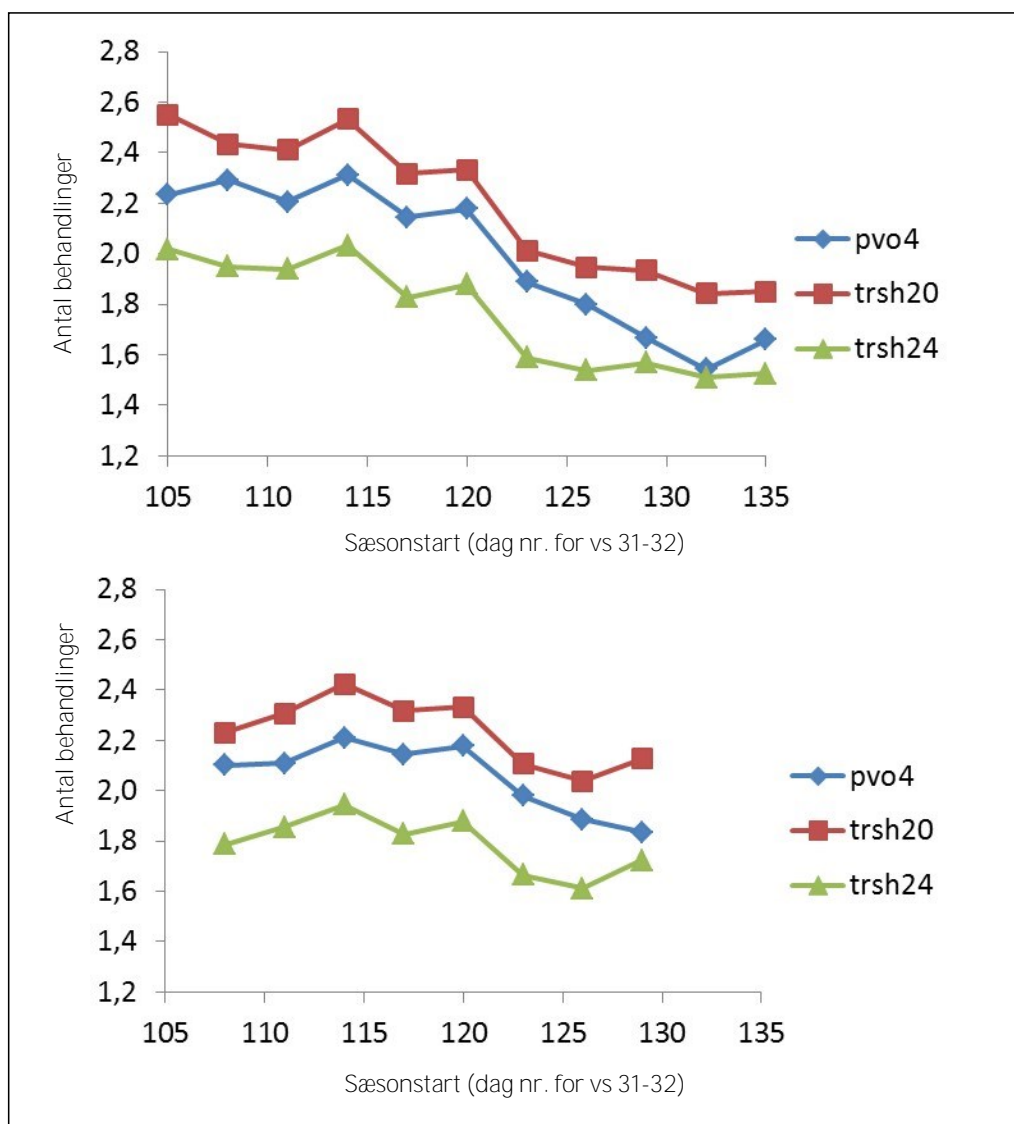
mm / hrs	12 hrs	16 hrs	20 hrs	24 hrs	28 hrs	32 hrs	36 hrs	40 hrs
0,01	3,97	2,96	2,30	1,82	1,63	1,47	1,08	0,74
0,2	3,92	2,93	2,29	1,78	1,55	1,39	1,03	0,73
0,5	3,87	2,93	2,24	1,76	1,52	1,34	1,00	0,71
1	3,87	2,92	2,20	1,75	1,51	1,34	1,00	0,69
2	3,83	2,91	2,18	1,75	1,51	1,34	1,00	0,69
99	3,83	2,91	2,18	1,75	1,51	1,34	1,00	0,69



FIGUR 7.4. BEREGNET ANTAL BEHANDLINGER (Y) MED FORSKELLIG LÆNGDE AF TIMER MED RH > 85 % BEDØMT I INDIVIDUELLE ÅR.



FIGUR 7.5. BEREGNET ANTAL BEHANDLINGER (Y) MED FORSKELLIG LÆNGDE AF TIMER MED RH > 85 % BEDØMT FRA SPECIFIKKE VEJRSTATIONER SOM GENNEMSNIET AF 6 ÅR.



FIGUR 7.6. BEREGNET ANTAL SPRØJTNINGER (Y) MOD SEPTORIA VED BRUG AF TRE FORSKELLIGE MODELLER BASERET PÅ HISTORISKE KLIMADATA FRA 2003 TIL 2008, MÅLT SOM ET GENNEMSIT AF TI FORSKELLIGE LOKALITETER. GRAFERNE VISER FORSKELLIGE STARTTIDSPUNKTER FOR SÆSONEN (VS 31-32). DAG 105 = 15. APRIL; 135 DAGE = 15. MAJ. ØVERST ER SÆSONEN FORLÆNGET SOM RESULTAT AF DEN TIDLIGERE START, MEN NEDERST LØBER SÆSONEN KUN I 55 DAGE, UANSETSTARTTIDSPUNKT.

7.5 Modelkørsel i 2014 og 2015

På baggrund af de kørte analyser på historiske datasæt blev der fastsat tærskler til forsøgsafprøvning i 2014 og 2015. De samme grundprincipper som blev anvendt i modelkørslerne på det historiske datasæt er anvendt i valideringsforsøgene.

Inddata til modellerne er værdier målt hver time for Rh (%) og/eller bladfugt. Timer med minimum 85 % Rh eller med mere end 30 minutters bladfugt har talt som en time med fugtighed. I 2015 blev også nedbør (>0,2 mm) i en given time inkluderet i de afprøvede modeller, som tællende som en time med positiv fugtighed.

Uddata fra modellen er et "ja" eller "nej" for hver periode på én time. Baseret på de beregnede værdier pr. time er 0 eller 1 blevet lagt til. Modellen vil udløse en sprøjtebegivenhed, når modellen har beregnet f.eks. 20 eller 24 timer med fugt i træ. Efter henholdsvis 20 eller 24 timer med konstant fugtighed vil behandling blive anbefalet og en behandling er sat til efterfølgende at beskytte afgrøden i ti dage, før en ny risikobegivenhed kan begynde. Modelkørslerne er startet, når afgrøden har nået vs 32. Afprøvningen er styret centralt fra SEGES, som har haft adgang til timevejrdata fra DMI's vejrstationer. Til styring af modellen er opbygget en platform, som viser nedbør, luftfugtighed og risikoen (se Figur 7.7).

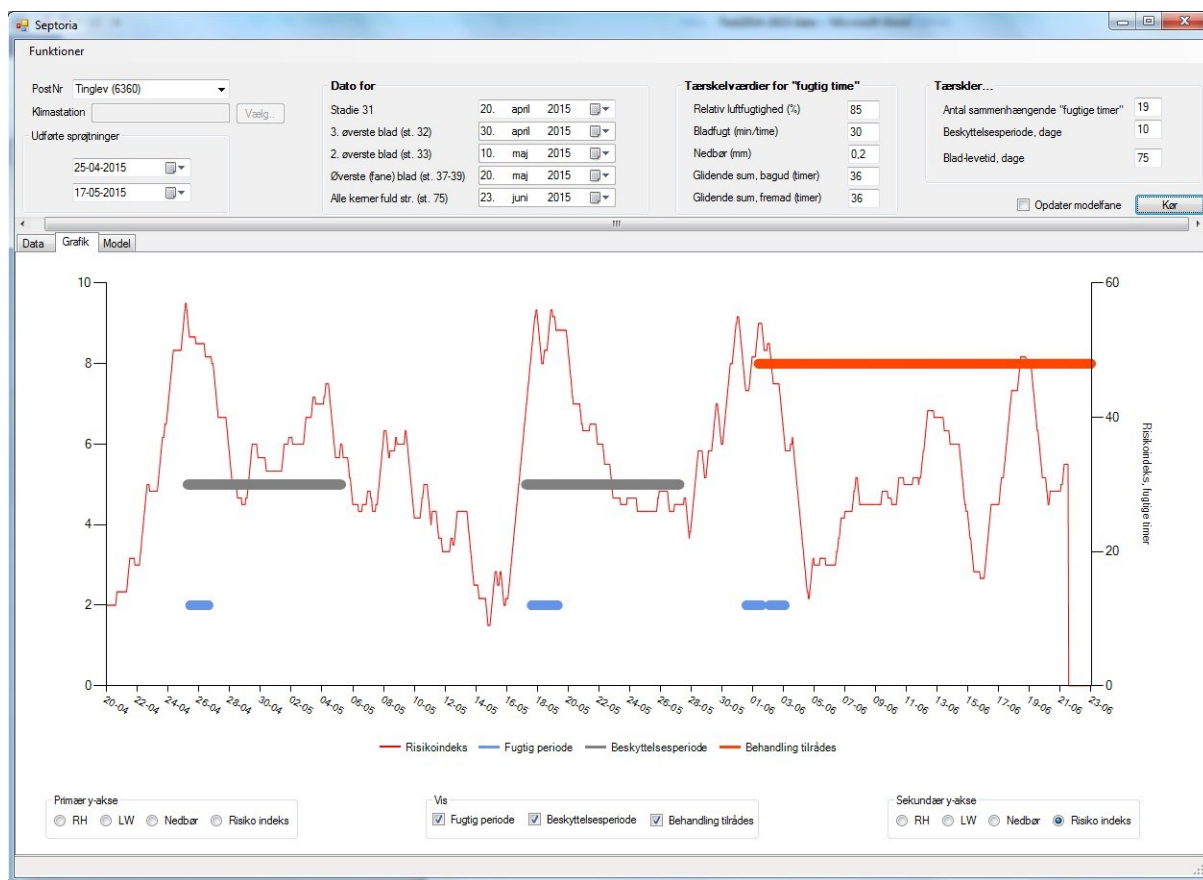
Som en tilføjelse blev brugerfladen for modellen, der blev afprøvet i 2015, udvidet til også at vise et glidende 3-dages gennemsnit af fugtige timer. Det blev beregnet som det gennemsnitlige antal fugtige timer for en 48 -72 timers periode, baseret på de seneste 24-36 timer målte vejrrregistreringer plus prognosen for de kommende 24-36 timer. Ved at benytte et glidende gennemsnit kompenseres der for at modelberegningerne nulstilles, hvis der blot opstår en enkelt time, hvor der ikke er registreret tilstrækkeligt bladfugt. Afprøvninger fra 2014 har vist, at en 24-timers tærskel i nogle tilfælde ikke førte til sprøjtning trods det faktum, at høj risiko blev oplevet i de fleste egne. Blandt andet på denne baggrund blev tærsklen til sæson 2015 nedsat til 20 timers sammenhængende fugtige timer.

TABEL 7-8. MAKSIMALT ANTAL UAFBRUDTE TIMER MED FUGT, BEREGNET SOM TIMER MED MINDST 85 % RH ELLER MINDST 30 MINUTTER MED BLADFUGT, BEREGNET FOR EN 24-TIMERS PERIODE. JYNDEVAD, FLAKKEBJERG OG BYGHOLM.

Dagnr.	JYNDEVAD													FLAKKEBJERG													BYGHOLM												
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013						
110	0	7	1	18	9	24	5	12	15	4	12	3	7	0	11	5	21	9	14	22	0	7	8	10	1	14	7	14	5	11	12	8	10						
111	0	11	1	16	7	14	7	13	13	1	14	0	10	4	10	7	11	9	9	13	1	3	0	13	3	17	9	8	7	10	11	1	10						
112	0	17	11	15	5	10	9	22	13	12	11	0	19	4	10	4	9	9	19	12	9	3	0	24	8	17	8	10	9	20	9	8	5						
113	0	20	13	24	1	9	14	18	11	20	7	0	17	8	17	4	7	12	17	12	15	9	0	18	8	24	8	10	9	18	9	14	5						
114	3	19	13	23	4	9	15	13	11	16	7	0	16	10	17	2	7	15	12	8	16	9	8	18	7	15	6	9	10	15	8	14	7						
115	3	16	12	21	13	1	15	12	13	16	12	4	9	9	20	11	0	13	11	5	15	12	9	15	8	13	15	2	10	14	0	0	10						
116	4	16	6	21	13	1	14	12	14	15	14	8	18	8	20	11	7	4	7	11	10	11	9	15	7	13	17	9	7	13	9	0	14						
117	9	16	2	17	10	18	3	11	13	19	18	6	12	2	14	12	7	3	7	11	20	13	10	12	4	15	13	14	6	6	9	0	17						
118	20	15	10	16	10	18	3	24	11	15	21	15	17	4	19	12	16	3	15	9	22	18	24	19	0	15	12	14	10	21	8	0	17						
119	19	20	24	16	4	14	12	18	14	9	16	18	20	17	17	3	15	3	15	9	16	14	21	24	22	8	11	12	13	20	8	0	9						
120	22	17	20	18	4	1	13	14	14	17	12	18	15	17	16	3	2	9	7	6	11	10	19	22	24	16	10	10	13	11	6	0	9						
121	15	11	18	20	7	19	12	15	2	19	17	18	0	19	15	9	9	10	11	0	12	11	19	0	17	16	8	18	9	15	0	0	10						
122	16	2	18	21	11	19	12	23	1	11	12	19	0	14	16	9	22	12	24	6	0	9	18	0	17	16	10	24	10	24	6	0	9						
123	16	3	24	14	13	15	6	22	0	16	12	19	0	24	14	7	18	13	24	8	3	5	18	1	24	11	12	24	9	24	6	0	9						
124	16	4	18	9	13	12	13	10	5	11	4	15	0	20	14	7	19	7	9	16	3	1	15	6	20	12	12	16	10	10	0	0	10						
125	17	15	19	3	11	13	19	4	18	13	0	11	17	16	8	4	14	19	4	17	5	0	17	14	17	9	9	17	17	9	16	0	10						
126	11	15	24	3	13	14	16	8	18	12	14	8	23	18	4	3	14	17	4	16	7	10	16	14	18	2	13	17	16	7	16	7	12						
127	15	15	18	0	15	12	15	9	11	16	14	14	22	15	0	9	8	14	9	10	10	12	14	18	12	0	13	10	13	10	7	7	12						
128	15	24	20	0	15	9	14	10	11	13	10	17	20	12	0	11	3	20	9	7	3	9	14	24	12	0	14	10	15	10	8	6	11						
129	11	24	20	0	13	7	19	24	2	9	16	8	18	11	0	11	4	18	24	0	0	10	11	23	13	0	14	8	17	11	7	6	11						
130	10	21	18	0	16	13	18	21	7	16	20	8	17	10	0	13	8	19	24	8	0	19	11	15	14	4	15	11	16	24	8	8	21						
131	10	20	2	14	13	13	17	7	14	20	10	24	11	2	11	8	19	19	8	1	13	11	24	17	4	15	13	12	21	8	18	17	11						
132	10	15	17	2	14	9	12	10	12	21	15	14	17	12	2	15	7	13	9	5	6	8	18	17	1	21	11	12	9	9	18	11	11						
133	9	18	13	11	14	7	11	12	13	24	16	13	16	12	0	20	4	11	10	17	24	12	8	15	19	7	18	9	9	8	12	24	14						
134	14	22	11	12	23	7	10	24	13	23	16	13	24	11	3	20	5	11	24	17	20	12	12	16	12	7	19	9	8	24	13	20	14						
135	14	18	11	17	19	7	6	22	13	10	19	13	22	11	3	19	6	6	24	13	0	16	13	20	10	8	19	6	10	24	12	5	14						
136	13	18	10	11	15	4	5	12	19	5	14	5	18	7	2	9	4	9	21	19	0	16	12	12	9	8	18	7	10	17	11	10	12						
137	12	13	15	14	17	8	9	20	2	16	2	13	7	17	11	5	9	24	20	0	6	10	13	12	24	17	9	4	22	14	16	15	15						
138	8	18	17	24	24	14	13	20	24	20	15	8	16	10	24	23	9	24	24	24	13	5	10	13	12	24	18	9	24	24	23	20	15						
139	17	16	14	21	16	12	17	12	24	20	5	8	13	5	24	18	9	20	18	24	13	0	16	12	11	22	18	24	18	20	20	2	2						
140	17	16	14	23	11	8	17	13	20	15	22	16	12	4	24	5	6	17	15	16	0	12	18	14	11	22	8	8	16	10	14	6	12						
141	14	13	9	24	11	8	11	13	19	16	23	14	10	0	21	14	11	12	15	12	0	24	14	11	7	23	11	7	11	6	10	10	21						
142	14	13	24	24	11	8	11	10	11	19	24	14	9	7	22	9	15	11	15	11	0	20	13	8	18	24	11	11	12	11	10	18	21	21					
143	14	9	21	22	12	7	11	14	10	18	24	12	4	18	23	15	9	14	17	11	0	24	11	1	18	23	12	9	14	14	9	14	18						
144	20	9	17	17	12	8	8	16	19	20	19	14	2	14	21	15	5	16	20	17	8	24	17	9	18	17	12	8	13	14	14	5	17						
145	24	12	17	18	11	8	8	24	16	20	13	24	14	14	20	10	6	15	17	17	11	6	17	13	18	15	11	9	13	16	12	9	6						
146	24	10	15	23	10	5	10	24	10	17	17	19	13	8	16	10	6	14	18	7	3	12	24	4	12	19	11	10	13	16	8	7	6						
147	24	7	15	17	17	5	10	9	4	0	24	19	3	10	14	17	2	13	4	7	0	12	19	2	12	16	12	10	12	7	9	8	7						
148	14	16	10	14	18	12	13	9	17	7	17	11	8	10	10	24	11	14	11	14	6	21	13	10	9	9	13	6	15	8	14	8	10						
149	13	13	10	21	24	12	10	15	24	9	14	11	11	9	20	24	11	13	17	7	17	17	13	14	9	21	20	15	11	10	17	7	13						
150	11	12	12	22	24	8	10	15	20	9	14	9	11	8	24	24	17	10	16	18	5	22	10	14	10	21	24	10	9	13	17	7	16						
151	9	12	12	22	24	0	10	13	20	8	21	8	9	8	20	21	1	8	9	19	0	23	10	6	9	14	24	0	9	12	17	7	15						
152	11	8	12	15	17	2	7	24	20	7	18	9	11	6	14	19	1	7	24	19	17	11	10	8	8	11	19	0	7	23	15	2	14						
153	12	1	14	14	10	1	4	17	20	6	12	9	11	11	12	10	0	5	17	21	17	11	7	8	22	16	10	0	7	15	14	1	10						
154	11	0	15	12	11	0	10	8	16	12	17	11	6	9	12	17	0	8	16	19	2	11	10	5	15	16	16	1	10	8	11	0	12						
155	11	8	24	22	17	0	10	8	12	16	8	10	4	24	17	20	6	9	16	23	4	11	9	5	24	24	22	6	10	8	10	3	9						
156	17	8	20	23	12	0	11	11	12	16	8	1	4	21	19	10	6	9	10	24	4	5	16	9	20	22	16	9	10	10	6	7							
157	16	16	24	15	10	0	10	11	8	10	6	9	14	17	9	13	3	19	12	24	0	8	12	14	24	9	12	7	15	11	10	7	8						
158	13	20	23	11	16	5	16	12	8	16	7	10	23	16	11	13	3	19	12	24	0	8	10	22	21	9	13	0	14	11	6	7	8						
159	11	13	7	12	12	8	16	12	14	15	7	8	18	9	8	9	6	10	14																				

7.6 PC-plattform til modelafprøvning

For lettere at kunne vurdere konsekvenserne af de forskellige parametervalg i modellerne, udviklede vi et enkelt PC-program, Septoria (se Figur 7.7), der visuelt viser konsekvensen af at inddrage bladfugt og nedbør i beregningen af fugtige timer. Der er lavet analyser for årene 2014 og 2015 med PointWeather data for Jyndevad (Postnummer Tinglev), Bygholm (Postnummer Horsens) og Flakkebjerg (postnummer Slagelse). Disse stationer er valgt, fordi de bl.a. ligger tæt på visse af de udførte forsøg. Der er beregnet risikoperioder og infektionstryk for perioden 20. april til 23. juni. Det antages, at der ikke er behov for bekæmpelse efter ca. 23. juni. Infektionstrykket (risiko indeks) er defineret som en glidende sum af det samlede antal målte risikotimer, og disse behøver ikke at være sammenhængende. Denne variabel samler som nævnt op på perioder, hvor sammenhængende risikoperioder er lavere (evt. lige under) end de 20 timer, som er tærsklen i Fugtighedsmodellen. En forsøgsvis tærskel for infektionstrykket er sat til 45 fugttimer ud af 72 timer. I brugergrænsefladen kan man ændre parametre og tærskler til beregningerne. I den version som er vist herunder er tærsklen for fugtige sammenhængende timer >19 timer (dvs. 20 eller flere). Bladfugt måles som 0-60 minutter per time. Hvis man vil udelade bladfugt sættes denne tærskel til 70 minutter i timen (derved indgår bladfugt ikke). Hvis man vil udelade nedbør sættes denne til 100 mm (dermed inddrages nedbør ikke i beregningerne). Beskyttelsesperioden efter fungicidbehandling er sat til ti dage. Hvis der er beregnet 2 eller flere risikoperioder inden for den samme beskyttelsesperiode antages det, at denne ene behandling kan dække begge risikoperioder. I Figur 7.7 for Tinglev 2015 er der beregnet tre sammenhængende fugtige perioder efter Fugtighedsmodellen (blå markeringer). De grå markeringer viser beskyttelsesperioder på ti dage (25. april og 17. maj). Den røde markering angiver ”behandling tilrådes”, 1. juni.



FIGUR 7.7. BRUGERGRÆNSEFLADE AF PC-PROGRAMMET SEPTORIA ANVENDT I NÆRVÆRENDE PROJEKT TIL HÅNDTERING AF FUGTIGHEDSMODELLEN OG RISIKO INDEKS (INFECTIONSTRYK).

TABEL 7.9. BEREGNINGER AF ANTAL BEHANDLINGER MED PROGRAMMET SEPTORIA. IFØLGE FUGTIGHEDSMODELLEN UDLØSES BEHANDLING, HVIS DER MÅLES >19 "FUGTIGE" SAMMENHÆNGENDE TIMER. EN FUGTIG TIME KAN BEREGNES UD FRA RH I KOMBINATION MED BLADFUGT OG NEDBØR. DE 4 FØRSTE RESULTATKOLONNER VISER ANTAL BEHANDLINGER MED FUGTIGHEDSMODELLEN, HVOR INPUT DATA VAR RH ALENE, RH + BLADFUGT, RH + NEDBØR, RH + BLADFUGT + NEDBØR. DESUDEN ER DER BEREGNET ANTAL BEHANDLINGER EFTER RISIKO INDEKS/ INFEKTIONSTRYK, HVOR BEHANDLING UDLØSES HVIS DER MÅLES MERE END 45 TIMER AF 72 TIMER HVOR RH>85 ELLER BLADFUGT>30 MINUTTER PER TIME ELLER NEDBØR >0,2 MM PER TIME, JF FIG 7.8. I PARENTES ER ANGIVET DATOER HVOR INFEKTIONSTRYK OVERSTIGER 45.

År / lokalitet	Rh	Rh + bladfugt	Rh + nedbør	Rh + bladfugt + nedbør	Infektionstryk >45 timer
2014					
Tinglev (Jyndevad)	1	1	1	1	3 (06.05; 05.06; 20.06)
Horsens (Bygholm)	3	3	3	3	3 (06.05; 25.05; 05.06)
Dalmose (Flakkebjerg)	1	2	2	2	2 (06.05; 18.05)
2015					
Tinglev (Jyndevad)	1	3	1	3	4 (24.04;18.05;30.05;18.06)
Horsens (Bygholm)	1	2	2	2	3 (02.05;18.05;31.05)
Dalmose (Flakkebjerg)	3	3	3	3	4 (24.04; 18.05;02.06;18.06)

Fodnote til tabellen:

2014

- Tinglev 2014: Behandling 06.05 udløses af alle metoder og behandlingen dækker tre risikoperioder beregnet med fugtmodellen (>19 sammenhængende timer med $Rh \geq 85\%$ eller bladfugt>30 minutter per time eller nedbør>0,2 mm per time). Behandlingerne 05.06 & 20.06 anbefales med infektionstryk>45, men ikke ifølge fugtmodellen, dvs. der har været mere end 45 timer med fugt over 72 timer men ingen sammenhængende perioder >19 timer med fugtighed fra RH, bladfugt eller nedbør.
- Horsens 2014: Hvis fugtmodellen anvender Rh alene beregnes tre risikoperioder. Hvis man inddrager bladfugt og/eller nedbør beregnes ligeledes tre risikoperioder. Der udløses også tre behandlinger efter infektionstryk>45
- Flakkebjerg 2014: Én af behandlingerne dækker 2 risikoperioder med fugtmodellen. Behovet for 2 behandlinger beregnes med alle metoder, hvor også bladfugt og nedbør inddrages, også infektionstryk>45. Samme resultat opnås for stationerne, Holbæk, Næstved, Roskilde på Sjælland og Årslev på Fyn.

2015

- Tinglev 2015: 18 maj, Bladfugt supplerer Rh som fugtparameter og udfylder timer hvor $RH < 85\%$ i en sammenhængende periode (17 timer bliver dermed til 42 timer) Med inddragelse af bladfugt og nedbør beregnes tre risikoperioder mod kun 1 med anvendelse af Rh. Med infektionstryk beregnes én behandling mere (4 i alt) end med fugtmodellen, behandling den 18.06
- Horsens 2015: den 4/5 maj: I en sammenhængende fugtig periode på 25 timer er der midt i perioden én time hvor $Rh = 84,8\%$, ingen bladfugt og ingen nedbør. Derfor udløses ingen behandling efter fugtmodellen. Der udløses behandling efter infektionstryk>45 den 2. maj, fordi denne metode ser 36 timer frem og 36 timer tilbage og ikke kræver at de fugtige timer skal være sammenhængende. 18. Maj: Anvendes kun $Rh \geq 85\%$ beregnes 19 risikotimer. Inddrages også bladfugt opnås 20 risikotimer. 18.05 & 31.05 udløser behandling ifølge infektionstryk. Den 18.06, udløses en behandling efter fugtmodellen men ikke efter infektionstryk>45 (timer er 42, dvs. tæt på tærsklen 45)
- Flakkebjerg 2015: Den 18.05 udløses behandling efter infektionstryk men ikke efter fugtmodellen. Fugtmodellens 4 variationer udløser tre behandlinger og infektionstrykket>45 4 behandlinger.

Et eksempel på, hvordan inddragelsen af bladfugt og nedbør kan ”reparere” en fugtig periode som ellers var blevet forkastet med anvendelse af Rh alene er vist i Tabel 7.10. Denne periode indeholder to sammenhængende perioder på hhv 16 timer og 17 timer hvor $Rh \geq 85\%$. De to perioder er afbrudt af tre mellemliggende timer, hvor Rh er under 85 %. Hvis Rh alene anvendes som estimat for bladfugt giver det ikke udslag som en risikoperiode. Målinger af bladfugt binder de to perioder sammen til en lang fugtig periode. Derudover bidrager bladfugt og Rh til at perioden yderligere forlænges med 6 timer, før og efter perioden med høj luftfugtighed. Disse forhold er relevante fordi:

- I perioden kl 11-13, hvor luftfugtigheden dykker, er der faldet nedbør kort forinden og 2 af de tre timer har nedbør. Rh i 2 m højde responderer langt hurtigere (falder under 85 %) på grund af sol og vind om sommeren end nede i afgrøden. Det er realistisk, at mikroklimaet i denne situation har været indenfor betingelserne for fugtige timer
- I dansk sommervej med sol og byger, som afveksler, viser denne situation, at der er en ”forsinkelse” i hvornår Rh i 2 m højde opfugtes ved indtræden af en nedbørshændelse. Ligeledes viser eksemplet, at luftfugtigheden kan falde brat om morgenen, når solen kommer op, men at duggen først er helt væk efter endnu 1-2 timer. Samme forhold kan være gældende i en afgrøde på blade med dug, som sidder i skygge og læ.

TABEL 7.10. OBSERVEREDE VEJRDATA FRA TINGLEV 18. MAJ 2015. DE TIMER SOM OPFYLDER KRITERIERNE FOR EN FUGTIG TIME ER MARKERET MED HVER SIN FARVE FOR HHV. RH (RH>=85), BLADFUGT (LW>=30 MINUTTER PER TIME) OG NEDBØR (NEDBØR>=0,2 MM/TIME). FUGTIGHEDSMODELLEN ANVENDER SAMMENHÆNGENDE RISIKOTIMER (>=20), HVOR KRITERIERNE ER OPFYLDT FOR RH OG/ELLER BLADFUGT OG/ELLER NEDBØR I TIMEN.

Dato	Rh [%]	Bladfugt (Min./time)	Nedbør [mm/time]	Fugtighedsmodel (risikotime nr.)
17-05-2015 13:00	56,9	0	0	
17-05-2015 14:00	57,6	0	0	
17-05-2015 15:00	66,4	18,3	0,7	1
17-05-2015 16:00	79,3	59,3	0,9	2
17-05-2015 17:00	75,9	50,2	0,1	3
17-05-2015 18:00	83,9	59	1,2	4
17-05-2015 19:00	86,4	58,8	0,3	5
17-05-2015 20:00	88,1	58,8	0,1	6
17-05-2015 21:00	88,1	59,2	0	7
17-05-2015 22:00	88	59,1	0	8
17-05-2015 23:00	88,4	59,5	0	9
18-05-2015	89,6	59,8	0	10
18-05-2015 01:00	90,9	59,9	0	11
18-05-2015 02:00	93,4	59,9	0	12
18-05-2015 03:00	95,2	59,9	0	13
18-05-2015 04:00	96	59,9	0	14
18-05-2015 05:00	95,5	59,9	0	15
18-05-2015 06:00	93,4	59,9	0	16
18-05-2015 07:00	90,2	59,9	0	17
18-05-2015 08:00	89,4	59,7	2,3	18
18-05-2015 09:00	87,7	58,6	2,1	19
18-05-2015 10:00	90,4	58,9	1,4	20
18-05-2015 11:00	75,7	59,2	0	21
18-05-2015 12:00	81,5	59,9	0,2	22
18-05-2015 13:00	80,9	59,6	0,1	23
18-05-2015 14:00	88,2	59,8	1,5	24
18-05-2015 15:00	92,5	59,9	1	25
18-05-2015 16:00	92,3	60	1,5	26
18-05-2015 17:00	94	60	2,6	27
18-05-2015 18:00	95,1	60	1,8	28
18-05-2015 19:00	96	60	1,6	29
18-05-2015 20:00	95,2	60	0,5	30
18-05-2015 21:00	92,9	60	0	31
18-05-2015 22:00	91,3	59,9	0	32
18-05-2015 23:00	91,9	60	0,7	33
19-05-2015	90,8	59,8	0	34
19-05-2015 01:00	91,5	59,4	0	35
19-05-2015 02:00	89,7	59,4	0	36
19-05-2015 03:00	90,9	59,4	0	37
19-05-2015 04:00	91,9	59,4	0	38
19-05-2015 05:00	90,4	59,4	0	39
19-05-2015 06:00	85,5	59,1	0,6	40
19-05-2015 07:00	78,5	58,7	0,1	41
19-05-2015 08:00	81,3	47,2	0	42
19-05-2015 09:00	74,9	0,7	0	
19-05-2015 10:00	70,3	0,9	0,2	
19-05-2015 11:00	71,7	1	0	

7.7 Konklusion

En Fugtighedsmodel er udviklet på baggrund af sensitivitetstests på historiske klimadata. Forskellige modellers følsomhed er indledningsvist testet for at forstå de dynamiske effekter af år, lokalitet og fugtparametre på antallet af udløste sprøjtninger. Data fra disse sensitivitetstests er sammenholdt med antal behandlinger udløst af PVO. Resultater fra tre klimastationer i 2014 og 2015 indikerer, at inddragelsen R_h sammen med bladfugt og nedbør gør beregningerne af fugtmodellen mere robust.

Beregningen af risiko indeks/infektionstryk skal betragtes som en hjælpevariabel som kan udpege de risikoperioder, hvor der over 72 timer har været mere end eksempelvis 45 timer med fugtighed, men hvor timerne ikke nødvendigvis falder i 20 eller flere sammenhængende timer. Tærsklen på de 45 timer er valgt, fordi dette typisk er sammenfaldende med risiko udløst af Fugtighedsmodellen i de data, som er undersøgt her.

Umiddelbart ser den valgte tærskel på 45 timer dog ud til at udløse flere sprøjtninger, end der normalt har vist sig rentabelt (to til tre sprøjtninger), så yderligere finjustering er påkrævet. Som udgangspunkt kan anvendelsen af lokale klimadata bidrage nyttigt til en visuel demonstration af fugtighedsforholdene i markerne og på sigt udvikles til et vigtigt beslutningsstøtteredskab, når der skal tages beslutninger om sprøjtning imod Septoria.

8 SeptoriaSIM

8.1 Mål og krav til modellen

Det var hensigten med SeptoriaSim-modellen, at udvikle et beslutningsstøttesystem, der indeholdt en biologisk baseret varslingsmodel af Septorias skadevirkning på vinterhvedens udbytte, og kombinere denne med et beslutningsstøttemodul bestående af simuleringer af udbyttet efter behandlinger med fungicider og beregninger af nettoudbyttet af behandlingen. Modeludviklingen er bl.a. blevet foretaget på basis af tre alment anerkendte forhold omkring Septoria i vinterhvede:

1. Varslingsmodellen var baseret på en allerede publiceret plantevækstmodel (Sønderskov et al. 2006) der blev parameteriseret til at simulere vinterhvedes vækst, og på en nyudviklet model af Septorias vækst og spredning i afgrøden. En varslingsmodel bør ideelt set være baseret på en monitoring af skadevolderen (Axelsen et al., 2012), men dette er ikke p.t. muligt for Septoria i praksis dels pga. spredning vha. mikroskopiske sporer og dels pga. en lang latensperiode, hvor skaden først kan erkendes ca. tre uger efter infektionen har fundet sted. Modellens udgangspunkt var derfor at den initiale sporespredning sker i løbet af vinteren og kan anses for afsluttet 1 marts (Suffert et al. 2011).
2. Varslingsmodellen var også underlagt den betingelse, at den på basis af eksisterende datasæt (se nedenfor) skulle kalibreres til at vise et udbyttetab på maksimalt 15 – 20 %, hvis der ikke behandles med fungicider.
3. Varslingsmodellen kombineret med beslutningsstøttemodulet (simuleringen af nettoudbyttet) skulle være i stand til at simulere den alment anerkendte viden, at det ikke er rentabelt at behandle inden 1. maj.

Det var en helt central filosofi i dette system, at det ikke skulle fortælle brugeren om der bør behandles eller ej, men derimod give information (nettoudbyttet af én eller flere behandlinger), der er vigtig for beslutningen.

8.2 SeptoriaSIM beskrevet i ord

SeptoriaSIM er programmeret til at foretage:

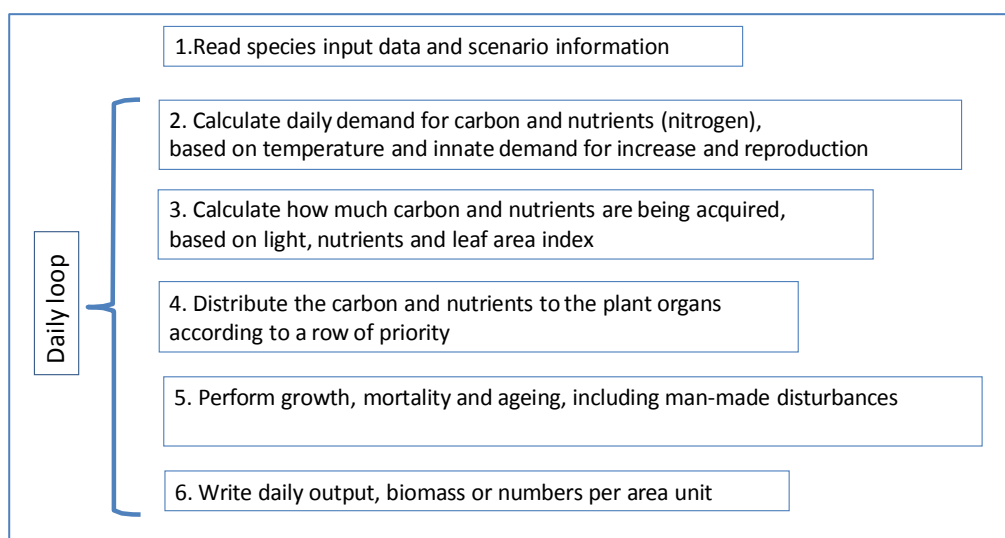
4. biologisk detaljerede simuleringer af vinterhvedens vækst afhængig af lys, temperatur og kvælstof,
5. biologisk detaljerede simuleringer af Septoria-svampens vækst og vertikale spredning op igennem vinterhveden,
6. biologisk baserede simuleringer af Septoria-svampens skadevirkning på vinterhveden,
7. foretage beregning af nettoudbyttet ved en eller flere kemiske bekæmpelser af Septoria,
8. foretage prognose af vinterhvedens og *Septoria*-svampens vækst baseret på aktuelle målinger fra det aktuelle år kombineret med en 4-dages prognose fra DMI og en række historiske vejrmålinger og
9. foretage prognoser af, hvornår det er optimalt at bekæmpe Septoria målt på det beregnede nettoudbytte.

SeptoriaSIM kan forstås som bestående af tre moduler: 1) en vinterhvedemodel, 2) en Septoria-model, og 3) et beslutningsstøttemodul, hvor nettoudbyttet beregnes.

8.3 Vinterhvede vækstmodellen

Simuleringsmodellen er en fysiologisk baseret ”metabolic pool” **simuleringsmodel** (Gutierrez, 1996) skabt til at simulere afgrødevækst afhængigt af nedbør, sollys og temperatur. Modellen er baseret på plantevækstmodeller publiceret af Gutierrez et al. (1987), Graf et al. (1991, 1992) og Sønderskov et al. (2006). Denne type model er en populationsmodel, der kan anvendes til at simulere væksten af næsten alle organismer, og den er i stand til at håndtere et stort antal interagerende arter i realistiske økosystemer (Axelsen, 2009, Axelsen et al., 2009) og kan simulere plantevækst og plantekonkurrence (Sønderskov et al., 2006). Det grundlæggende element i modellen er populationen, og en plantepopulation består af ”samarbejdende” **populationer** af rødder, stængler, blade, knopper, blomster og kerner.

Når man kører en ”**metabolic pool**” simuleringsmodel (Figur 8.1), er det første trin at læse de artsspecifikke inputparametre for de involverede arter, startbetingelserne og den relevante vejrfil. Derefter vil modellen gå ind i en daglig sløjfe, hvor det først trin er at beregne den mængde fotosynteseprodukter (kulstofforbindelser), der er nødvendig for at imødekomme det naturlige, temperaturafhængige behov for vækst og reproduktion. Det andet trin er at beregne mængden af kulstofforbindelser, der fremstilles ved fotosyntese, afhængigt af solstråler og arealet af blade og grønne stængler. Det tredje trin er at fordele de producerede kulstofforbindelser til de forskellige planteorganer, afhængigt af disse organers behov. Denne fordeling bliver foretaget i en prioriteret rækkefølge. Prioriteringsrækkefølgen i enårige afgrøder er: 1) kerner, 2) blomster, 3) knopper, 4) stængler og endelig 5) rødder og blade proportionelt med deres behov. Det sidste trin i den daglige sløjfe er at inkludere ældning, vækst og dødelighed, og gemme de daglige mængder af rødder, stængler, blade, etc. i hukommelsen. Til sidst, efter at have gennemgået den daglige sløjfe (Figur 9.1), igennem den simulerede periode (vækstsæsonen), vil modellen give et grafisk output af resultaterne, et grafisk output, der kan styres fra brugerfladen.



FIGUR 8.1. DIAGRAMMET VISER DEN DAGLIGE BEREGNINGSLOOP I SIMULERINGSMODELLEN.

Ved beregning af efterspørgslen på kulstofforbindelser i trin 1 af den daglige sløjfe beregnes behovet for respiration, vækst, reproduktion og lagring for hver organtype, og de producerede kulstofforbindelser (trin 2) skal fordeles til de forskellige organer (trin 3), og i hvert organ skal kulstofforbindelserne fordeles således, at de dækker diverse behov, herunder respiration, vækst, reproduktion og oplagring. Dette gøres i prioriteret rækkefølge 1) respiration, 2) vækst, 3) reproduktion (dannelse af nye individer af organtypen, f.eks. nye blade), og 4) oplagring af overskudsproduktion. Disse prioriteter er vigtige i modellen, da de gør det muligt at simulere betydningen af mangel på kulstofforbindelser. I tilfælde af f.eks. konkurrence om sollys eller i tilfælde af tørke vil der måske ikke være ressourcer nok til at opfylde laveste prioritet, dvs. at lægge noget på lager. I tilfælde af mere alvorlig mangel på kulstofforbindelser vil der muligvis ikke være nok ressourcer til at danne nye organer (f.eks. blade) eller lade eksisterende organer vokse, og i tilfælde af ekstrem mangel vil der måske ikke være ressourcer nok til respiration, hvilket betyder, at nogle vil dø (f.eks. 70 % af bladene), og kun den del, der er ”ressourcer **til**”, vil overleve.

Vækst og aldring varetages af en række programprocedurer, der på godt dansk kaldes ”**distributed delay with attrition**” (Severini et al., 1998). En ”**distributed delay**” procedure kan anses for et bogholderi-redskab, hvor et stadie, fx et blads vækststadie, opdeles i en række understadier. Ved hvert tidsskridt i proceduren overføres en del af biomassen i et understadie til det efterfølgende understadie, og når noget af biomassen forlader det sidste understadie af et stadie, overføres det til det efterfølgende stadie, f. eks. fra voksende blade til modne (udvoksede) blade. I enårige planter, som vinterhvede, har rødder, stængler, blade, og frugter stadiene ”**voksende**” og ”**modne**”, mens knopper kun har stadiet ”**voksende**”, og blomster kun har stadiet ”**moden**”.

Tiden i modellerne er ikke i timer, dage og måneder, men i fysiologisk tid og omregner daglige gennemsnitstemperaturer til graddage, som er den fysiologiske tidsenhed. Dette betyder, at tidsenheden i simulationsmodellen er graddage, og efterspørgslen efter kulstofforbindelser kommer i f.eks. gram per graddag. En dags graddagstrin beregnes som dagens gennemsnitstemperatur minus en tærskeltemperatur, under hvilken vækst kan ignoreres.

Kvælstofdynamikken i modellen simuleres på næsten samme måde som kulstoffdynamikken. Beregning af behovet for kvælstof baseres på behovet for kulstof og viden om det maksimale indhold af kvælstof for det pågældende planteorgan, og mængden af optaget kvælstof fordeles til de forskellige planteorganer ifølge den samme prioriterede rækkefølge som for kulstof. Hvis der ikke er kvælstof nok til at imødekomme kvælstofbehovet, vil væksten måske standse pga. mangel på kvælstof, og i alvorlige tilfælde vil planten dø. Alt i alt betyder dette, at planteorganer kan dø både pga. mangel på kvælstof og mangel på kulstof.

Vinterhvedens blade simuleres opdelt i horisontale zoner, så bladene ikke blot er én population, men et antal forskellige populationer afhængig af antallet af horisontale zoner, p.t. anvendes 5 zoner. De horisontale zoner anvendes til at simulere Septorias vertikale spredning.

8.4 Modellering af Septoriasmitte og angrebsgrad

Væksten og udbredelsen af Septoriasvampen bliver i høj grad simuleret på samme måde, som populationer af planteorganer i vinterhvedemodellen, dvs. ved: 1) at beregne behovet for respiration, vækst, reproduktion og lagring, 2) at beregne forrådet opnået ved vækst i værtsplantens blade, 3) at fordele ressourcerne efter en række prioriteter, og 4) ældning, vækst og dødelighed. Svampen simuleres i en stadiestruktur med de følgende stadier: 1) sporer, 2) et gennembruds-stadie (nyspirede hyfer der vokser på bladoverfladen og prøver at finde en stomata, hvorigennem de kan trænge ind i bladene), 3) et biotrofisk stadie, som er det stadie, der vokser inde i bladene, 4) et nekrotrofisk stadie, som er det stadie, hvor svampen kan ses på bladene, og endelig 5) et modent stadie, som ikke vokser, men kun sørger for at sporerne spredes.

I modellen fungerer Septoria som en planteæder, der lever af vinterhvede, og dens vækst afhænger af den tilgængelige mængde vinterhvedeblade. I tilfælde, hvor *Septoria* har "ædt" alle vinterhvedebladene, vil den "sulte ihjel". For at kunne simulere Septorias vertikale spredning, er Septoria "populationen" i markerne opdelt i en række horisontale "populationslag", der svarer til de horisontale lag i vinterhvedemodulet. Den nuværende version bruger 5 horisontale lag, hvilket vil sige, at der er 5 Septoria populationer i modellen.

Spredning af sporer fra et horisontalt lag til det næste afhænger enten af den daglige mængde nedbør eller nedbørens intensitet, dvs. mm regn per time. Begge disse muligheder er bygget ind i modellen. Spredning af sporer op gennem lagene er mulig, hvis den daglige mængde nedbør eller nedbørens intensitet overskrider en tærskelværdi. Spredning af sporer kræver også, at der er blevet dannet sporer i Septorias modne stadie. Hvis betingelserne for vertikal spredning af sporer ikke er opfyldt, kan sporer udvikles inden for det horisontale lag, hvori de blev produceret, hvis betingelserne for vækst af sporer og vækst i gennembrudsfasen er opfyldt (dvs. ikke for tørt).

Spiringen af sporer og vækst i gennembrudsstadiet er primært afhængig af den relative luftfugtighed, hvilket betyder, at sporer ikke spirer, hvis den relative luftfugtighed er under tærskelværdien, og i gennembrudsstadiet vil Septoria dø, hvis den relative luftfugtighed er under tærskelværdien. Derfor kræver en god vertikal spredning af Septoria regn, for at sporerne kan spredes til de højere lag, og skal efterfølges af en periode på ca. to dage med en RH over tærskelværdien.

I modellen er fungicider programmeret til at slå de stadier ihjel, der er eksponeret på vinterhvedens overflade, dvs. gennembrudsstadiet og det modne stadie, og til at lade stadierne i selve bladene forblive uberørte. Brug af fungicid vil beskytte de eksisterende vinterhvedeblade imod Septoria angreb, mens nydannede blade straks vil være modtagelige over for smitte.

Beregningen af Septorias dækningsgrad på vinterhvedebladene var baseret på balancen mellem Septoria biomassen og biomassen af blade, modificeret med en konstant. Denne beregning gjorde det muligt at sammenligne simulerede Septoria infektioner med observerede på markerne.

8.5 SeptoriaSIM beskrevet i matematiske termer

Hvedemodellen

Den matematiske beskrivelse vil følge den daglige sløjfe i Figur 8.1, hvilket betyder 1) beregning af behov, 2) beregning af udbud, 3) fordeling af forsyninger, og 4) regnskab for populationens vækst, død og aldring.

Alle beregninger af behov gøres i enheder af $g \times ^\circ D^{-1}$, hvor $^\circ D$ er graddage. Det daglige graddagstrin beregnes som

$$\Delta(^{\circ}D) = T_{avg} - T_0 \quad (1)$$

hvor T_{avg} er den gennemsnitlige daglige temperatur, og T_0 er den termiske grænseværdi, hvorunder vækst kan ignoreres (Begon et al., 1990).

Den daglige efterspørgsel på kulstofforbindelser for planteorgan D_i blev beregnet som summen af efterspørgsel på respiration, vækst, reproduktion og lagring for det specifikke organ (2)

$$D_i = D_{resp,i} + D_{g,i} + D_{rep,i} + D_{s,i} \quad (2)$$

hvor $D_{resp,i}$ er organ i 's efterspørgsel, $D_{g,i}$ er behovet for vækst for organ i , $D_{rep,i}$ er behovet for reproduktion, og $D_{s,i}$ er behovet for lagring. Et organs behov for respiration blev beregnet ud fra ligning (3)

$$D_{resp,i} = M_i \times z_0 \times 2^{(0.1 \times T_{avg})} \quad (3)$$

hvor M_i er massen af organ i og z_0 er den grundliggende respirationsrate.

Behovet for vækst blev beregnet som (4)

$$D_{g,i} = M_{g,i} \times r_g^{\Delta(^{\circ}D)} \quad (4)$$

hvor $M_{g,i}$ er massen af vækst-stadiet i , og r_g er den medfødte vækstrate i enheder af $g \times \text{graddage}^{-1}$. Behovet for reproduktion, hvilket vil sige behovet for kulstof til at producere nye individer af planteorganet, fx nye blade eller knopper, blev gjort afhængig af hele plantens masse og ikke af det specifikke planteorgans masse (5)

$$D_{rep} = M_{tot} \times r_{rep}^{\Delta(^{\circ}D)} \quad (5)$$

hvor M_{tot} er hele plantens masse, og r_{rep} er den medfødte reproduktionsrate in enheder af $g \times ^\circ D^{-1}$.

Behovet for kulstof til oplagring blev ganske enkelt simuleret som en fast brøkdel af organets masse (6)

$$D_s = a \times M_i \quad (6)$$

hvor a er en konstant, og M_i er organets masse i . Plantepopulationens samlede behov (D_{tot}) blev beregnet som (7)

$$D_{tot} = \sum_{i=0}^{\text{All organs}} D_i \quad (7)$$

Beregning af udbud

Udbuddet af kulstofforbindelser (fotosyntese) var baseret på mængden af assimileret solenergi, og simuleringen af den assimilerede solenergi blev gjort afhængig af bladarealindekset i en række horisonter, dvs. hveden blev delt op i et antal horisontale zoner.

Mængden af kulstofforbindelser, en plantepopulation (en art) (M^*) producerer, blev beregnet ved (8)

$$M^* = D_{tot} \times \left(1 - \exp\left(\frac{b \times E_p}{D_{tot}}\right) \right) \quad (8)$$

hvor E_p var mængden af solenergi til rådighed for populationen p , og b var en konstant, der omdannede solstråling til organisk stof. Når solstrålingen kommer i W/m^2 og output i gram, er konstanten b 2.23×10^{-4} (Gutierrez et al., 1984). Energimængden til rådighed for populationen (en art) blev beregnet ved (9)

$$E_p = \sum_{j=1}^L E_j \times (1 - e^{-\epsilon \times LAI_j}) \quad (9)$$

hvor j angiver hvedens horisont j , LAI_j er bladarealindekset i horisonten j , ϵ er lysets ekstinktionskoefficient, og L er antallet af horisonter. Bladarealindekset af en horisont blev beregnet ved sammentælling af bladarealindeks af arterne i det simulerede økosystem (10)

$$LAI_j = \sum_{sp=1}^N LAI_{sp} \quad (10)$$

hvor sp angiver arterne og N er antallet af konkurrerende arter i det simulerede økosystem (hvis der er flere arter i simuleringen, dvs. evt. ukrudt). Muligheden for at medregne flere arter blev ikke brugt i den aktuelle udgave af SeptoriaSim-modellen, da den eneste planteart var vinterhvede. Mængden af solenergi til rådighed i horisonterne blev Udvikling af nye risikomodeller for Septoria (*Zymoseptoria tritici*) i vinterhvede

beregnet som (11)

$$E_i = E_0 - \sum_{j=L}^{L-1} E_j \quad (11)$$

hvor E_0 er den målte solstråling over den øvre horisont (L), der stammer fra vejrfiler, og E_i er den solenergi, der fanges i kronehorisonten i , hvilket betyder, at den energi, der er til rådighed for en horisont, er den målte stråling (E_0) minus det, der er blevet samlet i horisonten ovenover. For kun at arbejde med fotosyntetisk aktiv stråling, blev den målte globale solindstråling fra vejrfiler ganget med 0,55.

Den vertikale fordeling af planteorganerne, med undtagelse af blade, blev simuleret med ligning (12), som blev modificeret fra Graf et al., (1992)

$$p(x) = \left(1 - \frac{x}{h}\right) \times \left(\frac{x^{k_1}}{h^{k_2}}\right) \quad (12)$$

hvor $p(x)$ er den del af biomassen af et planteorgan på højde x , h er den faktiske plantehøjde, og k_1 og k_2 er konstanter. Hvis $k_1 = 4$ og $k_2 = 5$, vil ligningen fordele biomassen, som om den har den største del tæt på højde h , og når man anvender de lavere værdier af k_1 og k_2 , som fx $k_1 = k_2 = 1$, er fordelingen næsten jævn hele vejen op gennem vegetationens lag.

Den vertikale fordeling af blade blev styret af en række bladpopulationer, en bladpopulation for hver af de horisontale lag nævnt i forbindelse med ligningerne 9 og 10. Lagene fyldes med nye blade i takt med de dannes i simulationen, og **den simulerede højde af hvedeplanten afgør, hvilket "populationslag" et nyt blad hører til. Hvis højden fx er inden for rammerne for lag 2, vil det nydannede blad blive placeret i bladpopulationen i lag 2, og det vil forblive i dette lag resten af dets levetid.**

Fordeling af fotosynteter i vinterhveden

De tilgængelige ressourcer til respiration, vækst, reproduktion og lagring (M^*) blev fordelt på diverse organers forskellige behov i henhold til den førnævnte række af prioriteter. Prioriteten mellem en organtypes behov var altid respiration, vækst i vækststadiet, reproduktion for det modne stadium, og endelig lagring, hvis der var overskud. Tilførselsmængden (kulstofforbindelser) til rådighed for de forskellige behov (M_d) blev beregnet ved (13)

$$M_d = d \times \left(\frac{\sigma}{d}\right) \quad (13)$$

hvor d er behovet for enten respiration, vækst, reproduktion eller lagring, σ er det faktiske udbud, og σ/d er forholdet mellem udbud – efterspørgsel, der sørger for at kontrollere i hvilken grad efterspørgslen bliver opfyldt. Det faktiske udbud, σ , falder efter en ressource er blevet tildelt et behov og vil til sidst være nul, da ligning (7) ikke gør det muligt at erhverve flere kulstofforbindelser, end der er behov for.

Styring af vækst, død og aldring

Simuleringen af, hvordan en population vokser i antal og biomasse, blev gjort vha. en "distributed delay procedure", hvor flytningen af mængder kan beskrives i en række differentialligninger (14)

$$\begin{aligned} \frac{dQ_1(t)}{dt} &= x(t) - r_1(t) - \mu_1 Q_1 \\ \frac{dQ_2(t)}{dt} &= r_1(t) - r_2(t) - \mu_2 Q_2 \end{aligned} \quad (14)$$

... ..

$$\frac{dQ_{k-1}(t)}{dt} = r_{k-1}(t) - y(t) - \mu_k Q_k$$

hvor Q_m er mængden (masse eller antal) i understadie $m = 1, 2, \dots, k$, t er tiden i fysiologiske tidsenheder ($^{\circ}D$), $x(t)$ er input til stadiet, $y(t)$ er output fra stadiet, der overføres til det efterfølgende stadium eller dør, hvis det drejer sig om det modne stadium, og r_m er overgangen fra et understadie til det næste. Ledet μQ_i tager sig af vækst og død, hvor μ_i er den stadiespecifikke vækstrate. Vækstraten, der er specifik for stadiet, blev beregnet ved (15)

$$\mu_i = \lambda_i \frac{Q_i + G_i}{Q_i} \quad (15)$$

hvor λ_i er den stadiespecifikke overlevelse, og G_i er væksten af stadium i .

Septoriamodellen

Svarende til den matematiske beskrivelse af vinterhvedemodulet vil den matematiske beskrivelse af Septoria følge den daglige sløjfe i Figur 8.1, hvilket betyder 1) beregning af behov, 2) beregning af udbud, 3) fordeling af forsyninger, og 4) regnskab for vækst, dødelighed og aldring i populationen. Beskrivelsen af Septoria-modulet har ligninger, der svarer til ligninger i vinterhvedemodulet, og disse ligninger vil derfor ikke blive beskrevet igen.

Spredning af Septoria i vinterhvede

Spredningen af Septoria op igennem hveden blev simuleret til kun at finde sted, når den daglige nedbør lå over tålegrænsen, eller hvis regnens intensitet var over tålegrænsen. Modellen har to versioner: 1) en version, hvor mængden af dagligt nedbør er den udløsende factor, og 2) en version, hvor regnens intensitet er den udløsende factor, og det står endnu ikke klart, hvilken version, der producerer de mest pålidelige simulationer. Når først vejret har fremkaldt spredning i hveden, beregnes spredningen af sporer i henhold til ligning 10

$$S_{i,j} = a_{j-i} \times S_i \quad (10)$$

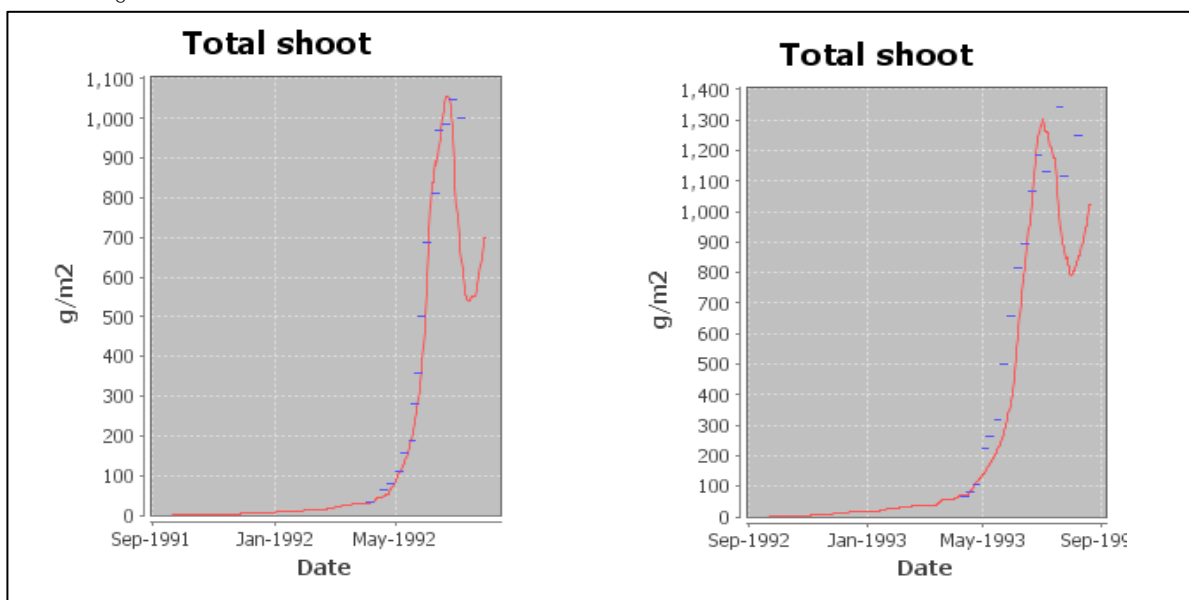
$S_{i,j}$ er antallet eller biomassen af sporer, der skal flyttes fra lag i til lag j , S_i er antallet eller biomassen af modne sporer i lag i , og a_{j-i} er den brøkdel af modne sporer i lag i , der spredes til lag $j-i$. Dette betyder, at sporer kan flyttes opad mellem tilfældige lag, fx fra lag 1 til 2, og 1 til 3, men kun hvis de modtagende lag har blade. På dage, hvor vejrforholdene ikke udløste en opadspredning i hveden, var spredning mulig inden for zonen, da det blev antaget, at sporer kunne sprede sig fra smittede dele af bladene til sunde dele.

Effekten af fungicider

For enkeltheds skyld antages det i modellen, at fungicider slår de forskellige stadier af Septoria, der sidder på overfladen af bladene (sporer, gennemtrængende og modne) ihjel, den samme dag, som fungicidet påføres, og at fungicidet i de efterfølgende ti dage forebygger udvikling af sporer på overfladen af de blade, der allerede var udviklet ved sprøjtningen. De stadier af svampen, der befinder sig inde i bladene, biotrofiske og nektrotrofiske, bliver i modellen ikke skadet af fungicidet og kan derfor fortsætte deres normale udvikling og sprede sporer som normalt i det modne stadie. Blade, der blev udviklet efter fungicidbehandlinger, er ikke beskyttet mod smitte fra nye sporer.

8.6 Kalibrering

Trin 1 i kalibreringen af SeptoriaSIM var en initial kalibrering af hvedmodellen uden hensyntagen til Septoria. Udgangspunktet for kalibreringen var parameteriseringen af vinterhvede i Sønderkov et al., 2006, der kun havde en overfladisk kalibrering af udbytte. Derfor blev væksten af kernerne og dermed udbyttet kalibreret efter data fra 1992 og 1993 fra Forskningscenter Foulum (Olesen et al., 1996). Modellens evne til at simulere observationerne fra 1992 og 1993 er vist i Figur 8.2.



FIGUR 8.2. MODELLENS SIMULERING AF DATA FRA OLESEN ET AL. (1996). MODELLEN BLEV KALIBRERET TIL AT SIMULERE DATA FRA 1991-1992 (VENSTRE), OG SIMULERINGEN TIL HØJRE ER FORETAGET UDEN AT ÆNDRE ANDET END SÅDATOEN OG VEJRINPUTFILEN.

Andet trin i kalibreringen var at parameterisere modellen til et datasæt stillet til rådighed af Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi, bestående af forsøg med Septoria-bekæmpelse i vinterhvede på adskillige forsøgsstationer over hele landet i perioden fra 2003 til 2013 (beskrevet nærmere i kap. 6). I alt bestod datasættet af 60 forsøg med tre behandlinger og en ubehandlet kontrol. Forsøgene var lavet med forskellige sorter, og data indeholdt sådato, fire vurderinger af Septorias dækningsgrad, behandlingstidspunkter, middel, og høstudbytte. Først og fremmest skulle modellen kalibreres til at simulere væksten og spredningen af Septoria uden bekæmpelse med fungicider.

Beslutningsstøttesystemet indeholdt faciliteter til at sammenligne observerede værdier for Septoriadækning med simulerede værdier på samme måde som for vinterhveden i Figur 8.2, men det var ikke til meget hjælp, når der skulle foretages kalibrering i forhold til 60 datasæt, der var ret variable i Septoria-angreb. Der blev derfor foretaget en lang række simuleringer, hvor modellen:

1. starter med et tilfældigt valg af parameterverdier indenfor givne intervaller
2. foretager simulering af hver enkelt af de 60 forsøg uden bekæmpelse fra AU-datasættet
3. for hver af de 60 simuleringer foretages en sammenligning af de observerede Septoria dækningsgrader og hvedeudbytter med de simulerede ved at forskellen kvadreres (for at undgå negative værdier).
4. de kvadrerede forskelle lægges sammen for alle 60 forsøg, hvorved en total kvadratsum blev beregnet.
5. parameterverdierne og den totale kvadratsum blev så gemt og sammenholdt.

En kalibreringsrunde bestod af mellem 3000 og 5000 sådanne simuleringer med valg af parametre efterfulgt af simulering af de 60 datasæt med disse parametre i modellen, og endelig beregning af den kvadrerede forskel. Det parametervalg, der gav den laveste kvadratsum blev valgt som udgangspunkt for videre forbedring af parameteriseringen, hvor nogle af parametrene fra første kalibreringsrunde blev frosset fast. Efter mange kalibreringsrunder var den optimale kalibrering nået og der kom ikke længere markante forbedringer af kvadratsummen. Dette blev anset for den optimale kalibrering til det samlede datasæt. Der blev også foretaget kalibreringsrunder til datasæt med enkelte sorter, f.eks. Hereford.

Tredje trin i kalibreringen var kalibreringen af betydningen af fungicidbehandlinger, der blev foretaget på samme måde, men med valg af 25%, 50% eller 100% dosis fra datasættet. Herved blev virkningsgraden af de forskellige koncentrationer estimeret.

Der blev forud for ”Septoria-sæsonerne” i 2014 og 2015 arbejdet ihærdigt med parameteriseringen af modellen, men ligegyldigt hvilken parameterisering der blev anvendt var det ikke muligt at opfylde kravet om, at modellen skulle kunne beregne, at det ifølge almen viden og videnskabelige forsøg, aldrig er rentabelt at bekæmpe før ca. 1. maj. Der blev også i kalibreringsperioderne foretaget mange ændringer af modellen med efterfølgende nye kalibreringer (”computeren arbejdede dag og nat i ugevis”), men simuleringerne viste altid at tidlige behandlinger gav det bedste resultat. Der blev forsøgt med at simulere svampesporernes spredning op igennem vegetationen på følgende måder: 1) ved en spredningsbegivenhed kunne der kun ske spredning fra en horisontal zone til den næste, og 2) ved en spredningsbegivenhed kunne der ske spredning fra en horisontal zone til de to hhv. tre og fire næste zoner.

Spredningsbegivenheder blev simuleret som at kunne indtræde når regn-intensiteten (mm/time) overskred fastsatte grænser, som blev optimeret vha. de beskrevne kalibreringsprocedurer, og der blev lavet simuleringer, hvor spredningen var proportional med vindhastigheden. Filosofien bag det sidste var, at spredningen ville være mere effektiv i en afgrøde, hvor planterne rørte meget ved hinanden.

8.7 Konklusion

Den eneste måde, hvorpå modellen kunne bringes til ikke at simulere positive effekter af tidlige behandlinger, var ved at fortsætte sporespredning efter vinteren, dvs. efter 1. marts. Hvis der således sker ny infektion udefra efter en tidlig behandling, kan betydningen af den tidlige behandling reduceres. Ellers kan modellen ikke bringes til at opfylde kravet om, at det er urentabelt at behandle før 1. maj. Konklusionen på kalibreringsarbejdet var derfor, at den viden der findes om Septoria, og som er indbygget i modellen, ikke er tilstrækkelig til at få modellen til at simulere virkeligheden. Modelkørerne viste, at der må ske en tilførsel af ekstern smitte (asco-sporer) i maj og juni. Dette blev dog ikke kalibreret, da der ikke eksisterer data til dette formål.

9 Validering af nye Septoriamodeller

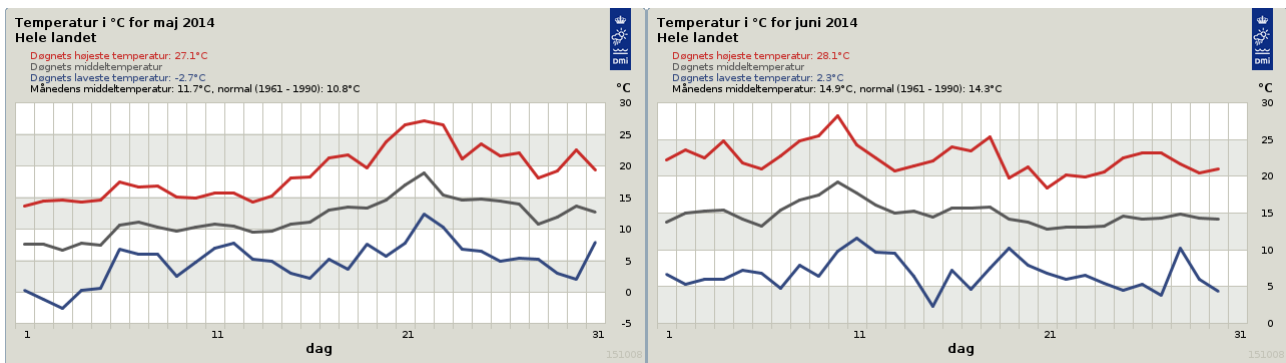
Som en del af arbejdet med udvikling af nye Septoria-risikomodeller, er der udført valideringsforsøg over to sæsoner hos SEGES (Landsforsøgene®) og Aarhus Universitet (Flakkebjerg). Modelkørslerne er styret fra SEGES, som har været i ugentlig kontakt med forsøgshederne. Der er anvendt lokale DMI klimadata fra klimadatat platformen, og kørslerne baserer sig på timeværdier, hvor Rh, bladflugt og nedbør har indgået (nedbør kun i 2015).

9.1 Beskrivelse af vejret i 2014 og 2015

Udviklingen af Septoria i foråret sker primært i perioden fra slutningen af april til ca. Sankt Hans, hvilket også dækker den periode, hvor det kan være relevant at fungicidbehandle for at undgå alvorlige angreb. Nedenfor beskrives vejret i Danmark for maj og juni hhv. 2014 og 2015.

9.2 Vejret maj og juni 2014

Maj 2014 endte med en middeltemperatur på 11,7°C på landsplan, hvilket er 0,9°C over 1961-90 normalen på 10,8°C og 0,3°C varmere end den seneste ti års dekade-værdi på 11,4°C beregnet på perioden 2001-2010. Juni 2014 fik en døgnmiddeltemperatur på 14,9 °C i gennemsnit for landet som helhed. Det er 0,6 over normalen på 14,3 °C beregnet på perioden 1961-90 og 0,3°C varmere end den seneste ti års dekade-værdi på 14,6 °C beregnet på perioden 2001-2010 (Tabel 9.1). Specielt anden halvdel af maj havde høje temperaturer, gns. ca. 15 °C. Middeltemperaturen på ca. 15 °C var vedvarende gennem det mest af juni.

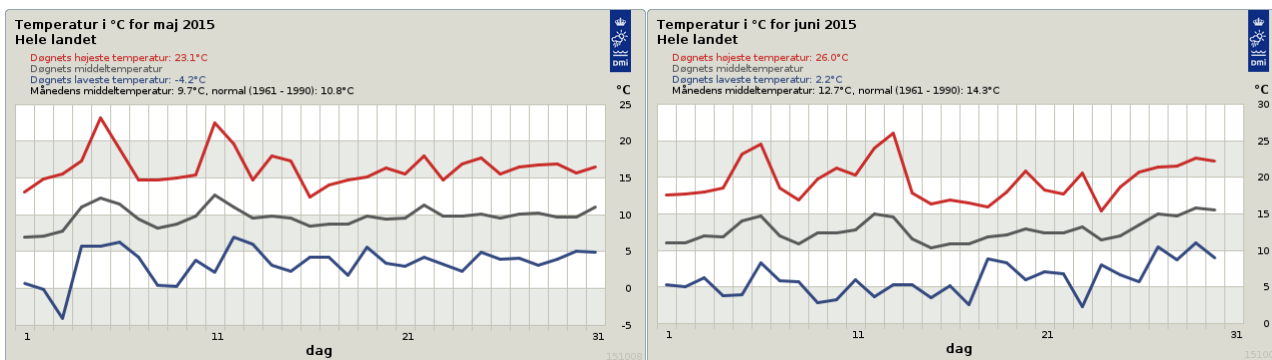


FIGUR 9.1. MIN. GNS. OG MAKSIMUM TEMPERATURER I MAJ OG JUNI FOR DANMARK SOM HELHED, 2014

Mest nedbør i foråret 2014 kom der i regionen Nordjylland med 144 millimeter i gennemsnit, mens der på Bornholm kom mindst med 92 millimeter regionen i gennemsnit. Den 23-24. maj kom der store mængder regn fortrinsvis i Jylland og på Fyn. Der blev flere steder registeret over 60 millimeter regn, helt op til 68,8 millimeter i Jelling, hvilket er den sjettehøjeste døgnnedbør målt i et forår siden de landsdækkende målinger startede i 1874. Normalt falder der omkring 50 millimeter for hele maj måned (Tabel 9.1).

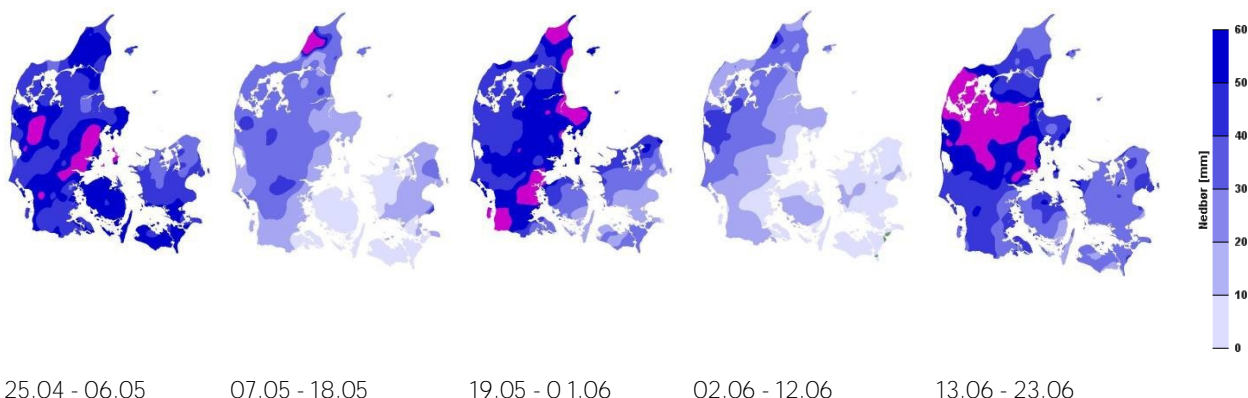
9.3 Vejret maj og juni 2015

Maj 2015 endte med en middeltemperatur på 9,7°C på landsplan, hvilket er 1,1°C under 1961-90 normalen på 10,8°C og 1,7°C koldere end den seneste ti års dekade-værdi på 11,4°C beregnet på perioden 2001-2010. Ikke siden maj 2010 har der været en så kold maj måned. Den endte på 9,4 °C. Juni 2015 fik en døgnmiddel-temperatur på 12,7°C i gennemsnit for landet som helhed. Det er 1,6°C under normalen på 14,3°C beregnet på perioden 1961-90 og 1,9°C koldere end den seneste ti-års dekadeværdi på 14,6°C beregnet på perioden 2001-2010.



FIGUR 9.2. MIN. GNS. OG MAKSIMUM TEMPERATURER I MAJ OG JUNI FOR DANMARK SOM HELHED, 2015

Mest nedbør i foråret 2015 faldt der i regionen Syd- og Sønderjylland med 215 millimeter i gennemsnit, mens der i regionen Bornholm faldt mindst med 128 millimeter i gennemsnit over alle målestationer. Den 3-4. maj 2015 kom der en stor mængde regn i landet, godt en fjerdedel af maj måneds normalnedbør. Dagen efter, den 5. maj kom der også en del nedbør og årets første skybrud (over 15 mm på 30 minutter) blev registreret flere steder i Jylland.



FIGUR 9.3 FORDELINGEN AF NEDBØR I MAJ 2015, 25 APRIL – 6 MAJ, 7-18 MAJ, 19 MAJ TIL 1. JUNI, 2-12 JUNI OG 13-23 JUNI. PINK FARVE INDIKERER, AT DER ER FALDET MERE END 60 MM NEDBØR I PERIODEN

TABEL 9.1. LANDSGENNEMSNIT MAJ 2014 OG 2015, SAMT NORMALEN FOR 1961-90 OG DEKADE-NORMALEN 2001-2010

År/Parameter	Maj	Normal 1961-90	Dekade-normal 2001-10
2014			
Middeltemperatur	11,7°C	10,8°C	11,4°C
Nedbør	65 mm	48 mm	53 mm
Soltimer	216 timer	209 timer	235 timer
2015			
Middeltemperatur	9,7°C	10,8°C	11,4°C
Nedbør	86 mm	48 mm	53 mm
Soltimer	184 timer	209 timer	235 timer

TABEL 9.2 LANDSGENNEMSNIET JUNI 2014 OG 2015, SAMT NORMALEN FOR 1961-90 OG DEKADE-NORMALEN 2001-2010

År/Parameter	Juni	Normal 1961-90	Dekade-normal 2001-10
2014			
Middeltemperatur	14,9°C	14,3°C	14,6°C
Nedbør	40 mm	55 mm	68 mm
Soltimer	270 timer	209 timer	
2015			
Middeltemperatur	12,7°C	14,3°C	14,6°C
Nedbør	59 mm	55 mm	68 mm
Soltimer	209 timer	209 timer	239 timer

Sammenlignes sæsonerne 2014 og 2015 var der generelt højere temperaturer i 2014 end i 2015. Dette har betydning for længden af Septorias latensperiode, og dette kan være en medvirkende forklaring på, at Septoria udviklingen i Danmark generelt var relativt svagere i 2015 end i 2014. Der faldt til gengæld mere nedbør i 2015 end i 2014 og der var færre solskinstimer i 2015 end i 2014. Generelt set falder der betydeligt mere nedbør i Jylland end på Fyn, Sjælland og Bornholm. Derfor vil man ud fra et vejr-mæssigt synspunkt forvente en højere risiko for Septoria i Jylland end på øerne.

9.4 Afprøvning af modeller på AU i 2014 og 2015

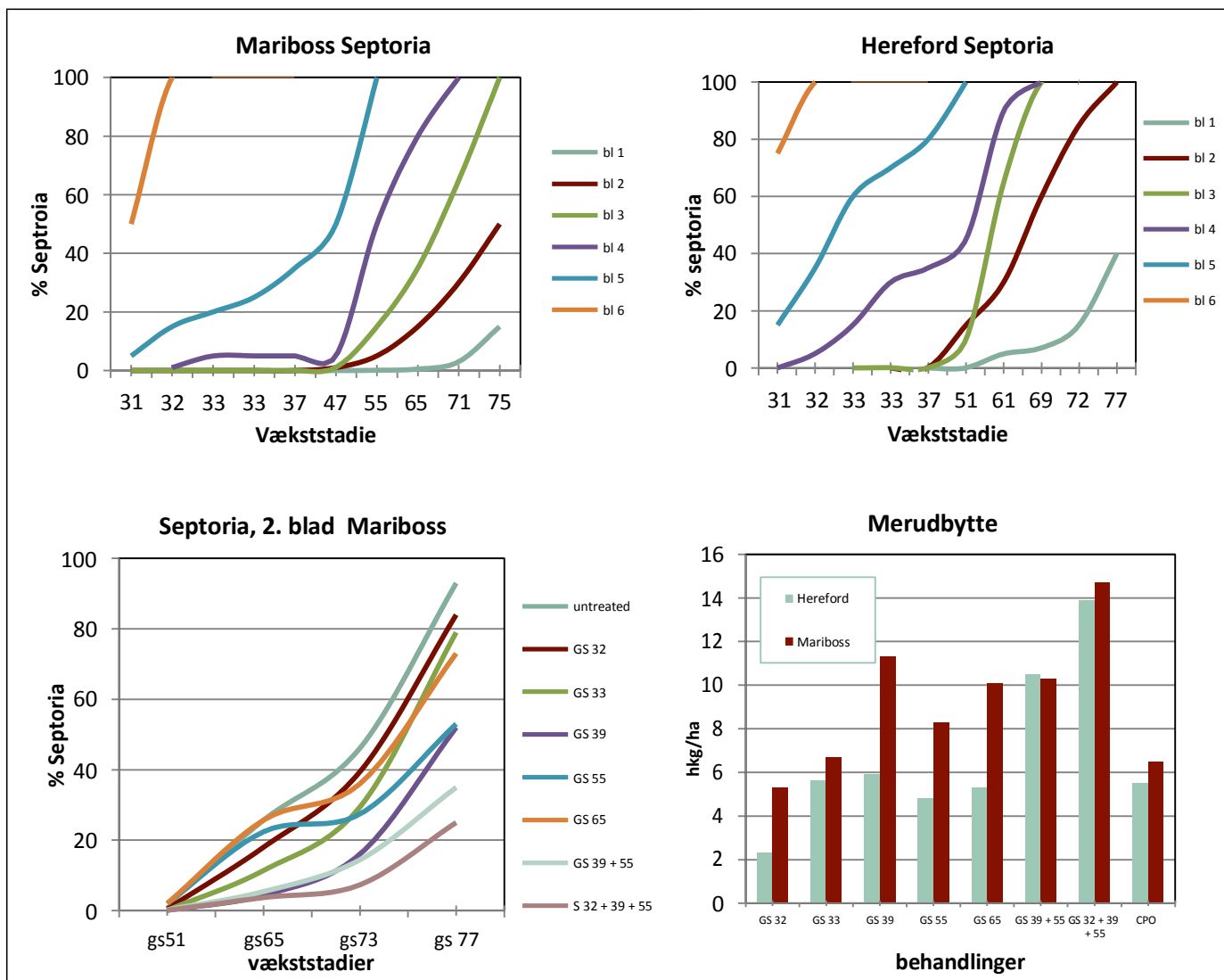
To sorter (Mariboss og Hereford) blev anvendt til afprøvningen, og i denne afprøvning blev de nye modeller sammenlignet med forskellige standardbehandlinger. Resultaterne fra de to års forsøg er vist i Tabel 9.3 og Tabel 9.4 samt i Figur 9.4 og Figur 9.5. Forsøgene er blevet behandlet med 0,5 l Bell i alle behandlinger, uanset modeller eller tidspunkter. Denne strategi blev besluttet for ikke at have forskellige produkter som en variabel parameter i forsøgene. For alle tre modeller, PVO, SeptoriaSIM og luftfugtighedsmodellerne, blev der anvendt en forventet beskyttelsesperiode på ti dage fra behandlingstidspunkterne til starten af en ny risikoperiode. I forsøgene i Flakkebjerg blev flere specifikke behandlingstidspunkter inkluderet som del af forsøgsplanen for bedre at kunne tolke data.

- Beslutningsstøtteprogrammet PVO anbefaler behandlinger til bekæmpelse af Septoria baseret på dage med nedbør. Behandlinger anbefales, hvis der er forekommet 4 dage med nedbør >1 mm, begyndende på vs 32. I 2014 udløste PVO to behandlinger, mens den i 2015 udløste tre behandlinger.
- SeptoriaSIM er en simuleringsmodel, der følger udviklingen af både afgrøden og sygdomme. Modellen udløste ingen behandlinger i 2014, da en enhedsfejl i programmet ikke gjorde det muligt at udløse behandling. I 2015 blev der efter programjusteringer kun udløst en enkelt sprøjtning i det tidlige forår.
- Fugtighedsmodel. Denne model anvender Rh og bladfugt som tærskler. I 2014 udløste denne model ingen behandlinger i Flakkebjerg. Der blev aldrig nået 24 timer med høj luftfugtighed ($\geq 85\%$) eller bladfugt. Der blev maksimalt nået 23 timers sammenhængende fugtighed, og dette illustrerer nogle af problemerne med en ny model. På grundlag af erfaringerne fra 2014 blev det besluttet at justere modellen, således at den i 2015 anvendte 20 timer med $Rh \geq 85\%$ som udløsende faktor. Baseret på klimadata udløstes tre sprøjtninger i 2015.

9.5 Resultat af forsøgsafprøvningen på AU, Flakkebjerg

Generelt gav de nye modeller ikke acceptable svar i de forsøg, der blev udført i 2014. Klimaet var særdeles gunstigt for Septoria, og i Flakkebjerg udløste ingen af de to nye modeller nogen behandlinger. PVO anbefalede to behandlinger (vs 33 og 55), men også dette var under det økonomisk optimale i 2014, som var tre behandlinger. På andre lokaliteter gav de tre modeller også dårligere bekæmpelse sammenlignet med standardbehandlinger.

2015 resultaterne fra Flakkebjerg viste gode resultater for både PVO og den justerede Fugtighedsmodel. Begge udløste tre sprøjtninger og gav pæne merudbytter for sprøjtning. SeptoriaSIM modellen udløste kun 1 sprøjtning og gav et væsentligt lavere merudbytte end PVO og Fugtighedsmodellen. Ved sammenligning med strategier, hvor der blev givet højere input, var det stadig behandlinger med tre sprøjtninger med nedsat input, som gav det bedste nettomerudbytte.



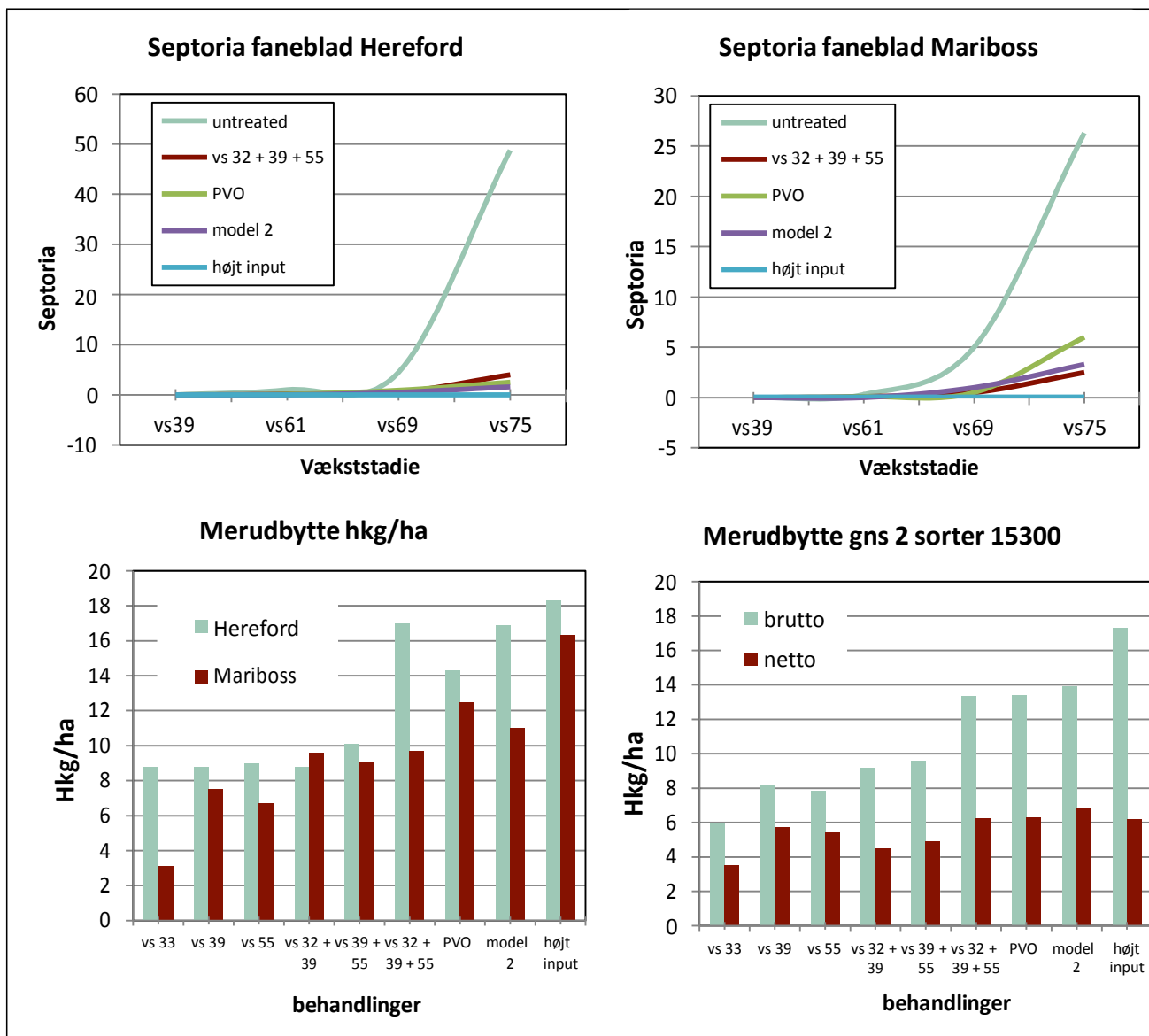
FIGUR 9.4. UDVIKLING AF SEPTORIA PÅ SPECIFIKKE BLADLAG I DE TO SORTER BEDØMT MED UGENTLIGE INTERVALLER. ANGREBET I HEREFORD VAR VED ALLE BEDØMMELSER KRAFTIGERE END ANGREBET I MARIBOSS. SYGDOMSUDVIKLING EFTER FORSKELLIGE BEHANDLINGER ER VIST NEDERST TIL VENSTRE. BEHANDLINGERNE MED BLOT ET ENKELT BEHANDLINGSTIDSPUNKT GAV ALLE UTILSTRÆKKELIG BEKÆMPELSE. KUN DOBBELTE OG TREDOBDELTE BEHANDLINGER GAV SIKKER EFFEKT AF BEKÆMPELSE. NEDERST TIL HØJRE ER VIST MERUDBYTTE SOM FØLGE AF BEHANDLINGERNE FOR DE TO SORTER (GS: Growth Stage). DATA FRA 2014 FORSØGENE.

TABEL 9.3. BEKÆMPELSE AF SEPTORIA SAMT MERUDBYTTE VED FORSKELLIGE BEHANDLINGSTIDSPUNKTER I HVEDE (14300). MA = MARIBOSS, HE= HEREFORD. DATA FRA 2014, FLAKKEBJERG.

Behandlinger L/ha					% Septoria				Udbytte og merudbytte		Netto merudbytte	
vs 30-31	vs 32-33	vs 37-39	vs 45-51	vs 61	vs 65 2. blad	vs 65 2. blad	vs 77 1. blad	vs 77 1. blad	Hkg/ha	Hkg/ha	Hkg/ha	Hkg/ha
					Ma	He	Ma	He	Ma	He	Ma	He
1. Ube.					25,7	50,5	65,0	93,3	78,7	85,2		
2. Bell 0,5					18,0	32,2	60,1	83,6	8,3	5,3	5,9	2,9
3.	Bell 0,5				11,4	27,2	55,0	70,0	9,7	8,8	7,3	6,4
4.		Bell 0,5			4,4	25,5	43,5	66,6	14,3	8,9	11,9	6,5
5.			Bell 0,5		22,4	42,2	25,1	36,7	11,3	7,8	8,9	5,4
6.				Bell 0,5	25,7	48,9	21,8	40,0	13,1	8,3	10,7	5,9
7.		Bell 0,5	Bell 0,5		5,4	22,2	15,1	30,0	16,3	16,5	11,4	11,6
8. Bell 0,5		Bell 0,5	Bell 0,5		3,7	10,6	15,0	16,7	23,7	22,9	16,3	15,5
9. Sept. SIM					25,7	50,5	65,0	93,3	0	0	-	-
10. Fugtighedsmodel					25,7	50,5	65,0	93,3	0	0-	-	-
11. PVO	2 x 0,5 Bell (vs. 33 & vs 55)				7,3	25,6	21,8	36,7	12,5	11,7	8,4	7,6
LSD ₉₅					7,8	7,8	9,8	9,8	6,0	6,0		

TABEL 9.4. BEKÆMPELSE AF SEPTORIA SAMT MERUDBYTTE VED FØRSKELLIGE BEHANDLINGSTIDSPUNKTER I HVEDE (15300). MA = MARIBOSS, HE= HEREFORD. DATA FRA 2015, FLAKKEBJERG.

Behandlinger L/ha					% Septoria				Udbytte og merudbytte		Netto merudbytte	
	vs 32	vs 33	vs 37-39	vs 45-51	vs 69 2. blad	vs 69 2. blad	vs 77 1. blad	vs 77 1. blad	Hkg/ha	Hkg/ha	Hkg/ha	Hkg/ha
					Ma	He	Ma	He	Ma	He	Ma	He
1. Ubehandlet.					22,5	40,0	26,3	48,8	84,3	97,6		
2.	Bell 0,5		Bell 0,5		4,0	5,0	7,5	14,3	9,6	8,8	4,7	3,9
3		Bell 0,5			20,0	23,8	24,0	18,8	3,1	8,5	0,7	3,6
4			Bell 0,5		5,0	18,8	7,5	14,5	7,5	8,7	5,0	6,3
5				Bell 0,5	22,5	22,5	4,5	10,3	6,7	9,0	4,3	6,6
6.			Bell 0,5	Bell 0,5	3,5	9,5	2,0	5,0	9,1	10,1	4,2	5,2
7.	Bell 0,5		Bell 0,5	Bell 0,5	2,3	6,0	2,5	4,0	9,7	17,0	2,3	9,6
8. Sept. SIM	Bell 0,5				21,3	40,0	17,5	32,5	3,3	3,6	0,9	0,9
9. Fugtig heds-model	Bell 0,5 29/4		Bell 0,5 4/6	Bell 0,5 23/6	11,3	17,5	3,3	1,6	12,5	16,6	5,1	9,2
10. PVO		0,5 Bell 6/5	Bell 0,5 4/6	Bell 0,5 18/6	6,5	20,0	6,0	2,5	11,0	14,3	3,6	6,9
11.	0,5 Bell		1,0 Ade xar	0,6 Proli ne	0,9	1,8	0,3	0,0	16,3	18,2	5,7	7,6
LSD ₉₅					2,7	2,7	10,7	10,7	6,96	6,96		



FIGUR 9.5. UDVIKLING AF SEPTORIA PÅ FANEBLADET I DE TO SORTER BEDØMT I FUGTIGHEDSMODELLEN (=MODEL 2), PVO OG LED MED FLERE BEHANDLINGER MED TI DAGES INTERVAL. ANGREBET I HEREFORD VAR VED ALLE BEDØMMELSER MERE FREMSKREDENT END ANGREBET I MARIBOSS. BEHANDLINGERNE MED BLOT ET ENKELT BEHANDLINGSTIDSPUNKT GAV ALLE UTILSTRÆKKELIG BEKÆMPELSE OG ER IKKE MEDTAGET. NEDERST TIL VENSTRE ER VIST MERUDBYTTE SOM FØLGE AF BEHANDLINGERNE I DE TO SORTER OG TIL HØJRE DET GNS BRUTTO OG NETTOMERUDBYTTE I DE FORSKELLIGE FORSØGSLÆD. DATA FRA 2015 FORSØGENE.

9.6 Afprøvning af modeller på SEGES i 2014 og 2015

Septoria bladflugtmodellen og SeptoriaSIM-modellen er tilstræbt afprøvet i 4 Landsforsøg i både 2014 og 2015. Desværre har der i SeptoriaSIM-modellen, som ovenfor nævnt, været en misforståelse med hensyn til enheden på data for solstråling i programmet, så der uanset nedbørsforhold ikke har kunnet udløses nogen sprøjtning i 2014. Denne model har derfor i praksis kun været afprøvet i forsøgene i 2015. Sprøjteanvisningerne ifølge de to modeller er sammenlignet med vejledningen ifølge PVO samt sammenlignet med to faste sprøjtestrategier, hvor der er udført to hhv. tre behandlinger mod svampe. Forsøgene er udført i to sorter, Hereford og Mariboss, hvor Hereford er meget modtagelig overfor Septoria, og hvor Mariboss er middel modtagelig.

Fugtighedsmodellen er justeret lidt fra 2014 til 2015. I 2014 har minimum 24 sammenhængende timer med enten luftfugtighed ≥ 85 procent eller med bladfugt (en time tæller med, hvis der er mindst 30 minutter med bladfugt) udløst en bekæmpelse. Opsummeringen har startet i vækststadiet 32 (to knæ udviklet). På baggrund af forsøg og erfaringer i 2014 er modellen justeret lidt i 2015.

Fugtighedsmodellen har i 2015 udløst bekæmpelse, hvis der har været

målt en luftfugtighed ≥ 85 % og/eller minimum 0,2 mm nedbør og/eller bladfugt (en time tæller med, hvis der er mindst 30 minutter med bladfugt) i mere end 20 sammenhængende timer. Opsummeringen er i 2015 allerede startet i vækststadiet 31 (1 knæ udviklet), men der kunne tidligst udløses en sprøjtning fra vækststadiet 32.

Ved bekæmpelsesbehov er der i alle tilfælde anvendt 0,5 liter Bell pr. ha. Dette skyldes, at formålet med forsøgene er at belyse eventuelle forskelle mellem modellerne og ikke at belyse forskelle mellem svampemidler og doser. I et enkelt forsøg i 2015 er der dog ved en fejl anvendt en anden løsning ved en af sprøjtningerne (0,34 l Proline + 0,12 l Comet Pro pr. ha), men dette vurderes ikke at have haft væsentlig betydning for forsøgets resultater. Hvis der bliver udløst en behandling, regnes der i alle modeller med en beskyttelsesperiode på ti dage, hvor der ikke kan udløses en fornyet behandling. Sidste sprøjtemulighed for alle modeller er vækststadiet 71 (kerneindhold vandagtigt, de første kerner har nået halv størrelse).

Resultaterne af forsøgene kan ses i Tabel 9.5. Der har ikke optrådt betydende angreb af andre svampesygdomme end Septoria i forsøgene.

I 2014 optrådte der relativt kraftige angreb af Septoria. PVO udløste to behandlinger i tre af forsøgene og en behandling i det sidste forsøg. Fugtighedsmodellen udløste to behandlinger i et af forsøgene og kun en behandling i de resterende tre forsøg, hvilket vurderes at være for lidt ved det høje smittetryk i flere af forsøgene. Ved en fejl blev et af sidstnævnte forsøg dog sprøjtet to gange.

9.7 Resultat af forsøgsafprøvningen hos SEGES

De opnåede bekæmpelseseffekter mod Septoria har været overraskende dårlige ved alle behandlinger. Selv ved tre behandlinger med 0,5 liter Bell pr. ha er der opnået mindre end 50 procent bekæmpelse på fanebladet og næstøverste blad. De dårlige effekter kan skyldes en kombination af det høje smittetryk eller måske begyndende resistensudvikling hos Septoria mod triazoler.

Det højeste nettomerudbytte i 2014 blev opnået i forsøgsled 5, hvor der er udført tre behandlinger i vs 33 (tre knæ udviklet), 39 (fanebladet fuldt udviklet) og 59 (gennemskredet). PVO klarede sig bedre end Septoria fugtmodellen.

I 2015 var der et lavt smittetryk af Septoria i to af forsøgene og et moderat til højt smittetryk i de resterende to forsøg. I et af forsøgene med et lavt smittetryk er der ikke opnået rentable merudbytter i nogen af forsøgsleddene. PVO og Fugtighedsmodellen anbefalede her to sprøjtninger og SeptoriaSIM 1 sprøjtning. I et andet forsøg med lavt smittetryk var der kun et rentabelt merudbytte i sorten Mariboss og kun ved sprøjtning ifølge SeptoriaSIM, hvor der blev udløst 1 sprøjtning 28. april. PVO og Fugtighedsmodellen anbefalede her tre sprøjtninger. Det kan derfor konkluderes, at der ved brug af PVO og Fugtighedsmodellen har været anbefalet en for høj indsats i disse forsøg. Dette kan måske skyldes, at angrebsudviklingen af Septoria i 2015 forløb langsommere end normalt. Der var meget nedbør i maj-juni, men grundet det kolde vejr var inkubationstiden for Septoria (tiden fra smitte til symptomer ses) længere end normalt og nok nærmere 4-5 uger end de normale tre uger.

I de to resterende forsøg i 2015 var smittetrykket moderat til højt. I det ene forsøg resulterede sprøjtning ifølge Fugtighedsmodellen i det højeste nettomerudbytte i begge sorter, og Fugtighedsmodellen anbefalede to sprøjtninger. Plantevæn Online anbefalede tre sprøjtninger og SeptoriaSIM en sprøjtning. I det sidste forsøg blev de højeste nettomerudbytter i Hereford opnået ved behandling ifølge PVO og i Mariboss i forsøgsled 5 og 6. PVO anbefalede her tre sprøjtninger, mens Fugtighedsmodellen anbefalede 4 sprøjtninger og SeptoriaSIM en sprøjtning. Samlet set var angrebsniveauet i 2015 så lavt, at der kun er opnået meget små nettomerudbytter, og der har ikke været sikre forskelle på de tre modeller. Der har heller ikke været sikre forskelle på vejledning ifølge de tre modeller og de forud fastlagte sprøjtninger i forsøgsled 5 og 6. Nederst i tabellen ses resultaterne fra alle 8 forsøg i 2014-15. Heller ikke i gennemsnit af disse forsøg har der været sikre forskelle på de afprøvede strategier.

I 2014 blev der ved det høje smittetryk anbefalet en for lav indsats af svampemiddel ved brug af både Fugtighedsmodellen og PVOs vejledning. I 2015 blev der derimod anbefalet for høj en indsats i nogle af forsøgene. Pt. ser det således ikke ud til, at Fugtighedsmodellen er bedre til at time Septoria-bekæmpelsen end PVO.

SeptoriaSIM er kun reelt blevet afprøvet i 2015, hvor den i alle forsøg udløste en sprøjtning på tidspunkterne 28. april, 29. april, 30. april og 11. maj, hvilket ud fra andre forsøg normalt vurderes at være for tidligt ved kun 1 sprøjtning. Dette til trods viser resultaterne i tabel 10.5 at SeptoriaSIM har givet det bedste nettomerudbytte i Landsforsøgene dette år. Umiddelbart vurderes det, at dette skyldes at bekæmpelsesbehovet netop var meget lavt i 2015, hvilket uvilkårligt vil favorisere en model, der udløser få behandlinger. Resultaterne strider dog i nogen grad i mod forsøgsresultaterne fra Flakkebjerg samme år, hvor SeptoriaSIM også kun udløste 1 tidlig sprøjtning, men her gav et lavt nettomerudbytte. Det vurderes derfor, at der også her er behov for videreudvikling af denne model, før den kan anvendes i praksis

TABEL 9.5. RESULTATER FRA VALIDERINGSFORSØG MED DE NYE MODELLER FRA FORSØG UDFØRT I 2014 OG 2015. FORSØG FRA SEGES.

Vinterhvede	Pct. dækning med Septoria												Hkg kerne pr. ha	
	plan-ten	fane-blad	2. øverste blad	3. øverste blad	plan-ten	fane-blad	2. øverste blad	3. øverste blad	plan-ten	fane-blad	2. øverste blad	3. øverste blad	Ud-bytte og mer-ud-bytte	Netto-mer-ud-bytte
	sprøjtning før stadiet 39				sprøjtning før stadiet 59				sprøjtning før stadiet 75					
<i>2015. 4 forsøg</i>														
<i>Hereford</i>														
1. Ubehandlet	9	0	2	5	17	0	8	14	32	4	18	42	99,8	-
2. Planteværn Online	6	0	1	3	10	0	3	8	17	0,4	4	20	4,7	-2,6
3. Septoria fugtmodel	7	0	1	5	12	0	3	8	19	0,8	5	19	7,6	0,2
4. Septoria SIM-model	7	0	2	4	15	0	7	13	29	3	17	38	4,0	1,3
5. 3 x 0,5 l Bell	7	0	1	4	12	0	4	9	21	1	8	23	5,1	-2,9
6. 2 x 0,5 l Bell	7	0	1	5	11	0	3	11	17	0,8	6	23	5,7	0,3
LSD 1-6													ns	
LSD 2-6													ns	
<i>2015. 4 forsøg</i>														
<i>Mariboss</i>														
1. Ubehandlet	8	0	1	3	12	0	6	13	23	4	16	31	95,1	-
2. Planteværn Online	7	0	0,3	2	8	0	2	7	15	1	5	16	8,1	0,8
3. Septoria fugtmodel	7	0	0,3	3	8	0	2	8	18	2	5	23	8,9	1,5
4. Septoria Sim model	6	0	0,6	3	11	0	6	10	21	4	16	31	6,7	4,0
5. 3 x 0,5 l Bell	4	0	0,4	3	8	0	4	9	13	1	8	21	7,8	-0,2
6. 2 x 0,5 l Bell	6	0	0,3	3	9	0	2	9	14	0,9	5	22	6,6	1,2
LSD 1-6													4,8	
LSD 2-6													ns	
<i>2014-15. 8 forsøg</i>														
<i>Hereford</i>														
1. Ubehandlet	9	0	2	8	27	0,7	9	17	41	5	32	62	93,0	-
2. Planteværn Online	6	0	0,9	4	17	0,2	5	11	26	2	16	44	7,6	1,6
3. Septoria fugtmodel	7	0	0,9	5	19	0,2	5	11	26	2	16	44	8,4	2,7
5. 3 x 0,5 l Bell	7	0	0,9	5	17	0,2	6	12	28	2	17	45	10,1	2,1
6. 2 x 0,5 l Bell	7	0	0,8	6	19	0,2	6	13	27	2	17	48	7,0	1,6
LSD 1-6													4,0	
LSD 2-6													ns	
<i>2014-15. 8 forsøg</i>														
<i>Mariboss</i>														
1. Ubehandlet	9	0	2	7	19	0,6	8	15	34	5	27	55	91,2	-
2. Planteværn Online	6	0	0,6	3	14	0,2	4	10	22	2	13	37	10,0	4,0
3. Septoria fugtmodel	6	0	0,5	4	14	0,2	5	11	24	2	15	43	9,2	3,5
5. 3 x 0,5 l Bell	5	0	0,6	4	13	0,2	5	11	21	2	14	40	12,2	4,2
6. 2 x 0,5 l Bell	6	0	0,5	4	14	0,2	5	11	22	2	16	44	8,4	3,0
LSD 1-6													3,6	
LSD 2-6													ns	

Led 5 er behandlet i stadiet 32, 37-39 og 55-61. I 2014 behandlet i stadiet 33, 39 og 59. Led 6 er behandlet i stadiet 39 og 59. Se tekst for behandling af øvrige led.

9.8 Konklusion af forsøgene

I alt ti forsøg er udført fordelt på to forsøgsår med afprøvning af de nye risikomodeller til prædiktering af Septoria risikoen. Otte forsøg er udført ved SEGES og to forsøg ved Aarhus Universitet. Især i 2014 var der meget kraftige angreb af Septoria i de fleste forsøg, men også i 2015 var der betydelige angreb i en del af forsøgene. Alle ti forsøg er udført i to sorter. Herefter er kendt som den mest modtagelige af de to sorter, mens Mariboss er valgt som repræsentant for en mere moderat modtagelig sort. Til trods for denne forskel i modtagelighed har de to sorter givet stort set samme udbytterespons for bekæmpelse.

PVO-modellen og Fugtighedsmodellen udløste alt for få behandlinger i 2014 i alle forsøgene. På grund af parameterfejlen i 2014 kom SeptoriaSIM ikke i afprøvning dette år. I 2015 var resultaterne fra Flakkebjerg og SEGES meget forskellige. I Flakkebjerg gav PVO-modellen og Fugtighedsmodellen store nettomerudbytter, hvorimod SeptoriaSIM kun udløste en meget tidlig sprøjtning og dermed ikke nogen behandlinger, som virkede beskyttende på de øvre blade. Nettomerudbyttet for SeptoriaSIM var derfor dårligt i Flakkebjerg i 2015. I Landsforsøgene i 2015 var behandlingsbehovet derimod lavere, hvilket favoriserede SeptoriaSIM modellen. I disse forsøg gav SeptoriaSIM således det højeste nettomerudbytte af de tre modeller. De meget varierende resultater betyder derfor, at der fortsat er behov for videreudvikling og validering af SeptoriaSIM, før den implementeres bredere.

Fugtighedsmodellens tærskel for sprøjtning blev justeret imellem 2014 og 2015. Antal timer med høj Rh blev således ud fra en visuel vurdering af analyserne beskrevet i kapitel 7 nedsat fra 24 timer til 20 timer, ligesom nedbørshændelser blev inddraget i 2015. Fugtighedsmodellens følsomhed for ændringer i antallet af valgte timer og niveauet af % Rh-værdier er afprøvet på historiske klimadata og har vist, at modellen som udgangspunkt kan forvente at udløse lidt flere sprøjtninger end PVO. Dette har dog ikke været tilfældet i de udførte valideringsforsøg. Der er derfor også her behov for yderligere videreudvikling og validering af Fugtighedsmodellen før den implementeres i fuld skala.

10 Miljøpåvirkning fra valg af fungicider

10.1 Introduktion

Som del af en ny pesticidstrategi i Danmark for 2013 til 2015 (Anon. 2013) er der blevet udviklet en ny risikoindikator for virkninger på miljø og sundhed, kaldet Pesticidbelastningen (PL). PL-værdierne for hvert produkt giver et grundlag for at udvikle en vejledning, der tillader landmænd og andre brugere af pesticider at foretage et valg mellem pesticider på baggrund af midlernes iboende egenskaber.

Tre elementer er inkluderet i beregningen af PL: indvirkning på sundhed (PLH), miljø (PLE) og skæbne (PLF) (Anon, 2012). Data fra PPDB-databasen (footprint-database) anvendes som grundlag for rangordning af stofferne inden for området økotoksicitet og skæbne. De samme data bruges i forbindelse med risikovurderingen af stofferne, godkendelsen og den efterfølgende optagelse på Annex 1 til Direktiv 91/414/EØF eller Plantebeskyttelsesregulativ 1107/2009.

En rangordning af produkternes helbredsrisici er baseret på produktets faresætninger, dvs. kun eksponering af sprøjteførere tages i betragtning. Alle faresætningerne er tildelt et antal points mellem 10 og 100. Den højeste score på 100 points gives til produkter, der er stærkt toksiske eller kan forårsage uoprettelig skade (kan forårsage arvelig genetisk risiko eller kan forårsage cancer). Produkternes formuleringer har også en indvirkning på eksponeringen. Pulver og flydende formuleringer giver en højere risiko sammenlignet med f.eks. tabletter og klar-til-brug-blandinger. PLH beregnes på grundlag af faresætninger og midlernes specifikke formulering (Anon, 2012a).

Pesticiders miljømæssige skæbne bestemmes ved brug af tre underindikatorer: nedbrydning i jord (Soil DT₅₀), potentiale for bioakkumulering (BCF) og mobilitet i jord. Ved bioakkumulering bruges BCF-værdier, og i tilfælde af at de ikke er til rådighed, bruges log Pow-værdier. Med hensyn til mobilitet i jord beregnes risikoen for udvaskning af produkter til grundvandet ud fra halveringstiden af aktivstofferne og midlets mulige nedbrydningsprodukter (metabolitter) og Koc-værdier ved brug af en SCI-GROW-model. For persistens gælder det at jo langsommere nedbrydningstid, jo større PL. PLF beregnes på grundlag af de tre underindikatorer (Anon, 2012).

Pesticiders *miljømæssige toksicitet* bestemmes ved brug af adskillige underindikatorer: 8 relateret til korttidsvirkninger - akut (pattedyr, fugle, fisk, dafnier, alger, vandplanter, regnorm og bier) og tre relateret til langtidsvirkninger (fisk, dafnier og regnorm). Data fra footprintdatabasen bruges til rangordning og beregning af PLE (Anon. 2012).

Samlede PL-værdier omfattende miljø, sundhed og skæbne er blevet offentliggjort for alle produkter, og det er tydeligt, at PL varierer betydeligt mellem produkter. Dette illustreres i Tabel 10.1 for de væsentligste af de fungicider, der i øjeblikket er godkendt i Danmark.

TABEL 10.1. EKSEMPLER PÅ PESTICIDBELASTNING (PL) FOR KORNFUNGICIDER. PRODUKTERNE ER RANGORDNET I HENHOLD TIL PL.

Produkter g a.s. pr. liter/kg	Standard- dosis l/ha	PL pr. standard- dosis	Skæbne pr. liter	Miljø pr. liter	Sundhed pr. liter
Viverda (140 g boscalid +60 g pyraclostrobin +50 g epoxiconazol)	2,5	3,43	0,43	0,37	0,57
Bell (67 g epoxiconazol + 233 g boscalid)	1,5	3,12	0,61	0,35	1,12
Ceando (83 g epoxiconazol + 100 g metrafenon)	1,5	2,9	0,44	0,36	1,15
Opera (50 g epoxiconazol + 133 g pyraclostrobin)	1,5	2,76	0,22	0,47	1,15
Osiris (38 g epoxiconazol + 28 g epoxiconazol)	2,0	2,2	0,13	0,17	0,8
Rubric (125 g epoxiconazol)	1	1,99	0,35	0,52	1,12
Folpan (750 g Folpet)	1,5	0,81	0,04	0,05	0,45
Comet (250 g pyraclostrobin)	1	0,79	0,15	0,49	0,15
Dithane NT (750 g mancozeb)	1,5	0,78	0,01	0,21	0,3
Prosaro (125 g tebuconazol +125 g prothioconazol)	1,0	0,54	0,09	0,03	0,42
Armure (100 g propiconazol +100 g difenoconazol)	0,8	0,48			
Juventus (90 g metconazol)	1	0,45	0,07	0,03	0,35
Proline (250 g prothioconazol)	0,8	0,37	0,02	0,02	0,42
Bumper (250 g propiconazol)	0,5	0,27	0,44	0,11	0

10.2 Rangordning af fungicider brugt i korn

Tabel 11.2 viser nogle eksempler på fungicidstrategier til bekæmpelse af Septoria i vinterhvede. Behandlingerne repræsenterer, hvad der kunne være almindeligt anvendte danske strategier med to gange ½ dosis af fungicider – typisk tilført før skridning og efter skridning. Behandlingerne har igennem to sæsoner givet relativt ens niveauer af bekæmpelse og også ens udbytterespons. De forskellige løsninger har pesticidbelastninger, der varierer mellem 1,39 og 2,66 og illustrerer, at der findes valgmuligheder, der kan hjælpe med til at minimere værdierne for den samlede pesticidbelastning.

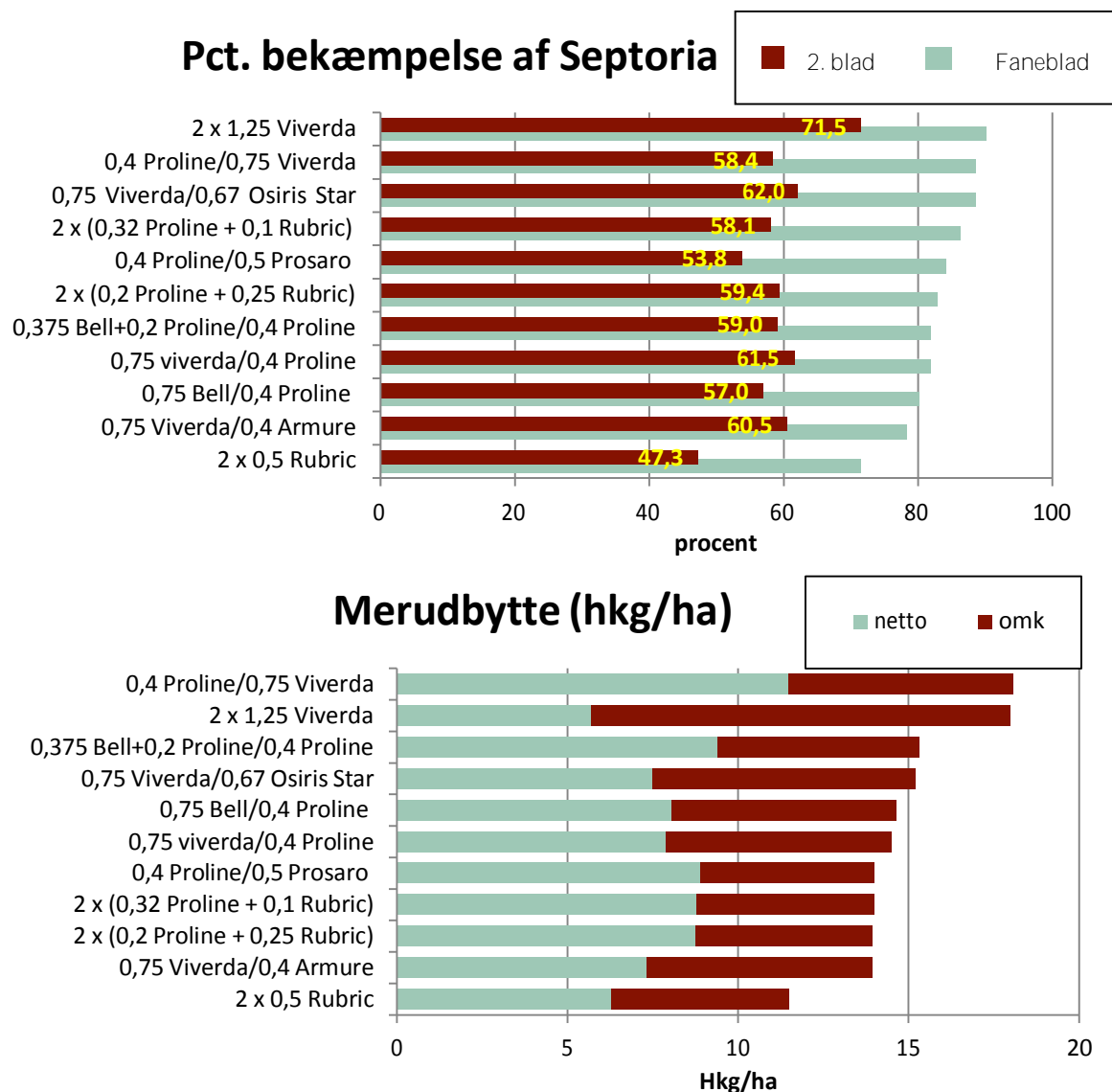
TABEL 10.2. RESULTATER FRA 4 FORSØG I VINTERHVEDE FRA 2011-2012. BEHANDLINGERNE BLEV UDFØRT PÅ VS 37-39 OG 51-55. DE FORSKELLIGE BEHANDLINGER GIVER MEGET ENS NIVEAUER AF BEKÆMPELSE OG UDBYTTERESPONS, MEN DERES PESTICIDBELASTNING VARIERER FRA 1,39 TIL 2,66. DATA FRA AARHUS UNIVERSITET - FLAKKEBJERG.

Behandling på vs 37- 39 & 51-55	% bekæmpelse af Septoria	Udbytte og merudbytte hkg/ha	Pesticidbelastning /løsning
Ubehandlet		77,2	-
0,5 Bell + 0,17 Comet/1,0 Osiris	93	+11,9	2,25
2 x 0,5 Rubric	85	+12,1	2,00
0,75 Bell/0,4 Proline	91	+12,1	1,70
1,0 Osiris/0,75 Bell	88	+13,7	2,66
2 x (0,5 Bell + 0,17 Comet)	90	+14,3	2,30
0,5 Bell + 0,17 Comet/0,4 Armure	92	+14,3	1,39
0,5 Bell + 0,17 Comet/0,5 Prosaro	87	+14,6	1,42
LSD₉₅		2,5	

I tabel 10.3 er der på lignende måde vist yderligere eksempler på Septoria-bekæmpelsesstrategier, der har en endnu mere variabel spændvidde i den samlede pesticidbelastning, igen ved brug af input svarende til to gange ½ dosis. Løsningerne er blevet afprøvet i 4 forsøg, der er udført i 2013 og 2014. Et sammendrag af data fra de 4 forsøg ses i Figur 10.1. En lidt bedre bekæmpelse er set fra løsninger, der inkluderer Viverda, sammenlignet med andre løsninger. Viverda er det fungicid på markedet, der er mest bredspektret, men dette produkt har desværre også en høj værdi for pesticidbelastning. Udbytterespons fra de 11 forskellige behandlinger har været helt ens, og når omkostningerne til behandlinger tages i betragtning, har også løsninger med lavere pesticidbelastning været økonomisk konkurrencedygtige i forhold til de dyrere løsninger med epoxiconazol, som typisk inkluderer Viverda. Som del af den nye pesticidhandlingsplan er referenceperioden for fungicider i hvede blevet målt til at have en pesticidbelastning på 1,67 (Anon. 2012). Hensigten er, at pesticidbelastningen skal reduceres ved substitution af mere belastende midler til mindre belastende midler. Hvis det overordnede formål om en reduktion på 40 % skal nås og svampemidler i hvede skal bidrage til denne reduktion, vil fremtidige løsninger kræve, at produkter som Proline, Prosaro og Armure inkluderes, som en væsentlig del af løsningerne.

TABEL 10.3. FORSKELLIGE EKSEMPLER PÅ KOMBINATIONER AF BEHANDLINGER, DER KAN ANVENDES TIL BEKÆMPELSE AF SEPTORIA. LØSNINGERNE ER AFPRØVET I FORSØG FRA 2013-2014. PESTICIDBELASTNINGEN VARIERER FRA 0,45 TIL 3,4. FORSØGSPLAN FRA AARHUS UNIVERSITET – FLAKKEBJERG.

vs 33-37 Tal i parentes angiver pesticidbelastning	vs 55	Antal hele doser produkt	BI pr. Led	Belastning Ref = 1,67
1. 0,5 Rubric (1,0)	0,5 Rubric (1)	1	1	2,0
2. 0,75 Bell (1,6)	0,4 Proline EC 250 (0,18)	1	1,4	1,7
3. 1,25 Viverda (1,7)	1,25 Viverda (1,7)	1	2,6	3,4
4. 0,75 Viverda (1,03)	0,4 Armure 300EC (0,24)	1	1,74	1,27
5. 0,75 Viverda (1,03)	0,4 Proline (0,18)	0,8	1,28	1,21
6. 0,75 Viverda (1,03)	1,0 Osiris (1,1)	0,8	1,39	2,13
7. 0,4 Proline EC250 (0,18)	0,75 Viverda (1,02)	0,8	1,28	1,2
8. 0,4 Proline EC250 (0,18)	0,5 Prosaro (0,27)	1	1,07	0,45
9. 0,375 Bell + 0,2 Proline EC250 (0,872)	0,4 Proline EC250 (0,184)	1	1,2	1,06
10. 0,32 Proline EC250 + 0,1 Rubric (0,35)	0,32 Proline EC250+0,1 Rubric (0,35)	1	1,0	0,70
11. 0,2 Proline EC250 + 0,25 Rubric (0,59)	0,2 Proline EC250+0,25 Rubric (0,59)	1	1,0	1,18
12. Ubehandlet	Ubehandlet			



FIGUR 10.1. PROCENT BEKÆMPELSE AF SEPTORIA PÅ FANEBLADET OG 2. BLAD SOM ET GENNEMSNIET AF 4 FORSØG UDFØRT I 2013 OG 2014 (ØVERST). NEDENFOR ER UDDBYTTESRESPONS FRA BEHANDLINGERNE OG OMKOSTNINGER TIL BEHANDLINGER INKLUDERET. LSD = 3,0.

10.3 Problemer relateret til fungicidresistens

Det frygtes, at der vil komme stigende problemer med fungicidresistens som en konsekvens af den nye pesticidbelastning og det beskytningsystem, der er bygget op omkring disse værdier. Blandt fungiciderne vil visse triazoler blive stærkt favoriseret i sammenligning med andre. Dette må forventes at betyde en større anvendelse, hvilket vil kunne øge risikoen for selektion i svampepatogenerne, især for hvedegråplet.

Direktivet vedrørende bæredygtig anvendelse (2009/128/E) inkluderer også anvendelsen af antiresistensstrategier, som en af de otte IPM-strategier. Desværre er der i Danmark allerede i dag et meget begrænset antal fungicider til rådighed med forskellige virkemåder, hvilket skyldes restriktive nationale krav til godkendelse.

Der er megen viden om, hvordan man kan mindske risikoen for resistens (Brent & Hollomon 2007, Van den Bosch et al. 2014). Men i praksis er mulighederne for at implementere specifikke antiresistensstrategier meget begrænsede eller ikke-eksisterende i Danmark. Problemerne relateret til resistens kan nemt stige i fremtiden, da også nye fungicider, f.eks. nye SDHI-fungicider, der nu er på markedet i andre europæiske lande, ikke forventes at opfylde de specifikke danske krav, der stilles med hensyn til et højere beskyttelsesniveau for grundvandet.

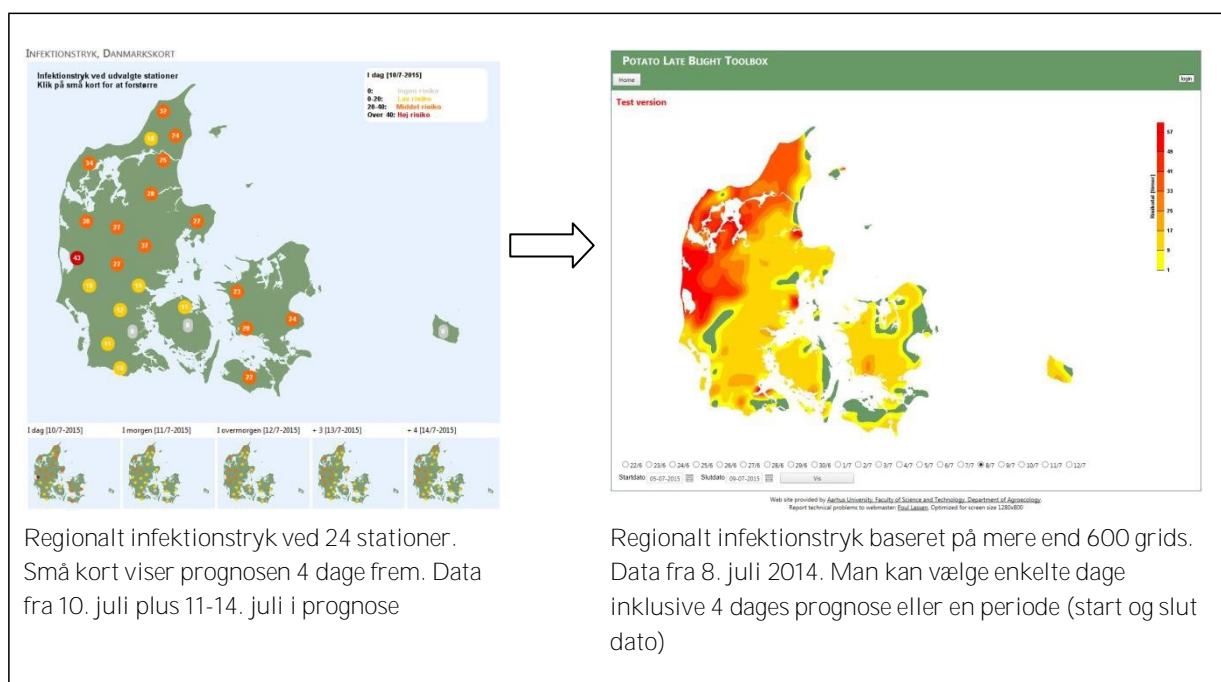
10.4 Konklusion

De enkelte fungicider til bekæmpelse af Septoria har som udgangspunkt stor forskel i deres pesticidbelastning. Forskellige løsninger, som giver ligeværdige effekter og merudbytter er afprøvet og viser at pesticidbelastningen afhængigt af produktvalget kan variere fra 0,37 til 2 for rene aktivstoffer og fra 0,54 til 3,43 for kombinationsprodukter. Med henblik på at reducere pesticidbelastningen med de ønskede 40 % i forhold til referenceåret 2011, er det nødvendigt at være opmærksom på, at en ensidig anvendelse af produkter med de laveste pesticidbelastningsværdier med stor sikkerhed vil lede til øgede problemer med fungicidresistens. Derfor anbefales det fortsat at sikre et nuanceret middelvalg, således at man ikke øger risikoen for resistens.

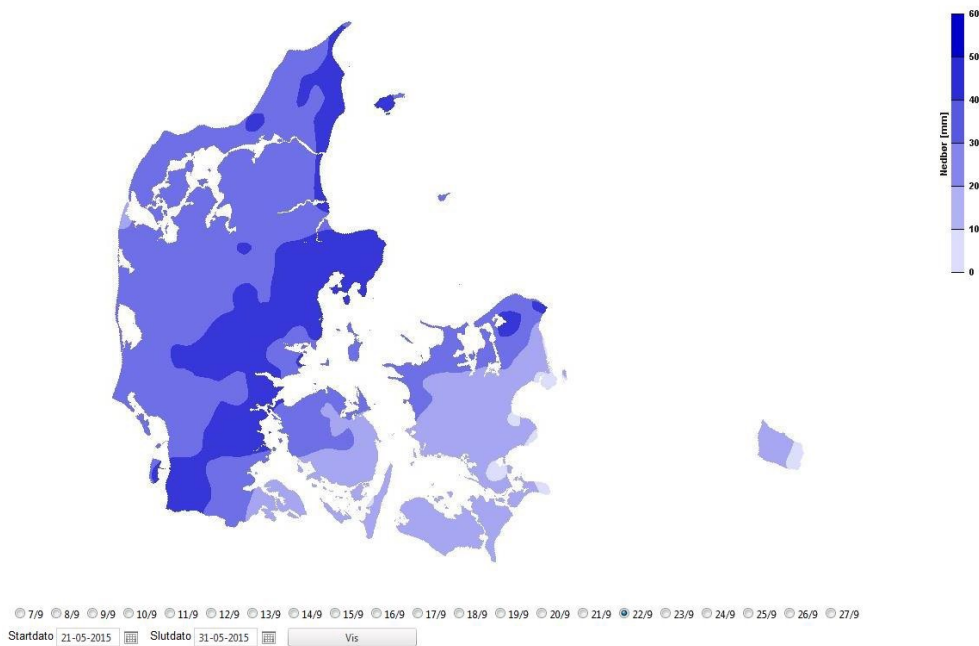
11 Visualisering i varslingsammenhæng

11.1 Muligheder for visualisering

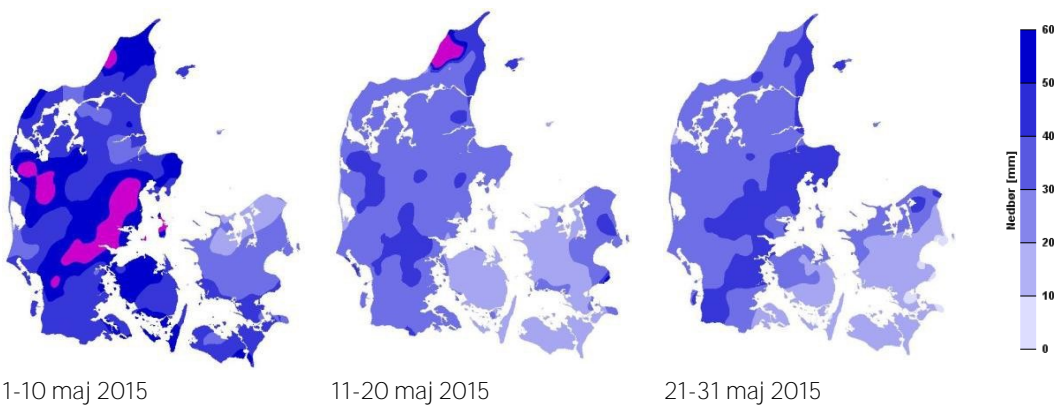
Det har ikke været formålet med nærværende projekt at udvikle et endeligt forslag til nyt varslingsystem. Arbejdet med at tolke de forskellige varslinger og modeloutput har dog givet anledning til nogle generelle overvejelser om, hvorledes modelberegninger og varslinger kan visualiseres i praksis. Ved AU er der således i anden sammenhæng udviklet en GIS applikation, der viser det regionale infektionstryk baseret på 600 grids fra DMI. Data overføres fra DMI til AU's døgndatabase to gange om dagen, når DMI har opdateret vejrprognosen (Figur 11.1). Tilsvarende kunne man beregne risikoen for Septoria enten som risikodøgn eller infektionstryk og vise på GIS kort med isolinier.



FIGUR 11.1. REGIONALT INFEKTIONSTRYK VED 24 STATIONER SAMT REGIONALT INFEKTIONSTRYK MED ISOLINIER BASERET PÅ MERE END 600 GRIDS. FIGURER FRA GUDP SKIMMELSTYRING 2014.



FIGUR 11.2. DYNAMISK GENERERING AF DANMARKSKORT FOR NEDBØR BASERET PÅ DMI GRID 10*10 KM. BRUGEREN KAN VÆLGE 1) DAGS ENKELT DATO, 7 DAGE HISTORISK ELLER 7 DAGE FREM MED VEJRPROGNOSDATA (RADIO BUTTONS) ELLER 2) EN PERIODE VED AT VÆLGE STARTDATO OG SLUTDATO (KAN VÆRE INKLUSIVE 7 DØGNS VEJRPROGNOSE).



FIGUR 11.3. FORDELINGEN AF NEDBØR I MAJ 2015, 1.-10. MAJ, 11.-20. MAJ OG 21.-31. MAJ. PINK FARVE INDIKERER AT DER ER FALDET MERE END 60 MM NEDBØR I PERIODEN

Af Figur 11.3 fremgår det at der faldt relativt mere nedbør i perioden 1.-10. maj sammenlignet med de to øvrige ti-dages perioder i maj. I PVO-modellen for Septoria tælles nedbørsdøgn >1 mm. Visuelt ville der således kunne laves tilsvarende kort med antal nedbørsdøgn som supplement til øvrige grafiske præsentationer.

12 Diskussion og konklusion

12.1 Varslingsmodellerne

Hovedformålet med projektet har været at udvikle og afprøve to nye modeller til varslings for Septoriaangreb i vinterhvede. At det – på trods af omfattende forskning – endnu ikke er lykkedes at udvikle en stabil og sikker varslingsmodel for Septoria, hverken nationalt eller internationalt, vidner grundlæggende om, at klima-værtsplante-patogen samspillet for Septoria i vinterhvede er særdeles komplekst. Det er kendt viden, at Septorias udvikling er stærkt korreleret med især vejrforholdene. De to i projektet beskrevne varslingsmodeller tager også begge afsæt i, at vejrforholdene er den væsentligste enkeltfaktor til at forudsige, hvornår Septoria-angreb vil nå et niveau, hvor bekæmpelse vil være økonomisk relevant. Uanset dette, er de to modeller dog meget forskellige i deres opbygning og grundlæggende koncept.

SeptoriaSIM er en mekanistisk biologisk-klimatisk simuleringsmodel bygget på metabolic-pool principperne fra Gutierrez et al. (1984). Modelkomplekset består af en værtsmodel, der simulerer vinterhvedens vækst primært ud fra temperatur og globalstrålingen, og en parallelt kørende patogenmodel, der simulerer Septoria-svampens vækst primært ud fra temperatur (graddage), luftfugtighed og nedbør. Septorias skadelige virkning på hvedeplanten simuleres ved, at svampen reducerer det fotosyntetiserende bladareal og dermed hvedens vækst. SeptoriaSIM estimerer ikke alene vinterhvedens og Septoria-svampens udvikling til datoen for modelkørslen. Modellen simulerer også værtsplante-patogen samspillet og det resulterende hvedeudbytte for resten af vækstsæsonen i en række scenarier baseret på historiske vejrfiler fra perioden 2003 – 2013. SeptoriaSIM lægger derfor op til at være et reelt beslutningsstøtteværktøj, der viser et udfaldsrum for det økonomiske merudbytte ved en bekæmpelse. Ved opbygningen af SeptoriaSIM modellen er det tilstræbt at inkludere flest mulige af de væsentligste enkeltfaktorer i værtsplante-patogen samspillet. En model med så mange parametre som den beskrevne SeptoriaSIM, kan – afhængig af fastlæggelsen af parameterværdierne – simulere stort set alle tænkelige udfaldsrum. Derfor er kalibreringen af modellens parametre på et omfattende uafhængigt datasæt af høj kvalitet både komplekst og også afgørende vigtig for modellens brugbarhed. Bagsiden af denne store fleksibilitet er til gengæld, at det er svært at udvikle en robust og stabil model, hvis man ikke har kendskab til eller mulighed for at parametrisere alle væsentlige faktorer, der påvirker klima-værtsplante-patogen samspillet.

Et næste naturligt skridt vil være at gennemføre systematiske følsomhedsanalyser på modellens mange parametre, for at den videre udvikling og parameterisering sættes ind på de områder i modellen, hvor det har størst betydning for modellens resultater.

SeptoriaSIM estimerer både brutto- og nettoudbyttet af en bekæmpelse eller bekæmpelsesstrategi, og samtidig lader modellen det være op til brugeren at beslutte om, der skal bekæmpes eller ej. Systemet støtter dermed beslutningstageren i sine beslutninger, ved at give en vigtig oplysning til brugeren, før en beslutning skal tages, nemlig hvad både brutto- og nettoudbyttet af en bekæmpelse vil være. Det betyder, at brugeren selv skal afgøre om udbyttet ved en bekæmpelse retfærdiggør tidsforbruget og de negative miljøeffekter. Der blev i afprøvningen anvendt en tærskelværdi på 100 kr. pr/ha for at udløse en bekæmpelse. Hvor stor denne tærskel vil være for den enkelte landmand vil afhænge af hans tid, økonomi, og natur- og miljøinteresse.

Fugtighedsmodellen er en klassisk risikomodel, der ud fra empiriske analyser af historiske forsøgs- og vejrdata prædikerer, hvornår der har været vejrforhold i vækstsæsonen, hvor der har været tilstrækkelig bladfugt længe nok til at sikre svampen kan gennemløbe de tre afgørende faser: sporulering, sporespredning og infektion. Det antages i Fugtighedsmodellen, at svampen altid er til stede, og at bladfugt er den afgørende faktor for svampens udvikling og spredning. Temperaturen er således ikke inkluderet i modellen. Modellen bygger på en opsummering af sammenhængende ”fugtige timer”, hvor en time defineres som fugtig, hvis $R_h \geq 85\%$ og/eller bladfugten er målt til > 30 min. pr. time og/eller der er registreret $> 0,2$ mm nedbør. Hvis antallet af sammenhængende ”fugtige timer” overstiger et vist niveau, anbefales det at man udfører en bekæmpelse. Eftersom Fugtighedsmodellen dermed i realiteten kun bygger på antallet af ”fugtige timer”, er kalibreringen af denne model dermed også langt enklere end for SeptoriaSIM. Omvendt siger Fugtighedsmodellen ikke noget om det forventede udbyttetab eller sandsynligheden for om det kan betale sig at bekæmpe eller ej. Den siger i bund og grund kun, om forholdene har været gunstige for, at svampen kan udvikle sig, og så er det op til brugeren at beslutte, om han vil bekæmpe eller ej.

Såtidspunktets betydning for angrebsgraden af Septoria er undersøgt i projektet. Udgangspunktet var at undersøge om såtidspunktet potentielt skulle indgå som et element i et varslingsystem. Det er kendt, at Septoriasvampen spredes via hovedsageligt ascosporer om efteråret. En tidlig sået afgrøde kan angribes fra disse ascosporer og nå at udvikle synlige angreb allerede i efteråret. I tilfælde af sen såning, vil der som regel ikke udvikles synlige angreb før om foråret. Engelske data og også tidligere danske undersøgelser har bekræftet, at der kan være kraftigere angreb efter tidlig såning (Gladder et al., 2001 og Jørgensen et al., 1997). I de to forsøgsår 2013 og 2014 blev der lavet 8 parvise observationer pr. år i marker placeret forskellige steder i landet. Bedømmelserne viste eksempler på, at der var kraftigere angreb af Septoria ved tidlig såning. Men tendensen var langt fra klar på alle lokaliteter og en samlet analyse af de to års forsøgsdata viste ingen klar sammenhæng mellem såtidspunktet og angrebsgraden.

Især i 2014 var efteråret og vinteren meget mild og det gav gode muligheder for infektion og overlevelse af Septoria. Efter den sæson oplevede flere landmænd at have kraftigere angreb i de tidligst såede marker, et forhold der også kunne ses især fra tre sønderjyske lokaliteter fra forsøgsaktiviteten. Det kan således ikke afvises, at tidlig såning i visse sæsoner kan give anledning til kraftigere angreb, men det kunne som nævnt ikke uddrages som et generelt træk af de eksisterende datasæt. Årsagen til, at det ikke altid hænger sådan sammen, kan bl.a. skyldes at, i visse år har barfrost i februar/marts den konsekvens, at afgrøden visner helt væk – et forhold som vurderes at have stor betydning for den samlede mængde af smitstof. Samlet set har vi på baggrund af de foretagne analyser i nærværende projekt, besluttet ikke at inddrage såtidspunktet som en parameter i Fugtighedsmodellen i denne første version.

Fugtighedsmodellen vil derimod med fordel kunne udbygges med en bladmodel, hvor det tages i betragtning, hvornår sprøjtesæsonen indtræder og nye blade fremkommer (vs 31-39). Dette kunne give hjælp til bestemmelse af tidspunktet for fremkomsten af det tredje øverste blad, som er af stor betydning for det samlede udbytte. En sådan model kunne også hjælpe til styring af sprøjtetidspunkterne og om hvorvidt nye blade, allerede er beskyttet af den seneste fungicidbehandling. Det antages i den sammenhæng, at der er ti dages fuld beskyttelse af de dele af planten, der var eksponeret ved behandlingen. En graddagemodel for fremkomst og udvikling af nye blade kunne være en løsning, men analyser på data fra Registreringsnettet, med ugentlige registreringer af vækstsstadier, og historiske klimaparametre viste, at fremkomsten af nye blade mod forventning ikke kunne forudsiges på grundlag af graddage. Det vurderes derfor, at der til udvikling af en egnet model dels kræves hyppigere og mere nøjagtige registreringer, dels er behov for en systematisk bedømmelse af afgrødens status (plantedække, barfrost, variation imellem sorter) i det tidligere forår.

Fugtighedsmodellen bygger grundlæggende på, at der skal et fast antal sammenhængende ”fugtige timer” til at udløse en bekæmpelse. Det er højest sandsynligt for enkelt tænkt, da udviklingen af svampesporer højest antageligt ikke nulstilles bare der forekommer en time, hvor der ikke er bladfugt. I stedet burde modellen have været baseret på f.eks. et glidende gennemsnit af fugtige timer. Vi afprøvede derfor en enkel model i 2015 parallelt med Fugtighedsmodellen, hvor vi beregnede det gennemsnitlige antal fugtige timer for en 48 -72 timers periode, baseret på de seneste 24-36 timer målte vejrregistreringer plus prognosen for de kommende 24-36 timer. Denne fremgangsmåde sikrer, at en enkel ”tør” time, der ikke klassificeres som ”fugtig”, ikke får den konsekvens, at sammentællingen af ”fugtige timer” skal starte forfra. Om en ny Fugtighedsmodel lige skal se sådan ud, ligger ikke endegyldigt fast, men fremtidig videreudvikling af Fugtighedsmodellen vil med fordel kunne tage afsæt i dette. Det vurderes dog, at den nye Fugtighedsmodel har en større biologisk forklaringsværdi end den gamle PVO model, som alene tæller dage med mere end 1 mm nedbør. Nedbørshændelser af denne karakter giver ikke specifik biologisk mening vurderet i forhold til, at svampen som udgangspunkt mindst har behov for 24 timers fugtighed, for at kunne i gang sætte en livscyklus.

Samspillet mellem vejrdata og forskellige grader af sortsresistens er i øvrigt heller ikke specifikt analyseret i dette projekt, men dette ville også være relevant at kvantificere nærmere i et eventuelt efterfølgende projekt.

12.2 Vejrdata og klimadataplatform

Begge varslingsmodeller bygger på vejrdata. I Danmark kan pålidelige vejrdata skaffes enten via DMI's nationale net af vejrobservationer eller ved hjælp af lokale vejrstationer. Ved projektets start var der en klar forventning om, at lokale vejrstationer, hvor man måler direkte i afgrøden, ville være et oplagt bedre alternativ end DMI's interpolerede vejrobservationer. Intuitivt lyder dette også korrekt, da undersøgelserne af Fugtighedsmodellens følsomhed for udsving i de målte Rh-værdier viste, at Rh målingernes nøjagtighed er meget vigtig for forudsigelsen af Septoriaudviklingen. Især, når der som i Fugtighedsmodellen opereres med en fast tærskelværdi som værende afgørende for, om en time regnes som fugtig eller ej, betyder det meget, om Rh-målingerne er nøjagtige. Den praktiske afprøvning viste dog, at Rh-sensorer har en tendens til at blive mere unøjagtige over tid, hvorfor det tilrådes at Rh-sensorerne årligt kalibreres op imod andre sensorer med kendt måleresultat. Vores erfaringer var også, at det var besværligt og tidskrævende at indsamle, rengøre og kalibrere vejrstationerne, hvorfor brug af lokale vejrstationer nok i praksis vil kræve, at man ved salg af lokale vejrstationer også skal tilbyde en form for et årligt kalibrerings- og rengøringsabonnement, for at sikre, at Rh-sensorerne bliver regelmæssigt kalibreret. Mange landmænd vil simpelthen ikke få sensorerne kalibreret. Fejlen ses jo ikke umiddelbart. Sensoren sender stadig et resultat tilbage, men blot få procents fejlvisning i Rh vil resultere i store fejl i varslingerne.

Alternativet til at anvende lokalt placerede vejrstationer er at udvikle og validere modellerne på basis af DMI's interpolerede vejrdata. Fordelen er, at DMI-opererede vejrstationer vedligeholdes rutinemæssigt, hvorfor kalibreringsfejl principielt ikke burde være et problem. For at undgå fejl og usikkerheder om opstillingen og metoderne til vejrdataindsamling, anbefales det at udvikle og anvende varslingsmodeller på baggrund af standardiserede meteorologiske data, hvor der måles på kortklippet græs efter WMO internationale standarder.

Da især luftfugtighed erfaringsmæssigt varierer en del lokalt, og DMI's netværk af målestationer især på bladfugt og Rh gerne kunne være tættere, kunne lokalt opsatte vejrstationer med fordel supplere netværket af DMI stationer. I så fald skulle disse stationer placeres efter de standardiserede anbefalinger (se bilag A) udenfor afgrøden på kortklippet græs, tilsvarende DMI stationerne. Indtil der kommer flere og mere stabile bladfugtmålere, viste resultaterne i øvrigt, at Rh målt i 2 m's højde i praksis er anvendelig til at estimere bladfugt i 1 m højde og dermed varigheden af dugdannelse i afgrøden.

12.3 Afprøvningen i marken

I forsøgene i Flakkebjerg nåede Fugtighedsmodellen slet ikke at udløse nogen behandlinger i 2014, hvilket betyder, at der ikke på noget tidspunkt var 24 sammenhængende fugtige timer i træk. Vurderingen af forsøgene fra 2014 viste efterfølgende, at ikke bare en, men flere sprøjtninger klart ville have været økonomisk rentabel. For at gøre Fugtighedsmodellen mere følsom besluttede vi at sænke tærsklen for antal sammenhængende fugtige timer. Ud fra en visuel vurdering af analyseresultaterne beskrevet i kapitel 7 blev tærsklen nedsat fra 24 til 20 sammenhængende timer, hvilket resulterede i, at Fugtighedsmodellen i 2015 udløste hele tre behandlinger. Det højeste nettomerudbytte i Flakkebjerg forekom netop ved tre behandlinger i 2015. Vel vidende, at der ikke var ens vejrforhold i 2014 og 2015, synes modellens følsomhed dog at være steget meget i forhold til, at analyserne fra 2003-2008 vejrdata for ti lokaliteter viste, at en ændring fra 24 til 20 timer alene burde resultere i en stigning, der svarer til stigningen fra 1,7 til 2,2 behandlinger i gennemsnit pr år (se tabel 7.7).

Afprøvningen af SeptoriaSIM i 2014 forløb desværre ikke som forventet, da der viste sig en enhedsfejl i globalstrålingen imellem vejrfilen fra DMI og SeptoriaSIM. SeptoriaSIM var forberedt til lysmålinger målt som W/m², og DMI udsendte data i MJ/m². Dette gav ikke tydelige udslag i afprøvningerne i marts 2014, men konsekvenserne af fejlen forværredes efterhånden som sæsonen skred frem indtil fejlen blev opdaget i midten af juni 2014. Fejlen var årsag til, at der ikke udløstes nogen behandlinger i 2014. Efterfølgende simuleringer med de rigtige enheder for globalstrålingen viste, at SeptoriaSIM ville have udløst en bekæmpelse allerede i maj 2014. Der er dog ikke efterfølgende kørt simuleringer med flere mulige behandlinger i 2014, hvorfor vi reelt ikke kan sige noget om SeptoriaSIM ud fra markforsøgene i 2014.

Afprøvningen af SeptoriaSIM i 2015 udløste 1 tidlig behandling i de fleste forsøg – i april måned. Modellen udløste ikke yderligere behandlinger til beskyttelse af de øvre blade senere i sæsonen i nogen af forsøgene, selvom der visuelt var en del Septoriaangreb senere hen. Opgørelserne ved sæsonens afslutning viste, at SeptoriaSIM gav det højeste nettomerudbytte i Landsforsøgene i 2015, men omvendt det laveste nettomerudbytte i forsøgene i Flakkebjerg samme år. Afprøvningerne af SeptoriaSIM i 2015 tyder dermed på, at SeptoriaSIM med den nuværende indbyggede biologiske viden stadig ikke simulerer sygdomsudviklingen tilfredsstillende. Det vurderes, at en væsentlig del af forklaringen skal findes i, at der er mangel på viden om, hvornår den eksterne sporespredning finder sted. Den gængse opfattelse er, at den eksterne sporespredning til vinterhvedemarkerne langt overvejende finder sted om efteråret og vinteren ved spredning af ascosporer med vinden (bl.a. Suffert et al., 2010), selvom enkelte kilder nævner, at ascosporespredningen kan ske hele året rundt (Hunter et al., 1999, Duvivier et al., 2013). Uanset dette er der dog generel enighed om, at ascosporespredning i april, maj og juni kun spiller en mindre rolle for den epidemiske udvikling af et Septoria-angreb (Eriksen og Munk, 2003, Suffert et al., 2010), sammenlignet med pyknidiesporespredningen, som vides at have stor betydning for epidemiudviklingen under afgrødens strækningsfase.

Ved nedbør kommer der vandplask nede i afgrøden, hvorved pyknidiesporererne spredes vertikalt op igennem vegetationen med regnvandet. Denne proces vil, som alle andre epidemiske udbrud, kunne beskrives som eksponentiel vækst. En tidlig bekæmpelse i f.eks. midten af april, vil dræbe eksempelvis 75 % af det tilstedeværende Septoria, og dermed sænke det efterfølgende smittepres i afgrøden tilsvarende. I praksis burde det betyde, at en tidlig bekæmpelse, der reducerer udgangspunktet for svampevæksten i maj-juni, altid burde være fordelagtig. Erfaringer fra mange forsøg i praksis viser dog, at de tidlige bekæmpelser ikke kan substituere senere behandlinger ligesom nettomerudbyttet fra tidlige behandlinger normalt er meget lavere end for behandlinger, der ligger omkring skridning (Jørgensen et al. 2008, Nielsen GC 2015). Dette tyder tilsammen på, at vi endnu ikke kender tilstrækkeligt til de faktorer, der har væsentligt indflydelse på sygdomsudviklingen om foråret.

12.4 Samlet konklusion

Samlet set har de nye modeller kun været afprøvet i begrænset udstrækning, men umiddelbart har ingen af dem vist bedre resultater end den nuværende enkle PVO model. Det har dermed ikke været praktisk muligt at etablere et nyt robust varslingsystem for så kompleks en sygdom som Septoria inden for tre år med de givne projektressourcer.

Umiddelbart vurderes det dog, at Fugtighedsmodellen - i kraft af at den på den ene side fortsat har en meget enkel opbygning, men samtidig inddrager både nedbør, Rh og bladfugt - burde være bedre og mere robust end den gamle PVO model, som alene bygger på dage med nedbør over 1 mm. Det er velkendt, at Septoria kræver længere perioder med fugt for at kunne inficere planterne, men at der er faldet mere end 1 mm nedbør betyder ikke nødvendigvis, at der har været tilstrækkeligt med fugt i afgrøden til at udløse en infektion. I tilfælde med små tordenbyger kan nedbøren f.eks. være overstået på kort tid og afgrøden kan efterfølgende hurtigt tørre op og ikke bidrage med en tilstrækkelig lang fugtperiode til at infektion med Septoria kan ske. Omvendt vil høj luftfugtighed og reel bladfugt også let kunne forekomme uden at der er faldet over 1 mm nedbør. Tilsammen indikerer dette, at det burde være muligt at ramme bekæmpelsestidspunkterne bedre, hvis man benyttede en model, der udover nedbør også inddrager Rh og bladfugtmåling.

I forhold til den eksisterende PVO-model og Fugtighedsmodellen, inddrager SeptoriaSIM mange flere modelparametre. Udover Rh inddrages bl.a. også temperaturen, som givetvis spiller en ikke uvæsentlig rolle for svampens udvikling. Det er dog vurderingen, at **SeptoriaSIM's** mange parametre forudsætter - som tidligt nævnt - et meget større historisk datagrundlag end der er tilgængeligt i dag, hvis modellen skal kalibreres til et niveau, hvor den er robust nok til varslingsbrug i praksis. Brugen af mekanistiske simuleringmodeller til praktisk beslutningsstøtte ved plantebeskyttelse er i øvrigt kun sjældent lykkedes i praksis. Derimod har mekanistiske simuleringmodeller vist sig meget stærke til at udpege huller i vores viden om et klima-værtsplante-patogen system. Dette var også tilfældet i nærværende projekt, hvor modelarbejdet afslørede manglende viden om den sene ascosporesprednings betydning for sygdomsudviklingen.

Udvikling af nye risikomodeller for Septoria (*Zyloseptoria tritici*) i vinterhvede

Ved enhver beslutning om man skal bekæmpe eller ej, er man som landmand nødt til at vurdere, om forholdene i den kommende periode vil blive mere eller mindre favorable for sygdomsudviklingen. SeptoriaSIM angiver her på en ny og spændende måde et udfaldsrum for langtids-sygdomsudviklingen ud fra modelsimuleringer på basis af ti års reelle vejrdata. Grundlæggende giver denne form for inddragelse af historiske vejrdata alt andet lige landmanden et bedre beslutningsgrundlag.

En samlet konklusion på modeludviklingen er derfor, at et fremtidigt varslingsystem for Septoria i vinterhvede med fordel kunne baseres på, at landmanden præsenteres for en række informationer om risikoen for Septoriaangreb, baseret på en glidende gennemsnitsberegning af perioder med høj fugtighed suppleret med et udfaldsrum for den forventede sygdomsudvikling i den resterende del af vækstsæsonen. Disse informationer supplerer hinanden, og kunne for eksempel præsenteres grafisk side om side i et fremtidigt samlet beslutningsstøttesystem.

13 Perspektivering

13.1 Perspektivering

Uanset, at projektet har været fokuseret på samspillet mellem Septoria og vinterhvede, har modelarbejdet også haft et generisk sigte, da mange af de grundlæggende fysiske og biologiske træk er fælles for mange andre svampesværtplanterelationer. Høj luftfugtighed og lunt vejr er således en forudsætning for de fleste svampesygdomme. Det forventes derfor, at de udviklede modelkoncepter og integrationen med klimadataplatformen forholdsvis let efterfølgende vil kunne tilpasses nye afgrøder og skadegørere.

SeptoriaSIM bygger allerede videre på et grundlæggende udviklingskoncept baseret på tidligere arbejder med sygdomsværtspilte simuleringer (Gutierrez et al., 1988). I dette projekt er modellen tilpasset daglig overførsel af vejrdata fra DMI. Ligeledes har det været nødvendigt at tilpasse modellen på en række specifikke områder. Eksempelvis er modellen udvidet til at håndtere svampens spredning vertikalt i afgrøde ved vandplask, da Septoria adskiller sig fra en del andre svampesygdomme lige netop på dette punkt. I en anden sygdomsværtspilte sammenhæng vil det givet være noget helt andet, der er centralt for populationsdynamikken. Det rækker dog ikke ved, at det er det samme grundlæggende modelkoncept, der tages afsæt i.

Tilsvarende har modelskabelonen for den udviklede Fugtighedsmodel allerede i 2015 været benyttet til at vurdere risikoen for svampesygdommen majsøjeplet (*Kabatiella zeae*) i majs, da det er antagelsen, at varigheden af sammenhængende perioder med høj luftfugtighed også her er afgørende for svampens udvikling.

Ved udviklingen af varslingsystemer for svampesygdomme spiller vejret en meget stor rolle. Projektarbejdet har vist, at en central tilgængelig klimadataplatform baseret på webservices er en enkel måde at forsyne varslingsmodeller med DMI vejrobservationer og -prognoser. På den lidt længere bane kunne det være ønskeligt, hvis DMI's net af målestationer kunne gøres tættere, evt. ved at supplere med vejrdata indsamlet fra standardopsatte lokale vejrstationer. Disse kunne f.eks. opsættes ved de regionale forsøgsheder og forsøgslokaliteter i Landsforsøgene®, da der her vil være de nødvendige ressourcer til at sikre den nødvendige kalibrering og vedligeholdelse. Alle vejrdata, uanset oprindelse, skulle så i givet fald udstilles gennem den samme klimadataplatform.

14 Referencer

Anon. (2012). The Agricultural Pesticide Load in Denmark 2007-2010. Environmental review No. 2. Miljøstyrelsen, Denmark.

Anon. (2013a). Protect water, nature and human health. Pesticides strategy 2013-2015. Miljøstyrelsen, Denmark.

Anon. (2013b). Middeldatabasen. Science and Technology, Aarhus University & Knowledge Centre for Agriculture. Aarhus, Denmark. <http://middeldatabasen.dk/> (accessed 22.07.13).

Axelsen, J.A., Munk, L., Sigsgaard, L., Ørum, J.E., Streibig, J.C., Navntoft, S., Christensen, T., Pedersen, A.B., Elkjær, K., Korsgaard, M., Sørensen, P.B., Bonefeld-Jørgensen, E. Cecilie, 2012. Udredning om monitorings-, varslings- og beslutningsstøttesystemer for skadevoldere i planteproduktionen i landbrug, gartneri og frugtavl. Miljøstyrelsen, 2012. 192 p. (Miljøprojekt; No. 1407).

Axelsen, J.A., 2009. Simulation studies of Senegalese Grasshopper ecosystem interactions I: The ecosystem model. *International Journal of Pest Management*, Vol. 55, Nr. 2, s. 85 — 97.

Axelsen, J.A., Petersen, B.S., Maiga, I.H., Niassy, A., Badji, K., Sønderkov, M., Kooyman, C., 2009. Simulation studies of Senegalese Grasshopper ecosystem interactions II: the role of egg pod predators and birds. *International Journal of Pest Management*, Vol. 55, Nr. 2, 2009, s. 99 - 112.

Bernard, F., Sache, I., Suffert, F., Chelle, M., 2013. The development of a foliar fungal pathogen does react to leaf temperature! *New Phytologist* 198: 232-240 [doi].

Bregaglio, S., Donatelli, M., Confalonieri, R., Acutis, M., Orlandini, S., 2011. Multi metric evaluation of leaf wetness models for large-area application of plant disease models. *Agricultural and Forest Meteorology* 151 (2011) 1163– 1172

Brent, K.J., Hollomon, D.W., 2007. Fungicide Resistance: The assessment of risk. FRAC Monograph No. 2. FRAC Brussels, Belgium.

Directive 2009/128/EC of the European Parliament and the Council establishing a framework for the Community action to achieve the sustainable use of pesticides (2009).

Brown, J.K., Chartrain, L., Lasserre-Zuber, P., Saintenac, C., 2015. Genetics of resistance to *Zymoseptoria tritici* and applications to wheat breeding. *Fungal Genetic Biol.* 79, 33-41

Burke, J. J., Dunne, B., 2008. Field testing of six decision support systems for scheduling fungicide applications to control *Mycosphaerella graminicola* on winter wheat crops in Ireland. *Journal of Agricultural Science* **146**, 415-428.

Coakley, S. M., Mc Daniel, L.R., Shaner, G., 1985. Model for predicting severity of *Septoria tritici* blotch in wheat. *Phytopathology*, vol 75. 1245-1251.

Cools, H.J., Fraije, B.A., 2013 Update on mechanisms of azole resistance in *Mycosphaerella graminicola* and implications for future control. *Pest Management Science* 69. 150- 155.

Duvier, M., Dedeurwaerder, G., De Proft, M., Moreau, J.M., 2013. Real-time PCR quantification and spatio-temporal distribution of airborne inoculum of *Mycosphaerella graminicola* in Belgium. *Eur. J. Plant Pathol.* , 137, 325 – 341.

Eriksen, L., Munk, L., 2003. The occurrence of *Mycosphaerella graminicola* and its anamorph *Septoria tritici* in winter wheat during the growing season. *European Journal of Plant Pathology*, 109, 253 – 259.

Eriksen, L., Shaw, M.W., Østergård, H., 2001. A model of the effect of pseudothecia on genetic recombination and epidemic development in populations of *Mycosphaerella graminicola*. *Phytopathology* (2001) 91 , 240-248

Udvikling af nye risikomodeller for *Septoria* (*Zymoseptoria tritici*) i vinterhvede

- Fraaije, B.A., Burnett, F.J., Clark, W.S., Motteram, J., Lucas, J.A., Dehne, H.W., Gisi, U., Kuck, K.H., Russell, P.E., Lyr, H., 2015. Resistance development to QoI inhibitors in the population of *M. graminicola* in the UK. Modern fungicides and antifungal compounds IV: 14th International Reinhardtbrunn Symposium, Friedrichroda, Thuringia, Germany, April 25-29, 2004.p63-71.
- Frahm, J., Volk, T., Johnen, A., 1996. Development of the PRO_PLANT decision-support system for plant protection in cereals, sugar-beet and rape. *EPPO Bulletin*, **26**, 609-622.
- Ghaffary, T., Faris, J.D., Friesen, T.L., Visser, R.G.F., van der Lee, T.A., Robert, O., Kema, G.H.J., 2012. New broad-spectrum resistance to *Septoria tritici* blotch derived from synthetic hexaploid wheat, *Theor. Appl. Genet.*, 124 (2012), pp. 125–142
- Gladders, P., Paveley, N., Barrie, I., Hardwick, N., Hims, M., Langton, S., Taylor, M., 2001. Agronomic and meteorologic factors affecting the severity of leaf blotch caused by *Mycosphaerella graminicola* in commercial wheat crops in England. *Annals of Applied Biology*, **138**, 301-311.
- Graf, B., 1991. A simulation model for the dynamics of rice growth and development. III. Validation of the model with high-yielding varieties. *Agric. Syst.* 36, 329–349.
- Graf, B., 1992. Modelling the competition for light and nitrogen between rice and *Echinochloa Crus-galli*. *Agric. Syst.* 40, 345–359.
- Gutierrez, A.P., Wermelinger, B., Schulthess, F., Baumgaertner, J.U., Herren, H.R., Ellis, C.K., Yaninek, J.S., 1988. Analysis of Biological Control of Cassava Pests in Africa. I. Simulation of Carbon, Nitrogen and Water Dynamics in Cassava. *Journal of Applied Ecology*, 25, 901-920
- Hagelskjær, L., Jørgensen, L. N., 2003. A web-based decision support system for integrated management of diseases and pests in cereals. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, **33**, 467-471.
- Hansen, J. G., Secher, B. J., Jørgensen, L.N., Welling, B., 1994. Threshold for control of *Septoria* spp. in winter wheat based on precipitation and growth stage. *Plant Pathology*, **43**, 183-189.
- Hansen, J. G., Colon, L. T., Cooke, D.E.L., Lassen, P., Nielsen, B. J., Cooke, L. R., Andrivon, D., Lees, A. K., 2007. Eucabligh - collating and analysing pathogenicity and resistance data on a European scale. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, **37**, 383- 390.
- Hansen, J.G., 1992. Mikroklima i kartofler i relation til kartoffelskimmel. Beretning (Statens planteavlfsforsøg) ; nr. S2180
- Henriksen, K. E., Jørgensen, L. N., Nielsen, G. C., 2000. PC-Plant Protection – a tool to reduce fungicide input in winter wheat, winter barley and spring barley in Denmark. Brighton Crop Protection Conference. Pest and Diseases. pp. 835- 840.
- Hess and Shaner, 1997 Effect of moisture and temperature on development of septoria tritici blotch in wheat. *Phytopathology*, 77, 215-219
- Huber, L., and Gillespie, T. J., 1992. Modeling leaf wetness in relation to plant disease epidemiology. *Annu. Rev. Phytopathol.* 30:553-77
- Hunter, T., Coker, R.R., Royle, D.J., 1999. The teleomorph stage, *Mycosphaerella graminicola*, in epidemics of *septoria tritici* blotch on winter wheat in the UK. *Plant Pathology*, 48, 51 – 57.

Lovell, D.J., Hunter, T., Powers S.J., Parker, S.R., Van den Bosch, F., 2004. Effect of temperature on latent period of septoria leaf blotch on winter wheat under outdoor conditions. *Plant Pathology*, 53 170-181.

Jørgensen, L.N. Secher B.J.M., Olesen J.E. Mortensen, J. 1997. Need for fungicide treatments when varying agricultural parameters. *Aspect of Applied Biology, Optimizing cereal input: Its scientific basis*. 50, 285-292.

Jørgensen, L.N., Noe, E., Langvad, A.M., Jensen, J.E., Ørum, J.E., Rydahl, P., 2007. Decision support systems: barriers and **farmers' need** for support. *EPPO Bulletin* 37, 374-

Jørgensen, L. N., Noe, E., Nielsen, G.C., Jensen, J. E., Ørum, J. E., Pinnschmidt, H., 2008b. Problems with disseminating information on disease control in cereals to farmers. *European Journal of Plant Pathology*, **121**, 303-312.

Jørgensen L N, Hagelskjær L. 2003. Comparative field trials of various Decision Support Systems for cereal disease control. In: Wolffhechel H, ed., Proceedings of the Crop Protection Conference for the Baltic Sea Region, 28-29 April 2003, Poznan. DIAS report Plant Production no. 96. pp. 114-122.

Jørgensen, L.N., Nielsen, G.C. J. E., Ørum, J.E., Jensen, H. O., Pinnschmidt, 2008. Integrating Disease Control in Winter Wheat –Optimizing Fungicide Input. *Modern Fungicides and Antifungal Compounds V. Proceedings from 15th International Reinhardtsbrunn Symposium 2007*. 197-210. Eds. Dehne HV. et al. DPG Spectrum Phytomedizin.

Jørgensen, L.N., Thygesen K., 2006. Fungicide resistance and its impact on recommendations to farmers – experiences from Denmark AAB conference. *Fungicide resistance: are we winning the battle but losing the war? Aspect of Applied Biology* 78. 65-70

Jørgensen, L.N., 2014. Skadetærskler til plantesygdomme. *Plantekongress 2014, Tema: Planteværn*. 113-114.

Jørgensen, L.N., Hovmøller, M.S., Hansen, J.G., Lassen, P., Clark, B., Bayles, R., Rodemann, B., Jahn, M., Flath, K., Goral, T., Czembor, J., Cheyron, P., Maumene, C., Pope, C., Nielsen, G.C., Berg, G., 2014. IPM strategies and their dilemmas including an introduction to www.Eurowheat.org. *Journal of Integrative Agriculture*, Vol. 13, Nr. 2, 2014, s. 265-281.

Jørgensen, L.N., J.E., Ørum, J.E., 2014. Ranking of fungicides according to risk assessments for Health and environment. *Modern Fungicides and Antifungal Compounds VII. Proceedings from 17th International Reinhardtsbrunn Symposium 2013* 221-226. Eds. Dehne HV. et al. DPG Spectrum Phytomedizin.

Nielsen, G.C., 2015. Sygdomme i hvede. *Oversigt over Landsforsøgene 2015*, s. 71

Pietravalle, S., Shaw, M.W., Parker, S.R., Vand den Bosch, F., 2003. Modelling of relationships between weather and septoria tritici epidemics on winter wheat: A critical approach. *Phytopathology*, 93, 1329-1339.

Ponomarenko, A., Goodwin, S.B., and Kema, G.H.J., 2011. Septoria tritici blotch (STB) of wheat. *Plant Health Instructor*. DOI:10.1094/PHI-I-2011-0407-01.

Rowlandson, T., Gleason, M., Sentelhas, P., Gillespie, T., Thomas, C., Hornbuckle, B., 2015. Reconsidering Leaf Wetness Duration Determination for Plant Disease Management. *Plant Disease / Vol. 99 No. 3*, 310-318

Schepers, H.T.A.M., Bouma, E., Frahm, J., Volk, T., Secher, B.J.M., 1996. Control of fungal diseases in winter wheat with appropriate dose rates and weather-based decision support systems. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, **26**, 623-630.

Secher, B.J.M., Jørgensen, L.N., Murali, N.S., Boll, P.S., 1995. Field validation of a Decision Support System for the control of pests and diseases in cereals in Denmark. *Pesticide Science*, **45**, 195-199.

Sentelhas, P.C., Dalla Marta, A., Orlandini, S., Santos, E.A., Gillespie, T.J., Gleason, M.L., 2008. Suitability of relative humidity as an estimator of leaf wetness duration. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.148, p.580-591

Severini, M., Baumgaertner, J., Ricci, M., 1998. Theory and practice of parameter estimation of distributed delay models for insect and plant phenologies. In: Guzzi R, Navarra A, editors. *Meteorology and environmental sciences*. Italy: World Scientific Trieste.p. 74–719

Udvikling af nye risikomodeller for Septoria (*Zymoseptoria tritici*) i vinterhvede

- Shetty, N.P., Mehrabi, R., Mogensen, H.L., Haldrup, A., Kema, G., Collinge, D.B., Jørgensen, H.L., 2007. Role of hydrogen peroxide during the interaction between the hemibiotrophic fungal pathogen *Septoria tritici* and wheat. *New Phytologist*, Vol. 174, No. 3, 2007, p. 637-647.
- Shaw, M.W., Royle, D.J., 1993. Factors determining the severity of epidemics of *Mycosphaerella graminicola* (*Septoria tritici*) on winter wheat in the UK (1993) *Plant Pathology*, Volume 42, Issue 6, pages 882–899,
- Shaw, M.W., 1990. Effect of temperature, leaf wetness and cultivar on the latent period of *Mycosphaerella graminicola* on winter wheat. *Plant Pathology*. 39, 255-268.
- Suffert, F., Sache, I., Lannou, C., 2011. Early stages of septoria tritici blotch epidemics of winter wheat: build-up, overseasoning, and release of primary inoculum. *Plant Pathology*, 60, 166 – 177.
- Sønderskov, M., Axelsen, J.A., Pedersen, M.B., Tybirk, K., 2006. Assessment of the effects of reduced herbicide applications on selected arable weeds by a simulation model. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 116, 216 – 224.
- Te Beest, Shaw, M.W., Pietravalle, S., Van den Bosch, F., 2009. A predictive model for early –warning of septoria leaf blotch on winter wheat. *European J. Plant Pathology*. 124: 413-425.
- Thomas, M.R., Cook, M.J. and King, J.E., 1989. Factors affecting the development of *Septoria tritici* in winter wheat and its impact on yield. *Plant Pathology*, 38, 246-257.
- Torriani, S.F.F., James, P.E., Melicharb, Colin Millsc, Helge Sierotzkia, *Zymoseptoria tritici*: A major threat to wheat production, integrated approaches to control. *Fungal genetics and biology*. Vol 79, 8-12
- Tyldesley, J. B., Thomsen, N., 1980. Forecasting *Septoria nodorum* on winter wheat in England and Wales. *Plant Pathology*, 29, 9-20.
- Van den Bosch, F., Paveley, N., van den Berg, F., Hobbelen, P., & Oliver, R., 2014. Mixtures as a Fungicide Resistance Management Tactic. *Phytopathology*, 104(12), 1264-1273, doi:10.1094/phyto-04-14-0121-rvw.
- Verreet, J. A., Klink, H., Hoffmann, G.M., 2000. Regional monitoring for disease prediction and optimization of plant protection measures: The IPM wheat model. *Plant Disease*, 84, 816-826.
- Viljanen-Rollison, S.L.H, Marroni, M.V., Butler, R.C., Deng, D. and Armour, T., 2005. Latent periods of SEPTORIA TRITICI Blotch on ten cultivars of wheat. *New Zealand Plant Protection* 58:256- 260 (2005)
- Volk, T., Johnen, A., Neue, M., Meier, H., 2003. ProPlant expert.com – the online consultation system on crop protection in cereals, rapeseed, potatoes and sugar beet: Experiences with cereal disease control in the region and possibilities for regional adaptations. In: Wolffechele, H, ed., *Proceedings of the Crop Protection Conference for the Baltic Sea Region*. 28-29 April 2003 Poznan. DIAS report Plant Production no. 96. pp. 103-113.
- Wiik, L., Ewaldz, T., 2009. Impact on temperature and precipitation on yield and plant diseases of winter wheat in southern Sweden 1993-2007. *Crop Protection*, 28, 82-89.
- Wichink Kruit, R.J., Jacobs, A.F.G., Holtslag, A.A.M., 2008. Measurements and estimates of leaf wetness over agricultural grassland for dry deposition modeling of trace gases *Atmospheric Environment* 42, 5304–5316
- Zadoks, J.C., 1981. EPIPPE: a Disease and Pest Management System for Winter Wheat Developed in the Netherlands. *EPPO Bulletin* 365–369.

Bilag A Lokal vejrstation

Anvendelse af lokal vejrstation

Biologisk baserede varslingsmodeller drives primært af vejrdata, som enten kan stamme fra **DMI's** nationale net af automatiske vejrstationer eller vejrdata opsamlet med en lokal vejrstation. Der findes mange forskellige typer af vejrstationer lige fra billige modeller til knap 1.000 kr. til mere professionelle modeller til 50 – 100.000 kr. afhængig af udstyrsniveau og fabrikat. I tilknytning til Septoriaprojektet blev der anvendt fem vejrstationer af mærket Adcon til 25 – 30.000 kr. pr. styk. Anvender man egen vejrstation, er det vigtigt, at man nøje overvejer, hvorledes vejrstationen placeres i marken. Denne vejledning beskriver, hvilke forhold, der skal tages i betragtning ved opstilling af en privat vejrstation. Vejledningen er en tilpasset udgave af **DMI's** anbefalinger til opstilling af en privat vejrstation (se www.dmi.dk).

Anbefalinger til standardiseret opstilling af en vejrstation

Opstillingen af vejrstationen har stor betydning for, hvad der måles. Sætter du vejrstationen på eksempelvis en delvist lukket terrasse eller ude midt i afgrøden i en bestemt mark, så viser målingerne de **'meteorologiske'** forhold på terrassen eller i den bestemte afgrøde og ikke nødvendigvis de generelle vejrforhold. I meteorologisk sammenhæng er man generelt mest interesseret i, at målingerne fra en vejrstation, skal repræsentere vejret i et så stort område som muligt. Derfor opstilles professionelle meteorologiske instrumenter så effekten af helt lokale forhold bliver minimeret. Det samme gør sig gældende for hovedparten af varslingsmodellerne, da de vejraserede varslingsmodeller oftest er udviklede på baggrund af vejrmaalinger fra standardiserede vejrstationer.

Ved placering af en vejrstation bør følgende forhold tages i betragtning:

- Vejrstationen bør opsættes stabilt (med barduner til vindsikring), i lod og vater og placeret på en vandret overflade bevokset med kortklippet græs eller en lignende beplantning
- Placeringen bør ikke være for tæt på en skrænt eller en bakke
- Placeringen bør ligge i en god afstand fra træer eller husmure (væsentligt mere end 5 meter).
- Nedbørsmåleren bør placeres vandret i **150 cm's** højde over jordoverfladen.
- Sensorer til måling af lufttemperatur og luftfugtighed (Rh) placeres i **200 cm's** højde over jorden.
- Er vejrstationen bestykket med en globalstrålingsmåler (solindstråling), bør sensoren placeres øverst på masten og hele vejrstationen placeres i sydlig retning i forhold til potentielle skyggegivende elementer som træer og huse.
- Bladfugtighedssensoren skal placeres i **50 cm's** meters højde over jordoverfladen og med sensoren vendt mod nord med overfladen hældende ca. 15 -20 grader nedad i forhold til vandret.

Lufttemperatur

Ved måling af temperatur gælder det i de fleste tilfælde, at det er instrumentets egen temperatur, der måles. Dette er årsagen til at en god strålingsafskærmning sammen med god ventilation, er essentiel for en pålidelig måling af lufttemperatur, hvilket udgør et af de største problemer ved måling af lufttemperatur i meteorologi. Vedligeholdelse af lufttermometret, for opretholdelse af pålidelige målinger, består derfor primært i med jævne mellemrum at, dvs. mindst én gang årligt eller når man ser at strålingsafskærmningen er blevet snavset, at vaske denne afskærmning ren for støv og mosbegroning m.m. Er termometrets strålingsafskærmning ikke ren, absorbere afskærmningen i højere grad solstråling og bliver derved opvarmet med fejlbehæftede temperaturmålinger til følge. Mht. lufttermometrets

ventilation, der i denne sammenhæng hentyder til udskiftningen af luft omkring termometersensordelen, fungerer de fleste lufttermometre ved naturlig ventilation: dvs. at det antages at vinden er tilstrækkelig til at sikre luftudskiftning. Placering af lufttermometret i niveauet 2 meter over jordoverfladen er standardhøjden for måling af lufttemperatur i meteorologisk sammenhæng, hvorfor det anbefales at tilstræbe et målniveau så tæt på de 2 meter som muligt. Da lufttemperaturen kan ændre sig meget med højden, er det vigtigt for sammenlignelighedens skyld, at lufttemperaturen på de forskellige vejrstationer er målt i den samme højde over jordoverfladen.

Luftfugtighed

Luftfugtighedssensoren (også kaldet et hygrometer) er på de fleste kommercielle vejrstationer arrangeret i samme instrumenthus som lufttermometret og deler dermed også dettes strålingsafskærmning. Placering af hygrometret i niveauet 2 meter over jordoverfladen er standardhøjden for måling af luftfugtighed i meteorologisk sammenhæng, hvorfor det anbefales at tilstræbe et målniveau så tæt på de 2 meter som muligt og altså i samme niveau som lufttermometret men dette giver i reglen sig selv.

Vindhastighed og vindretning

Den meteorologiske standardhøjde for niveauet af vindinstrumenter er 10 meter over jorden. Den ideelle horisontale afstand en vindmåler skal placeres fra opragende genstande (f.eks. huse eller træer) er mindst 10 gange den nærmeste opragende genstands højde over jorden. F.eks. hvis et hus er 7 meter højt, så bør masten med vindinstrumenterne i 10 meters højde placeres mindst i 70 meters afstand fra det pågældende hus for at den målte vind ikke er påvirket af den lokale luftstrømning omkring huset. I praksis er denne regel meget svær at opfylde, både hvad angår afstanden til nærmeste genstand og mht. højden på de 10 meter over jorden. Sammenligner man vindmålingerne f.eks. 3 meter niveauet vejrstation med vindmålingerne fra den nærmeste officielle DMI-station, kan der derfor være en stor forskel i værdierne.

Mht. vedligeholdelse af vindinstrumenter: Erfaringsmæssigt er det fra DMI erkendt, at så længe at kopperne, propellerne eller vindfanen kan dreje rundt, så fungerer en vindmåler som regel tilfredsstillende. I tilfælde af slid og defekter vil instrumentet normalt inden for få dage helt miste evnen til at dreje rundt som funktion af vindens påvirkninger. Man kan en gang imellem kontrollere om kop-, propel- eller vindfanehjulet kan dreje ubesværet rundt.

Nedbør

Nedbør er en generel betegnelse for regn, slud, hagl og sne. Det skal bemærkes, at målere der anvender vippekålsfunktionen (hvad de fleste kommercielle nedbørsmålere gør), ikke egner sig til måling af nedbør i fast form dvs. f.eks. sne og hagl: Denne måler-types detektionsprincip er baseret på flydende vand som fra opfangstragten drypper ned en vippekålsanordning, hvor antallet de enkelte vip angiver nedbørsmængden. Hvis en sådan nedbørsmåler i en periode er fuld af sne eller hagl og/eller er frossen, fungerer den ikke.

Nedbørsmåleren bør opstilles i fladt terræn med opfanget i horisontalt niveau. Opfanget er en betegnelse for den øverste kant af den åbning, hvor **nedbøren 'fanges'** ned i måleren.

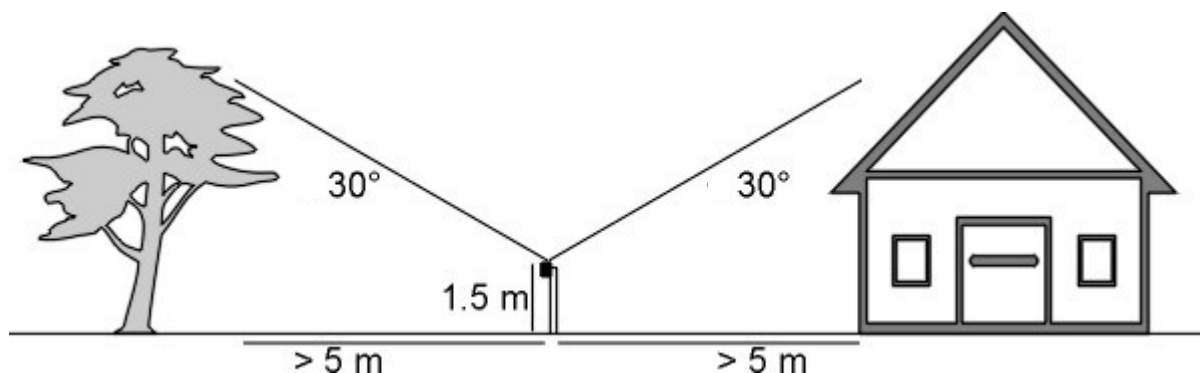
Hvis det er muligt, bør nedbørsmåleren placeres således, at der er læ for vinden i alle retninger.

Højden af de læ-givende objekter som f.eks. træer og buske bør ideelt set være ensartet i alle retninger.

I forhold til de læ-givende objekter, bør nedbørsmåleren sædvanligvis være placeret i en afstand fra de omkringstående læ-givende objekter på ca. to gange objekternes højde over niveauet af målerens opfang. Ideelt set bør placeringen være således at vinklen målt fra målerens opfangskant mellem horisontalt og toppene af de omkringstående læ-givende objekter, ligger mellem 30° og 45°: dvs. at måleren hverken må stå for tæt på eller for langt fra de læ-givende objekter (se figur A1). Hvis måleren står for tæt på f.eks. nogle træer, kan vanddråber, som hænger i træernes grene og blade, blæse ned i måleren. Hvis der omvendt ikke hersker gode læforhold omkring måleren, vil måleren selv forårsage turbulens og forøgede vindhastigheder over måleren (på samme måde som en stor sten på bunden af et vandløb skaber strømhvirvler) og vinden vil dermed i højere grad bære regndråber forbi opfangstragten. Ofte er det ikke muligt at placere måleren på en sådan måde, at der er gode læforhold i alle retninger, men da de dominerende vindretninger i Danmark er vestlige, kan man med fordel placere måleren således at de bedste læbetingelser findes i den vestlige sektor. Nedbørsmålerens opfangskant bør placeres i et niveau så lavt som muligt for at minimere vindens effekt, men samtidigt højt nok oppe til at ind-stænk forhindres. På **DMI's** stationer tilstræbes en standardhøjde for nedbørmåling på 150 cm ± 15 cm. Optimalt set bør nedbørsmåleren opstilles over en overflade bestående af kort græs, grus eller småsten og, hvis det er muligt, bør man undgå hårde overflader som f.eks. asfalt eller beton, der kan give en højere

mulighed for ind-stænk af regn som falder uden for måleren. Med jævne mellemrum, eller når det skønnes nødvendigt, kan der foretages inspektion af måleren for at sikre, at den måler så korrekt som muligt. Det bør kontrolleres at:

- måleren står i vater.
- tragtens inderside er ren og der ikke ligger f.eks. blade m.m. i bunden af tragten.
- den mekaniske vippefunktion (hvis måleren anvender dette måleprincip) er i orden dvs. at den er ren og kan vippe ubesværet.



FIGUR A1. ANBEFALET PLACERING AF LOKALE VEJRSTATIONER (KILDE: BIRGIT SØRENSEN, DANMARKS JORDBRUGSFORSKNING)

Globalstråling

Nogle vejrstationer er bestykket med en globalstrålingsmåler (også kaldet et pyranometer). Et pyranometer måler den solare indstråling på en horisontal flade, hvorfor det er vigtigt at instrumentet står i vater. Hvis instrumentet hælder bare nogle få grader i forhold til horisontalplanet, kan der ske store fejlmålinger. Den solare indstråling er sammensat af dels den direkte stråling fra solskiven og dels af den diffuse solstråling. Ved placeringen af pyranometret er det selvfølgelig vigtigt, at der forekommer så lidt skygge over instrumentet som muligt. Ved at placere opstillingen således at potentielle skyggegivende elementer som træer eller husgavle er placerede i nordlig retning i forhold til vejrstationen/pyranometret og ved at orientere vejrstationen således, at selve vejrstationens mast også står i nordlig retning i forhold til pyranometret (dog af mindre betydning), kan en stor del af skyggeproblemerne undgås. Kan dette ikke lade sig gøre, må vejrstationen placeres således at skyggeproblemer i så høj grad som muligt minimeres. For at sikre så gode målinger som muligt bør globalstrålingsmåleren med jævne mellemrum rengøres for at aflejret støv og snavs fjernes.

Luftryk

De fleste vejrstationer er bestykket med et barometer, der er et instrument som anvendes til bestemmelse af luftrykket. I mange tilfælde er det muligt at udlæse to trykværdier: Den ene udlæsning giver det 'rå' luftryk som barometret 'mærker', der hvor det er placeret. Den anden udlæsning giver luftrykket som det ville være, hvis det var placeret ved havoverfladen.

Som følge af, at luften gradvist bliver tyndere jo højere op over havoverfladen man bevæger sig, falder luftrykket med højden. Mellem havniveau og 1 km's højde er dette trykfald ca. 0,125 hPa pr. m. Dvs. at hvis man f.eks. står på toppen af Himmelbjerget 147 m over havniveau med sit barometer, vil barometret vise et luftryk som er 18.4 hPa mindre, end det tryk man ville måle ved havoverfladen. De luftryk, der angives fra DMI, f.eks. på dmi.dk, er det højdereducerede luftryk, dvs. luftrykket som det ville være ved havoverfladen uanset i hvilken højde, det er blevet målt.

For at indstille vejrstationens barometer således, at luftrykket, der måles, kan sammenlignes med andre vejrstationers luftrykmålinger, er det nødvendigt at kende barometrets højde over havniveau for at kunne indstille barometret til at også at vise luftrykket, som det ville være ved havoverfladen. Ens private trykmålinger vil således være umiddelbart sammenlignelige med luftrykkene angivet på diverse vejrkort, vejrtelefon eller DMI's hjemmeside. Ud fra instrumentvejledningen til vejrstationen er det forklaret, hvordan man indstiller højden over havniveau. Ved måling af tryk er det vigtigt, at barometret ikke er placeret et sted, hvor der er air-condition eller lignende kan påvirke trykmålingen. Dette skal man være opmærksom på, idet barometeret på nogle vejrstationer ikke er placeret på selve masten, men i den elektroniske styreenhed, som typisk er placeret inden døre.

Bladfugtighed

DMI's anbefaling for opsætning af DMI bladfugtmåler er:

- Ca. 50 cm over jordoverflade
- Sensor vendt mod Nord
- Sensor overflade hældning ca. 15/20 grader nedad i forhold til vandret.
- Sensor placeret frit, dog ok med en mast ca. 100 cm – 200 cm væk.

Med '**mast**' menes selve masten til hele målestationen, der er placeret ca. 100 cm fra bladfugtsensoren.

Vinteropbevaring og kalibrering af sensorerne

Især luftfugtighedssensorer har ikke godt af at blive opbevaret på et tørt lager vinteren over. Derfor er den generelle anbefaling at lade vejrstationen stå ude året rundt. Da luftfugtighedssensorerne er meget ustabile, er det dog nødvendigt at sensorerne kalibreres en gang årligt. Ellers risikerer man, at de let måler 3-5 % forkert, hvilket vil forringe modellernes prædiktionssevne. I forbindelse med indkøb af Adcon-vejrstationerne i Septoria-projektet blev de fem vejrstationer derfor indledningsvist placeret samlet på en fælles udendørs lokalitet for at kalibrere de fem vejrstationer i forhold til hinanden. Ligeledes blev vejrstationerne året efter igen samlet en uge på et fælles sted for at kalibrere luftfugtighedssensorernes målinger. Denne kalibreringsproces er en besværlig, men nødvendig årlig procedure.

Udvikling af nye risikomodeller for *Septoria (Zymoseptoria tritici)* i vinterhvede

Septoria er den økonomisk mest betydende bladsygdom i dansk hvedeproduktion, der typisk kan give et udbyttetab på mellem 5-20 % uden behandling. Det har været formålet med projektet at udvikle bedre varslings- og beslutningsstøttesystemer og efterfølgende vurdere deres anvendelighed i markforsøg. I projektet blev der udviklet to forskellige beslutningsstøttesystemer. Den ene "SeptoriaSIM" simulerer vinterhvedens vækst primært ud fra temperatur og globalstrålingen, og Septoria svampens vækst primært ud fra temperatur, luftfugtighed og nedbør. Efterfølgende giver SeptoriaSIM en forudsigelse af det økonomiske provenu ved en bekæmpelse. Den anden "Fugtighedsmodel" prædikerer ud fra analyser af historiske forsøgs- og vejrdato, hvornår der har været tilstrækkelig bladfugt længe nok til at sikre at svampen kan blive til en skadevolder. Modellen bygger på en opsummering af sammenhængende "fugtige timer", hvis antallet af timer overstiger et vist niveau, anbefales det, at man udfører en bekæmpelse. De to modeller blev i ti markforsøg i 2014 og 2015 testet sammen med den eksisterende enkle Planteværn Online (PVO) model, som er baseret på nedbørsdøgn over 1 mm. Desværre gav markforsøgene ikke et entydigt svar på modellernes brugbarhed. De nye modeller kun blev afprøvet i begrænset udstrækning og umiddelbart har ingen af dem vist bedre resultater end den nuværende PVO model. Ud over udvikling af modellerne, så blev metoden til registrering af vejrdato undersøgt. Det lykkedes ikke at basere modellerne på lokalt opsatte vejrstationer, men at benytte vejrdato fra DMI's vejrstationer. Relativ luftfugtighed målt i 2 meters højde kunne bruges som et forholdsvist sikkert estimat for forekomst af bladfugt.



Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K

www.mst.dk