



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Udvikling og afprøvning af koncept for beslutningsstøtte- system for bekæmpelse af skadevoldere i landbruget

BEKF nr. 173

Oktober 2017

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Tekst: Beate Strandberg, Christian Damgaard, Berit Hasler, Marianne Bruus, Jørgen Axelsen, Peter Borgen Sørensen, Anders Branth Pedersen, Patrik Fauser, Søren Hansen, Jesper Heile Christensen, Jens Erik Jensen, Per Kudsk, Louise Martinasen, Lisa Munk

ISBN: 978-87-93614-25-3

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

Må citeres med kildeangivelse

Indhold

Forord	6
Sammenfatning og konklusion	7
Summary and conclusion	9
1. Formål	11
2. Baggrund	12
3. Landmandsmodellen – prototype for nyt MVB-system	13
4. Nuværende landmandspraksis vedr. monitoring og MVB-systemer	14
4.1 Analyser af danske landmænds og konsulenteres beslutningspraksis	14
4.2 Fem landmandsinterviews om monitoringspraksis	17
4.3 Kort sammenfatning af de fem landmandsinterviews	17
4.3.1 Faktorer af betydning for villigheden til at monitorere – sammenfatning	19
5. Cases til brug for udviklingen af Landmandsmodellen	22
5.1 Vintersæd – bladlus	22
5.2 Vinterraps – storknoldet knoldbægersvamp	23
5.3 Vintersæd – vinterannuelt græsukrudt	25
6. Stokastiske populationsmodeller for skadevoldere	27
7. Stokastisk populationsmodel for skadevolder med flere generationer pr. sæson – bladlus i vintersæd (Case 1)	28
7.1 Datagrundlag	29
7.2 Estimering af modelparametre	30
7.3 Diskussion af modellen for bladlus i vintersæd	32
8. Stokastisk model for udvikling af monocyklisk sygdom – storknoldet knoldbægersvamp i raps (case 2)	33
8.1 Datagrundlag	35
8.2 Estimering af modelparametre og prognoseberegning	35
8.3 Diskussion af modellen for storknoldet knoldbægersvamp i vinterraps	38
9. Stokastisk model for populationsudviklingen af ukrudt – vindaks (Case 3)	40
9.1 Muligheder for varsling af vindaks	40
10. Monitoring og varsling	42
10.1 Monitoring og varsling af bladlus i vintersæd	42
10.1.1 Varslingsmodeller i Danmark og andre lande	42
10.1.1.1 Konklusion	43
10.2 Monitoring og varsling af storknoldet knoldbægersvamp	44

10.2.1	Erfaringer med monitorings- og varslingsmodeller i Danmark og andre lande	44
10.2.1.1	Konklusion	46
10.3	Monitoring og varsling af vindaks	46
10.3.1	Konklusion	47
10.4	Mulige nye monitoringsmetoder og varslingsmodeller i Danmark	47
11.	Landbrugsøkonomiske beregninger	49
11.1	Beregningsmetode for nettomerudbytte	49
11.2	Merudbytte case 1 (bladlus i vintersæd)	49
11.3	Merudbytte case 2 (storknoldet knoldbægersvamp i vinterraps)	50
11.4	Merudbytte case 3 (vindaks i vintersæd)	52
11.5	Sammenfatning	53
12.	Belastningsindikatorer – miljø	54
12.1	Princip for miljøindikatorer i <i>Landmandsmodellen</i>	54
12.2	Markfladen	57
12.3	Naturelementer uden for det dyrkede areal	57
12.3.1	Terrestrisk natur uden for markfladen	58
12.3.2	Vandmiljø	58
12.3.3	Grundvand	58
12.4	Beregning af belastningstal for de tre cases	58
13.	Beslutningsstøttesystem – brugerfladen for prototypen	64
13.1	Trinvis gennemgang af modellen	65
14.	Gennemregnede eksempler for hver case	77
14.1	Case 1: Bladlus i vintersæd	77
14.1.1	Problemstilling	77
14.1.2	Eksempel 1 - Støtte til planlægning af monitoring	78
14.1.3	Eksempel 2 – Hvad betyder tilvalg af sprøjtefrie zoner?	83
14.2	Case 2: Storknoldet knoldbægersvamp i vinterraps	87
14.2.1	Problemstilling	87
14.2.2	Beregnet eksempel for storknoldet knoldbægersvamp	87
14.3	Case 3: Vindaks i vintersæd	91
14.3.1	Problemstilling	91
14.3.2	Beregnet eksempel for vindaks	91
15.	Fokusgruppeundersøgelse – test af <i>Landmandsmodellen</i>	97
15.1	Form	97
15.2	Kommentarer til modellen	97
15.3	Tilpasninger af modellen i forhold til landmænd og konsulenter behov	99
16.	Diskussion og konklusion	101
16.1	<i>Landmandsmodellen</i> som koncept for MVB-system	101
16.2	Anvendelsen af stokastiske modeller til varsling af skadevoldere	102
16.3	Vurdering af miljøbelastning og økonomiske konsekvenser	103
16.4	Monitoring af skadevoldere	105
16.5	Interessen for konceptet hos landmænd og konsulenter	106
17.	Perspektivering	108
	Referencer	110
	Bilag 1.Interviewguide – MVB projektet	117

Bilag 2.Skadevolderbekæmpelse i de tre afgrøde-skadevolder cases	118
Bekæmpelse af bladlus i korn	118
Kemisk bekæmpelse	118
Bilag 3.Notat vedrørende vurdering af udvaskningsrisiko af pesticider	127
Bilag 4.Interviewguide fokusgruppe MVB for landmænd og konsulenter	131

Forord

Nærværende projekt (J. nr.: MST-667-00140) er gennemført som et samarbejdsprojekt mellem Århus Universitet, Københavns Universitet og SEGES under Miljøstyrelsens forskningsprogram til understøttelse af grundlaget for udvikling af monitorings-, varslings- og beslutningsstøttesystemer i perioden 2013 – 2015.

Sammenfatning og konklusion

I nærværende projekt er udviklet og afprøvet en prototype til et beslutningsstøttesystem (MVB-system, monitorings- varslings- og beslutningsstøttesystem), som kan benyttes i forbindelse med valg af behandling ved angreb af skadevoldere på vigtige landbrugsafgrøder. Systemet, der benævnes *Landmandsmodellen*, omfatter varsling og prognose for udvikling af skadevolderen, samt vurdering af landbrugsøkonomiske og miljømæssige konsekvenser af mulige alternative behandlinger. I prototypen indgår beregninger af prognoser, indikatorer og merudbytte som seks Excel filer. Til udviklingen af denne prototype er benyttet tre afgrødeskadevolder cases: bladlus og vindaks i vintersæd og storknoldet knoldbægersvamp på vinter-raps.

Som noget nyt i forhold til andre MVB-systemer er varsling af skadevolderen i *Landmandsmodellen* baseret på prognoser for udviklingen af denne ved brug af stokastiske modeller. Landmanden vil ofte være utryg, hvis han konstaterer, at der er en potentielt tabsgivende skadevolder i marken og vil derfor vælge at sprøjte præventivt. Prognoserne, som indgår i *Landmandsmodellen*, giver mulighed for at vurdere udviklingen af skadevolderen over den kommende periode og giver dermed landmanden mulighed for på et statistisk grundlag at beslutte, om han skal behandle skadevolderen. Såfremt landmanden har tillid til modellen, vil unødvendige behandlinger, hvorved forstås behandlinger, hvor tætheden af skadevolderen ikke overstiger det, landmanden vil tolerere i forhold til merudbyttet, dermed kunne undgås. Hvis behandling umiddelbart udelades, vil landmanden kunne benytte modellen til at vurdere, hvornår en eventuel næste besigtigelse/monitoring i marken skal foretages og dermed til at optimere planlægningen af monitoringer i marken. Tilgængeligheden og kvaliteten af monitoringsdata er afgørende for prognoserne i *Landmandsmodellen*. I den foreliggende version er modellen for bladlus mest troværdig, mens det meget begrænsede datagrundlag for storknoldet knoldbægersvamp ikke muliggør en vurdering af potentialet for denne varslingsmodel. Den nuværende viden om spredningen af vindaks under realistiske dyrkningsforhold er for begrænset til, at man med sikkerhed kan vurdere, om den foreslåede prognosemodel for ukrudtspopulationen vil være et nyttigt varslingsredskab for landmanden.

Vurderingen af miljøbelastningen sker i *Landmandsmodellen* lokalt dvs. i forhold til de habitater og ressourcer, der findes i umiddelbar nærhed af den enkelte mark. Hermed har landmanden bedst mulighed for at tage hensyn til beskyttelseskrævende natur i og omkring marken. I vurdering indgår 19 delindikatorer, som er organiseret i beskyttelseskategorier efter, hvor belastningen opstår: i marken, i vandløb, søer, vandhuller og terrestriske habitater i umiddelbar nærhed af det dyrkede areal samt grundvand. Miljøbelastningen af alternative behandlinger præsenteres for hver beskyttelseskategori via en farvekode (rød, gul, grøn). Farven bestemmes af den delindikator, der har den højeste værdi, og ikke som gennemsnittet. Det betyder, at en høj belastning på én organismegruppe (delindikator) ikke nedvurderes, hvis belastning på de øvrige er lav. De toksikologiske data, der benyttes til beregningen af delindikatorerne i *Landmandsmodellen*, er identiske med data, der indgår i beregningen af den landsdækkende pesticidbelastningsindikator (PBI). I beregningen af PBI indgår imidlertid forhold, som fx human sundhed og persistens, som ikke er med i den nuværende form af *Landmandsmodellen*, desuden sker beregningen i *Landmandsmodellen* ud fra lokale forhold og delindikatorerne adderes ikke, som i PBI. Den lokale vurdering af miljøbelastningen i *Landmandsmodellen* kan derfor i visse tilfælde adskille sig fra den overordnede vurdering i PBI.

I *Landmandsmodellen* sker beregningen af de landbrugsøkonomiske konsekvenser ved behandling som merudbyttet. Merudbytteberegningerne er udført med tilgængelige data fra Landsforsøgene for bladlus for perioden 1999-2013, for storknoldet knoldbægersvamp 1998-

2006 og for vindaks 1998-2007. Der er således tilgængelige data for effekterne af alle de tre skadevoldere på merudbyttet. På trods af den relativt store datamængde er usikkerhed på værdien af merudbyttet meget variabel, hvorfor den i modellen kun er vist for Sclerotinia på vinterraps.

Projektet inkluderer første afprøvning af modellen på en brugergruppe (tre landmænd, fire konsulenter) ved en workshop afholdt hos konsulentfirmaet Agrovi, Hillerød. Her blev modellen generelt positivt modtaget og især prognoserne kombineret med vurdering af merudbytte, og miljøkonsekvensvurderingerne blev modtaget særdeles positivt. Landmænd og konsulenter havde en række forslag til forbedringer, hvoraf en del umiddelbart blev implementeret i den nuværende version. Forslag til bl.a. brugerfladen ligger dog uden for sigtet med projektet.

Uanset at udviklingen af Landmandsmodellen har været baseret på udvalgte afgrøde-skadevoldercases, har modelarbejdet haft et generisk sigte, og det forventes, at modellen kan tilpasses til andre cases. Samlet set vurderes den udviklede prototype som et nyt og værdifuldt værktøj til brug ved varsling og udarbejdelse af prognoser for væsentlige skadevoldere, som det efterspørges blandt andet i forbindelse med krav om bæredygtig pesticidanvendelse i dansk landbrug (EU 2009, SEGES 2015) og opfyldelsen af reduktionsmål i Sprøjtemiddelstrategien 2013-15 (Miljøministeriet 2013). Landmandsmodellen inkluderer i den nuværende form en række af de elementer, som anses for relevante for fremtidens beslutningsstøttesystemer jf. Axelsen et al. (2012). De forhold, der ikke er inddraget, er alternative bekæmpelsesmetoder og human sundhed, ligesom der er behov for at tilpasse modellen til en samlet analyse på bedriftsniveau. Disse forhold kan inddrages i fremtidige versioner, især hvis Landmandsmodellen bygges sammen med et større system, der dels inddrager flere marker over flere vækstsæsoner, dels understøtter IPM i en mere helhedsorienteret strategi, der inkluderer både kemisk, biologisk og mekanisk bekæmpelse.

Summary and conclusion

The present project has developed and tested a prototype decision support system (DSS) that can be used in the choice of pest control for important agricultural crops. The system, called *Farmer Model*, includes warning, forecast and prediction of pest development as well as assessment of agro-economic and environmental consequences of alternative pesticide treatments. In the prototype, calculations of predictions, environmental indicators and value of additional yield are available in 6 Excel files. Three crop-pest cases, i.e. aphids and loose silky bentgrass/windgrass (*Apera spica-venti*) both on winter cereals and sclerotinia stem rot (*Sclerotinia sclerotiorum*) on winter oil-seed rape, have been used for development of the prototype.

Compared with former DSSs, the *Farmer Model* predicts pest development in a new way based on stochastic models. Often, farmers feel uncomfortable if they find a potentially onerous pest in crops and will spray pre-emptively. Predictions included in the *Farmer Model* allow assessment of pest development over time and give farmers the opportunity to base the decision on whether to spray on statistical probabilities of the future population size of the pest in question. If the farmer trusts the model, pre-emptive spaying of pest densities not likely to exceed the economic threshold can be avoided. If the farmer postpones the treatment, the model can be used to assess how long the next inspection or monitoring of the pest can be postponed without risking a population increase that may lead to significant yield loss, and the farmer can thus use the model to optimize the monitoring of pests. Availability and quality of monitoring data are critical for the predictions made by the *Farmer Model*. In the current version of the model, the predictions of aphids are highly credible, while the very limited data on sclerotinia stem rot does not allow credibility assessment of the predictions. The current knowledge about the spreading of loose silky bentgrass under growing conditions is too limited to allow assessment of the certainty of the proposed stochastic model as a tool for predictions of the spatial development of the weed.

Assessment of the environmental impact of pest treatment occurs at a local scale in the *Farmer Model*, i.e. for habitats in-field or immediately adjacent to the treated field. Thereby, the farmer has the best opportunity to take conservation of sensitive habitats and high nature value habitats into consideration. The assessment is based on nineteen sub-indicators organized in categories based on place of exposure: in-field, streams, lakes and ponds, terrestrial habitats and groundwater. The environmental impact of alternative treatments is presented for each category by a colour code (red, yellow, green). The colour is determined by the sub-indicator having the highest value, i.e. being most sensitive, rather than the average. This means that a high load on one group of organisms is not down-valued if the load of all other groups of organisms is low. The toxicological data used for the calculation of indicator values in the *Farmer Model* is identical to that used for calculation of the nation-wide pesticide load indicator (PBI), but the *Farmer Model* takes into account the distance to the sprayed field, and the values of the sub-indicators are not added as done for the calculation of PBI. In addition, a number of factors included in the calculation of PBI, e.g. human health impacts, are not part of the current version of the *Farmer Model*. The local assessment of the pesticide load by the *Farmer Model* may, therefore, in some cases differ from the overall assessment of PBI.

The agro-economic assessment of consequences of treatment is calculated as the value of additional yield based on data available from the National Field Trials, minus the treatment cost. For aphids in winter cereals, data covers the period 1999-2013, for loose silky bentgrass on winter cereals it covers the period 1997-2010, and for sclerotinia stem rot on winter oil-seed rape it includes the period 1998-2006. Despite the relatively large amount of data, the uncer-

tainty of the value of additional yield is highly variable, for which reason uncertainty is only shown for sclerotinia stem rot on winter oil-seed rape in the current version of the *Farmer Model*.

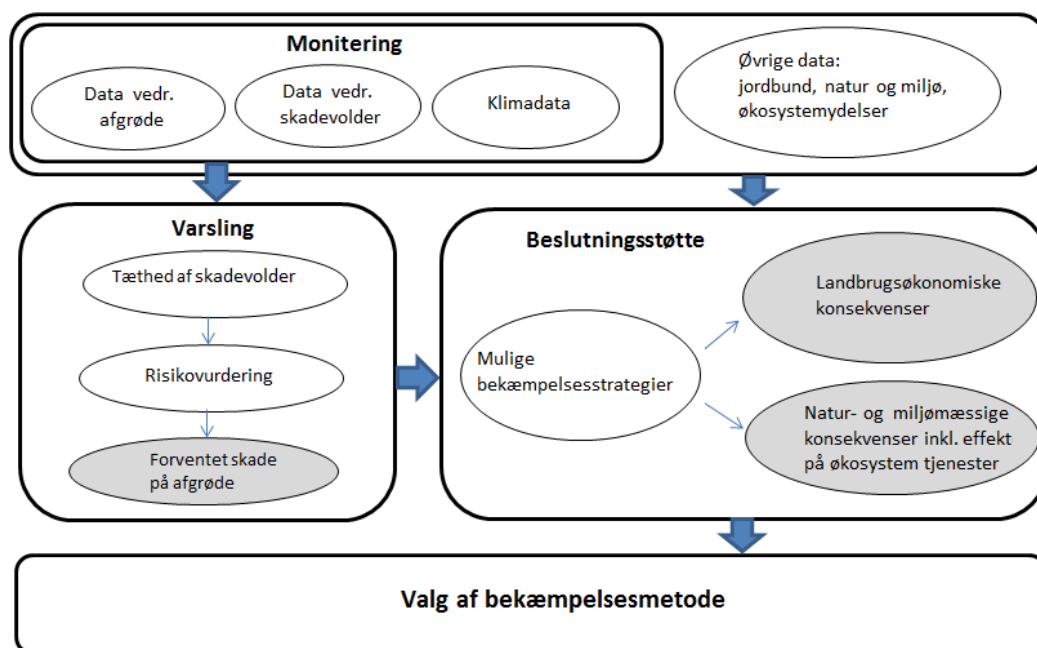
The project included an initial test of the model by a user group (three farmers, four consultants) at a workshop held by the consultant company Agrovi, Hillerød. The model was generally welcomed, and particularly the approach of combining forecast and prediction with agro-economic and environmental consequences of treatment was received positively. Farmers and consultants had a number of suggestions for improvements, some of which were immediately implemented in the current version of the *Farmer Model*. A number of improvements of the user interface were also suggested, which is, however, outside the scope of the present project.

Although the development of the *Farmer Model* has been based on selected crop-pest cases, the model has a generic value, and we expect that the model can be adapted to other cases. Overall, the developed prototype is seen as a new and valuable tool for warning, forecasting and predicting important pests on agricultural crops as demanded among others by the Sustainable Use of Pesticides in Denmark (EU 2009, SEGES 2015) and for the achievement of the targeted reduction of pesticide load in the Pest Management Strategy 2013-15 (Miljøministeriet 2013). In its current version, the *Farmer Model* includes a number of elements considered relevant for future decision support systems by Axelsen et al. (2012). Elements not included in this first version encompass alternative methods for pest control and consequences for human health. In addition, there may be a future need to adapt the model to farm-level assessment. Finally, it may also be possible to build the Farmer Model into larger models that encompass, for instance, assessment for several growing seasons and support IPM by including chemical as well as biological and mechanical pest control.

1. Formål

Formålet med projektet var at udvikle et koncept for et beslutningsstøttesystem til håndtering af angreb af svampe, insekter og ukrudt på landbrugsafgrøder, hvor den statistiske usikkerhed på omfanget af angrebet kvantificeres og anvendes i varslingerne.

Den forventede skade på afgrøden beregnes ved at inddrage monitorings- og klimadata samt populationsbiologiske modeller. I beslutningsstøtten inddrages, hvordan alternative pesticid-behandlinger påvirker natur og miljø, herunder effekten på non-target organismer og økosystemtjenester, således at dette kan ses i sammenhæng med andre bekæmpelsesmiddelsmetoder. Landbrugsøkonomiske effekter såvel som effekter på natur og miljø værdisættes for at muliggøre en afvejning mellem økonomisk gevinst og beskyttelse af natur og miljø (Fig. 1.1).



Figur 1.1. Diagram over modulerne (monitoring, varsling, beslutningsstøtte) i beslutningsstøttesystemet og sammenhængen mellem disse.

Projektmål

At udvikle et koncept for et beslutningsstøttesystem, som giver mulighed for at afgøre, om der skal foretages kemisk bekæmpelse, og dernæst basere valget af bekæmpelsesmetode og tidspunkt på:

- Stokastiske varslingsmodeller, der beregner det forventede omfang af skadesangrebet med angivelse af usikkerhed
- Vurdering af den landbrugsøkonomiske konsekvens af forskellige bekæmpelsesmetoder afhængig af skadesomfang
- Vurdering af effekten af forskellige bekæmpelsesmetoder på natur og miljø

2. Baggrund

Miljøstyrelsen har en målsætning om at reducere sprøjtemiddelbelastningen på sundhed, natur og miljø (Miljøministeriet 2013). Et af indsatsområderne for at nå denne målsætning er anvendelse af IPM-principper på bedriften. Disse inkluderer blandt andet, at "Man overvåger skadevoldere i afgrøderne med passende metoder og værktøjer og bruger varslings-, prognose- og diagnosticeringsmetoder, når det kan lade sig gøre", og at "Man inddrager varslinger, prognoser og grænseværdier, når man tager beslutninger om plantebeskyttelse" (p. 30 i Sprøjtemiddelstrategi 2013-2015). Rammedirektivet for bæredygtig anvendelse af pesticider (2009/128/EF) angiver ligeledes, at skadevoldere skal overvåges og varsles, for så vidt det er muligt.

På trods af ovennævnte samt diverse pesticidplaner viser Bekæmpelsesmiddelstatistik 2013, at såvel pesticidforbruget som den estimerede belastning med pesticider fortsat stiger. Godt nok faldt pesticidbelastningsindikatoren (PBI) fra 5,0 i 2012 til 3,6 i 2013, men i forhold til 2011, hvor PBI var 3,0, er der sket en fortsat stigning (Miljøstyrelsen 2014).

I forhold til denne udfordring mangler der mere helhedsorienterede beslutningsstøttesystemer, der kan understøtte IPM ved at inddrage alternative bekæmpelsesmetoder, vise det aktuelle merudbytte ved sprøjtning samt inddrage påvirkning af natur og miljø (Axelsen et al. 2012). Det er uvist, hvilken effekt det nuværende danske beslutningsstøttesystem har på pesticidforbruget. Da dette system heller ikke vurderer størrelsen af den økonomiske gevinst ved en behandling, giver det ikke grundlag for at opveje økonomisk gevinst imod negative effekter på miljøet. Af hensyn til selve beslutningsprocessen er det således vigtigt, at såvel de landbrugsmæssige gevinster og omkostninger som de miljømæssige konsekvenser beskrives og opgøres og om muligt værdisættes.

Axelsen et al. (2012) peger på, at det danske beslutningsstøttesystem Planteværn Online kun bruges af en lille del af landmændene bl.a. pga. for stort tidsforbrug i forbindelse med indhentning af monitoringsdata, og især for svampesygdomme mangler der monitoringsmetoder. Der er derfor behov for at udvikle troværdige, hurtige og lettilgængelige metoder for monitorering af skadevoldere. Rapporten anbefaler, at biologisk viden om skadevolderne og viden om klimats betydning inddrages i højere grad for at sikre evidensbaseret beslutningsstøtte, hvilket er muligt med de tilgængelige teknikker og modelværktøjer.

Det nuværende danske beslutningsstøttesystem Planteværn Online er baseret på deterministiske modeller, der generelt er sårbare over for mangler i datagrundlag og ikke giver informationer om usikkerheden af deres forudsigelser. Anvendelse af stokastiske modeller vil gøre det muligt at vurdere risikoen for alvorlige skader på afgrøden og dermed sandsynligheden for økonomisk gevinst ved en given bekæmpelse af skadevolderen. Desuden kan sådanne modeller specifikt pege på de mest kritiske mangler i datagrundlaget, hvor en øget indsats vil kunne nedbringe usikkerheden i prognoserne.

3. *Landmandsmodellen* – prototype for nyt MVB-system

I projektet er der udviklet en prototype til beslutningsstøttesystem – *Landmandsmodellen*, som tænkes anvendt af landmænd og konsulenter i forbindelse med valg af sprøjtestrategi. I udviklingen af modellen er der benyttet tre relevante afgrøde-skadevolder-cases: vintersæd-bladlus, vinterraps-storknoldet knoldbægersvamp og vintersæd-vinterannuelt græsukrudt.

Indledningsvis er nuværende landmandspraksis vedr. brug af MVB-systemer og monitoring undersøgt og beskrevet i kapitel 4. Herefter er de cases, som benyttes i udviklingen af *Landmandsmodellen*, grundigt præsenteret i kapitel 5.

Varsling er i *Landmandsmodellen* baseret på prognoser for skadevolderudvikling beregnet ud fra monitoringsdata ved brug af stokastiske modeller. Indledningsvis er de stokastiske modeller præsenteret (kapitel 6), hvorefter modeludvikling samt prognoser for populationsudviklingen for hver afgrøde-skadevolder-case er grundigt præsenteret (kapitel 7-9). Usikkerheden på varslingen er tæt forbundet til monitoringsdata, hvorfor monitoringsindsatsen og de metoder, der benyttes, er afgørende. I kapitel 10 præsenteres eksisterende monitoringsmetoder for de tre skadevoldere, som projektet inkluderer, og en analyse af, hvorvidt effekten af en ændret/intensiveret monitoringsindsats kan estimeres.

Landmandsmodellen er opbygget til at rådgive om konsekvenserne af en valgt bekæmpelse af en udvalgt skadegører – bladlus, storknoldet knoldbægersvamp eller ukrudt – for såvel udbytte som miljø. De økonomiske konsekvenser beregnes som ændringer i nettomerudbyttet (kapitel 11), og miljøeffekterne beregnes som belastningsindikatorer for markfladen, tilgrænsende naturområder og grundvand (kapitel 12).

Til brug for afprøvningen af *Landmandsmodellen* på landmænd og konsulenter er der opsat en brugerflade, udviklingen af denne er præsenteret i kapitel 13, hvorefter brugen af modellen på de tre afgrøde-skadevolder-cases gennemgås (kapitel 14). Endelig præsenteres fokusgruppeundersøgelsen, hvor udvalgte landmænd og konsulenter præsenteres for *Landmandsmodellen* og har mulighed for at afprøve og vurdere værktøjet med henblik på relevans og behovet for tilpasninger i forhold til brugeren.

4. Nuværende landmandspraksis vedr. monitorering og MVB-systemer

Via Axelsen et al. (2012) ved vi, at danske landmænd har en stor efterspørgsel efter sikre varsler for en lang række skadevoldere, men også at MVB-systemer i praksis ikke anvendes i ret høj grad af landmændene i dag. Problemet er fx, at en del landmænd tilsyneladende ikke finder det økonomisk attraktivt at bruge tiden på at monitorere. Axelsen et al. (2012: 113) konkluderer bl.a. "at hvis MVB-systemer skal være et redskab til nedbringelse af pesticidbelastningen, skal det gøres attraktivt at bruge tiden på en monitorering i marken, enten ved at udvikle hurtige og effektive monitoringsmetoder, eller ved at ændre på incitamentet til at bruge tiden på det, eller ved at udlicite opgaven". Dette kapitel refererer først resultater fra nogle tidligere analyser af landmænds og konsulenteres beslutningspraksis vedrørende monitorering og brug af bekæmpelsesmidler. Derefter præsenteres resultaterne af fem kvalitative interviews med landmænd om deres monitoringspraksis og villighed til at øge monitoringsindsatsen mod at få et mere sikkert varsel, som er gennemført i nærværende projekt.

4.1 Analyser af danske landmænds og konsulenteres beslutningspraksis

Der er ingen tvivl om, at mange landmænd har meget travlt, men hvor bruger de tiden? Fra en tidligere repræsentativ spørgeskemaanalyse (1.164 svar fra landmænd i Danmark) af barrierer for en ændret pesticidanvendelse ved vi, at mere end halvdelen af danske landmænd bruger mindst halvdelen af deres tid på husdyr (se tabel 4.1) (Pedersen et al. 2011). For disse landmænd er der ikke så meget marktid tilbage, når behovet for at være i staldene er opfyldt.

Tabel 4.1. Prioriteringen af tid mellem husdyraktiviteter og markarbejde. Kilde: Pedersen et al. 2011.

Hensyn i prioritering	Procent	N=
Udelukkende husdyr	3	37
Mest husdyr	25	295
Lige stort hensyn	33	382
Mest planteproduktion	11	130
Udelukkende planteproduktion	24	276
Ved ikke	4	44
Total	100	1164

Som det også fremgår af tabel 4.1, er det kun 35 % af landmændene, som primært/udelukkende prioriterer deres tid i marken. Det kan således konstateres, at tidsforbruget til monitorering i marken for mange landmænd er i konkurrence med tidsforbruget i stalden. Ydermere er det vigtigt at være opmærksom på, at mange landmænd har et deltids-/fuldtidsjob ved siden af arbejdet på bedriften. Monitoringsopgaver vil derfor for mange landmænd tidsmæssigt være i hård konkurrence med landmandens andre arbejdsopgaver.

Af samme undersøgelse fremgår det, at de fleste landmænd (61 %) træffer beslutning om anvendelse af herbicider på baggrund af deres erfaring med ukrudtsbestanden mere end på en konkret optælling af ukrudt (tabel 4.2). Flertallet af landmændene er med andre ord ikke ude at detailmonitere.

Tabel 4.2. Optælling af ukrudt i kornmarker. Kilde: Pedersen et al. 2011.

	Procent	N=
Ingen ukrudtsoptælling, behandling bygger på kendskab til ukrudtsbestand	61	683
Ukrudtsoptælling i problemmarker	23	251
Ukrudtsoptælling i alle marker med korn	14	161
Ved ikke	2	19
Total	100	1114

Spørger man mere generelt om informationskilder, der danner grundlag for beslutninger om anvendelsen af bekæmpelsesmidler, så betragter landmændene dog egne observationer af ukrudt og generelt kendskab til ukrudtstryk som lige vigtige. Egne observationer i marken er med andre ord vigtige for mange landmænds beslutninger om anvendelse af bekæmpelsesmidler – beslutningen bygger dog ikke nødvendigvis på en detaljeret optælling (Pedersen et al. 2011).

Vedrørende svampe og insekter fremgår det endvidere af undersøgelsen, at her lægger landmændene faktisk større vægt på observationer i marken end på den generelle erfaring. I øvrigt fremgår det også af undersøgelsen, at løbende udmeldinger fra rådgivningstjenesten og markbesøg af konsulenten også er væsentlige informationskilder, som derved kan bruges som supplement/erstatning for egne observationer (Pedersen et al. 2011).

En af hovedkonklusionerne i Pedersen et al. (2011) er, at ca. en tredjedel af landmændene i deres beslutninger om anvendelse af bekæmpelsesmidler lægger mere vægt på hensynet til et højt udbytte i marken end på hensynet til priser på pesticider og afgrøder – disse landmænd optimerer primært på det fysiske udbytte. Omvendt er der en anden gruppe, som udgør ca. halvdelen af landmændene, der har særligt fokus på prislefaktorerne – disse landmænd optimerer især på det økonomiske udbytte. Især for gruppen med det stærkeste økonomiske fokus vil et MVB-system, der kan pege på besparelsesmuligheder på pesticiderne, formentlig være attraktivt (jf. også Axelsen et al. 2012).

Landbrugskonsulenterne kan også være vigtige i forhold til at stimulere landmændenes anvendelse af MVB-systemer. I en spørgeskemaundersøgelse udsendt til samtlige landbrugskonsulenter i Danmark (Pedersen et al. 2014) er det bl.a. undersøgt, hvordan praksis typisk er, når landmand og konsulent i sæsonen diskuterer bekæmpelsesmiddelindsats. Det foregår ifølge 82 % af konsulenterne typisk ved, at konsulenten foreslår en indsats og så diskuterer den sammen med landmanden.

I samme undersøgelse (Pedersen et al. 2014) er det også analyseret, hvordan konsulenterne vægter vigtigheden af forskellige emner vedrørende rådgivning om bekæmpelsesmidler (tabel 4.3). Her er der udbredt enighed blandt konsulenterne om, at det vigtigste er at sikre landmanden størst muligt økonomisk nettoudbytte (scorer 4.7 på en skala fra 1 til 5, hvor 5 er 'meget stor vægt') og at sikre, at landmanden er på forkant med bekæmpelsesmiddelindsatsen i marken, så han undgår problemer senere (scorer 4.5). Af tabel 4.3 fremgår det videre, at konsulenterne i gennemsnit mener, at det er vigtigere, at rådgivningen om bekæmpelsesmidler sikrer, at markerne er rene for ukrudt (scorer 3.8), end at der tages miljøhensyn (scorer 3.4).

Samlet set peger prioriteringen af emner i tabel 4.3 på, at det især vil være vigtigt for udbredelsen af et MVB-system, at det kan anvendes til at minimere omkostningerne.

Tabel 4.3. Konsulenternes vægtning af vigtigheden af forskellige emner i rådgivning om bekæmpelsesmidler. Skala fra 1 til 5, hvor '1' angiver 'ingen vægt', og '5' angiver meget stor vægt (%). Kilde: Pedersen et al. (2014).

Emne	1	2	3	4	5	Ved ikke	Gns. score	I alt %
At sikre det størst mulige økonomiske netto-udbytte	0	0	4	21	74	0	4,7	99
At landmanden skal være på forkant for at undgå store problemer senere	0	0	8	38	55	0	4,5	101
Mit rådgiveransvar	2	3	12	30	51	2	4,3	100
At sikre den størst mulige afgrøde/størst muligt fysik udbytte i marken	0	3	22	38	36	0	4,1	99
Prisen på afgrøden	1	3	14	43	38	0	4,1	99
Markerne skal være rene for ukrudt	1	7	24	48	19	0	3,8	99
Hensyn til landmandens arbejdstid og arbejdets tilrettelæggelse	0	8	23	50	18	0	3,8	99
Prisen på bekæmpelsesmidler	1	7	28	47	17	0	3,7	100
Hensyn til miljøet	2	14	38	35	11	0	3,4	100
En faglig ambition om, at min rådgivning skal få landmanden til at bruge færrest mulige pesticider	7	16	31	31	14	0	3,3	99
Prisen på gødning	9	17	33	30	10	1	3,2	100
Timepris ved vurdering af behov	14	16	38	17	5	11	2,8	101
Prisen på brændstof	17	30	37	11	4	0	2,6	99

En af hovedkonklusionerne i analysen af landbrugskonsulenternes beslutningspraksis er, at: "Fra et forvaltningsmæssigt perspektiv står Miljøstyrelsen med et skisma, fordi man skal administrere en ordning, som betyder, at styrelsen godkender nogle pesticider (i kraft af EU's Pesticidforordning), som man derefter forsøger at begrænse forbruget af. Når et pesticid stemples 'godkendt' af myndighederne, opfatter mange konsulenter og landmænd det således, som om pesticidet ikke har miljøskadelige effekter, hvis retningslinjerne for dosering følges" (Pedersen et al. 2014: side 9). Derfor tages der ofte kun ekstra miljøhensyn, hvis dette hensyn matcher det økonomiske hensyn om at sikre størst økonomisk nettoudbytte. På baggrund af disse resultater må man forvente, at en større monitoringsindsats alt andet lige vil kræve, at landmænd og konsulenter kan se en økonomisk fordel herved.

I den sammenhæng er det vigtigt, hvor sikkert et varsel et MVB-værktøj kan give. Heltoft Jensen et al. (2011) har undersøgt, hvor sikkert et varsel landmænd skal have vedrørende stor-knoldet knoldbægersvamp i raps, for at de vil anvende en varslingsmodel for denne skadevolder. Af de 60 respondenter er der 5 % af landmændene, som slet ikke vil bruge varslings-systemer; 13 % vil bruge det, hvis det er 60-70 % korrekt; 53 % vil bruge det, hvis det er 70-80 % korrekt; 85 % vil bruge det, hvis det er 80-90 % korrekt; og 95% vil bruge det, hvis det er 90-100 % korrekt. Kravene vedrørende præcision vil naturligvis variere med afgrøden og skade-

volderen, men undersøgelsen peger alligevel i retning af et par interessante pointer vedrørende MVB-systemer. For det første behøver et varslingsystem ikke nødvendigvis at give et perfekt varsel hver gang for at blive brugt. For det andet er der stor individuel variation på, hvor sikre varslere de enkelte landmænd kræver af et varslingsystem. Der er forskel på landmænd, hvilket også afspejles i de fem kvalitative interviews, der er gennemført i nærværende projekt, og som er beskrevet nedenfor.

4.2 Fem landmandsinterviews om monitoringspraksis

Fem semistrukturerede kvalitative interviews med landmænd (fire sjællandske, én fynsk) blev gennemført via face-to-face interviews med landmændene ude på bedrifterne i perioden februar-marts 2015 (interviewguide findes i Bilag 1). Formålet var at undersøge deres villighed til at øge monitoringsindsatsen under forudsætning af, at de derved får en mere sikker varslings af tabt merudbytte som følge af skadevolderen. Landmændene blev under interviewene *ikke* præsenteret for *Landmandsmodellen*, som er udviklet i projektet, da formålet var at undersøge villigheden til at øge monitoringsindsatsen. I den afholdte fokusgruppe (se kapitel 15) blev landmænd og konsulenter præsenteret for *Landmandsmodellen*.

Hvert interview varede ca. 45-60 min. Blandt de udvalgte landmænd var der en vis variation på bedriftsstørrelse, om de har anden beskæftigelse og bedriftstype (ren planteavl/svin). Interviewene blev optaget på lydfiler og er efterfølgende blevet gennemlyttet og udskrevet (ekstensivt) (se Bilag 1).

Kvalitative interviews giver mulighed for en dybdegående indsigt i disse fem landmænds synspunkter i forhold til monitoring. Der kan dog af gode grunde ikke generaliseres til den danske landmandsbefolkning på baggrund af fem interviews. Dette ville kræve en kvantitativ analyse, som ville kunne tage udgangspunkt i den indsigt, som er opnået gennem de kvalitative interviews.

4.3 Kort sammenfatning af de fem landmandsinterviews

Monitoring er i hård konkurrence med andre opgaver for landmanden. Det kan dels være andre typer af opgaver på bedriften (typisk arbejdet i stalden), eller det kan være det at skulle passe et deltids-/fuldtidsjob ved siden af landmandserhvervet. Det kom tydeligst til udtryk i interviewet med landmand A, som selv har en bedrift på 130-140 ha ren planteavl, passer 30 ha ekstra for en anden bedrift, sprøjter 75 ha ekstra for en tredje bedrift og samtidig har et fuldtidsjob (37 timer) oven i landmandserhvervet. Han har 'de nemme' afgrøder, som han siger – hvede, raps, byg og rug. For denne landmand er der en praktisk forhindring for monitoring i, at der kun er 24 timer i døgnet. Landmand A følger derfor i ret høj grad sprøjteplanen – opdager han et problem, som ikke er dækket af sprøjteplanen, ringer han og spørger konsulenten. For ham handler det om at gøre det nemt, og derfor træffer han som regel en hurtig beslutning, hvis der er problemer i marken. Nogle gange kører han også selv, hvis han ser, at naboen kører mod en skadevolder. Skal han bruge et system, hvor han kan få en bedre varslings ved at taste sin monitoring ind, så skal det være noget, som er meget brugervenligt – som fx kan køre i en app via telefonen/iPad, men app'en må ikke kræve, at der er netdækning, for det er der ofte ikke ude i markerne, og den skal desuden kunne klare 'store landmandsfingre', som han siger. Det kunne være godt, hvis en app også kunne regne en pesticidtankblanding ud og have overblik over lageret, hvis man stod ude i marken med et område med tidsler. Landmand A mener, at de fleste landmænd kun monitorer det, som de kan se fra traktoren – ergo skal det være et system, hvor man kan taste ind under harvningen om efteråret, hvor der står lidt grønt. Opdager Landmand A noget under sprøjtningen, vil han helst ikke ud af traktoren, fordi 'der er kemi i luften'. Lus kan man jo ikke se fra traktoren ifølge landmanden, så der er han ude at kigge, når der kommer varslings fra konsulentfirmaet. Vindaks har han haft problemer med, så den kører han hårdt mod med græsmidler.

Landmand B har en svinebesætning med 170 ha, hvor selve sprøjtningen er udliciteret til maskinstationen, men landmanden træffer selv alle beslutninger om sprøjtning. Denne landmand bruger 10 % af sin tid i marken. Han går tur i marken med konsulent ca. 3-4 gange i sæsonen og ellers, når der er tid. Desuden er han begyndt på, som noget nyt, at kigge mere på at bringe omkostningerne ned ved ikke bare som tidligere at plansprøjtne – fx sætter han ikke automatisk vækstregulering på og kører ikke nødvendigvis alle planlagte svampesprøjtninger. Han skriver ned på et stykke papir, hvis der står nogle tidsler et sted, men finder, at det ville være godt med et nemt system til at registrere det. Han skriver ind i sprøjteplanen, hvis der er noget, han skal være særligt opmærksom på, og finder, at det ville være fint med varsling på knoldbægersvamp – den har dog ikke givet problemer endnu. Kommer der et lusevarsel, er han ude at kigge i marken, men han synes, det er svært at vurdere lusene – er der store moderlus, er det dog på høje tid ifølge hans vurdering. Med glimmerbøsser og lus skriver konsulentfirmaet i mange tilfælde, hvor mange der skal være pr. plante, for at det bør udløse behandling. Han holder sig meget til kun at kigge efter det, som konsulentfirmaet skriver om. I stalden føler han, at han er eksperten, men i marken vil han gerne have rådgivning. Det kunne ifølge denne landmand være rigtig godt, hvis et beslutningsstøttesystem både kunne give besked om det helt optimale middelvalg og om det optimale valg ud fra, hvad der står på landmandens lager.

Landmand C har ca. 300 ha ren planteavl. Han har desuden et deltidsarbejde, som er fleksibelt i forhold til arbejdet på bedriften. Også for ham afvejes tiden. Når han sprøjter vindaks, sparer han ikke, og der sprøjtes over det hele, for det er for stor en risiko at løbe ikke at gøre det. Denne landmand tror ikke på, at der kan laves et monitoringsystem for vindaks, for de ligger i jorden, og så er det lige meget, hvad vejret siger, for de skal nok komme op. Han finder generelt, at det må være svært med varslingsystemer for ukrudt. Septoria i hvede og insekter er fx meget nemmere, fordi de afhænger af regnvejrskdage. Han tænker, som de andre, meget i at have de rette sædskifter. Han holder meget øje med varsler fra konsulentfirmaet – dog ikke så meget fra kemikaliefirmaerne, for de kan også varsle, selvom det er noget, som er observeret i den anden ende af landet ifølge denne landmand. Han mener, at hvis der skal laves varsler mod Septoria, kræver det, at der bruges lokale vejruddsigter. Ifølge ham køres nogle gange mod lus, selvom man ikke har konstateret dem i marken, hvis de er observeret på en anden bedrift. Og observeres der lus i marken, så er de der, og så kører man. Det samme mener han gælder glimmerbøsserne – er de der, skal man være hård ved dem – et godt varslingsystem mod dem er vigtigt. Snudebiller og skulpegalmug ville det ifølge denne landmand også være godt med varsel mod. Han er ikke altid så god til selv at få indberettet, når der opdages noget.

Landmand D har ca. 90 ha ren planteavl og et fuldtidsarbejde ved siden af. Han føler ikke, at det er tidsmæssig konkurrence – man må bare tage den tid, det tager. Han kører med en del specialafgrøder, fordi der er god økonomi i det. I år har han syv afgrøder på de 90 ha, bl.a. spinat og hestebønne. Han har ikke haft raps de seneste tre år, fordi det ikke er godt sammen med spinat i sædskiftet. Denne landmand reagerer på varsler fra konsulentfirmaet. Han kan godt finde på at ringe til konsulenten og sige: "Nu er der seks glimmerbøsser pr. plante – skal jeg gøre noget?" De sidste 1-2 år, hvor han havde raps, sprøjtede han ikke. Han har taget et kursus om insekter – nogle af de insekter, der gnaver, er ifølge landmanden faktisk rigtig gode for afgrøden, fordi de giver bedre bestøvning. Han er spændt på at have hestebønner som noget nyt, for i den afgrøde er der andre insekter. Landmanden lader generelt til at være meget vidende om insekterne. Han lytter til luseskadetærskler fra konsulentfirmaet og er selv ude at tælle. Vedrørende frøproduktionen så skal han følge beslutningerne fra frøavlsfirmaet jf. kontrakten. Siger frøavlsfirmaet, at der er lus, og at man skal køre, så skal man køre ifølge landmanden. Spinaten er den eneste afgrøde, hvor han følger planen helt slavisk, for spinatavlskonsulenten har lavet det samme de sidste 25 år, så ham stiller man ifølge landmanden ikke spørgsmål til, når han siger, at nu skal der sprøjtes. Vindaks har han begyndende, men kan holde dem nede med Monitor eller Broadway. Han har haft nogle problemer med ager-

padderok, men fandt ud af, at det kunne kalkes væk fremfor at bruge kemi. Han synes, det er 'fedt', hvis man ikke har brugt hele pesticidlageret, når året er omme, men vejret spiller også ind.

Landmand E har en lille svinebedrift på 110 ha på Fyn (de andre bedrifter ligger på Sjælland). Han føler ikke, at tiden i stalden konkurrerer med marktid, for det er bedst at sprøjte kl. 4.00-7.00 eller efter 19.00. Han har været i alt 60 år på bedriften. Han har mange forskellige afgrøder – bl.a. en del til frøproduktion. Det er begrænset, hvor mange skadevoldere der er i dem, når de er sået ordentligt. Denne landmand radrenser. Han havde problemer med skulpesnudebiller sidste år i en gul pak choi mark. Han sprøjtede ikke mod lus sidste år, for der var ikke så mange lus, at han syntes, at det kunne betale sig – men nogle andre landmænd kan ikke tåle synet af dem ifølge denne landmand. Holder man sig til de officielle skadetærskler, mener han ikke, at det går helt galt. Er der startet et luseangreb, og skal man ud at køre, vil det dog være dumt ikke at tage et lusemiddel med ifølge landmanden. Han bygger sin vurdering meget på mavefornemmelse, kombineret med vejret, og er dagligt ude at tjekke i markerne. Bedriften ligger ifølge landmanden fint i forhold til behandlingsindekset, men det er også, fordi jorden er god – en god afgrøde etableret i god jord konkurrerer bedre med ukrudtet. Det hele handler om økonomi ifølge landmanden. Er der ikke god økonomi i det, sprøjter man ikke. Derfor betyder lagerbeholdningen også noget for middelvalg. Vindaks er ifølge ham ikke et problem på egnen grundet den gode jord. Han tror ikke, at et monitoringsystem vil ændre så meget for ham, for han har alligevel sin daglige gang i marken. Behandlingen i bedriftens frøafgrøder styres af frøavlskonsulenterne. Han sprøjter ikke mod svampe i raps, for over en 10-årig periode jævner økonomien sig ud, og det har hidtil været svært at varsle.

4.3.1 Faktorer af betydning for villigheden til at monitere – sammenfatning

Som nævnt kan der ikke generaliseres til hele den danske landmandspopulation på baggrund af fem kvalitative interviews. De fem interviews giver en dybdegående viden om, hvad disse landmænd mener om monitering, og de peger på en række faktorer, som har betydning for en eller flere landmænd i Danmark. Man kan dog have en formodning om, at faktorerne også vil have en betydning for andre landmænd, men det vil kræve en kvantitativ undersøgelse at afdække. Faktorer, som har en betydning:

- Tid er en knap ressource: De fleste landmænd er under tidspres, men der er variation i presset og oplevelsen af dette. Landmænd, der har husdyr og/eller fuld-/deltidsarbejde ved siden af arbejdet på bedriften, har alt andet lige dårligere tid til at monitere og har også en del af deres fokus på andre dele af bedriften. Er man under hårdt tidspres, vil der være en tendens til, at man også gerne vil træffe hurtige beslutninger, og her kan monitering være en tidsrøver ifølge landmændene. Skal et beslutningsstøttesystem finde anvendelse, kræver det derfor formentlig for de fleste landmænd, at de meget direkte kan se en (økonomisk) nytte af at anvende det, da de i modsat fald ikke vil investere deres sparsomme tid i det (se også Axelsen et al. 2012).
- Bedriftens pesticidlager: Det er som regel bedst for økonomien, hvis landmanden kan bruge det bekæmpelsesmiddel, han allerede har på lager. Derved kan 'optimalt middelvalg' komme i konflikt med, 'hvad der står på lager'. Vedrørende de pesticider, som er købt til lager via en hovedordre, så får landmændene ofte forhandlet en generel rabat på bestillingen, når de lægger den ind.
- Konsulentens råd: For de fleste af de interviewede landmænd er konsulentens råd meget vigtige, men der er individuelle forskelle. Som den ene af de interviewede landmænd siger, så er han selv eksperten i stalden, mens konsulenten er eksperten i marken. Omvendt har andre landmænd (især dem med ren planteavl) oftere deres gang i marken og sætter måske i det hele taget højere pris på det at være ude at vurdere i marken.
- Generelle varslinger fra konsulentfirmaer, maskinstation, kemikaliefirmaer, naboer osv.: Varslinger modtages i dag ofte via sms/e-mail. Den type varslinger får tilsyneladende ofte

landmanden til at monitere og/eller sprøjte. Nogle landmænd er sjældent proaktive i forhold til at opdage problemer i marken – de reagerer primært, hvis der kommer besked om en skadevolder via sms eller en snak med naboen osv. Nogle skadevoldere er umulige at monitere ifølge en landmand (fx Septoria i hvede), så der kører man kun på varsel fra konsulentvirksomhederne.

- Frøavlskontrakter: Er ofte meget detailstyrede med hensyn til, hvor meget og hvornår der skal sprøjtes. Følger landmanden ikke planen, risikerer han at bryde kontrakten. Den type kontrakter giver derved dårligt handlingsrum til individuelle beslutninger om fx at vente med en sprøjtning, køre med reduceret dosis, middelvalg osv.
- Økonomi: Et overordnet indtryk er, at for flere landmænd gælder det, at skal landmanden bruge mere tid på at monitere, så skal han kunne se en klar økonomisk fordel ved det (se også Axelsen et al. 2012). I den forbindelse kan den omlagte (og forhøjede) pesticidafgift måske have betydet, at landmændene har fået mere fokus på udgifterne til bekæmpelsesmidler, hvilket i givet fald måske kan fremme monitoringen. Den ene af landmændene nævner, at han tidligere har plansprøjtet en del, men nu har fået mere fokus på økonomien, så han ikke bare plansprøjter uden videre – han nævner dog ikke specifikt, at det skyldes pesticidafgiften.
- Sædskifter: Landmændene har meget fokus på vigtigheden af sædskifter som middel til at holde skadevolderne nede.
- Brugervenlighed: Et beslutningsstøttesystem skal rent teknisk kunne fungere meget brugervenligt (se også Axelsen et al. 2012) fx i form af en app, som kan bruges med 'store landmandsfingre', som en af landmændene beskriver det, og som meget gerne også kan holde styr på pesticidlageret. App'en må ikke være afhængig af at kunne gå på internettet, når man er ude i marken, da der er dårlig dækning mange steder.
- Landmænd er forskellige: Der er forskel på landmændene som typer. Landmand D (planteavler) og E (svineavler) lader fx til at være ude at monitere mere præcist end de tre andre, selvom D har et fuldtidsarbejde og E en svinestald ved siden af. De lader til at spare mere på pesticiderne, og D går meget op i viden om de forskellige insekter. Omvendt synes Landmand B (svineavler) fx, at det er svært at vurdere lusene, og landmand A (planteavler) er som nævnt under stærkt tidspres og monitorer derfor kun oppe fra traktoren. Landmænd kan selvfølgelig også skifte prioriteter – Landmand B, som tidligere plansprøjtede en del, har fået mere fokus på, at det kan være negativt for bedriftens økonomi bare at plansprøjte. Endelig kan der være aldersbetingede forskelle – blandt de ældre landmænd er der, sammenlignet med yngre generationer, flere, som ikke er interesserede i at sidde bag en computerskærm for fx at indrapportere monitoringsdata.
- Tolerancetærskler/risikovillighed: Der er forskel på landmændenes tolerancetærskel i forhold til skadevolderne. Nogle sprøjter straks, når de har konstateret lus, mens andre er mere afslappede og venter med at køre mod dem, til angrebet er hårdere.
- Praktiske hensyn: Praktiske hensyn kan have en betydning for monitoringen. Skal man alligevel ud at køre med et andet bekæmpelsesmiddel, smider man måske et lusemiddel i tanken også, hvis der er observeret lus i området eller begyndende lus i marken, så man ikke skal ud at køre to gange.
- Vindaks har de interviewede generelt lidt svært ved at se en varslings mod – er vindaks først detekteret i afgrøden, er der en tendens til, at der sprøjtes mod den.
- Knoldbægersvamp er der ringe erfaring med blandt de interviewede. En af de interviewede nævnte dog, at det kunne være godt med et varslingsystem mod den. En af landmændene nævnte, at han ikke sprøjter mod svamp i raps, for den er svær at varsle, og set over en 10-årig periode jævner økonomien sig ud – det, som man taber ved et svampeangreb, henter man ind igen ved de sparede pesticidudgifter i de år, hvor der ikke er angreb.
- Lus: Der er formentlig nogle, som vil bruge et beslutningsstøttesystem mod lus, mens andre sandsynligvis vil fortsætte med at køre mod den i de tilfælde, hvor konsulenterne varsler lus i området, naboen kører mod lus, eller de selv observerer lus i marken.

Uanset at udviklingen af Landmandsmodellen har været baseret på udvalgte afgrøde-skadevoldercases, har modelarbejdet haft et generisk sigte, og det forventes, at modellen kan tilpasses til andre cases. Samlet set vurderes den udviklede prototype som et nyt og værdifuldt værktøj til brug ved varsling og udarbejdelse af prognoser for væsentlige skadevoldere, som det efterspørges blandt andet i forbindelse med krav om bæredygtig pesticidanvendelse i dansk landbrug (EU 2009, SEGES 2015) og opfyldelsen af reduktionsmål i Sprøjtemiddelstrategien 2013-15 (Miljøministeriet 2013). *Landmandsmodellen* inkluderer i den nuværende form en række af de elementer, som anses for relevante for fremtidens beslutningsstøttesystemer jf. Axelsen et al. (2012). De forhold, der ikke er inddraget, er alternative bekæmpelsesmetoder og human sundhed, ligesom der er behov for at tilpasse modellen til en samlet analyse på bedriftsniveau. Disse forhold kan inddrages i fremtidige versioner, især hvis *Landmandsmodellen* bygges sammen med et større system, der dels inddrager flere marker over flere vækstsæsoner, dels understøtter IPM i en mere helhedsorienteret strategi, der inkluderer både kemisk, biologisk og mekanisk bekæmpelse.

5. Cases til brug for udviklingen af Landmandsmodellen

I projektet har vi arbejdet med følgende tre afgrøde-skadevolder cases:

Case 1: Vintersæd – bladlus

Case 2: Vinterraps – storknoldet knoldbægersvamp.

Case 3: Vintersæd – vinterannuelt græsukrudt

Udvælgelsen er baseret på anbefalingerne i Axelsen et al. (2012) i forhold til, hvor beslutningsstøttesystemer generelt vil være mest anvendelige, og omfatter således afgrøder, der dækker store arealer (vintersæd og vinterraps), hvor bekæmpelsen af skadevolderen medfører høj pesticidbelastning (fx kornafgrøder og raps), og desuden afgrøder, som er repræsentative for forskellige typer af monitoringsdata samt dækker variationen i skadevolderes livshistorier og migrationsmønstre (planter, svampe, insekter). Endelig har det også været et væsentligt kriterium, hvorvidt et forbedret beslutningsstøttesystem må formodes at kunne føre til en reduktion i pesticidbelastningen. Nedenfor følger en detaljeret beskrivelse af de valgte cases.

5.1 Vintersæd – bladlus

Vinterafgrøder af korn udgjorde i 2015 ca. 32 % af det samlede landbrugsareal og i 2016 ca. 29 % (Danmarks Statistik 2016). Der findes tre bladlusearter, som er skadedyr på korn i Danmark. Det er havrebladlusen (*Rhopalosiphum padi*), kornbladlusen (*Sitobion avenae*) og græsbladlusen (*Metopolophium dirhodum*). De tre arter behandles ofte samlet ved monitoring og varsling.

Forekomsten af bladlus varierer meget fra år til år, hvilket betyder, at de nogle år gør økonomisk skade, andre år ikke. Det er normal praksis blandt mange landmænd at foretage en præventiv bekæmpelse af bladlus, på samme tid som man foretager fungicidbehandling i slutningen af maj eller begyndelsen af juni ved at tilsætte insekticid til tanken (tankblanding) (Axelsen et al. 2012). Mange af disse præventive behandlinger vil kunne undgås ved anvendelse af et pålideligt beslutningsstøttesystem, der kan forudsige luseangreb 2-3 uger ud i fremtiden (Axelsen et al. 2012).

Klimatiske forhold er afgørende for udviklingen af bladlus. Temperaturen er ligesom for alle andre vekselvarmeorganismer (fx insekter, spindlere, krybdyr, svampe og planter) afgørende for bladlusenes væksthastighed og reproduktionshastighed og derfor også for deres populationsudvikling. Således stiger udviklingshastigheden op til 20, 22,5 og 25 °C for henholdsvis græsbladlus, kornbladlus og havrebladlus, hvorefter den falder til nul ved 30 °C, hvor nymferne dør (Dean 1974). Nedbør er en af de betydelige mortalitetsfaktorer for bladlus og spiller en rolle både på vinterværten og i kornmarkerne (Mann et al. 1995). Regn, og specielt regn kombineret med blæst, forårsager, at en stor del af bladlusene falder af værtsplanten, hvor de under markforhold kan have svært ved at finde op på en ny værtsplante og under søgningen vil være udsat for prædation fra især edderkopper og biller (Sunderland et al. 1986).

Der er en lang række arter, som spiller en rolle for naturlig regulering af bladlus i kornmarker (Sunderland et al. 1987). De vigtigste naturlige prædatorer i danske kornmarker er tæppespindende edderkopper, løbebiller, rovbiller, mariehøns, svirrefluelarver, guldøjelarver og bladlus-specifikke snyltehvepse. Heraf er de tre første generelle prædatorer, som lever af mange forskellige byttedyr, mens de sidste fire er bladlusspecialister, som overvejende ernærer sig af

bladlus. Generalisterne findes i marken, upåagt om der er bladlus til stede eller ej, og vil være afhængige af alternativt bytte for at opretholde en populationsstørrelse, der spiller en rolle for naturlig regulering af bladlus. Hvis der er nok alternativt bytte i marken, vil der være en betydelig population af disse generelle prædatorer i slutningen af maj/starten af juni, når bladlusene flyver ind fra vinterkvarterene/vinterværterne. Dette spiller utvivlsomt en rolle for populationsudvikling hos bladlus, da de generelle prædatorer, som lever på jordoverfladen, vil prædere på de bladlus, der falder af stråene i tilfælde af regn og blæst, eller som ikke lander direkte på stråene ved ankomsten. Den største effekt vil komme i de tilfælde, hvor prædatorerne "nedlægger" en "stem mother", som ellers ville give ophav til mange generationer af parthenogenetiske hunner i ugerne efter ankomsten.

Indflyvningen er bedst kendt for havrebladlusen, der klækker i det tidlige forår på vinterværten (Almindelig hæg – *Prunus padī*), hvorpå den gennemfører 2-4 parthenogenetiske generationer, inden den i slutningen af maj og starten af juni udvikler en vinget generation, der flyver til sommerværten, dvs. kornmarkerne. Tidspunktet for indflyvningen i kornmarken, der kan ske over op til 2-3 uger, afhænger af både temperatursummen siden klækning og tætheden på vinterværten og er velbeskrevet af Hansen (2003) og Nielsen (1991). Der findes ikke tilsvarende gode beskrivelser af indflyvning for kornbladlus og græsbladlus.

Behandlingshyppigheden for insekticider i vintersæd i Danmark var i 2014 på 0,10 (ud af samlet pesticidbehandlingshyppighed på 2,73), fladebelastningen var 0,08 (samlet 1,95 for vinterkorn), og belastningsindekset pr. ha var på 0,77 (samlet belastningsindeks på 0,69 for vinterkorn) (Miljøstyrelsen 2015). De tilsvarende tal for 2010 var en behandlingshyppighed med insekticider i vinterkorn på 0,38 (3,00 i alt for vinterkorn), en fladebelastning for insekticider i vinterkorn på 1,06 (4,65 i alt for vinterkorn) og et belastningsindeks på 2,82 (1,78 for alle midler i vinterkorn) (Miljøstyrelsen 2012). Langt den største del af insekticidbehandlingerne i vintersæd er rettet imod bladlus, da de øvrige skadedyr i vintersæd ret sjældent forekommer i betydelige tætheder. Tallene ovenfor kan dermed anses for retningsgivende for behandlingshyppigheden/belastningen af behandlinger imod bladlus i vintersæd i Danmark. Angrebsgraden af bladlus varierer imidlertid meget mellem årene.

Årene 2014 og 2010, hvor ovennævnte tal vedr. behandlingshyppighed stammer fra, repræsenterer ifølge Registreringsnettet (www.landbrugsinfo.dk) ikke 'bladlus-år', hvorfor relativt mange behandlinger, der blev foretaget, har været af forbyggende karakter. Det kan imidlertid ikke udelukkes, at disse 'præventive behandlinger' kan have været medvirkende til at undgå større forekomst. Der er dog ingen tvivl om, at der i "bladlusår" bliver bekæmpet betydeligt mere end i 2007 og 2010.

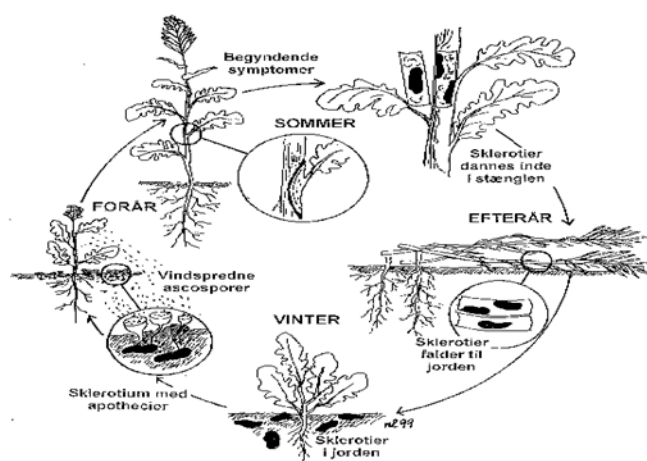
Der findes en række godkendte insekticider til bekæmpelse af bladlus i korn (se tabel 12.4). Ifølge landbrugets rådgivningstjeneste bør man ved bekæmpelse af bladlus anvende de specifikke bladlusmidler, fordi de skåner nyttedyrene. Ved sprøjtning med pyrethroider skal der sprøjtes uden for biernes flyvetid (kl. 21.00 - 03.00 dansk normaltid). Ved valg af sprøjteteknik skal der tages hensyn til bladlusenes placering. I hvede er bladlusene lette at bekæmpe, da de sidder i aksene. Meget kraftige angreb kan være svære at bekæmpe med pyrethroider. Desuden tyder engelske observationer på, at bladlusene kan blive resistente over for pyrethroider (Foster et al. 2014).

5.2 Vinterraps – storknoldet knoldbægersvamp

I 2014 udgjorde vinterrapsarealet godt 6 % af det dyrkede areal svarende til 164.200 ha (Danmarks Statistik, 2015). Sygdommen storknoldet knoldbægersvamp forårsaget af svampen *Sclerotinia sclerotiorum* giver i visse år store udbyttetab i vinterrapsen. Ifølge Haastrup et al. (2007) har der i Danmark siden midten af 90'erne været kraftige angreb i slutningen af 90'erne, 2002 og 2007. Der blev kun set svage angreb i årene 2008, 2009 og 2011, mens der i 2010 blev noteret moderate angreb, dog i flere marker udbredte angreb (Haastrup et al. 2008-

2011). I 2012 og 2013 var knoldbægersvampangreb overvejende svage, men der blev i flere marker noteret kraftige angreb (Haastrup et al. 2012, Pedersen et al. 2013). I 2014 var angrebene mere udbredte, og flere marker havde relativt kraftige angreb sammenlignet med tidligere år, og der blev opnået sikre nettomerudbytter for svampebekæmpelse på op til 15 hkg pr. ha (Pedersen et al. 2014). Angreb af storknoldet knoldbægersvamp varierer således både fra år til år og mellem marker i forskellige regioner inden for det enkelte år. Denne variation gør det relevant at anvende varslings- og beslutningsstøttesystemer i bekæmpelsen af sygdommen.

Storknoldet knoldbægersvamp er en monocyklisk sygdom med forholdsvis få trin i cyklen: Overvintrende sklerotier spirer med små lysebrune stilkede apothecier, hvorfra ascosporer spredes med vinden til modtagelige planter. Spiringen kan ske fra april til først i juni, og hvert apothecium kan producere ascosporer i over en uge. Nogle sklerotier kan danne apothecier to til fire gange. Ca. en uge efter infektion udvikler planterne symptomer, der ses som hvidgrå misfarvninger på stænglen og sorte 2-20 mm store uregelmæssige sklerotier inden i stænglerne omgivet af hvidt mycelium.



Figur 5.1. Storknoldet knoldbægersvamps sygdomscyklus (tegning: N. Leroul). (ref: Stockmarr et al. 2000)

Gunstige betingelser for angreb varierer hen over sæsonen og kan således karakteriseres for følgende tre stadier:

A: Sklerotiespiring med apothecier: kuldeperiode efterfulgt af jordtemperaturer på 7-10 °C, høj lysintensitet og høj jordfugtighed i 1-2 uger (Bolton et al. 2006, Clarkson et al. 2003, Clarkson et al. 2004, Sun and Yang 2000).

B: Ascosporefrigørelse og -spredning: blæsende og tørt efter en forudgående nedbørsperiode (Bolton et al. 2006). De fleste sporer lander tæt på frigørelsesstedet, men kan også føres med vinden til nabomarker (Rimmer et al., 2007).

C: Ascosporespiring og infektion: tilstedeværelse af organisk materiale (kronblade), lang blomstringsperiode, nedbør, relativ luftfugtighed over 95 % eller vand på bladoverfladen i 16-24 timer (Rimmer et al. 2007, Clarkson et al. 2004).

Desuden er planter i dårlig vækst, planter med lav genetisk resistens eller planter i en tæt afgrøde mere modtagelige end planter i god vækst med høj grad af resistens. Behandlingshyppigheden for fungicider i raps i 2014 var 0,54 svarende til ca. 1 % af den samlede pesticidbelastning (Miljøstyrelsen 2015). I 2011, 2012 og 2013 var de tilsvarende tal hhv. 0,39 (1 %), 0,59 (1 %) og 0,77 (2 %). Sammenlignes behovet for behandling målt som procent angrebne planter i juli og behandlingshyppigheden, er der ingen sammenhæng. Det forventes, at det med et robust varslingsystem vil være muligt at reducere belastningen i år med små og sporadiske angreb.

Der er en række fungicider, der effektivt bekæmper storknoldet knoldbægersvamp i raps, forudsat at sprøjtningen foretages, når rapsen er i fuld blomstring (vækststadium 65) (Se Tabel 12.3). Der findes også alternative foranstaltninger til forebyggelse af storknoldet knoldbægersvamp, men ingen af dem resulterer i 100 % sunde afgrøder. Den væsentligste kulturtekniske foranstaltning er *sædskitte* med 3-4 år mellem modtagelige afgrøder (Jensen og Nielsen (2003) ifølge Heltoft Jensen (2010) og Koch et al. (2007)). Der skal anvendes *sundt frø* uden sklerotier (Rimmer et al. 2007). Sklerotier kan også fjernes fra jordoverfladen ved *pløjning* (Sharma et al. 2015), men må ikke pløjes op igen (ADAS and BASF 2008). Et fugtigt mikroklima kan hindres med *moderat udsædsmængde*, *moderat N-mængde* og *passende rækkeafstand* (Twengström et al. 1998, Bom and Boland 2000). SEGES anbefaler et plantetal på 40-50 planter pr. m² og en kvælstoftildeling tilpasset efter forfrugt, jordtype, såtidspunkt og tilførsel af husdyrgødning i de foregående år (<https://www.landbrugsinfo.dk/planteavl/plantevaern/ipm/sider/startside.aspx>). Endelig skal eventuelle *alternative værtsplanter* (fx ært, gulerod og ukrudtsplanter) fjernes. Nogle rapssorter har partiel resistens mod storknoldet knoldbægersvamp, men ingen sorter på markedet har fuldstændig resistens (Taylor et al. 2015). Der er godkendt et *mikrobiologisk middel* (*Contans med aktivstof Coniothyrium minitans*), der kan indarbejdes i jorden før såning (Vejledning i Planteværn 2013), men det anvendes i praksis ikke i raps (Miljøstyrelsen 2015). Kemisk bekæmpelse og kulturtekniske foranstaltninger er beskrevet mere indgående i Bilag 2.

5.3 Vintersæd – vinterannuelt græsukrudt

Vinterafgrøder af korn udgør ca. 30 % af det samlede landbrugsareal (Danmarks Statistik 2016). Vinterannuelt græsukrudt som fx agerrævehale og vindaks udgør et stort og tabsvoldende problem i vintersæd (fx Melander et al. 2008). Kornart, såtidspunkt, udsædsmængde og jordtemperatur er forhold, som har afgørende betydning for problemets omfang (Deike et al. 2008, Melander 1993, 1995, Melander et al. 2008), hvilket gør det relevant at anvende varslings- og beslutningsstøttesystemer i forbindelse med bekæmpelsen af vinterannuelt græsukrudt i vintersæd.

Problemet med vinterannuelle græsukrudsarter, herunder især vindaks, er stigende. I den seneste monitoring af ukrudt i danske sædskiftemarker, som blev gennemført i årene 2001-04, forekom vindaks i 15,8 % af de undersøgte vinterhvedemarkerne og 26,8 % af vinterrugmarkerne, hvilket skal sammenholdes med forekomster på henholdsvis 2,6 og 6,8 % ved den forrige ukrudtsmonitoring i årene 1987-89 (Andreasen and Stryhn 2008). Agerrævehale vurderes også at være et stigende ukrudtsproblem, men denne ukrudsart er i modsætning til vindaks primært et problem på de bedre lerjorde og i kystnære egne, hvor klimaet er mildere.

Som følge af de vinterannuelle græsukrudsarters udbredelse og indflydelse på udbyttet er der udført et meget stort antal forsøg med kemisk bekæmpelse, og der foreligger derfor detaljeret viden om herbiciders effekter hos både SEGES (tidligere Videncentret for Landbrug) og Aarhus Universitet. Endvidere er der udført en del forsøg, hvor effekten af kulturtekniske tiltag såsom sen såning og øget udsædsmængde er undersøgt (Melander 1993, 1995, Melander et al. 2008), hvorimod effekten af mekaniske bekæmpelsesmetoder er mindre veldokumenteret. I to forskningsprojekter finansieret henholdsvis via Miljøstyrelsens Pesticidforskningsprogram (Integreret ukrudtsbekæmpelse i landbrugsafgrøder, projektleder: Per Kudsk, AU) og GUDP

(Integreret plantebeskyttelse, projektleder: Poul Henning Petersen, SEGES) undersøgte klimaets indflydelse på henholdsvis spirehvilens i det producerede frø samt temperaturens indflydelse på fremspiringen i efteråret. Forsøgene viste, at spirehvilens i det producerede frø ikke var påvirket af temperaturforholdene i modningsperioden; derimod blev der fundet en god sammenhæng imellem jordtemperaturen og fremspiring i efteråret. Disse resultater tyder på, at der vil kunne udvikles modeller, som kan prædiktere fremspiringsmønsteret hos græsukrudt i vintersæd, hvilket kan bidrage til en forbedret timing af såvel kemisk som ikke-kemisk bekæmpelsestiltag.

Der findes en række godkendte midler til bekæmpelse af vindaks (se Tabel 12.2), og ud over kemisk bekæmpelse kan flere dyrkningsmæssige tiltag indgå i bekæmpelsen, se i øvrigt Bilag 2.

Behandlingshyppigheden for herbicider i vintersæd har i de senere år varieret fra ca. 1,3 til ca. 1,6. I 2014 udgjorde behandlingshyppigheden for herbicider i vintersæd 22 % af den samlede behandlingshyppighed for pesticider og 42 % af den samlede behandlingshyppighed for herbicider, dvs. herbicidforbruget i vintersæd udgør en væsentlig del af det samlede pesticidforbrug (Miljøstyrelsen 2015). Den udbredte forekomst af vinterannuelt græsukrudt er en væsentlig årsag til det store forbrug af herbicider af i vintersæd. Målt med den nye pesticidbelastningsindikator udgør herbiciderne i vintersæd ca. 20 % af den samlede pesticidbelastning (Miljøstyrelsen 2015).

6. Stokastiske populationsmodeller for skadevoldere

Det nuværende danske beslutningsstøttesystem Planteværn Online er baseret på deterministiske varslingsmodeller, der ikke giver kvantitativ information om usikkerheden af dets forudsigelser. Generelt gælder det, at forudsigelser bliver mere troværdige, hvis forskellige typer af usikkerheder er henholdsvis vurderet og hvis muligt estimeret. Det forudsættes i nærværende projekt, at det er afgørende for beslutningsstøttesystemets troværdighed, at usikkerheden i sammenhænge mellem afgrøde, skadevolder og andre vigtige faktorer, fx vejr, beskrives. I modsætning til eksisterende beslutningsstøttesystemer har vi i dette projekt udviklet et generisk system baseret på stokastiske modeller, hvor sandsynlighedsfordelingen af et skadesangreb er estimeret. Afhængig af skadevolderens populationsbiologi, fx generationstid og spredningspotentiale, vil forskellige aspekter af skadevolderens biologi være kritisk i forbindelse med evt. varslings. Dette medfører, at forskellige stokastiske modeller og monitoringsdata vil være relevante for forskellige skadevoldere, og derfor undersøges tre forskellige cases, som tilsammen dækker et bredt og repræsentativt udsnit af forskellige skadevolderes livsstrategier.

Der er valgt to forskellige modeltyper til at behandle de undersøgte cases. Valget af modeltype er truffet med baggrund i den viden, som eksisterer vedrørende den pågældende case samt de tilgængelige data. For bladlus findes tidsseriedata og viden om, at graddage styrer populationsudviklingen, hvorfor det giver mening at modellere væksten over en sæson som en funktion af antal graddage, se i øvrigt kapitel 7. For storknoldet knoldbægersvamp findes kun data fra to tidspunkter, og der er derfor valgt en hierarkisk model med en relativ simpel og robust procesligning. Der eksisterer for nuværende ikke tilstrækkelig viden vedr. svampens biologi til at retfærdiggøre en mere specifik model for udviklingen af svampen med de muligheder for strukturelle usikkerheder, dette vil give, se i øvrigt kapitel 8. For ukrudt er der desværre ikke relevante data, se kapitel 9, men foreløbigt antager vi, at man kan bruge samme modeltype som for storknoldet knoldbægersvamp.

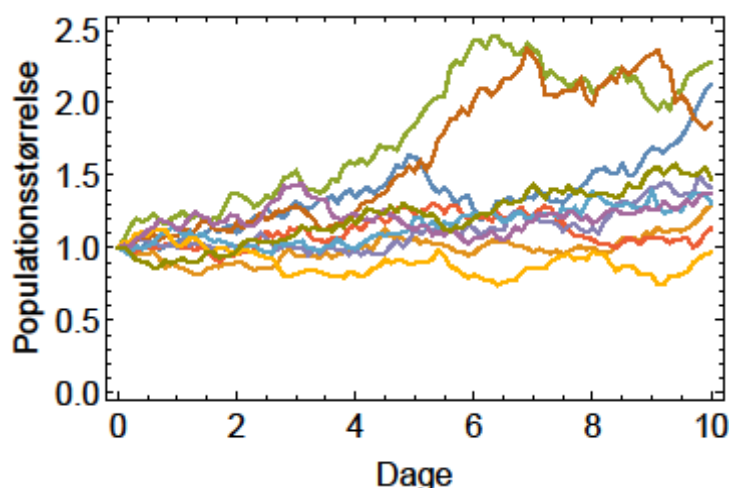
Ved hjælp af de forskellige stokastiske modeller er det muligt at undersøge, i hvilken udstrækning nye data eller data med større opløselighed i tid og rum (fx ved udbygning af dataindsamlingen i Registreringsnettet) kan bidrage til at bedre skadesprognoser ved at begrænse usikkerheden på forudsigelsen. Derved vil brugeren af *Landmandsmodellen* (landmand og/eller konsulent) opleve, at indsamling af flere og bedre monitoringsdata vil kunne reducere usikkerheden i prognoserne og dermed også bidrage til bedre beslutningsstøtte jf. Axelsen et al. (2012). I projektet har vi undersøgt bladluspopulationens udvikling over tid, hvilket er implementeret i prototypen af *Landmandsmodellen*, således at det hjælper landmanden med ikke bare at beslutte, hvorvidt behandling er påkrævet, men også hvornår en efterfølgende monitoring skal foretages, hvis der ikke behandles (se i øvrigt kapitel 14.1).

7. Stokastisk populationsmodel for skadevolder med flere generationer pr. sæson – bladlus i vintersæd (Case 1)

Formålet er at beskrive udviklingen af et skadeangreb på baggrund af data fra en startmonitoring, hvor den initiale lokale angrebsthæthed bestemmes. Rationalet bag den anvendte stokastiske model er at modellere den gennemsnitlige populationsvækst og usikkerheden på denne i en simpel stokastisk model, som fittedes til eksisterende tidsseriedata for skadevolderens populationsvækst, velvidende at der er mange interagerende faktorer, der har betydning for udviklingen. Mere konkret vil skadevolderens populationsudvikling blive modelleret ved hjælp af en fastlagt form af de såkaldte Ito stokastiske differentialligninger, nemlig en geometrisk Brownian motion proces:

$$dx(t) = \mu(t) x(t) dt + \sigma x(t) dw(t) \quad (1),$$

hvor $\mu(t)$ er skadevolderpopulationens gennemsnitlige relative vækstrate som funktion af tiden, og σ er et mål for variansen (volatilitetsparameteren i Wiener processen $w(t)$) (Fig. 7.1). Vækstraten er nettoresultatet af alle de økologiske processer, som har betydning for populationsvæksten for den specifikke afgrøde-skadevolder case. Hvis man har en funktionel viden om, hvordan nogle af disse faktorer påvirker vækstraten, kan det anvendes til at bestemme $\mu(t)$. Den simpleste tilgang til at bestemme $\mu(t)$ er at antage, at den er konstant, men generelt kan modellen udvides, så forskellige forklarende faktorer inkluderes i modellen, og i dette eksempel inddrages graddage som en forklarende variabel. I det omfang beskrivelsen af $\mu(t)$ er mangelfuld, vil det typisk bidrage til en øget værdi af σ , da dette led blandt andet beskriver de effekter, som ikke er inkluderet deterministisk i modellen, og som derfor opfører sig som en stokastisk variation i resultatet. I Ligning (1) er leddet " $\mu(t) x(t) dt$ " således det, som beregnes ud fra en viden om biologien (biologisk model), mens " $\sigma x(t) dw(t)$ " er den rest, som vi ikke kan forklare gennem vores biologiske model. Styrken ved denne model er derfor, at man hele tiden er bevidst om, hvor præcist den biologiske viden kan forklare populationsudviklingen, og hvor meget der er uforklaret. Generelt gælder det, at jo mere præcist man kan modellere den gennemsnitlige vækst, fx ved at inddrage vejrprognoser og lade væksten afhænge af graddage i stedet for almindelig tid, jo mindre er usikkerheden.



Figur 7.1. Eksempel på en geometrisk Brownian motion proces med ti realisationer af den stokastiske proces med en relativ initial lokal tæthed sat til 1. Den relative vækstrate er sat til 0,05 og volatilitetsparameteren i Wiener processen er sat til 0,1.

Den geometriske Brownian motion proces (ligning 1) er relevant at anvende for de skadevoldere, som fx bladlus, hvor man kan antage, at:

- skadevolderens initiale populationsudvikling er eksponentiel
- usikkerheden stiger med populationstørrelsen.

Antagelsen i den stokastiske model om, at skadevolderens populationsudvikling er i sin initiale eksponentielle fase og ikke er tæthedsbegrænset, kunne være kritisk, hvis en skadevolder udvikler en så stor tæthed, at der fx er konkurrence om føden eller pladsen mellem individer. Det synes dog at være en rimelig antagelse for bladlus, da en behandling mod afgrødetab skal foregå relativt tidligt og derfor, før tætheden af bladlus bliver høj. På den baggrund vurderes det at være tilstrækkeligt, at modellen inddrager den tidlige eksponentielle vækst i skadegørens populationsudvikling.

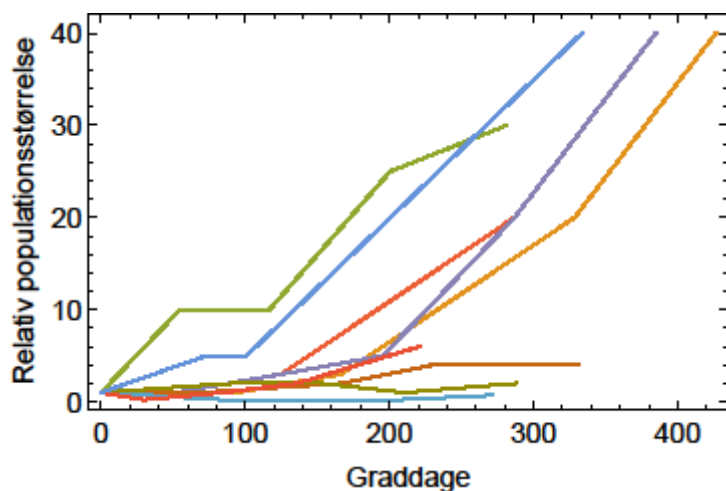
Da vi kun er interesserede i at kende populationsudviklingen, givet at skadevolderen er observeret, indgår tidspunkter, hvor skadevolderen ikke er observeret, ikke i analysen. Ligeledes indgår tidspunkter, hvor skadevolderens populationsudvikling formodes at være kontrolleret af tæthedsafhængig vækst, ikke i analysen.

7.1 Datagrundlag

Eksisterende undersøgelser (Holst and Ruggle 1997, Axelsen et al. 1997) har dokumenteret, at populationsvæksten hos de tre arter af kornbladlus er afhængig af temperaturen. Brugen af vejrdata betyder, at en prognose for populationstilvæksten bliver afhængig af vejrprognoser, anvendelse af historiske vejrdata eller evt. en kombination af prognoser og historiske vejrdata.

I Fig. 7.2 er vist tidsseriedata fra Registreringsnettet (www.landbrugsinfo.dk/regnet) for bladlus' relative populationsvækst i forskellige havresorter som funktion af antal graddage i plots med en størrelse på 20-30 m², målt ved den procentvise andel af planterne, som er angrebet (Feng et al. 1993, Hein et al. 1995, Hansen 2003). Kun angrebstætheder i intervallet 0-50 individer pr. strå, som antages at udelukke tæthedsafhængig vækst, er vist i figuren og indgår i analysen.

Graddage er her beregnet ud fra historiske temperaturdata fra den nærmeste vejstation fra de udvalgte plot i registreringsnettet, som findes i programmet Mathematica (Wolfram 2013), ved at integrere forskellen mellem den målte temperatur og 5 grader over tid.

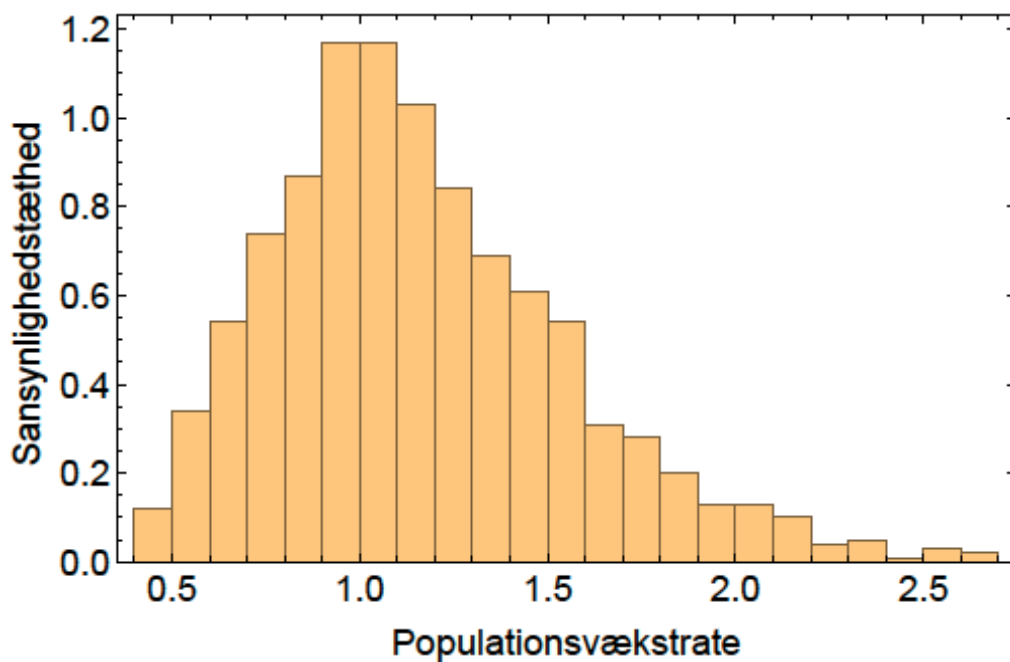


Figur 7.2 Tidsseriedata som en funktion af graddage for bladlus' populationsvækst i havre relativ til de initiale lokale angrebstæthed, hvor hver linje repræsenterer en tids-serie.

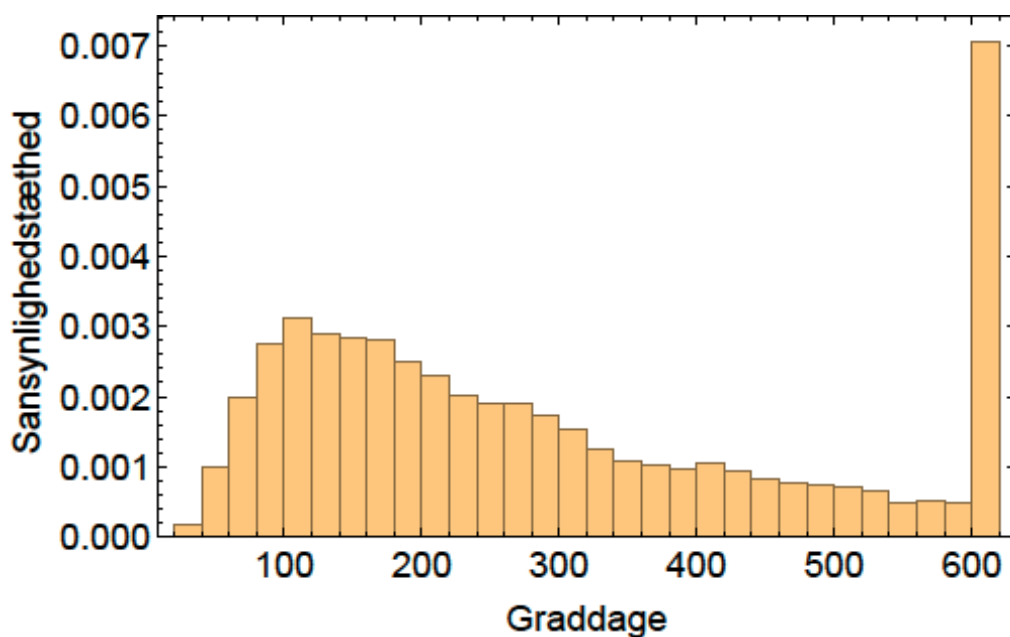
7.2 Estimering af modelparametre

Den stokastiske populationsvækstmodel (ligning 1) fittes til de observerede tidsseriedata for skadevolderens populationsudvikling ved hjælp af proceduren EstimatedProcess i Mathematica (Wolfram 2013).

Baseret på disse tidsseriedata kan vi estimere $\mu_{havre} = 0.013$ og $\sigma_{havre} = 0.11$, hvor begge estimater har enheden graddag^{-1} , og vi kan generere en forventet fordeling af bladlus' populationsstørrelse i havre til et tidspunkt ud i fremtiden (Fig. 7.3) eller til antal graddage, før populationen overskrider en fastsat tærskelværdi (Fig. 7.4).



Figur 7.3. Forventet fordeling af populationstilvæksten af bladlus i havre 150 graddage efter monitoreringstidspunktet.



Figur 7.4. Forventet fordeling af antal graddage før populationstilvæksten af bladlus i havre tidobles i forhold til den initiale tæthed. Andelen af populationer, hvis populationstilvækst ikke passerer tærskelværdien inden 600 graddage, vises ved graddag 600.

De ovenfor beregnede forventede fordelinger af skadevolderudviklingen er på plotniveau, og det er derfor nødvendigt at opskalere til markniveau, hvis beregningerne skal bruges i beslutningsstøttesystemet. Idet vi forventer, at usikkerheden er mindre på markniveau end på plotniveau, foreslår vi, at opskaleringen foretages ved at tage gennemsnittet af mellem 30 til 100 udtræk fra den forventede fordeling af skadevolderudviklingen.

7.3 Diskussion af modellen for bladlus i vintersæd

Modellen for populationsudviklingen af bladlus bedømmes at være rimelig robust, idet den er fittet vha. et relativt stort datasæt, og desuden vurderes den at være tilstrækkelig fleksibel til at kunne modellere bladlusenes initiale populationsudvikling. Modellen vurderes således at give et biologisk rimelig troværdigt output, dog er de beregnede forventede fordelinger af skadevolderudviklingen foretaget lokalt, og det er endnu usikkert, hvordan man bedst opskalerer varslingen til mark- og bedriftsniveau, hvilket vil være nødvendigt, hvis modellen skal bruges i et beslutningsstøttesystem. Et af de lovende output af den nuværende varslingsmodel er, at den giver landmanden en god ide om, hvor hurtigt bladluspopulationen udvikler sig og dermed, hvornår han bør monitorere næste gang, såfremt den første monitorering ikke resulterer i behandling.

Modellen anvender en prognose for de kommende dages graddage til at beregne populationsudviklingen. Brugen af vejrdata i prognosen betyder, at sikkerheden på varslingen afhænger af sikkerheden i vejrprognosen. Modellen er en stokastisk model, men modellen antager ikke, at de observerede ændringer er tilfældige. Hvis vi havde prognoser for nedbør, vind, prædatorer osv. samt viden om disse faktorerers effekt på bladluspopulationens vækst, så ville disse faktorer kunne integreres i modellen. I kapitel 5.1 er betydningen af fx bladluseart, prædatorer og pludselige voldsomme nedbørshændelser for bladlusepopulationen beskrevet, og hvis man havde kendskab til betydningen af disse faktorer for bladlus populationsudvikling, fx gennem monitorering eller forbedrede vejrprognoser, ville en sådan information kunne indbygges i modellen og måske forbedre varslingsprognoserne betydeligt.

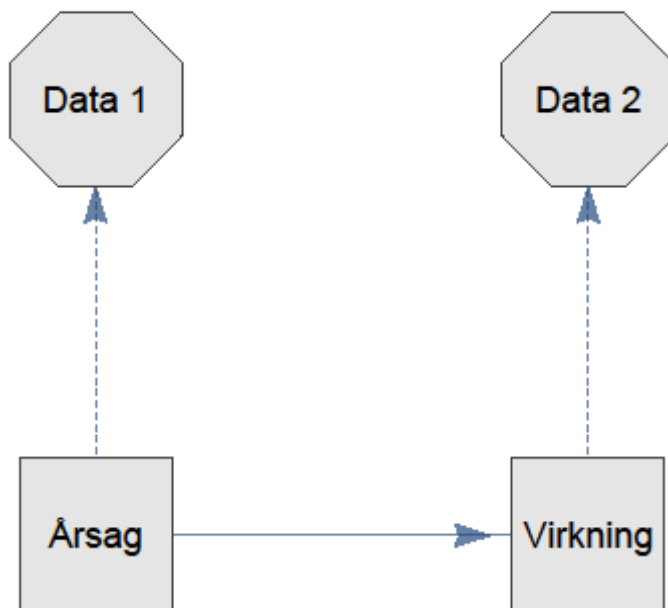
8. Stokastisk model for udvikling af monocyklisk sygdom – storknoldet knoldbægersvamp i raps (case 2)

Formålet er at beskrive udvikling af monocyklisk sygdom på baggrund af data fra en monitoring foretaget på et tidligere tidspunkt i afgrødens vækstsæson. Rationalet bag den anvendte stokastiske model er at bestemme usikkerheden for sygdomsangrebet i en simpel stokastisk model, som kan fittes til eksisterende data for sammenhængen mellem den tidlige monitoring og det senere sygdomsangreb.

I disse år oplever vi et paradigmeskift inden for statistisk modellering af biologiske data. Tidligere tiders simple lineære modeller og regressionsmodeller bliver i stigende omfang afløst af hierarkisk modellering af data ved brug af Bayesiansk statistik (Clark 2007, Janes 2003, Pearl 2009). Denne form for modellering kombinerer procesmodellering og empirisk modellering og åbner op for nye muligheder – bl.a. at fitte komplekse årsags-/virkningssammenhænge (også kaldet strukturelle ligningsmodeller) til fx økologiske data, som ofte ikke er normalfordelte, samt at separere måleusikkerhed fra strukturel usikkerhed. Det sidste er essentielt, hvis man ønsker at lave prædiktive modeller med en kendt kvantitativ usikkerhed.

Hierarkiske modeller består af to dele: en *procesligning* samt en *måleligning*, som knytter empiriske målinger eller observationer til de almene begreber i procesligningen. Til at modellere fx et økosystem indgår der typisk adskillige proces- og måleligninger.

Hierarkiske modeller er blevet udviklet uafhængigt i forskellige videnskabsgrene, og der eksisterer adskillige synonyme for modeltypen, men fælles for dem alle er det, at de anvender grafteori til at præsentere den videnskabelige problemstilling (Figur 8.1).



Figur 8.1. *A priori* viden og arbejdshypoteser om kausale sammenhænge mellem forskellige abstrakte begreber formuleres i procesligningen (fuld pil), og disse abstrakte begreber (også kaldet latente variable) knyttes til observerede data ved hjælp af måleligninger (stiplede pile). *Teknisk note til figur: Modellen fittes til data ved hjælp af Bayesiansk statistik, hvor hver enkelt pil i figur 1 kan betragtes som en betinget sandsynlighed. Modellen kan derefter opskrives i en samlet likelihoodfunktion ved hjælp af antagelser om betinget uafhængighed og fittes ved numeriske metoder, fx MCMC.*

Det er vigtigt at understrege, at de kausale sammenhænge i procesligningen kun er en arbejdshypotese og både bør testes statistisk samt ved anvendelse af supplerende manipulerede forsøg (se bl.a. Pearls arbejde vedrørende kausalitet).

Den anvendte stokastiske model er en strukturel ligningsmodel ("structural equation model", SEM), hvor den sande, men ukendte sandsynlighed for at detektere sygdom i henholdsvis den tidlige monitorering og det senere sygdomsangreb modelleres ved latente variable på plotniveau. Ved en latent variabel forstås en variabel, som ikke observeres direkte, men som estimeres ud fra observerede data. For eksempel kan tætheden af inficerede planter betragtes som en latent variabel, da det er umuligt at tælle alle inficerede planter på en mark. Denne latente variabel er estimeret ud fra en observeret tæthed på 2 inficerede planter ud af 10 indsamlede planter. En sådan modelkonstruktion gør det muligt at separere varians, som skyldes måleusikkerhed, fra den mere interessante varians, som skyldes den strukturelle usikkerhed, og som anvendes til at kvantificere usikkerheden i sygdomsprognosen.

Baseret på eksisterende data for sammenhængen mellem tidlig monitorering af enten andel inficerede kronblade eller andel spirede sklerotier og det senere angreb har vi valgt i den aktuelle case at modellere den strukturelle sammenhæng mellem den tidlige monitorering, x , og det senere sygdomsangreb ved en power funktion for at tage højde for evt. non-linearitet, men denne antagelse vedr. power funktionen kan selvfølgelig generaliseres til andre funktionstyper.

$$f(x) = \alpha x^\beta + \varepsilon \quad (2),$$

hvor $\varepsilon \sim N(0, \sigma)$, og hvor σ er et mål for den strukturelle usikkerhed.

Måleusikkerheden for både den tidlige monitoring og det senere sygdomsangreb antages at være binomial fordelt, $Bin(n, p)$, hvor n er stikprøvestørrelsen, og p er sandsynlighedsparameteren for at detektere sygdom i henholdsvis den tidlige monitoring og det senere skadeangreb. Antagelsen om binomialt fordelte data er begrundet i de anvendte binomiale monitoringsdata (se 8.1).

8.1 Datagrundlag

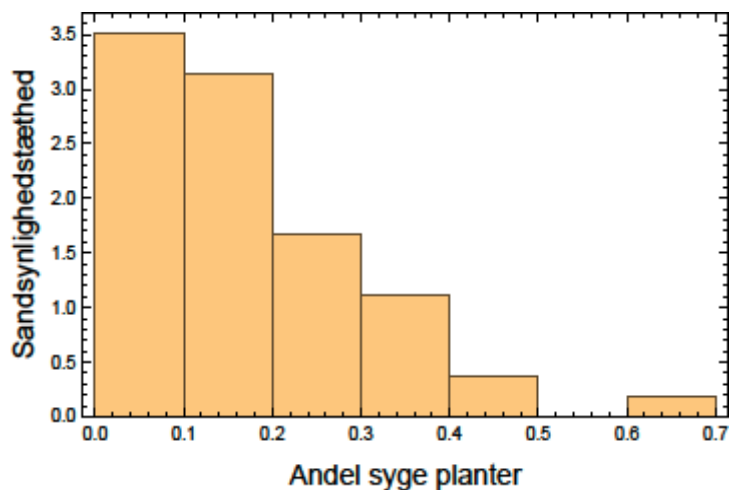
Modellen er afprøvet på data indsamlet i forskellige vinterrapssorter i England af ADAS-HGGCA (kontakt: Dr. Caroline Young). I perioden 2010 til 2012 blev der indsamlet sammenhørende data for tidlig monitoring om foråret-tidlig sommer og sygdomsangreb bedømt lige før høst (Young et al. 2014). Den tidlige monitoring af svampen blev foretaget på to forskellige måder: 1) I udlagte sklerotiedepoter blev der over en periode optalt antal spirende sklerotier af 100 udlagte sklerotier, og de anvendte tal er sidst observerede sklerotiespiring. 2) Kronbladsinfektion blev opgjort som antal infesterede blade af 48 (12 kronblade per parcel, 4 gentagelser) testede kronblade pr. lokalitet indsamlet ved vækststadium 'tidlig blomstring', 'midt-blomstring' og 'sen blomstring'. Ældre intakte kronblade blev indsamlet omkring kl 12.00 og lagt på agar (PDA med streptomycin) inden for 2 timer. Efter 8-10 dage ved stuetemperatur blev kronbladene undersøgt for tilstedeværelse af *Sclerotinia*-svampen. Sygdomsangreb blev bedømt lige før høst og opgjort som antal planter med stængellæsioner pr. 800 planter pr. lokalitet. Sammenhørende data blev i 2010 indsamlet fra 4 lokaliteter (Herefordshire, Essex, Yorkshire, Kent), i 2011 fra 5 lokaliteter (Herefordshire, Cambridge, Yorkshire, Kent, Lincolnshire) og i 2012 fra 5 lokaliteter (Herefordshire, Norfolk, Yorkshire, Lincolnshire, Kent), alle på ubehandlede marker (Young et al. 2014).

8.2 Estimering af modelparametre og prognoseberegning

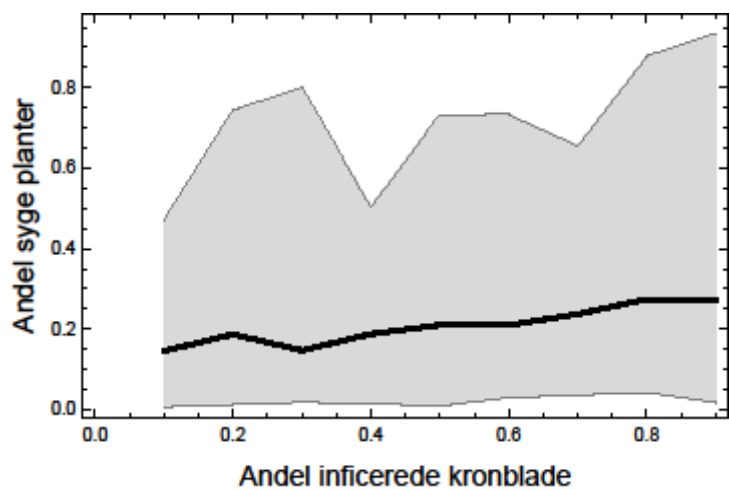
Modelparametrene estimeres ved hjælp af en Bayesiansk MCMC metode (Metropolis-Hastings algoritme), hvor prior fordelingen af alle parametre antages at være uniform fordelt. Modellen fittes fx ved 100.000 iterationer med en "burn-in" periode på 10.000 iterationer. Fitningsegenskaberne vurderes ved visuel inspektion af iterationsplot af modelafvigelsen ("deviance") samt de individuelle parametre. Statistisk interferens baseres på 95 % credible intervaller af de marginale posterioere fordelinger af parametrene.

Det forventede sygdomstryk ved en given andel af infesterede kronblade ved monitoringen bliver beregnet ved hjælp af den strukturelle ligning (2) ved at indsætte udtrukne parameter-værdier fra den estimerede fælles posterioere fordeling af parametrene.

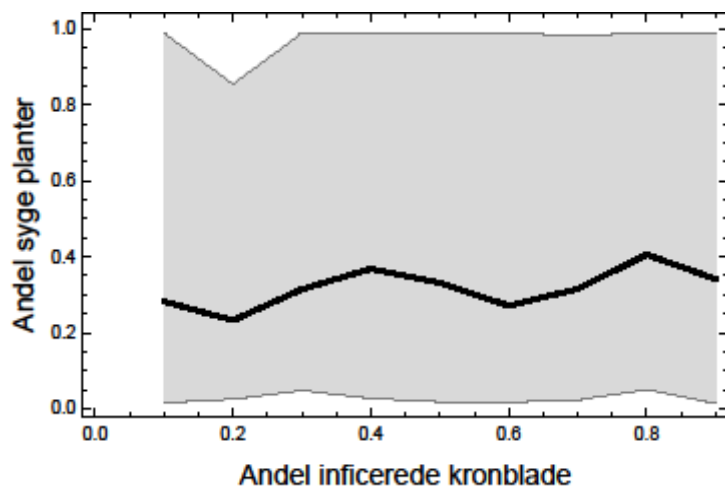
For at illustrere modellen er der i det nedenstående anvendt data vedrørende kronbladsinfestation og sklerotiespiring. Baseret på disse data kan vi estimere parametrene i model (2). Endvidere kan vi vha. den estimerede fælles posterioere fordeling af parametrene beregne en prognose for det endelige sygdomsangreb ved en givet sandsynlighed for, at kronbladene var infesteret ved en tidlig monitoring foretaget hhv. ved begyndende blomstring (Fig. 8.2 og 8.3) middelblomstring (Fig. 8.4) og sen blomstring (Fig. 8.5). Det fremgår af Fig. 8.2, at hvis der er 10 % inficerede kronblade ved tidlig blomstring, er der størst sandsynlighed for, at det endelige sygdomsangreb er mellem 0 og 20 %. Sandsynligheden for angreb over 40 % er ringe. I intervallet 10 til 100 % infesterede kronblade (den uafhængige variabel i Fig. 8.3) ved tidlig blomstring er det umuligt at forudsige sandsynligheden for størrelsen af sygdomsangrebet. Medianen er næsten horisontal og variationen stor i intervallet fra 10 til 100 % infesterede kronblade (Fig. 8.3). Udsættes monitoringen til midt i blomstringsperioden eller til sen blomstring, bliver variationen i sygdomsangreb som funktion af infesterede kronblade endnu større (Fig. 8.4 og 8.5).



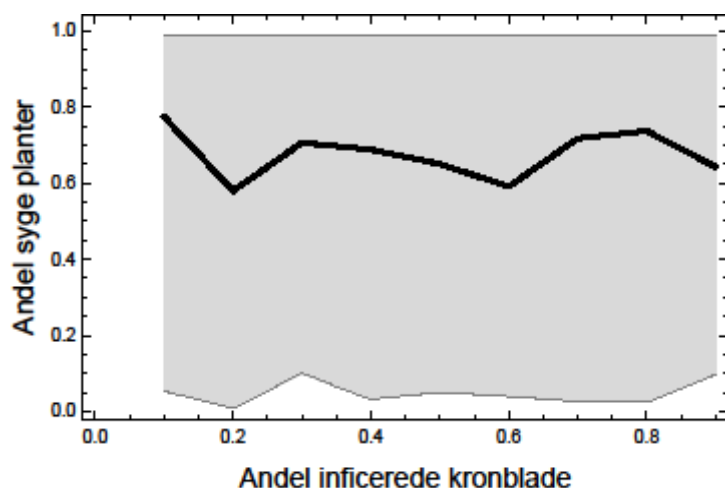
Figur 8.2. Prognose for fordelingen af det endelige sygdomsangreb givet, at 10 % af kronbladene var infesterede ved monitoring foretaget ved tidlig blomstring.



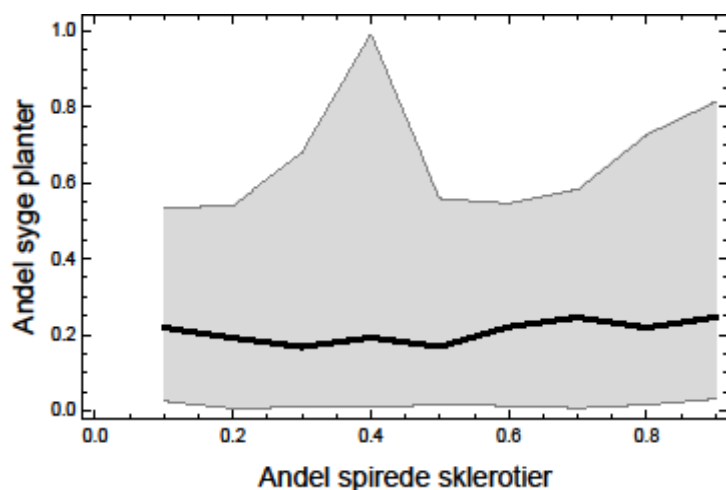
Figur 8.3. Prognose for fordelingen af det endelige sygdomsangreb som funktion af andelen af kronbladene, som var infesterede ved en monitoring foretaget tidligt i blomstringsperioden. Linjen angiver medianen af det forventede endelige sygdomsangreb, og det gråfarvede område angiver 95 % credible intervallet af det forventede endelige sygdomsangreb.



Figur 8.4. Prognose for fordelingen af det endelige sygdomsangreb som funktion af andelen af kronbladene, som var inficerede ved monitoring foretaget midt i blomstringsperioden. Linjen angiver medianen af det forventede endelige sygdomsangreb, og det gråfarvede område angiver 95 % credible intervallet af det forventede endelige sygdomsangreb.



Figur 8.5. Prognose for fordelingen af det endelige sygdomsangreb som funktion af andelen af kronbladene, som var inficerede ved sygdomsmonitoring foretaget sent i blomstringsperioden. Linjen angiver medianen af det forventede endelige sygdomsangreb, og det gråfarvede område angiver 95 % credible intervallet af det forventede endelige sygdomsangreb.



Figur 8.6. Prognose for fordelingen af det endelige sygdomsangreb som funktion af andelen af spirede sklerotier i udlagte depoter. Linjen angiver medianen af det forventede endelige sygdomsangreb, og det gråfarvede område angiver 95 % credible intervallet af det forventede endelige sygdomsangreb.

Det ses af ovenstående figurer (Fig. 8.2 – 8.6), at usikkerhederne i prognoserne er for høje til at kunne bruges i et MVB-system på nuværende tidspunkt. Dette skyldes dog hovedsageligt et relativt begrænset datagrundlag, og det er vores forventning, at med et større data grundlag vil usikkerheden kunne reduceres betydeligt.

8.3 Diskussion af modellen for storknoldet knoldbægersvamp i vinterraps

Den stokastiske model er blevet afprøvet på sygdomsdata, hvor sammenhørende data for kronbladsinfestation på forskellige tidspunkter og sklerotiespiring er sammenholdt med sygdomsangreb. Da simuleringerne (Fig. 8.2-8.6) viste, at variationen i sygdomsangreb som funktion af infesterede kronblade var stor, uanset om kronbladene blev indsamlet ved tidlig blomstring, midt blomstring eller sen blomstring, er det ikke muligt med det nuværende datagrundlag at bestemme det optimale monitoringstidspunkt, ligesom simuleringerne heller ikke kan be- eller afkræfte hypotesen om, at bekæmpelse ved fuld blomstring er optimal. Datasættene er resultat af indsamlinger over flere år og flere lokaliteter, hvilket kan være en medvirkende årsag til den manglende sammenhæng og store variation. Data blev stillet til rådighed af ADAS, UK, og er en del af en større undersøgelse, hvor den overordnede konklusion var, at 90-100 % kronbladsinfestation var associeret med 15-30 % sygdomsangreb og meget lav infestation med lavt sygdomsangreb (Young et al. 2014). Det har ikke været muligt at genfinde en tilsvarende sammenhæng ved brug af den stokastiske model, hvor hele datasættet blev anvendt.

Ud over det spinkle datagrundlag kan der også være en række andre forklaringer på, at sandsynlighederne i prognoserne viser så stor variation. Fra monitoringstidspunktet til det synlige angreb er der en række faktorer, der influerer på, om sklerotiespiring eller kronbladsinfestation fører til succesfuld infektion og synlige symptomer. Høj luftfugtighed, høj jordfugtighed, moderat nedbør, og temperatur over 10°C har afgørende betydning for, om sklerotiespiring fører til sygdomsangreb (Bolton et al. 2006, Sharma et al. 2015, Hao et al. 2002).

På baggrund af den aktuelle analyse er det ud fra det foreliggende datagrundlag ikke muligt at vurdere modellens anvendelighed til varsling af storknoldet knoldbægersvamp. For yderligere at afprøve modelleringsmetoden er der dog brug for flere monitoringsdata, indsamlet fra forskellige steder, samt eksperimentelle undersøgelser, hvor man sammenholder en tidlig monitoring (sklerotiespiring eller kronbladsinfestation) med et senere sygdomsangreb.

9. Stokastisk model for populationsudviklingen af ukrudt – vindaks (Case 3)

Formålet er at beskrive udviklingen i en vinterannual ukrudtspopulation med relativt begrænset spredning. Da spredningen er begrænset, må populationsudviklingen nødvendigvis beskrives lokalt fra år til år. Ukrudtspopulationen vil typisk have en klumpet fordeling i marken (Nordmeyer 2009), og det er vigtigt at tage denne klumpning i betragtning, når det forventede udbyttet i en mark skal beregnes.

Der eksisterer et monitoringsprogram for vindaks i Planteværn Online, hvor man bestemmer tætheden af ukrudtet i ca. fem stikprøver på en mark ved at anvende en tommestok eller en 'tælling' med et kendt areal. Tætheden af vindaks opgøres i tæthedsklasser (Tabel 9.1).

Tabel 9.1. Tæthedsklasser, som anvendes i Planteværn Online.

Tæthedsklasse	Beskrivelse
0	Ingen planter
1	½ - 1 plante pr. m ²
2	2 - 10 planter pr. m ²
3	11 - 40 planter pr. m ²
4	41 - 150 planter pr. m ²
5	>150 planter pr. m ²

Desværre er der ikke tilgængelige data for anvendelsen af denne monitoringsprotokol, da evt. indtastede data i Planteværn Online ikke gemmes, og desuden mangler data for udvikling og spredning af vindaks i en usprøjtet mark i to efterfølgende år. Der er nogle få eksisterende data vedrørende populationsudviklingen i vindaks gennem flere sæsoner (Melander et al. 2008), men i dette forsøg blev frøene udsået, og den rumlige fordeling af vindaks er derfor meget mere jævn, end hvad der kan forventes i et realistisk markscenario.

Det er derfor ikke muligt at eftervise, hvor godt den eksisterende eller andre monitoringsprotokoller beskriver udviklingen i en realistisk rumlig klumpet fordelt vinterannual ukrudtspopulation. Såfremt data kan gøres tilgængelige via andre projekter, vil disse kunne analyseres i en stokastisk model, som ligner modellen som blev anvendt i case 2, men med en relevant model for måleusikkerheden af klumpede vegetationsdata (Damgaard 2013).

9.1 Muligheder for varsling af vindaks

Spredningen af vindaks påvirkes således i højere grad end de fleste andre ukrudtsarter af klimatiske og dyrkningstekniske faktorer, hvilket vanskeliggør anvendelsen af stokastiske populationsmodeller for denne ukrudtsart i forhold til andre tokimbladede ukrudtsarter. Spiring af vindaksfrø afhænger af jordfugtighedsforholdene, afgrøde og såtidspunkt, og det vil også være nødvendigt at indbygge viden om disse forhold, såfremt formålet med en populationsdynamisk model ikke kun er at beskrive variationen i forekomsten af vindaks i marken, men også at kvantificere forekomsten.

Da stort set alle konventionelt dyrkede marker i dag behandles med herbicider, ikke mindst hvis vindaks forekommer i marken, vil modellerne også skulle inkorporere effekten af en kemisk bekæmpelse. Såfremt hele marken sprøjtes med samme herbicid og dosering, kan dette sandsynligvis håndteres som en generel reduktion i populationsstørrelsen, selv om variationer i jordtype kan forårsage variationer i effekten af prosulfocarb, som er det mest anvendte herbicid til bekæmpelse af vindaks. Sprøjtes kun dele af marken, vil det være nødvendigt at kombinere information om vindaksforekomst i marken med information fra et sprøjtekort.

Af ovenstående fremgår det, at der er en række klimatiske og dyrkningstekniske forhold, som kan påvirke udviklingen i vindakspopulationen, og som der derfor skal tages højde for i en populationsdynamisk populationsmodel. Med de mange ukendte faktorer synes det urealistisk at udvikle en populationsdynamisk model, som kan prædikere forekomsten af vindaks så præcist, at det vil være muligt at bruge modellen som grundlag for beslutninger om at sprøjte eller ej. Modellen vil derimod være et godt værktøj til at planlægge og mindske omfanget af monitoring i marken forud for en planlagt kemisk bekæmpelse, hvilket på sigt vil kunne understøtte implementeringen af stedbestemt ukrudtsbekæmpelse. Endvidere vil stokastiske populationsdynamiske modeller kunne fungere som basis for udvikling af beslutningsstøttesystemer som det australske RIM (Ryegrass Integrated Management), hvor netop sådanne modeller er forudsætningen for at udvikle systemer, hvor man med udgangspunkt i sædskifte, bekæmpelsesstrategier og andre dyrkningstekniske forhold kan prædikere udviklingen i ukrudtspopulationen over en 10-års periode og dermed tilpasse dyrkningsstrategien, således at der ikke sker en u hensigtsmæssig stor opformering af populationen (<http://ahri.uwa.edu.au/research/rim/>). Sådanne beslutningsstøttesystemer ville kunne understøtte udviklingen af integrerede ukrudtsbekæmpelsesmetoder i dansk landbrug.

10. Monitorering og varsling

I det følgende beskrives de monitoringsmetoder og tilknyttede varslingsmodeller, som benyttes eller har været benyttet til vurdering af skadesomfanget for de tre skadegørere, som benyttes som cases i dette projekt. Desuden gives nogle bud på, hvordan den fremtidige monitorering med fordel kan tilrettelægges, for at varslingen kan blive mere præcis og anvendelsen af MVB-systemer mere attraktiv. Monitorering er her defineret som enhver indsamling af data, som kan danne grundlag for en varsling, det være sig systematiske tællinger i marken eller det ekspertblik, som landmanden måtte kaste på de steder i marken, hvor problemerne med skadegørere plejer at være værst eller dukke op først.

10.1 Monitorering og varsling af bladlus i vintersæd

Den mest anvendte metode til bestemmelse af bladlusæthed i dansk landbrug, som også anvendes i Registreringsnettet, er en optælling af procent angrebne strå. Her går man gennem marken enten diagonalt, i siksak eller i sprøjtesporene, og undervejs undersøges 100 tilfældigt udvalgte kornstrå fordelt over hele strækningen for angreb af bladlus. Procent angrebne strå kan korreleres med antal bladlus pr. strå eller pr. arealenhed (Feng et al. 1993, Hein et al. 1995, Hansen, 2003). Ved monitorering skelnes ikke mellem de tre arter bladlus, dvs. monitoreringen er ikke artsspecifik.

I det danske Registreringsnet (www.landbrugsinfo.dk/regnet) monitoreredes i 2012 ca. 100 udvalgte marker fordelt over hele landet, hvilket gør det muligt at danne sig et overblik over en skadevolders aktuelle forekomst og udvikling igennem vækstsæsonen. Registreringsnettet benyttes til at vurdere en skadevolders angrebsstyrke på regionalt og nationalt niveau og kan derfor anses for et monitoringsystem. En detaljeret beskrivelse findes på Planteværn Onlines hjemmeside (<http://plantevaermonline.dlbr.dk>) for sygdomme og skadedyr, og hvert år inden Registreringsnettet startes, udsendes en detaljeret brugervejledning til konsulenter, som skal foretage registreringen. Registreringsnettet nyder stor popularitet og anvendes i betydelig udstrækning af både landmænd og konsulenter. En del af dette systems popularitet skal nok findes i, at det ikke kræver monitorering af den enkelte bruger. Informationerne fra Registreringsnettet siger godt nok ikke noget om det aktuelle niveau af en skadevolder i de enkelte marker, men giver information om, hvorvidt det er ved at være "kritisk i nabolaget". Denne information kan så bruges til enten at gå ud i marken og monitorere skadevolderen eller til at tage beslutningen om at foretage en bekæmpelse uden at monitorere. Problemet ved det sidste er, at der ikke nødvendigvis er nogen grund til at behandle alle 100 steder, hvorved der er betydelig risiko for unødvendige behandlinger. Der findes ingen undersøgelser af, hvorvidt registreringsnettet har medført en reduktion eller en forøgelse af pesticidanvendelsen.

10.1.1 Varslingsmodeller i Danmark og andre lande

I Danmark varsles for bladlus på basis af opgørelser i registreringsnettet på www.landbrugsinfo.dk/regnet. De vejledende tærskler i fx Planteværn Online varierer med kornets vækststadiet, og desuden er tærsklen lavere, hvis der samtidig udbringes fungicid (25 % angrebne strå i stedet for 40 % til og med vækststadiet 73).

I den stokastiske populationsmodel for bladlus i vintersæd, der er udviklet i projektet og præsenteret i kapitel 7, benyttes data fra Registreringsnettet, som er på plotniveau. Som modellen kører nu, kan vi ikke kvantificere effekten af at øge antallet af prøver pr. mark pr. monitorering, idet samtidige prøver i samme mark vil være korrelerede, og vi kender ikke co-variationen. Man kan måske opfatte data på plotniveau som en slags "worst case", da variationen må forventes at være mindre på markniveau.

Den stokastiske populationsmodel kan fremskrive bladluspopulationsstørrelsen og estimere usikkerheden. Beslutningssystemet kan således vejlede landmanden om, hvornår det vil være hensigtsmæssigt at monitere marken næste gang under hensyntagen til, hvor risikovillig den enkelte landmand er.

Ud over de eksisterende data fra Registreringsnettet, beskrevet ovenfor, kunne man forestille sig, at bladlus i korn blev monitoreret ved hjælp af andre metoder. Sammenligninger af forskellige metoder til opgørelse af bladluspopulationen, herunder opgørelse af det totale antal bladlus indsamlet vha. d-vac /insektstøvsuger, viser imidlertid, at den metode, der anvendes i Registreringsnettet, er den bedste, når man også tager tidsforbruget i betragtning (Ward et al. 1985a,b, Klueken et al. 2008). Ward et al. (1985b) har også analyseret usikkerheden på estimerne og giver anbefalinger til antal prøver, der skal tages, og, som alternativ, at man inddrager usikkerheden. Et fransk studie af det relative bidrag fra hhv. lokale og mere regionale bladluspopulationer til udviklingen af kornbladluspopulationer i kornmarker viser, at risikoen for udvikling af et problematisk niveau af bladlus bedst kan vurderes ud fra lokale data (Vialatte et al. 2007), hvilket man kan overveje at tage hensyn til fx ved udvælgelsen af data fra Registreringsnettet.

Som beskrevet i afsnit 5.1 kan forekomsten af bladlusenes naturlige fjender være af stor betydning for udviklingen af bladluspopulationen i vinterkorn, og undersøgelser af varslingssikkerheden med og uden monitoring af de naturlige fjender tyder på, at sikkerheden øges ved at inddrage disse (Rappaport og Freier 1998).

Et tyrkisk studie har undersøgt muligheden for at anvende remote sensing i form af et multispektralt radiometer eller et hyperspektralt spectrometer til bestemmelse af tæthederne af to arter af bladlus (*Schizaphis graminum* og *Rhopalosiphum padi*, havrebladlus) og vurderer denne metode som lovende til at opgøre bladluspopulationer i korn (Mirik et al. 2006).

Der findes i Registreringsnettet en klimabaseret varsling for fritfluer. Systemet forudsiger tidspunktet for flyvning og anvender en graddagsmodel med basistemperatur 8 °C og flyvetidspunkt ved 90 graddage sommeret fra 1. marts (Lindblad og Sigvald 1996). Modellen siger noget om tidspunkt for angrebet, men ikke noget om angrebsstyrken. Den kan tilgås via Varslings-/Registreringsnet under Landbrugsinfos hjemmeside (<http://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Plantevaern/Varslingregistreringsnet>). Modellen giver resultater baseret på lokale klimadata, ved at brugeren indtaster postnummer. Man kunne godt forestille sig et lignende system for bladlus.

Andre lande har i lighed med Danmark udviklet monitorings- og varslingssystemer i korn. For eksempel findes i Norge monitorings- og varslingssystemet VIPS (Varsling Innen Planteskadegjørere), link: <http://www.vips-landbruk.no/>, som for korn varsler for kornbladlus, havrebladlus og minerfluen (*Chromatomyia fuscua*). Grundlaget for varsler om skaderisiko er, som i Danmark, registreringer af udvikling af skadevoldere lokalt, 45 vejrprognoser fra Det Norske Meteorologiske Institut og klimadata fra Bioforsks klimastationer.

10.1.1.1 Konklusion

Det nuværende Registreringsnet benyttes i høj grad af landmændene – enten som incitament til at monitere i egne marker eller som egentligt beslutningsgrundlag for en eventuel sprøjtning mod lus. Der mangler imidlertid viden om, hvor god sammenhæng der er mellem Registreringsnettets data og bladlussituationen i de omkringliggende marker. Dog tyder meget på, at jo mere lokale data er, desto bedre stemmer de overens med bladlustætheden i en given mark. Vi ved heller ikke, hvad en forøgelse af antal optalte strå pr. mark vil betyde for præcisionen af varslingen. Man vil muligvis kunne etablere metoder til at varsle bladlusenes indflyvning i marken, og andre metoder til monitoring findes også, men da den nuværende metode er forholds-

vis let at anvende, hvilket også afspejler sig i, at mange landmænd bruger den, er det nok ikke nye metoder til monitorering af bladlus, der er mest behov for.

10.2 Monitorering og varsling af storknoldet knoldbægersvamp

Storknoldet knoldbægersvamp er monocyklisk, dvs. at der kun er én sygdomscyklus pr. år, og der sker således ikke en egentlig populationsudvikling igennem vækstsæsonen. Når symptomerne ses på vinterrapsplanterne (typisk fra GS 69) i midten af juli, og man kan opgøre sygdomsniveauet, fx som procent planter med symptomer, er det for sent at udføre en bekæmpelse i det indeværende år. Det er dog vigtigt at kende niveauet alligevel, idet opgørelsen kan indgå i risikovurderingen for de efterfølgende år.

En forudsætning for sygdomsangreb er, at der er sklerotier til stede i marken fra tidligere år. Alt efter jordbundsforholdene kan sklerotier overleve op til 8 år (Adam and Ayers, 1979), men normalt anbefales et sædskifte på mindst 4 år mellem modtagelige afgrøder. Desuden anbefales sanerende afgrøder som fx vinterhvede og andre vintersædafgrøder, idet sklerotierne i løbet af perioden forventes at blive nedbrudt af mikroorganismer eller pløjet ned i dybere jordlag, hvor de ikke kan spire. Uheldig pløjning kan dog få sklerotierne op til jordoverfladen igen. Kendskab til den enkelte marks historik er således væsentlig ved forudsigelse af angreb, og mere specifikt, kendskab til sygdomsangreb i senest dyrkede rapsafgrøder (eller anden værtplanteafgrøde) i marken, da det sandsynligvis er den vigtigste faktor (Twengström et al. 1998, Young et al. 2014). Hvis der er sklerotier til stede i marken, har faktorer som såtid, plantetæthed, plantehøjde og ukrudtsmængde også indflydelse på angreb, men betydningen af de enkelte faktorer er dårlig belyst.

En tidlig monitorering, hvor eventuelle symptomer på sygdommen endnu ikke er synlige, vil være optimal i forhold til behandling samme år, såfremt metoden er hurtig, sensitiv og pålidelig. I nærværende rapport er som tidlig monitorering anvendt: i) udlægning af sklerotiedepoter med opgørelse af sklerotiespiring og ii) test af indsamlede kronblade på agarplader. Førstnævnte er en monitoringsmetode, der giver regionale informationer, mens den anden kan tilrettelægges, så den kan give både markspecifikke data eller data på regionalt plan. Som det fremgår af kapitel 8, har det med det tilgængelige datamateriale ikke været muligt at nå en konklusion, hvad angår bedste monitoringsmetode. Det skyldes sandsynligvis den begrænsede mængde tilgængelige data.

10.2.1 Erfaringer med monitorings- og varslingsmodeller i Danmark og andre lande

Der er afprøvet adskillige monitorings- og varslingssystemer for storknoldet knoldbægersvamp under danske forhold, men ingen har ifølge ekspertvurdering fra Videncentret for Landbrug (nu SEGES) vist sig pålidelige nok, og i dag er der ingen i anvendelse. I en årrække (1986-1991 og 1996-2007) blev sklerotier i udlagte depoter anvendt til varsling. Procent spirede sklerotier blev opgjort ugentligt fra GS 50-51 (grønne knopper) til fuld blomstring (GS 65), og på basis af indberetningerne fra planteavlskonsulenterne til først Planteværnscentret senere Videncentret for Landbrug blev der udarbejdet kort over risikoområderne. Andelen af korrekte varslinger blev vurderet til at være for lav (Jakobsen 1991 og Nielsen 2010 ifølge Heltoft Jensen 2010), og da det også er vanskeligt at fastsætte skadestærskler, blev denne monitorings- og varslingsmodel stoppet. Mulige årsager til den manglende præcision kan være, at graden af sporespredning og infektion styres af lokale vejforhold, og at der ofte var stor afstand mellem mark og nærmeste sklerotiedepot.

Den tyske internetbaserede varslingsmodel SkleroPro (Koch et al. 2007) blev afprøvet i 2007 til 2009 af Videncentret for Landbrug (nu SEGES) og evalueret på historiske data fra 1998 til 2006 (Heltoft Jensen 2010). SkleroPro opererer med infektionsperioder, som er mindst 23 timer med over 86 % relativ luftfugtighed og temperaturer over 7°C. SkleroPro beregner bekæmpelsesbehov ud fra antal infektionsgunstige timer og økonomisk tærskelværdi beregnet

ud fra forventet udbytte, afregningspris, omkostninger til sprøjtning og køreskade. I modellen indgår dyrkning af raps i sædskiftet i vægningen af infektionsgunstige timer, idet 2 års sædskifte ændrede infektionstærsklen med 0.8 og et 4 års sædskifte med 1.3. Antallet af infektionsgunstige timer bliver summeret og jo flere timer, des større er risikoen for smitte. I Landsforsøgene 2007-2009 gav SkleroPro kun korrekt varsling i 50 % af forsøgene, og det blev vurderet til ikke at være pålidelig nok under danske forhold (Heltoft Jensen 2010). En årsag kan være at SkleroPro ikke er tilpasset danske sædskifter og forudsætter, at der altid er smitstof til stede, hvilket ikke er tilfældet i danske rapsmarker (Heltoft Jensen 2010, Heltoft Jensen et al. 2011).

Tidligere har der også været anvendt et risikopointsystem til varsling, hvor både markspecifikke og regionale data blev inddraget. Forskellige risikofaktorer (nedbør, år med raps i sædskiftet, procent angreb året før, 5-døgns vejrprognose, plantetæthed og forventet udbytte) udvalgt af eksperter lå til grund for modellen, men en statistisk analyse i 2003 viste, at der ikke var en signifikant positiv korrelation mellem risikofaktorerne og sygdomsangreb (Nielsen and Jensen 2015).

Et kritisk tidspunkt i sygdommens cyklus er tidspunktet for infektion. Kronblade lejr sig ofte i bladhjørner, hvorfor det som regel er her de første tegn på angreb kan observeres. Der er udviklet flere systemer, der er baseret på indsamling af kronblade, der testes for tilstedeværelse af svampen enten ved at inkubere på agarplader eller ved at anvende en PCR-test. Indsamlingen kan ske enten ved at klippe blomstrende skud af eller ved at indsamle nedfaldne kronblade fra grønne blade eller bladhjørner ved begyndende blomstring. Agarmetoden er bl.a. testet og/eller anvendt i Canada (Turkington and Morrall 1993, Bom og Boland 2000) og Storbritannien (ADAS and BASF 2008, Davies et al. 1999). I Canada er test af kronblade på agar udviklet til et kommercielt do-it-yourself produkt <http://www.seedtesting.com/analyzing-your-results/testing-for-disease/sclerotinia/> pr. 25. november 2015). Landmanden får tilsendt et kit, der indeholder agarplader og en udførlig vejledning til, hvordan kronblade skal indsamles og placeres på pladerne. Blandt andet ADAS and BASF (2008) vurderer dog, at metoden er begrænset i sin anvendelse, idet der går for mange dage mellem indsamlingen af kronblade, og til der foreligger svar på, om der er behov for behandling. I Sverige har Almquist og Wallenhammar (2015) udviklet en real-time PCR assay til detektion af *Sclerotinia* DNA på kronblade og grønne blade, og metoden er også implementeret i Danmark ved test af renkulturer af svampen (Nielsen og Justesen 2014). Metoden er ikke afprøvet på materiale indsamlet i marken, men virker lovende og kunne danne udgangspunkt for et nyt varslingsystem i Danmark. En infestation af kron- eller grønne blade resulterer ikke nødvendigvis i en infektion. Hvis forholdene ikke er gunstige, vil ascosporerne dø, hvilket vil afsløres, hvis agarmetoden anvendes, mens PCR-metoder ikke kan skelne mellem levende og dødt materiale. Man kan dog argumentere for, at hvis der er et positivt signal for tilstedeværelse af knoldbægersvamp, er det sandsynligt, at der er en vis procentdel levende sporer.

Måling af mængden af luftbårne sporer med en Burhard sporefælde er forsøgt i varslingsøjemed, men for den aktuelle svamp, er resultaterne modstridende (Young et al. 2007, Almquist and Wallenhammar 2015).

De fleste udenlandske varslingsystemer inddrager både markspecifikke og regionale data. Eksempelvis er det engelske varslingsystem for storknoldet knoldbægersvamp (<http://cereals.ahdb.org.uk/monitoring/sclerotinia/sclerotinia-risk-report.aspx> pr. 29.09.2015) baseret på både historiske og aktuelle markspecifikke data (tidligere angreb på gården, afgrødeegenskaber som højde, ukrudtsniveau, lejesæd og andre modtagelige afgrøder i sædskiftet) og nedbør og temperatur omkring begyndende til fuld blomstring. Desuden har landmanden mulighed for at besvare spørgsmål vedrørende sklerotiespiring og testresultater fra kronblade lagt på agar (<http://cereals.ahdb.org.uk/hgca/afd/test.html> pr. 29.9.2015). Såvel vejrdata som den tidlige monitoring (sklerotiespiring eller kronbladstests) dækker normalt en region, men

kan også være fra lokalområdet. Young et al. (2014) afprøvede en 'vejraseret infektionsmodel', der varslede, hvornår sprøjtning evt. skulle foretages, og der blev opnået en bekæmpelse på 76-96 % svarende til bedste standardsprøjtning. Det engelske CropMonitor (<http://www.cropmonitor.co.uk/index.cfm> pr. 19.04.2013) bedømmer ca. 100 rapsmarker for sygdomme tre gange i løbet af sæsonen. For storknoldet knoldbægersvamp vurderes 25 planter pr. mark i bedømmelsen, der foretages midt-sommer. Angreb rapporteres som procent angrebne marker og procent syge planter, og der udarbejdes såkaldte 'risk maps', der angiver risiko for angreb. Denne sygdomsovervågning kan ikke anvendes i varslingen i det år, den foretages, men er af værdi for rapsdyrkningen i de efterfølgende år, da sklerotier kan overleve adskillige år i jorden.

Det norske varslingssystem VIPS varslar for en række plantesygdomme i vårraps bl.a. storknoldet knoldbægersvamp. Systemet inddrager bl.a. sådato, nedbør, blomstringstidspunkt, antal år siden dyrkning af raps eller ært, plantetæthed og angreb i tidligere år. Når brugeren har klikket sig igennem spørgsmålene på hjemmesiden, kommer systemet ud med en infektionssværdi og et eventuelt varsel (<http://www.vips-landbruk.no/> pr. 1.10.2015). Hvis fx infektionssværdien er 80,0, varsles der, at der er middelstor risiko for infektion det pågældende sted, og der er et link til en planteværnsguide, der angiver tilladte fungicider og deres behandlingstid.

I Sverige har man i mange år og med stor succes varslet for storknoldet knoldbægersvamp i vårraps (Sigvald 2012.). Varslingssystemet er baseret på såkaldte risikofaktorer: afgrødetæthed, sædskifte, estimering af mængden af sklerotier i jorden, tidspunkt for apotheciedannelse, nedbør i forsommeren og under blomstring og vejrprognoser (Twengström and Sigvald 1993). Senere studier har vist, at systemets model kan forenkles (Twengström et al. 1998), og i 2015 indgår følgende markspecifikke faktorer: tidligere angreb, antal år siden sidst rapsdyrkning, plantetæthed (afgrøde+ukrudt), nedbør de seneste to uger og vejrprognosen for den kommende uge (<http://www.ffe.slu.se/PV/svensk/aktuellt/aktuellt.html> pr. 21.10.2015). Desuden indgår en regional risikovurdering udsendt af Jordbrugsverkets växtskyddscentraler. Sammenligning af risikofaktorer ender i en risikovurdering, der er lav, middel eller høj. En af årsagerne til succesen er, at varslingsmetoden for storknoldet knoldbægersvamp er udviklet og justeret over årene i samarbejde med den svenske konsulenttjeneste og brugerne.

For en række patogener inklusive svampe er der udviklet såkaldte 'lateral flow (LFD) on-site test kits' til kommercielt brug. Hvis der udvikles et 'Field kit' til test for storknoldet knoldbægersvamp, vil det forbedre mulighederne for at få hurtige, sensitive og pålidelige resultater fra rapsafgrøderne.

10.2.1.1 Konklusion

Ved gennemgang af eksisterende monitorings- og varslingsmetoder samt resultaterne fra nærværende projekt foreslås det, at et fremtidigt dansk system skal inddrage såvel markens historik mht. afgrøder og tid siden sidste mulige værtplante for storknoldet knoldbægersvamp som lokale eller regionale kronbladstests og vejrforhold. Det tyder ikke på, at en tidlig monitorering kan stå alene i varslingen for storknoldet knoldbægersvamp. Yderligere forskning skal fokusere på: 1) udvikling af hurtig kronbladsmonitoring (agar eller PCR), 2) sammenhæng mellem kronbladsmonitoring og angreb og 3) sammenhæng mellem tidlig monitorering, nedbør og temperatur og sygdomsangreb. Endelig er der fra andre vært-patogensystemer opnået lovende resultater ved en kvantificering af sporer i luften, og det burde også undersøges nærmere, om det er muligt i varslingen for storknoldet knoldbægersvamp.

10.3 Monitoring og varsling af vindaks

Som nævnt i kapitel 9 foretages monitorering af vindaks og andre ukrudtsarter normalt ved at udvælge et antal tælleflader i marken og tælle antallet af de dominerende ukrudtsarter. Den typiske størrelse af en tælleflade er 0,25 m². Der er ingen generelle anbefalinger vedrørende

antallet af tælleflader, og snarere end at bestemme det gennemsnitlige antal planter i marken vil landmanden typisk koncentrere sig om at bestemme antallet af planter i de områder af marken, hvor han/hun erfaringsmæssigt ved, at ukrudtsbestanden er størst. Da mange ukrudtssprøjtninger skal udføres, mens ukrudtsplanterne er små, kan det i praksis være svært at kende forskel på ukrudtsarterne og ikke mindst græsukrudtsarterne. Vindaks kan på de tidlige udviklingstrin kendes fra de andre almindelige græsukrudtsarter med undtagelse af væselhale, som er en græsukrudtsart på fremmarch. På senere udviklingstrin –fx i forbindelse med forårssprøjtninger i vintersæd –er vindaks nemmere at identificere.

Da ukrudt i modsætning til de fleste skadedyr og sygdomme spreder sig forholdsvis langsomt, vil man også kunne basere monitoringer på observationer fra tidligere år. Landmænd opfordres til at lave såkaldte sprøjtevinduer, hvor man dækker afgrøden af i forbindelsen med sprøjtningen (eller simple: lukker et bomafsnit på marksprøjtningen under sprøjtningen) og bestemmer ukrudtsfloraen på et senere tidspunkt, hvor det er lettere at identificere de enkelte ukrudtsarter, og ved systematisk at registrere overlevende ukrudtsplanter i ugerne før høst vil det være muligt at udarbejde, hvad der kaldes ukrudtskort. Disse kort kan enten anvendes som basis for at planlægge sprøjtninger eller som udgangspunkt for en målrettet monitoring i den vækstsæson, hvor behandlingen skal udføres.

Ukrudtsmonitoring er både tidskrævende og vanskelig, og i praksis er det kun i få marker, at der gennemføres en monitoring forud for sprøjtningen. Der er udbredt enighed om, at hvis man konsekvent gennemførte ukrudtsmonitoringer, ville det resultere i et mindre herbicidforbrug, dels fordi nogle marker så ikke ville blive behandlet, og dels fordi kun dele af markerne vil blive sprøjtet – modsat nu, hvor hele marken behandles (Jørgensen et al. 2007). I de senere år er der igangsat en række aktiviteter, som har til formål at automatisere ukrudtsmonitoringen bl.a. vha. sensorer monteret på traktorer og andre markredskaber samt vha. droner. Automatisk monitoring af ukrudt vil kunne øge anvendelsen af ukrudtsmonitoring markant.

10.3.1 Konklusion

Idet alt tyder på, at en højere grad af monitoring af ukrudt vil mindske forbruget af herbicider, er der et stort potentiale i at udvikle metoder, som automatisk kan opgøre problemets omfang, også på en helt lokal skala i den enkelte mark. Også udarbejdelse af ukrudtskort til lokalisering af flerårigt ukrudt vil kunne målrette sprøjteindsatsen og dermed mindske herbicidforbruget.

10.4 Mulige nye monitoringsmetoder og varslingsmodeller i Danmark

Med hensyn til bladlus i korn tyder meget på, at de monitoringsmetoder, der anvendes nu (opgørelse af andelen af angrebne strå), fungerer tilfredsstillende, og at den fremtidige udvikling hovedsagelig skal foregå på varslings- og beslutningsstøttedelen, idet populationsudviklingen formentlig vil kunne blive væsentlig mere præcis ved at inddrage lokale klimaforhold som temperatur og nedbør (specifikt kraftig nedbørshændelser) samt evt. tætheden af prædatorer. Simuleringerne med den stokastiske populationsmodel viser, at også hyppigheden af monitoring i den enkelte landmands marker kan være af stor betydning for usikkerheden på varslerne, og dermed vil det være oplagt at indarbejde dette i et fremtidigt beslutningsstøttesystem.

For storknoldet knoldbægersvamp er der et potentiale for at forbedre såvel monitoringsmetoder som sammenstillingen af biologiske data med andre typer data i en varslingsmodel. Helt konkret kan det foreslås, at der udvikles et varslingsystem, der anvender markspecifikke data i kombination med regionale vejrdata samt oplysninger om, hvornår der sidst har været hhv. angreb og potentielle værtsplanter. De markspecifikke data kunne være indsamling af kronblade, der indsendes til test for *Sclerotinia*-svampen enten ved anvendelse af agartesten eller endnu bedre en hurtigere PCR-test. Det er dog ikke muligt ud fra de indsamlede data at vurde-

re, hvor meget usikkerheden på varslingen kan nedbringes ved hjælp af de overfor beskrevne tilpasninger.

En systematisk monitoring af ukrudtet i egne marker vil sandsynligvis nedbringe mange landmænds herbicidforbrug, enten fordi sprøjtning helt kan undgås, eller fordi sprøjtningen kan målrettes de berørte områder.

Der er vigtigt, at det i beslutningsstøttesystemet tydeligt fremgår, at varslingens sikkerhed afhænger af, hvor tit man monitorer for bladlus, da sådanne oplysninger vil have betydning for landmandens villighed til at monitorere yderligere (fremgår også af fokusgruppeundersøgelsen beskrevet i kapitel 15). Derudover gav deltagerne udtryk for, at deres reaktion, hvis de opdager lus i afgrøden, derefter vil være at monitorere hver dag, idet de ikke stoler på "officielle" varslinger, da de lokale forhold har stor betydning. Deltagerne var positive over for, at det præsenterede system dels vil oplyse om de økonomiske konsekvenser (udgifter såvel som gevinst) ved de forskellige behandlingsalternativer, dels opgør de mulige effekter af de enkelte behandlinger på det omgivende miljø. Dermed er der også en indikation af, at et system af denne type, hvori der indgår muligheden for læring, vil kunne påvirke såvel landmændenes sprøjteadfærd som deres villighed til at indsamle monitoringsdata.

Den generelle opfattelse var, at monitoring for svampesygdomme ikke giver mening, da det er for sent at behandle, når først symptomerne kan observeres. Derfor anvender stort set alle plansprøjtning mod svampesygdomme eller undlader at sprøjte. Det var imidlertid tydeligt, at et værktøj til en mere sikker varsling for svampesygdomme vil være velkomment.

De kvalitative interviews viste, som beskrevet i kapitel 3, at villigheden til monitoring afhænger af mange faktorer. Specifikt i relation til varsling og beslutningsstøtte gælder, at monitoringen skal være hurtig og let både at udføre og indrapportere, dvs. det skal helst kunne foregå fra traktoren eller i marken. Desuden skal der være en økonomisk gevinst, og incitamentet til at monitorere i egne marker er for en del landmænd information om problemer enten fra fx naboen eller via varslingstjenester. Noget tyder på, at landmændenes indstilling til monitoring og brug af varsler er under forandring, måske hjulpet på vej af de økonomiske incitamenter som følge af ændrede pesticidafgifter. For så vidt angår vindaks, oplever de landmænd, der har problemet, at denne art skal der bare sprøjtes mod, hvis den er i marken. Heri ligger implicit en eller anden form for monitoring, som dog formentlig ikke er særligt systematisk, men består i, at en landmand altid i en eller anden grad holder øje med sine marker og især med arter og områder, som tidligere har givet problemer.

Samlet set betyder ovennævnte sandsynligvis, at en del landmænd ikke vil kunne overkomme fx at samle prøver ind og sende dem til analyse, hvilket ellers synes oplagt i relation til monitoring for storknoldet knoldbægersvamp. Her er det nok mere realistisk, at konsulenterne udfører monitoringen, hvis den skal foregå helt lokalt, eller at der etableres et regionalt indsamlingssystem. Endvidere kan man af svarene i de kvalitative interviews se, at der stadig ligger en informationsopgave mht. "indviklede" skadegørere som fx storknoldet knoldbægersvamp, før en større monitoringsindsats bliver realistisk.

11. Landbrugsøkonomiske beregninger

De økonomiske konsekvenser, der indgår i *Landmandsmodellen*, er beregnet som ændringer i nettomerudbyttet og svarer til ændringen i dækningsbidraget fra den behandlede afgrøde. I projektet er det beregnet for bekæmpelse af skadevolderne vindaks og bladlus i vintersæd og knoldbægersvamp i vinterraps.

11.1 Beregningsmetode for nettomerudbytte

Merudbyttet beregnes i kr./ha for afgrøden, idet *merudbyttet (hkg/ha)* multipliceres med *prisen for afgrøden (kr./hkg)*. Nettomerudbyttet beregnes ved at fratække udgifterne til sprøjtemidlerne og en grundudgift i forbindelse med behandlingerne (SEGES: Budgetkalkuler 2013). Dvs. at nettomerudbyttet beregnes som:

$$\text{Nettomerudbytte [kr/ha]} = \text{Merudbytte [hkg/ha]} * \text{pris for afgrøde[kr/hkg]} - (\text{pesticid [kr/ha]} + \text{Udbringning [kr/ha]})$$

Merudbyttet (hkg/ha) som følge af bekæmpelse beregnes med udgangspunkt i data og funktioner beskrevet i afsnittene 11.2 – 11.4. vedr. merudbytteberegninger for casene nedenfor.

Til den nuværende version af *Landmandsmodellen* er der anvendt afgrødepriser fra budgetkalkulerne for sæsonen 2013/14 (SEGES 2013). Priserne på sprøjtemidler er for sæsonen 2013/14 og er hentet fra SEGES' Middeldatabase (middeldatabasen.dk) samt Vejledning i Planteværn. For sprøjtemidlet Bulldock er der ingen pris i databasen på grund af en meget høj afgift, der betyder, at midlet ikke er på markedet, og prisen er anslået på baggrund af personlig kommunikation med Jens Erik Jensen, SEGES.

I budgetkalkulerne (SEGES 2013) er behandlingsomkostningerne opgjort til 140 kr./ha. Denne udgift dækker omkostningerne til udkørsel, ligesom afskrivninger af udstyr indgår i beregningen. Udgifterne til sprøjtemidler indgår ikke i behandlingsomkostningen. Til sammenligning regnes der med en behandlingsomkostning på 120 kr./ha i den økonomiske og miljømæssige evaluering af Planteværn Online fra 2007 (Jørgensen et al. 2007).

11.2 Merudbytte case 1 (bladlus i vintersæd)

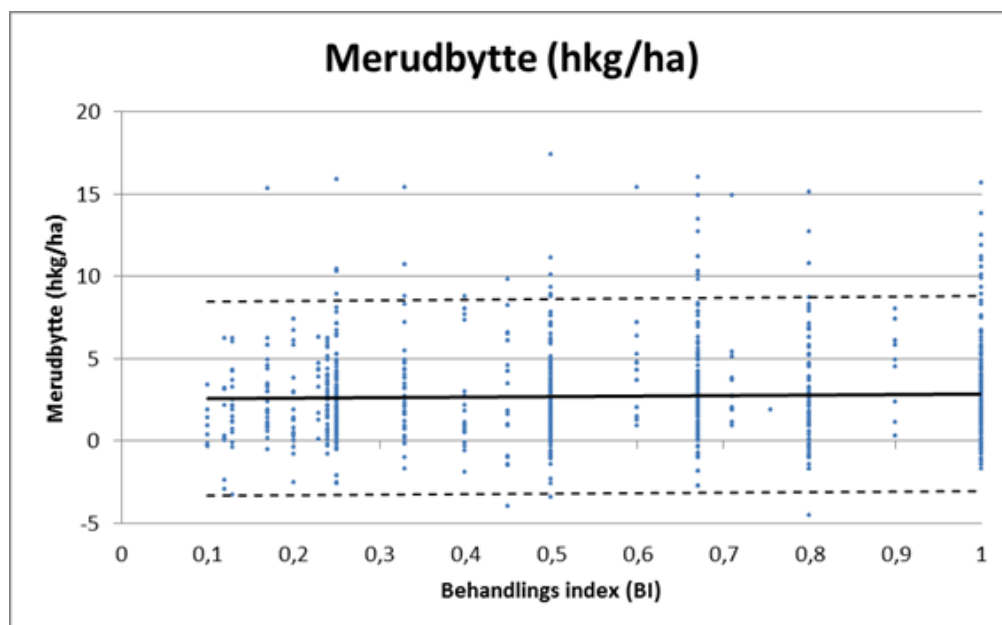
Datagrundlaget for beregningen af merudbytte ved bekæmpelse af bladlus i vintersæd er forsøgsdata fra Videncenter for Landbrug (nu SEGES), udført som markforsøg, hvor der undersøges for behandling mod bladlus med varierende behandlingsindeks (BI) og midler. Forsøgene er udført i perioden 1999 til 2013. I forsøgene, der er foretaget i landbrugsmarker i omdrift, er der anvendt forskellige kombinationer af pesticider, og der indgår forskellige forfrugter/sædskifter.

Omkring 1200 datapunkter for merudbytte, sprøjtemiddelsammensætning, mængde og timing er anvendt til at estimere lineære modeller for merudbyttet. Modellerne giver en sammenhæng mellem merudbyttet og BI samt % strå med bladlus inden behandling og efter 7, 14, 21 og 28 dage.

Den statistisk mest signifikante model for merudbyttet, dvs. en model, hvor data fordeler sig som antaget, er fundet som funktion af BI alene:

$$\text{Merudbytte (hkg/ha)} = 2.5428 + 0.3377 \cdot BI$$

Modellen viser en svag stigning i merudbyttet som funktion af BI, men den største effekt ligger i selve konstanten, hvilket afspejler, at der var et betydeligt merudbytte i de opgivne data, også for de mindste værdier af BI ($BI=0.1$). Der er en forholdsvis stor usikkerhed i merudbyttemodellen (Fig. 11.1), og der er derfor indført et usikkerhedsinterval med baggrund i de forsøgsdata, der ligger til grund for beregningerne. Modellen er dog forsimplet pga. det begrænsede datagrundlag, og merudbytteberegningerne giver derfor urealistisk store usikkerheder. For at beskrive variabiliteten i datapunkterne mere eksakt og dermed nedbringe usikkerheden i modellen kræves yderligere data fra forsøgene. Fig. 11.1. viser, at merudbyttet ikke kan forklares ved ændringer i BI alene.



11.3 Merudbytte case 2 (storknoldet knoldbægersvamp i vinterraps)

Datagrundlaget for beregningerne af merudbyttet i vinterraps ved sprøjtning mod storknoldet knoldbægersvamp er fra Landsforsøgene (1998-2006) og Heltoft Jensens undersøgelser fra 2010 (Heltoft Jensen 2010). På baggrund af disse data, der er vist i Tabel 11.1, findes følgende sammenhæng mellem merudbyttet og % planter angrebet med storknoldet knoldbægersvamp (Fig. 11.2):

$$\text{Merudbytte (hkg/ha)} = 0.4202 \cdot \% \text{ angrebne planter} + 0.831$$

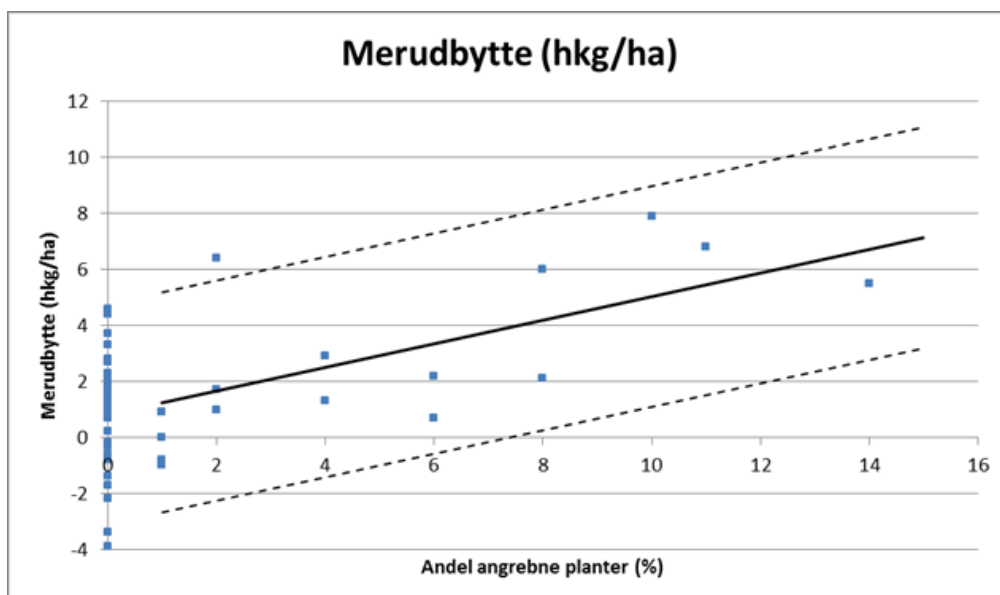


Fig. 11.2. Merudbyttet af vinterraps i hkg/ha ved behandling for storknoldet knoldbægersvamp som funktion af % angrebne planter. De stiplede linjer angiver modellens 95 % konfidensinterval. Spredningen på enkelt punkter rundt om linjen er 1.696. Baseret på Landsforsøgene i perioden 1998-2009 (Modificeret efter Heltoft Jensen 2010).

Tablet 11.1. Procent inficerede planter i ubehandlede forsøgsparceller og merudbytte ved sprøjtning med hhv Folicur (1998-2006) og Cantus (2007-2009) fra Landsforsøgene (Nordic Field Trial System) i perioden 1998-2009 (Modificeret efter Heltoft Jensen 2010). For behandlede forsøgsled er planterne behandlet i vækststadium BBCH65 med standarddoseringer af hhv Folicur (0,15-0,7 l/ha) og Cantus (0,35 kg/ha).

Forsøgsnr.	% planter med knoldbægersvamp i ubehandlet	Merudbytte ved sprøjtning hkg/ha	Forsøgsnr.	% planter med knoldbægersvamp i ubehandlet	Merudbytte ved sprøjtning hkg/ha
1998 002	0	2,2	2005 001	0	1,1
1998 003	1	0,9	2005 002	2	1,0
1998 005	0		2005 003	1	-0,8
1998 006	18	0,1	2005 004	0	-0,3
1998 007	0	-0,6	2005 005	0	1,9
1999 001	16	0,7	2006 001	19	-0,2
1999 002	2	6,4	2006 002	0	2,0
1999 003	6	2,2	2006 003	0	0,8
1999 005	4	2,9	2006 004	0	1,1
1999 006	14	5,5	2006 005	0	1,9
1999 007	11	6,8	2007 006	2	1,7
1999 009	8	2,1	2007 007	20	4,1
1999 001S	0	-3,4	2007 009	0	-0,7
1999 002S	0	3,7	2007 010	0	4,6

Forsøgsnr.	% planter med knoldbægersvamp i ubehandlet	Merudbytte ved sprøjtning hkg/ha	Forsøgsnr.	% planter med knoldbægersvamp i ubehandlet	Merudbytte ved sprøjtning hkg/ha
2000 001	-	3,2	2008 001	0	-2,2
2000 002	10	7,9	2008 002	0	2,2
2000 003	20	3,4	2008 003	0	-0,3
2000 004	8	6,0	2008 004	0	1,3
2003 001	1	-1,0	2008 005	0	1,5
2003 002	0	1,8	2008 006	0	-1,7
2003 003	1	0,9	2008 007	0	1,7
2003 004	6	0,7	2008 008	0	0,7
2003 005	0	-1,4	2009 001	0	1,0
2003 006	0	2,7	2009 002	0	-3,9
2004 001	4	1,3	2009 003	0	3,3
2004 002	0	0,2	2009 004	1	0,0
2004 003	0	-0,2	2009 006	0	1,3
2004 004	0	2,3	2009 007	0	2,2
2004 005	0	0,8	2009 009	0	4,4
2004 006	0	-0,8	2009 001S	0	2,8

Baseret på det givne datamateriale er det ikke muligt at drage en entydig konklusion, men det fremgår dog, at der i de fleste forsøgsled med angreb på 10 til 20 % er opnået merudbytte på ca. 3 til knap 8 hkg/ha (Tabel 11.1). En af undtagelserne er led 001 i 2006 med angreb på 19 %, der resulterede i et negativt merudbytte. I de mange led, hvor angreb er opgjort til 0 %, varierer merudbyttet mellem minus 3.9 og plus 4.6 hkg/ha. En del landmænd vælger at plansprøjte mod svampe i raps. Der opnås imidlertid ofte ikke merudbytte ved kemisk bekæmpelse, da skadevolderen kun optræder med alvorlige angreb med års mellemrum. Men i de år, hvor der sker alvorlige angreb, er tabet stort, hvilket forklarer plansprøjtningen. Ørum (2008) beskriver, at de betydelige angreb kan give udbyttetab på 3-4 hkg pr. ha, i tilfælde hvor 20 % af planterne i marken har været angrebet. Ørum beskriver også, at der i gennemsnit over forsøgene, gengivet i tabel 11.1, har været 2 hkg i merudbytte for bekæmpelse. Ørum konkluderer, at dette merudbytte kan betale for behandling, men det afhænger af afgrødepriserne, som i de senere år har været lavere end i slutningen af 00'erne, hvor Ørum lavede sine beregninger. Ørum beskriver endvidere, at køreskader på afgrøden er mindre end tidligere, fordi der køres med større sprøjter.

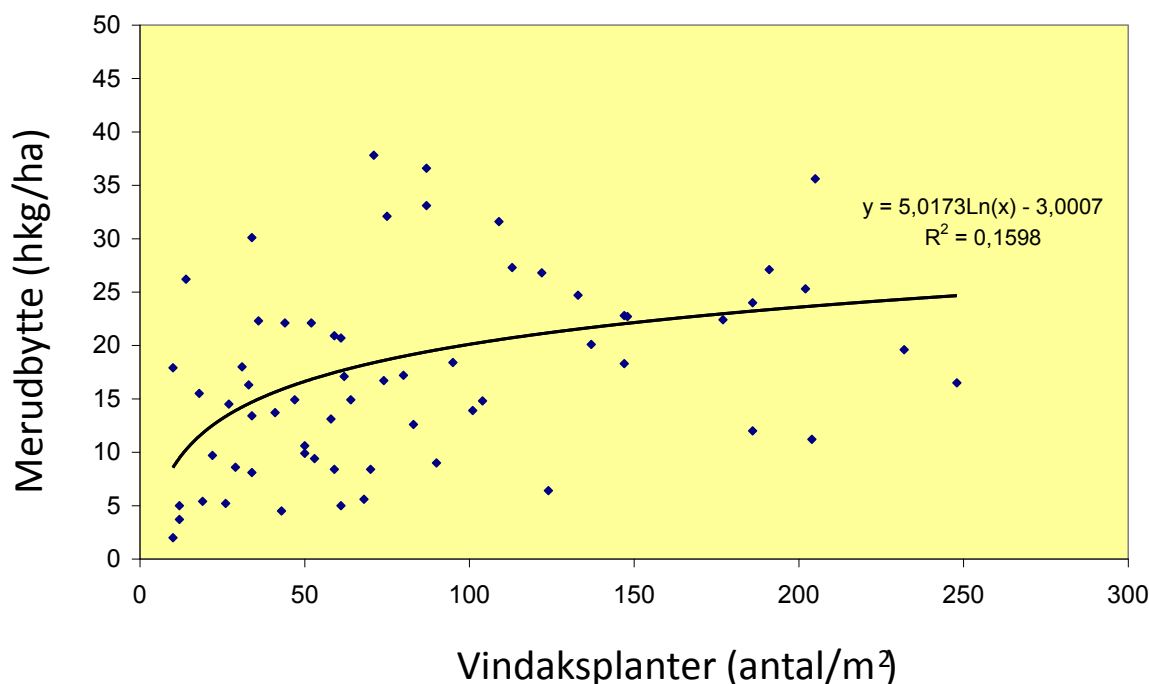
Vi konkluderer, at der i gennemsnit kan opnås et merudbytte, men baseret på datamaterialet for årene gengivet i tabel 11.1. konkluderer vi, at dette ikke er tilfældet i alle de år, der er data for, og at der derfor vil være variationer mellem år.

11.4 Merudbytte case 3 (vindaks i vintersæd)

Langt hovedparten af de konventionelle sædskiftemarken behandles med herbicider hvert år. Græsukrudt inklusiv vindaks er blandt de mest tabsvoldende ukrudtsarter i vintersæd, og i

marker med forekomst af vindaks anbefales kemisk bekæmpelse selv ved lave tætheder for at undgå opformering.

I Fig. 11.3 er vist sammenhængen imellem vindakstætheder i vinterhvede og merudbytte i forsøg udført ved SEGES (tidligere Videncentret for Landbrug) i perioden 1998 til 2007 (Kudsk et al. 2010). På trods af at sammenhængen imellem tæthed og merudbytte ikke er entydig, viser figuren, at selv lave vindakstætheder kan forårsage store udbyttetab. Modsat ager-rævehale, som har større frø, kan vindaks, der har små frø, i løbet af få år sprede sig til store dele af en mark, hvilket er en anden årsag til, at selv små bestande anbefales bekæmpet (AU, upublicerede data).



Figur 11.3. Sammenhæng imellem antal vindaksplanter i de ubehandlede forsøgsled og merudbytte i vinterhvede efter behandling med den anbefalede herbiciddosering. Resultater fra Landsforsøg udført ved Videncentret for Landbrug i perioden 1997 til 2010 (Kudsk et al. 2010).

11.5 Sammenfatning

Til denne prototype af *Landmandsmodellen* vurderes datagrundlaget at være tilstrækkeligt, men der fremgår for alle tre skadegørere, at der er en betragtelig usikkerhed ved forudsigelserne af merudbytte ved behandlinger. I en reel model (i modsætning til en prototype som den, der er udviklet i dette projekt), hvor modellen har til hensigt at vejlede landmænd i deres konkrete beslutninger, vil der med fordel kunne lægges større vægt på betydningen af denne usikkerhed mht. udfaldet på dækningsbidraget for de forskellige afgrøder, dvs. i samspil med prisen på afgrøden og de øvrige omkostninger ved produktionen.

12. Belastningsindikatorer – miljø

Pesticidpåvirkning af naturområder vil oftest finde sted omkring marken, hvor der sprøjtes. Det betyder, at naturområder, som grænser op til marker, er mest udsat, samtidig med at selve markfladen naturligvis påvirkes. Grundvandet påvirkes desuden fra hele markfladens nedsvivning. For belastning af naturen i marken og i marknære habitater har vi valgt at følge de overordnede principper i Kjær et al. (2008), mens grundvandet er beskrevet ved et simpelt indeks ud fra adsorption til jord. Belastningen ses som en relativ størrelse af risiko, hvor større belastning betyder en større risiko for negativ påvirkning. Det er således ikke muligt at bestemme, om naturen har det godt eller skidt, men derimod om naturen påvirkes mere eller mindre.

Når landmanden sprøjter, vil det i mange tilfælde også have en virkning på organismer, det ikke var hensigten at ramme. Disse organismer kan være organismer, der har betydning inde på markfladen enten som føde for højere niveauer i fødekæden, eller organismer, der udfylder en funktion i marken (nedbrydning, bestøvning, biologisk kontrol og lign.), eller det kan være organismer, der er beskyttelsesværdige (agerlandstilknyttede planter, fugle og pattedyr). Endvidere findes en række småbiotoper uden for det dyrkede areal, der potentielt eksponeres, hvis sprøjtemidler føres med vinden ud af marken eller transporteres med vandet (dræn og overfladeafstrømning) til vandløb og vandhuller. Hvis man skal følge udviklingen i pesticiders belastning af naturen, indebærer det, at det er nødvendigt at beskrive/vide, hvor der bliver sprøjtet med hvad, hvor giftigt midlet er, og hvor afstandsmæssigt den marknære natur findes.

12.1 Princip for miljøindikatorer i *Landmandsmodellen*

I *Landmandsmodellen* vurderes miljøbelastningen af relevante alternative bekæmpelsesmetoder i marken og de marknære habitater, idet eksponeringen estimeres ud fra habitatets placering i forhold til marken, og data for giftighed tages fra Footprint-databasen (<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm>), som indeholder alle data fra de obligatoriske tests i forbindelse med godkendelse af pesticider. De samme data benyttes nationalt til estimering af den årlige pesticidbelastning (Miljøstyrelsen 2012) og ved fastsættelse af pesticidafgifter. Det nye i *Landmandsmodellen* er, at der ved vurderingen af miljøpåvirkningen tages hensyn til, hvilke habitater der findes i nærheden af den sprøjtede mark, og hvor langt de ligger fra marken.

Miljøbelastningen for udvalgte organismegrupper i marken og de marknære habitater beregnes i form af delindikatorer (se nedenfor). I *Landmandsmodellen* benyttes de 18 delindikatorer (Tabel 12.1), som Kjær et al. (2008) gennem reviews fandt bedst beskrev de mulige utilsigtede effekter som følge af pesticidanvendelsen på organismer og fødekæder i mark og nabohabitat, samt en ekstra delindikator for grundvand. De 18 delindikatorer fra Kjær et al. (2008) er, som det fremgår af tabel 12.1, organiseret i beskyttelses kategorier, efter hvor belastningen opstår: i marken, i vandløb, i sø og vandhul eller i terrestriske biotoper i umiddelbar nærhed af det dyrkede areal. I *Landmandsmodellen* præsenteres miljøbelastningen af mulige bekæmpelsesmetoder for hver beskyttelses kategori via en farvekode (rød, gul, grøn). Farven bestemmes af den delindikator, der har den højeste værdi inden for kategorien og ikke som en midelværdi, da hensigten i *Landmandsmodellen* er at angive, hvilken behandling er den relativt mindst hhv. mest miljøbelastende pesticidbehandling for den aktuelle mark, således at landmanden har mulighed for at tage hensyn til dette ved valg af behandling. Delindikatorerne er relative forstået på den måde, at de ikke forudsiger, om der vil opstå pesticideffekter eller ej, men i stedet forudsiger, om risikoen for effekter er større eller mindre. Derfor fastlægges af-

skæringsværdierne også således, at det er muligt at adskille pesticidbehandlinger som hhv. mere eller mindre miljøbelastende. I den aktuelle version af *Landmandsmodellen* er afskæringsværdien mellem de forskellige farver derfor fastlagt manuelt for at sikre, at forskellige farver indikerer forskellig miljøbelastning. Hvis princippet skal bruges i forbindelse med implementering af et beslutningsstøttesystem, skal afskæringsværdierne for farverne ved de enkelte delindikatorer justeres, således at de ses i forhold til alle godkendte pesticidbehandlinger i Danmark (Vejledning i Planteværn 2014).

De toksikologiske data, der benyttes til beregningen af miljøindikatorerne i *Landmandsmodellen*, er identiske med data anvendt i den landsdækkende pesticidbelastningsindikator (PBI) (Miljøstyrelsen 2012). I beregningen af PBI indgår forhold, som fx human sundhed og persistens, som ikke er med i den nuværende form af *Landmandsmodellen*, desuden sker beregningen i *Landmandsmodellen* ud fra lokale forhold, og delindikatorerne adderes ikke, som ovenfor beskrevet. Derfor kan den lokale vurdering af miljøbelastningen i *Landmandsmodellen* adskille sig fra den overordnede vurdering i PBI.

I prototypen for *Landmandsmodellen* holdes en behandling kun op mod de godkendte behandlinger for de valgte afgrøder og skadegørere. Hvis farven er rød for en given behandling, betyder det, at miljøbelastningen ved denne behandling er relativt højere end for de øvrige alternativer, og ikke, at der med sikkerhed opstår en betydelig miljøbelastning. I Fig. 12.1 er vist et eksempel, hvor den fastlagte farve for hver kategori vises længst til højre, og afskæringsværdierne for hver farve vises i hhv. den gule og røde kolonne for hver delindikator. I eksemplet ses det, at kategorien 'mark' er gul, da delindikatoren 'pattedyr' har en værdi (0,13), der er større end afskæringen mellem grøn og gul (0,1), men mindre end afskæringen til rød (50). Selvom alle delindikatorer bortset fra 'pattedyr' for beskyttelses kategorien 'mark' viser grøn, er farven bestemt til gul, da den mest følsomme delindikator er bestemmende. De enkelte delindikatorer er nærmere beskrevet nedenfor, og beregningen fremgår af kapitel 12.4.

Tabel 12.1. De 18 delindikatorer grupperet i forhold til den måde, naturen udsættes for sprøjtemidlet på (eksponeringsvej), hvilken type organismer der rammes (indikatorgruppe), og hvilke habitater der typisk forekommer (beskyttelseskategori).

Beskyttelseskategori	Eksponering	Indikatorgruppe
Mark	Direkte eksponering fra sprøjten	Pattedyr
		Fugle
		Bier
		Regnorme
		Insekter
		Planter
Terrestrisk natur uden for marken	Afdrift til terrestriske kantbiotoper	Bier
		Leddyr
		Planter
Vandmiljø	Drænudløb til vandmiljøet	Alger
		Invertebrater
		Fisk
	Afdrift til vandløb	Alger
		Invertebrater
		Fisk
	Afdrift til vandhul	Alger
		Invertebrater
		Fisk

Figur 12.1. Eksempel på indikatorberegning for behandling af bladlus i vintersæd i *Landmandsmodellen*. Indekseringen af hver delindikator refererer til ligningerne i Kapitel 12.4 (Pattedyr¹ referer således til ligning 1 i Kap 12,4) og så fremdeles. Grænsen for farven gul og rød er angivet i kolonnerne med den pågældende farve.

Beskyttelses-kategori	Eksponeringsvej	Delindikator	Grænse	Grænse	Indikator-værdi	Farve-kode
Mark	Direkte eksponering fra sprøjten	Pattedyr ¹	>0,1	>50	0,13	→
		Fugle ¹	>0,01	>1	0,004	
		Bier ¹	>500	>50000	227	
		Regnorme ¹	>0,5	>10	0,08	
		Insekter ²	>1	>100	0,6	
		Planter ³	>1	>100	0	
Terrestrisk natur uden for markfalden	Afdrift til terrestriske kantbiotoper	Bier ¹	>10	>1000	3	→
		Leddyr ¹	>0,01	>0,5	0,001	
		Planter ²	>1	>100	0	
Vandløb	Drænudløb til vandmiljøet	Alger ¹	>500	>100000	450	→
		Invertebrater ¹	>100000	>10000000	150000	
		Fisk ¹	>10000	>1000000	16071	
	Afdrift til vandløb	Alger ⁴	>0,1	>10	0,3	
		Invertebrater ⁴	>100	>10000	89	
		Fisk ⁴	>5	>1000	10	
Sø/vandhul	Afdrift til vandhul	Alger ⁴	>0,2	>10	0	→
		Invertebrater ⁴	>75	>10000	0	
		Fisk ⁴	>100	>1000	0	
Grundvand	Nedsivning	Adsorbition ⁵	>0,0001	>0,01	0,0001	→

12.2 Markfladen

På markfladen bestemmes belastningen ud fra det konkrete pesticidforbrug (eller anden behandlingsform) i den givne afgrøde. Potentielle effekter inde på det dyrkede areal inkluderer påvirkning af jordbundsorganismerne (regnorm) og bestøvere (bier) og giftvirkninger på pattedyr, fugle samt fødekædeeffekter (ukrudtsbiomasse og leddyrsbiomasse). For pattedyr, fugle, bier og regnorme beskrives den potentielle effekt ved belastningstallet (dosering ganget med et mål for giftighed) for den enkelte organisme/organismegruppe summeret for de anvendte sprøjtemidler, for ligning se kapitel 12.4.

Potentielle fødekædeeffekter, såsom indirekte effekter på eksempelvis fugle, beskrives ved behandlingsindeks (BI), idet der er fundet en sammenhæng mellem BI og forekomst af fugle, ukrudt og insekter (Esbjerg og Petersen 2002). Det fremgik af Bichelrapporten, at insektfaunaen vil blive forøget mest ved at undlade sprøjtning med insekticider eller herbicider. Derudover har Taylor et al. (2006) fundet, at felter med større mængde af ukrudt indeholder flere leddy, ligesom herbicidbehandlede felter har den laveste forekomst.

12.3 Naturelementer uden for det dyrkede areal

Afdrift af sprøjtemidler til vandrette flader (vandløb, vandhuller og jordoverfladen) reduceres med afstanden til det sprøjtede areal, således at afsætningen er omvendt proportional med afstanden (Ganzelmeier et al. 1995, Rautmann et al. 2001). På samme måde er det vist, at afsætning på organismer, der har en udbredelse i højden, er proportional med afstanden (Bruus Pedersen et al. 2008), men afsætningsmængden er en anden. Bidraget fra et givent areal til et naturelement bestemmes ved at vægte den udsprøjtede mængde til $1/(\text{Afstanden}+1)$, da denne funktion følger empirisk bestemte værdier tæt og samtidig har den egenskab, at afsætning er lig med dosering, når afstanden=0. Markens påvirkning af nabohabitater beregnes ved at summere bidragene fra de afstandszoner, som den er inddelt i.

12.3.1 Terrestrisk natur uden for markfladen

Den terrestriske natur uden for markfladen eksponeres gennem sprøjtemiddelafdrift. Beregnet forbrug for hvert aktivstof i hver afstandszone inden for en mark vægtes med toksiciteten for relevante organismer. Derved fremkommer delindikatorer for den økotoksikologiske belastning i tørre naturtyper i umiddelbar nærhed af marken. De relevante organismer er i denne sammenhæng: bier, den mest følsomme af de to organismer, der indgår i godkendelsesmateriale i kategorien "andre leddyr", samt planter. Fordi der kun i begrænset omfang findes effektdata for vilde planter, er belastningstallet for denne delindikator baseret på de EC50-værdier, der findes for ukrudtsplanter i Planteværn Online (Rydahl 2004). I Planteværn Online er der for glyphosat kun værdier for en enkelt ukrudtsplante. Vi har derfor suppleret med data for 15 vilde plantearter (Boutin et al. 2004).

12.3.2 Vandmiljø

Vandmiljøet beskrives både i forhold til dræn og afdrift med forskellig vægtning. Ved dræn laves der ingen vægtning efter afstand, men derimod reduceres dosis i forhold til pesticidets binding til jord (Kd), da denne kan være meget forskellig og har stor betydning for den pesticidmængde, som kan afgives fra jord til drænrør. Belastningen ved afdrift til vandløb og vandhuller beskrives ved at kombinere akut giftvirkning på alger, dafnier og fisk med afstanden til bredden. De samme akutte giftighedsmål bruges for dræn, men uden afstandsvægtning, se kapitel 12.4. Hvis der er indført en beskyttelseszone til vandmiljøet for et bestemt aktivstof, vil afstande, der ligger inden for beskyttelsesafstanden, være udeladt i beregningerne. Der er medregnet 2 m beskyttelseszone til alle vandløb og vandhuller/søer (vandløbslovens krav om en 2 m dyrkningsfri zone til vandmiljø), ligesom afstandskrav for specifikke pesticider er medregnet.

12.3.3 Grundvand

Projektet bruger en meget simpel grundvandsindikator i beregningerne, hvor dosering vægtes med $1/Koc$, hvor Koc er målt adsorptionskoefficient, beregnet ud fra jordens kulstoffraktion. I Bilag 3 beskrives udfordringerne ved anvendelsen af en simpel indikator. En mere kompleks indikator for grundvand bør overvejes i fremtidige MVB-systemer. Generelt kan det siges, at anvendelse af mere komplekse indeks, der typisk inddrager halveringstid ved nedbrydning i jord, $T_{1/2}$, for at adskille forskellige aktivstoffer, synes for usikker, da $T_{1/2}$ er en meget usikkert bestemt parameter, samtidig med at de persistente aktivstoffer er udfaset, så forskellen mellem stofferne er begrænset. I stedet bør der inddrages lokalt klima med fokus på ekstreme nedbørshændelser i perioden efter sprøjtning.

12.4 Beregning af belastningstal for de tre cases

De ifølge Vejledning i Planteværn (Jensen et al. 2014) anbefalede pesticidbehandlinger for hver af de tre cases fremgår af tabellerne 12.2-12.4. Til beregning af belastningstal for relevante organismer for hver af de anbefalede behandlinger anvendes endvidere økotoksikologiske data fra PPDB: Pesticide Properties DataBase (<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm#P>). Nedenstående ligninger er en sammenstilling af de beregninger, der benyttes for forskellige organismer i forskellige habitater.

$$1): I_x = \sum_{\tau=1}^n \frac{Dose_{\tau}}{LC50_x^{\tau}}$$

$$2): I_x = \sum_{\tau=1}^i BH_{\tau}$$

$$3): I_x = \sum_{\tau=1}^h BH_{\tau}$$

$$4): I_x = \sum_{\tau=1}^n \sum_{\theta=1}^k \frac{(A_{\theta}^y - A_{\theta-1}^y) \cdot Dose_{\tau}}{0,5 \cdot (z_{\theta} + z_{\theta-1}) \cdot Areal \cdot LC50_x^{\tau}}$$

$$5): I_x = \sum_{\tau=1}^n \frac{Dose_{\tau}}{Koc_{\tau}}$$

Følgende notation er brugt:

I_x : indikatorværdi for gruppe x

n : antal aktivstoffer, der indgår i behandlingen

$Dose_{\tau}$: dose for aktivstof (τ)
 $LC50_x^{\tau}$: LC50-værdien for organismen brugt i indikator x og for aktivstof τ
 BH_{τ} : behandlingshyppigheden for aktivstof τ
 i : antal insekticider, der indgår i behandlingen
 h : antal herbicider, der indgår i behandlingen
 k : antal afstandskategorier
 $Areal$: markarealet
 A_{θ}^y : markareal for afstandskategori θ og kanttype y
 z_{θ} : afstand for afstandskategori θ
 Koc_{τ} : adsorptions koefficient til kulstof for aktivstof τ

Alle data indgår via Excel-filer i *Landmandsmodellen*, som er beskrevet i kapitel 13.

Tabel 12.2. Oversigt over pesticider, aktivstof(fer) og anbefalede doseringer (l/ha eller g/ha) til behandling af vindaks i vintersæd. Hvor der i den anbefalede behandling indgår andre pesticider, fremgår doseringer af disse ligeledes. ¹ Oxtril er forbudt fra 31. dec. 2016, ² splitbehandling dvs. 2 x 12,5 g/ha; ³ PG 26N er et additiv.

Pesticid	Aktivstof(fer) med angivelse af g a.i./l eller g a.i./kg	Behandling	Dosis [l/ha] af pesticid-1	Dosis [g/ha]	Dosis [l/ha] af pesticid-2	Dosis [l/ha] af pesticid-3
Hussar OD	iodosulfuron-methyl-sodium (100 g/l) mefenpyr (300 g/l)	Hussar OD	0,075			
		Hussar OD	0,1			
		Hussar OD + Renol	0,075		0,5	
		Hussar OD + Renol	0,1		0,5	
		Hussar OD + DFF + Oxitril CM ¹	0,075		0,08	0,2
		Hussar OD + DFF + Oxitril CM ¹	0,1		0,08	0,2
Atlantis OD	mesosulfuron-methyl (10 g/l) iodosulfuron-methyl-sodium (2 g/l) mefenpyr (30 g/l)	Atlantis OD	0,45			
		Atlantis OD	0,75			
		Atlantis OD	0,9			
		Atlantis OD + DFF + Oxitril CM ¹	0,75		0,05	0,15
		Atlantis OD + DFF + Oxitril CM ¹	0,9		0,05	0,15
Cossack OD	mesosulfuron-methyl (7,5 g/l) iodosulfuron-methyl-sodium (7,5 g/l) mefenpyr (22,5 g/l)	Cossack OD + Renol	0,73		0,5	
		Cossack OD + Renol	0,93		0,5	
		Cossack OD + Renol	0,6		0,5	
Lexus 50 WG	flupyrsulfuron-methyl (500 g/kg)	Lexus 50 WG + spredemiddel	0,01			
		Lexus 50 WG + spredemiddel	0,02			
Monitor	sulfosulfuron (800 g/kg)	Monitor + spredemiddel		9		
		Monitor + spredemiddel		12,5		
		Monitor + spredemiddel		18,75		
		Monitor + spredemiddel		25 ²		

Stomp	pendimethalin (400 g/l)	Stomp + Lexus 50 WG + spredemiddel	1,2		10	
		Stomp + Boxer	1,2		1	
Boxer	prosulfocarb (800 g/l)	Boxer	1,5			
		Boxer + DFF	2		0,05	
		Boxer + Stomp	2		1	
Broadway	florasulam (22,8 g/kg)	Broadway + PG 26N ³		165	0,5	
	fyroxsulam (68,3 g/kg)			220	0,5	
Topik	clodinafop-propargyl (100 g/l)	Topik + olie	0,2		0,5	
			0,3		0,5	
			0,4		0,5	
Foxtrot	fenoxaprop-P-ethyl (69 g/l)	Foxtrot + spredemiddel	0,8		0,15	
			1		0,15	
Primera Super	fenoxaprop-P-ethyl (69 g/l)	Primera Super + Stomp + Isoblette	0,4		1,2	0,4
		Primera Super + Isoblette	1		0,4	

Tabel 12.3. Oversigt over pesticider, aktivstoffer og anbefalede doseringer (l/ha eller kg/ha) til behandling af storknoldet knoldbægersvamp i raps.

Pesticid	Aktivstof	Dosering [l/ha]	Dosering [kg/ha]
Amistar	azoxystrobin (250 g/l)	0,5	
		1	
Mirador 250 SC	azoxystrobin (250 g/l)	0,5	
		1	
Cantus	boscalid (500 g/kg)		0,5
Efilor	boscalid (133 g/l)	0,7	
	metconazole (60 g/l)	1	
Juventus 90	metconazole (90 g/l)	0,5	
		1	
Folicur EC 250	tebuconazole (250 g/l)	0,5	
		1	
Orius 200 EW	tebuconazole (200 g/l)	0,75	
		1,25	
Prosaro 250 EC	tebuconazole (125 g/l)	0,5	
	prothioconazole (125 g/l)	1	

Tabel 12.4. Oversigt over pesticider, aktivstoffer og anbefalede doseringer (l/ha eller kg/ha) til behandling af bladlus i korn.

Pesticid	Aktivstof	Dosering [l/ha]	Dosering [kg/ha]
Bulldock 025 SC	beta-cyfluthrin (25 g/l)	0,3	
Cyperb	cypermethrin (100 g/l)	0,25	
Cyperb 100 W	cypermethrin (100 g/l)	0,25	
Fastac 50	alpha-cypermethrin (50 g/l)	0,15	
Karate 2,5 WG	lambda-cyhalothrin (25 g/l)	0,2	
Mavrik 2F	tau-fluvalinate (240 g/l)	0,1	
		0,2	
Nexide CS	gamma-cyhalothrin (60 g/l)	0,05	
Pirimor G	pirimicarb (500 g/kg)		0,2
			0,25
Teppeki	flonicamid (500 g/kg)		0,14

13. Beslutningsstøttesystem – brugerfladen for prototypen

I projektet er der udviklet en evalueringsmodel – *Landmandsmodellen* - til beslutningsstøtte. I *Landmandsmodellen*, der kan anvendes af landmænd og konsulenter, beregnes de økonomiske og miljømæssige konsekvenser ved relevante bekæmpelsesmetoder i forbindelse med valg af sprøjtestrategi. Modellen er opbygget til at rådgive brugeren om konsekvenserne af en valgt bekæmpelse for udbytte og miljø. I prototypen for *Landmandsmodellen* benyttes de tre cases for afgrøde-skadevolder interaktioner, som er beskrevet i kapitel 5, og data og resultater fra populationsmodelleringen (kapitel 7-9) indgår som input til kvalitative og kvantitative statistiske analyser af miljøparametre og økonomi som konsekvens af skadegører og valgt bekæmpelsesstrategi.

Trinene i udviklingen af modellen er:

- 1) Identifikation af de væsentlige beslutninger, som landmand eller konsulent træffer i forbindelse med planlægning af skadevolderbekæmpelse.
- 2) Identifikation af de vigtigste forhold ved udbytte og miljømæssige konsekvenser af behandlingerne.
- 3) Indsamling af data fra databaser – data for fysisk/kemiske og toksikologiske parametre, priser for godkendte pesticider og deres aktivstoffer, geo-data samt kort over marker og meteorologiske/klima data for lokaliteter.
- 4) Beregning af miljøindikatorer og økonomiske parametre. Beregningen er baseret på de stokastiske modeller for skadevolderudvikling, som er præsenteret i kapitel 6-9, beregningerne af merudbytte beskrevet i kapitel 11 samt beregnede miljøpåvirkningsindikatorer, som beskrevet i kapitel 12.
- 5) Design og opsætning af brugerflade for prototypen, som skal afprøves af landmænd/konsulenter – indtastningsbokse, hvor landmanden/konsulenten foretager indtastninger.
- 6) Indtastningssider, hvor landmand/konsulent vælger behandlingsmetoder (dvs. produkter, doser) og vælger afværgeforanstaltninger, fx bufferzoner.
- 7) Output-sider, der viser resultater af behandlingen på miljø- og økonomiske indikatorer ud fra valgte virkemidler.

Landmandsmodellen inkluderer forskellige valgsituationer, som en landmand/konsulent står i, når der skal vælges bekæmpelsesstrategi. Hvis en landmand på et bestemt tidspunkt beslutter sig for ikke at sprøjte, er denne beslutning ikke nødvendigvis en definitiv beslutning, der er dækkende for hele afgrødens vækst frem til høst. Det eneste, der besluttet, er, hvorvidt der skal sprøjtes nu eller ej; måske vil en sprøjtning komme på tale senere. Modellen kan ses som et værktøj, der med sin prognose for skadevolderudvikling og konsekvenser for udbytte og miljø kan forlænge det tidsvindue, inden for hvilket landmanden skal beslutte sig for at sprøjte/ikke-sprøjte, og det giver landmanden mulighed for at overskue og beregne konsekvenserne ved beslutningen.

I det følgende illustreres brugerfladen for modellen, der inkluderer ovennævnte valgmuligheder, som landmanden har forud for sprøjtning. Ved at afprøve forskellige valg vedr. bekæmpelsen (tidspunkt, bekæmpelsesmiddel, dosering, afværgeforanstaltninger) kan landmanden blive hjulpet til at træffe beslutning vedr. bekæmpelse. Landmanden kan dermed beslutte, hvilket valg han/hun finder mest fordelagtigt ud fra egne kriterier og vægtning af hhv. miljø og økonomisk udbytte.

Forskellen på denne type model og fx Planteværn Online er, at *Landmandsmodellen* anskueliggør og beregner konsekvenserne af de valg, landmanden træffer, mens Planteværn Online, der er baseret på ekspertviden, fortæller, hvad landmanden bør gøre. *Landmandsmodellen* kan dermed også benyttes som et læringsystem, hvor landmanden kan lære af de beslutninger, han/hun har taget i en foregående periode, både om, hvorvidt der skal monitoreres, og omkring bekæmpelsesstrategi samt miljøeffekter.

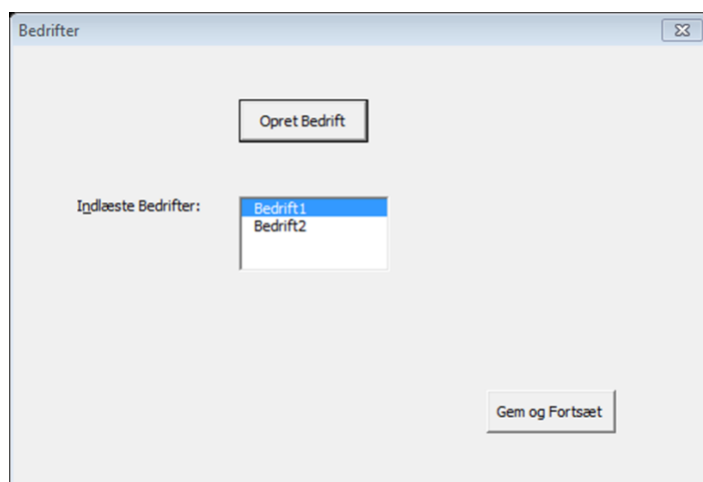
Testversionen af *Landmandsmodellen* består af 6 Excel-filer, der alle skal være åbne ved kørsel af modellen:

- "*Pesticid beslutningsstøtte version 3.xlsm*", der indeholder den grundlæggende brugerflade med indtastningsbokse, figurer og resultatark.
- "*MiljøIndikator ver2.xlsm*", der indeholder baggrundsdata for behandlingsmetoder mht. pesticidprodukter, aktivstoffer, priser, doser og toxicitetsværdier. Arket indeholder beregning af miljøindikatorer for temaerne grundvand, markflade, tørre kanter, å/bæk samt sø/vandhul og endelig det overordnede outputark, der beskriver behandlingsmetoder, miljøindikatorværdier, økonomiske parametre såsom samlede udgifter og nettomerudbytte, både med og uden virkemidler som sprøjtefri zoner samt reduktion for afdriftreducerende dyse. For storknoldet knoldbægersvamp er der endvidere regnet med usikkerheder baseret på merudbyttekurven som funktion af behandlingsindex (BI).
- "*Bladlus.xlsm*" og "*KnoldBæger.xlsm*", der indeholder beregning af udvikling af skadevolder og risiko for udbyttetab for hhv. bladlus i vintersæd og knoldbægersvamp i vinterraps.
- "*Bedrift1.xlsm*" og "*Bedrift2.xlsm*", der indeholder en fane for hver mark på den respektive bedrift. Fanerne indeholder dimensioner af mark og afstande til de ovenfor nævnte marktemaer samt et satellitfoto af marken. I øjeblikket er markerne i bedrift 1 og 2 identiske og blot eksempler til illustration.

I det følgende gennemgås *Landmandsmodellen* primært med bladlus som eksempel. For vindaks og knoldbægersvamp vil modellen fungere tilsvarende.

13.1 Trinvis gennemgang af modellen

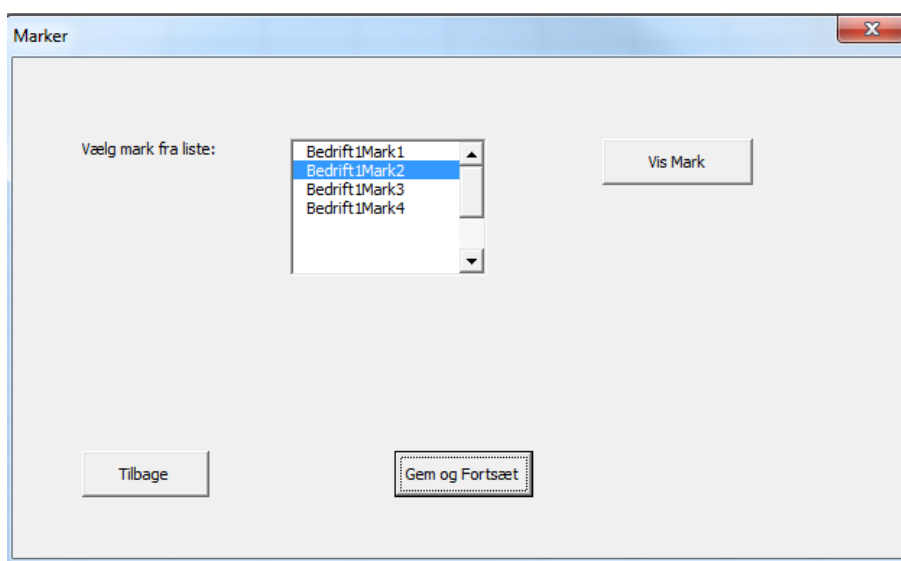
I Excel-filen *Pesticid beslutningsstøtte version 3.xlsm*, første ark, klikkes på startknappen, og der fremkommer følgende boks (Fig. 13.1)



Figur 13.1. Valg af bedrift.

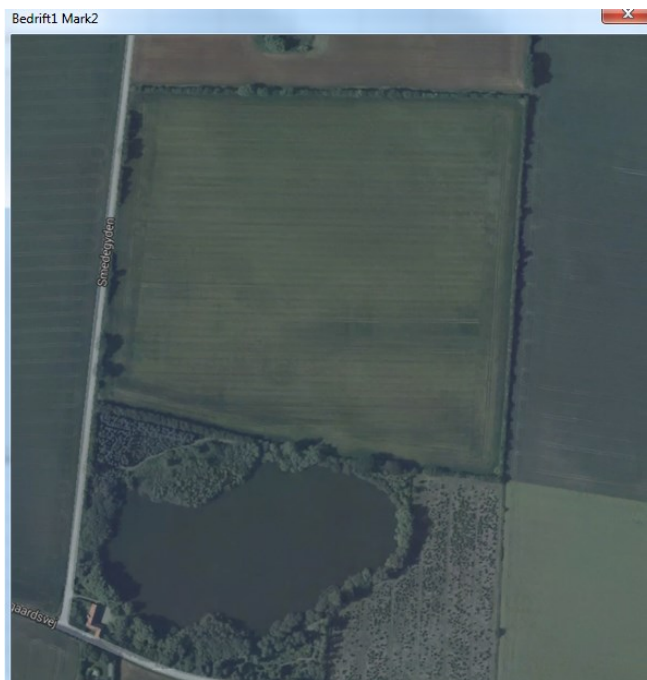
I denne boks skal landmanden oprette bedriften via kontakt til en database, der indeholder markoplysninger (er ikke implementeret i denne testversion). Bedriften skal kun oprettes én gang, herefter vil den være tilgængelig, hver gang modellen åbnes. Bedrifterne tilknyttes marker, som også skal defineres første gang de benyttes på bedriften, hvorefter de indgår som en fast del af bedriften ved senere beregninger. Fysiske markoplysninger bliver hentet fra andre GIS-databaser (er ikke implementeret i denne testversion) inklusive oplysningen om tilstødende områder og vandhuller. Her kunne laves en redigeringsmulighed, så man kan definere forskellige elementer på markkortet, som fx mindre vandhuller eller levende hegn, og gemme disse permanent til fremtidig brug af modellen. Disse oplysninger anvendes i miljømodulet til at bestemme markareal fordelt på afstande til nærmeste hegn, skovkant, sø, vandhul i afstandsintervallerne 0-2 m, 2-5 m, 5-10 m, 10-20 m, 20-50 m og >50 m. I denne første version af *Landmandsmodellen* er der defineret nogle bedrifter, fx i "Bedrift1.xlsm". Vælg en bedrift fra listen og tryk "Gem og Fortsæt".

Til hver bedrift er knyttet en række marker. Fig. 13.2 viser eksempel på marker allokeret til Bedrift1.



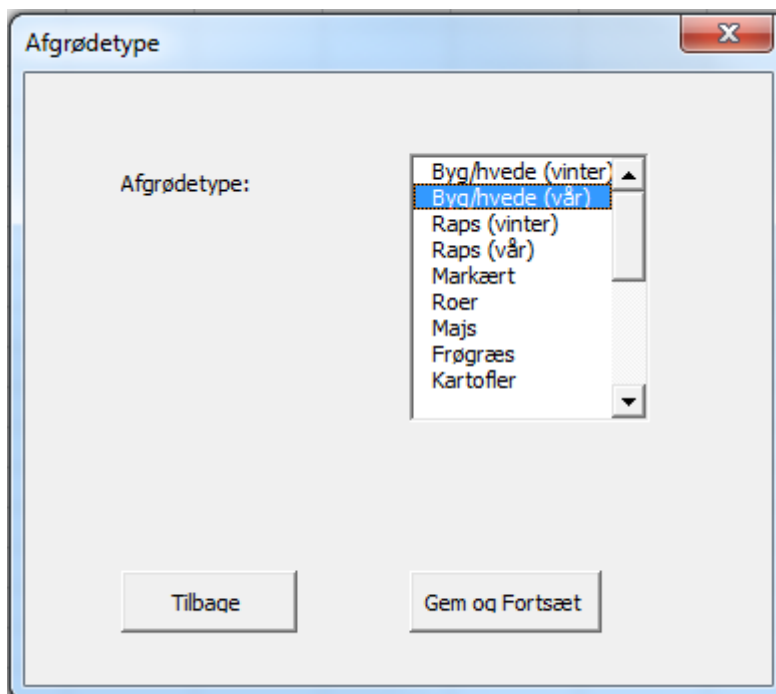
Figur 13.2. Valg af mark.

Det er muligt at se satellitfoto af markerne ved at klikke på "Vis Mark" (Fig. 13.3).



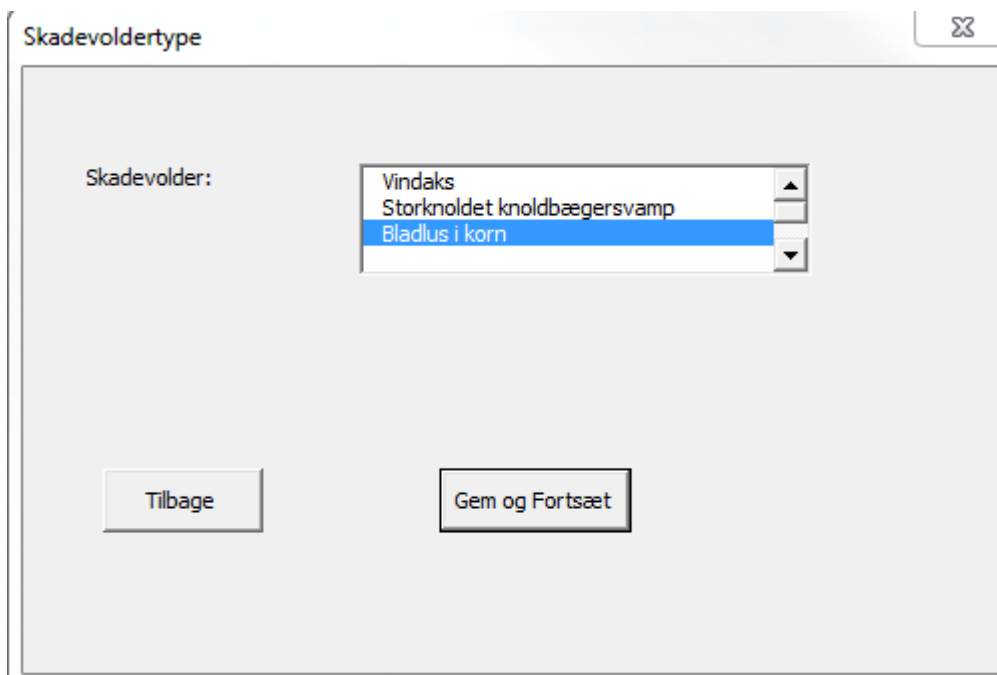
Figur 13.3. Eksempel på billede af valgt mark.

Der vælges en mark til Bedrift1 (fx Mark2) og klikkes på Gem og Fortsæt. Derefter vises alle afgrødetyper, der er defineret i Vejledning for Planteavl. I denne testversion indgår dog kun et begrænset antal (Fig. 13.4).



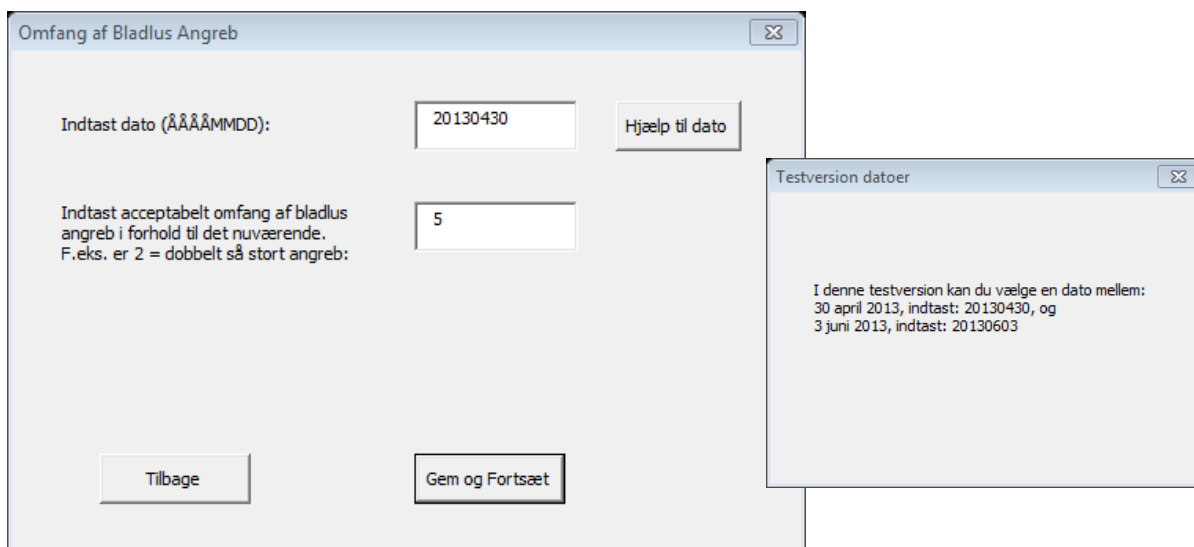
Figur 13.4 Valg af afgrøde.

Vælg afgrødetype (Fig. 13.5).



Figur 13.5. Valg af skadevolder.

Vælg skadevolder, i dette tilfælde bladlus.

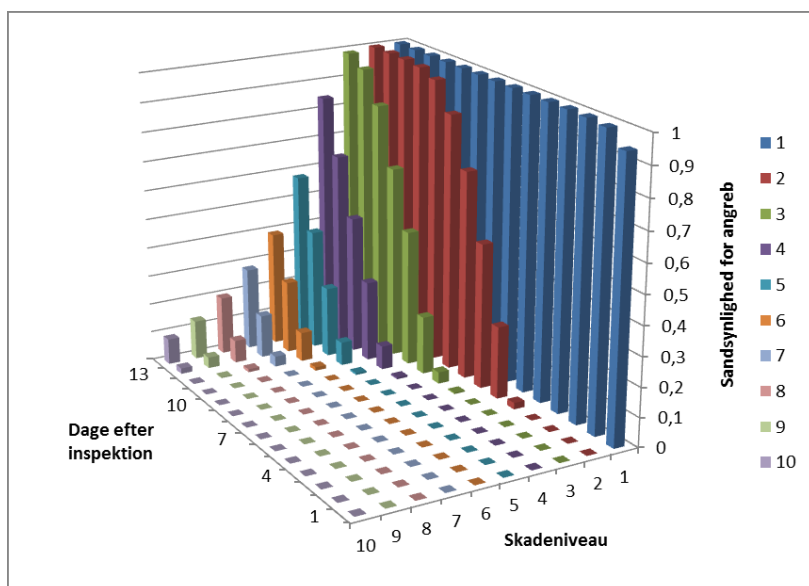


Figur 13.6. Indtastning af dato samt nuværende omfang af bladlusangreb.

For bladlus skal der indtastes dato (ÅÅÅÅMMDD) i formen i Fig. 13.6 og acceptabelt omfang af bladlusangreb i forhold til det, der er monitoreret. Hvis der således er observeret bladlus på 5 % af de angrebne strå, og det vurderes, at en femdobling af tætheden er acceptabel, svarende til en skadestærskel på 25 % angrebne strå, så indlæses tallet 5, som vist i Fig. 13.6. Hvis det er ønskeligt direkte at indlæse det monitorerede antal angrebne strå, og hvor mange angrebne strå, der er acceptabelt, vil indlæsningsformen let kunne laves om til denne type input i en fremtidig version af modellen. Da graddage er den eneste bestemmende parameter for bladlusvækst i den nuværende form af den stokastiske model, anvendes data for akkumulerede graddage 14 dage frem fra den indtastede dato (lige nu er der data for perioden 20130430 til 20140802). Her tænkes anvendt en vejruddigt med tilhørende usikkerhedsestimater, men i

denne version er anvendt historiske data for vejrsigten i den angivne periode. Alle temperaturer under 5 grader på 3-timers basis medfører ingen vækst af bladlus.

Beregninger af skadevolderudvikling af bladlus, når der ikke sprøjtes med pesticider, vises som et søjlediagram med sandsynlighed for et skadeniveau (1 til 10) beregnet 14 dage frem i tiden. Skadeniveauet er defineret som fremtidig prognosticeret omfang af bladlusangreb i forhold til det nuværende. Da dette kan være svært at overskue, angives der i det efterfølgende vindue tre tekstlinjer, som angiver tidsrummet for, at bladlusene vokser op til angivet acceptabelt niveau, med hhv. 1,5 og 10 %'s sandsynlighed, og i det konkrete eksempel er dette niveau en femdobling af det monitorerede angreb.



Figur 13.7. Sandsynlighed for skadeniveau af bladlus beregnet 1 til 13 dage efter første observation. Et skadeniveau på 2 svarer til, at antal angrebne strå fordobles.

Skadeudvikling Bladlus

Temperaturen er afgørende for udviklingen af bladlus.

Hvis du vælger ikke at sprøjte med pesticider er der med den nuværende vejrsigt følgende risici:

Der er 1% risiko for 5 gange så stort skadesomfang efter 10 dage

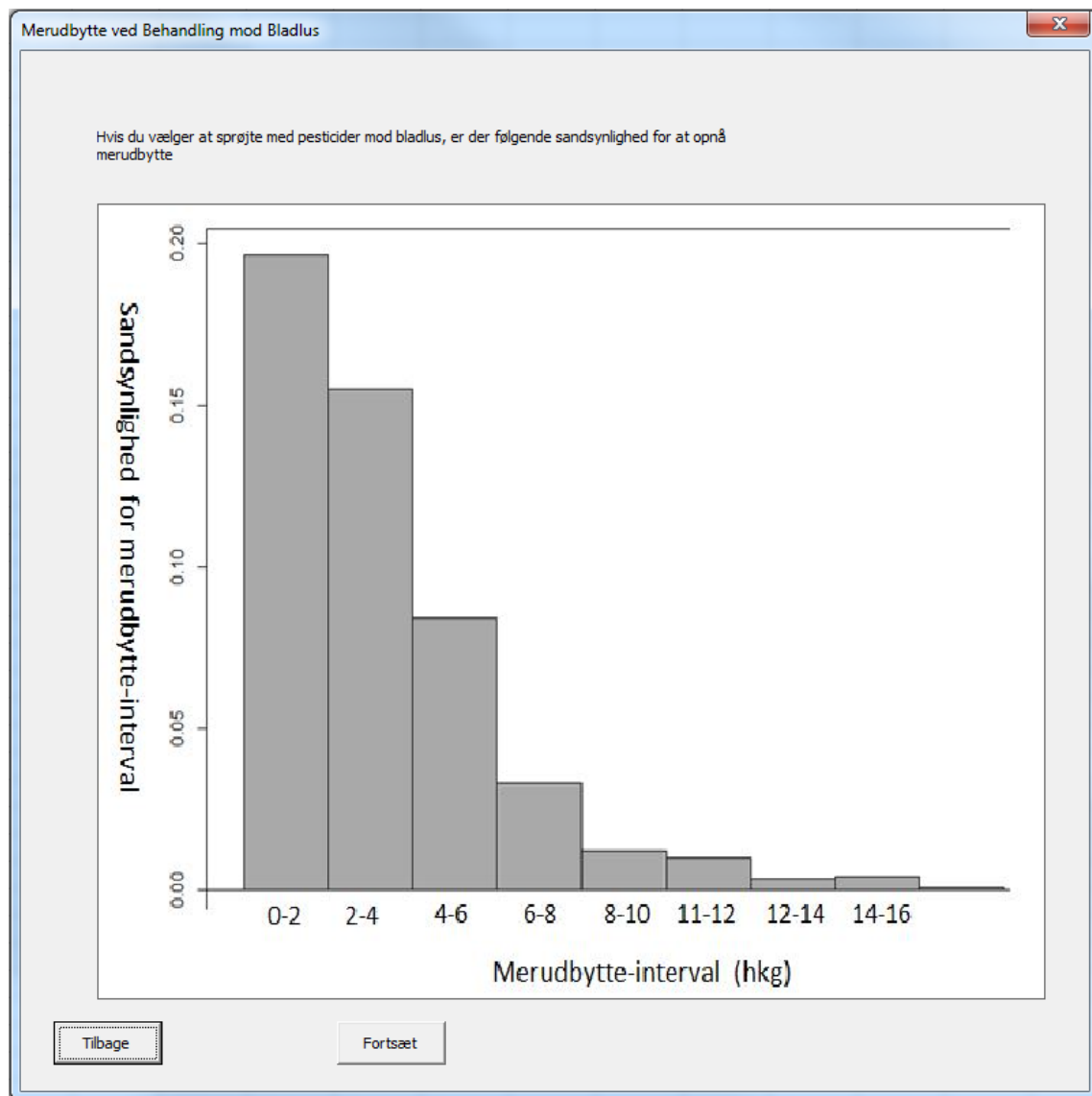
Der er 5% risiko for 5 gange så stort skadesomfang efter 11 dage

Der er 10% risiko for 5 gange så stort skadesomfang efter 12 dage

Tilbage Fortsæt

Figur 13.8. Beregninger af skadeudvikling af bladlus.

I projektet er der lavet statistik for udbytte, merudbyttet og nettomerudbyttet baseret på en række markforsøg, hvor der undersøges for behandling mod bladlus i vinterhvede og vårbyg med varierende behandlingsindeks (BI) og midler, se kapitel 11. Her fandt man en sammenhæng mellem (mer)udbyttet og BI samt % strå med bladlus inden behandling og efter 7, 14, 21 og 28 dage. I *Landmandsmodellen* vises nu et histogram over, hvad der kan forventes af merudbytte for bladlus i korn.



Figur 13.9. Sandsynligheder for merudbytte ved behandling mod bladlus.

Næste trin er at definere mulige tiltag, der kan nedsætte miljøbelastningen. Der gives mulighed for at vælge tekniske virkemidler som afdriftsreducerende dyse (0 %, 50 %, 75 %) og frivillige sprøjtefrie zoner i forhold til grøftkant, hegn, vandløb, skovkant, sø og vandhul. Det er klart, at de lovbestemte sprøjtefrie randzoner, som er en del af godkendelsesarbejdet, forudsættes overholdt uafhængigt af, hvad der vælges i denne form, der derfor skal ses som supplement til eksisterende lovgivning. En kommende forbedring af modellen vil være at kun liste de temaer, der er relevante for den pågældende mark. For eksempel vil Sø kun listes, hvis der er en sø ved marken.

Valg af drift reducerende dyse og frivillige sprøjtefri zoner

Drift reducerende dyse:

- 0% reduktion
- 50% reduktion
- 75% reduktion

Frivillige sprøjtefri zoner ud over lovmæssige krav:

	10m	20m	Ingen
Alle kanter:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Grøftkant:	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hegn:	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vandløb:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Skovkant:	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sø:	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vandhul:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Tilbage Fortsæt

Figur 13.10. Valg af afdriftsreducerende dyse og frivillige sprøjtefri zoner ud over de lovmæssige krav.

Efter at der er klikket på fortsæt, kommer følgende form (Fig. 13.11).

Figur 13.11. Forventet pris for afgrøde i kr. pr. hkg og driftomkostninger i kr. pr. ha.

Her indtastes den forventede pris for den valgte afgrøde i kr./hkg samt den samlede markudgift til drift (maskinstationstakster) i kr./ha. Et klik på Gem og Fortsæt igangsætter beregning af miljøbelastning og nettoerudbytte for alle de alternative behandlinger, der er listet i SEGES' Vejledning for Planteværn (2011).

Resultatet for miljøbelastningen og de økonomiske beregninger vises i selve regnearket (se Fig. 13.12) for godkendte sprøjtninger på marken og for vinterhvede og vårbyg. De indtastede oplysninger kan ses nederst i resultatarket. Øverst vises behandlingsmetoderne, en række pr. metode, angivet med middel og dosis. Denne testversion har dog kun anvendt et mindre antal behandlinger (se tabel 12.4, p. xx). Hvis der indgår flere midler i behandlingsmetoden, er de angivet med navn og dosis. Den øverste blok anvender de frivillige tiltag til at nedbringe belastningen, mens den nederste blok alene anvender de lovmæssige krav om sprøjtefrie zoner. For hver behandlingsmetode (række) laves en miljøprofil, der består af en række miljøindikatorer, der er beregnet ud fra oplysninger om: (1) markens geometri; (2) sprøjtetidspunkt; (3) iboende miljøkemiske og toksiske egenskaber ved de sprøjtede aktivstoffer. Miljøindikatorerne er grupperet efter temaerne: grundvand, markfladen, tørre kanter, å/bæk samt sø/vandhul. Output består af en farvekode, der angiver *relativ* grad af belastning: rød, gul og grøn ved hhv. største, mellem og laveste belastning for hvert af temaerne. Da farveskalaen er relativ, kan resultaterne anvendes til sammenligning af behandlingsmetoderne indbyrdes mht. til deres belastning af de forskellige temaer. For eksempel er der gule felter nederst i den nederste blok (kun lovmæssige tiltag), mens de samme felter er grønne i øverste blok (med frivillige tiltag), hvilket skyldes reduceret pesticidbelastning pga. valg af frivillige randzoner. For markkanter op til vandmiljøet er der en række lovmæssige sprøjtefrie randzoner, som her vil en frivillig zone ofte, og især for insekticider, blot reproducere de lovmæssige krav og derfor ikke gøre nogen forskel. Omvendt for de tørre kanter, hvor der ikke er lovmæssige krav.

Til højre for hver blok er de landbrugsøkonomiske konsekvenser ved bekæmpelse af skadedyr angivet. Disse er beregnet ud fra: merudbyttet (hkg/ha) som følge af bekæmpelse, som multipliceres med den forventede pris for afgrøden (kr./kg); nettoerudbyttet (kr./ha) beregnes derefter ved at trække udgifterne til sprøjtemidlerne fra samt øvrige omkostninger til udbringning af sprøjtemidlerne. Først vises de samlede udgifter (pesticider + drift) i kr., derefter

ter nettomerudbyttet i kr. Beregningerne og data til disse er beskrevet mere detaljeret i kapitel 11.

Behandlingsmetoderne er sorteret efter størst nettomerudbytte, så de mest profitable står øverst. På denne måde kan alternative behandlinger sammenlignes dels i forhold til økonomien og dels i forhold til de miljømæssige konsekvenser. Da der er en vis usikkerhed i merudbytte modellen, kan der indføres et usikkerhedsinterval med baggrund i de forsøgsdata, der ligger til grund for beregningerne. Merudbytte beregningerne giver imidlertid urealistisk store usikkerheder, hvilket skyldes, at modellen er forsimplet. For at beskrive variabiliteten i datapunkterne mere eksakt og dermed nedbringe usikkerheden i modellen kræves der yderligere oplysninger om forsøgene, fx temperatur og nedbør. Modelusikkerhederne er derfor ikke medtaget i modellen for bladlus.

For at illustrere resultatet af usikkerhedsberegningerne vises i Fig. 13.13 resultatarket for en modelkørsel med behandling for storknoldet knoldbægersvamp i vinterraps. Ud over de ovenfor beskrevne resultater er der i de to yderste kolonner mod højre angivet hhv. nedre og øvre grænse i 95 % usikkerhedsintervallet for nettomerudbytteberegningerne.

Med frivillige randzoner:					Midler og doser:				Økonomi:					
Miljøindikatorer:														
Grundvand	Markflade	Tørre kant	Å/bæk	Sø/vandhul	Middel 1	Dosis	Middel 2	Dosis	Middel 3	Dosis	Samlede udgifter (pesticider+drift)	Nettomerudbytte (kr)	Min. (kr)	Max. (kr)
[Red]	[Green]	[Green]	[Green]	[Yellow]	Folicur EC 250	0,5 l/ha					2743	2698	30	5365
					Orius 200 EW	0,75 l/ha					2956	2485	-183	5152
					Juventus 90	0,5 l/ha					3115	2326	-342	4993
					Amistar	0,5 l/ha					3122	2319	-349	4986
					Mirador 250 SC	0,5 l/ha					3122	2319	-349	4986
					Prosaro 250 EC	0,5 l/ha					3258	2183	-485	4850
					Folicur EC 250	1 l/ha					3454	1987	-681	4654
					Orius 200 EW	1,25 l/ha					3573	1868	-800	4535
					Efilor	0,7 l/ha					3810	1631	-1037	4298
					Juventus 90	1 l/ha					4199	1242	-1426	3909
					Amistar	1 l/ha					4213	1228	-1440	3895
					Mirador 250 SC	1 l/ha					4213	1228	-1440	3895
					Prosaro 250 EC	1 l/ha					4484	957	-1711	3624
					Cantus	500 g/ha					4572	869	-1799	3536
Efilor	1 l/ha					4572	869	-1799	3536					
Uden frivillige randzoner:														
Miljøindikatorer:														
Grundvand	Markflade	Tørre kant	Å/bæk	Sø/vandhul	Middel 1	Dosis	Middel 2	Dosis	Middel 3	Dosis	Samlede udgifter (pesticider+drift)	Nettomerudbytte (kr)	Min. (kr)	Max. (kr)
[Red]	[Green]	[Yellow]	[Red]	[Yellow]	Folicur EC 250	0,5 l/ha					3650	3591	41	7142
					Orius 200 EW	0,75 l/ha					3934	3307	-243	6858
					Juventus 90	0,5 l/ha					4146	3095	-455	6646
					Amistar	0,5 l/ha					4155	3086	-464	6637
					Mirador 250 SC	0,5 l/ha					4155	3086	-464	6637
					Prosaro 250 EC	0,5 l/ha					4335	2906	-644	6457
					Folicur EC 250	1 l/ha					4597	2644	-906	6195
					Orius 200 EW	1,25 l/ha					4755	2486	-1064	6037
					Efilor	0,7 l/ha					5070	2171	-1379	5722
					Juventus 90	1 l/ha					5589	1652	-1898	5203
					Amistar	1 l/ha					5607	1634	-1916	5185
					Mirador 250 SC	1 l/ha					5607	1634	-1916	5185
					Prosaro 250 EC	1 l/ha					5967	1274	-2276	4825
					Cantus	500 g/ha					6085	1156	-2394	4707
Efilor	1 l/ha					6085	1156	-2394	4707					
Dine indtastninger:														
Bedrift:	Bedrift1				[Green]	Relativt mindst belastning af miljøet								
Mark:	Mark2				[Yellow]	Middel belastning af miljøet								
					[Red]	Relativt mest belastning af miljøet								
Total Areal (h 9														
Areal fratrukk 6														
Afgørde: Raps (vinter)														
Skadevolder: Storknoldet knoldbægersvamp														
Antal prøver: 30														
Antal angreb: 3														
Pris afgrøde (100														
Drift (kr/ha): 300														
Driftreducere 0% reduktion														

Figur 13.13. Resultatark for skadevolderen storknoldet knoldbægersvamp i vinterraps. bemærk: der indgår usikkerheder i de økonomiske beregninger. for øvrige oplysninger i arket se Fig. 13.12.

14. Gennemregnede eksempler for hver case

Dette kapitel beskriver tre konkrete eksempler på, hvordan beslutningsstøtten i *Landmandsmodellen* kan fungere i praksis, og hvilke type problemstillinger det giver mening at behandle med fokus på hhv. bladlus, storknoldet knoldbægersvamp og vindaks. Hvert eksempel afdækker forskellige relevante problemstillinger for den pågældende afgrøde-skadevolder case. I vintersæd-bladlus casen vises, hvordan modellen kan hjælpe landmanden med at bestemme, om der skal monitoreres i marken og derved gøre det mere sikkert at vente med at sprøjte, indtil det virkelig er nødvendigt vurderet ud fra en observeret forekomst af bladlus. Det vises også, hvordan miljøbelastningen vurderes med og uden frivillige sprøjtefrie randzoner, og hvordan det er koblet til forventet nettomerudbytte. Casen med knoldbægersvamp i vinterraps beskriver, hvordan indsamlede data fra marken indgår i en vurdering af sprøjtebehov. Casen vindaks i vintersæd indgår som det sidste eksempel. Her er pointen, at indikatorerne for miljøbelastningen godt kan give den konklusion, at der under visse forhold ikke kan identificeres nogen større fordel ved anvendelsen af frivillige sprøjtefrie zoner.

14.1 Case 1: Bladlus i vintersæd

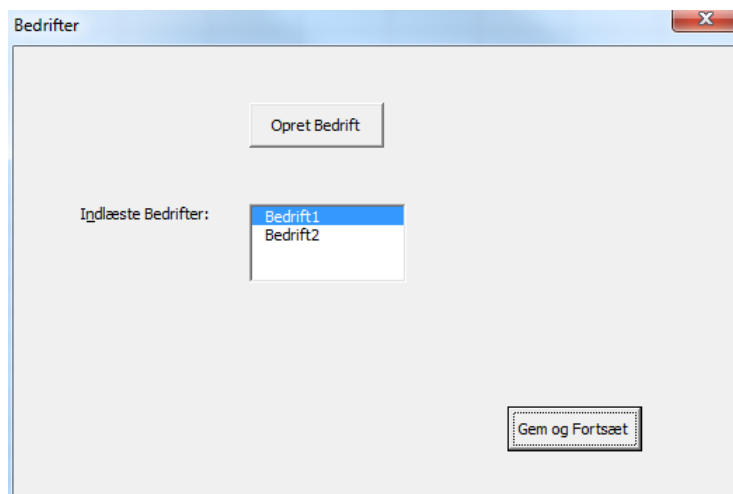
14.1.1 Problemstilling

Dette eksempel viser, hvordan modellen kan understøtte planlægning af monitorering af bladlus. Princippet er, at landmanden, efter at han første gang har observeret bladlus i marken, bruger modellen som vejledning i forhold til, hvornår næste monitorering skal finde sted.

Det er vigtigt at undgå falske negativer, hvor en beregning fejlagtigt viser, at der ikke vil komme en uønsket høj tæthed af bladlus og dermed, at *Landmandsmodellen* fraråder sprøjtning under forhold, hvor der burde sprøjtes. Den slags falske negativer kan fjerne motivationen for at bruge modellen, så det er yderst vigtigt at undgå sådanne. *Landmandsmodellen* skal ses som et middel til optimering af landmandens arbejdsdag ved at optimere de nødvendige monitoringer i marken, men samtidig understøtte en procedure, hvor landmanden ikke bare sprøjter forebyggende.

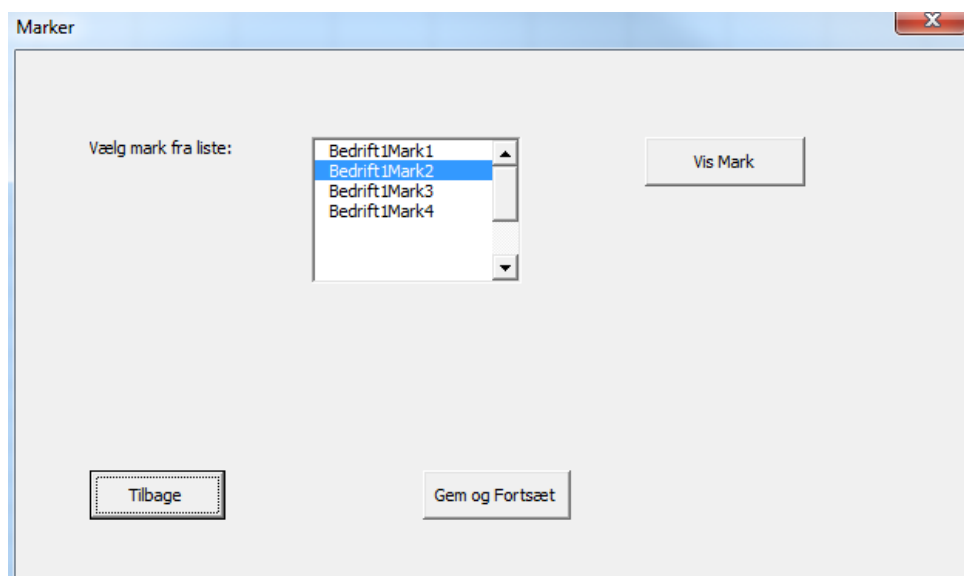
14.1.2 Eksempel 1 - Støtte til planlægning af monitoring

Først vælges bedriften, her Bedrift1 (Fig. 14.1).



Figur 14.1. Valg af bedrift, her Bedrift1.

Derefter vælges marken, hvor der dyrkes vintersæd, her Mark2 (Fig 14.2).



Figur 14.2. En bestemt mark, her Mark2, vælges.

Et luftfoto af Mark2 vises, hvis der klikkes på "Vis Mark" (Fig. 14.2). Den aktuelle mark er, som det ses på luftfoto (Fig. 14.3), omkranset af et levende hegn og en vej/grøftkant og grænser op til en sø.



Figur 14.3. Luftfoto af Mark2. Det ses, at marken er omgivet af levende hegn og vej/grøftkant og ligger op til en sø.

Der dyrkes vintersæd på Mark2, så følgende vælges i næste menu (Fig. 14.4).

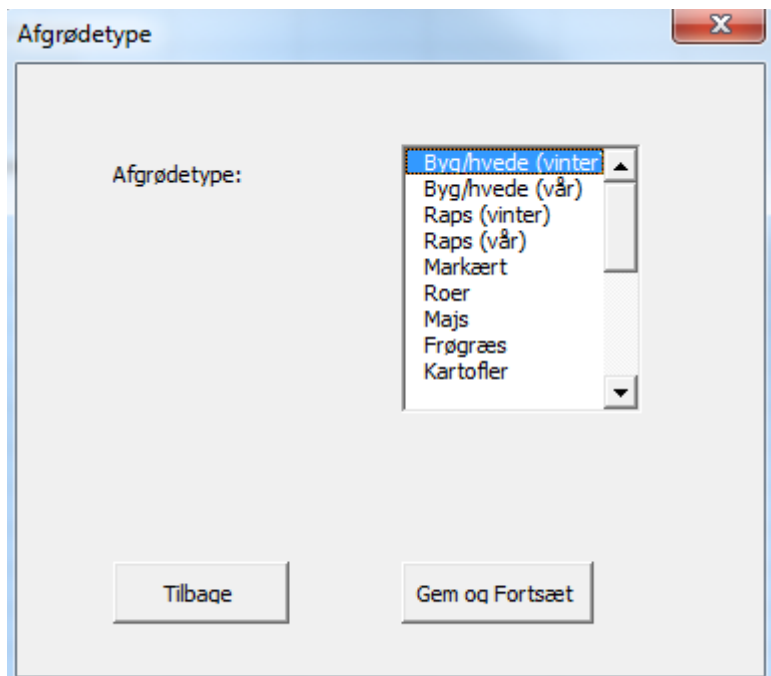
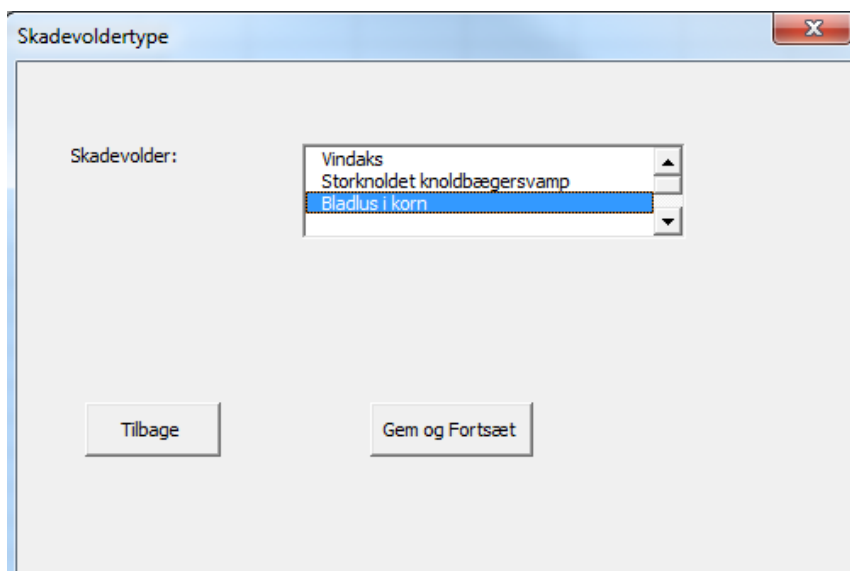


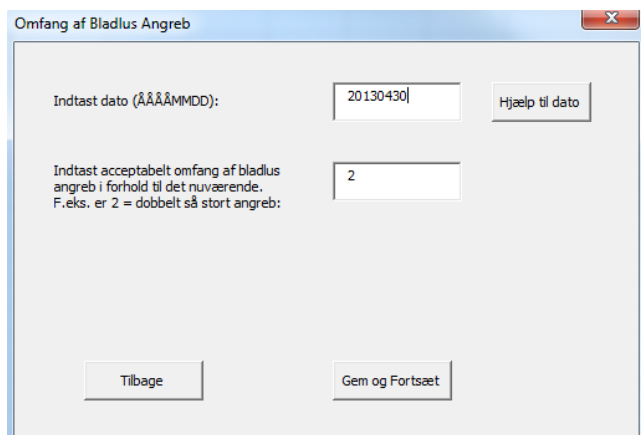
Fig 14.4. Afgørødetypen på Mark2 vælges til Byg/hvede (vinter).

Den 30. april 2013 har landmanden observeret bladlus i marken. Det er ikke nok til, at der skal sprøjtes, så spørgsmålet er, hvor ofte der er behov for at monitorere i den kommende tid. For at undersøge dette vælges "Bladlus i korn" i menuen (Fig. 14.5).



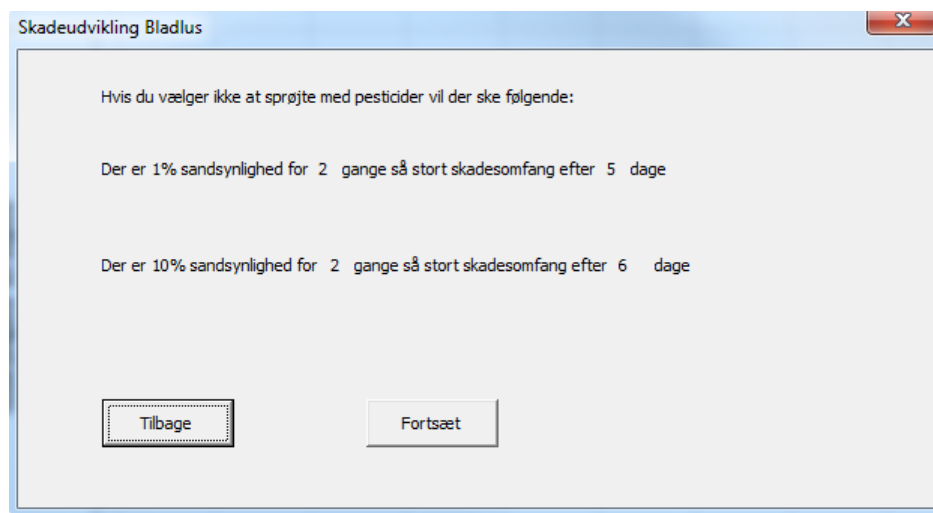
Figur 14.5. Skadevolderen vælges

Modellen fortæller ikke, om bladlusetætheden er så høj, at der skal sprøjtes, men giver et relativt estimat set i forhold til den første observation. Det er dermed op til landmanden/konsulenten at vurdere, hvor meget den observerede tæthed må vokse, før der skal sprøjtes. I det tænkte eksempel vurderes det, at antallet af bladlus (tæthed) kan fordobles, før der skal sprøjtes. I dette eksempel har landmanden den 30. april 2013 fundet 10 % angrebne strå. Hans vurdering er, at der skal sprøjtes, hvis tætheden af bladlus bliver dobbelt så høj, altså 20 % angrebne strå. En sådan vurdering kan enten bygge på en vejledning eller på en erfaringsmæssig vurdering. Dato og den faktor, som den observerede bladlustæthed må forøges med, indtastes derefter (Fig. 14.6). Da modellen alene beregner tilvækst af bladlus, skal den initiale tæthed ikke indlæses.



Figur 14.6. Den aktuelle dato indlæses samt en vurdering af, hvor meget tætheden af bladlus må vokse, før der skal overvejes en behandling.

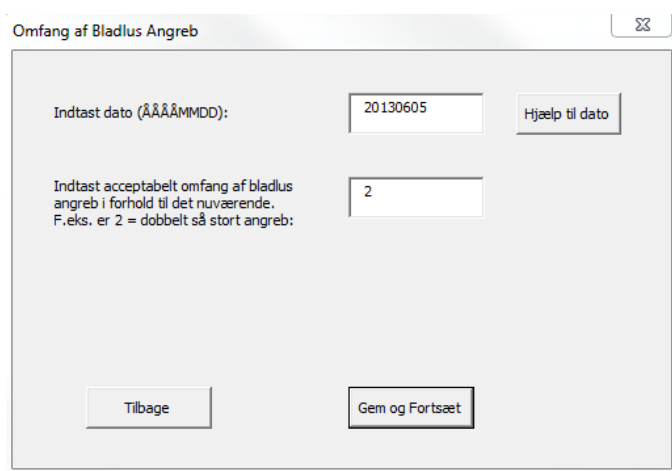
Modellen giver derefter et output, som angiver sandsynligheden for, at bladlustætheden fordobles, svarende til det valgte acceptable omfang af bladlus angreb i Fig. 14.6.



Figur 14.7. Model-resultater, der viser det antal dage, som der, med hhv. 1 % og 10 % sandsynlighed, vil gå, før en fordobling af bladusetætheden vil forekomme.

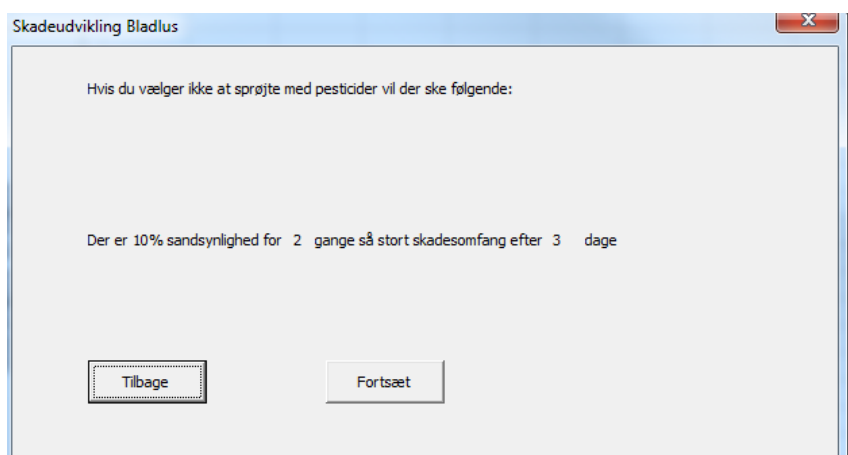
Konklusionen i eksemplet er, at bladusepopulationen, med meget stor sandsynlighed (99 %), ikke vil være mere end fordoblet inden for 5 dage. Hvis landmanden har tiltro til modellen, er det derfor ikke nødvendigt at monitere i denne mark inden for de næste 5 dage, og måske vil bladuseangrebet klinge ud af sig selv.

Hvis samme øvelse gentages senere på året, fx d. 5. juni 2013, indtastes den nye dato som vist i Fig. 14.8.



Figur 14.8. Indlæsning for bladlus på et tidspunkt senere på året sammenlignet med Figur 14.6.

På dette tidspunkt af året sker tilvæksten i bladluspopulationen langt hurtigere end tidligere på året. Tilvæksten sker så hurtigt, at der ikke kan sættes tid på, hvornår der med 1 % sikkerhed er over dobbelt så mange bladlus (vises derfor ikke i menuen, Fig. 14.9), og der er 10 % sandsynlighed for, at der er over dobbelt så mange bladlus allerede efter 3 dage. Konklusionen er derfor, at der er stor risiko for, at bladusetætheden vokser over det acceptable niveau inden for få dage. Så konklusionen for de fleste landmænd vil være at behandle, ellers skal de holde øje med marken dag for dag.

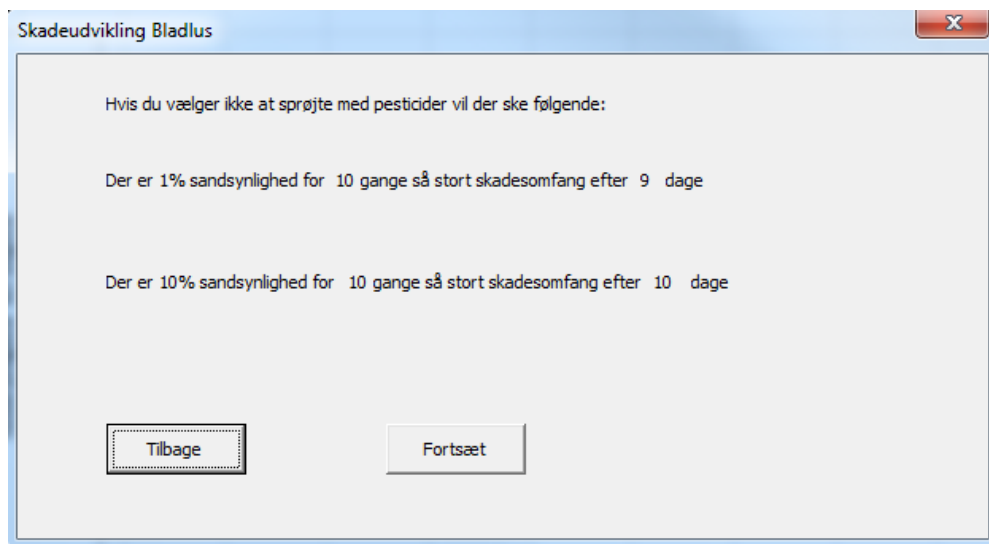


Figur 14.9. Model-resultat for indlæsning i Fig. 14.9. Her ses det, at der ikke udlæses for 1 % sandsynligheden, da der ved denne sandsynlighed sker en meget hurtigt udvikling, hvor en fordobling af bladlusetætheden sker på under en dag. Derfor udlæses alene udviklingen med 10 % sandsynlighed.

Forskellen mellem udfaldet i de to eksempler skyldes alene, at det er blevet varmere fra den 30/4 til den 5/6.

Hvis der den 5.juni derimod kun observeres nogle få bladlus i afgrøden, vurderer landmanden, at der kan være 10 gange så mange, før en sprøjtning er nødvendig, som vist i Fig. 14.10. Så selvom det er varmt, så accepterer vi nu en større tilvækst af bladlus, før der skal behandles.

Figur 14.10. Indlæsning af samme dato som for Fig. 14.8, men med større acceptabelt omfang.



Figur 14.11. Model-resultater for indlæsningen vist i Fig. 14.10.

Modelforudsigelsen bliver nu, som vist i Fig. 14.11, at der er 1 % risiko for, at der vil være 10 gange så mange bladlus efter 9 dage. Situationen ligner derfor situationen i det første eksempel, hvor der er lav risiko, og hvor der bør observeres igen senere (her 9 dage)

Ovenstående eksempler viser, hvordan brugeren kan blive vejledt i forhold til valg af sprøjte-tidspunkt og planlægning af monitoringen, således at situationen, hvor der behandles, så snart der optræder lus i marken, kan undgås.

14.1.3 Eksempel 2 – Hvad betyder tilvalg af sprøjtefri zoner?

Der anvendes i dette eksempel en moderne lav-drift sprøjte med 75 % reduktion i spray-drift. Desuden vil landmanden gerne beskytte søen og det levende hegn, der omkranser marken (se Fig. 14.3) og vælger derfor en frivillig zone på 10 m (Fig. 14.12). Grøftkanten langs vejen vil landmanden ikke beskytte og vælger derfor ingen frivillig zone her. De frivillige zoner er ud over de lovpligtige zoner for visse pesticider til vandmiljøet, som selvfølgelig forudsættes overholdt.

Valg af drift reducerende dysse og frivillige sprøjtefri zoner

Drift reducerende dysse: 0% reduktion
 50% reduktion
 75% reduktion

Frivillige sprøjtefri zoner:

	10m	20m	Ingen
Alle kanter:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Grøftkant:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Hegn:	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vandløb:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Skovkant:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sø:	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vandhul:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Tilbage Fortsæt

Figur 14.12. Indlæsning af frivillige tiltag i form af dysse-typer og sprøjtefri randzoner.

Herefter trykkes Fortsæt, og der kommer en form frem, hvor landmanden kan indtaste oplysninger om anslået pris på kornet og den samlede pris for maskinstationen pr. ha for sprøjtning, hvis der bruges eget udstyr og mandskab, indlæses de interne priser på dette (Fig. 14.13).

Priser

Pris for afgrøde (kr/hkg):

Driftomkostninger (maskinstationstakster) (kr/ha):

Tilbage Gem og Fortsæt

Figur 14.13. Indlæsning af anslået pris på korn samt driftsomkostninger for sprøjtning.

Oplysningerne bruges til at beregne forventet nettomerudbytte ved at sprøjte for hver mulig behandlingsform. Behandlingsformerne rangordnes med den økonomisk mest attraktive behandling i toppen set i forhold til nettomerudbytte. Der laves to beregninger hhv. med og uden de frivillige zoner, som landmanden valgte. Det betyder, at konsekvensen af disse zoner kan

evalueres både i forhold til miljøbelastning og nettoudbytte (Fig. 14.14). Den samlede udskrift ses nedenfor, hvor resultatet for de frivillige zoner vises i øverste blok, mens resultater uden de frivillige zoner vises i nederste blok. Farvekode for miljøindikatoren viser (grøn: mindst, gul: mellem, rød: størst miljøbelastning) en mindre forskel med og uden frivillige zoner, da miljøindikatoren for de tørre kanter er grønne ved de frivillige zoner, men gule uden de frivillige zoner. Denne forskel er dog i dette tilfælde uden betydning for valg af behandling, da de mest økonomisk attraktive også er dem med mindst belastning.

Resultater. Hver række repræsenterer en behandlingsmetode med beregnede miljøindikatorer og økonomi. De er sorteret i forhold til Nettomerudbyttet														
Med frivillige randzoner:														
Miljøindikatorer:				Midler og doser:				Økonomi:		Usikkerhedsintervaller beregnes ikke ved behandling mod bladlus				
Grundvand	Markflade	Tørre kant	Å/bæk	Sø/vandhul	Middel 1	Dosis	Middel 2	Dosis	Middel 3	Dosis	Samlede udgifter (pesticider+drift) (kr)	Nettomerudbytte (kr)	Min. (kr)	Max. (kr)
					Mavrik 2F	0.1 l/ha					2813	1623		
					Karate 2,5 WG	0.2 l/ha					3064	1415		
					Fastac 50	0.15 l/ha					3077	1385		
					Mavrik 2F	0.2 l/ha					3296	1271		
					Pirimor G	200 g/ha					3549	965		
					Pirimor G	250 g/ha					3854	713		
					Teppeki	140 g/ha					3916	651		
					Nexide CS	0.05 l/ha					4870	-303		
					Cyperb 100 W	0.25 l/ha					5570	-1003		
					Cyperb	0.25 l/ha					5607	-1040		
					Bulldock 025 SC	0.3 l/ha					16105	-11538		
Uden frivillige randzoner:														
Miljøindikatorer:				Midler og doser:				Økonomi:		Usikkerhedsintervaller beregnes ikke ved behandling mod bladlus				
Grundvand	Markflade	Tørre kant	Å/bæk	Sø/vandhul	Middel 1	Dosis	Middel 2	Dosis	Middel 3	Dosis	Samlede udgifter (pesticider+drift) (kr)	Nettomerudbytte (kr)	Min. (kr)	Max. (kr)
					Mavrik 2F	0.1 l/ha					3264	1884		
					Karate 2,5 WG	0.2 l/ha					3556	1643		
					Fastac 50	0.15 l/ha					3572	1607		
					Mavrik 2F	0.2 l/ha					3825	1476		
					Pirimor G	200 g/ha					4119	1121		
					Pirimor G	250 g/ha					4473	828		
					Teppeki	140 g/ha					4545	756		
					Nexide CS	0.05 l/ha					5652	-351		
					Cyperb 100 W	0.25 l/ha					6466	-1165		
					Cyperb	0.25 l/ha					6508	-1207		
					Bulldock 025 SC	0.3 l/ha					18695	-13394		
Dine indtastninger:					Relativt mindst belastning af miljøet									
Bedrift: Bedrift1				Middel belastning af miljøet										
Mark: Mark2				Relativt mest belastning af miljøet										
Total Areal (h9)														
Areal fratrukt 7														
Afgroede: Byg/hvede (vinter)														
Skadevolder: Bladlus i korn														
Dato: 20130605														
Acceptabelt ±10														
Pris afgroede (100														
Drift (kr/ha): 300														
Driftreducere 0% reduktion														

Figur 14.14. Samlet udlæsning af miljøindikatorer og beregnet nettomerudbytte, både med og uden frivillige tiltag (Fig. 14.12).

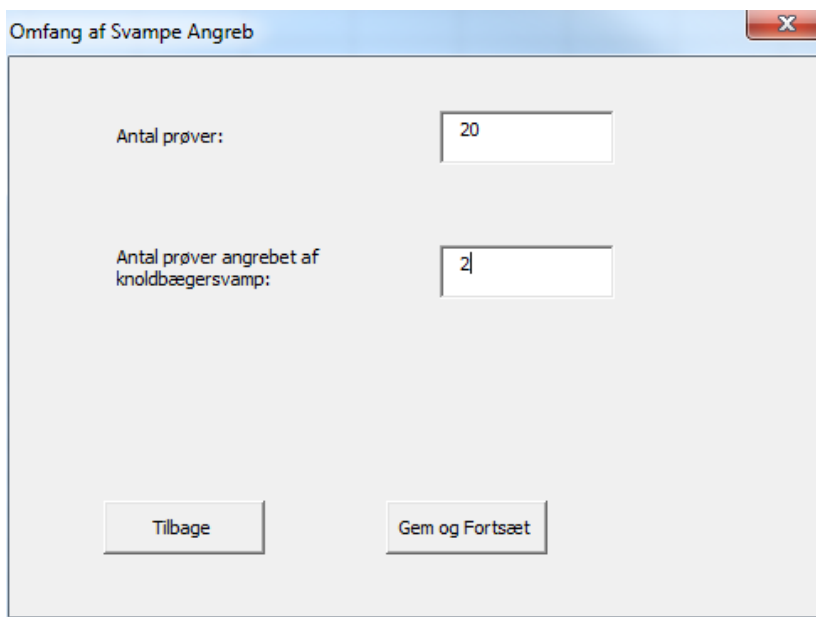
14.2 Case 2: Storknoldet knoldbægersvamp i vinterraps

14.2.1 Problemstilling

Det forudsættes, at landmanden eller konsulenten indsender data for sklerotiespiring i depot eller indsamler kronblade til bedømmelse for tilstedeværelse af svampen. Det sker p.t. ikke i Danmark. Når analyseresultaterne kommer tilbage, kan modellen hjælpe landmanden med at beslutte, hvorvidt han skal behandle.

14.2.2 Beregnet eksempel for storknoldet knoldbægersvamp

I dette eksempel dyrkes raps på den samme mark, som blev brugt i casen i Kap 14.1, og som er vist i Fig. 14.13. Der er taget 20 prøver fra marken til analyse. Prøverne kan fx være 10 indsamlede kronblade fra 20 steder i marken. Analyseresultaterne viser, at der i 2 ud af de 20 prøver er fundet knoldbægersvamp. Data indlæses i modellen (Fig. 14.15).

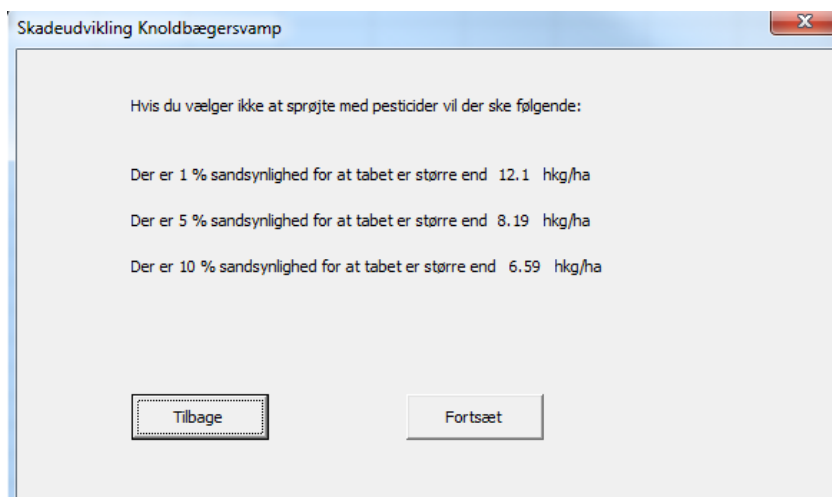


The screenshot shows a software window titled "Omfang af Svampe Angreb". It has a standard Windows-style title bar with a close button (X) in the top right corner. The main area of the window is light gray and contains two input fields. The first field is labeled "Antal prøver:" and contains the number "20". The second field is labeled "Antal prøver angrebet af knoldbægersvamp:" and contains the number "2". At the bottom of the window, there are two buttons: "Tilbage" on the left and "Gem og Fortsæt" on the right.

Figur 14.15. Indlæsning af antallet af prøver samt, antal prøver inficeret med knoldbægersvamp.

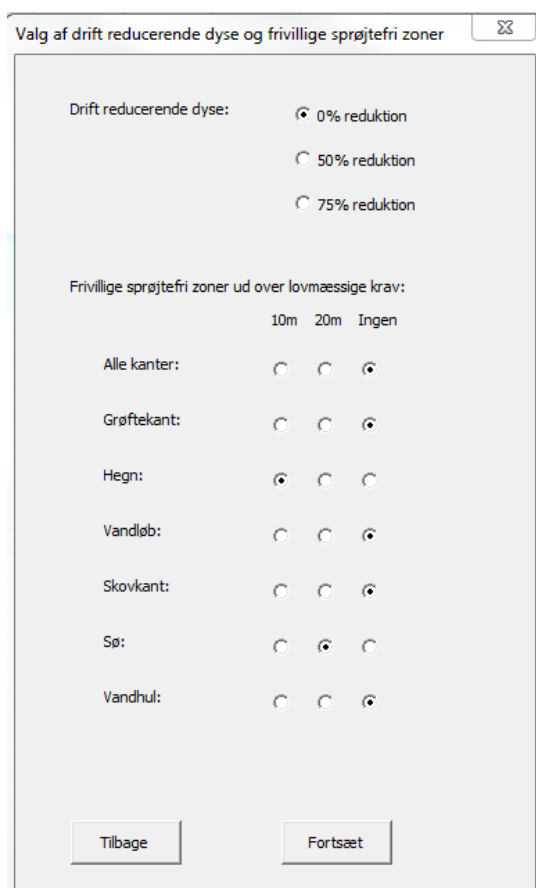
Risikoen for angreb fremkommer ved at klikke på "Gem og Fortsæt" (Fig. 14.15).

Som det fremgår af Fig. 14.16, er der ret stor risiko for betydelige tab. Landmanden kan derefter undersøge betydningen af behandling i forhold til merudbytte og miljøforhold.



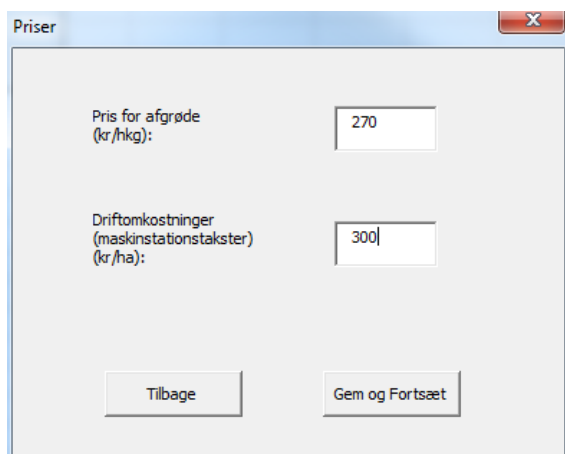
Figur 14.16. Model-resultater, der beregner sandsynligheden for forskellige grader af tab pga. knoldbægersvamp.

Der vælges en almindelig dyse. Dog vælges muligheden for 10 m sprøjtefri randzone mod hegn og 20 m sprøjtefri randzone mod søen (Fig. 14.17).



Figur 14.17. Valg af frivillige tiltag i forhold til dyse-type og sprøjtefrie randzoner.

Ved at klikke på "Fortsæt" (Fig. 14.17) kommer Menuen i Fig. 14.18, hvor pris på vinterraps samt engangsprisen for maskinstation indlæses.



Pris for afgrøde (kr/hkg):	270
Driftomkostninger (maskinstationstakster) (kr/ha):	300

Tilbage Gem og Fortsæt

Figur 14.18. Indlæsning af forventet salgspris for afgrøden samt driftsomkostninger.

Den økonomiske vurdering af nettomerudbytte fremkommer ved at klikke på "Fortsæt" (Fig. 14.18) og fremgår af Fig. 14.19. Miljøvurderingen har også samme layout som for Case 1, men det er andre behandlinger, der indgår, med andre midler. Det ses dog også i dette tilfælde, at de mindst miljøskadelige behandlinger giver størst nettomerudbytte, hvilket gør valg af behandling let. Dog er der en tydelig effekt af de frivillige zoner for Tørre kanter, som peger mod at bruge dem. Det ses ved, at der er flere grønne felter i søjlen Tørre kanter. Der ses ikke nogen forskel med og uden frivillige sprøjtefri randzoner til søen, hvilket typisk er tilfældet for kanter op til vandmiljøet (søer/vandhuller/vandløb), når der er tilsvarende lovpligtige krav til sprøjtefri randzoner for det pågældende middel, der derfor altid vil blive gjort gældende ved beregning af indikatorerne. Nettomerudbyttet udregnes med et usikkerhedsbånd (95 %), som afslører en stor usikkerhed på det reelle udbytte, men også en risiko for store tab.

Resultater. Hver række repræsenterer en behandlingsmetode med beregnede miljøindikatorer og økonomi. De er sorteret i forhold til Nettomerudbyttet													
Med frivillige randzoner:				Midler og doser:				Økonomi:					
Miljøindikatorer:				Middel 1	Dosis	Middel 2	Dosis	Middel 3	Dosis	Samlede udgifter (pesticider+drift) (kr)	Nettomerudbytte (kr)	Min. (kr)	Max. (kr)
Grundvand	Mærkflad	Tørre kant	Å/bæk	Sø/vandhul									
1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Folicur EC 250	0.5 l/ha				3145	9739	1481	17998
					Orius 200 EW	0.75 l/ha				3390	9494	1236	17753
					Juventus 90	0.5 l/ha				3572	9312	1054	17571
					Amistar	0.5 l/ha				3580	9304	1046	17563
					Mirador 250 SC	0.5 l/ha				3580	9304	1046	17563
					Prosaro 250 EC	0.5 l/ha				3735	9149	891	17408
					Folicur EC 250	1 l/ha				3961	8923	665	17182
					Orius 200 EW	1.25 l/ha				4096	8788	530	17047
					Efilor	0.7 l/ha				4368	8516	258	16775
					Juventus 90	1 l/ha				4815	8069	-189	16328
					Amistar	1 l/ha				4830	8054	-204	16313
					Mirador 250 SC	1 l/ha				4830	8054	-204	16313
					Prosaro 250 EC	1 l/ha				5141	7743	-515	16002
					Cantus	500 g/ha				5242	7642	-616	15901
					Efilor	1 l/ha				5242	7642	-616	15901
Uden frivillige randzoner:				Midler og doser:				Økonomi:					
Miljøindikatorer:				Middel 1	Dosis	Middel 2	Dosis	Middel 3	Dosis	Samlede udgifter (pesticider+drift) (kr)	Nettomerudbytte (kr)	Min. (kr)	Max. (kr)
Grundvand	Mærkflad	Tørre kant	Å/bæk	Sø/vandhul									
1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Folicur EC 250	0.5 l/ha				3650	11306	1719	20893
					Orius 200 EW	0.75 l/ha				3934	11022	1435	20609
					Juventus 90	0.5 l/ha				4146	10810	1223	20397
					Amistar	0.5 l/ha				4155	10801	1214	20388
					Mirador 250 SC	0.5 l/ha				4155	10801	1214	20388
					Prosaro 250 EC	0.5 l/ha				4335	10621	1034	20208
					Folicur EC 250	1 l/ha				4597	10359	772	19946
					Orius 200 EW	1.25 l/ha				4755	10201	614	19788
					Efilor	0.7 l/ha				5070	9886	299	19473
					Juventus 90	1 l/ha				5589	9367	-220	18954
					Amistar	1 l/ha				5607	9349	-238	18936
					Mirador 250 SC	1 l/ha				5607	9349	-238	18936
					Prosaro 250 EC	1 l/ha				5967	8989	-598	18576
					Cantus	500 g/ha				6085	8871	-716	18458
					Efilor	1 l/ha				6085	8871	-716	18458
Dine indtastninger:				Relativt mindst belastning af miljøet									
Bedrift: Bedrift1				Middel belastning af miljøet									
Mark: Mark2				Relativt mest belastning af miljøet									
Total Areal (h 9)													
Areal fratrukk 7													
Afgrøde: Raps (vår)													
Skadevolder: Storknoldet knoldbægersvamp													
Antal prøver: 20													
Antal angreb: 2													
Pris afgrøde (270)													
Drift (kr/ha): 300													
Driftreducere: 0% reduktion													

Figur 14.19. Samlet udskrift, der viser miljøbelastning og beregnet nettomerudbytte for alternative behandlinger både med og uden frivillige tiltag (Fig. 14.17).

14.3 Case 3: Vindaks i vintersæd

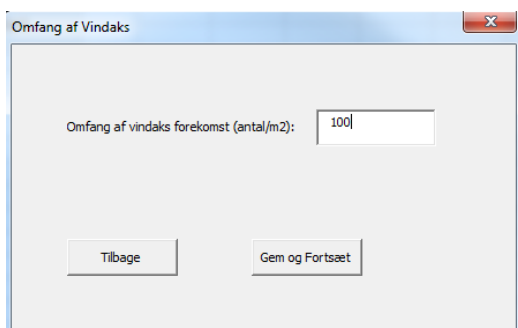
14.3.1 Problemstilling

For vindaks bygger modellen på en simpel sammenhæng mellem udbredelsen af vindaks og afgrødetab samme år, hvis der ikke sprøjtes. Miljøvurderingen følger samme model som for de andre skadegørere.

14.3.2 Beregnet eksempel for vindaks

Denne case omhandler bekæmpelsen af vindaks, hvor de indledende indtastninger følger samme principper som angivet for ovenstående eksempler.

Ved monitering vurderes/registreres tætheden af vindaks. Denne indtastes, Fig. 14.20.



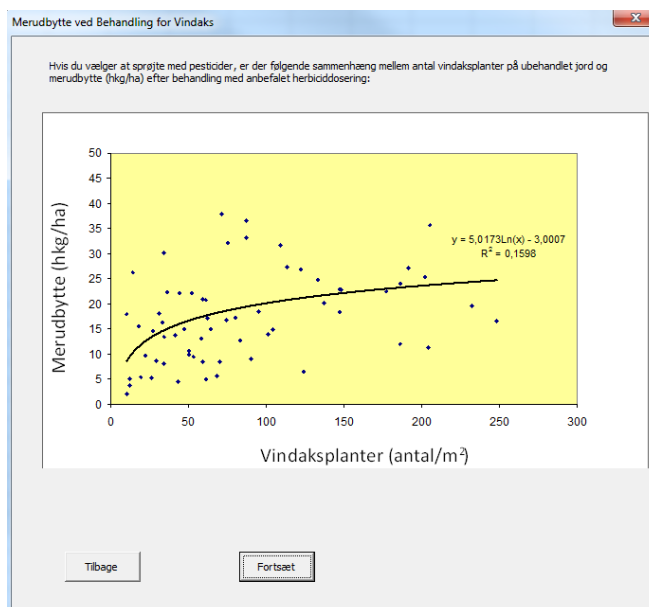
Omfang af Vindaks

Omfang af vindaks forekomst (antal/m²): 100

Tilbage Gem og Fortsæt

Figur 14.20. Indlæsning af tætheden af vindaks.

Dernæst vises den relation, som er brugt i modellen til at estimere tabet (Fig. 14.21).



Figur 14.21. Modellen viser den anvendte empiriske sammenhæng mellem antal vindaksplanter og merudbytte ved sprøjtning.

Landmanden kan se på kurven (Fig. 14.21), at en tæthed på 100 planter/m² kan medføre store tab, og vælger derfor at undersøge mulige sprøjtestrategier. Derfor indlæses samme oplysninger om sprøjtning som for de andre cases (Fig. 14.22).

Valg af drift reducerende dyse og frivillige sprøjtefrie zoner ☒

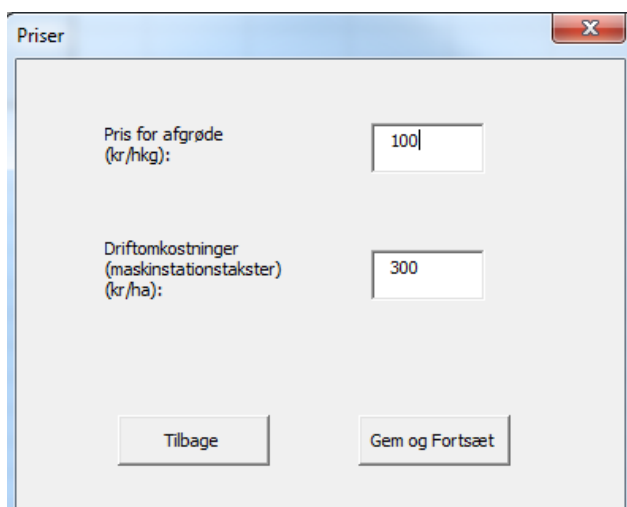
Drift reducerende dyse: 0% reduktion
 50% reduktion
 75% reduktion

Frivillige sprøjtefrie zoner ud over lovmæssige krav:

	10m	20m	Ingen
Alle kanter:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Grøftkant:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Hegn:	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vandløb:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Skovkant:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sø:	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vandhul:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Figur 14.22. Valg af frivillige tiltag i forhold til dyse-typer og sprøjtefrie randzoner.

Oplysningerne om kornpriser og udgifter til maskinstation, svarende til Case 1, hvor afgrøden også er vintersæd, indtastes (Fig. 14.23).



Pris for afgrøde (kr/hkg):	100
Driftomkostninger (maskinstationstakster) (kr/ha):	300

Tilbage Gem og Fortsæt

Figur 14.23. Indlæsning af forventet afgrødepris og driftsomkostninger til sprøjtning.

Derefter giver modellen oversigten over konsekvenser af de mulige behandlinger på netto-merudbytte og miljøbelastning med (Fig. 14.24) og uden inddragelse af frivillige tiltag til begrænsning af miljøbelastningen (Fig. 14.25).

Resultater. Hver række repræsenterer en behandlingsmetode med beregnede miljøindikatorer og økonomi. De er sorteret i forhold til Nettomerudbyttet														
Med frivillige randzoner:														
Miljøindikatorer:			Midler og doser:						Økonomi:		Usikkerhedsintervaller beregnes ikke ved behandling mod vindaks			
Grundvand	Mærkflad	Tørre kant	Å/bæk	Sø/vandhul	Middel 1	Dosis	Middel 2	Dosis	Middel 3	Dosis	Samlede udgifter (pesticider+drift) (kr)	Nettomerudbytte (kr)	Min. (kr)	Max. (kr)
					Lexus 50 WG	0.01 l/ha					2330	15615		
					Lexus 50 WG	0.02 l/ha					2331	15614		
					Monitor	9 g/ha					3140	14805		
					Monitor	12.5 g/ha					3455	14490		
					Atlantis OD	0.45 l/ha					3518	14427		
					Topik	0.2 l/ha					3634	14311		
					Hussar OD	0.075 l/ha					3797	14148		
					Hussar OD	0.075 l/ha					3797	14148		
					Foxtrot	0.8 l/ha					3883	14062		
					Monitor	18.75 g/ha					4017	13928		
					Broadway	165 g/ha					4098	13847		
					Cossack OD	0.6 l/ha					4194	13751		
					Foxtrot	1 l/ha					4271	13674		
					Primera Super	1 l/ha					4271	13674		
					Hussar OD	0.1 l/ha					4287	13658		
					Hussar OD	0.1 l/ha					4287	13658		
					Topik	0.3 l/ha					4287	13658		
					Atlantis OD	0.75 l/ha					4310	13635		
					Boxer	1.5 l/ha					4357	13588		
					Hussar OD	0.075 l/ha	DFF	0.08 l/ha	Oxitril CN	0.2 l/ha	4496	13449		
					Monitor	25 g/ha					4580	13365		
					Cossack OD	0.73 l/ha					4597	13348		
					Broadway	220 g/ha					4688	13257		
					Atlantis OD	0.9 l/ha					4706	13239		
					Atlantis OD	0.75 l/ha	DFF	0.05 l/ha	Oxitril CN	0.15 l/ha	4796	13149		
					Topik	0.4 l/ha					4939	13006		
					Hussar OD	0.1 l/ha	DFF	0.08 l/ha	Oxitril CN	0.2 l/ha	4986	12959		
					Atlantis OD	0.9 l/ha	DFF	0.05 l/ha	Oxitril CN	0.15 l/ha	5192	12753		
					Cossack OD	0.93 l/ha					5219	12726		
					Boxer	2 l/ha	DFF	0.05 l/ha			5227	12718		
					Stomp	1.2 l/ha	Lexus 50	10 l/ha			5637	12308		
					Primera Super	0.4 l/ha	Stomp	1.2 l/ha		0.4 l/ha	5800	12145		
					Stomp	1.2 l/ha	Boxer	1 l/ha			6375	11570		
					Boxer	2 l/ha	Stomp	1 l/ha			7277	10668		
					Boxer	5 l/ha					9087	8858		

Figur 14.24. Oversigt over miljøbelastning og nettomerudbytte for alternative behandlinger, hvor de frivillige tiltag (Fig. 14.22) er inddraget.

Uden frivillige randzoner:				Midler og doser:				Økonomi:		Usikkerhedsintervaller beregnes ikke ved behandling mod vindaks			
Miljøindikatorer:				Middel 1	Dosis	Middel 2	Dosis	Middel 3	Dosis	Samlede udgifter (pesticider+drift) (kr)	Nettomerudbytte (kr)	Min. (kr)	Max. (kr)
Grundvand	Markflade	Tørre kant	Å/bæk	Sø/vandhul									
					Lexus 50 WG	0.01 l/ha				2704	18127		
					Lexus 50 WG	0.02 l/ha				2705	18126		
					Monitor	9 g/ha				3644	17187		
					Monitor	12.5 g/ha				4010	16821		
					Atlantis OD	0.45 l/ha				4083	16748		
					Topik	0.2 l/ha				4218	16613		
					Hussar OD	0.075 l/ha				4408	16423		
					Hussar OD	0.075 l/ha				4408	16423		
					Foxtrot	0.8 l/ha				4507	16324		
					Monitor	18.75 g/ha				4663	16168		
					Broadway	165 g/ha				4757	16074		
					Cossack OD	0.6 l/ha				4867	15964		
					Foxtrot	1 l/ha				4958	15873		
					Primera Super	1 l/ha				4958	15873		
					Hussar OD	0.1 l/ha				4976	15855		
					Hussar OD	0.1 l/ha				4976	15855		
					Topik	0.3 l/ha				4976	15855		
					Atlantis OD	0.75 l/ha				5003	15828		
					Boxer	1.5 l/ha				5057	15774		
					Hussar OD	0.075 l/ha	DFF	0.08 l/ha	Oxitril CN 0.2 l/ha	5219	15612		
					Monitor	25 g/ha				5316	15515		
					Cossack OD	0.73 l/ha				5336	15495		
					Broadway	220 g/ha				5441	15390		
					Atlantis OD	0.9 l/ha				5462	15369		
					Atlantis OD	0.75 l/ha	DFF	0.05 l/ha	Oxitril CN 0.15 l/ha	5566	15265		
					Topik	0.4 l/ha				5733	15098		
					Hussar OD	0.1 l/ha	DFF	0.08 l/ha	Oxitril CN 0.2 l/ha	5787	15044		
					Atlantis OD	0.9 l/ha	DFF	0.05 l/ha	Oxitril CN 0.15 l/ha	6026	14805		
					Cossack OD	0.93 l/ha				6058	14773		
					Boxer	2 l/ha	DFF	0.05 l/ha		6067	14764		
					Stomp	1.2 l/ha	Lexus 50	10 l/ha		6543	14288		
					Primera Super	0.4 l/ha	Stomp	1.2 l/ha	0.4 l/ha	6732	14099		
					Stomp	1.2 l/ha	Boxer	1 l/ha		7399	13432		
					Boxer	2 l/ha	Stomp	1 l/ha		8447	12384		
					Boxer	5 l/ha				10548	10283		

Figur 14.25. Oversigt over miljøbelastning og nettomerudbytte for alternative behandlinger, hvor de frivillige tiltag (Figur 14.22) ikke er inddraget.

Det ses af Fig. 14.24, at de mest økonomisk fordelagtige behandlinger også har mindst miljøpåvirkning. Faktisk er påvirkningen 'grøn' for alle miljøtemaerne for de to mest økonomisk fordelagtige behandlinger, også når der ikke bruges frivillige sprøjtefrie randzoner (Fig. 14.25). I dette eksempel vil brug af *Landmandsmodellen* således ikke motivere til brug af frivillige randzoner. Det bemærkes, at i Fig. 14.19 ses resultater, som netop kan give motivation til brug af frivillige randzoner, da de tørre kanter fremstår hhv. grønne og gule for hhv. med og uden frivillig randzone.

15. Fokusgruppeundersøgelse – test af *Landmandsmodellen*

Der blev afholdt en workshop hos konsulentfirmaet Agrovi i Hillerød den 9. december 2014 med deltagelse af fire konsulenter (herunder den ledende planteavlskonsulent) samt tre landmænd, der bruger Agrovis rådgivning.

15.1 Form

Kort præsentation af projektet og *Landmandsmodellen*. Derefter test ved hver sin laptop af *Landmandsmodellen* i en lille times tid, hvor forskerne gik rundt og bistod/diskuterede ved skærmene, mens de tog notater. Afslutning med 40 min. rundbordsdiskussion (interviewguide findes i Bilag 4). Mødet er optaget på lydfil – deltagerne er blevet lovet anonymitet. Det vil sige, at informationerne på lydfilen kan bruges i forskningsrapporter osv., men der må ikke være en henvisning til specifikke personers synspunkter.

Kommentarer vedr. monitoring er opsummeret i kapitel 10. Nedenfor er opsummeret de kommentarer, vi fik fra deltagerne vedr. modellen mv. Disse kommentarer er i vid udstrækning brugt til at justere modellen, for så vidt det har kunnet lade sig gøre inden for projektet (se nedenfor).

15.2 Kommentarer til modellen

Modellen blev generelt positivt modtaget, og der var stor interesse for at afprøve den og diskutere mulighederne for forbedringer.

Modellen bør udelukkende vise skadegørere, der er relevante for den valgte afgrøde.

Udgifter til sprøjtemiddel skal tjekkes – lige nu er i hvert fald oplysningerne om Karate og Lexus forkerte.

Er driftsudgifterne pr. ha eller pr. mark?

Forventet udbytte (i hkg eller lignende) burde kunne indtastes (vil afhænge af jordbund mv., og landmanden vil som regel have en god ide om, hvad han kan forvente) – derved kan det forventede nettomerudbytte også blive mere realistisk.

Det skal være klart, om de tal, der præsenteres, gælder for marken eller pr. ha.

Der er tilsyneladende ikke taget højde for, hvilke midler der må bruges hvor/hvornår. Boxer er fx ikke godkendt til vårsæd. Nogle af midlerne er ikke relevante for den pågældende afgrøde.

Nettomerudbytte virker i nogle tilfælde urealistiske – hænger måske sammen med den forkerte pris på sprøjtemiddel. I nogle tilfælde er merudbytteresultatet alt for højt – problemet ser ud til at være, at systemet i visse tilfælde ikke kan håndtere, at afgrødeprisen tages med henholdsvis komma og punktum. Nogle er usikre på, hvad nettomerudbyttet dækker over – kan det virkelig passe, at det er så højt?

I nogle tilfælde ser beregningen af udgifter ud til at være forkert – dvs. for lav i forhold til, hvad landmanden har tastet ind af driftsudgifter.

Brugeren bør selv kunne vælge dosering – dem i tabellen er i mange tilfælde urealistisk høje i forhold til "normal" adfærd.

Hvordan er blandingerne valgt? Ifølge deltagerne mangler de mest almindelige, og doserne vil typisk være anderledes – igen, brugeren bør selv kunne vælge sin blanding, herunder dosis. Der var en udbredt skepsis over for den skabelon, hvor standardbehandlinger bliver foreslået ud fra Vejledning i Planteværn, da de udelukker en mere realistisk sprøjteadfærd efter forholdene.

For bladlus bør også afgrødens stadiet indgå i indtastningen, da det er afgørende for den forventede skade. Man kunne også overveje at bruge en anden indikator fx % angrebet strå.

Kunne risikoen for resistens tages med i betragtning?

Det er uoverskueligt, hvis systemet som output giver en liste på fx 30 stoffer. Kan vi finde en måde at udvælge de økonomisk acceptable (fx 5) og angive deres miljøprofil, så det bliver mere overskueligt at vælge?

Farvekodningen fungerer som en øjenåbner, så det ville være godt, hvis landmanden så den inden valg af middel. Måske kan vi give en liste med koderne for de tilladte midler, inden landmanden vælger sin blanding og dosering? Det er selvfølgelig svært at gøre, så længe der ikke er valgt dosis, men som en start kunne anvendes farvekodningen anvendt af MST.

Det er også godt at kunne se det reelle merudbytte ved sprøjtning, så man får et indtryk af, om der er tale om store eller små gevinster ved behandling (i modsætning til Planteværn Online). Vedrørende lusemidlerne, så blander man dem tit i sprøjten, hvis der er observeret lus, og man alligevel skal køre mod noget andet, for så kan man spare en kørsel. Meget ofte handler det for lusene om, om de er der eller ej. Er de der, så kører man.

Hvis der ikke er en sø på marken, er det ikke så smart, at der kommer en grøn markering for effekter på sø – den burde være neutral.

Den sidste oversigt er uoverskuelig. Kører alt pr. ha? Det ville være godt med en meget simple liste.

En af konsulenterne mente, at systemet vil være mest anvendeligt for landmændene, fordi konsulenterne i forvejen kender den præcise optimale dosering – det gør landmændene ikke.

En konsulent nævnte noget interessant forskning fra IVFL (Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation, <https://www.rali.boku.ac.at/ivfl/>).

Det, som virkelig kan hjælpe mod svampene, er klimastationer i marken.

Konklusioner: De fleste kommentarer er meget konkrete, og en del kunne vi umiddelbart indarbejde i Landmandsmodellen, mens andre kan anbefales til kommende projekter. De landmænd og konsulenter, der indgik i fokusgruppeinterviewet, var generelt positive over for at bruge et system af den viste type. Villigheden til at tage hensyn til miljø- og naturbelastningen vil tilsyneladende kunne øges, hvis en indikator indgår i beslutningsstøttesystemet, og dermed vil pesticidbelastningen måske kunne mindskes. Vi har dog ikke nogle konkrete mål for hvor meget.

Andre betragtninger

Det ville være en fordel at inddrage personer med landbrugsfaglig viden (i højere grad). De deltagende konsulenter lader sig gerne hørve.

Det blev forslået, at systemet kører på bedriftniveau i stedet for markniveau, da en landmand typisk vil behandle alle marker med samme afgrøde og/eller skadegører ens. Det er ret indskrænket i forhold til sprøjtning at se på markerne hver for sig.

Bayer har forsøg kørende med klimastationer i marken med henblik på varsling. Findes bl.a. på nogle af IPM-demonstrationsmarkerne. Flere deltagere mente, at den type data vil kunne forbedre varslingen betydeligt – ikke mindst for svampesygdomme, hvor den generelle forholdsregel stadig er plansprøjtning uden monitoring

Det er uklart, om vores system sigter på afhjælpning af enkeltstående problemer eller den generelle sprøjtestrategi.

Burde pesticider kræve recept ligesom lægemidler? I hvert fald de mest miljøfarlige?

En farvekodemærkning af midler ville være en øjenåbner ved indkøb af pesticid.

En konsulent gav udtryk for, at det virker som dobbeltkonfekt, at midlerne er godkendt, men alligevel inddrages deres miljøeffekt, da man må gå ud fra, at godkendte midler ikke er skadelige. Samme gav udtryk for frygt for, at vores farvekodning kunne føre til enten forbud mod de "røde" midler eller øget resistens, fordi man vil være tilbøjelig til kun at vælge de "grønne" midler.

Store bedrifter kan forhandle en rabat på pesticidindkøb. De vil derfor have et større nettomerudbytte end angivet.

15.3 Tilpasninger af modellen i forhold til landmænd og konsulents behov

De efterfølgende overvejelser af de forslag, der direkte vedrører modellen, førte til en række valg mht., om der skulle ændres noget i modellen eller ej. Disse forslag og de efterfølgende beslutninger (med fed skrift) er anført nedenfor:

Der bliver anført urealistiske kombinationer af skadegører og afgrødetype. **Rettet i modellen.** Faktuelle oplysninger om prisen på sprøjtemidler synes forkerte. **Blev ikke rettet, da det ikke ændrer på principperne.**

Uklarhed om, hvorvidt priser er pr. ha eller pr. mark. **Rettet til at være pr. mark.**

Man burde indtaste forventet udbyttet. **Rettet.**

Modellen har kombinationer af middel og afgrøde, der regnes for urealistisk i praksis. **Ikke rettet, da modellen følger Vejledning i Planteværn (2014).**

Nettoudbytte synes urealistisk, måske pga. fejl i indtastningsskabelon og fejl ved indlæsning af udgifter. **Beregning af nettoudbytte er revideret siden afprøvning, så fejl er rettet.**

Brugerne bør selv kunne vælge dosering, da doseringen, som anvendes i modellen, synes urealistiske; samtidig bør landmanden selv kunne sammensætte blandinger. **Er ikke rettet i modellen, da den anvender de anbefalede behandlinger i Vejledning i Planteværn (2014) i den nuværende version.**

For bladlus bør plantens udviklingsstadium indlæses, da dette har betydning for netto-udbyttet. **Dette er ikke rettet, da modellen direkte anvender Vejledning i Planteværn (2014).**

Risiko for resistens kunne tages med. **Dette er ikke gjort, da det anses for at række ud over projektets aktiviteter.**

Output er uoverskueligt, da der fx vises 30 forskellige behandlinger. I stedet bør vises de fem væsentligste. **Dette er ikke rettet, da behandlingerne i forvejen bliver rangordnet med de økonomisk mest attraktive øverst.**

Der skal kun vises de miljøindikatorer, der har mening for marken. Det vil sige, at hvis marken ikke grænser op til fx sø/vandhul, så skal indikatoren for sø/vandhul ikke vises. **Er rettet.**

Udover de mindre justeringer, som blev forslået, så blev det klart under workshoppen, at det valgte fokus på markniveau, som MVB systemet er bygget op omkring, hvor den enkelte mark behandles isoleret, ikke stemmer overens med dagligdagen for moderne landbrug. I stedet bør man se på hele bedriftens håndtering af en bestemt afgrødetype og lave samlede analyser. Det rækker dog ud over mulighederne i dette projekt at lave et så stort system. Det fokus på markniveau, som projektet har, kan dog direkte implementeres i et større system med alle marker på en bedrift, så det anbefales at tage den udfordring op i kommende projekter.

16. Diskussion og konklusion

I projektet er der udviklet og afprøvet en prototype for et nyt beslutningsstøttesystem. Systemet, der benævnes *Landmandsmodellen*, er et koncept for et beslutningsstøttesystem til brug i forbindelse med bekæmpelse af skadevoldere i landbruget. Det nye i *Landmandsmodellen* i forhold til øvrige MVB-systemer er, at varsling af skadevoldere er baseret på prognoser for udviklingen af disse beregnet ud fra monitoringsdata ved brug af stokastiske modeller. *Landmandsmodellen* er desuden opbygget til at rådgive om konsekvenserne af en valgt bekæmpelse – i prototypen bladlus, storknoldet knoldbægersvamp eller ukrudt – for såvel økonomisk udbytte som for miljøbelastningen. Endvidere sker vurderingen af miljøbelastningen i modellen lokalt, hvilket muliggør, at der kan tages hensyn til beskyttelseskrævende natur i og omkring den behandlede mark. *Landmandsmodellen* udgør således et koncept for et beslutningsstøttesystem, som var projektets formål. I forhold til implementering af systemet er der dog forsat behov for udvikling af såvel stokastiske modeller, miljøindikatorer som platform samt en egentlig afprøvning af systemet.

16.1 *Landmandsmodellen* som koncept for MVB-system

En række skadevoldere angriber landbrugsafgrøder med varierende intensitet fra år til år og fra mark til mark. Det gælder blandt andet de tre skadevoldere kornbladlus, storknoldet knoldbægersvamp og vindaks, som er brugt som cases i forbindelse med udviklingen af *Landmandsmodellen*. Denne variation gør det jf. Axelsen et al. (2012) relevant at anvende MVB-systemer som redskab i bekæmpelsen. Axelsen et al. (2012) anbefaler desuden, at fremtidens beslutningsstøttesystemer medtager følgende muligheder for at tage hensyn til natur, miljø og human sundhed:

1. Anvendelse af pesticidbelastning til prioritering af midler (Inddraget i *Landmandsmodellen*)
2. Mulighed for at inkludere effekten af mekanisk ukrudtsbekæmpelse
3. Mulighed for at tage biologiske bekæmpelsesmetoder med i betragtning
4. Vurdering af risikoen for udvaskning til grundvand og vandløb (inddraget i *Landmandsmodellen*)
5. Medtagelse af viden om effekten af nogle af stofferne på non-target organismer (heriblandt arter, der yder "ecosystem services") (inddraget i *Landmandsmodellen*)
6. Mulighed for brugeren for at beregne den økonomiske gevinst ved at foretage en bekæmpelse (inddraget i *Landmandsmodellen*)
7. Integration af risici for human sundhed
8. Udvikling af langsigtede strategiske beslutningsstøttesystemer til at styre pesticidforbruget i sædskifter og på bedriftsniveau.

Landmandsmodellen i sin nuværende form inkluderer, som anført i parentes ovenfor, 4 ud af de 8 muligheder. De forhold, der ikke er inddraget, adresserer andre typer af bekæmpelse end brug af pesticider samt human sundhed og en samlet analyse på bedriftsniveau. Disse forhold kan inddrages, hvis *Landmandsmodellen* bygges sammen med et større system, der dels inddrager flere marker over flere vækstsæsoner, dels understøtter IPM i en mere helhedsorienteret strategi, der inkluderer både kemisk, biologisk og mekanisk bekæmpelse.

I EU's rammedirektiv for bæredygtig anvendelse af pesticider (EU 2009) og SEGES' bearbejdning til danske forhold (SEGES 2015) er fastlagt 8 principper for integreret plantebeskyttelse (IPM), som landmænd i EU bør have fulgt siden 2014. Varsling og prognoser samt hensyn til natur, miljø og menneskelig sundhed udgør centrale elementer i disse principper. Konceptet udviklet i dette projekt må anses for et første skridt i retning af at skabe et system, som kan hjælpe danske landmænd med at dyrke i overensstemmelse med EU's principper for integreret plantebeskyttelse.

16.2 Anvendelsen af stokastiske modeller til varsling af skadevoldere

Generelt adskiller de anvendte stokastiske metoder i dette projekt sig fra andre beslutningsstøttesystemer for skadevoldere, ved at der laves prognoser for skadevolderens udvikling over tid, og ved at usikkerheden for disse prognoser beregnes og kommunikerer til brugeren af systemet. Landmanden vil ofte være utryk, så snart han konstaterer, at der er en potentielt tabsgivende skadevolder i marken, da han ikke har nogen mulighed for at vurdere, hvordan skadevolderen vil udvikle sig, og han vil derfor ofte sprøjte præventivt. En sådan sprøjtning vil kunne undgås, hvis landmanden kender udviklingen af skadevolderen. Prognoserne, som indgår i *Landmandsmodellen*, kan derfor, hvis landmanden har tillid til dem, vise sig at være et særdeles nyttigt redskab, når han skal beslutte sig vedr. bekæmpelse af skadevoldere. Mere overordnet kan *Landmandsmodellen*, såfremt antallet af unødvendige pesticidbehandlinger reduceres, hjælpe til at nå målet om reduktion af pesticidbelastningen (Miljøministeriet 2013).

Modellerne for udviklingen af skadevolderne vurderes at være rimelig robuste og tilstrækkelig fleksible til at kunne modellere det sandsynlige udfaldsrum for populationsudvikling i to ud af de tre undersøgte cases. Bladlusmodellen vurderes således at give et biologisk troværdigt output. Dog er de beregnede forventede fordelinger foretaget lokalt, og det er endnu usikkert, hvordan man bedst opskalerer varslingen til mark og bedriftsniveau, hvilket vil være nødvendigt, hvis modellen skal bruges i et beslutningsstøttesystem. Den foreslåede model for varsling af svampesygdom vurderes også at være tilstrækkeligt fleksibel til at modellere skadevolderudviklingen over tid, men pga. et meget begrænset datagrundlag for storknoldet knoldbægersvamp er det ikke muligt endeligt at vurdere potentialet for denne varslingsmodel. Den nuværende viden om spredningen af vindaks under realistiske dyrkningsforhold er for begrænset til, at man med sikkerhed kan vurdere, om den foreslåede prognosemodel for den rumlige udvikling af ukrudtspopulationen vil være et nyttigt varslingsredskab for landmanden.

Et af de lovende output af den nuværende varslingsmodel er, at den giver landmanden en god ide om, hvor hurtigt bladluspopulationen udvikler sig, og dermed hvornår han bør monitorere næste gang, såfremt den første monitoring ikke resulterer i behandling. *Landmandsmodellen* kan således være et godt værktøj til at planlægge og optimere monitoringer i marken (besigtigelser, optællinger, indsamling af prøver) ved angreb af tabsgivende skadevoldere. Hvis landmanden besigtiger en mark hyppigt, vil tidsforbruget til at monitorere være uacceptabelt højt, og hvis han/hun gør det for sjældent, risikeres unødvendigt store tab ved et skadeangreb. Brugen af stokastiske modeller gør det muligt at koble udviklingen af skadevolderen til tid siden seneste iagttagelse af denne i afgrøden og dermed til at give brugeren en ide om, hvor længe vedkommende kan vente med at besigtige marken igen uden risiko for, at skadegøren udvikler sig for voldsomt. Landmandens adfærd i forbindelse med brug af modellen er dog ikke testet i praksis, da det vil kræve en afprøvning, der ligger ud over rammerne for dette projekt.

Udover at de fungerer som redskab i forbindelse med planlægning af monitoring og eventuel bekæmpelse af skadegørere, kan landmanden/konsulenten også benytte modellerne som læringsredskab, idet han umiddelbart kan validere prognoserne op imod egne erfaringer. Dette vil, hvis modellerne ellers er tilstrækkeligt præcise, tilskynde landmanden til ikke bare at bruge prognoserne, men måske anvende hele beslutningsstøttesystemet, inklusiv de estimerede miljøpåvirkninger af en pesticidsprøjtning.

16.3 Vurdering af miljøbelastning og økonomiske konsekvenser

Landmandsmodellen vurderer miljøbelastningen ved relevante alternative pesticidbehandlinger i et værktøj, der præsenterer den relative betydning af behandlingerne i samme output som de landbrugsøkonomiske beregninger (nettomerudbytte). Dette giver landmand/konsulent mulighed for ikke bare at inddrage økonomiske konsekvenser forbundet med beslutningen omkring en pesticidbehandling, men også miljøbelastningen; og samtidig giver det mulighed for at sammenligne forskellige alternative behandlinger mht. til begge faktorer. Fra afprøvningen af *Landmandsmodellen* (kapitel 15) fremgår det, at de interviewede landmænd og konsulenter så vurderingen af miljøbelastningen, som *Landmandsmodellen* præsenterer (farvekode), som en øjenåbner. Mange landmænd og konsulenter er ikke bevidst om, at bekæmpelsesmidler, der er godkendt af myndighederne, kan have miljøskadelige effekter, hvis retningslinjerne for dosering følges.

I *Landmandsmodellen* sker vurderingen på baggrund af belastningen af 19 delindikatorer organiseret i beskyttelseskategorier efter, hvor belastningen opstår: i marken, i vandløb, i søer og vandhuller og terrestriske habitater i umiddelbar nærhed af det dyrkede areal samt grundvand. Miljøbelastningen af alternative behandlinger, med forskellige midler og doser, præsenteres via en farvekode (rød, gul, grøn) for hver beskyttelseskategori, hvor denne er relevant. Farven bestemmes af den delindikator, der har den højeste værdi inden for kategorien. Ved at følge dette princip undgås det, at en høj belastning på en delindikator udjævnes, ved at andre delindikatorer viser lav belastning, og dermed sikres en beskyttelse, der ikke fås ved miljøindikatorer, som bygger på addition af flere delindikatorer til bestemmelse af en middeltilstand. Sat på spidsen ville en sådan addition svare til, at en person kan erklæres "stort set rask" på trods af en kræftknode, hvis personen er super rask på alle andre helbredsparametre, og her er det selvfølgelig klart, at et helbred skal være godt på alle vigtige parametre, før en person er rask. Analogt til en persons helbredstilstand, så vurderes naturens "helbred", ved at tjekke alle delindikatorer uden at lægge dem sammen og beregne gennemsnittet.

I *Landmandsmodellen* benyttes de samme toksikologiske data som ved beregningen af den landsdækkende pesticidbelastningsindikator (PBI) (Miljøstyrelsen 2012). Derved er der overensstemmelse mellem *Landmandsmodellen* og de nationale målsætninger. Det betyder, at nationale målsætninger om mindre belastning med pesticider kommunikerer via *Landmandsmodellen* til den enkelte landmand. I beregningen af PBI indgår imidlertid forhold, som fx human sundhed og persistens, som ikke er med i den nuværende form af *Landmandsmodellen*, desuden sker beregningen i *Landmandsmodellen* ud fra lokale forhold, og delindikatorerne adderes ikke, som ovenfor beskrevet. Derfor kan den lokale vurdering af miljøbelastningen i *Landmandsmodellen* adskille sig fra den overordnede vurdering i PBI.

I den nuværende form af *Landmandsmodellen* sammenlignes konsekvenserne af en behandling kun med de øvrige godkendte behandlinger for hver af de udvalgte afgrøde-skadevolder cases. Dette bør før implementering af modellen ændres, således at sammenligningsgrundlaget bliver alle behandlinger, der er tilladt under danske forhold. Ellers kan den samme behandling skifte farve, alt efter hvilke andre behandlinger der indgår som alternativer, hvilket let giver forvirring om, hvad miljøindikatorerne viser.

De 19 delindikatorer, der indgår i vurderingen af miljøbelastningen i den nuværende form, inkluderer risikoen for udvaskning til vandmiljøet, herunder grundvand, samt effekter på non-target organismer, herunder organismer som fx bier, der bidrager til økosystemtjenester. De data, der indgår i miljøindikatorerne, kommer fra samme kilder som de data, den nationale pesticidbelastningsindikator anvender, og derved kobles en adfærd hos den enkelte landmand med nationale målsætninger. Det betyder, at nationale målsætninger om mindre belastning med pesticider kommunikerer via *Landmandsmodellen* til den enkelte landmand, hvilket er en meget vigtig nyskabelse i *Landmandsmodellen*. Miljøindikatorerne er dog stadig relativt simple og lette at etablere, da de bygger på toksikologiske data tilgængelige i databaser og viden om markens geometri og omkringliggende naturtyper ekstraheret fra almindelige luftfotos. Man kunne overveje at forbedre grundvandindikatoren ved at inddrage lokale klimadata, specielt risikoen for ekstreme nedbørshændelser og den deraf følgende aktivering af makroporerne. Dette har dog ikke været muligt inden for dette projekts rammer.

I *Landmandsmodellen* sker vurderingen af miljøbelastningen for markerne enkeltvist, hvilket må anses for optimalt, hvis man i vurderingen vil tage hensyn til sårbare habitater i nærheden af den sprøjtede mark. Landmænd foretager imidlertid ofte behandling af alle/en række marker med den samme afgrøde på samme tidspunkt og med samme middel. Landmanden ønsker derfor at have overblik over alle marker samtidigt, jf. interviewundersøgelsen. I fremtidige versioner af modellen vil der derfor være behov for, at alle marker med samme afgrøde vises i samme outputvindue. Der vil sjældent være samme beskyttelsesbehov ved alle marker med samme afgrøde, hvorfor modellen forhåbentlig kan hjælpe landmanden til at træffe et mere miljøbevidst valg af markbehandling. Udover den egentlige miljøbelastning åbner miljøindikatorerne muligheden for, at landmanden i sin sprøjtning kan inddrage hensyn til jagt, og dermed kan brug af *Landmandsmodellen* fx spille sammen med de mange jagtlaug, som bliver etableret i disse år.

Det vil også være relevant at indarbejde, at der er lavere omkostninger for landmanden, hvis han tager flere midler med, når de alligevel sprøjter en mark, men dette er ikke indarbejdet i de beregninger, der ligger til grund for *Landmandsmodellen*.

De driftsøkonomiske informationer i forbindelse med beslutningsstøtte formodes at være relevante for landmanden, da vi antager, at landmanden ønsker at maksimere det økonomiske afkast, men også at landmandens beslutninger, som inden sprøjtning vil bygge på forventninger (ex-ante), vil baseres på afvejninger af det økonomiske afkast mod de økonomiske risici. Viden om afkast, eller her merudbytte, og, som noget nyt, om usikkerheden på afkastet vil kunne anvendes forskelligt af forskellige landmandstyper. Hvis der er sandsynlighed for tab, vil den risikoaverse landmand være mindre tilbøjelig til at tage usikre beslutninger end den risiko-neutrale eller risikotagende landmand. Merudbytteberegningerne for sprøjtning vil således være vigtige for at kunne forudsige i) merudbyttet, men også ii) graden af sikkerhed for denne prædiction. Ved afprøvningen af *Landmandsmodellen* (se kapitel 15) gav landmændene udtryk for, at det var godt at kunne se det reelle merudbytte ved en behandling, således at det er tydeligt, om der er tale om store eller små gevinster ved behandling, hvilket ikke fremgår af Planteværn Online.

Merudbytteberegningerne er udført med tilgængelige data, primært fra Landsforsøgene. For storknoldet knoldbægersvamp og bladlus er anvendt data for merudbytte, sprøjttemiddelsammensætning, mængde og timing til at estimere lineære modeller for merudbyttet. Forsøgene med bladlus er udført i perioden 1999 til 2013 (SEGES), for knoldbægersvamp fra 1998 til 2009 (Heltoft et al. 2010) og for vindaks fra 1997 til 2007 (Kudsk et al. 2010). I forsøgene, der er foretaget i landbrugsmarker i omdrift, er der anvendt forskellige kombinationer af pesticider, og der indgår forskellige forfrugter/sædskifter. På trods af dette er der stor usikkerhed på beregningerne af merudbyttet på baggrund af forsøgsdata, og der kan derfor ikke gives sikre anbefalinger til strategi og beslutninger ud fra disse data.

De store estimerede usikkerheder på merudbytter hænger sammen med det, trods tidsintervallet, ganske begrænsede datagrundlag. Begrænsningen skyldes ikke kun antallet af forsøg, men også begrænset viden fra hvert forsøg om forklarende variable som fx forfrugt, bonitet og nedbør. Yderligere information om forsøgene vil kunne bidrage til at nedbringe usikkerheden i modellerne. Til denne prototype vurderes datagrundlaget imidlertid at være tilstrækkeligt.

I en model, der sigter mod at vejlede landmænds reelle beslutninger, vil der med fordel kunne lægges større vægt på betydningen af denne usikkerhed mht. udfaldet på dækningsbidraget for de forskellige afgrøder, dvs. i samspil med prisen på afgrøden og de øvrige omkostninger ved produktionen.

16.4 Monitering af skadevoldere

Tilgængeligheden og kvaliteten af monitoringsdata er afgørende for prognoserne i *Landmandsmodellen*. Modellen kan derfor, såfremt landmænd og konsulenter opnår tillid til den og benytter den, være med til at styrke monitoringsindsatsen, således at monitering ikke længere vil blive anset for tidsspilde, men derimod som en metode til at optimere indtjeningen.

Den metode til monitering af bladlus, som anbefales af SEGES (optælling af andel angrebne strå ved visuel bedømmelse af 100 strå i transekt) og anvendes ved opgørelsen af bladlusproblemet i Registreringsnettet, må anses for velunderbygget (Ward et al. 1985a,b, Klueken et al. 2008). Der er dog grund til at antage, at en mere lokal monitering end den, der gennemføres i Registreringsnettet, vil give mere præcise varsler, idet risikoen for udvikling af et problematisk niveau af bladlus bedst kan vurderes ud fra lokale data (Vialatte et al. 2007). Dette peger imod, at landmanden med fordel selv kan gå ud i marken og monitere bladlusene systematisk, eller at Registreringsnettets varsler bringes på en mere lokal skala, end tilfældet er i dag. Ydermere er det ved modellering af populationsudviklingen essentielt at have et godt estimat af startpopulationens størrelse. Dette taler også for en lokal monitering samt en undersøgelse af den rumlige variation mellem bladluspopulationer på forskellig skala med henblik på at kunne ekstrapolere fra de eksisterende data til en aktuel mark.

Da der, som nævnt tidligere i denne rapport, optræder tre arter af bladlus i vinterkorn, og disse arter adskiller sig ved placeringen i afgrøden samt andre karakteristika som fx udviklingshastighedens afhængighed af temperaturen (Dean 1974), vil en optælling på artsniveau formentlig resultere i en mere sikker varsling, men også betyde et større tidsforbrug til monitering. Desuden vil det ikke kunne praktiseres af landmændene, men kræve at specialister udfører moniteringen.

Udover de lokale temperaturforhold, som allerede er inddraget i den udviklede stokastiske populationsmodel, vil også lokale nedbørshændelser være af stor betydning for et mere sikkert varsel, idet regn, og specielt regn kombineret med blæst, forårsager, at en stor del af bladlusene falder af værtsplanten, hvilket mindsker deres skadevirkning (Sunderland et al. 1986). Opsamling af lokale vejrdata bør derfor supplere den egentlige monitering.

Ukrudtsmonitering foretages sjældent forud for sprøjtningen, antageligt på grund af tidsforbruget og vanskeligheden ved at skelne mellem arterne, mens planterne er små. Der er imidlertid udbredt enighed om, at konsekvent ukrudtsmonitering ville resultere i et mindre herbicidforbrug, fordi moniteringen ville give et bedre billede af, om og hvor en herbicidbehandling er nødvendig (Jørgensen et al. 2007). Automatisk monitering af ukrudt, fx vha. sensorer monteret på traktoren, vil kunne øge brugen af ukrudtsmonitering markant. Desuden vil større anvendelse af de såkaldte sprøjtevinduer gøre det muligt at lave ukrudtskort for den enkelte mark, hvilket dels kan bruges til at planlægge sprøjtningen, dels til at udpege områder i marken, som landmanden med fordel kan holde særligt øje med.

Da der i dag slet ikke monitoreres for storknoldet knoldbægersvamp i Danmark på grund af manglende succes med de tidligere anvendte metoder, er der behov for nye og bedre meto-

der. De mest lovende er indsamling af kronblade og efterfølgende analyse enten vha. en agar-test eller en hurtigere PCR-test. Desuden kunne det formentlig være en mulighed at udvikle en metode til opsamling af sporer i luften i lighed med andre svampesygdomme. Erfaringerne viser desuden, at man ud over at monitorere for svampen også bør indsamle markspecifikke og regionale vejrdata samt data for, hvornår der sidst er dyrket potentielle værtsplanter, og hvornår der sidst har været et angreb af svampen. Sammenhængen mellem de forskellige parametre og udviklingen af sygdomsangreb er dog endnu ikke velbeskrevet.

Vore samtaler med landmænd og konsulenter (kapitel 4 og 15) viser, at mere monitoring er en stor udfordring for mange landmænd, da mange i forvejen er presset tidsmæssigt. Noget tyder dog på, at villigheden til at monitorere vil stige for mange, hvis de kan se nytteværdien af det i form af en mere sikker varsling og dermed en bedre økonomi. Således vil et beslutningsstøtteværktøj, der viser effekten af at monitorere, kunne have en effekt på landmændenes indstilling til monitoring. Derudover er incitamentet til at monitorere i egne marker for en del landmænd information om problemer enten fra fx naboen eller via varslingstjenester. For bladlusenes vedkommende er mange landmænd allerede selv opmærksomme på, at lokale forhold har stor betydning for udviklingen af angrebets omfang, og derfor går mange i marken hver dag, hvis de har opdaget et begyndende angreb. Derimod var den generelle opfattelse, at monitoring for svamp ikke giver mening, da det er for sent at behandle, når først svampen er til stede. Derfor anvender stort set alle plansprøjtning mod svamp. Alt tyder dog på, at et værktøj til en mere sikker varsling for svamp vil være velkomment. For så vidt angår vindaks, oplever de landmænd, der har problemet, at denne art skal der bare sprøjtes mod, hvis den er i marken. Heri ligger implicit en eller anden form for monitoring, som dog formentlig ikke er særligt systematisk, men består i, at en landmand altid i en eller anden grad holder øje med sine marker og især med arter og områder, som tidligere har givet problemer. Samtalerne med landmændene viste også, at monitoring skal være hurtig og let både at udføre og indrapportere, dvs. det skal helst kunne foregå fra traktoren eller i marken. Deri ligger implicit, at en del landmænd ikke vil samle prøver ind og sende dem til analyse, hvilket ellers synes oplagt i relation til monitoring for storknoldet knoldbægersvamp. Her er det nok mere realistisk, at konsulenterne udfører monitoring, hvis den skal foregå helt lokalt, eller at der etableres et regionalt indsamlingssystem.

16.5 Interessen for konceptet hos landmænd og konsulenter

For at afprøve *Landmandsmodellen* blev der afholdt en workshop/fokusgruppe for fire konsulenter og tre landmænd i Hillerød i december 2014. Generelt var der en stor interesse for at prøve systemet, og testpersonerne var generelt positive over for, at et sådant system vil kunne finde anvendelse – omend nogle landmænd mener, at der ikke kan varsles om visse skadevoldere (jf. kapitel 15). Testpersonerne fandt, at det var godt at kunne se det reelle merudbytte ved sprøjtning, så man får et indtryk af, om der er tale om store eller små gevinster ved behandling.

I lighed med de kvalitative interviews blev der også på workshoppen peget på, at det er meget afgørende for et beslutningsstøttesystem, at det er nemt og hurtigt at bruge.

Workshoppen affødte en stor mængde input vedrørende detaljer i systemet, som kunne justeres/tilføjes osv. Der er mulighed for en række forbedringer, der kan gøre, at modellen kan dække problemstillinger og informationsbehov på en mere fyldestgørende måde. Vi har i denne model prioriteret at tage de mest afgørende med, vurderet dels ud fra vigtighed i forhold til en teoretisk beskrivelse af skadevolderudvikling, frivillige randzoner og miljøeffekter ved sprøjtning, og dels ud fra landmandens behov for viden i forbindelse med sprøjtning for skadevoldere og økonomiske konsekvenser. Kommende udvidelser af modellen kan omhandle fx alternative behandlingsmetoder, sædskifte, kombination af flere skadevoldere på samme afgrøde samt andre afgrøde-skadevolder cases end de i projektet valgte (se i øvrigt perspektivering). Valg af udviklingsveje må ske efter en afvejning af, hvad der giver mest mening at ind-

bygge i modellen ift. anvendelsen, da flere faktorer også betyder mere komplekse systemer og et større tidsforbrug.

17. Perspektivering

Såvel i forhold til opfyldelse af krav til bæredygtig anvendelse af pesticider i dansk landbrug (EU 2009, SEGES 2015) som til opfyldelsen af reduktionsmål i Sprøjttemiddelstrategien 2013-15 (Miljøministeriet 2013) er der behov for, at der findes metoder og værktøjer til varsling og udarbejdelse af prognoser for væsentlige skadevoldere i jordbruget. *Landmandsmodellen*, som er udviklet i dette projekt, er en prototype for et sådan værktøj og inkluderer, som noget nyt for MVB-systemer, ikke bare varsling af skadevoldere, men også prognoser for udviklingen af disse samt vurdering af konsekvenser for såvel udbytte som natur og miljø. Uanset at udviklingen af *Landmandsmodellen* har været baseret på udvalgte afgrøde-skadevolder cases, bladlus og vindaks i vintersæd og storknoldet knoldbægersvamp i raps, har modelarbejdet haft et generisk sigte. Det forventes derfor, at modellen kan tilpasses andre afgrøde-skadevolder cases, ligesom samtidig tilstedeværelse af flere skadevoldere vil kunne inkluderes i fremtidige versioner. At modellen er en prototype indikerer desuden, at der fortsat resterer udvikling, afprøvning og opbygning af platformen, før systemet er klar til implementering på landbrugsbedrifter. Landmænd og konsulenter tillid til varslinger og prognoser i modellen vil være afgørende for den fremtidige anvendelse og dermed for, hvorvidt modellen vil kunne bidrage til en reduktion i antallet af pesticidbehandlinger og opnåelsen af reduktionsmålet i pesticidbelastningen.

Tilgængeligheden og kvaliteten af monitoringsdata er afgørende for prognoserne i *Landmandsmodellen*. Modellen kan derfor, såfremt landmænd og konsulenter opnår tillid til den og benytter den, være med til at styrke monitoringsindsatsen. Der ligger imidlertid fortsat en "pædagogisk" udfordring i at øge landmændenes monitoringsindsats. Et beslutningsstøttesystem, der visualiserer ikke mindst den økonomiske betydning af monitoring gennem mere sikre varsler, forventes at være et betydeligt incitament til at gå endnu mere bort fra plansprøjtning.

I forbindelse med udarbejdelsen af en udredning til Miljøstyrelsen om MVB-systemer (Axelsen et al. 2012) blev der afholdt en workshop, hvor en stor gruppe konsulenter, landmænd og forskere diskuterede betydningen af Planteværn Online for bekæmpelsesindekset i Danmark. Axelsen et al. (2012) skriver: "*Mange deltagere var af den opfattelse, at indholdet og brugen af Planteværn Online havde været med til at udvikle "godt landmandskab" mht. plantebeskyttelse igennem de sidste 20 år, og at Planteværn Online dermed havde en meget stor del af æren for, at Danmark har et lavt behandlingsindeks sammenlignet med andre europæiske lande*". Hvis effekten af PVO har medvirket til udvikling af begrebet "godt landmandsskab", forventer vi, at *Landmandsmodellen* vil kunne bidrage yderligere til dette. Endelig kan systemets miljømodul måske betyde, at miljøhensyn vejet op imod prognoser for økonomisk merudbytte kommer til at spille en rolle i beslutningerne om eventuelle bekæmpelser. *Landmandsmodellen* vil dermed kunne medvirke til at udvikle et nyt element i "godt landmandskab", nemlig **god miljøpraksis**.

Større grad af lokal monitoring af bladlus vil kunne give større sikkerhed på varslingen og dermed påvirke insekticidforbruget. Inddragelse af lokale vejrdata (temperatur og nedbørshændelser) i modelleringen forventes at øge præcisionen yderligere. Undersøgelser af den rumlige variation inden for marken og mellem marker vil gøre det muligt at anvende de forhåndenværende data med større sikkerhed. Undersøgelse af betydningen af at monitorere bladlus på artsniveau vil afklare, om det er umagen værd at indarbejde dette i den generelle vejledning for monitoring af bladlus.

Videreudvikling og implementering af metoder til ukrudtsmonitoring (generelt og for vindaks) både til brug inden for en vækstsæson og til vurdering af udviklingen fra år til år forventes at kunne nedbringe herbicidforbruget, dels gennem et mere realistisk estimat af ukrudtsproble-

mets samlede omfang i en given mark, dels ved at kunne målrette sprøjtningen i de særligt belastede områder i marken.

Metoder til monitorering og varsling af storknoldet knoldbægersvamp skal videreudvikles og betydningen af at inkludere lokale vejrdato undersøges, før det bliver realistisk at anvende monitorering for denne skadegører. Dette forventes også at have en effekt på forbruget af fungicid mod denne skadegører.

Der ligger fortsat en "pædagogisk" udfordring i at øge landmændenes monitoreringsindsats. Et beslutningsstøttesystem, der visualiserer ikke mindst den økonomiske betydning af monitorering gennem mere sikre varsler, forventes at skabe et betydeligt incitament til at gå endnu mere bort fra plansprøjtning.

Referencer

- Adams P.B., Ayers, W.A. 1979. Ecology of *Sclerotinia* species. *Phytopathology* 69, 896-899.
- ADAS and BASF. 2008. The Encyclopaedia of Oilseed Rape Diseases. 128 sider.
- Almquist, C., Wallenhammar, A.-C. 2015. Monitoring of plant and airborne inoculum of *Sclerotinia sclerotiorum* in spring oilseed rape using real-time PCR. *Plant Pathology* 64, 109-118.
- Andreasen, C., Stryhn H. 2008. Increasing weed flora in Danish arable fields and its importance for biodiversity. *Weed Research* 48, 1-9.
- Archer, S.A., Mitchell, S.J., Wheeler, B.E.J. 1992. The effects of rotation and other cultural factors on *Sclerotinia* in oilseed rape, peas and potatoes. *Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference. Pests and Diseases*. 1, 99-108.
- Axelsen, JA, Ruggle, P, Holst, N, Toft, S. 1997. Modelling natural control of cereal aphids. III. Linyphiid spiders and coccinellids. In: Powel, W, Arthropod natural enemies in arable land. III. The individual, the population and the community. *Acta Jutlandica* vol 72, 221 – 231. Aarhus University Press, Denmark ISBN 87 7288 673.
- Axelsen, J., Munk, L., Sigsgaard, L., Ørum, J.E., Streibig, J. C., Navntoft, S., Christensen, T., Branth, A., Elkjær, K., Korsgaard, M., Sørensen, P.B., Bonefeld-Jørgensen, E. 2012. Udredning om monitorings, varslings- og beslutningsstøttesystemer for skadevoldere i planteproduktionen i landbrug, gartneri og frugtavl. - Miljøprojekt nr. 1407/2012, Miljøstyrelsen
- Bewley, J. D., Black, M. 1983. *Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination*.
- Bilde, T., Axelsen, J.A., Toft, S. 2000. The Value of *Collembola* from Agricultural Soils as Food for a Generalist Predator. - *Journal of Applied Ecology* 37, 672-683.
- Bolton, M.D., Thomma, B.P.H.J., Nelson, B.D. 2006. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. *Molecular Plant Pathology* 7, 1-16.
- Bom, M., Boland, G.J. 2000. Evaluation of disease forecasting variables for sclerotinia stem rot (*Sclerotinia sclerotiorum*) of canola. *Canadian Journal of Plant Science* 80, 889-898.
- Chahartaghi, M, Langel ,R, Scheu, S , Ruess, L, 2005. Feeding guilds in Collembola based on nitrogen stable isotope ratios. *Soil Biology and Biochemistry* 37, 1718-1725.
- Christensen, S. 1993. Herbicide dose adjustment and crop weed competition. Brighton Crop Protection Conference-Weeds, 1217-1222.
- Clark J.S. 2007. *Models for ecological data*. Princeton University Press, Princeton.
- Clarkson, J.P., K. Phelps, J.M. Whipps, C.S. Young, J.A. Smith, Watling, M. 2004. Forecasting sclerotinia disease on lettuce: toward developing a prediction model for carpogenic germination of sclerotia. *Phytopathology* 94, 268-279
- Clarkson, J.P., Staveley, J., Phelps, K., Young, C.S., Whipps, J.M. 2003. Ascospore release and survival in *Sclerotinia sclerotiorum*. *Mycological Research* 107, 213-322.
- Cook, G.E., Steadman, J.R., Boosalis, M.G. 1975. Survival of *Whetzelinia sclerotiorum* and initial infection of dry edible beans in Western Nebraska. *Phytopathology* 65, 250-255.
- Damgaard, C. 2013. Hierarchical and spatially aggregated plant cover data. *Ecological Informatics* 18,35-39.

- Danmarks Statistik 2015. Afgrøder i dansk landbrug 2015. Nyt fr Danmarks Statistik 21. juli 2015, Nr. 362.
- Danmarks Statistik 2016. Afgrøder i dansk landbrug 2016. Nyt fr Danmarks Statistik 12. juli 2016, Nr. 313.
- Davies, J.M.L.I., Gladders, P., Young, C., Dyer, C., Hiron, L., Locke, T., Lockley, D., Ottway, C., Smith, J., Thorpe, G., Watling, M. 1999. Petal culturing to forecast sclerotinia stem rot in winter oilseed rape: 1993-1998. *Aspects of Applied Biology* 56, 129-134.
- Dean, G.J. 1974. Effect of temperature on cereal aphids *Metopolophium dirhodum* (Wlk), *Rhopalosiphum padi* (L) and *Macrosiphum avenae* (F) (Hem Aphididae). *Bulletin of Entomological Research* 63, 401-409.
- Deike, S., et al. 2008. Long-term productivity and environmental effects of arable farming as affected by crop rotation, soil tillage intensity and strategy of pesticide use: A case-study of two long-term field experiments in Germany and Denmark. *European Journal of Agronomy* 29(4), 191-199.
- Deneken, G., Eriksen, L.B. 2014. Sortsforsøg, korn, bælgssæd og olieplanter. Videncentret for Landbrug, Aarhus. 61 sider.
- Esbjerg, P., Petersen, B.S. 2002. Effects of reduced pesticide use on flora and fauna in the agricultural fields. *Pesticide Research* 58
- EU 2009. Europa-parlaments og Rådets Direktiv 2009/128/EF af 21. oktober 2009 om en ramme for Fællesskabets indsats for en bæredygtig anvendelse af pesticider. Den Europæiske Unions Tidende L 309/71.
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0071:0086:DA:PDF>
- Feng, M. G., Nowierski, R., Zeng, Z. 1993. Binomial sampling plans for the English grain aphid, *Sitobion avenae* (Homoptera: Aphididae) based on an empirical relationship between mean density and proportion of tillers with different tally thresholds of aphids. *Bulletin of Entomological Research* 83, 187-196.
- Foster, S.P., Paul, V.L., Slater, R., Warren, A., Denholm, I., Field, L.M., Williamson, M.S. 2014. A mutation (L1014F) in the voltage-gated sodium channel of the grain aphid, *Sitobion avenae*, is associated with resistance to pyrethroid insecticides. *Pest Management Science* 70 (8), 1249-1253.
- Ganzelmejer, H., D. Rautmann, R. Spangenberg, M. Streløke, M. Herrmann, H.-J. Wenzelburger, Walter, H.F. 1995. Studies on the drift of plant protection products. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem* 305
- Ge, X.T., Li, Y.P., Wan, Z.J., You, M.P., Finnegan, P.M., Banga S.S., Sandhu, P.S., Garg, H., Salisbury, P.A., Barbeti, M. J. 2012. Delineation of *Sclerotinia sclerotiorum* pathogtypes using differential resistance responses on *Brassica napus* and *B. juncea* genotypes enables identification of resistance to prevailing pathogtypes. *Field Crops Research* 127, 248-258.
- Hansen, L. M. 2003. Kornbladlus i vinterhvede. Danmarks Jordbrugsforskning, Forskningscenter Flakkebjerg.
- Hansen, S., Petersen, C., Møllerup, M., Abrahamsen, P., Gjettermann, B., Habekost, M., Styczen, M., Poulsen, R., Lørup, J.K., Yamagata, K., Butts, M. 2012. Flerdimensional modellering af vandstrømning og stoftransport i de øverste 1-2 meter af jorden i systemer med markdræn. MST rapport 181 sider.
- Hao, J.J., Subbarao, K.V., Duniway, J.M. 2003. Germination of *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum* sclerotia under various soil moisture and temperature combinations. *Phytopathology* 93, 443-450.

- Hein, G. L., Elliot, N.C., Michels Jr, G.J., Kieckhefer, R.W. 1995. A general method for estimating cereal aphid populations in small grain fields based on frequency of occurrence. *The Canadian Entomologist* 127, 59-63.
- Heltoft Jensen P. 2010. Forecasting Sclerotinia stem rot in oilseed rape. MSc thesis, Københavns Universitet, 103 sider.
- Heltoft Jensen, P., Nielsen, G.C., Munk, L. 2011. Forecasting Sclerotinia stem rot in winter rapeseed. *NJF Report* 7 (9), 69-76.
- Hansen, P. K., Christensen, S. 2000. Indeksering af vinterhvedesorters konkurrenceevne over for ukrudt. 17. Danske Planteværnskonference 2000.
- Holst, N, Ruggle, P, 1997. Modelling natural control of cereal aphids. I. The metabolic pool mode., winter wheat, and cereal aphids. In: Powel, W, Arthropod natural enemies in arable land. III. The individual, the population and the community. *Acta Jutlandica* vol 72, 221 – 231. Aarhus University Press, Denmark ISBN 87 7288 673 0.
- Haastrup, M., B., Jensen, J.E., Nielsen, G.C., Pedersen, J.B., Petersen, P.H. 2007. Raps i Oversigt over Landsforsøgene 2007 (ed. J.B. Pedersen). Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Skejby.
- Haastrup, M., Feidenhansl, B., Jensen, J.E., Nielsen, G.C., Petersen, P.H. 2008. Raps i Oversigt over Landsforsøgene 2008 (ed. J.B. Pedersen). Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Skejby.
- Haastrup, M, Heltoft Jensen, P., Jensen, J.E., Nielsen, G.C., Petersen, P.H. 2009. Raps i Oversigt over Landsforsøgene 2009 (ed. J.B. Pedersen). Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Skejby.
- Haastrup, M., Jensen, J.E., Nielsen, B., Nielsen, G.C., Petersen, P.H. 2010. Raps i Oversigt over Landsforsøgene 2010 (ed. J.B. Pedersen). Videncentret for Landbrug, Skejby.
- Haastrup, M., Jensen, J.E., Nielsen, B., Nielsen, G.C., Petersen, P.H. 2011. Raps i Oversigt over Landsforsøgene 2011 (ed. J.B. Pedersen). Videncentret for Landbrug, Skejby.
- Haastrup, M., Jensen, J.E., Nielsen, B., Nielsen, G.C., Petersen, P.H. 2012. Raps i Oversigt over Landsforsøgene 2012 (ed. J.B. Pedersen). Videncentret for Landbrug, Skejby.
- Janes, E.T. 2003. *Probability theory: the logic and science*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jørgensen, L.N., Noe, E., Langvad, A.-M., Rydahl, P., Jensen, J.E., Ørum, J.E., Pinnschmidt, H. Bøjer, O.Q. 2007. Vurdering af Planteværn Onlines økonomiske og miljømæssige effekt. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen, 115, pp. 246.
- Kamal, M.M., Savocchia, S., Lindbeck, K.D. Gavin, Ash, J. 2016. Biology and biocontrol of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib. De Bary) in oilseed Brassicas. *Australasian Plant Pathology* 45, 1-14.
- Kjær C, Sørensen, P. B., Kudsk, P., Jørgensen, L. N., Ørum, J. E. Stjernholm, M., Gyldenkærne, S. 2008. Indikator for pesticiders belastning af naturen. Miljøprojekt, Nr. 1248 2008, Miljøstyrelsen.
- Klueken, A.M., Hau, B., Koepke, I., Poehling, H.-M. 2008. Comparison of techniques to survey populations of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) in winter cereals during autumn and spring with special consideration of sample size. *Journal of Plant Diseases and Protection* 115(6), 279-287.

- Koch, S., Dunker, S., Kleinhenz, B., Röhrig, M., von Tiedemann, A. 2007. A crop loss-related forecasting model for *Sclerotinia* stem rot in winter oilseed rape. *Phytopathology* 97, 1186-1194.
- Kudsk, P., Petersen, P.H., Jensen, J.E. 2010. Impact of weed on yields in winter wheat. I Causes of yield stagnation in winter wheat in Denmark (eds. Petersen, J., Haastrup, M., Knudsen, L., Olesen, J.E), 97-104
- Li, C.X., Liu, S.Y., Sivasithamparam, K., Barbetti, M.J. 2008. New sources of resistance to *Sclerotinia* stem rot caused by *Sclerotinia sclerotiorum* in Chinese and Australian *Brassica napus* and *B. juncea* germplasm screened under Western Australian conditions. *Australasian Plant Pathology* 38, 149-152.
- Lindblad, M., Sigvald, R. 1996. A degree-day model for regional prediction of first occurrence of frit flies in oats in Sweden. *Crop Protection*, 15, 559-565.
- Marcussen, B.M., Axelsen, J.A., Toft, S. 1999. The Value of Two Collembola Species as Food for a Linyphiid Spider. - *Entomologia Experimentalis et Applicata* 92(1), 29-36.
- Mann, J.A., Tatchell, G.M., Dupuch, M.J., Harrington, R., Clark, S.J., McCartney, H.A. 1995. Movement of apterous *Sitobion avenae* (Homoptera: Aphididae) in response to leaf disturbances caused by wind and rain. *Annals of Applied Biology*, 126, 417-427.
- Melander, B. 1993. Population dynamics of *Apera spica-venti* as influenced by cultural methods. In: Brighton Crop Protection Conference – Weeds. Brit. Crop Protection Council, 1993. p. 107.
- Melander, B. 1995. Impact of drilling date on *Apera spica-venti* L. and *Alopecurus myosuroides* Huds, in winter cereals. *Weed Research* 35(3), 157-166.
- Melander, B., Holst, N., Jensen, P.K., Hansen, E.M., Olesen, J.E. 2008. *Apera spica-venti* population dynamics and impact on crop yield as affected by tillage, crop rotation, location and herbicide programmes. *Weed Research* 48, 48-57. Miljøministeriet 2013. Beskyt vand, natur og sundhed – Sprøjtemiddelstrategi 2013-2015.
- Miljøstyrelsen 2012. Bekæmpelsesmiddelstatistikken. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 5, 2012.
- Miljøstyrelsen 2012. Pesticidbelastningen fra jordbruget 2007-2010. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 1 2012.
- Miljøstyrelsen 2014. Bekæmpelsesmiddelstatistik 2013. Behandlingshyppighed og pesticidbelastning, baseret på salgsstatistik og sprøjtejournaldata. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 6, 2014.
- Miljøstyrelsen 2015. Bekæmpelsesmiddel-statistik 2014. Behandlingshyppighed og pesticidbelastning, baseret på salgsstatistik og sprøjtejournaldata. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 13, 2015.
- Miljøstyrelsen, 2012, Pesticidbelastningen fra jordbruget 2007-2010. Orientering fra Miljøstyrelsen, Nr 1., 2012.
- Mirik, M., Michels, G.J., Kassymzhanova Mirik, S., Elliott, N.C., Catana, V. 2006. Spectral Sensing of Aphid (Hemiptera:Aphididae) Density Using Field Spectrometry and Radiometry. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 30, 421-428.
- Nielsen, PS, 1993. Populationsdynamiske undersøgelser af havrebladlusens (*Rhopalosiphum padi* (L.)) forekomst på primærværten (*Prunus padus* L.) om foråret, belyst ved hjælp af modelsimuleringer. PhD-afhandling fra Århus Universitet.

- Nielsen, B. J., Justesen, A.F. 2014. Kan ny PCR-test forudsige angreb? Sammendrag fra Plantekongres 2014, Herning Kongrescenter, side 192-193.
- Nielsen, G.C., Jensen, J.E. 2015. Resultater af analyser af varsling for angreb af knoldbægersvamp ved hjælp af et pointsystem for risikofaktorer. Personlig kommunikation.
- Nordmeyer, H. 2009. Spatial and temporal dynamics of *Apera spica-venti* seedling populations. *Crop Protection* 28, 831-837.
- Pallutt, B. 2000 Unkrautunterdrückung und-bekämpfung durch Fruchtfolgegestaltung, Bodenbearbeitung, Aussaatzeit, Saatmenge und Stickstoffversorgung. Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau-Probleme und Lösungsansätze-Drittes Fachgespräch am 02.11. 1999 in Kleinmachnow- Unkrautregulierung im ökologischen Landbau, 35-46.
- Pearl, J. 2009. Causality. Models reasoning and inferences. Cambridge University Press. Cambridge.
- Pedersen, A. B., Christensen, T., Nielsen, H. Ø., Hasler, B. 2011. Barrierer i landmændenes beslutningsmønstre vedrørende ændret pesticidanvendelse (Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen nr. 134 2011), København, Miljøstyrelsen.
- Pedersen, A.B., Nielsen, H.Ø., Christensen, T., Martinsen, L., Ørum, J.E., 2014, Konsulenters rådgivning om bekæmpelsesmidler - muligheder og barrierer for at reducere forbruget (Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen nr. 157 2014), København, Miljøstyrelsen.
- Pedersen, J.B., Jensen, J.E., Nielsen, B., Nielsen, G.C., Petersen, P.H. 2013. Raps i Oversigt over Landsforsøgene 2013 (ed. J.B. Pedersen, Pedersen C.Å.). Videnscentret for Landbrug, Skejby.
- Pedersen, J.B., Jensen, J.E., Nielsen, B., Nielsen, G.C., Pallesen, B.E. 2014. Raps i Oversigt over Landsforsøgene 2014 (ed. J.B. Pedersen). Videncentret for Landbrug, Skejby.
- Petersen, C.T., Habekost Nielsen, M., Hansen, S., Abrahamsen, P., Koch, C.B. 2013. Undersøgelse af makroporekontinuitet ved markdræn og effekter af direkte forbundne makroporer på jords filterfunktion. MST rapport 136 sider.
- Petersen, J.C.T, Nielsen, M. H., Hansen, S. 2012. Quantification of drain-connected macroporous flow pathways by smoke injection. *Soil Science Society of America. Journal* 76(2), 331-341
- Rappaport, V., Freier, B. 1998. Flexible control thresholds for aphids in winter wheat in dependence on naturally occurring antagonists. Integrated control in cereal crops. Meeting held at Lleida, Spain, 13-14 March, 1997. *Bulletin OILB/SROP* 21 (8), 69-80.
- Rasmussen, J. 199. Ukrudtsharvning i vinterhvede. DJF rapport. *Markbrug* 1998 udg, s. 179-189.
- Rautmann, D., M. Streløke, og R. Winkler. 2001. New basic drift values in the authorisation procedure for plant protection products. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft*.
- Rimmer S.R., Shattock, V.I., Buchwaldt, L., 2007. *Compendium of Brassica Diseases*. APS Press. USA. 117 sider.
- Rydahl, P. 2004. A Danish decision support system for integrated management of weeds. *Aspects of Applied Biology* 74, 43-53.
- SEGES 2013. <https://farmtalonline.dlbr.dk/Navigation/NavigationTree.aspx>
- SEGES 2015. Landbrugsinfo.
www.landbrugsinfo.dk/planteavl/plantevaern/ipm/sider/pl_10_223.aspx

- Sharma P., Meena, P.D., Verma, P.R., Saharan, G.S., Mehta, N., Singh, D., Kumar, A. 2015. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary causing Sclerotinia rot in oilseed Brassicas: A review. *Journal of Oilseed Brassica* 6 (Special Issue), 1-44.
- Sigsgaard, L., Navntoft, S., Esbjerg, P. 2007. Randzoner og andre pesticidfrie beskyttelsesstriber i dyrkede arealer - en udredning. Institut for Økologi, Det Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet. Miljøprojekt Nr. 1172 2007.
- Sigvald, R. 2012. Risk assessment for pests and Diseases of field crops, especially forecasting and warning systems. Chap. 25 in *Sustainable Agriculture* (ed. C. Jakobsson), EHSA (Ecosystem Health and Sustainable Agriculture). Pp. 185-201.
- Stockmarr, A., Østergård, H., Andreasen, V., Munk, L. 2000. En model for sygdomsspredning mellem afgrøder og vilde planter. *Miljøforskning* nr. 43 – Tema: Bioteknologi i Landbruget, 43-47.
- Sun P., Yang, X.B. 2000. Light, Temperature, and Moisture Effects on Apothecium Production of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Disease* 84, 1287-1293
- Sunderland, K. D., Crook, N. E., Stacey, D. L. and Fuller B. J. 1987. A Study of Feeding by Polyphagous Predators on Cereal Aphids Using Elisa and GutDissection. *Journal of Applied Ecology*, Vol. 24, No. 3, 907-933.
- Sunderland, K.D., Fraser, A.M., Dixon, A.F.G. 1986. Field and Laboratory Studies on Money Spiders (Linyphiidae) as Predators of Cereal Aphids. *Journal of Applied Ecology*, 23, 433-447
- Sunderland, K.D., Axelsen, J.A., Dromph, K., Freier, B., Hemptinne, J.-L., Holst, N.H., Mols, P.J.M., Petersen, M.K., Powell, W., Ruggle, P., Triltsch, H., Winder, L. 1998, Pest Control by a Community of Natural Enemies. *Acta Jutlandica* 72(2), 271-326.
- Taylor A., Coventry, E., Jones, J.E., Clarkson, J.P. 2015. Resistance to a highly aggressive isolate of *Sclerotinia sclerotiorum* in a *Brassica napus* diversity set. *Plant Pathology*, 64, 932–940.
- Taylor, R.L., Maxwell, B.D., Boik, R.J. 2006. Indirect effects of herbicides on bird food resources and beneficial arthropods. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 116, 157-164.
- Turkington, T. K., Morrall, R.A.A. 1993. The use of petal infestation to forecast Sclerotinia stem rot of canola: The influence of inoculum variation over the flowering period and canopy density. *Phytopathology* 83, 682-689.
- Twengström, E., Sigvald, R. 1993. Forecasting sclerotinia stem rot using meteorological and field specific data. Workshop on Computer-based DSS on Crop Protection, Parma, Italy.
- Twengström, E., Sigvald, R., Svensson, C., Yuen, J. 1998. Forecasting Sclerotinia stem rot in spring sown oilseed rape. *Crop Protection* 17, 405-411.
- Vejledning i planteværn 2011. (eds. Jensen, J.E., Jensen P.K., Jørgensen L.N., Nielsen, G.C., Nielsen, S.F., Paaske K.) Landbrugsforlaget, Aarhus. 415 s. + 1 rettelsesblad
- Vejledning i planteværn 2013. (eds. Jensen, J.E., Jensen P.K., Jørgensen L.N., Nielsen, G.C., Nielsen, S.F., Paaske K.) Landbrugsforlaget, Aarhus. 464 sider.
- Vejledning i planteværn 2014. (eds. Jensen, J.E., Jensen P.K., Jørgensen L.N., Nielsen, G.C., Nielsen, S.F., Paaske K., Petersen, P.H.) Landbrugsforlaget, Aarhus. 475 sider.
- Vialatte, A., Plantegenest, M., Simon, J.C., Dedryver, C.A. 2007. Farm-scale assessment of movement patterns and colonization dynamics of the grain aphid in arable crops and hedgerows. *Agricultural and Forest Entomology* 9(4), 337-346.

Walter, A.M., 1996. Temporal and spatial stability of weeds. Proceedings Second International Weed Control Congress, Copenhagen, Denmark, vol. 1, pp. 125–30.

Ward, S.A., Rabbinge, R., Mantel, W.P. 1985a. The use of incidence counts for estimation of aphid populations. 1. Minimum sample size for required accuracy. Netherlands Journal of Plant Pathology 91, 93-99.

Ward, S.A., Rabbinge, R., Mantel, W.P. 1985b. The use of incidence counts for estimation of aphid populations. 2. Confidence intervals from fixed sample sizes. Netherlands Journal of Plant Pathology 91, 100-104.

Whipps, J.M., Sreenivasaprasad, S., Muthumeenakshi, S., Rogers, C.W., Challen, M.P. 2008. Use of *Coniothyrium minitans* as a biocontrol agent and some molecular aspects of sclerotial mycoparasitism. European Journal of Plant Pathology 121, 323-330

Wolfram, S. 2013. Mathematica. Wolfram Research, Inc., Champaign, USA.

Young, C., Clarkson, J., West, J., Ahmadi, B., Burnet, F. 2014. Reducing the impact of sclerotinia disease on arable rotations, vegetable crops and land use. HGCA Project Report no. 538. 87 pp.

Young, C., Werner, P., West, J. 2007. Understanding Sclerotinia infection in oilseed rape to improve risk assessment and disease escape. HGCA Project Report No. 420. 51 sider.

Ørum, J.E., Boesen, M.V., Jørgensen, N.J., Kudsk, P. 2008. Opdateret analyse af reduceret pesticidanvendelse i dansk landbrug - en beskrivelse af udviklingen fra 2003 – 2008. Fødevarerøkonomisk Institut, Rapport nr. 197.

<https://www.landbrugsinfo.dk/planteavl/plantevaern/ipm/sider/startside.aspx> 21.9.2015

<http://cereals.ahdb.org.uk/monitoring/sclerotinia/sclerotinia-risk-report.aspx> pr. 29.09.2015

<http://cereals.ahdb.org.uk/hgca/afd/test.html> pr. 29.9.2015

<http://www.vips-landbruk.no/> 1.10.2015).

<http://www.ffe.slu.se/PV/svensk/aktuellt/aktuellt.html> 21.10.2015

<http://www.cropmonitor.co.uk/index.cfm> 19.04.2013

<http://planteapp.dbr.dk/system/applikationer/cropprotection/advanced/Assessment/PrvUdtag.html> 3.11.2015

<http://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Plantevaern/Varslingregistreringsnet> 3.11.2015

<http://www.vips-landbruk.no> 3.11.2015

Bilag 1. Interviewguide – MVB projektet

Projektet: Udvikling af beslutningsstøttesystem, som udregner sandsynligheden for skade på en afgrøde baseret på klimadata m.v. og en monitoring af skadevolderen fra landmandens side. Samtidig en økonomisk beregning af omkostninger og indtjening ved behandling. Konkret vindaks (antal pr. m²), lus (hvor mange gange fordobling kan tolereres), knoldbægersvamp (antal prøver taget, antal prøver med svamp) i testmodellen.

- Baggrundsviden om bedrift. Størrelse, type, afgrøder p.t. Hvis stald – hvordan er tiden fordelt mellem stald og mark? Er du fuldtid på bedriften?
- Sprøjter du selv, eller er det maskinstation/anden?
- Lægger du sprøjteplan inden sæson – i hvor høj grad følges den?
- Bruger du beslutningsstøttesystemer som fx Planteværn Online?
- Hvordan foregår monitoring af skadevoldere på bedriften i dag? Konsulent/landmand.
- Hvordan foregår det helt praktisk?
- Hvad påvirker omfanget af din monitoringsindsats?
- Hvis du fik et varslingsystem i forh. til skadevoldere, som kunne give en mere sikker varsling under forudsætning af en vis monitoring, ville det så have en betydning for din monitoring?
- Hvilke skadevoldere er det vigtigst at få en sikker varsling på?
- Er der forskel på, i hvor stort omfang der monitoreres på ukrudt, insekter, svampe?
- Konkret:
 - Vindaks
 - Knoldbægersvamp. Vil du øge antal af prøver, hvis det giver mere sikker varsling?
 - Lus

Bilag 2. Skadevolderbekæmpelse i de tre afgrødeskadevolder cases

Bekæmpelse af bladlus i korn

Kemisk bekæmpelse

Ifølge landbrugets rådgivningstjeneste bør man ved bekæmpelse af bladlus anvende de specifikke bladlusmidler, fordi de skåner nyttedyrene. Bladlus bør ikke bekæmpes forebyggende, idet der herved er risiko for fornyet opformering. Ved sprøjtning med pyrethroider skal der sprøjtes uden for biernes flyvetid (kl. 21.00 - 03.00 dansk normaltid). Ved valg af sprøjteteknik skal der tages hensyn til bladlusenes placering. I byg er det nødvendigt med langsom kørsel og stor vandmængde, da bladlusene er placeret i bunden af afgrøden. I hvede er bladlusene lette at bekæmpe, da de sidder i aksene. Meget kraftige angreb kan være svære at bekæmpe med pyrethroider. Desuden tyder engelske observationer på, at bladlusene kan blive resistente over for pyrethroider ([Foster et al. 2014](#)).

For 2013 gælder følgende (økonomiske) bekæmpelsestærskler for bladlus i korn (PlanteværnOnline):

- Vinterhvede og vårsæd frem til og med vækststadium 73: 40 procent angrebne strå, såfremt der ikke er behov for svampebekæmpelse.
- Vinterhvede og vårsæd frem til og med vækststadium 73: 25 procent angrebne strå, såfremt der samtidig er behov for svampebekæmpelse.
- Vinterhvede og vårsæd vækststadium 74-75: 100 procent angrebne strå.

De tilladte midler til bekæmpelse af bladlus i korn fremgår af Tabel 1.

Tabel 1. Pesticider godkendt til bekæmpelse af bladlus i korn 2013 (Kilde: Vejledning i planteværn 2013).

Middel	Aktivstof
Bulldock 025 SC (kun hvede, rug og triticale)	β -cyfluthrin
Cyperb 100	cypermethrin
Cyperb 100 W	cypermethrin
Fastac 50	α -cypermethrin
Karate 2,5 WG	λ -cyhalothrin
Mavrik	τ -fluvalinat
Nexide CS	γ -cyhalothrin

Pirimor	pirimicarb
Tepeki (kun hvede)	flonicamid

[Videncentret for Landbrug](#) (nu: SEGES) anbefaler generelt reducerede doser af insekticider til bekæmpelse af lus i korn (Tabel 2). De årlige svingninger i forekomsten er betydelige, hvilket bl.a. opfanges af konsulenternes registreringsnet. I visse år er bekæmpelsesbehovet lille, mens der i andre år kan være behov for gentagne behandlinger (Ørum et al. 2008).

Tabel 2. Videncentret for Landbrugs anbefalinger til kemisk bekæmpelse af bladlus i korn 2013 (kilde: Dansk Landbrugsrådgivning, Videncentret for Landbrug 27. august 2013. Data leveret af Middeldatabasen).

Skadegørere	Tidspunkt	Løsning	Dosis pr. ha.	BI	Pris	Bemærkninger
Bladlus	Ved angreb over vejledende skadetærskel	Fastac 50	0,125	0,50	80	Normaldosis efter revurdering er 0,15 l/ha. Må maksimalt anvendes to gange pr. vækstsæson.
Bladlus	Ved angreb over vejledende skadetærskel	Karate 2,5 WG	0,1	0,33	46	Halv dosis er angivet. Må maksimalt anvendes tre gange pr. vækstsæson.
Bladlus	Ved angreb over vejledende skadetærskel	Cyperb 100	0,125	0,50	211	Halv dosis er angivet. Må maksimalt anvendes en gang pr. vækstsæson.
Bladlus	Ved angreb over vejledende skadetærskel	Cyperb 100 W	0,125	0,50	209	Halv dosis er angivet. Må maksimalt anvendes en gang pr. vækstsæson.
Bladlus	Ved angreb over vejledende skadetærskel	Cythrin 500	0,025	0,50	201	Halv dosis er angivet. Må maksimalt anvendes en gang pr. vækstsæson.
Bladlus	Ved angreb over vejledende skadetærskel	Nexide CS	0,025	0,50	164	Halv dosis er angivet. Må maksimalt anvendes tre gange pr. vækstsæson.
Bladlus	Ved angreb over vejledende skadetærskel	Mavrik 2F	0,05 - 0,1	0,25- 0,50	31- 62	Kvart til halv dosis er angivet. Må i korn maks. anvendes med 0,2 l/ha ved én sprøjtning og ved to sprøjtninger med maks. 0,15 l/ha.
Bladlus	Ved angreb over vejledende skadetærskel	Pirimor G	0,05 - 0,125	0,20- 0,50	40- 101	Kvart til halv dosis er angivet. Må maksimalt anvendes en gang pr. vækstsæson.

Behandlingshyppigheden i vintersæd var i 2011 0,28, i vårsæd 0,47. Det skal dog bemærkes, at insekticidforbruget generelt var lavt i 2011, idet den samlede behandlingshyppighed for insekticider faldt fra 2010 til 2011 (Miljøstyrelsen 2012).

Alternative bekæmpelsesmetoder

Dyrkningstekniske tiltag

Flere forhold har indflydelse på opformeringen af bladlus i korn og dermed på behovet for bekæmpelse. Sene kornsorter er mere udsatte for angreb end tidlige sorter. Høje kvælstofniveauer fremmer bladlusene. Svampebekæmpelse i kornet er gunstig for bladlusene, idet plantematerialet herved holder sig længere friskt og grønt (www.landbrugsinfo.dk). Ændring i dyrkningspraksis, der tager højde for disse sammenhænge, vil kunne have en effekt på behovet for insekticidbehandling.

Naturlige fjender

Bladlus er byttedyr for såvel specialiserede rovdyr som mariehøns, guldøjer og snyltehvepse som generalister som løbebiller og edderkopper. Mens de specialiserede rovdyr først kan opnå en stor population, når der er mange bladlus i marken, vil generalisterne kunne opformeres tidligere, hvis der er alternative byttedyr til stede i marken. Det betyder, at generalisterne kan reducere bladlusenes vækstrate kort efter indflyvning, og de senere ankomende specialister kan holde dem under den økonomiske skadetærskel (Sunderland et al. 1998). Sagt med andre ord kan generalisterne ofte forebygge, at bladlusene bliver et problem, mens specialisterne evt. kan bekæmpe lusene. Dermed bliver effekten af generalisterne ofte mere sikker. Dog forudsætter dette, at der er alternative byttedyr nok tidligt på sæsonen. En vigtig dyregruppe til at sikre dette er de overfladelevende springhaler (Marcussen et al. 1999, Bilde et al. 2000), som lever af dødt organisk materiale og de dertil knyttede bakterier og svampehyfer (Chahartaghi et al. 2005). Dyrkningssystemer, der giver et højt indhold af organisk stof i jorden, tilgodeser således springhaler. For edderkopper er det desuden væsentligt, at den fysiske struktur i marken gør det muligt at bygge spind, hvilket bl.a. vil afhænge af jordbearbejdningen.

Nielsen et al. (2001) konkluderer ud fra modelleringer af egne eksperimenter og data fra litteraturen, at insektpatogene svampe af ordenen Entomophthorales har et højt potentiale som en del af en fremtidig, biologisk bekæmpelse af bladlus i korn og andre afgrøder. Strategien kan både være at udvikle svampene som biopesticider til direkte bekæmpelse eller at understøtte de naturligt forekommende epidemier. Især *Pandora neoaphidis* har potentiale som biopesticid, og en videreudvikling vil kræve forbedrede *in vitro* produktions- og formuleringsmetoder samt dokumentation af, at svampen virker efter udbringning på friland. Mht. potentialet for en strategi med understøttelse af naturlige epidemier er betydningen af især alternative bladlusværter, bladlusenes vinterværter og jordbunden klarlagt for forskellige arter af svampe. Der kræves dog også her supplerende undersøgelser, før en samlet strategi med inddragelse af fx landskabelige elementer til støtte for naturlig bekæmpelse af bladlus i korn kan udarbejdes.

Ifølge Sigsgaard et al. (2007) er effekten af randzoner og andre pesticidfrie beskyttelsesstriber (som formodes at være til gavn for lusenes naturlige fjender) i dyrkede arealer på behovet for kemisk bekæmpelse af bladlus og andre skadedyr ikke tilstrækkeligt undersøgt, men kan ikke udelukkes.

Bekæmpelse af storknoldet knoldbægersvamp

Kemisk bekæmpelse

Der er en række fungicider, der effektivt bekæmper storknoldet knoldbægersvamp i raps, forudsat at sprøjtningen foretages, når rapsen er i fuld blomstring (vækststadium 65). I Hastrup et al. (2012) beskrives det således: "bedste tidspunkt for bekæmpelse er ved fuld blomstring ved begyndende fald af de gule kronblade. Dette tidspunkt er ca. otte til ti dage efter begyndende blomstring, hvor 50-60 procent af blomsterne på hovedskuddet er åbne".

Begyndende blomstring for de fleste vinterrapssorter vedkommende var i 2014 mellem 16. og 22. april (Deneken og Eriksen 2014). I tabel 3 er vist kemiske midler godkendt til brug i raps mod storknoldet knoldbægersvamp (Vejledning i Planteværn 2013).

Tabel 3. Kemiske midler godkendt til bekæmpelse af storknoldet knoldbægersvamp i raps (Vejledning i Planteværn, 2013).

Middel	Aktivstof
Amistar	Azoxystrobin
Cantus	Boscalid
Efilor	Boscalid+Metconazol
Folicur EC250 og EC250+	Tebuconazol
Juventus	Metconazol
Mirador	Azoxystrobin
Orius 200W og 200W+	Tebuconazol
Prosaro	Prothioconazol+ Tebuconazol

Behandlingshyppigheden for fungicider i raps (vinter- plus vårraps) var i 2014 0,0,54 svarende til ca. 1 % af den samlede pesticidbelastning (Miljøstyrelsen 2015). Årene før varierede behandlingshyppigheden mellem 0,11 (2007) og 0,77 (2013). Sammenlignes behovet for behandling målt som procent angrebne planter i juli og behandlingshyppigheden, er der ingen sammenhæng. Derfor er det muligt at reducere belastningen i år med små og sporadiske angreb, hvilket hviler på et godt varslingsystem.

Da der ved blomstring endnu ikke er synlige symptomer efter angreb af svampen, er et pålideligt varslingsystem særdeles vigtigt.

Andre forebyggelses- og bekæmpelsesmetoder

Resistens

Anvendelse af sorter med høj grad af resistens mod storknoldet knoldbægersvamp er den mest økonomiske og bæredygtige metode til forebyggelse af angreb og dermed udbyttetab som følge af angreb. I raps er der fundet grader af modtagelighed overfor svampen, men der er endnu ikke sorter på markedet med fuldstændig resistens. Som Ge et al. (2012) skriver, er der globalt set et stort behov for mere effektiv resistens, men på grund af svampens brede værtspektrum har succesen med resistensforædling været begrænset. Australiske forskere har i de senere år fundet genotyper med et højt resistensniveau (Li et al. 2008), men ingen genotyper med fuldstændig resistens. Graden af resistens målt på længdeudbredelsen af stængellæsioner. I Canada er der udviklet rapslinjer med nedsat kronbladsproduktion ud fra den tankegang, at hvis svampen mangler næringskilder, vil der ske færre infektioner (Rimmer et al. 2007). I Danmark er der så vidt vides ingen resistensforædling i raps.

Biologisk bekæmpelse

Det eneste mikrobiologiske middel på markedet er Contans, der indarbejdes i jorden i en dybde af 3-5 cm før såning af rapsen (Vejledning i Planteværn 2013). Organismen er *Coniothyrium minitans*, der er en mycoparasit, der virker ved at nedbryde sklerotierne ved plasmolyse. Dermed reduceres apotheciedannelse og sporespredning. Globalt foregår en del forskning med *Coniothyrium minitans*, *Trichoderma spp.* og andre hyperparasitter på sklerotier, så flere produkter kan forventes. Der er dog adskillige problemer, der skal løses, før mikrobiologiske midler får større udbredelse (Kamal et al. 2016). Effekten generelt er for ringe og svingende, så der kan være problemer med masseproduktion af midlet, og endelig kan udbringningen til marken være problematisk. Whipps et al. (2008) peger på, at en række studier har adresseret organismens økologi i jorden og 'mode of action' med henblik på at kunne forbedre effekten og

reproducerbarhed. Der er dog lang vej endnu, før dette mikrobiologiske middel eller andre tilsvarende får en større udbredelse.

Kulturtekniske foranstaltninger

Sædskifte

Den væsentligste foranstaltning er et sædskifte med 5-6 år mellem modtagelige afgrøder som for eksempel ærter, gulerødder, sennep etc., der kan opformere svampen (Twengström et al. 1998, Gladders et al. 2008). Også vilde planter kan opformere svampen, men det anses for et mindre problem. Interessant er også, at forskellige afgrøder ikke nødvendigvis opformerer svampen med samme hastighed (Archer et al. 1992). Raps producerer 4,5 sklerotier pr. plante, mens tilsvarende tal for ært er 6,3 sklerotier. Gode, sanerende afgrøder, der medfører en reduktion af sklerotier, er vinterhvede og andre vintersædsafgrøder.

Udsæd

Der skal anvendes sunde frø, hvilket vil sige frøpartier uden tilstedeværelse af svampens sklerotier. Hvis der er sklerotier til stede, vil de blive 'udsået' sammen med rapsfrøene og vil efter en vernalisering spire fra det tidlige forår (Clarkson et al. 2004). Moderat udsædsmængde og passende rækkeafstand vil hindre et fugtigt mikroklima, der fremmer infektion. Viden-centret for Landbrug (se www.dansk-ipm.dk, 28.8.2013) anbefaler et plantetal på 40-50 planter/m² og et lidt lavere antal ved såning af hybridsorter og ved rækkesåning.

Pløjning

Sklerotier kan fjernes fra jordoverfladen ved pløjning. Kun sklerotier, der ligger på jorden eller i de øverste cm jord, kan spire (Bolton et al. 2006). Pløjes de ned i anaerobe dybder, spirer de ikke, men vil i løbet af nogle år blive nedbrudt af mikroorganismer. Jo højere temperatur og fugtighed, jo hurtigere sker nedbrydningen - se Tabel 4 (Cook et al. 1985). Hvis sklerotierne pløjes op fx året efter nedpløjningen, kan de sandsynligvis spire igen.

Tabel 4. Temperaturen og jordfugtighedens indflydelse på sklerotiernes overlevelse i jord (Cook et al 1975).

Inkubationstid (mdr)	Dybde i jord (cm)	8,4 % 5°C	vand* 27°C	17,7 % 5°C	vand 27°C	36,4 % 5°C	vand 27°C
1	0	0	0	1	59	11	28
1	5	0	5	2	42	7	51
2	0	7	5	7	65	16	25
2	5	1	5	2	76	17	83
4	0	4	5	5	59	7	42
4	5	6	2	6	68	15	73

*= gram vand pr. 100 gram ovntørret jord.

N-gødskning

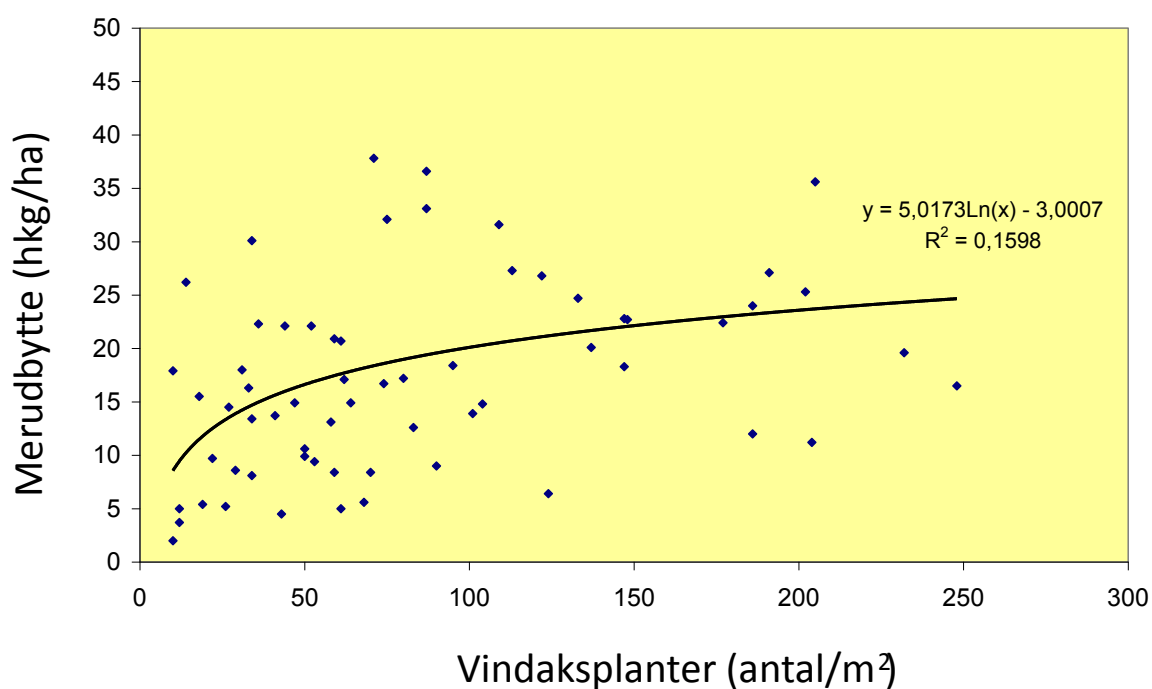
Ofte anbefales moderat brug af kvælstof, idet det hindrer tæt plantevækst og reducerer fugtigt mikroklima (Rimmer et al. 2007). Koch et al. (2007), der belyste en række faktoreres indflydelse på angreb, fandt dog ingen signifikante forskelle i procent angrebne planter ved at sammenligne angreb i marker med lavt (>175 kg/ha), moderat (175-220 kr./ha) og højt N-niveau (>200

kg/ha). Der indgik 15, 19 og 11 marker med hhv. lavt, moderat og højt N-niveau. Analysen medførte, at Koch et al. (2007) ikke inddrog kvælstof i den tyske varslingsmodel Skleropro.

Bekæmpelse af vindaks

Kemisk bekæmpelse

Langt hovedparten af de konventionelle sædskiftemarker behandles med herbicider hvert år. Græsukrudt inklusiv vindaks er blandt de mest tabsvoldende ukrudtsarter i vintersæd, og i marker med forekomst af vindaks anbefales kemisk bekæmpelse selv ved lave tætheder for at undgå opformering. I Fig. 1 er vist sammenhængen imellem vindakstætheder i vinterhvede og merudbytte i forsøg udført ved Videncentret for Landbrug i perioden 1998 til 2007 (Kudsk et al. 2010). På trods af at sammenhængen imellem tæthed og merudbytte ikke er entydig, viser figuren, at selv små vindaksbestande kan forårsage store udbyttetab. Modsat ager-rævehale, som har større frø, kan vindaks i løbet af få år sprede sig til store dele af en mark, hvilket er en anden årsag til, at selv små bestande anbefales bekæmpet (AU, upublicerede data).



Figur 1. Sammenhæng imellem antal vindaksplanter i de ubehandlede forsøgsled og merudbytte i vinterhvede efter behandling med den anbefalede herbiciddosering. Resultater fra forsøg udført ved Videncentret for Landbrug i perioden 1997 til 2010 (Kudsk et al. 2010).

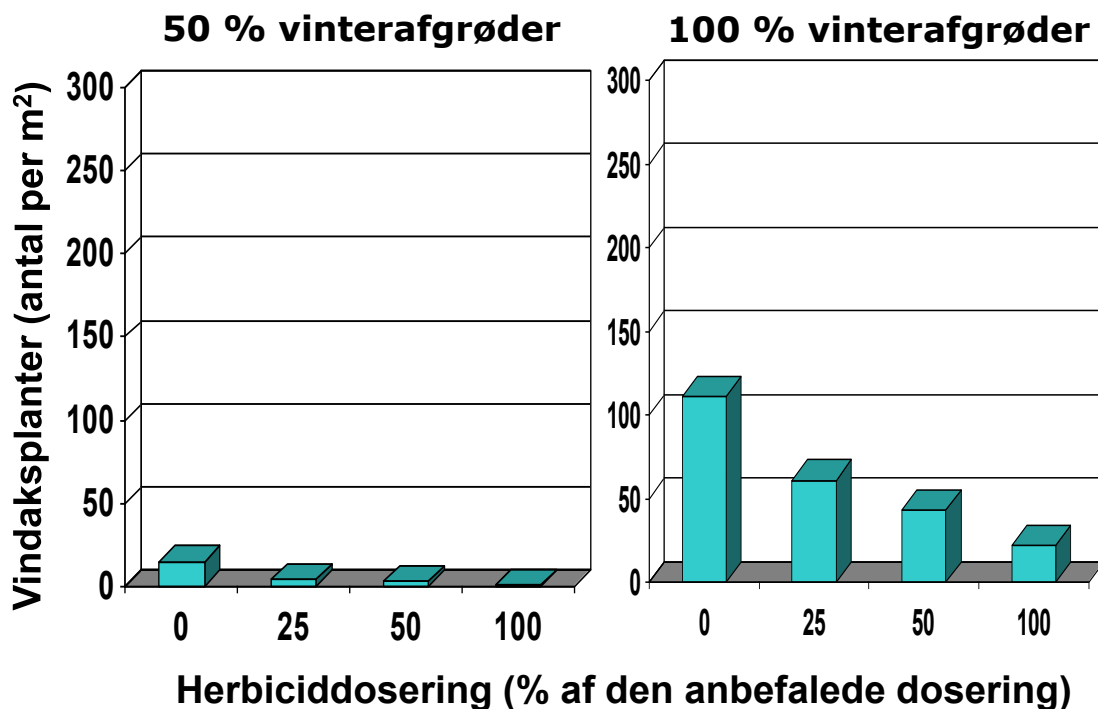
Alternative bekæmpelsesmetoder

Forebyggende metoder

Der er udført en række forsøg, hvor effekten på vindaks af forebyggende og kulturtekniske tiltag er undersøgt. Forekomsten af vindaks påvirkes af sædskiftet, såtidspunkt, udsæds- mængde og sortsvalg.

Sædskifte

Da vindaks altovervejende er en vinterannuel art, er forekomsten af arten stærkt korreleret med andelen af vinterannuelle afgrøder og især vintersæd i sædskiftet, som illustreret i Fig. 2. Tilsvarende resultater er observeret i danske forsøg (Melander et al. 2008).



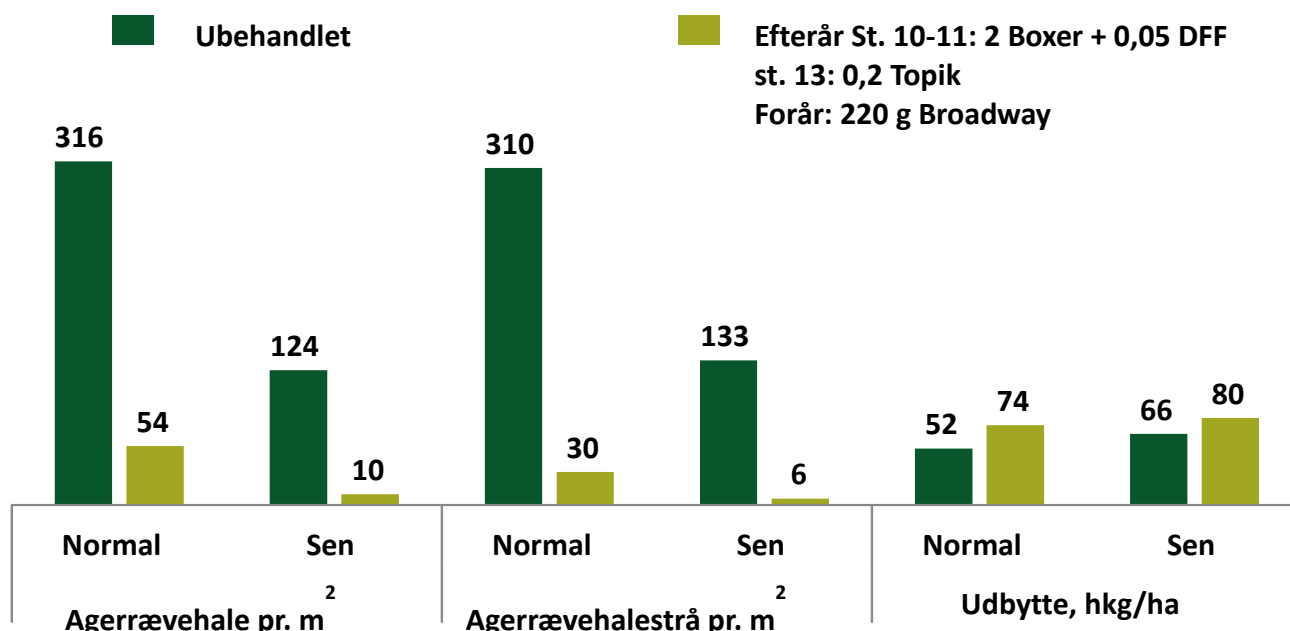
Figur 2. Vindaksbestand i sædskifter med henholdsvis 50 og 100 % vinterafgrøder i sædskiftet og anvendelse af forskellige herbicidindsatser. Markerne er pløjet hvert år (Pallutt 1999).

I et alsidigt sædskifte bestående af både vinter- og vårafgrøder vil vindaks ikke blive et dominerende ukrudtsproblem. På de bedre jorde er dækningsbidraget for vinterhvede betydeligt højere end for vårafgrøder, hvilket er den primære årsag til den høje andel af vinterafgrøder. På de lettere jorde, hvor vinterhvedeudbyttet ofte er lavere end på de mere lerrige jorde, har senere års forsøg ved Videncentret for Landbrug (nu: SEGES) vist, at vinterrug og triticales kan være en alternativ afgrøde. Vinterrugs og triticales konkurrenceevne over for ukrudt inklusiv vindaks er betydelig bedre end vinterhvedes på grund af en hurtigere vækst i det tidlige forår og større højde (Christensen 1994, Melander 1995).

Såtidspunkt

Sen såning af vintersæd har i både danske og tyske forsøg vist at kunne reducere antallet af græsukrudsplanter (Christensen 1993, Melander 1993, 1995, Pallutt 2000). I Fig. 3 er vist resultaterne fra et forsøg ved SEGES med tidlig og sen såning i marker med stor forekomst af ager-rævehale. Sen såning har reduceret fremspiringen af ager-rævehale markant, og i den pågældende forsøgsserie er der høstet et større udbytte ved sen såning som følge af både en lavere tæthed og en bedre effekt af de anvendte herbicider. Ved mindre græsukrudsbestande kan udbyttegevinsten ved at reducere bestanden ikke altid opveje det udbyttetab, som ofte er forbundet med sen såning, men alligevel kan sen såning være et vigtigt kulturteknisk tiltag for at mindske opformeringen af græsukrudt. Vinterhvede er mere følsom for såtidspunktet end

vinterrug. Udsættelse af såtidspunktet øger også risikoen for, at dårligt vejr vil forhindre såning af vintersæd.



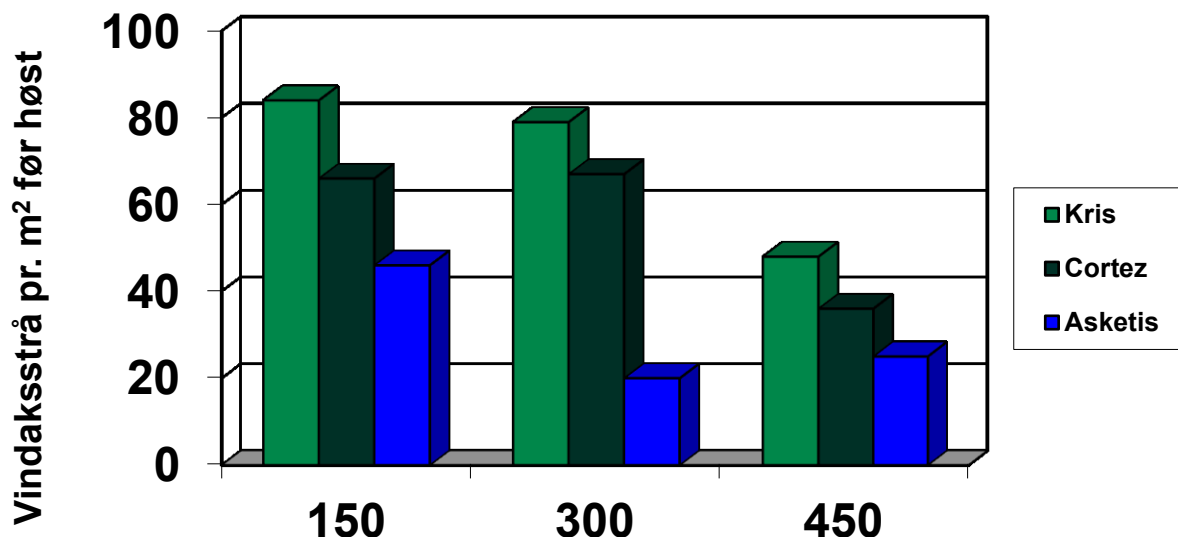
Figur 3. Effekt på ager-rævehale ved tidlig og sen såning (ca. 14 dage efter tidlig såning) af vinterhvede. Gennemsnit af 6 landsforsøg udført i perioden 2011-13.

Udsættes såningen vil en del af græsfrøene spire før såning, og disse planter vil blive bekæmpet i forbindelse med såbedstilberedningen. De fleste ukrudtsarter har højere temperaturkrav til spiring end vinterhvede, og effekten af sen såning skyldes derfor også en større forskel i fremspiringshastigheden mellem afgrøde og ukrudt end ved tidlig såning (Bewley and Black 1983). Kombineres sen såning med falsk såbed, dvs. hvis der har været i perioden op til såning for at fremprovokere fremspiringen, forøges effekten af sen såning (Melander et al. 2008)

Udsædsmængde og sortsvalg

En forøgelse af udsædsmængden øger afgrødens konkurrenceevne (Christensen 1993, Blackshaw et al. 2005). I det konventionelle jordbrug anvendes udsædsmængde sjældent som en ukrudtsregulerende metode, da kontrolleret udsæd er dyrt, og da behovet for vækstregulering stiger med udsædsmængden. Med de reducerede kvælstofkvoter er sidstnævnte i dag et mindre problem end tidligere (se også Fig. 4).

Sorterne varierer i deres evne til at konkurrere med ukrudt. Tidlighed, højde og bladareal er de faktorer, der har størst betydning for en afgrødes konkurrenceevne (Hansen and Christensen 2000), og disse 3 parametre kan samles i et indeks, som kan bruges til at rangere sorterens konkurrenceevne. Da dyrkningen af vinterhvedesorter med lang strålængde er stort set ophørt på grund af disse sorters behov for vækstregulering, er der i dag ikke så store forskelle i sorterens konkurrenceevne. I Fig. 4 er vist resultaterne af en forsøgsserie ved SEGES, hvor effekten af sortsvalg og udsædsmængde på fremspiringen af vindaks er undersøgt. Forekomsten af vindaksstrå ved høst var mindre ved dyrkning af Asketis end med de to andre sorter ved alle 3 udsædsmængder. Merudbyttet for ukrudtsbekæmpelse var imidlertid ikke signifikant forskellig for de 3 sorter.



Figur 4. Vinterhvedesorters konkurrenceevne over for vindaks. Gennemsnit af 6 landsforsøg udført i perioden 2001-03.

Direkte ikke-kemiske metoder

Der er udført meget få forsøg med ikke-kemisk bekæmpelse af vindaks og andre ukrudtsgræsser i vintersæd. Erfaringer med ukrudtsharvning i vintersæd under danske forhold er ikke positive. Harvning i efteråret kan skade vinterhveden med udbyttenedgang til følge (Rasmussen 1998). Derimod tåler vintersæd bedre harvning i foråret, og der kan opnås effekter i størrelsesordenen 70 % på mange tokimbladede ukrudtsarter. Der er ingen erfaringer med bekæmpelse af græsukrudt, men det må formodes, at hverken efterårs- eller forårsharvning vil have nogen nævneværdig effekt på græsukrudt.

Radrensning i vintersæd sået med større rækkeafstand end de 12 cm, som er standard, er en mere lovende metode over for græsukrudt end ukrudtsharvning, men der er p.t. ingen erfaringer med græsukrudt. Modsat ukrudtsharvning kræver radrensning en meget præcis styring af redskabet, men på det område er udviklingen gået stærkt i de senere år.

Bilag 3. Notat vedrørende vurdering af udvaskningsrisiko af pesticider

I beslutningssystemet bruges en simple indikator for grundvandsrisiko baseret på stoffers fysisk-kemiske egenskaber. Dette er dog en meget forsimplet tilgang, men en mere kompleks model ligger uden for dette projekts rammer. En mere præcis tilgang i kommende projekter bør ikke beskrive de fysisk-kemiske egenskaber ved stoffet bedre, men nærmere beskrive nedbør og fysiske forhold i jorden på marken, hvilket begrundes i det følgende.

I varslingsystem for udvaskning af pesticider (VAP)¹ undersøges risikoen for udvaskning til grundvand af pesticider, der er anvendt efter anvisninger på etiketten. De generelle erfaringer er, at risikoen for udvaskning til grundvandet i koncentrationer, der på årsbasis overstiger 0,1 µg/L, er meget lille for godkendte pesticider. Pesticider med høj udvaskningsrisiko underlægges nemlig begrænsninger, eller de udfases helt. En del stoffer er dog fundet udvasket til dræn i koncentrationer over grænseværdien (0,1 µg/L).

Sidstnævnte kan skyldes specielle transportveje (Petersen et al. 2012). De specielle transportveje skyldes store bioporer (typisk regnormegange), der forbinder jordoverfladen med dybere jordlag og dræn. De jordtyper (JB3-JB7), hvor store bioporer er stabile, er under danske forhold typisk dræned. Regnormegange når typisk ikke dybere end 2,5 m ned i jorden. Som oftest ender de i mindre dybde. Langt det meste af tiden er disse transportveje inaktive, men når de aktiveres, er de i stand til at transportere selv stærkt sorberende pesticider til dybere jordlag og dræn, dvs. ud af den bioaktive zone, hvor nedbrydning finder sted. Aktivisering af disse transportveje afhænger af nedbørens (intensitet og volumen) og af fugtighedsforholdene i jorden. I forhold til jorde med god naturlig afdræning har jorde, der kræver kunstig dræning, en højere tilbøjelighed til aktivisering af bioporestrømning pga. den generelt højere jordfugtighed.

I MST-projektet "Dybe bioporers arealmæssige forekomst og betydning for pesticidudvaskningen mellem jordoverfladen og kemisk reduceret grundvandszone i moræneler" undersøges det, om regnormegangene kan have direkte forbindelse med dybe bioporer (formentlig gamle rodgange fra trævækst). Projektet, der er under afrapportering, har vist, at sådanne forbindelser eksisterer, og at de dybe bioporer først slutter i den reducerede zone i en dybde mellem 4-5 m. Hvis de dybe bioporer ender i et sandlag, kan der opstå en direkte forbindelse mellem overfladen og et grundvandsmagasin. Store bioporer med direkte forbindelse til dybe jordlag udgør følgende en potentiel pesticidforureningsrisiko.

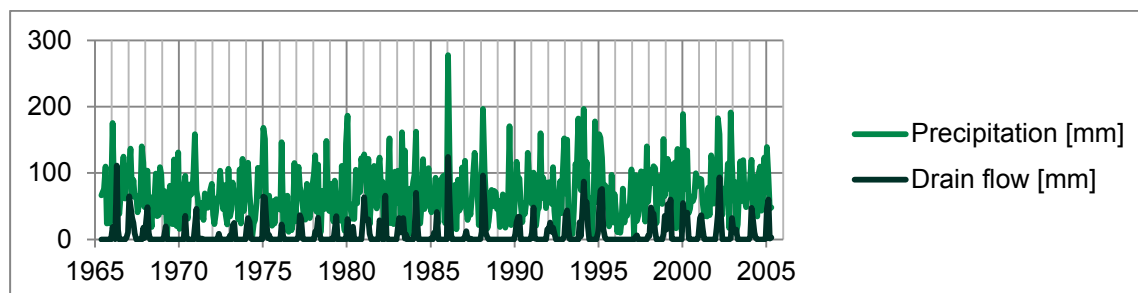
Jord-plante-atmosfære system modellen Daisy (Hansen et al. 2012) er udviklet til at kunne regne på ovennævnte system. Datakrav til at anvende modellen er imidlertid betydelige. Til disse beregninger kræves vejrdata (specielt nedbørsdata) med høj opløsning (ikke grovere end timeværdier). Der kræves en jordopsætning af modellen med detaljeret information om jordhorisonter og specielle jordlag (fx overfladelaget eller kompakte lag ved pløjesålen) med tilhørende hydrauliske egenskaber osv. Det vurderes, at datakrav overstiger, hvad der er hensigtsmæssigt i et beslutningsstøttesystem. Daisy er derfor anvendt til at gennemregne en række scenarier, hvis resultater er anvendt til at vurdere udvaskningsrisikoen. Det antages, at en given situation giver anledning til udvaskningsrisiko, hvis situationen giver anledning til aktivisering af bioporestrømning.

Model opsætning

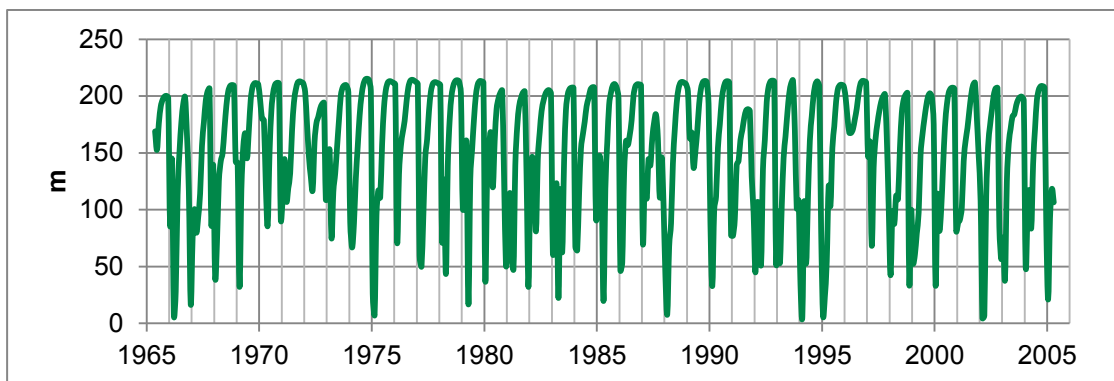
Jordopsætningen, der inkluderer jordens hydrauliske egenskaber og beskrivelse af biopore-domænet, er taget fra MST-projektet "Jordbearbejdningens indflydelse på pesticidudvaskning til markdræn". Vejrdata er taget fra instituttets klimastation i Taastrup og består af døgnværdier fra perioden 01-04-1964 til 01-04-2005. For at mindske indflydelsen af de valgte initialbetingelser er det første beregningsår anvendt som et opvarmningsår, dvs. scenarierne omfatter en periode på 40 år. Døgnværdier af vejrdata anses for tilstrækkelige til beskrivelse af fugtighedsforholdene i jorden, men utilstrækkelige til at beskrive nedbøren. Udover kendskab til nedbør og fordampning kræver en beskrivelse af jordens fugtighedsforhold kendskab til dræningsforholdene. Tre scenarier med rødræning er anvendt. I scenarierne er dræningen styret af en aquitard, der er beliggende under den nederste jordhorisont. Den årlige vandbalance for de 3 dræningsscenarier er givet i Tabel 1. Scenarie A er det mest fugtige scenarie, mens scenarie C er det tørreste. Desuden er tilføjet et scenarie med fri afdræning, scenarie D. Fig. 1 viser månedsværdier af nedbør og drænaftstrømning for afdræningsscenario B. Der er en betydelig variation hen over simuleringsperioden. Fig. 2 viser den tilsvarende variation i grundvandets position. Igen ses en betydelig variation. Det bemærkes, at der både forekommer meget tørre (fx 1988-89 og 1995-96) og meget våde vintre (fx 1993-94 og 2001-02), hvor grundvandet næsten når op i terrænniveau. Om sommeren falder grundvandsstanden typisk til ca. 2 m dybde. I alle scenarier er anvendt en vegetation med lang vækstperiode (vinterhvede).

Tabel 1. Hovedelementer i vandbalancen for afdræningsscenario A, B, C og D.

	A		B		C		D	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
Nedbør (P)	846	100	846	100	846	100	846	100
Fordampning (E)	515	61	513	61	512	61	510	60
Dræn afstrømning (D)	145	17	102	12	75	9		
Perkolatation (P)	187	22	230	27	259	31	335	40
D/(P-E)		44		31		22		



Figur 1. Nedbør og drænaftstrømning for afdræningsscenario B.



Figur 2. Variation i dybden til grundvand for afdræningsscenario B.

Risikoen for aktivering af de store bioporer er undersøgt kalendermåned for kalendermåned. Den naturlige nedbør i den betragtede kalendermåned sættes til 0, i stedet simuleres nedbøren ved vandinger, så både volumen og intensitet er kendt. Følgelig kan aktivering af de store bioporer evalueres.

Simuleringsresultater

Tabel 2 viser hovedresultaterne fra simuleringerne. Det antages, at tilfælde af strømning i de store bioporer udgør en risiko for forurening af grundvandet. Det ses, at en øgning af regnintensiteten til værdier over 10 mm/h kun i ringe grad påvirker antallet af risiko-hændelser. Til gengæld synes fugtighedsforholdene i jordprofilen i tiden umiddelbart før den udløsende regnhændelse at være af stor betydning for risikoen. Indføres den regel, at der ikke sprøjtes i perioder, hvor drænene løber, ses risikoen for en hændelse, der kan udløse en transport til grundvandet, at være lille. Hovedkonklusionen er altså, at man bør afholde sig fra at udbringe pesticider i perioder, der er så regnfulde, at drænene løber. Problemstillingen med grundvandsforurening er således mere et spørgsmål om, hvornår der sprøjtes, end det er et spørgsmål om valg af middel.

Tabel 2. Antal måneder, hvor bioporestrømning aktiveres som følge af kraftig regn inden for 5 dage efter en pesticidudbringning, givet at der ikke finder afstrømning i dræneene sted. Tallene i parentes angiver alle bioporeafstrømningshændelser, uanset om afstrømning i dræneene finder sted eller ej. Simuleringsperiodens længde er 40 år, dvs. det maksimale antal bioporeafstrømningshændelser er 40. Afdræningsscenarier: A, B, C og D.

Måned	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Scenario	Regnintensitet: 10 mm/h; gentagelsesperiode ½ år											
A	0 (16)	0 (23)	0 (13)	0 (14)	0 (6)	0 (0)	0 (0)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (2)	0 (4)
B	0 (16)	0 (21)	0 (9)	0 (9)	0 (6)	0 (0)	0 (0)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	0 (2)
C	0 (12)	0 (16)	0 (7)	0 (8)	0 (4)	0 (0)	0 (0)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	0 (1)
D	- (5)	- (4)	- (1)	- (0)	- (1)	- (0)	- (0)	- (1)	- (1)	- (1)	- (1)	- (1)
Scenario	Regnintensitet: 20 mm/h; gentagelsesperiode 5 år											
A	0 (16)	0 (23)	0 (13)	0 (14)	0 (6)	0 (0)	0 (0)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (2)	0 (4)
Scenario	Regnintensitet: 30 mm/h; gentagelsesperiode 20 år											
A	0 (17)	0 (23)	0 (13)	0 (14)	0 (6)	0 (0)	0 (0)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (2)	0 (4)
D	- (5)	- (4)	- (1)	- (0)	- (1)	- (0)	- (0)	- (1)	- (1)	- (1)	- (1)	- (1)

I øvrigt gør hensynet til jordkvaliteten, at tung trafik på jorden ikke kan anbefales, når dræneene løber, da den fugtige jord i kombination med tung trafik giver stor risiko for strukturskader.

Det skal pointeres, at ovennævnte konklusioner baserer sig på en enkelt jordopsætning. Den krævede detaljerede viden om jordens transportegenskaber, der muliggør en jordopsætning til modellen, findes kun enkelte steder i landet, så data til at analysere, hvad variationen i jordopsætninger betyder, er ikke til rådighed. Når sådanne data forefindes, bør ovennævnte resultater kontrolberegnes.

Bilag 4. Interviewguide fokusgruppe MVB for landmænd og konsulenter

Velkommen + kort information (2 min.)

- Velkommen. Mit navn er XXX, og jeg er forsker ved Aarhus Universitet. Tak, fordi I vil deltage. Vi gennemfører det her projekt i samarbejde mellem...
- Forskningsprojektet handler om...

Introduktionsrunde (5-10 min.)

- Alle deltagere præsenterer sig (navn, alder, landmænd: bedriftstype (kvæg, svin, planteavl, væsentligste afgrøder), bedriftens størrelse. Konsulenter: konsulentvirksomhed.
- Og giver en kort beskrivelse af, hvordan de generelt ser på monitoring.
- Mødet her i dag handler om det udviklede beslutningsstøttesystem og mere specifikt:

Hvordan vil I reagere på et givent varsel med og uden det udviklede beslutningsstøttesystem?

Vil det udviklede system ændre på, hvordan I monitorer?

Hvilken rolle kan konsulenterne spille i forhold til det foreslåede system?

Vil det udviklede beslutningsstøttesystem kunne medføre en reduktion i pesticidforbruget?

Hvor kan systemet forbedres, så den praktiske anvendelighed bliver så høj som muligt?

Praktiske informationer (5 min.):

- Vi begynder med at teste systemet.
- Mødet optages på bånd – ingen andre end de personer, der er involveret i projektet, hverken hører eller ser båndudskriften. Vi bruger selvfølgelig informationerne i vores projekt, men I vil ikke kunne genkendes personligt i citater/beskrivelser i de rapporter, som vi producerer.
- I skal gerne være opmærksomme på ikke at skramle for meget med kopperne lige op ad båndoptageren.
- Dette her interview er anderledes end det, man normalt forbinder med at blive interviewet, hvor interviewer stiller en masse spørgsmål hele tiden.
- Jeg er mest interesseret i, at det er JER, som snakker om og diskuterer de emner, som jeg præsenterer for jer, og at jeg blander mig så lidt som muligt.

- Jeg er interesseret i jeres synspunkter og jeres holdning til det udviklede system. ALLE erfaringer, oplevelser og holdninger har den samme gyldighed. Der er ikke noget, som er mere rigtigt end andet.
- Hele forløbet varer maks. to timer.

TEST (20-25 min.)

Alle deltagere får hver sin laptop med systemet på, som de sidder og kan teste systemet med.

Forskerne går rundt imens og hjælper og svarer på spørgsmål.

RUNDBORDSDISKUSSION (ca. 1 t. 15 min.)

Centreret om temaerne:

Hvordan vil I reagere på et givent varsel med og uden det udviklede beslutningsstøttesystem?

Vil det udviklede system ændre på, hvordan I monitorer?

Hvilken rolle kan konsulenterne spille i forhold til det foreslåede system?

Vil det udviklede beslutningsstøttesystem kunne medføre en reduktion i pesticidforbruget?

Hvor kan systemet forbedres, så den praktiske anvendelighed bliver så høj som muligt?

AFRUNDING

Udvikling og afprøvning af koncept for beslutningsstøtte-system for bekæmpelse af skadevoldere i landbruget

I projektet er udviklet og afprøvet en prototype til et beslutningsstøttesystem, som kan benyttes i forbindelse med valg af behandling af skadevoldere på landbrugsafgrøder. Forudsigelserne i systemet er baseret på prognoser for udvikling af skadevolderen ved brug af stokastiske modeller og giver dermed landmanden mulighed for at beslutte, om han skal behandle skadevolderen i en given situation under hensyn til landbrugsøkonomiske og miljømæssige konsekvenser af mulige alternative pesticid-behandlinger. Såfremt landmanden har tillid til systemet, vil unødvendige behandlinger, hvorved forstås behandlinger, hvor tætheden af skadevolderen ikke overstiger det, landmanden vil tolerere i forhold til merudbyttet, kunne undgås. Hvis behandling umiddelbart udelades, vil landmanden kunne benytte systemet til at vurdere, hvornår en eventuel næste monitorering i marken skal foretages og dermed til at optimere planlægningen af markarbejdet. Tilgængeligheden og kvaliteten af monitoringsdata er afgørende for prognoserne. Der er benyttet tre afgrøde-skadevolder cases: bladlus og vindaks i vintersæd og storknoldet knoldbægersvamp på vinterraps til udviklingen af prototypen. Data for bladlus er bedre end for de øvrige skadevoldere og modellen for bladlus i vintersæd er derfor mest troværdig i den foreliggende version. Modelarbejdet har haft et generisk sigte og det forventes at modellen kan tilpasses andre cases end de valgte ligesom alternative bekæmpelsesmetoder og human sundhed vil kunne inddrages i fremtidige versioner. [Bagside Tekst]



Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K

www.mst.dk