

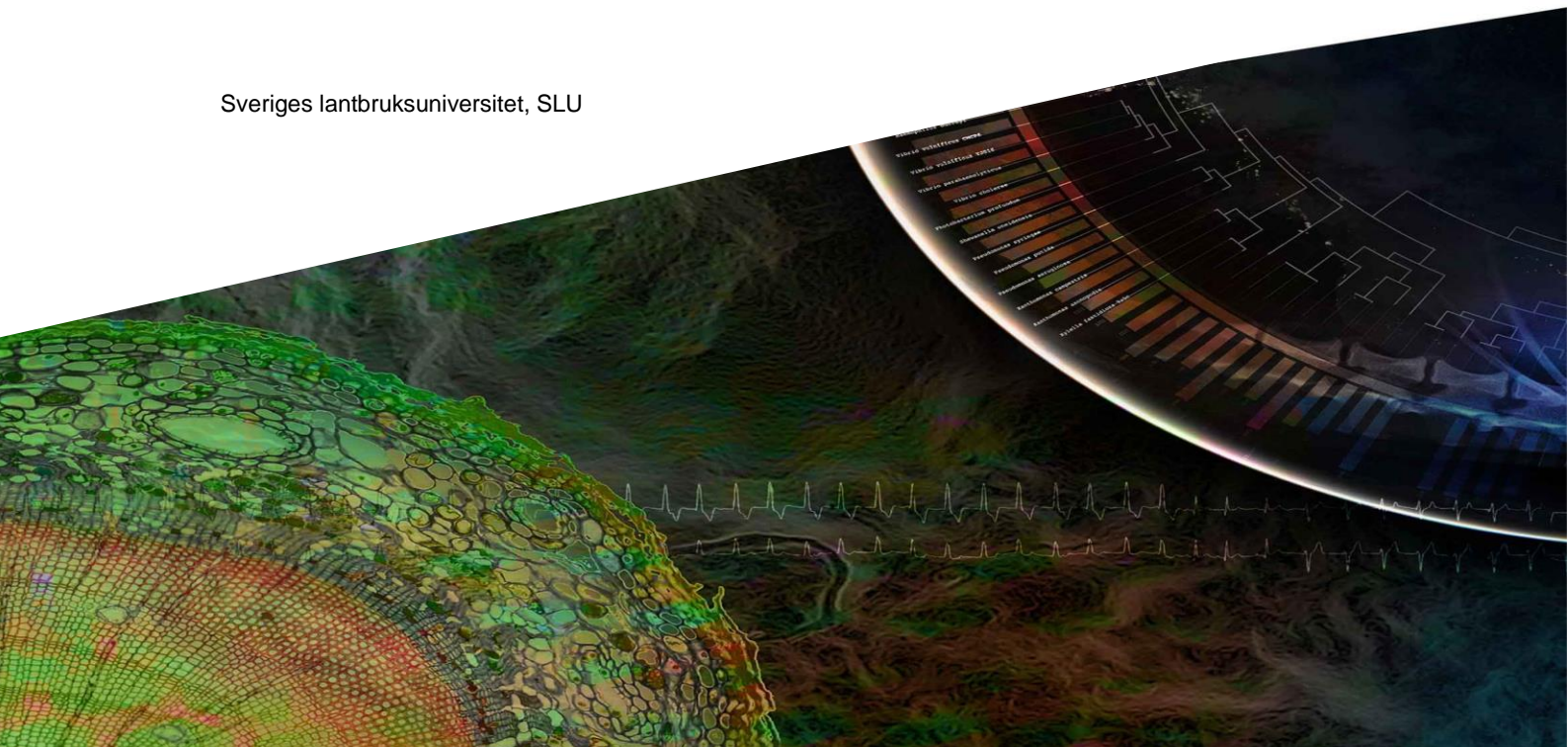


Hållbart växtskydd: möjliga indikatorer och ekonomiska aspekter av diversifiering

Sustainable crop protection: potential sustainability indicators and economic aspects of diversification

Hanna Friberg, Håkan Rosenqvist, Fabian A. Boetzl, Ola Lundin

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU



Hållbart växtskydd: möjliga indikatorer och ekonomiska aspekter av diversifiering

Sustainable crop protection: potential sustainability indicators and economic aspects of diversification

Hanna Friberg, <https://orcid.org/0000-0003-3181-1597>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig mykologi och växtpatologi.

Håkan Rosenqvist, Fristående forskare, Billeberga.

Fabian A. Boetzi, <https://orcid.org/0000-0001-5121-3370>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi.

Ola Lundin, <https://orcid.org/0000-0002-5948-0761>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi.

Utgivare:	Sveriges lantbruksuniversitet
Utgivningsår:	2023
Utgivningsort:	Uppsala
ISBN:	978-91-8046-859-6
DOI:	10.54612/a.16lr9mr84t
Nyckelord:	hållbar utveckling, växtskydd, växtskadegörare, växtpatogen, växtsjukdom, skadeinsekt, skördeförlust, diversifiering

Sammanfattning

Hållbar utveckling handlar om att värna och nyttja de resurser vi har på ett sätt som gör att dagens behov uppfylls utan negativ påverkan på framtida generationers möjlighet att uppfylla sina behov. Samtliga tre dimensioner av hållbarhet - ekologisk, ekonomisk och social - behöver inkluderas. I ett hållbart växtskyddsarbete eftersträvas en minimerad förlust av skörden på grund av skadegörare och ogräs med en så liten negativ påverkan av insatserna som möjligt på människor, djur och miljö, samtidigt som produktionen bedrivs konkurrenskraftigt, lönsamt och säkert ur ett arbetsmiljöperspektiv. År 2022 publicerades en kunskapssammanställning om hållbara odlingssystem med avseende på växtskydd (Lundin och Friberg, 2022). Där konstaterades att det vore av stort värde om fler indikatorer för hållbart växtskydd kunde utvecklas, för att vi i framtiden ska kunna skatta hållbarheten utifrån fler dimensioner än vad som görs idag. Den belyste också behovet av en utökad ekonomisk analys av hållbarhet kopplat till skördebortfall och till diversifiering genom val av olika grödor i växtodlingen. Den här rapporten bygger vidare på kunskapssammanställningens slutsatser genom en fördjupad diskussion om hur nya indikatorer som speglar utveckling av skadegörare, de skador de orsakar samt resistensutveckling kan användas för att skatta hållbarheten i svensk växtproduktion. Rapporten presenterar också ekonomiska analyser utifrån bekämpningskostnader och skördebortfall, samt ekonomiska aspekter på ökad diversifiering genom ökad odlad mångfald.

Baserat på vårt arbete föreslår vi att skadegörardata som sedan 1989 samlats in via Jordbruksverkets växtskyddscentraler används för indikatorer för skadegörare i jordbruksgrödor, och presenterar i rapporten ett förslag på urval av 16 viktiga skadegörare samt en modell för att följa deras förekomst över tid. Eftersom bakomliggande data finns sammanställda och tillgängliggjorda kan en sådan indikator tillämpas redan i dagsläget. En indikator för skördebortfall orsakat av skadegörare kan utvecklas genom att bearbeta data från de bekämpningsförsök som årligen genomförs, och rapporten presenterar en modell för hur en sådan indikator kan beräknas utifrån dessa försöksdata. Till skillnad från indikatorerna för skadegörarförekomst finns inte data från bekämpningsförsök sammanställda och tillgängliggjorda i dagsläget, utan kräver avsevärd bearbetning innan en sådan indikator kan beräknas. Vi anser det därför angeläget att en sådan sammanställning görs, så att även en indikator för skördeförluster kan användas. Bekämpningsförsöken är också begränsade avseende vilka grödor och skadegörare som finns tillräckligt representerade. Vi ser de försök som avser sjukdomar i höstveten och vårkorn som mest lämpliga för utvecklingen av framtida indikatorer, medan liknande försök för skadeinsekter i dagsläget är alltför få för att utgöra en säker grund till motsvarande beräkningar. Vi föreslår också att de resistenstester som genomförs för herbicider, fungicider och insekticider i Sverige sammanfattas till en indikator för resistensutvecklingen som speglar växtskyddets evolutionära hållbarhet.

Ekonomiska beräkningar som gjordes utifrån bekämpningsförsök i höstveten och vårkorn visade på stor skillnad i lönsamhet vid kemisk bekämpning av sjukdomar orsakade av svampar för år med högt sjukdomstryck jämfört med år med lågt sjukdomstryck. Resultaten belyser vikten av god precision och säkerhet i prognoser och beslutsstöd kring kemisk bekämpning för en god behovsanpassning av bekämpningen.

Diversifiering genom en ökad mångfald av odlade grödor kan både minska lantbruksföretagets risk och öka lantbruksföretagets lönsamhet när diversifiering sker med tillräckligt lönsamma grödor. För

att gynna en diversifiering kan det vara effektivt att ha ekonomiskt stöd direkt kopplat till grödan, i de fall där det finns befintliga avsaltningsmöjligheter i stor skala. När avsaltningsmöjligheterna behöver förbättras kan stöd ges för att vidareförädla grödan. Dessutom kan det behövas hjälp med organisation och kunskap kring nya grödor. Därmed kan det vara lämpligt med olika stödutformning för olika situationer där olika stöd kan komplettera varandra.

Nyckelord: hållbar utveckling, växtskydd, växtskadegörare, växtpatogen, växtsjukdom, skadeinsekt, skördeförlust, diversifiering

Abstract

Sustainable development requires protecting and using the resources we have in a way that ensures that today's needs are met without negative effects on the ability of future generations to meet their needs. All three dimensions of sustainability - ecological, economic and social - need to be considered. In sustainable crop protection, we strive for minimised yield losses caused by weeds, pests and pathogens, as well as minimised negative impact on humans, animals and the environment while providing a profitable and competitive production with safe working conditions.

In 2022, a report on plant protection in sustainable cropping system was published (Lundin and Friberg, 2022). It stated that development and implementation of new indicators for sustainable crop protection would be of great value to enable estimations of sustainability based on more dimensions than those included today. The report also highlighted the need for extended economic analyses of sustainability in relation to yield losses, and an increase of the crop diversity. This report builds on the conclusions made in Lundin and Friberg (2022) through an in-depth discussion of how new sustainability indicators can be developed through estimations of the development of important plant pests and diseases, the damage they cause, and the development of resistance to active ingredients used in chemical control. We also present economic analyses of costs of chemical control and yield losses, and economic aspects of increased crop diversification.

Based on our work, we propose using data on insect pests and diseases collected since 1989 by the Swedish Board of Agriculture's Crop Protection Centres as a basis for indicators of pests and diseases in agricultural crops. We propose using a selection of 16 important pests and diseases and present a model that describe their occurrence over time. Since the underlying data for this is already compiled and made available, such an indicator can be readily applied. Indicators for crop loss caused by pests and diseases can be developed by processing data from field trials testing chemical control products which are conducted yearly. We present a model for how such an indicator can be calculated based on trial data. In contrast to the indicators for occurrence of pests and diseases, the data from these field trials is currently not compiled and made available in a way that enables direct analysis and require considerable processing before such an indicator can be calculated. We consider it important that such a compilation is made, so that an indicator for crop losses can be used in future sustainability evaluations. The series of trials are also limited in adequacy in terms of crops as well as pests and diseases. We regard the trials on diseases in winter wheat and spring barley as the ones most suitable for the development of future indicators, while similar trials for insect pests are currently too few to form a solid basis for corresponding analyses. We also propose summarising data from Swedish resistance testing of herbicides, fungicides and insecticides into an indicator describing development of resistance, reflecting the effect of pest and pathogen evolution on current plant protection strategies.

Economic calculations based on data from chemical control trials in winter wheat and spring barley showed a considerable difference in the profitability in chemical control of plant diseases caused fungal pathogens between years with high disease pressure and years with low disease pressure. This result highlights the importance of good precision and reliability of disease forecasting and decision support to support a satisfactory adaptation of pesticide use in relation to actual need.

Increased crop diversification can both reduce the economic risks and increase the profitability in farming if it is done by cultivation of crops of sufficient profitability. To promote diversification, economic support directly linked to the crop can be an efficient option, in cases when there is an existing large scale market potential. When the market potential needs improvement, the support can instead focus on product development. In addition to this, support may be needed for knowledge connected to new crops. Thus, different support models should be considered for different situations, and different types of support can complement each other.

Keywords: sustainable development, crop protection, plant pest, plant pathogen, plant disease, insect pest, yield loss, diversification

Förord

Regeringen har genom Livsmedelsstrategin specificerat att Växtskyddsrådet, under ledning av Jordbruksverket, ska arbeta för att uppnå ett hållbart växtskydd.

Denna sammanställning är framtagen efter initiativ från Växtskyddsrådet och är ett led i Växtskyddsrådets uppdrag att stödja implementeringen av Livsmedelsstrategin. De i rådet ingående organisationerna kan trots detta ha avvikande inställning till slutsatser som framkommer i rapporten, och Växtskyddsrådet som helhet kan därför inte per automatik betraktas gemensamt stå bakom innehållet.

Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) och Håkan Rosenqvist är huvudansvariga för resultaten som presenteras i denna sammanställning. Underlaget för kapitel 2, 3 och 5 är framtaget av Hanna Friberg, Ola Lundin och Fabian Boetzl (SLU). Underlaget för kapitel 4 och 6 är framtaget av Håkan Rosenqvist.

Förord	7
1. Inledning	10
1.1 Syfte	12
1.2 Arbetets upplägg, omfattning och avgränsningar	12
2. Indikatorer för skadegörare i jordbruksgrödor	14
2.1 Bakgrund	14
2.2 Metoder	14
2.3 Resultat	17
2.4 Diskussion	21
3. Indikatorer för skördebortfall	24
3.1 Bakgrund	24
3.2 Metoder	25
3.3 Resultat	25
3.4 Diskussion	27
4. Kemisk behandling mot sjukdomar orsakade av svampar i spannmål – ekonomisk analys	28
4.1 Försöksmaterial	28
4.2 Resultat	29
4.3 Känslighetsanalyser	29
4.3.1 Skillnad mellan försöksskördar och normskördar	31
4.3.2 Skördeökning av bekämpning utifrån grundskörd	32
4.3.3 Skördeökning av bekämpning utifrån skördepotential	35
4.3.4 Skördeökning av en respektive två behandlingar	35
4.4 Sammanfattande punkter med koppling till svampbekämpning	37
4.5 Fortsatt forskning	38
5. Indikatorer för evolutionär hållbarhet	39
6. Ekonomiska aspekter på diversifiering med avseende på hållbart växtskydd	42
6.1 Bakgrund	42
6.2 Vad är diversifiering?	42
6.3 Ekonomiska aspekter på ökad diversifiering	43
6.4 Förfruktseffekter	46
6.5 Växtskyddsmedelsanvändning och lönsamhet i diversifierande grödor	48
6.5.1 Växtskyddsmedelskostnader och lönsamhet i diversifieringsgrödor	50
6.5.2 Växtskyddsmedelsanvändning i Sverige	51
6.5.3 Växtskyddsmedelsanvändning i olika grödor	52
6.6 Diversifiering och arealer	53
6.7 Avsättningsmöjligheter	55
6.7.1 Vallfröodling	57
6.7.2 Vall	57

6.7.3	Bioraffinaderier för ökad avsättning av vall.....	57
6.7.4	Ökad självförsörjning med vall i bioraffinaderier	58
6.8	Vall som diversifieringsgröda	59
6.8.1	Bekämpning vallväxtföljd	59
6.8.2	Minskad bekämpning och ökad produktion med vall i växtföljder.....	59
6.9	Indikatorer för diversifiering	61
6.9.1	Skördeförändring vid gröddiversifiering	61
6.9.2	Skördemätning med protein- och energiskörd.....	62
6.9.3	Skördenivå och hållbar markanvändning.....	62
6.9.4	Växtföljd som indikator.....	63
6.10	Diversifiering, hinder och möjligheter	63
6.10.1	Samverkan för ökad odling av nischgrödor	64
6.11	Stöd.....	64
6.12	Sammanfattande punkter med koppling till diversifiering	65
7.	Slutsatser och rekommendationer	67
7.2	Ekonomisk analys av bekämpningseffekter	68
7.3	Ekonomisk analys av diversifiering	68
Tack	70
Referenser	71

1. Inledning

Hållbar utveckling handlar om att värna och nyttja de resurser vi har på ett sätt som gör att dagens behov uppfylls utan negativ påverkan på framtida generationers möjlighet att uppfylla sina behov. I ett hållbart växtskyddsarbete eftersträvas en minimerad förlust av skörden på grund av skadegörare och ogräs med en så liten negativ påverkan av insatserna som möjligt på människor, djur och miljö. Samtidigt behöver produktionen kunna bedrivas konkurrenskraftigt, lönsamt och säkert ur ett arbetsmiljöperspektiv. Samtliga tre dimensioner av hållbarhet - ekologisk, ekonomisk och social - behöver inkluderas. Under 2021–2022 gjordes en kunskapssammanställning kring hållbara odlingssystem med avseende på växtskydd (Lundin och Friberg, 2022). Där konstaterades att nuvarande indikatorer för hållbart växtskydd framför allt är kopplade till användningen av växtskyddsmedel och miljömässiga risker kopplade till kemiskt växtskydd. För att vi i framtiden ska kunna mäta hållbarheten utifrån fler dimensioner än vad som görs idag föreslogs i sammanställningen att nya indikatorer utvecklas eftersom vi med en större bredd på indikatorer kan vi få en bättre helhetsbild av växtskyddets hållbarhet och inkludera fler av de delfaktorer som är av betydelse för ett hållbart växtskydd:

- Produktionsnivå och produktkvalitet

Ekologisk hållbarhet

- Förekomst av ogräs och skadegörare
- Evolutionär hållbarhet (växtskyddsmedel, resistent/toleranta grödor)
- Biodiversitet ovan och under jord
- Växtskyddsmedelläckage till jord och vatten
- Resurseffektivitet (kopplat till växtskydd)
- Växthusgaser (kopplat till växtskydd)

Ekonomisk hållbarhet

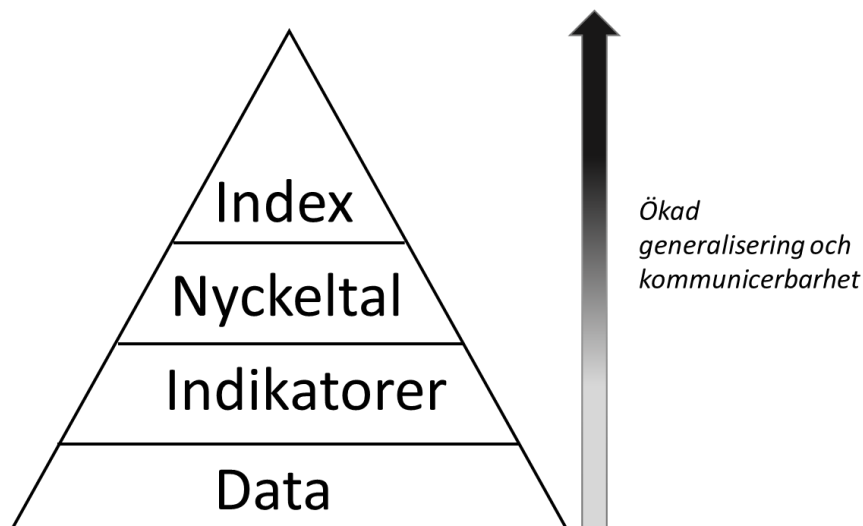
- Lönsamhet på gårdsnivå (kopplat till växtskyddsåtgärder) till exempel kostnad för växtskyddsåtgärd gentemot inkomst från skördeökning eller kvalitetsförbättring av den skördade varan

- Lönsamhet på samhällsnivå (kopplat till växtskyddsåtgärder) till exempel kostnader som en följd av negativa hälsoeffekter
- Sårbarhet på gårdsnivå och samhällsnivå med avseende på växtskyddsmedel och livsmedel

Social hållbarhet

- Arbetsmiljö hos lantbrukare och lantarbetare
- Förekomst av farliga restprodukter från växtskyddsmedel i producerat foder, livsmedel och dricksvatten
- Förekomst av hälsofarliga ämnen utöver växtskyddsmedel som påverkas av växtskyddsåtgärder (till exempel mykotoxiner) i foder och livsmedel
- Kunskapsnivå hos lantbrukare, rådgivare, myndighetspersoner och allmänheten i växtskyddsfrågor
- Acceptans för regelverk, lagstiftning, förutsättningar inom aktörer inom livsmedelskedjan
- Arbetsglädje inom livsmedelskedjans aktörer
- Förtroende mellan aktörer i livsmedelssystemet/livsmedelskedjan och myndigheter
- Samhällets förtroende och acceptans

Indikatorer är variabler som kan användas för att skatta status eller tillstånd i ett system eller en process (Mendoza och Pragbhu, 2003). Beroende på om de används för att beskriva förutsättningar, processer eller resultat kommer önskemålen kring indikatorernas egenskaper att variera. Kriterier som avgör vilken typ av indikatorer som är lämpligast kan vara både funktionella, där fokus ligger på till exempel enkelhet och genomförbarhet i processen att ta fram indikatorerna, eller vetenskapliga, där fokus ligger på kriterier som mätbarhet, objektivitet och möjligheten att standardisera metoderna (Tidåker m.fl., 2020). För att beskriva hur information kan sammanställas och kommuniceras används ibland den så kallade informationstriangeln (Figur 1.1). Den visar hur data kan sammanställas i form av indikatorer, nyckeltal och index för en ökad kommunicerbarhet och möjlighet till ökad generalisering, vilket samtidigt innebär en nackdel i och med att informationen blir mer oprecis och trubbig (Liljenfeldt och Keskitalo, 2011). Med en högre generalisering kan det också vara svårt för mottagaren att förstå vilka data som ligger bakom ett värde, och därmed också dess styrkor och begränsningar i att representera det som ska beskrivas, till exempel hållbarheten i växtskyddet.



Figur 1.1. Informationstriangeln (modifierad efter förlaga från Gunnarsson 2006), som visar hur data kan sammanställas till indikatorer, nyckeltal och index för att möjliggöra ökad generalisering och kommunicerbarhet.

I kunskapssammanställningen kring hållbara odlingssystem med avseende på växtskydd (Lundin och Friberg, 2022) presenterades utöver delfaktorerna ovan också förslag på förändringar i odlingssystemet för att stärka hållbarheten. Ett sådant förslag är diversifiering i form av en ökad odlad mångfald, det vill säga odling med en ökad variation av grödor i fältet, landskapet och växtföljden.

1.1 Syfte

Syftet med den här rapporten är att, utifrån ovanstående förslagna delfaktorer, presenterade i Lundin och Friberg (2022), undersöka i vilken mån det är möjligt att utveckla fler indikatorer som kan användas för att skatta hållbarheten i svensk växtproduktion relativt de växtskyddsåtgärder som används i Sverige. Syftet är också att genom ekonomiska analyser utveckla indikatorer för hållbart växtskydd utifrån skadegörarförekomst kopplat till bekämpningskostnader och skördebortfall. Diversifiering med olika grödor är ett sätt att stärka växtskyddet. Ekonomiska aspekter på ökad diversifiering studeras i rapporten för att belysa ekonomiska incitament för olika diversifieringsåtgärder. Även diversifieringsåtgärders påverkan på växtskyddsmedelsanvändning studeras.

1.2 Arbetets upplägg, omfattning och avgränsningar

Arbetet med att utveckla nya möjliga indikatorer begränsades till förekomst av skadegörare i jordbruksgrödor, skördeökning och ekonomisk lönsamhet vid bekämpning av skadegörare samt skadegörarens resistens mot växtskyddsmedel.

Arbetet med att utveckla indikatorer för skadegörare omfattade insekter och svampar eftersom data för dessa grupper samlats in med standardiserade metoder under en lång tid inom ramen för Växtskyddscentralens prognos- och varningsverksamhet. Ogräs ingick inte eftersom motsvarande data saknas för denna grupp av skadegörare. Arbetet med att utveckla indikatorer för skördebortfall fokuserade på bladfläcksvampar i höstvetete eftersom det fanns tillgång till en stor mängd bekämpningsförsök som sammanställts inom ramen för tidigare projekt. De ekonomiska aspekterna av odlingen och dess växtskyddsåtgärder har varit en viktig del. Arbetet inkluderar en studie om ekonomiska aspekter kring diversifiering och även ekonomisk analys av ett stort antal försök med bekämpning mot svampsjukdomar i höstvetete och vårkorn.

2. Indikatorer för skadegörare i jordbruksgrödor

2.1 Bakgrund

Ett flertal viktiga skadegörare i de stora jordbruksgrödorna övervakas systematiskt av Jordbruksverkets Växtskyddscentraler. Varje år inventeras cirka 1000 fält med avseende på olika skadegörare. I flera fall görs inventeringarna som veckovisa graderingar i syfte att följa skadegörarnas utveckling under säsongen och för att ge en bas för växtskyddsrekommendationer till lantbruket. Sedan 1988 har arbetet systematiserats så att inventeringsdata finns tillgängligt i databaser hos Jordbruksverket. Datamaterialet rymmer värdefull information, och skulle kunna användas för att ge indikationer om variationer i förekomst av skadegörare över tid. Sådana variationer identifierades i Lundin och Friberg (2022) som en viktig delfaktor för att skatta hållbarheten i växtskyddet, både genom att de kan reflektera effektiviteten i de växtskyddsstrategier som används och genom att växtskyddet måste anpassas till förändringar i skadegörarförekomst som orsakats av andra anledningar till exempel förändringar i klimat eller introduktion av nya populationer av skadegörare.

Det ursprungliga syftet med datainsamlingen har varit att ge rekommendationer för och behovsanpassa kemisk bekämpning och därför innehåller datamaterialet information för skadegörare som går att bekämpa kemiskt.

2.2 Metoder

I samråd med Anders Arvidsson och Alf Djurberg vid Jordbruksverkets Växtskyddscentraler valde vi ut 8 skadeinsekter och 8 växtsjukdomar i höstvet, vårkorn, havre, höstraps och ärter för vilka vi analyserade trender över tid (Tabell 2.1). Skadegörare valdes ut utifrån att de hade många observationer i datamaterialet, att data med ett undantag som listas nedan fanns tillgängliga för varje år sedan 1989 med standardiserade mätmetoder samt att de förekom i arealmässigt stora grödor.

Data för 1988 fanns tillgängligt för de flesta skadegörare men uteslöts ur analyserna eftersom det i vissa fall rådde oklarhet om data samlades in med den standardiserade metodiken detta år.

Källan till majoriteten av data var Växtskyddscentralernas veckovisa inventeringar i prognosrutor som inte bekämpas kemiskt mot insekter eller svampar. För gul och röd vetemygga, rapsjordloppa och ärtvecklare var källan i stället inventeringar som Växtskyddscentralerna gör säsongsvis i obekämpade rutor. För växtsjukdomarnas förekomster valde vi ut det maximala värdet mellan grödstadium 50 och 80 då de har störst påverkan på grödan. För kronrost i havre valdes grödstadium 55 till 80 för att bättre kunna anpassa den statistiska modellen till data. För bladlöss användes det maximala värdet under säsongen oavsett grödstadium.

I samtliga analyser som använde ett utvalt veckovist värde inkluderades grödans utvecklingsstadium då mätningen utfördes som en kovariat i de statistiska modellerna. Detta tog hänsyn till att förekomsten av flera växtsjukdomar ökar under säsongen. För de skadeinsekter vars förekomst eller skada mättes endast en gång per säsong inkluderades grödstadiet inte i analysen eftersom denna information inte fanns systematiskt tillgängligt på ett sätt som direkt kunde läsas in i analyserna.

För varje skadegörare skapade vi två statistiska modeller i statistikprogrammet R (version 4.2.1, R Development Core Team). I den första modellen som användes för att utvärdera om skadegöraren ökade eller minskade över tid är år en kontinuerlig variabel och i den andra modellen som användes för att uppskatta förekomsten av skadegöraren årsvis är år en diskret faktor. I övrigt specificerades båda modellerna likadant. Förutom år innehöll modellerna som baserades på veckovisa mätningar grödstadiet då skadegörarens förekomst uppskattades som ett kovariat samt länet som inkluderades som en slumpmässig faktor. Grödstadium och län inkluderades för att ta hänsyn till att mätningar olika år kan ha gjorts vid olika tidpunkter på säsongen och i olika län. Databaserna och metodiken för datainsamling är utformad för att minimera dessa möjliga felkällor, men trots det är små variationer från år till år oundvikliga. Modellerna tar därför hänsyn till om till exempel mätningarna avslutas vid olika tidpunkter på säsongen olika år eller om ett län där en viss skadegörare generellt är mer vanlig har fler fält som inventeras ett visst år. I känslighetsanalyser fann vi att inkludera grödstadium och län hade generellt en liten påverkan på den uppskattade förekomsten av skadegörare med många datapunkter (till exempel bladfläckar i höstvet) men en större påverkan på skadegörare med få datapunkter (till exempel ärtvecklare i ärter). Län ingick inte i analyserna av rapsjordloppa eftersom endast data från Skåne ingick i den analysen.

Vi använde oss av generaliserade linjära blandade modeller (paketet ‘glmmTMB’ version 1.1.2.9000 (Brooks m.fl., 2017)) med negativ binomialfördelning av residualerna för att analysera skadegörarnas förekomst över tid. Modelldiagnostik kontrollerade med paketet DHARMa (version: 0.4.4 (Hartig, 2022)). Vi justerade modellerna som hade en signifikant överrepresentation av nollvärden genom att inkludera en extra parameter i modellerna som tog hänsyn till detta, vilket var nödvändigt i modellerna för bladfläckar, kornets bladfläcksjuka och för alla modeller för bladlöss. Modellerna för rapsjordloppa inkluderade det totala antalet rapsjordloppor i provet som svarsvariabel och tog hänsyn till hur många plantor som provet innehöll i den oberoende delen av modellen. Modellresultat utvärderades med Wald chi-två test och typ II summor av kvadrater med kommandot ‘Anova’ (paket ‘car’, version 3.0-12 (Fox och Weisberg, 2019)). Modelluppskattningar och 95% konfidensintervall gjordes med kommandot ‘ggemmeans’ (paket ‘ggeffects’ version 1.1.3 (Lüdecke, 2018)).

Tabell 2.1. Skadeinsekter och växtsjukdomar som inkluderades i analyserna. För varje skadegörare anges vilken gröda den mättes och under vilka år samt det totala antalet fält som ingick i analyserna.

Skadegörare	Gröda	År	Typ av källdata	Antal fält
Bladfläcksvampar	Höstvete	1989 - 2021	Veckovis	8668
Brunrost	Höstvete	1989 - 2021	Veckovis	8665
Gulrost	Höstvete	1989 - 2021	Veckovis	8453
Mjöldagg	Höstvete	1989 - 2021	Veckovis	8684
Kornrost	Vårkorn	1989 - 2021	Veckovis	6100
Mjöldagg	Vårkorn	1989 - 2021	Veckovis	6473
Kornets bladfläcksjuka	Vårkorn	1989 - 2021	Veckovis	6492
Kronrost	Havre	1989 - 2021	Veckovis	3376
Gul vetemygga	Höstvete	1989 - 2021	Säsongsvis	6104
Röd vetemygga	Höstvete	1989 - 2021	Säsongsvis	6140
Ärtvecklare	Ärter	1989 - 2020	Säsongsvis	589
Sädesbladlus	Höstvete	1989 - 2021	Veckovis	8640
Havrebladlus	Vårkorn	1989 - 2021	Veckovis	6892
Havrebladlus	Havre	1989 - 2021	Veckovis	4059
Ärtbladlus	Ärter	1997 - 2021	Veckovis	1112
Rapsjordloppa	Höstraps	1989 - 2021	Säsongsvis	1340

Vi utvecklade också index utifrån de uppskattade förekomsterna av alla skadegörarna. Metodiken för indexberäkningarna liknar den som tidigare används för olika index för biologisk mångfald, till exempel index för fåglar och fjärilar i

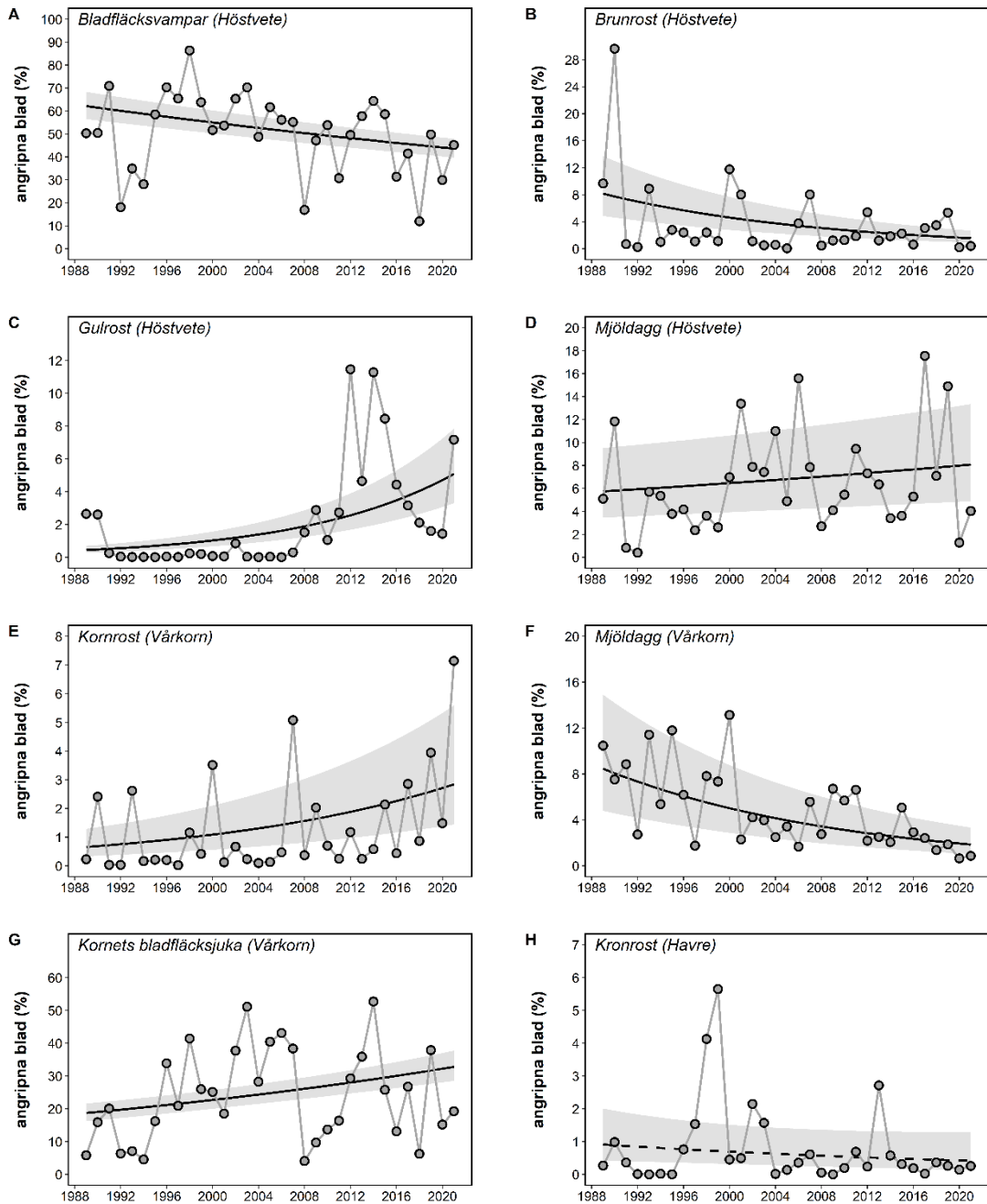
odlingslandskapet som är en indikator för miljömålet ett rikt odlingslandskap (<https://sverigesmiljomal.se/miljomalen/ett-rikt-odlingslandskap/>). I våra beräkningar användes startåret 1989 som basår. Vi standardiserade förekomsten för varje skadegörare till 100 för basåret och för varje efterföljande år beräknades förekomsten av skadegöraren relativt 1989. Därefter beräknades det geometriska medelvärdet av skadegörarnas förekomster för varje år. Dessa beräkningar gjordes dels för alla skadegörare, dels separat för insekter och sjukdomar. För ärtbladlus i ärter saknades data för 1989–1996. Vi kopplade därför på data för ärtbladlus från och med 1997 genom att standardisera värdet för ärtbladlus till det årets medelvärde så att den extra skadegöraren från och med 1997 inte påverkade medelvärdet det året (Eaton m.fl., 2015). För efterföljande år beräknades därefter förekomsten av ärtbladlus relativt 1997. Vi använde linjära regressioner för att utvärdera statistiskt om index minskade eller ökade över tid.

2.3 Resultat

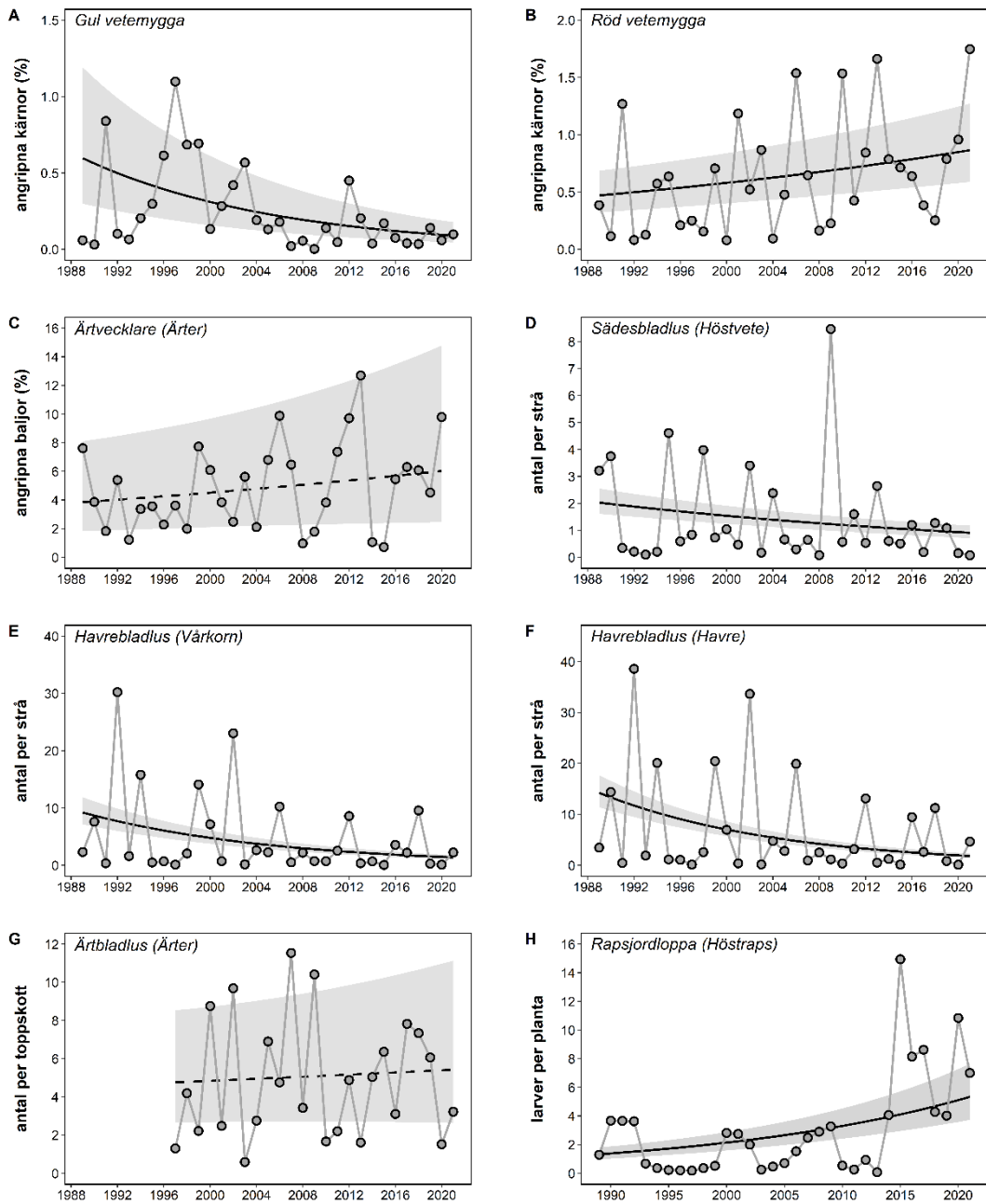
Bland växtsjukdomarna minskade bladfläckar i höstvetete, brunrost i höstvetete och mjöldagg i vårkorn över tid medan gulrost i höstvetete, mjöldagg i höstvetete, kornrost i vårkorn och kornets bladfläcksjuka i vårkorn ökade över tid (Figur 2.1). Kronrost i havre uppvisade ingen tydlig trend över tid (Figur 2.1h).

Bland skadeinsekterna minskade gul vetemygga i höstvetete, sädesbladlus i höstvetete och havrebladlus i vårkorn och havre över tid medan röd vetemygga i höstvetete och rapsjordloppa i höstraps ökade över tid (Figur 2.2). Ärtvecklare och ärtbladlus i ärter uppvisade inga tydliga trender över tid (Figur 2.2 c,g).

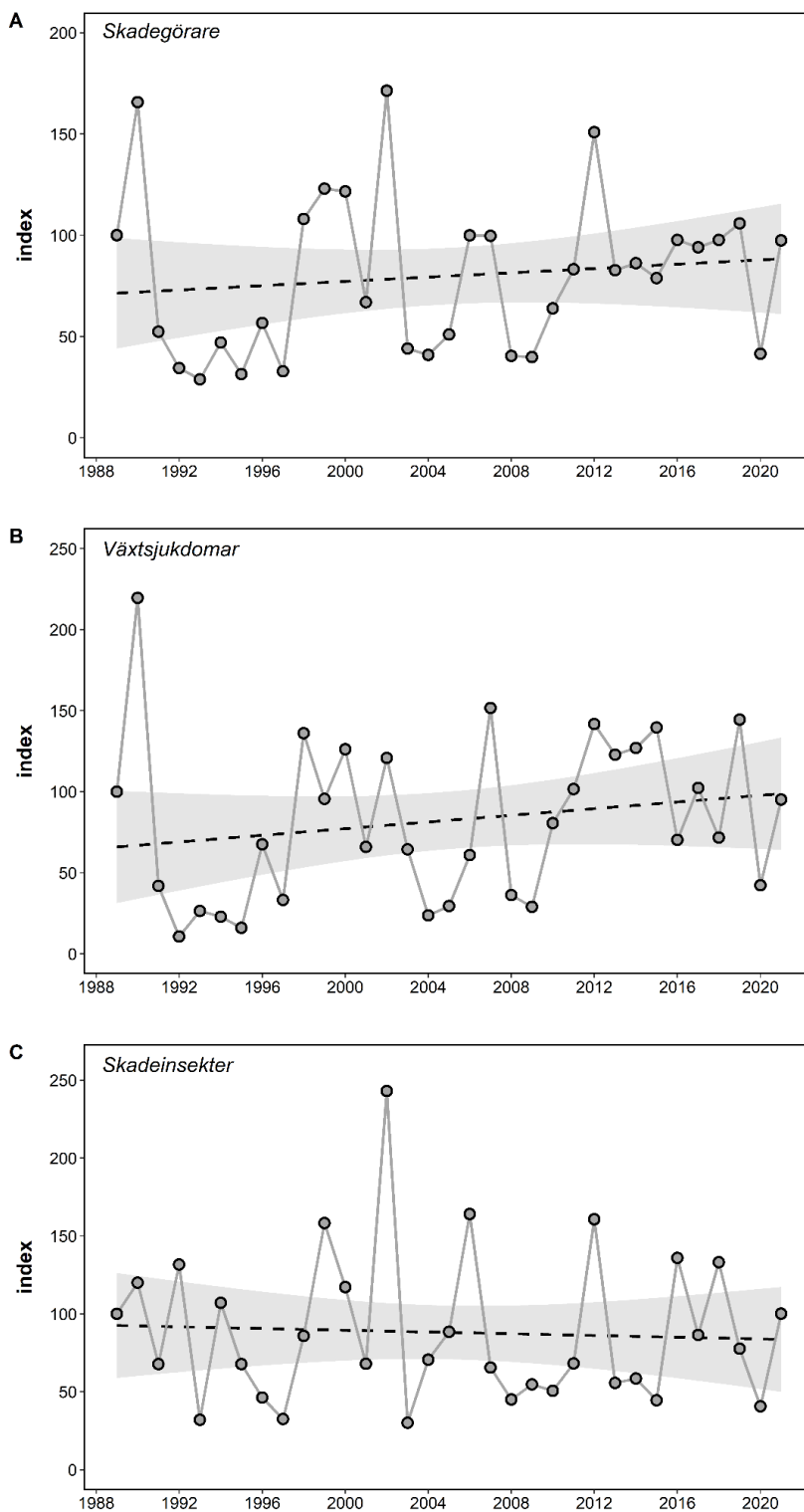
Både enskilda växtsjukdomar och skadeinsekter varierade betydligt i förekomst olika år (Figur 2.1-2.2) och när skadegörarnas utveckling över tid sammanfattades i index varierade även dessa betydligt för individuella år men det fanns inga systematiska trender med ett ökande eller minskande index över tid varken för skadeinsekter, växtsjukdomar eller sammanlagt för alla skadegörare (Figur 2.3).



Figur 2.1. Förekomst av växtsjukdomar i Sverige 1989–2021 enligt Växtskyddscentralernas inventeringar. Cirklarna anger uppskattat årsmedelvärde, svart linje anger trend över tid med 95% konfidensintervall i grått. Heldragen linje anger en statistiskt signifikant ($p < 0.05$) ökning eller minskning över tid och streckad linje anger att trenden inte är statistiskt signifikant.



Figur 2.2. Förekomst och angrepp av skadeinsekter i Sverige 1989–2021 enligt Växtskyddscentralernas inventeringar. Cirklarna anger uppskattat årsmedelvärde, svart linje anger trend över tid med 95% konfidensintervall i grått. Heldragen linje anger en statistiskt signifikant ($p < 0.05$) ökning eller minskning över tid och streckad linje anger att trenden inte är statistiskt signifikant.



Figur 2.3. Index för förekomst av skadegörare, växtsjukdomar och skadeinsekter i Sverige 1989–2021 enligt Växtskyddscentralernas inventeringar. Cirklarna anger uppskattat årsmedelvärde, svart linje anger trend över tid med 95% konfidensintervall i grått. Heldragen linje anger en statistiskt signifikant ($p < 0.05$) ökning eller minskning över tid och streckad linje anger att trenden inte är statistiskt signifikant.

2.4 Diskussion

Analyserna av 16 skadegörare som övervakats 1989–2021 av Jordbruksverkets Växtskyddscentraler visade att förekomsten av sex skadegörare ökade, sju minskade och tre inte visade några tydliga mönster. Även när skadegörarna delas upp mellan växtsjukdomar och skadeinsekter är antalet skadegörare som minskar eller ökar relativt jämnt fördelat mellan båda grupperna. Detta återspeglas i de index vi konstruerade, eftersom varken index för växtsjukdomar, skadeinsekter eller alla skadegörare sammanslaget visade en uppåt- eller neråtgående trend över tid. En slutsats baserat på dessa data är därför att skadegörartrycket generellt varken har ökat eller minskat eller under perioden.

Vi anser att indikatorerna, både för de enskilda skadegörarna och sammanslaget som index, ger en god indikation på skadegörartrycket. De modeller vi använt för att sammanfatta de stora datamängderna i indikatorer har korrigerats för region och för grödans utvecklingsstadium vid avläsningstillfället för att ge en så rättvisande bild av skadegörarförekomsten som möjligt. Modellerna är också anpassade för att ta vara på stora delar av datamaterialet. Under arbetet med att utveckla indikatorer undersöktes även mer komplexa modeller, till exempel analyser som inkluderade flera avläsningstillfällen och skillnaden i sjukdomssymptom mellan dem. I flera fall ledde dessa modeller till att betydande delar av materialet behövde uteslutas, vilket vi ansåg vara en nackdel.

Vi föreslår därför att våra indikatorer (Figur 2.1–2.3) används för att följa upp hur viktiga skadegörare varierar över tid, eftersom det är en viktig delfaktor i arbetet med hållbart växtskydd. Vilken nivå man vill presentera data, enskilda skadegörare, index för växtsjukdomar respektive skadeinsekter eller som ett sammanslaget index, beror på syfte och sammanhang (Figur 1). De index vi föreslår (Figur 2.3) har en ökad grad av generalisering och förenklar trenderna till en enda siffra vilket är enkelt att kommunicera, medan trenderna för de enskilda skadegörarna ger en bättre förståelse av detaljerna men kan vara svårare att kommunicera eftersom det är 16 skadegörare som inbördes visar olika trender.

Det finns dock några begränsningar i materialet som är viktigt att ha i åtanke. Eftersom data kommer från obekämpade prognosrutor återspeglar de inte förekomsten av skadegörare i den praktiska odlingen som bekämpats kemiskt. Förekomsterna kan därför ses som ett mått på skadegörartrycket givet odlingssystemet. Det är också viktigt att ha i åtanke att de skadegörare som övervakas av Jordbruksverkets växtskyddscentraler har valts ut i syfte att kunna ge råd kring kemiska bekämpningsinsatser. De utgör ett urval av skadegörarna och speglar inte fullt ut vilka problem som lantbrukssektorn upplever på grund av växtsjukdomar och insekter. Till exempel inkluderar urvalet inga sjukdomar

orsakade av jordburna växtpatogener, som årligen orsakar stora skördeförluster och som har en viktig roll i hur ett odlingssystem kan utformas.

Ur ett hållbarhetsperspektiv är det viktigt med fungerande strategier för att begränsa förekomsten av skadegörare. Därför är ett lågt indikatorvärde för förekomst av skadegörare positivt för växtskyddets hållbarhet. Samtidigt måste information om hur skadegörare utvecklas över tid sättas i relation till de andra delfaktorer som presenteras i Lundin och Friberg (2022) och i inledningen av kapitel 1 - såväl inom ekologisk, social och ekonomisk hållbarhet.

Vårt syfte har varit att utveckla indikatorer för att följa upp förekomsterna av skadegörare i svensk växtodling. Utifrån de indikatorer vi föreslagit går det inte att fastställa orsaker varför olika skadegörare minskar eller ökar över tid och detta är något som skulle vara intressant att studera närmare i det befintliga materialet. För några skadegörare kan ändå vissa orsaker antas ha varit viktiga till förändringar i förekomsten. För mjöldagg i vårkorn sammanfaller den minskade förekomsten från början av 2000-talet med att sorter med resistens mot mjöldagg (*mlo*-resistens) introducerades på marknaden och för rapsjordloppa i höstraps sammanfaller de ökade förekomster sedan 2015 med att möjligheten till betning av utsädet med neonicotinoider försvunnit. Under förutsättning att dessa två faktorer är av stor betydelse för de observerade förändringarna i skadegörarförekomst kan vi konstatera att introduktionen av mjöldaggsresistenta sorter varit positiv för växtskyddets hållbarhet eftersom de utan kända och betydande negativa konsekvenser för någon av hållbarhetsdimensionerna resulterat i minskade problem med mjöldagg i korn. Effekterna av neonicotinoidförbudet på förekomsten av rapsjordloppa är mer komplexa eftersom förbudet haft en negativ påverkan på den ekologiska hållbarheten i och med att rapsjordloppan ökat i förekomst, samtidigt som det haft en positiv påverkan på andra delfaktorer inom den ekologiska hållbarheten i och med att risker för icke målorganismer minskat. Exemplet med neonicotinoider och rapsjordloppa är därmed en av många situationer där förbättringar av en delfaktor för hållbarheten samtidigt leder till försämringar för en annan, och där våra värderingar av de olika effekterna kommer att påverka hur vi ser på förändringarna för växtskyddets hållbarhet i stort.

Det fanns stor variation i många skadegörares förekomst från år till år, vilket kan bero på väderförhållanden, till exempel att bladfläcksvampars förekomst ökar under år med fuktigt väder. Det fanns också långsiktiga trender i många skadegörares förekomst. Detta kan bero på olika typer av förändringar i faktorer som påverkar dem, till exempel förändringar i odlingssystemet eller de växtskyddsstrategier som används, på förändrade klimatförhållanden eller på förändringar i skadegörarnas populationer som gör att de orsakar mer skada i grödan, till exempel genom

uppkomst av nya raser. För att studera möjliga samband närmare skulle man i fortsatta analyser till exempel kunna relatera förekomster och förändringar till väderdata. Grundmaterialet innehåller ofta också information om till exempel fältets såtidpunkt eller förfrukt, och dessa faktorer kan i statistiska analyser relateras till förekomster av skadegörare. Synkroni i förekomsten av olika skadegörare är ytterligare något som är möjligt att studera med tillgängliga data. Positiva eller negativa samband mellan olika skadegörare skulle kunna indikera samspel eller gemensamma faktorer som styr förekomsterna av flera skadegörare. Dessa typer av analyser skulle kunna öka förståelsen av varför en skadegörares förekomst varierar från år till år och ökar eller minskar i förekomst över tid.

3. Indikatorer för skördebortfall

3.1 Bakgrund

Det är väl känt att olika skadegörare har olika påverkan på skördebortfallet. Dock saknas ofta data som beskriver sambandet mellan en skadegörares förekomst och dess skördenedsättande effekter under olika förhållanden. Att inte bara skatta förekomst av skadegörare utan också effekterna på skördebortfallet är därför betydligt mer komplext. För skadegörare där effektiva direkta bekämpningsmetoder finns och där det regelbundet utförs bekämpningsförsök finns dock möjligheten att få en uppskattning av påverkan på skördenivåerna. Skördebortfall till skadegörare är till skillnad från förekomst av skadegörare också möjliga att direkt omsätta till ekonomiska kostnader. Därför skulle indikatorer för skördebortfall kunna ligga till grund för ekonomiska indikatorer.

Hur stor skillnaden i skörd mellan behandlat och obehandlat led blir i ett bekämpningsförsök beror dels på förekomsten av skadegörare mot vilka bekämpningen riktas, dels på hur effektivt preparaten som används lyckas minska skadegörarens förekomst och dess skördebortfall. Den bekämpning som utförs leder sällan till att skadegöraren försvinner helt eller att dess påverkan på grödan helt kan undvikas i det behandlade ledet.

I Sverige genomförs årligen ett flertal bekämpningsförsök mot bladfläcksvampar i spannmål vilka kan vara lämpliga att använda för att utvärdera trender i skördebortfall över tid. Dessa bekämpningsförsök är de mest omfattande som utförs. Vi har i vårt arbete riktat in oss på en preliminär analys av bekämpningsförsök mot bladfläcksjukdomar i höstvetete eftersom detta är den vanligaste typen av försök i jämförelse med andra grödor (till exempel oljeväxter) eller skadegörare (till exempel insekter). De bladfläcksjukdomar som var av betydelse i försöken var främst svartpricksjuka och vetets bladfläcksjuka.

I jämförelse med skadegörardata som samlas in och dataläggs systematiskt av Växtskyddscentralerna saknas en liknade databas för de bekämpningsförsök som genomförs. De senare årens bekämpningsförsök finns visserligen inlagda i en

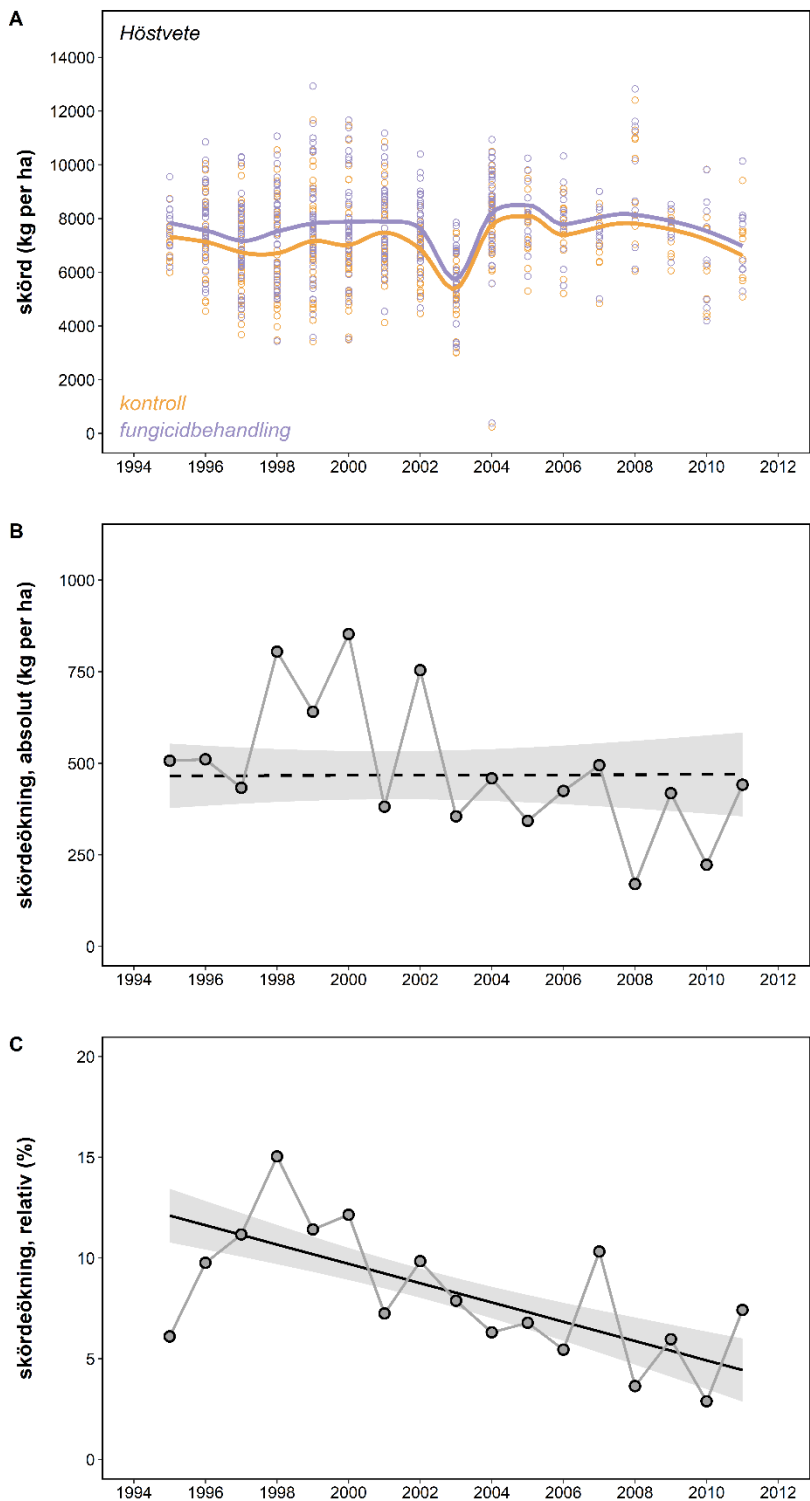
försöksdatabas, men det går inte att automatiskt läsa in resultaten från flera bekämpningsförsök till ett statistikprogram. Det finns olika personliga initiativ vid Jordbruksverkets Växtskyddscentraler där olika delar av materialet sammanställs och även vid SLU har databaser för dessa bekämpningsförsök byggts upp inom ramen för olika forskningsprojekt. Vi har i våra analyser använt oss av 392 bekämpningsförsök mot bladfläcksjukdomar i höstvetete mellan 1995 och 2011 som tillgängliggjorts av Björn Andersson vid SLU. Analyserna omfattade totalt 392 försök. Urval och avgränsningen i antalet år beror på att försök från dessa år fanns färdiga och samlade i en fil som var redo för analys. Det finns tillgång till fler försök, både innan 1995 och efter 2011, som i ett framtida arbete kan läggas till.

3.2 Metoder

För varje försök, som identifierades genom en kombination av år och namn på platsen i filen, valde vi ut kontrollet och det försöksled med en kemisk bekämpning mot bladfläcksjukdomar som hade högst medelskörd i försöket, det vill säga den mest effektiva kemiska bekämpningen. Vi utvärderade utvecklingen av den absoluta skördeökningen i kg per ha och den relativa skördeökningen i procent av en kemisk bekämpning mot bladfläcksjukdomar över tid med generaliserade linjära blandade modeller (package 'glmmTMB' version 1.1.2.9000 (Brooks m.fl., 2017)) med student-t fördelning av residualerna. Vi anpassade skilda modeller med år som kontinuerlig variabel eller kategorisk faktor för att utvärdera linjära trender över tid respektive uppskatta medelvärden för varje år. Länet där försöket utfördes inkluderades som en slumpmässig faktor i analyserna för att ta hänsyn till att skadegörarnas förekomst kan variera i olika delar av landet och skördeökningen kan därför påverkas av fördelningen av försök mellan olika län under olika år. Modelldiagnostik kontrollerades med statistikpaketet DHARMA (version: 0.4.4 (Hartig, 2022)). Modellresultat skattades med Wald chi-test och typ II för summan av kvadrater med paketet 'Anova' (i biblioteket 'car', version 3.0-12 (Fox och Weisberg, 2019)). Modellestimat och 95% konfidensintervall hämtades med funktionen 'ggemmeans' i paketet 'ggeffects' version 1.1.3 (Lüdtke, 2018).

3.3 Resultat

Skördeökningen för den mest effektiva fungicidbehandlingen var i genomsnitt cirka 500 kg per ha (Figur 3.1 a, b) och uppvisade ingen statistisk signifikant linjär trend över tid. Den relativa skördeökningen i procent visade dock en signifikant minskning över tid (Figur 3.1c).



Figur 3.1. Skillnad i skörd mellan den mest effektiva behandlingen mot bladfläcksjukdomar och obehandlat kontrollad i 392 bekämpningsförsök i höstvete 1995–2011. Skördenivå i den mest effektiva fungicidbehandlingen (lila) och obehandlade kontrollad (orange) (a), samt absolut (b) och relativ skördeökning (c).

3.4 Diskussion

Vår analys av 392 bekämpningsförsök 1995–2011 mot sjukdomar orsakade av bladfläcksvampar i höstvetete visade att skördeökningen i kilo per hektar för den kemiska behandlingen med högst skörd inte förändrades signifikant jämfört med obehandlat led under tidsperioden. När skördeökningen i stället beräknades i procent minskade skördeökningen under tidsperioden. Detta skulle kunna bero på att bladfläcksvampar blivit mindre vanligt förekommande i höstvetete under tidsperioden (Figur 2.1a) eller att preparaten blivit mindre effektiva. Oavsett orsaken kan skördeökningen i kilo per hektar prissättas och jämföras mot kostnaden för den kemiska behandlingen enligt de metoder som används i kapitel 4 i den här rapporten, och utgör därför ett bra underlag för en ekonomisk indikator. Bekämpningsförsöken mot sjukdomar i höstvetete och vårkorn är mest lämpliga för detta eftersom antalet försök är störst och mest kontinuerligt utförda. Vi bedömer att det inte är möjligt att utveckla liknande ekonomiska indikatorer för skadeinsekter baserade på bekämpningsförsök eftersom antalet försök är betydligt färre och mer ojämnt fördelade över tid. Vi kunde inom ramen för detta arbete dock inte komma hela vägen för att utveckla indikatorer för skördebortfall eller den ekonomiska nyttan med kemisk bekämpning. Vår begränsning till tidsperioden 1995–2011 beror till exempel på att vi arbetade med ett dataset som sammanställts från bekämpningsförsöken till ett tidigare forskningsprojekt. En stor skillnad för bekämpningsförsöken jämfört med de skadegörardata som analyserades i kapitel 2 är att försöken inte finns sammanställda på ett enhetligt sätt vilket skulle behövas för att komma vidare med arbetet. Bekämpningsförsöken är värdefulla, omfattande och har varit kostsamma att utföra. Vi föreslår därför att datalaggningen av bekämpningsförsök systematiseras på liknande sätt som redan gjorts för de skadegörardata som Växtskyddscentralerna samlar in. Vi föreslår vidare att de modeller vi presenterar används för att sammanfatta skördebortfall i bekämpningsförsök. Växtskyddscentralerna och SLU bör vara inblandade i detta arbete.

4. Kemisk behandling mot sjukdomar orsakade av svampar i spannmål – ekonomisk analys

4.1 Försöksmaterial

Fältförsök är mycket resurskrävande, och användningen av redan befintliga fältförsöksdata kan avsevärt minska kostnaderna för modellvalidering (Andersson m.fl., 2022). Utifrån försöksmaterial som erhållits av Jordbruksverkets växtskyddscentral i Linköping har det gjorts ekonomiska analyser av svampbehandling i höstvetete och vårkorn. De fyra områden som ingått i analysen har varit SVEA (Svealand), FiV (Försök i Väst), ÖSF (Östra Sverigeförsöken) och Skåne (Skåneförsöken). För höstvetete har det studerats både en och två bekämpningar per år medan för vårkorn har det endast studerats en bekämpning per år. Tidsseriernas längd ser olika ut för dels de olika försöksområdena, dels mellan höstvetete och korn. Detta har bl. a. haft betydelse för antal år som beaktats när det studerats bekämpningsekonomi för år med lågt- resp. högt svamptryck, där år med lågt- respektive högt svamptryck inte fastställts utifrån skördeökning.

Dels har det gjorts en huvudanalys, dels har det gjorts känslighetsanalyser. I huvudanalysen har priset på bekämpningspreparat för både höstvetete och korn varit 315 kronor för en behandling och 75 procent högre för två behandlingar. Själva körningen har antagits till 200 kronor per hektar och körning. Nedkörning i höstvetete har antagits vara 0,8 procent av skörden med en bekämpning och 40 procent högre med två bekämpningar. I korn har nedkörning antagits till 0,3 procent av skörden.

I den ekonomiska analysen av svampbekämpning har det räknats ut vid vilket nettoskördevärde på spannmålen som det i genomsnitt är lönsamt att bekämpa. Det värde som räknas fram är ett genomsnittligt värde för flera år och flera försöksplatser och varierar därmed beroende på enskilda förutsättningar. Det framräknade nettoskördevärdet, indikerar vad en ökad skörd måste vara värd för att det i genomsnitt skall vara lönsamt att bekämpa. Nettoskördevärdet på spannmålen är därför inte detsamma som spannmålspriset. Kostnaderna per hektar ökar med

ökad skörd och vinsten per hektar ökar med ökad skörd så länge som marginalkostnaden för att öka skörden inte överstiger priset för marginalsörden. Nettoskördevärdet beräknas genom att ta priset på spannmål minus kostnader som uppkommer vid ökad skörd. Exempel på sådana kostnader är att det tar längre tid att tröska vid högre skörd, samt att transportkostnader för spannmål, torkningskostnader och bortförsl av fosfor och kalium ökar. Vilka av dessa kostnader som uppkommer och storleken på dessa kostnader varierar mellan olika gårdar. Därmed är de nettoskördevärden som räknats fram lägre än spannmålspriset. Mer om kostnadsökningar vid ökad skörd finns i kapitel 6.2.1, tabell 6.4.

4.2 Resultat

För korn behöver nettoskördevärdet av ökad skörd vara mellan cirka 0,9 – 1,6 kronor per kilo beroende på område, för att bekämpning skall vara lönsam, i genomsnitt cirka 1,2 kronor per kilo korn.

För höstvetete med en behandling behöver nettoskördevärdet av ökad skörd vara mellan cirka 0,8 - 1,7 kronor per kilo beroende på område, för att bekämpning skall vara lönsam, i genomsnitt cirka 1,1 kronor per kilo. Dock är spridningen stor mellan de olika områdena.

För höstvetete med två behandlingar behöver nettoskördevärdet av ökad skörd i likhet med en behandling vara mellan cirka 1,0 - 1,7 kronor per kilo beroende på område, för att bekämpning skall vara lönsam, i genomsnitt cirka 1,3 kronor per kilo. Detta är endast 0,1 kronor per kilo högre än enbart en behandling.

4.3 Känslighetsanalyser

De känslighetsanalyser som gjorts är dels att både sänka skörden- och skördeökningen med 20 procent för att skördarna skall ligga närmare normskördarna. Dels har det gjorts en analys där det beräknats lönsamhet av svampbekämpning för de år med högst respektive lägst svamptryck. Antalet år för de olika områdena har varit beroende på vilka år som ingått i försöksmaterialet för respektive område. Beräkningarna har gjorts på de fem år med högst respektive lägst svamptryck, dock har det för vissa försöksområden blivit färre antal år när inte det funnits tillgängliga data för dessa fem år.

I höstvetete för år med högt svamptryck behöver nettoskördevärdet av ökad skörd vara mellan cirka 0,9 - 1,2 kronor per kilo beroende på område, för att bekämpning

skall vara lönsam, i genomsnitt cirka 1,0 kronor per kilo för att bekämpning skall vara lönsamt i höstvetete.

Tabell 4.1 Nettoskördevärde i kronor per kilo spannmål för att bekämpning skall vara lönsamt. I denna tabell anges både nettoskördevärden enligt huvudalternativ samt för känslighetsanalyser.

	Nettoskördevärde		
	Lägst	Högst	Alla områden
<u>Grundalternativ</u>			
Korn en behandling	0,9	1,6	1,2
Höstvetete en behandling	0,8	1,7	1,1
Höstvetete två behandlingar	1,0	1,7	1,3
Känslighetsanalyser			
<u>Endast år med lågt sjukdomstryck</u>			
Korn en behandling	1,6	2,2	1,8
Höstvetete en behandling	1,4	5,5	3,1
<u>Endast år med högt sjukdomstryck</u>			
Korn en behandling	1,0	1,2	1,0
Höstvetete en behandling	0,9	1,2	1,0
<u>20 % lägre skörd- och skördeökning än grundscenario</u>			
Korn en behandling	1,2	2,0	1,5
Höstvetete en behandling	1,0	2,2	1,4
Höstvetete två behandlingar	1,3	2,1	1,6

I höstvetete med en bekämpning för år med lågt svamptryck behöver nettoskördevärdet av ökad skörd vara mellan cirka 1,4 - 5,5 kronor per kilo beroende på område, för att bekämpning skall vara lönsam, i genomsnitt cirka 3,1 kronor per kilo. Skillnaden mot år med högt svamptryck är cirka 2,1 kronor per kilo höstvetete.

I korn med en behandling för år med högt svamptryck behöver nettoskördevärdet av ökad skörd vara mellan cirka 1,0 - 1,2 kronor per kilo beroende på område, för att bekämpning skall vara lönsam, i genomsnitt cirka 1,0 kronor per kilo.

I korn med en behandling för år med lågt svamptryck behöver nettoskördevärdet av ökad skörd vara mellan cirka 1,6 - 2,2 kronor per kilo beroende på område, för att bekämpning skall vara lönsam, i genomsnitt cirka 1,8 kronor per kilo. Skillnaden mot år med högt svamptryck är cirka 0,8 kronor per kilo korn, vilket är en betydligt mindre skillnad jämfört med för höstvetete som är 2,1 kronor per kilo höstvetete.

Skördeökning och ekonomiskt netto av svampbekämpning varierar mycket mellan åren (Wiik och Rosenqvist, 2010). Om det skulle gå att förutsäga före

bekämpningstidpunkt vilka år som har högt respektive lågt svamptryck skulle lönsamheten i svampbekämpning kunna ökas och då framför allt i höstvetete enligt ovanstående slutsatser. Enligt Djurle m.fl. (2018) kan logistisk regression möjliggöra identifiering och kvantifiering av relationer mellan kvantitativa och kvalitativa faktorer och hur de påverkar förutsättningarna för om svampbehandling är lönsam eller ej. Att använda kunskapen om betydelsen av olika faktorer, och deras inbördes samband, som ett planeringsverktyg skulle vara värdefullt inom växtodlingen enligt Djurle m.fl. (2018). Om lantbrukare för enskilda år i ett tillräckligt tidigt stadium har kännedom om det är lönsamt att bekämpa, anpassa storlek på preparatdos eller låta bli att bekämpa, skulle lönsamheten inom växtodlingen kunna förbättras.

4.3.1 Skillnad mellan försöksskördar och normskördar

De oviktade medelskördarna för höstvetete i bekämpningsförsöken med en behandling för Skåneförsöken, FiV, ÖSF och SVEA är 9518 kilo per hektar. Detta är avsevärt högre än normskördarna för höstvetete. Det produktionsområde som har högst normskörd är Götalands södra slättbygder med normskörden 7904 kilo per hektar för år 2020. Det län som har högst normskörd är Skåne län med normskörden 7842 kilo per hektar. Delar av Skåne län består av normskördeområdet Götalands södra slättbygder, men det finns även andra normskördeområden i Skåne med lägre avkastning än i normskördeområdet Götalands södra slättbygder. I svampförsöken med en behandling i Skåne är höstveteskörden 9942 kilo per hektar, vilket innebär att försöksskördarna för svampbekämpning är 27 procent högre än normskörden. För hela riket är oviktat genomsnitt för de fyra försöksområdena 9518 kilo per hektar. Normskörden i Sverige för höstvetete år 2020 var 6820 kilo per hektar vilket innebär att försöksskördarna för svampbekämpning i Sverige är 40 procent högre än normskörden eller omvänt är normskörden endast 72 procent av försöksskördarna. Att försöksskördarna är högre än normskördarna går att förklara med bl.a. att försök läggs på de delar av fältet som inte har skördestörande faktorer som t ex. vändtegar, sprutspår, svackor, trädkanter o.s.v. Därmed blir helt naturligt försöksruteskördarna högre än genomsnittlig skörd på fältet.

Ovanstående beräkningar antyder att försöksskördarna i svampbekämpning i höstvetete skulle behöva reduceras med 20 - 30 procent för att vara i nivå med normskördarna. Det är dock inte givet hur sambandet ser ut mellan skördens storlek och hur stor skördeökningen blir av bekämpning.

Tabell 4.2. Konventionell hektarskörd i kilo per hektar. Trimmat tioårsmedelvärde för län, produktionsområden och riket 2020, höstvetete.

Produktionsområden	Kilo per hektar
Götalands södra slättbygder	7 904
Götalands mellanbygder	6 872
Götalands norra slättbygder	6 817
Svealands slättbygder	5 802
Götalands skogsbygder	5 998
Mellersta Sveriges skogsbygder	5 510
Hela riket 2020	6 820

Källa: SCB, 2020

I en känslighetsanalys reduceras alla skördar och skördeökningar med 20 procent, för att testa hur lönsamheten skulle påverkas av ett linjärt samband mellan skördens storlek och skördeökningens storlek. Dock är det mycket som talar för att detta samband inte är linjärt i verkligheten och det är inte ens givet att det finns ett samband eller hur sambandet ser ut mellan skördens storlek och skördeökning. Med både en och två svampbehandlingar i höstvetete och en behandling i korn visar att det behövs ett spannmålspris som är cirka 30 öre högre per kilo spannmål om skörden och skördeökningen minskas med 20 procent.

Tabell 4.3. Skördar i kilo per hektar i svampförsöken under flertal år i höstvetete med en respektive två bekämpningar samt för korn med en bekämpning.

	Höstvetete	Höstvetete	Korn
	En beh.	Två beh.	
Skåne	9 942	9 935	8 095
FiV	9 442	9 894	6 769
ÖSF	9 758	9 743	7 036
SVEA	8 930	9 012	6 061
Medel	9 518	9 646	6 990

4.3.2 Skördeökning av bekämpning utifrån grundskörd

Utifrån 541 svampförsök i höstvetete och 359 svampförsök i vårkorn i områdena SVEA, FiV, ÖSF som utförts under flera år har det studerats samband mellan skördenivå, skördeökning och vid vilket nettoskördevärde som svampbekämpning är lönsam vid olika skördenivåer. Försöken är en mix av slumpmässigt utvalda försöksplatser samt riktade försök där man trots att det finns ett större svampbekämpningsbehov. Syftet i detta avsnitt är att se samband mellan olika

skördenivåer och vad värdet av spannmål behöver vara för att svampbekämpning för höstvetete och vårkorn skall vara lönsamt.

Tabell 4.4. Skörd och skördeökning i svampförsök för höstvetete. Skörd i kilo per hektar, skördeökning på grund av bekämpning i kilo per hektar, nettoskördevärde i kronor per hektar för att bekämpning skall vara lönsam samt antal försök som ligger till grund för resultaten. Den högra kolumnen avser samtliga skördenivåer och samtliga försök. Skördenivåer är grupperade utifrån grundskörd i kilo per hektar.

Skördeintervall	10000-12680	8000- 9990	6000-7990	3000- 5990	3000-12680
Skörd genomsnitt	10 837	8 833	7 056	5 014	7 609
Skördeökning	388	492	488	502	481
Nettoskördevärde	1,7	1,2	1,2	1,1	1,2
Antal försök	50	163	240	88	541

Utifrån tabell 4.5 kan vi se att höstvetete har lägst skördeökning vid högsta skördenivån, det vill säga grundskördar mellan 10 000 kilo per hektar och 12 680 kilo per hektar och därmed lägst lönsamhet av bekämpning vid de högsta skördenivåerna. Med grundskörd menas skörd i obehandlat led. Vid denna höga skördenivå krävs ett nettoskördevärde av merskörd på 1,7 kronor per kilo. Avkastningsnivåerna för höstvetete i skördeintervallen 3 000 kilo per hektar till 9 990 kg per hektar, har alla större skördeökning och det krävs endast ett nettoskördevärde på merskörden på 1,1 till 1,2 kronor per kilo. Skillnad i merskörd av svampbekämpning är relativt likartad för höstvetete i skördenivåerna 3 000 kilo per hektar till 9 990 kilo per hektar. Skördeökningen av svampbekämpning i höstvetete med skördenivå över 10 000 kilo per hektar är strax över 100 kilo lägre per hektar. En tänkbar förklaring till detta kan vara att det var låga angrepp och därmed hög skörd. Är det lite angrepp är det svårare att få en bekämpning lönsam, vilket visas i kapitel 4.3.

För vårkorn är slutsatserna likartade som för höstvetete med undantag för det lägsta skördeintervallet i vårkorn med grundskördar som är på 2 900 till 3 990 kilo per hektar. Detta lägsta skördeintervall i vårkorn har klart lägst skördeökning av svampbekämpning och det krävs klart högst nettoskördevärde på merskörden vilket är 2,5 kronor per kilo spannmål. I vårsäd med låg skörd är det inte ovanligt att det är torkskador som orsakar låg skörd. Då utgör troligen inte svampangreppen den begränsande faktorn för att få hög skörd. Liksom för höstvetete är skördeökningen av svampbekämpning lägre i det högsta skördeintervallet med skördar på 8 000 till 11 260 kilo vårkorn per hektar. Skördeökning och därmed lönsamhet av svampbekämpning är lägre än för de två mellersta skördenivåerna, det vill säga skördar mellan 4 000 och 7 990 kilo per hektar. Högst skördeökning av svampbekämpning i vårkorn är inom skördeintervallet 4 000 till 5 990 kilo per

hektar. I detta skördeintervall är merskörden av svampbekämpning 448 kg per hektar och det krävs ett nettoskördevärde av merskörden på 1,2 kronor per kilo, för att svampbekämpning skall vara lönsam. För skördar i vårkorn på över 8 000 kilo per hektar behöver nettoskördevärdet på merskörden vara minst 1,5 kronor per kilo vårkorn. I en studie av Husing m.fl. (2012) ledde svampbekämpning i vårkorn till 50-97 procent minskning av mjöldagg, ökad skörd med 11- till 17 procent samt tusenkornvikt med 6 – 10 procent.

Tabell 4.5. Skörd och skördeökning i svampförsök för vårkorn. Skörd i kilo per hektar, skördeökning på grund av bekämpning i kilo per hektar, nettoskördevärde i kronor per hektar för att bekämpning skall vara lönsam samt antal försök som ligger till grund för resultaten. Den högra kolumnen avser samtliga skördenivåer och samtliga försök. Skördenivåer är grupperade utifrån grundskörd i kilo per hektar.

Skördeintervall	8000- 11260	6000- 7990	4000-5990	2900- 3990	2900-11260
Skörd genomsnitt	8 813	6 718	5 186	3 525	5 927
Skördeökning	364	416	448	218	415
Nettoskördvärde	1,5	1,3	1,2	2,5	1,3
Antal försök	21	139	166	23	359

Sammanfattningsvis kan vi konstatera för höstvetete att högsta skördenivån enligt grundskördar, det vill säga över 10 000 kilo per hektar i obehandlat led, är minst lönsam att svampbekämpa medan de övriga skördenivåerna, under 10 000 kilo per hektar har en liknande lönsamhet av svampbekämpning. Vårkorn skiljer sig mot höstvetete vid låga skördenivåer. Vid lägsta skördenivån utifrån grundskördar, det vill säga obehandlade led på mindre än 4 000 kilo per hektar, är lönsamheten lägst av svampbekämpning. Högsta skördenivå på minst 8 000 kilo per hektar i vårkorn har lägre lönsamhet än svampbekämpning med skördenivåer på 4 000 till 8 000 kilo per hektar när det grupperas utifrån grundskördar.

I Hushållningssällskapets produktionsgrenskalkyler för år 2022 (Hushållningssällskapet, 2023) är kostnaden för bekämpningspreparat för svampbehandling i höstvetete till bröd upptagen till 456 kronor per hektar med skördenivån 6500 kilo per hektar och till 569 kronor per hektar vid skördenivåerna 8500 kilo resp. 9500 kilo per hektar. Denna skillnad orsakas av olika stora doser vid de olika skördenivåerna. Detta indikerar att det i praktiken är högre doser vid högre skördenivåer jämfört med vid en lägre skördenivå. Hur det görs i praktiken kan jämföras med resultat i detta kapitel utifrån utvärdering av ett stort antal försök där mycket pekar på att det inte är mer lönsamt att svampbekämpa i försöksled med högsta skördenivån på mer än 10 ton höstvetete per hektar jämfört med skördar som ligger på skördenivån därunder på 8 000 till 10 000 kilo per hektar.

4.3.3 Skördeökning av bekämpning utifrån skördepotential

I tabell 4.4 och tabell 4.5 grupperades skördenivåerna utifrån grundskördar, det vill säga skörd i obehandlat led. I tabell 4.6 grupperas i stället skördarna efter skördepotential i försöken, det vill säga bästa led i försöket. Hur grupperingen sker, påverkar vilka försök som hamnar i de olika skördenivågrupperna.

Liksom i tabell 4.4 är beräkningarna gjorda utifrån 541 svampförsök i höstvet.

Tabell 4.6. Skörd och skördeökning i svampförsök för höstvet. Skörd i kilo per hektar, skördeökning på grund av bekämpning i kilo per hektar, nettoskördevärde i kronor per hektar för att bekämpning skall vara lönsam samt antal försök som ligger till grund för resultaten. Den högra kolumnen avser samtliga skördenivåer och samtliga försök. Skördenivåer är grupperade utifrån skördepotential. Gruppering höstvet utifrån bästa led men skörd och skördeökning från bruksled i kilo per hektar.

Skördeintervall	10000-13230	8000- 9990	6000-7990	3500- 5990	3500-13230
Skörd genomsnitt	10 915	8 834	7 178	5 273	7 609
Skördeökning	495	496	478	408	481
Nettoskördevärde	1,3	1,2	1,2	1,4	1,2
Antal försök	92	198	198	53	541

När försöken grupperas utifrån skördepotential i stället för utifrån grundskörd, ökar skördeökning och därmed lönsamhet i försöksleden med högst skördenivå. Dock ligger alla tre grupperna med högst skördenivå i stort sett jämnt, det vill säga skördar över 6 000 kilo per hektar, där det inte är någon märkbar skillnad i skördeökning. Den lägsta skördenivån har något lägre skördeökning och därmed lägre lönsamhet än de tre övre grupperna i skördenivå. En tänkbar förklaring till att gruppen med den lägre skördenivån har lägre skördeökning av svampbekämpning är till exempel torra.

4.3.4 Skördeökning av en respektive två behandlingar

I ett annat försöksmaterial, som också tillhandahållits av Jordbruksverkets växtskyddscentral i Linköping inkluderas även Skåne samt fler försöksled. Här har försöken delats upp i dels de försök där det varit en svampbekämpning per år, dels försök med två svampbekämpningar per år. Gruppering av försöken i tabell 4.7 och tabell 4.8 har skett utifrån grundskörd ökad med skördeökning på grund av svampbekämpning. Tabell 4.7 visar resultat med en svampbehandling per år medan tabell 4.8 visar resultat för två svampbehandlingar per år.

Tabell 4.7. Skörd och skördeökning i svampförsök för höstvetete med en svampbehandling per år. Skörd i kilo per hektar, skördeökning på grund av bekämpning i kilo per hektar, nettoskördevärde i kronor per hektar för att bekämpning skall vara lönsam samt antal försök som ligger till grund för resultaten. Den högra kolumnen avser samtliga skördenivåer och samtliga försök. Gruppering av försöken har skett utifrån grundskörd i kilo per hektar ökad med skördeökning på grund av svampbekämpning.

Skördeintervall	10000- 13390	8000- 9990	6000-7990	3500- 5990	3500- 13390
Skörd genomsnitt	10 378	8 260	6 818	4 981	8 589
Skördeökning	608	533	335	21	499
Nettoskördevärde	1,0	1,1	1,8	>3	1,2
Antal försök	251	262	110	38	661

Att försöken i tabell 4.7 även innehåller Skåne kan vara en delförklaring till högre skördeökning och lönsamheten i svampbekämpning i tabell 4.7, jämfört med tabell 4.4 och tabell 4.5 i föregående avsnitt.

I tabell 4.7 med en svampbehandling per år finns det ett direkt samband mellan skördenivå och lönsamhet i svampbehandling. Dock är skillnaden i skördeökning mellan näst högsta och högsta skördegruppen relativt liten med endast 75 kilo per hektar. De två skördegrupperna med skördar under 8 000 kilo per hektar har däremot en betydligt lägre skördeökning av svampbekämpning än de två skördegrupperna med skördar över 8 000 kilo per hektar.

Tabell 4.8. Skörd och skördeökning i svampförsök för höstvetete med två svampbehandlingar per år. Skörd i kilo per hektar, skördeökning på grund av bekämpning i kilo per hektar, nettoskördevärde i kronor per hektar för att bekämpning skall vara lönsam samt antal försök som ligger till grund för resultaten. Den högra kolumnen avser samtliga skördenivåer och samtliga försök. Gruppering av försöken har skett utifrån grundskörd i kilo per hektar ökad med skördeökning på grund av svampbekämpning.

Skördeintervall	10000- 13390	8000- 9990	6000- 7990	3500- 5990	3500- 13390
Skörd genomsnitt	10 267	8 362	6 818	5 201	9 019
Skördeökning	635	694	370	74	610
Nettoskördevärde	1,4	1,2	2,6	>3	1,5
Antal försök	146	112	32	10	300

Slutsatserna från försöken med två svampbehandlingar per år är likartade som med en behandling per år. Med både en respektive två behandlingar per år är det måttlig skillnad i skördeökning mellan de två högsta skördenivåerna, det vill säga över 8 000 kilo per hektar. Det är endast 59 kilo per hektar som skiljer i avkastningsökning mellan de två högsta skördegrupperna. Dock är det med två svampbehandlingar gruppen med näst högst skörd som har högst skördeökning, medan med en svampbehandling är det gruppen med högst skörd som har störst skördeökning. För

de två försöksgrupperna med lägre skördenivå än 6 000 kilo per hektar är det ungefär samma slutsatser för en respektive två behandlingar. Dessa två grupper har klart lägre skördeökningar än de två försöksgrupperna med högre skördar än 8 000 kilo per hektar.

För samtliga fyra försöksgrupper krävs det högre nettoskördevärde med två behandlingar jämfört med endast en svampbehandling per år. Detta förklaras av att det kostar mer att svampbekämpa två gånger i stället för en behandling samt att skördeskillnaden mellan en respektive två bekämpningar inte är tillräckligt stor.

4.4 Sammanfattande punkter med koppling till svampbekämpning

- Enligt utförda beräkningar utifrån försökmaterial är det mycket stor skillnad i lönsamhet av svampbekämpning för år med högt svamptryck jämfört med år med lågt svamptryck. Om det skulle gå att förutsäga före bekämpningstidpunkt vilka år som har högt- respektive lågt svamptryck skulle lönsamheten i svampbekämpning kunna ökas och då framför allt i höstvetete, samtidigt som användningen av kemisk svampbekämpning skulle kunna minskas.
- Det är relativt stora skillnader mellan normskördar och skördar i försök. Detta föranleder frågan om vilka samband som finns mellan skördens storlek och skördeökning i svampbekämpning.
- För att jämföra svampbekämpningens lönsamhet inom olika skördenivåer har det stor betydelse för slutsatserna hur denna gruppering sker.
- Mycket pekar på att det inte är mer lönsamt att svampbekämpa i försöksled med högsta skördenivån på mer än 10 ton höstvetete per hektar jämfört med skördar som ligger på 8 000 till 10 000 kilo per hektar. Dock kan det finnas skillnader mellan de olika geografiska områdena.
- Det finns indikationer i beräkningarna på att lönsamheten i svampbekämpning är likartad för medelhöga- och höga skördenivåer, medan i låga skördenivåer är det mindre lönsamt att svampbekämpa.
- Två behandlingar i höstvetete kräver i genomsnitt 0,3 kr per kilo i högre nettoskördevärde, jämfört med endast en behandling. Skördeökningen är i genomsnitt 120 kilo per hektar högre, med två behandlingar jämfört med endast en behandling.

4.5 Fortsatt forskning

Det finns ett mycket stort datamaterial hos Jordbruksverkets växtskyddscentraler. Eftersom försöksmaterialet är så pass stort går det att dela upp i olika undergrupper för att finna ut när bekämpning är mer lönsam samt mindre lönsam. Till exempel kan grupperingar ske utifrån skördenivåer, geografisk belägenhet och ett antal andra variabler. Olika hypoteser kan ställas upp och testas med hjälp av försöksdata om bekämpning. Dessa analyser kan göras för olika typer av bekämpning i olika grödor. Prognosmodeller i syfte att kunna förutsäga bekämpningsbehov är också värdefullt för ökad lönsamhet i samband med växtskyddsåtgärder. Med ökad kunskap om när bekämpning är lönsam respektive inte lönsam kan svenskt lantbruks lönsamhet ökas, samtidigt som bekämpning kan minskas när det inte är lönsamt med bekämpningsåtgärderna. Även mängd aktiv substans per ton skördad vara är en intressant frågeställning att arbeta vidare med utifrån bl.a detta försöksmaterial.

5. Indikatorer för evolutionär hållbarhet

5.1 Vad är evolutionärt hållbart växtskydd och varför är det viktigt?

I ett växtskyddsarbete med god evolutionär hållbarhet används välfungerande strategier för att minska den evolution hos ogräs och skadegörare som gör att de överkommer resistensen hos grödor eller utvecklar resistens mot verksamma substanser som används inom växtskyddet (Karlsson Green m.fl., 2020). Det är av största vikt för ett hållbart växtskydd att sådana strategier finns, så att vi på bästa sätt kan utnyttja det resistenta sortmaterial och de verksamma substanser som kräver lång tid för utveckling och testning innan de kommer ut i användning. En viktig del i aktiva strategier för att motverka utbredd resistens mot kemiska substanser är att växla mellan olika typer av preparat. När verksamma substanser inte längre har önskad effektivitet och därför försvinner som ett möjligt alternativ har det därför en negativ påverkan på hållbarheten både på kort och lång sikt: På kort sikt eftersom lantbrukaren förlorar en möjlighet att begränsa skadorna i grödan och på lång sikt eftersom det försvårar möjligheten att variera preparaten och begränsa framtida resistensspridning (Corkley m.fl., 2022). Både de kortsiktiga och de långsiktiga effekterna kommer också att påverkas av att aktiva substanser försvinner från marknaden av andra anledningar, till exempel på grund av negativa effekter på användare eller miljö.

Hur länge en sort har fungerande resistens eller en aktiv substans är verksam mot en skadegörarpopulation beror delvis på hur väl utvecklade strategier som används i lantbruket, men är även beroende av andra faktorer: den genetiska bakgrunden till resistensen hos resistenta sorter, egenskaper hos den verksamma substansen i kemiska växtskyddsmedel, skadegörarnas biologi och förmåga till anpassning och spridning, och olika typer av miljöfaktorer såsom temperatur.

Förändringen i effektivitet hos kemiska preparat märks i de bekämpningsförsök som genomförs (jämför med kapitel 3 och 4). Genom dem kan förekomst av resistens mot enskilda verkningsmekanismer kartläggas, liksom den generella trenden hos de preparat som finns tillgängliga. Mer detaljerade data om hur

resistensproblematiken ser ut kan fås genom studier på isolat eller populationer av skadegörare.

Information om förekomst av fungicidresistens i patogenpopulationer finns från olika vetenskapliga studier. Till exempel gjordes nyligen en europeisk kartläggning av resistens mot olika typer av fungicider hos *Zymoseptoria tritici*, som orsakar svartpricksjuka. Den visade att det finns omfattande problem med resistensutveckling i Irland och Storbritannien, men att problemen i Sverige ännu är relativt begränsade jämfört med situationen i flera av de andra länder som ingick i studien (Hellin m.fl., 2021). Jordbruksverket låter också testa vissa isolat från de referensförsök där fungicider testas, men den testningen är kostsam och görs därför enbart i begränsad skala.

På liknande sätt utförs resistenstester för ogräs och skadeinsekter. Bland skadeinsekter har de mest systematiska resistenstesterna gjorts på rapsbaggar. För rapsbaggar utförs årligen standardiserade laborietester där insekter samlas in från rapsfält på olika platser i landet och testas för resistens mot vanligt använda preparat. En sammanfattning av kunskapen om ogräs, insekter och svampars resistens mot växtskyddsmedel i Sverige finns i broschyren Resistens (Svenskt Växtskydd, 2022).

5.2 Möjliga indikatorer för evolutionär hållbarhet

Även om resistensutvecklingen inte övervakas heltäckande i Sverige genomförs årligen många resistenstester som finns sammanfattade i broschyren Resistens (Svenskt Växtskydd, 2022). I denna finns det sammanställningar av kända resistens för kombinationer av skadegörare och aktiva ämnen för såväl insekter som ogräs och svampar. Informationen är semi-kvantitativ och anger till exempel om en viss resistens är utbredd eller mer sporadisk. Sådan information kan summeras till antalet kända resistenskombinationer och följas upp över tid. Broschyren tar upp samtliga kända resistenser och när de första fallen blev kända. Även resistens mot preparat som inte längre används ingår och vi föreslår att sådana resistensfall inte räknas med in en kvantitativ sammanställning av resistenssituationen från och med det år som preparatet slutade användas. Antalet resistenskombinationer för preparat som fortfarande används var exempelvis 2022 cirka 50 styck, varav merparten gäller herbicider. Detta skulle kunna användas som ett indikatorvärde för resistens och kontinuerligt följas upp över tid.

Antalet resistenser kan också sättas procentuellt i relation till det totala antalet tillgängliga preparat som kan användas mot skadegörare, eftersom ett visst antal

resistenser kan antas vara mer allvarligt om det finns ett lägre antal totalt tillgängliga preparat. Detta skulle kräva att antalet totalt tillgängliga kombinationer av skadegörare och preparat som finns tillgängliga först sammanställs.

Om avsikten med en indikator är att spegla vilken tillgång lantbruket har till resistent sortmaterial eller verksamma kemiska substanser kan en indikator utvecklas baserat på antalet tillgängliga sorter med resistens mot sjukdomar eller antalet verksamma substanser eller verkningsmekanismer som finns tillgängliga mot specifika skadegörare. En sådan indikator skulle även kunna viktas baserat på tillgänglig information om hur utsatta de olika verkningsmekanismerna anses vara för resistensbildning. Omvänt kan lantbrukets utsatthet i dessa frågor illustreras genom sammanställningar av antalet betydelsefulla skadegörare där verksamma substanser saknas eller där bara ett fåtal substanser finns tillgängliga. En nackdel med sådana indikatorer är att de påverkas såväl av resistensutveckling mot tillåtna verksamma substanser som av regelförändringar eller marknadsmässiga förändringar som gör att preparat inte längre registreras.

6. Ekonomiska aspekter på diversifiering med avseende på hållbart växtskydd

6.1 Bakgrund

Enligt Lundin och Friberg (2022) stärker diversifiering det hållbara växtskyddet. På lång sikt kan minskning av skadegörare ge ekonomiska vinster för både odlare och samhället enligt Lundin och Friberg (2022). På kort sikt kan dock enligt Lundin och Friberg (2022) odlingens lönsamhet påverkas negativt. Därmed är det viktigt att studera ekonomiska konsekvenser av diversifiering, påverkan på växtskyddsmedelsanvändning samt ekonomiska faktorer för att lantbrukare skall vara intresserade av ökad diversifiering.

I rapporten föreslås att diversifiering i form av odlad mångfald ska stödjas ekonomiskt i syfte att stärka växtskyddets hållbarhet. Författarna anger att det finns ett starkt stöd för att en ökad odlad mångfald (diversifiering) stärker växtskyddet. I följande avsnitt utreds närmare vad diversifiering kan vara och hur ekonomiska aspekter påverkar möjligheten till ökad odling av grödor som i dagens växtföljder innebär en ökad odlad mångfald

6.2 Vad är diversifiering?

Det är inte helt givet hur diversifiering i ett givet område skall definieras. Hur många sorter, arter, grödgrupper och även landskapstyper som finns i ett visst område och deras relativa förekomst är ett vanligt sätt att definiera diversitet. Fler varianter (till exempel grödor) ökar alltså diversiteten, liksom ett utjämnande av proportionerna. Ett exempel på enkel definition av diversifiering i en situation då definitionen skall användas i samband med ekonomiska stöd för diversifiering, är om en gröda eller grödkod vid ansökan om jordbrukarstöd (SAM-ansökan) understiger till exempel 10 procent av åkerarealen inom ett normskördeområde. Om man vill komplicera definitionen lite mer går det även att dela upp grödorna i

grödgrupper som till exempel spannmål i en grupp. Det går förstås både att kombinera enskilda grödor mindre än 10 procent och grödgrupper som mindre än till exempel 50 procent spannmål av åkerarealen.

En annan aspekt på diversifiering är vilken eller vilka grödor som ersätts vid diversifiering. Om t ex ökad odling av ensilagemajs till stor del ersätter vallodling kan man fundera på vad som uppnåtts med diversifieringen och om de uppnådda effekterna är önskvärda. Hur stor andel av åkerarealen som är vall respektive majs är en av faktorerna som påverkar om det är positivt eller negativt ur diversifieringssynpunkt att byta ut vall mot majs.

Ytterligare en aspekt är hur den totala energi- och proteinproduktionen per hektar åker ändras med diversifiering. En ökad energi- och proteinproduktion per hektar skulle teoretiskt sett kunna utnyttjas till att annan mark används till att producera mer miljönyttor per hektar åkermark, än vad de traditionella grödorna gör.

6.3 Ekonomiska aspekter på ökad diversifiering

Enligt Lundin och Friberg (2022) innebär en varierad växtföljd på fältet och en variation av grödor i landskapet minskad förekomst av skadegörare. Inom SLF-projektet "Riskanalys och riskhantering i Växtodlingsföretag - V1146028" studerades olika variablers påverkan på ekonomisk risk i växtodlingsföretag. I projektet ingick 14 växtodlingsföretag under fem år. En slutsats i studien var att gårdar med fler grödor uppvisade både lägre ekonomisk risk och högre lönsamhet än de gårdar som hade färre antal grödor (Petersson, Rosenqvist, Nilsson, 2014). En viktig förklaring till både den lägre risken och ökade lönsamheten var att de grödor som inte var så kallade basgrödor var framför allt sockerbetor som ofta är en lönsammare gröda än spannmål. Andra exempel på gröddiversifiering var konservärt och gräsfröodling. En slutsats i denna studie för att hantera risken i växtodlingsföretag är bland annat att diversifiering är mycket bra, men tål inga mindre lönsamma grödor om den ekonomiska risken ska reduceras. Slutsatsen av detta är att det finns begränsande faktorer när det gäller att stärka det hållbara växtskyddet genom diversifiering.

Enligt Schaak m.fl. (2023) har diversifiering minskat förluster genom skadedjur och stabiliserat skördarna under negativa effekter av klimatförhållanden.

Enligt Nilsson m.fl. (2022) förbättrar diversifierad växtodling ekosystemets funktioner och minskar behovet av växtskyddsinsatser. Det finns positiva samband mellan förbättrat ekonomiskt resultat och ökad funktionell diversifiering (Nilsson

m.fl., 2022). Stora och medelstora gårdar i Sverige kan gynnas ekonomiskt av ökad funktionell diversitet (Nilsson m.fl., 2022).

I Tidåker m.fl. (2016) har spannmålsdominerade växtföljder där vall införts i växtföljderna studerats. Detta är ett sätt att öka diversifieringen på både gårdsnivå och landskapsnivå i slättbygderna. I dessa växtföljder har vall antingen ersatt vårspannmål eller höstvetete med spannmål som förfrukt. Därmed kan det vara relevant att jämföra vårspannmål den gröda som det diversifieras med.

Tabell 6.1 med siffror från HS efterkalkyler för 2021 (Hushållningssällskapet, 2022) visar lönsamhet i höstvetete och malkorn samt några icke spannmålsgrödor för att se vilka grödor som det kan vara ekonomiskt intressant att öka, om det är önskvärt att uppnå en ökad diversifiering. Skördenivåerna i tabell 6.1 är dock relativt höga för svenska förhållanden. Skördenivån för ”låg skörd” för malkorn är 5000 kilo, ”mellanhöj” skördenivå 6300 kilo och för hög skördenivå 7800 kilo. Normskörden år 2020 för konventionellt vårkorn var för hela Sverige 4882 kilo per hektar (SCB, 2020). Även prisnivån på flertalet grödor är högre än flera av de föregående åren, vilket gör att täckningsbidragen därmed blir högre än under de föregående åren och då framför allt för bland annat spannmål och oljevaxter.

Tabell 6.1. Täckningsbidrag 2 i kronor per hektar enligt Hushållningssällskapets efterkalkyler för 2021 vid tre olika skördenivåer för olika grödor.

Gröda	Låg skörd	Mellanhöj	Hög skörd
Höstvetete, bröd	4 477	6 939	9 453
Malkorn	3 597	5 992	8 939
Höstraps	12 722	15 524	18 313
Vårrops	6 290	8 010	10 284
Foderärt	-880	1 076	3 006
Konservärt	-1 713	1 163	3 489
Åkerböna	-795	1 015	2 695
Bruna bönor	2 582	4 140	5 698
Oljelin	3 228		5 878
Sockerbetor	2 200	6 275	10 347
Matpotatis	11 812	22 364	33 487
Fröodling (olika grödor)	967	659	3 996

Utifrån tabell 6.1 kan konstateras att både ökad areal höstraps men även vårrops, på bekostnad av malkorn, ökar lönsamheten för samtliga tre skördenivåer. Dock odlas det redan relativt mycket raps i många områden i Sverige, men inte överallt. Matpotatis är också ekonomiskt intressant på marker där det passar. På marker med

lägre bördighet är det relativt liten skillnad i lönsamhet mellan malkorn och oljelin. Om växtföljdsaspekter beaktats hade troligen oljelin varit lönsammare än malkorn på marker med låg bördighet. Med mellanhög och hög skördenivå är sockerbetorna en ekonomiskt intressant gröda. Ökad odling av höstraps, vårraps, oljelin, sockerbetor och matpotatis är intressant på rätt marker även utan beaktande av växtföljdseffekter. Sockerbetor begränsas av att det endast finns ett sockerbruk i Sverige. Det finns dock en risk för att vissa mindre vanliga grödor koncentreras till vissa områden där de lokalt blir vanliga, vilket motverkar diversifieringen i landskapet. Till exempel är det stora arealer potatis söder om Kristianstad och sockerbetor är en vanlig gröda på de bördigare markerna i Skåne, trots att sockerbetsodlingen i Sverige endast är cirka 30 000 hektar år 2020.

Växtföljdseffekter är inte beaktade i tabell 6.1. Växtföljdseffekterna skiftar mellan olika grödor. I Tidåker m.fl. (2016) uppvisades totala växtföljdsfördelar på 1986 kronor per hektar vall för Skåne, 1554 kronor per hektar vall för Västra Götaland samt 1329 kronor per hektar vall för Uppsala län av att införa vall i spannmålsdominerade växtföljder. Beaktas växtföljdseffekterna kan i vissa fall bruna bönor och oljelin bli intressant på marker med medelhög skörd eller lägre skörd. Baljväxter levererar även kväve till nästföljande gröda. Utnyttjandet av detta kväve påverkas av vilken gröda som odlas efter baljväxterna.

Utöver vissa grödor ökar diversifiering i landskapet leder även vissa av grödorna som det diversifieras med, mindre bekämpning än i spannmål, oljeväxter, sockerbetor och potatis. Exempel på sådana grödor är vall, salix och rörflen. Enligt kalkyler upprättade av Rosenqvist (Jordbruksverket, 2019) är salix ekonomiskt intressantare än korn på marker som tillhör den lägre halvan i bördighet.

Tabell 6.2. Resultat i kronor per hektar för olika grödor vid olika fältyper i Svalövs kommun.

	0,75A	1,50A	3,00A	6,00A	12,00A	0,75B	1,50B
Vårkorn	-4 902	-3 230	-2 575	-1 992	-1 718	-6 221	-4 606
Vårkorn extensiv	-5 376	-3 901	-3 303	-2 812	-2 543	-6 453	-5 052
Höstvete	-2 877	-1 153	-400	179	459	-4 342	-2 635
Höstvete extensiv	-4 297	-2 720	-1 891	-1 584	-1 301	-5 337	-3 889
Vall, ensilage, hackv lagr	-2 590	-1 498	-965	-603	-429	-4 187	-2 906
Vall, ensilage utan N, hackv lagr	-1 982	-945	-470	-156	31	-3 289	-2 091
Vall, hö	-4 282	-2 420	-1 565	-890	-503	-6 107	-4 476
Vall, hö utan N	-1 984	-1 145	-774	-481	-299	-2 667	-1 982
Rörflen	-3 720	-3 296	-3 087	-2 925	-2 801	-4 359	-3 833
Rörflen utan N	-3 010	-2 582	-2 525	-2 245	-2 245	-3 539	-3 039
Träda	-1 249	-1 040	-974	-908	-885	-1 369	-1 210
Salix	-2 675	-1 505	-969	-571	-351	-3 795	-2 705
Salix utan N	-2 136	-1 482	-1 180	-941	-810	-2 757	-2 152

Källa: Nilsson och Rosenqvist (2019)

Nilsson och Rosenqvist (2019) har studerat lönsamhet för olika grödor med olika fältstorlek och olika arrondering. Hektarresultaten redovisas i tabell 6.2. I kolumnhuvudet anger siffran fältstorlek i hektar, bokstaven A att det är relativt bra fältformer och bokstaven B att det är sämre fältformer.

Som syns i tabell 6.2 leder dock små fält med dålig arrondering till en dyr livsmedelsproduktion. Även salix är dyrt att producera på små fält med dålig arrondering. På de minsta fälten är träda det bästa ekonomiska alternativet. Att odla spannmål på små fält är inte ekonomiskt intressant. Med 2017 års prisetförhållanden är inte kornodling ekonomiskt intressant ens på de största fälten i Svalövs kommun. Enligt tabell 6.2 är träda mer ekonomiskt än höstvetete på de minsta fälten med 2017 års prisförutsättningar. Om vi jämför lönsamheten i Nilsson och Rosenqvist med kalkylerna i HS 2022 kan vi konstatera att prisnivåerna för de olika åren har stor betydelse för lönsamheten vid jämförelser av olika alternativ för markanvändningen.

Generellt kan vi se att de extensiva odlingsalternativen, d.v.s. utan kvävegödsling, tappar mindre i resultat per hektar jämfört med de mer intensiva alternativen. Rörflen och salix utan gödsling är de alternativ som förlorar minst på att åkrarna är små med dålig arrondering. Dock är det här inte räknat med stängselkostnad för salix. Spannmålsodling tappar mycket i lönsamhet när fälten blir små och arronderingen dålig.

I Rosenqvist m.fl. (2014) studeras olika markanvändning på stora fält, normala fält, vändtegar, kantzoner, små oregelbundna fält samt fält med låg bördighet i fyra kommuner. I samtliga fyra kommuner var träda lönsammare än vårkorn för vändtegar, små oregelbundna fält samt fält med låg bördighet. För alla fyra studerade kommunerna, utom den med högst bördighet, var träda lönsammare än korn på kantzonerna.

Utifrån ovanstående kan slutsatsen dras att det finns marker som är lönsammare att träda än att odla korn på. Dock är det stora skillnader mellan olika år beroende på prisnivåer.

6.4 Förfruktseffekter

I lönsamhetsjämförelserna är förfruktseffekter inte beaktade. En av förfruktseffekterna är skördepåverkan. I denna förfruktseffekt finns bland annat effekter av ändrad växtnäringseffekt av förfruktsgrödan men även ändrat sjukdomstryck på grödan. Det ekonomiska värdet av ändrad skörd varierar förstås över tid med olika prisetförhållanden, vilka har varierat kraftigt under 2020 till 2022.

Tabell 6.3. Översikt över förfruktseffekter av olika grödor med stråsåd (höstvetete, vårvete, råg och korn) som eftergröda och med samma stråsådesgrödor (höstvetete, vårvete, råg respektive korn) som referensförfrukt: skördeökande verkan, utnyttjbart jord- och förfruktskväve, samt ekonomiskt värde i 2020 års prisnivå.

Förfrukt	Eftergröda	Skördeökande verkan, kilo/hektar	Utnyttjbart jord- och förfruktskväve	Värde ökad skörd, kronor/hektar
Havre	Höstvetete	700	0	0
	Vårvete	200-400	0	0
	Korn	0-200	0	0
Baljväxtvall (slåttervall)	Höstvetete	700-1000	35-40	1148
	Vårvete	400-650	35-40	751
	Korn	400-600	35-40	635
Gräsvall (slåttervall)	Höstvetete	300-500	0-20	540
	Vårvete	0-300	0-20	214
	Korn	0-300	0-20	182
Blandvall (slåttervall)	Höstvetete	900	30	1215
	Vårvete	500	30	715
	Korn	500	30	605
Foderärter	Höstvetete	1000	20-30	1350
	Vårvete	700		1001
	Korn	500	20-25	605
Åkerbönor	Vårvete	500-950	20	930
	Korn	500-800	20	786
Höstraps	Höstvetete	1000-1200	25-30	1485
Våroljeväxter	Höstvetete	700-1000	15	1148
	Vårvete	500-1000		1072
	Korn	500		605
Socketbetor	Höstvetete	1000	20	1350
	Korn	500-1000	10-30	908
Potatis	Korn	600-1000	±0	968
	Havre	800		1040
Träda*				
<i>Mekanisk träda</i>	Höstvetete	1000	45 (30)**	1350
<i>Kemisk träda</i>	Höstvetete	900	35 (25)**	1215
	Vårvete	500		
Grönsaker***	Korn	700-900***	20-30	968

(Källa Lindén 2008, utom värde ökad skörd som är egen beräkning)

*) Mekanisk träda = traditionell svartträda med jordbearbetning vid behov under sommaren för bekämpning av ogräs. Kem. träda = stubbträda med kem. bekämpning av ogräs före brytning av trädan genom plöjning.

***) Siffra utan parentes: östra Sverige, siffra inom parentes: bedömt för södra och västra Sverige.

****) Avser ärter, kålrot, blomkål och lök i jämförelse med förfrukt havre, med här beräknade N-efterverkansvärden motsvarande 19, 21, 22 respektive 27 kilo N/ha (jämfört med havre).

I SCBs skördestatistik finns det en stor blandning av grödor som både haft bra- och dåliga förfrukter. Därmed är det inte lämpligt att lägga samman hela förfruktseffekten i tabell 6.3 med SCBs skördestatistik, om man är ute efter att se hur lönsamheten skulle varit med bra förfrukter.

För att beräkna det ekonomiska värdet av ökad skörd reduceras intäkterna med kostnader som ökar med på grund av skördeökningen. Nedan görs en exempelberäkning av värdet av ökad skörd.

Tabell 6.4. Exempelberäkning av värde av ökad skörd i kronor per kilo spannmål

Kostnader och värde ökad skörd	Kronor per kilo spannmål
Bortförsel P, 3 kilo per ton	0,07
Bortförsel K, 5 kilo per ton	0,04
Tröskning	0,07
Torkning	0,10
Transport	0,05
Summa marginalkostnader per kilo	0,33
Pris spannmål	1,68
Nettovärde ökad skörd	1,35

Utifrån tabell 6.4 kan vi se att kostnaderna av ökad skörd är 0,33 kronor per kilo i ökad skörd. Värdet av ökad skörd blir därmed 1,35 kronor per kilo för höstvetete med ett höstvetetepris på 1,68 kronor per kilo i ovanstående exempelberäkning. Samma kostnader har använts vid beräkning av nettoskördevärde av korn, vårvete och havre i tabell 6.4. För vårvete blir värdet av ökad skörd 1,43 kronor per kilo, för malkorn 1,21 kronor per kilo och för grynhavre 1,30 kronor per kilo med 2020 års prisnivå.

6.5 Växtskyddsmedelsanvändning och lönsamhet i diversifierande grödor

Om syftet med diversifiering till stor del är att minska växtskyddsmedelsanvändningen är det viktigt att jämföra bekämpning i spannmålsodling med de grödor det skall diversifieras med. Ett sätt att jämföra bekämpning av olika grödor utifrån grödkalkyler, är att se på kostnaderna för bekämpning.

Vidare har lönsamheten i de olika grödorna stor betydelse för i vilken omfattning lantbrukare har intresse av att odla andra grödor. Lönsamheten i tabell 6.5 avser år

2021. Det har varit extremt stora skillnader i kostnader och intäkter mellan de olika åren under perioden 2020 till 2022, vilket försvårar att dra framåtsyftande slutsatser utifrån lönsamhetsförhållanden för åtminstone åren 2021 och 2022. Uppgifter om bekämpningskostnader och täckningsbidrag 2 i tabell 6.5 kommer från Hushållningssällskapet (2022).

I täckningsbidrag 2 i tabell 6.5 är det inte beaktat förfruktseffekter så som ökad skörd i andra grödor i växtföljden, minskat behov av kvävegödsling eller ändrat bekämpningsbehov i efterkommande grödor. Det är ofta de mindre lönsamma grödorna och inte genomsnittsgrödan i växtföljden som ersätts med grödan det diversifieras med. Detta gör att grödor det diversifieras med i många fall är lönsammare än vad täckningsbidrag 2 visar i tabell. 6.5 En viktig anledning till att inte växtföljdseffekter beaktas är att dessa växtföljdseffekter ser olika ut för olika gårdar bland annat beroende av hur den övriga växtföljden ser ut.

Tabell 6.5. Växtskyddsmedelskostnader i kronor per hektar och täckningsbidrag 2 (TB 2) i kronor per hektar för olika grödor med mellan hög skördenivå enl. Produktionsgrenskalkyler för växtodling för år 2021 - Södra Sverige (Hushållningssällskapet, 2022).

Gröda	Växtskyddsmedelskostnad	TB 2
Höstvete bröd	1 178	6 939
Malkorn	766	5 992
Grynhavre	536	5 745
Höstraps	1 844	15 524
Foderärt	1 026	1 076
Konservärt	1 026	1 163
Åkerbönor	1 026	1 015
Bruna bönor	649	4 140
Oljelin	587	4 553
Socketbetor	2 168	6 275
Matpotatis	4 968	22 364
Industripotatis	7 608	12 592
Stärkelsepotatis	6 060	4 905
Kärnmajs	1 154	3 416
Majs, ensilage	829	-444
Slåttervall ensilage*	189	-451
Träda, svartträda	0	-611
Träda, långliggande träda	0	-499
Fröodling, Rödklöver	1 868	967
Fröodling, Timotej	1 056	659
Fröodling, Rödsvingel	1 994	3 966

* Prissättningen av grödan är ej jämförbar med avsalugrödor.

6.5.1 Växtskyddsmedelskostnader och lönsamhet i diversifieringsgrödor

Baljväxtgrödorna foderärt, konservärt och åkerbönor ligger högre än vårspannmålen korn och havre i Växtskyddsmedelskostnad, men lägre än höstvetete. Dock påverkar införande av diversifieringsgrödor både övriga grödors fördelning i växtföljden och även andra grödors bekämpningsbehov. Om diversifiering med foderärt, konservärt och åkerbönor kommer att minska eller öka den totala bekämpningskostnaden i växtföljden är inte givet. Alla tre baljväxtgrödorna har klart lägre lönsamhet än korn och havre med 2021 års priser. Med högre kvävepriser än de som gällde för år 2021 kan dock lantbrukares intresse av att odla baljväxtgrödor öka, då dessa inte behöver kvävegödsas och dessutom efterlämnar kväve till efterkommande gröda.

Bruna bönor och oljelin har lägre växtskyddsmedelskostnad än både korn, havre och höstvetete. Utöver diversifieringseffekter minskar växtskyddsmedelskostnaderna med bruna bönor och oljelin. Det är dock relativt små arealer av dessa två grödor som odlades år 2020 i Sverige. Bruna bönor och oljelin har något lägre lönsamhet än vårspannmål under 2021. Växtnäringsbehovet är dock lågt för både bruna bönor och oljelin jämfört med spannmål, vilket gör dessa grödor intressantare jämfört med spannmål då växtnäringspriserna är höga.

Höstraps, sockerbetor och potatis har betydligt högre växtskyddsmedelskostnader än höstvetete, vilket innebär att även om diversifieringseffekten skulle vara hög är sannolikheten stor att de sammanlagda bekämpningskostnaderna ökar med höstraps, sockerbetor och potatis i växtföljderna. Lönsamheten i höstraps, matpotatis och industripotatis är klart högre än för spannmålsgrödorna, vilket gör att de ekonomiska argumenten finns för att lantbrukarna skall vara intresserade av dessa grödor med de prisförutsättningar som gällde år 2021.

Kärnmajs ligger i nivå med höstvetets växtskyddsmedelskostnader och ensilagemajs ligger mellan höstvetets och malkorn och havres växtskyddsmedelskostnader. Därmed blir det avgörande vilka grödor majsen ersätter om majsen i sig själv skall minska bekämpningskostnaderna. Kärnmajs uppvisar för 2021 en lägre lönsamhet än malkorn och grynshavre. Priset på ensilagemajs är inte framtaget på samma sätt som avsalugrödorna, vilket gör att täckningsbidrag 2 inte blir direkt jämförbart med spannmålsgrödorna.

Slåttervall och träda har en avsevärt lägre växtskyddsmedelskostnad än övriga studerade grödor. Med vall och träda har vi både en minskad användning av växtskyddsmedel och en diversifieringseffekt. Bekämpningsbehovet i andra grödor kan minska med vall i växtföljden. Ett exempel på detta är minskad

renkavleförekomst med flerårig vall i växtföljden. Priset på slåttervall är liksom för ensilagemajs inte framtaget på samma sätt som avsalugrödorna, vilket gör att täckningsbidrag 2 inte blir direkt jämförbart med spannmålsgrödorna. Träda är med 2021 års priser i stort sett endast intressant på marker med svaga odlingsförutsättningar som fält med låg bördighet eller dålig arrondering.

Fröodlingar med rödklöver och rödsvingel har högre växtskyddsmedelskostnader än veteodling. För timotej är däremot växtskyddsmedelskostnaden strax under höstvete, men högre än för korn och havre. Om timotej minskar den totala bekämpningskostnaden är dels beroende av vilka grödor timotej ersätter och dels diversifieringseffekterna. Rödsvingel är den av vallfrögrödorna som uppvisar högst täckningsbidrag 2 av de tre vallfrögrödorna. Dock är täckningsbidrag 2 cirka 2 000 kronor lägre per hektar än för vårspannmålen. I använda produktionsgrenskalkyler från Hushållningssällskapet (2022) är det samma hektarkostnad för underhåll och drivmedel för traktorer och redskap i fröodlingskalkylerna som för vårspannmål. Kostnader för traktorer och redskap är troligen lägre för vallfrögrödorna än för vårspannmål, vilket gör att vallfrögrödornas resultat underskattas i förhållande till resultatet i spannmålsodling. I fröodling av rödklöver används det inte mineralgödselkväve, vilket i likhet med andra baljväxter innebär att rödklöverodlingens konkurrenskraft mot spannmålsgrödor stärks med högre kvävepriser. Dessutom minskar rödklöver behovet av kvävegödsling i efterföljande gröda.

6.5.2 Växtskyddsmedelsanvändning i Sverige

Enligt SCB (2022) var den totala mängden aktiv substans till åkergrödor 727 ton år 2021. Ogräsmedel stod för 73 procent av den aktiva substansen, svampmedel 21 procent och insektsmedel stod för 2 procent av den aktiva substansen. Detta innebär att minskning av insektsmedel har mycket liten betydelse för att minska mängden aktiv substans som används i Sverige. Även om mängden aktiv substans fördelas enligt ovan skiljer sig riskbilden för olika typer av växtskyddsmedel. Den följande analysen utgår enbart från mängden aktiv substans. Användning av tillväxtreglerande medel svarade år 2021 för 5 procent av använd aktiv substans i åkergrödor. För minskad växtskyddsmedelsanvändning kan därmed åtgärder kopplade till minskad användning av ogräspreparat misstänkas ha störst betydelse på den totala kvantiteten aktiv substans som används i svenska åkergrödor.

Den beräknade användningen av glyfosat var 612 ton under år 2021. Den största användningen var på hösten efter skörd i obearbetad stubb som stod för hälften av användningen. Glyfosat utgör därmed en betydande andel av den totala växtskyddsmedelsanvändningen i Sverige (SCB, 2022).

6.5.3 Växtskyddsmedelsanvändning i olika grödor

Tabell 6.6 visar mängd aktiv substans per gröda och per hektar. Utifrån tabell 6.6 kan det konstateras att sockerbetor, potatis samt bär-, grönsaks- och fruktodlingar har en avsevärt högre hektarförbrukning av aktiv substans jämfört med spannmålsodling.

Tabell 6.6. Användning av växtskyddsmedel i enskilda grödor 2020/2021. Samtliga medel. Förbrukad mängd aktiv substans, kilo per hektar. (SCB, 2022)

Hela landet	Aktiv substans
Gröda	Kilo / hektar
Höstvete	0,77
Vårvete	0,42
Råg	0,94
Vårkorn	0,47
Höstkorn	1,00
Havre	0,45
Rågvete	0,61
Blandsäd	0,21
Höstraps	0,37
Vårraps	0,26
Höstrybs	..
Vårrybs	..
Oljelin	0,70
Matpotatis	2,13
Stärkelsepotatis	2,97
Sockerbetor	2,38
Ärter	0,58
Konservärter	0,60
Bruna bönor	..
Åkerbönor	0,61
Frövall	0,63
Slätter- och betesvall	..
Grönfoder	..
Majs	0,11
Jordgubbsodling	2,25
Grönsaksodling	1,65
därav morot	2,23
därav matlök	4,71
Fruktodling	6,09
därav äpple	5,97
Övriga grödor	0,94

Källa: SCB 2022

Inom spannmålsodlingen kan det utifrån tabell 6.6 konstateras att mängden aktiv substans per hektar är högre för höstvetete än för vårkorn och havre. Viktigt att ha i åtanke är att höstraps och höstvetete samt sockerbetor och potatis odlas mer i Götalands södra slättbygder och mer på de bördigare markerna, jämfört med vårkorn och havre. Götalands södra slättbygder och Götalands mellanbygder har högre växtskyddsmedelsanvändning enligt tabell 6.7, än längre norrut och som i många fall är mindre bördiga marker. Detta innebär att det sannolikt inte är lika stor skillnad i växtskyddsmedelsanvändning mellan de olika grödorna på enskilda gårdar, som det är mellan grödorna i hela landet.

Tabell 6.7. Användning av växtskyddsmedel i samtliga grödor 2020/21. Samtliga medel. Förbrukad mängd aktiv substans, kilo per hektar.

Område	
Götalands södra slättbygder	1,06
Götalands mellanbygder	0,92
Götalands norra slättbygder	0,5
Svealands slättbygder	0,45
Götalands skogsbygder	0,53
Mell. Sveriges skogsbygder	0,41
Norrland	0,45

Källa: SCB 2022

6.6 Diversifiering och arealer

Nedanstående arealsiffror kommer från SCB (2022) och är preliminära siffror, vilket innebär att mindre justeringar kan ske när slutlig statistik redovisas. Arealen åkermark år 2020 är 2 548 400 hektar. Den totala spannmålsarealen är 1 007 600 hektar. Vete är den största spannmålsgrödan och höstvetete svarar för 89 procent av den totala vetearealen. Korn är den näst största spannmålsgrödan och odlas på 299 800 hektar år 2020. Vårkorn utgör 93 procent av den totala kornarealen. Havrearealen uppgår till 184 700 hektar. Havre är den tredje största spannmålsgrödan. Resterande spannmålsgrödor är råg, rågvete och blandsäd och dessa odlas på 70 500 hektar.

Den odlade arealen av raps och rybs är 99 300 hektar år 2020. Den största grödan är höstraps som odlas på 93 000 hektar och svarar för 94 procent av den totala arealen raps och rybs.

Arealen vall och grönfoderväxter är 1 138 800 hektar. Övriga växtslag är en sammanslagning av de fem olika grödgrupperna frövall, oljelin, energiskog, trädgårdsväxter samt andra växtslag. Andra växtslag består i sin tur av mindre

åkergrödor som inte ingår i någon annan grupp. Arealen övriga växtslag är 55 300 hektar. Frövall är den största grödan och svarar för 22 100 hektar och oljelin är den gröda av övriga växtslag som har minst areal år 2020 då den odlas på 2 200 hektar.

Tabell 6.8. Arealer i hektar år 2020 enl. prel. statistik från SCB (2022) för andra grödor än spannmålsgrödor.

Gröda	Hektar
Potatis	24 200
Socketbetor	29 800
Träda	134 700
Övriga växtslag*	55 300
Ärter, åkerbönor m.m.	42 240
Konservärter	4 933
Bruna bönor	742
Majs	21 472
Grönfoder	50 563
Slätter- och betesvall	1 066 728
Frövall	22 077
Matpotatis	16 316
Potatis för stärkelse	7 861
Höstraps	93 029
Vårraps	4 322
Höstrybs	969
Vårrybs	974
Summa raps och rybs	99 293
Oljelin	2 173
Energiskog	8 478
Trädgårdsväxter	14 808
Andra växtslag	7 730
Träda	134 700

*Frövall, oljelin, energiskog, trädgårdsväxter samt alla övriga mindre åkergrödor som inte ingår i ovanstående redovisning.

För att det skall bli en diversifiering av betydelse ur både bekämpningssynpunkt och ur ett riksperspektiv, behöver det vara tillräckligt stora arealer av en gröda. Utöver vall och spannmål är det endast följande grödor eller grödgrupper som odlas på mer än 10 000 hektar i Sverige år 2020. Dessa är: 1) raps och rybs 99 293 hektar, 2) ärter, åkerbönor m.m. 42 240 hektar, 3) sockerbetor 29 771 hektar, 4) potatis 24 177 hektar, 5) frövall totalt med olika arter 22 077 hektar 6) majs 21 472 hektar, 7) trädgårdsväxter totalt med olika arter 14 808 hektar.

De två icke spannmålsgrödor utöver vall som verkar ha störst arealpotential utifrån nuvarande arealer är raps och ärter/åkerbönor. Majs med sina cirka 21 000 hektar har från år 2014 ökat från 16 600 till dagens cirka 21 000 hektar, vilket visar på

potential för ökade arealer. Det är framför allt på de större gårdarna med spannmål som det odlas frövall. Samma tendens kan ses för ärter, åkerbönor m.m. samt för majs. Denna statistik indikerar att det framför allt är de större spannmålgårdarna som det kanske är lättast att öka arealerna av frövall, ärter, åkerbönor m.m. samt för majs. Vidare utgör arealen vall störst andel av åkerarealen på gårdar mindre än 100 hektar, vilket innebär att generellt sett är det kanske större behov av diversifiering på gårdar över 100 hektar ur bekämpningssynpunkt, jämfört med gårdar mindre än 100 hektar. Dock finns det andra variabler än gårdsstorlek som behöver beaktas för ökad diversifiering ur bekämpningssynpunkt och dessa beskrivs nedan.

6.7 Avsättningsmöjligheter

Det är stor skillnad mellan avsättningsmöjligheter för de olika grödorna vilket påverkar möjligheten att diversifiera med dessa. När det gäller de största icke spannmålsgrödorna ser det mycket olika ut för enskilda lantbrukares avsättningsmöjligheter vilket beskrivs kortfattat nedan. Vallens förutsättningar som diversifieringsgröda beskrivs mer ingående i avsnitt 6.8.

Raps och rybs 99 293 hektar: Finns förmodligen avsättning för stora arealer genom framför allt AAK, tidigare AarhusKarlshamn AB i Karlshamn. Höstraps har utöver avsättning inom Sverige möjlighet till avsättning genom export, vilket i praktiken gör att det finns avsättning för all raps som kan odlas i Sverige. Dessutom har lönsamheten under många år varit god jämfört med spannmål där höstrapsodlingen haft bra klimatmässiga och odlingsmässiga förutsättningar. Med ett växtmaterial och odlingsmetoder som skulle passa på fler platser i Sverige skulle arealen höstraps kunna ökas. I delar av Svealands slättbygder finns ett antal spannmålgårdar med mycket spannmål och få omväxlingsgrödor. Här skulle det varit tacksamt med höstrapsorter och odlingsteknik som förbättrat rapsodlingens förutsättningar. De grödor som ur ekonomisk synvinkel till stor del skulle ersättas av höstraps är sannolikt vårspannmål.

Ärter, åkerbönor m.m. 42 240 hektar: Det finns möjlighet att öka konsumtionen av ärter och åkerbönor inom svensk djurhållning vilket innebär att stora volymer ärter och åkerbönor skulle kunna användas direkt på gårdarna och inom foderindustrin. Beräkningar visar att en ökad konsumtion av ärter till både gris och nötkreatur skulle motsvara cirka 100 000 hektar. Dessutom går det att utvinna protein från ärter, där Lantmännen under hösten 2022 tagit beslut om storskalig satsning för extraktion av ärtprotein. Anläggningen bedöms processa cirka 30 000 – 40 000 ton

ärter per år. Byggandet av en storskalig produktionsanläggning i Lidköping för ärtprotein beräknas stå klar i början av 2026.

Med både användning av ärter och åkerbönor på gårdsnivå, foderindustri samt ärter för proteinextraktion bedöms att det finns avsättningsmöjligheter för betydligt större arealer än dagens. Några slutsatser i Jordbruksverkets Rapport 2022:07 är att det finns möjlighet att öka baljväxtodlingen i Sverige. Den största ökningen skulle åstadkommas om soja kunde ersättas med baljväxter i framför allt foder. För att öka odlingen till livsmedel behöver lönsamheten i baljväxtodling öka. Investeringar i förädlingsanläggningar och satsningar på växtförädling, forskning och utveckling riktade specifikt mot baljväxter kan påskynda utvecklingen enligt Rapport 2022:07.

Sockerbeter 29 771 hektar: Idag finns endast ett företag som producerar socker från svenska sockerbeter och det ligger vid Örtofta i Skåne. Sockerbetsodlingen är kontraktsodling. På kort sikt bedöms möjligheterna att i stor omfattning öka sockerbetsarealen som relativt liten.

Potatis 24 177 hektar: Matpotatiskonsumtionen begränsar odlingens storlek av matpotatis. För stärkelsepotatis behöver Lyckeby i Skåne öka sin fabrikskapacitet för att stärkelsepotatisodlingen skall kunna ökas. På kort sikt bedöms en större ökning av potatisodling vara begränsad av avsättningsmöjligheter. Dock kan export vara en möjlighet att öka avsättningen. På längre sikt kan avsättningen ökas avsevärt om till exempel Lyckeby utökar kapaciteten samt om mer potatis och potatisprodukter ökar i export.

Frövall totalt, olika arter 22 077 hektar: Odling av vallfrö är kontraktsodling där köpare av vallfrö kan utgöra en begränsning för arealökningar i större omfattning. Det finns möjlighet att öka arealer om de svenska fröföretagen kan öka sin avsättning i Sverige eller för export. Danmark är stora på gräsfrö och har också stor export av gräsfrö. Möjligheten att involvera danska företag för ökad odling är en möjlighet utöver möjligheten att öka volymen hos de svenska vallfröföretagen.

Majs 21 472 hektar: Avsättningen till foder och biogas gör att det finns stora möjligheter att öka arealerna relativt mycket. Utöver majs är det många olika grödor som är lämpliga att använda i biogasanläggningar, som exempelvis vall. Biogasanläggningar som använder grödor som substrat kan underlätta för diversifiering av olika grödor.

Träda 134 700 hektar: I träda bekämpas det mindre än i de flesta grödor och träda ökar i många fall diversiteten i spannmålsdominerade landskap. När skördenivån är låg, arronderingen dålig eller spannmålspriserna är låga kan träda vara ekonomiskt intressant alternativ. Det är mycket mark som odlats med spannmålsgrödor där det varit lönsammare med träda på marken. Ett sätt att påverka lantbrukare att träda

mer mark där det funnits olönsam spannmålsodling är informationsåtgärder. Ett annat sätt är att ge stöd för vissa typer av marker om de trädas. I Rosenqvist m.fl. (2014) jämförs lönsamhet på olika marker. Marker som i många fall uppvisar negativ lönsamhet för spannmålsodling är vändtegar, kantzoner, marker med låg bördighet samt små oregelbundna fält. Genom information om dessa markers lönsamhet och/eller arealbaserat stöd till dessa marker skulle intresset för att inte odla spannmål på dessa marker öka.

6.7.1 Vallfrödning

Vallfrödningen utgjorde totalt 22 077 hektar år 2020 (SCB, 2022) och totalt 19 243 hektar i Sverige år 2021 (SFO, 2022). Denna vallfrödning består i sin tur av flera olika grödor. De vallfrögrödor som översteg 1000 hektar år 2021 var timotej (4103 hektar), rödsvingel (3572 hektar), vitklöver (2244 hektar), rödklöver (2219 hektar), rödsvingel (2160 hektar), ängssvingel (1910 hektar) samt engelskt rajgräs (1559 hektar). Sedan år 2013 har den svenska vallfröarealen ökat varje år, åtminstone fram till år 2021. År 2013 var vallfröarealen 12 212 hektar, vilket är en ökning med 58 procent på 9 år.

I Danmark år 2020 var frödningen 95 000 hektar (Larsson, 2020). Detta visar att det finns potential att öka frödningen i Sverige. För att öka odlingen i Sverige behövs företag som kan ordna avsättning för svenskodlat vallfrö. Detta behöver inte bara vara svenska företag utan det kan även till exempel vara danska företag. På den svenska frömarknaden är Lantmännen, Skånefrö, Svenska foder och Forsbecks stora aktörer.

6.7.2 Vall

Fleråriga grödor har många fördelar utöver att utgöra en gröda för diversifiering i en spannmålsdominerad växtföljd. Exempel på sådana fördelar med vall är ökad kolbindning i marken, minskat växtnärläckage, låg användning av växtskyddsmedel i grödan samt positiva växtföljdseffekter.

6.7.3 Bioraffinaderier för ökad avsättning av vall

Ökad vallodling har, som nämnts ovan, många olika miljömässiga fördelar. Ett problem med ökad vallodling är i många fall avsättningen av vallgrödan.

I projektet Green Valleys studeras under år 2023 bioraffinaderier som använder vall som råvara för att producera proteinkoncentrat som till exempel kan användas för att ersätta sojamjöl till bland annat enkelmagade djur.

För gårdar med spannmålsdominerade växtföljder kan lönsamheten ökas genom att få in vall i växtföljden. Det är inte genomsnittsgrödan som ersätts av vall utan det är lämpligen någon mindre lönsam spannmålsgröda som till exempel vårspannmål eller höstvetete med höstvetete som förfrukt. Även skördenivån stiger i spannmålsodlingen med vall i växtföljden. Med vall i växtföljden minskar både andelen spannmål och spannmål som förfrukt till spannmål, vilket kan ha en positiv inverkan på bekämpningsbehov.

6.7.4 Ökad självförsörjning med vall i bioraffinaderier

Försörjningssäkerheten i Sverige påverkas av om vall används i bioraffinaderier. Sverige exporterar spannmål och importerar soja. Om det odlas vall i stället för spannmål ökar hektarskördarna i spannmål (Tidåker m.fl., 2016) och om vullen processas i bioraffinaderiet blir ungefär 17 procent av torrsubstansen i vullen ett proteinfoder med likartat protein som i soja. Därmed minskar importbehovet av soja, men exporten av spannmål minskar i gengäld, och med detta har den svenska försörjningsförmågan ökat.

Om det är baljväxtvallar som odlas minskar behovet av mineralgödselkväve som importerats till Sverige. Även detta har en positiv inverkan på försörjningsförmågan att Sverige blir mindre beroende av importerat mineralgödselkväve.

Vid större bioraffinaderier är det framför allt tre produkter som produceras - proteinkoncentrat, presskaka och brunsaft. Presskakan kan till exempel användas som foder till nötkreatur. Presskakan och brunsaften kan även användas för biogasproduktion. Om det används för biogasproduktion ökar den inhemska producerade energin, vilket till exempel kan användas som fordonsgas, vilket minskar Sveriges behov av importerad energi. Vidare kan rötresten från biogastillverkning användas som gödselmedel, vilket ytterligare minskar behovet av importerad mineralgödsel.

I projekt Green Valleys har det bland annat studerats två affärskoncept kring bioraffinaderier. Ett koncept är småskaligt på gårdsnivå och det andra konceptet är storskaligt vid någon större biogasanläggning som använder vall som råvara för biogasproduktion. Lönsamhetsberäkningar som redovisas nedan är gjord av Håkan Rosenqvist i Interreg projektet Green Valleys.

6.8 Vall som diversifieringsgröda

6.8.1 Bekämpning vallväxtföljd

Det finns ett antal fördelar med mer vall i växtföljder som enbart består av ettåriga grödor där spannmål utgör mer än 50 procent av växtföljden. Dels minskar användningen av växtskyddsmedel både per hektar och per ton producerat protein och per Gj (Gigajoule) foderenergi som produceras per hektar med vall i spannmålsdominerade växtföljder.

Utöver positiva effekter på växtskyddsmedelsanvändningen minskar växtnäringsläckaget och kolbindningen i marken ökar när det odlas fleråriga grödor i stället för ettåriga grödor. Dock kan fånggrödor/mellangrödor i spannmålsväxtföljder ha liknande effekt på både växtnäringsläckage och påverka kolbindningen i marken på ett positivt sätt.

6.8.2 Minskad bekämpning och ökad produktion med vall i växtföljder

Bekämpningsbehovet per hektar med introduktion av vall i spannmålsdominerade växtföljder minskar enligt tabell 6.9 av två skäl. Framför allt är det betydligt mindre kemisk bekämpning i vall än i spannmålsgrödorna. Dessutom har det utifrån tabell 6.9 bedömts att det inte behöver användas preparatet Starane XL i höstvetete i växtföljden med vall till skillnad från växtföljden utan vall.

Som vi kan se i tabell 6.9 minskar hektaranvändningen av växtskyddsmedel med vall i växtföljden. Utifrån tabell 6.10 kan vi konstatera att det produceras både mer protein och foderenergi i växtföljden med vall, jämfört med växtföljden utan vall. I växtföljden med vall är proteinproduktionen 37 procent högre och foderenergiproduktionen 14 procent högre i växtföljden med vall, jämfört med växtföljden utan vall. Detta innebär att användningen av växtskyddsmedel minskar mer per producerat ton protein och per GJ, än vad växtskyddsmedelsanvändningen minskar per hektar.

Tabell 6.9. Användning av växtskyddsmedel i växföljd med respektive utan vall för ursprungligen spannmålsdominerade växföljder i Västra Götaland. Växföljder kommer från Tidåker 2016, men har bearbetats i projektet Green Valleys.

Växföljd utan vall													
	Ariene	Roundup	Marvik	Ascara	Folicur	Belkar	Select	Boxer	Legacy	Starane	Fastac	Propulse	Biscaya
	S	Bio	2F	Xpro	Expert		Plus			XL	50		OD 240
Malkorn	2,5	0,6	0,0										
Havre	2,5	0,6	0,0										
Höstvete		0,6	0,2	0,6	0,5			1,5	0,1	0,8			
Höstraps		0,6	0,2			0,5	0,8				0,2	0,7	0,2
Höstvete		0,6	0,2	0,6	0,5			1,5	0,1	0,8			
Höstvete		0,6	0,2	0,6	0,5			1,5	0,1	0,8			
Summa	5,0	3,6	0,9	1,8	1,5	0,5	0,8	4,5	0,3	2,4	0,2	0,7	0,2
Växföljd med vall													
Malkorn	2,5	0,6	0,0										
Vall I		0,6											
Vall II		0,6											
Höstraps		0,6	0,2			0,5	0,8				0,2	0,7	0,2
Höstvete		0,6	0,2	0,6	0,5			1,5	0,1				
Höstvete		0,6	0,2	0,6	0,5			1,5	0,1				
Summa	2,5	3,6	0,6	1,2	1,0	0,5	0,8	3,0	0,2	0,0	0,2	0,7	0,2
Skillnad	2,5	0,0	0,2	0,6	0,5	0,0	0,0	1,5	0,1	2,4	0,0	0,0	0,0
Genomsnitt per år													
Växföljd utan vall	0,8	0,6	0,1	0,3	0,3	0,1	0,1	0,8	0,1	0,4	0,0	0,1	0,0
Växföljd med vall	0,0	0,6	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
Skillnad	0,8	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0

Tabell 6.10. Total energi och proteinproduktion i växtföljd utan respektive med vall för Västra Götaland utifrån Tidåker m.fl.2016 samt Green Valleys projektet 2022.

Grödor	Produktion Smältbart protein, kilo	Produktion foderenergi GJ
Växtföljd utan vall		
Malkorn	395	57
Havre	430	53
Höstvete	558	75
Höstraps	499	65
Höstvete	603	81
Höstvete	495	67
Medel	497	66
Växtföljd med vall		
Malkorn	395	57
Vall I	1 152	98
Vall II	858	73
Höstraps	530	69
Höstvete	630	85
Höstvete	522	70
Summa	681	75
Skillnad	184	9
Ökning i %	37%	14%

6.9 Indikatorer för diversifiering

6.9.1 Skördeförändring vid gröddiversifiering

När det diversifieras och grödsammansättningen i växtföljden ändras är det inte lämpligt att bara att jämföra total torrsubstansproduktion eftersom näringsinnehållets sammansättning skiljer sig mellan olika grödor. Till exempel är det mycket energi och lite protein i sockerbetor och potatis medan baljväxter som ärter och bönor har en betydligt högre andel protein i förhållande till energi. Ett sätt att jämföra produktion av grödor med olika förhållanden mellan energi och protein är att beräkna energi- och proteinskörd per hektar för de olika grödorna i en växtföljd.

Det finns flera anledningar till att produktionen av energi och protein ändras i en växtföljd när grödor byts ut. Dels ändras skörden genom att olika grödor har olika hög avkastning och dels ändras skörden genom att avkastningen i enskilda grödor

påverkas av de andra grödorna i växtföljden. I Tidåker m.fl. (2016) jämfördes växtföljder med respektive utan vall för tre regioner med spannmålsdominerade växtföljder.

6.9.2 Skördemätning med protein- och energiskörd

Om en del mark tas ur produktion som t ex blommande kantzoner blir skörden noll på denna mark. I gengäld kan skörden öka på övriga fältet och närliggande fält. Om man kan bedöma skördeförändringen av protein- och energiskörd på den del av fältet som odlas med produktionsgrödor går det att jämföra denna förändring med vad produktionen minskar med på den yta som inte används för produktionsgrödor.

Även när grödarealer ändras som till exempel ökad ärtodling och minskad spannmålsodling kan mätning av protein- och energiproduktion vara ett sätt att mäta skördeförändring. Om det görs en åtgärd i form av ändrad odling på ett fält eller en gård kan detta även påverka fält på andra gårdar. Genom att försöka bedöma skördeförändring i omgivande fält av en odlingsåtgärd kan den totala nettoproduktionen av protein och energi bedömas. För att göra en sådan bedömning behövs mer kunskap om skördeförändring i protein- och energiskörd på fältet där åtgärden görs samt dess påverkan på omgivande fälts skördeförändring i protein- och energiskörd.

6.9.3 Skördenivå och hållbar markanvändning

För enskilda grödor kan utveckling av skördenivån över tid vara en indikator på hållbar markanvändning vad gäller skördenivå. Utveckling av skördenivån kommer att påverkas av olika orsaker. Dels kan skördeutvecklingen mätas på enskilda gårdar och dels kan skördeutveckling mätas i ett geografiskt område. Ett problem med att mäta skördeutveckling i ett geografiskt område är när odlingens omfattning förändras. Om till exempel lönsamheten i höstraps ökar i förhållande till andra grödor kommer odlingen av höstraps att öka. Detta kan innebära att odlingen av höstraps ökar på fält med sämre förutsättningar jämfört med där den tidigare odlats. Vidare har ökade arealer av höstvetete på bekostnad av vårspannmål inneburit att bördigheten på genomsnittsfältet både ändras för höstvetete och de grödor höstvetete ersätter. Det är därmed mycket sannolikt att både höstvetete och korn/havre odlas på jordar med i genomsnitt lägre bördighet jämfört med tidigare. Detta kan försvåra en utvärdering av skördeförändringar.

Ett första steg kan vara att mäta skördeutvecklingens förändring. En varningssignal är om skördeförändringarna över tid är lägre procentuellt sett än skördeökningar genom växtförädling. Detta är då en indikation på att det över tid varit

skördesänkningar på grund av andra delorsaker. Det är möjligt att få indikationer på skördeutveckling över tid genom att studera hektarskördar utifrån SCB-material.

Nästa steg är att finna ut orsaker och förklaringar till skördeförändringar i geografiska områden över tid. Det finns som nämnts många delorsaker som påverkar skördeutveckling över tid. Ett exempel är stödkrav på att areal tas ur produktion, som träda. I många fall är det lägre avkastande mark som tagits ur produktion och när denna mark används för produktionsgrödor kan detta bidra till lägre genomsnittsskördar. Det kan även vara andra delorsaker som till exempel packningsskador, ändrade brukningsmetoder, ändrat skadedjurstryck, ändrade ogräsförhållanden o.s.v.

6.9.4 Växtföljd som indikator

I SAM-ansökningarna anger lantbrukarna vad de odlar på olika fält. Utifrån SAM-ansökningarna går det att följa växtföljder över tiden på enskilda fält. På detta sätt går det att få fram procentuell andel av fälten i olika regioner som har samma ettåriga gröda efter varandra samt att studera andel fält där det odlas spannmål med spannmål som förfrukt. Detta kan ge en indikation över tid på hur det diversifieras med olika grödor.

Analyser av förändringar av gröddiversitet kan både göras på riksnivå och regionala nivåer. Enligt Sjulgård m.fl. (2022) har temperaturförändringar och vegetationsperiodens längd ändrats vilket gör att gröddiversiteten också förändrats. De områden som har minskad gröddiversitet ligger framför allt i södra- och östra delen av Sverige (Sjulgård m.fl., 2022). De områden där gröddiversiteten ökat ligger framför allt i norra och sydvästra delen av Sverige. Ökade temperaturer har inneburit ökad odling av höstvetete och höstraps vilket bidragit till ökad diversitet i Dalarna enligt Sjulgård m.fl. (2022). I Skåne har också höstveteteodlingen ökat vilket innebär att 60 procent av arealen består av höstvetete eller korn år 2018 (Sjulgård m.fl., 2022). Utifrån Sjulgård m.fl. (2022) kan det konstateras att det kan bli olika slutsatser om minskad/ökad diversitet gemensamma siffror för hela Sverige studeras eller om det delas upp på regional nivå.

6.10 Diversifiering, hinder och möjligheter

Hinder för odling av olika grödor kan vara avsättningsmöjligheter, lönsamhet, risk, kunskap och maskinell utrustning. Som framgått ovan varierar lönsamhet för enskilda grödor mellan både olika geografiska områden liksom

avsättningsmöjligheter. Lönsamheten för grödor det skall diversifieras med behöver jämföras med lönsamheten inom spannmålsodling, vilket alltså har ändrats kraftigt under perioden 2020 till 2022.

6.10.1 Samverkan för ökad odling av nischgrödor

Flera s.k. nischgrödor har fördelar av att odlas med många odlingar inom ett geografiskt begränsat område. Några sådana exempel på grödor som odlas i geografiskt samlade områden är sockerbeter, konservärter och bruna bönor. Ofta finns det både avsättning, rådgivning och maskinell utrustning som det kan samverkas kring eller lejas in.

För att få ökad diversifiering med befintliga nischgrödor behöver det göras en bedömning av om hur befintliga nischgrödor skall expanderas kring de områden där de redan odlas eller om det skall startas upp inom nya geografiska områden. För nischgrödor har ofta organisatoriska faktorer stor betydelse. Ett exempel är salixodlingen i Sverige som i slutet på 1990-talet till stor del odlades koncentrerat till vissa områden. Ofta fanns det drivande företag eller personer i just dessa områden.

Att Själland i Danmark har så mycket större areal med gräsfröodlingar än Skåne kan gissningsvis inte enbart förklaras med biologiska odlingsförutsättningar. Med rätt organisation och marknadsförutsättningar finns det gissningsvis potential att öka gräsfröodlingen i åtminstone Skåne.

Enligt Schaak m.fl. (2023) är stora gårdar i genomsnitt mer diversifierade än vad mindre gårdar är. Vidare är enligt Schaak m.fl. (2023) och Sjulgård m.fl. (2022) gårdar i Sverige med varmare områden mer diversifierade än gårdar i områden med lägre temperaturer. Alltså är gårdar i Södra Sverige mer diversifierade än gårdar i norra Sverige. Gårdar med högre lerhalt, vilket tolkas som hög bördighet i Schaak m.fl. (2023) är mindre diversifierade än gårdar med lägre lerhalt. Gårdar på fuktigare förhållanden är mindre diversifierade än gårdar i torrare förhållanden (Schaak m.fl., 2023).

6.11 Stöd

Om det skall finnas stöd i syfte att öka odlingen av någon gröda ser lämpliga stödutformningar olika ut beroende på situationen och målet med ökad odling av

grödan. En viktig faktor är om ett stöd skall gå direkt till odlaren av grödan och vara kopplat till arealen som odlas av grödan. Även andra utformningar av stöd kan vara aktuella för att förbättra avsättningsmöjligheter för grödan. Dessutom kan kunskapsöverföring som rådgivning och organisation kring avsättning av grödan också behöva stödjas.

För grödor där det finns befintliga avsättningsmöjligheter i stor skala kan det vara effektivt att ha stödet direkt kopplat till grödan. Exempel på detta är grödor för foderändamål där grödan inte behöver vidareförädlas utanför gården för att kunna användas som foder. Exempel på sådana grödor är foderärter, åkerbönor och ensilagemajs.

När avsättningsmöjligheterna behöver förbättras kan det ges stöd för att vidareförädla grödan. Exempel på detta är till exempel Klimatklivets beviljade stöd till Lantmännens produktionsanläggning för att producera proteinisolat för baljväxter. Ett annat exempel där stöd kan vara aktuellt är till bioraffinaderier för att producera proteinkoncentrat från vallväxter.

Ibland behövs det hjälp med organisation och kunskap. Ett sätt att stödja odling av grödor är att ge stöd till rådgivning samt stöd för att organisera verksamheter och avsättning. Diverse former av information till lantbrukare om diversifiering och dess lönsamhet är också kompletterande åtgärder för att öka arealen av vissa grödor.

6.12 Sammanfattande punkter med koppling till diversifiering

- Diversifiering kan både minska lantbruksföretagets ekonomiska risk och öka lantbruksföretagets lönsamhet när diversifiering sker med tillräckligt lönsamma grödor.
- Både den gröda man diversifierar med och den gröda som diversifieras bort påverkar lönsamheten. Ofta är det inte genomsnittsgrödan som diversifieras bort utan ur ekonomisk synpunkt är det lämpligen mindre lönsamma grödor.
- Det har varit extremt stora skillnader i kostnader och intäkter mellan de olika åren under perioden 2020 till 2022, vilket försvårar att dra framåtsyftande slutsatser utifrån lönsamhetsförhållanden för åtminstone åren 2021 och 2022.
- Diversifieringsgrödor till spannmål utgör relativt små arealer förutom vall, träda och raps, vilket begränsar möjligheterna till storskalig diversifiering i slättbygder.

- Aktuell statistik indikerar att det framför allt är de större spannmålgårdarna där det är lättast att öka arealerna av frövall, ärter, åkerbönor m.m. samt för majs. Vidare utgör arealen vall störst andel av åkerarealen på gårdar mindre än 100 hektar, vilket innebär att generellt sätt är det kanske större behov av diversifiering på gårdar över 100 hektar ur bekämpningssynpunkt, jämfört med gårdar mindre än 100 hektar.
- Bekämpningsbehovet per hektar med introduktion av vall i spannmålsdominerade växtföljder minskar av två skäl. Framför allt är det betydligt mindre kemisk bekämpning i vall än i spannmålsgrödorna. Dessutom är det en viss minskning av växtskyddsmedelsanvändning även i spannmålsodlingen med vall i växtföljden.
- Med bioraffinaderier och biogas som använder vall som råvara kan potentialen för vall ökas.
- Avsättningspotential verkar finnas för ärtodling på betydligt större areal än 2020 års ärtodlingar: År 2020 odlas det i Sverige cirka 40 000 hektar ärter och åkerbönor
- För grödor där det finns befintliga avsättningsmöjligheter i stor skala kan det kanske vara effektivt att ha stöd direkt kopplat till grödan. När avsättningsmöjligheterna behöver förbättras kan det ges stöd för att vidareförädla grödan. Ibland behövs det hjälp med organisation och kunskap. Därmed kan det vara lämpligt med olika stödutformning för olika situationer där olika stöd kan komplettera varandra.
- Användning av aktiv substans i växtskyddsmedel är betydligt högre per hektar i höstveten än i vårkorn och havre.
- Ogräsmedel stod år 2021 för 73 procent av den aktiva substansen, svampmedel 21 procent och insektsmedel stod för 2 procent av den aktiva substansen. Användning av tillväxtreglerande svarade år 2021 för 5 procent av använd aktiv substans i åkergrödor. En slutsats från dessa siffror är att det främst är användningen av ogräspreparat som behöver minska för att få en betydande minskning av användningen av aktiv substans.

6.13 Fortsatt forskning

För att utvärdera lönsamhet av olika åtgärder när det gäller förbättrad hållbarhet är skördeutveckling av central betydelse. Med ökad kunskap om olika åtgärders påverkan på skordeförändring ökar möjligheten till att ekonomiskt utvärdera olika åtgärder. Dels behöver kunskapen om skordeförändring på fältnivå och dels på omgivande fält ökas. För att öka lantbrukares intresse för diversifiering, underlättas detta av om det går att visa att åtgärderna är lönsamma för den enskilda lantbrukaren. Därmed är det viktigt att identifiera och informera om miljömässigt bra åtgärder som är lönsamma att genomföra.

7. Slutsatser och rekommendationer

7.1 Indikatorer för skadegörare och de skördebortfall de orsakar

För att utvärdera och följa hållbarheten i svenskt växtskydd över tid är det av stor vikt att inkludera hur skadegörare och de skördebortfall de orsakar varierar över tid. Vi anser att de data som sedan 1989 samlats in genom Jordbruksverkets prognos- och varningsverksamhet är ett värdefullt och användbart material som med fördel kan användas som indikatorer för förekomst av skadegörare i viktiga jordbruksgrödor. Materialet inkluderar visserligen inte alla grödor och har ett fokus på de skadegörare där kemisk bekämpning är möjlig, men är å andra sidan mycket omfattande och baserat på information som samlats in på ett likartat sätt under en lång tidsperiod. Därmed är det mycket värdefullt för att kartlägga långsiktiga trender i förekomsten av de skadegörare som vi identifierat i kapitel 2. De indikatorer för skadegörare som vi föreslår kan användas för att följa upp hur väl de växtskyddsåtgärder som används långsiktigt faktiskt lyckas begränsa skadegörarens förekomst, vilket är av yttersta vikt för att ge en mer komplett bild av hållbart växtskydd jämfört med idag. Samtidigt måste eventuella negativa effekter av åtgärder på andra delfaktorer av hållbart växtskydd vägas in för att ge en helhetsbild. Datamaterialet är utöver detta också värdefullt för fördjupande arbete som kan öka förståelsen av varför en viss skadegörare ökar eller minskar över tid. I framtida arbete kan det till exempel studera effekter av trender i väderförhållanden eller odlingsmetoder.

De omfattande försök med kemisk bekämpning av sjukdomar som årligen genomförs är en annan viktig informationskälla för breddade diskussioner om växtskyddets hållbarhet. Vi har i den här rapporten exemplifierat hur en indikator om skördebortfall på grund av skadegörare kan utformas, genom att studera 392 bekämpningsförsök mot sjukdomar orsakade av bladfläcksvampar i höstveten under åren 1995–2011. Vi kunde inom ramen för detta arbete inte komma hela vägen till att utveckla en indikator för skördebortfall. Vår begränsning till tidsperioden 1995–2011 beror till exempel på att vi arbetade med ett dataset som sammanstälts till ett tidigare forskningsprojekt. Stora resurser läggs årligen på att genomföra bekämpningsförsök. Vi rekommenderar därför att datalaggnen av resultaten

systematiseras på ett liknande sätt som redan görs för de skadegörardata som Jordbruksverkets växtskyddscentraler samlar in, och att de sammanfattas till indikatorer enligt den modell vi presenterar. Växtskyddscentralerna och SLU bör vara inblandade i detta arbete. Skillnaden i skörd mellan behandlat och obehandlat led i bekämpningsförsöken i kilo per hektar kan prissättas och jämföras mot kostnaden för den kemiska behandlingen enligt de metoder som används i kapitel 4 i den här rapporten, och kan därför utgöra ett passande underlag för en ekonomisk indikator.

Bekämpningsförsöken mot sjukdomar i höstvet och vårkorn är mest lämpliga för att utveckla framtida indikatorer för skördebortfall eftersom antalet försök är störst och mest kontinuerligt. Vi bedömer att det i dagsläget inte är möjligt att utveckla liknande indikatorer för skadeinsekter baserade på bekämpningsförsök, eftersom antalet försök per år är alltför litet.

7.2 Ekonomisk analys av bekämpningseffekter

Att använda kunskapen om betydelsen av olika faktorer som påverkar bekämpningens lönsamhet, och deras inbördes samband, som ett planeringsverktyg skulle vara värdefullt inom växtodlingen enligt Djurle m.fl. (2018). Enligt de ekonomiska beräkningar som gjordes utifrån försökmaterial är det mycket stor skillnad i lönsamhet vid kemisk bekämpning av sjukdomar orsakade av svampar för år med högt sjukdomstryck jämfört med år med lågt sjukdomstryck. Förbättrad precision, säkerhet i prognoser och beslutsstöd kring kemisk bekämpning skulle öka lönsamheten i bekämpningen och då framför allt i höstvet, samtidigt som användningen av kemisk bekämpning skulle kunna minskas. Det finns indikationer i beräkningarna på att lönsamheten i kemisk bekämpning mot sjukdomar är likartad för medelhöga och höga skördenivåer, medan det i låga skördenivåer är det mindre lönsamt att bekämpa. Koppling mellan skördenivå och lönsamhet i sjukdomsbekämpning skulle behöva studeras vidare.

7.3 Ekonomisk analys av diversifiering

Diversifiering kan både minska lantbruksföretagets ekonomiska risk och öka lantbruksföretagets lönsamhet när diversifiering sker med tillräckligt lönsamma grödor. Både den gröda man diversifierar med och den gröda som diversifieras bort påverkar lönsamheten. Ofta är det inte genomsnittsgrödan som diversifieras bort

utan det är ur ekonomisk synvinkel lämpligen mindre lönsamma grödor. Slåttervall och träda har en avsevärt lägre bekämpningsinsats än övriga studerade grödor. Med vall och träda har vi både en minskad användning i dessa markanvändningar och diversifieringseffekt. Diversifieringsgrödor till spannmål utgör relativt små arealer förutom vall, träda och raps.

Arealen vall utgör störst andel av åkerarealen på gårdar mindre än 100 hektar, vilket innebär att generellt sätt är det kanske större behov av diversifiering på gårdar över 100 hektar ur bekämpningssynpunkt, jämfört med gårdar mindre än 100 hektar. Bekämpningsbehovet med introduktion av vall i spannmålsdominerade växtföljder minskar av två skäl. Framför allt är det betydligt mindre kemisk bekämpning i vall än i spannmålsgrödorna. Dessutom är det en viss minskning av växtskyddsmedelsanvändning även i spannmålsodlingen med vall i växtföljden. Med bioraffinaderier och biogas som använder vall som råvara kan potentialen för vall ökas.

För grödor där det finns befintliga avsättningsmöjligheter i stor skala kan det vara effektivt att ha stöd direkt kopplat till grödan. När avsättningsmöjligheterna behöver förbättras kan det ges stöd för att vidareförädla grödan. Ibland behövs det hjälp med organisation och kunskap. Därmed kan det vara lämpligt med olika stödutformning för olika situationer där olika stöd kan komplettera varandra.

Tack

Vi vill rikta ett varmt tack till alla som bidragit med förslag och i diskussioner kring det arbete som ligger bakom rapporten, särskilt till Alf Djurberg och Anders Arvidsson, Jordbruksverket, som bidragit såväl praktiskt genom att tillhandahålla data och genom värdefulla synpunkter på arbetet och rapporten. Vi vill även tacka Björn Andersson, Sveriges lantbruksuniversitet, som tillhandahållit sammanställda data från bekämpningsförsök mot bladfläcksjukdomar i höstvetete och varit till stor hjälp i diskussioner om resultaten.

Referenser

- Andersson B., Djurle A., Ørum J.E., Jalli M., Ronis A., Ficke A., Nistrup Jørgensen L., (2022). Comparison of models for leaf blotch disease management in wheat based on historical yield and weather data in the Nordic-Baltic region. *Agronomy for Sustainable Development* 42: 42, <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00767-7>
- Ausumgaard (2022) <https://ausumgaard.dk/> 2022-08-22
- BioRefine (2022) <https://biorefine.dk/> 2022-08-22
- Brooks, M.E., Kristensen, K., van Benthem, K.J., Magnusson, A., Berg, C.W., Nielsen, A., Skaug, H.J., Mächler, M., Bolker, B.M. (2017). Modeling zero-inflated count data with glmmTMB. *bioRxiv*, 132753.
- Corkley I., Fraaije B., Hawkins N. (2022) Fungicide resistance management: maximizing the effective life of plant protection products. *Plant Pathology* 71:150–169.
- Djurle A., Twengström E., Andersson B., (2018). Fungicide treatments in winter wheat: The probability of profitability. *Crop Protection* 106: 182–189.
- Eaton, M.A., Burns, F., Isaac, N.J.B., Gregory, R.D., August, T.A., Barlow, K.E., Brereton, T., Brooks, D.R., Al Fulaij, N., Haysom, K.A., Noble, D.G., Outhwaite, C., Powney, G.D., Procter, D., Williams, J. (2015). The priority species indicator: measuring the trends in threatened species in the UK. *Biodiversity*, 16, 108-119.
- Fox, J. & Weisberg, S. (2019). *An R Companion to Applied Regression*, Third Edition Sage, Thousand Oaks CA.
- GroPro, (2022) <https://groproab.se/om-oss/> 2022-09-22
- Gunnarsson, C. (2006). Indikatorer för hållbar regional utveckling, PM, Handlingsgruppen för hållbar utveckling, <http://public.tillvaxtvarket.se/content/1/c4/41/60/Indikatorerforhllbarregionalutvslutlig060911.pdf>
- Hartig, F. (2022). *DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models*. <https://CRAN.R-project.org/package=DHARMA>
- Hellin P., Duvivier M., Heick T.M., Fraaije B.A., Bataille C., Clinckemillie A., Legrève A., Jørgensen L.N., Andersson B., Samils B., Rodemann B., Berg G., Hutton F., Garnault M., El Jarroudi M., Couleaud G., Kildea S. (2021). Spatio-temporal distribution of DMI and SDHI fungicide resistance of *Zymoseptoria tritici* throughout Europe based on frequencies of key target-site alterations. *Pest Management Science* 77, 5576–5588.
- Hushållningssällskapet (2022), *Produktionsgrenskalkyler för växtodling, Efterkalkyler för år 2021 - Södra Sverige*. Borgeby

- Hushållningssällskapet (2023). Produktionsgrenskalkyler för växtodling, Efterkalkyler för år 2022 - Södra Sverige. Borgeby
- Hysing S-C., Rosenqvist H., Wiik L. (2012). Agronomic and economic effects of host resistance vs. fungicide control of barley powdery mildew in southern Sweden. *Crop Protection* 41: 122–127.
- Jordbruksverket (2019). Kalkyler för energigrödor, 2019. Jordbruksverket, Jönköping.
- Jordbruksverket (2022). Ökad odling av baljväxter till livsmedel och foder – Möjligheter och utmaningar. Rapport 2022:07. Jordbruksverket, Jönköping.
- Karlsson Green, K., Stenberg, J. A., & Lankinen, Å. (2020). Making sense of Integrated Pest Management (IPM) in the light of evolution. *Evolutionary Applications*, 13: 1791-1805.
- Lantmännen (2022). *Miljardinvestering gör Lantmännen unikt i norra Europa*, 09 september 2022, Pressmeddelande 2022. <https://www.lantmannen.se/om-lantmannen/press-och-nyheter/pressmeddelanden/2022/miljardinvestering-gor-lantmannen-unikt-i-norra-europa2/> 2022-09-22.
- Larsson G. (2020). 425 000 ha fröodling i EU. *Svensk Frötidning* 2: 20–22.
- Liljenfeldt, J., Keskitalo, C. (2011). Kriterier och indikatorer på hållbar utveckling: exempel från teori och praktik. CERUM Rapport Nr 27/2011. Umeå universitet.
- Lindén, B. (2008). *Efterverkan av olika förfrukter: inverkan på stråsädesgrödors avkastning och kvävetillgång – en litteraturgenomgång*. Avdelningen för precisionsodling, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lundin O, Friberg H (2022). *Odlingsystem med hållbart växtskydd*. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lüdecke, D. (2018). ggeffects: Tidy Data Frames of Marginal Effects from Regression Models. *Journal of Open Source Software*, 3: 772.
- Mendoza, G. A. and R. Pragbhu (2003). Qualitative multi-criteria approaches to assessing indicators of sustainable forest resource management”. *Forest Ecology and Management* 174: 329-343.
- Nilsson, D., Rosenqvist, H. (2019). *Lönsamheten för odling på marginalmarker*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för energi och teknik. Rapport, 109.
- Nilsson P., Bommarco R., Hansson H., Kuns B., Schaak H. (2022). Farm performance and input self-sufficiency increases with functional crop diversity on Swedish farms. *Ecological Economics* 198: 107465
- Oliver, J. (2010). *Inhemsk trindsäd i fodret till suggor och smågrisar*, Examensarbete 305, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala
- Petersson P., Rosenqvist H., Nilsson C.J. (2014). *Slutrapport, Riskanalys och riskhantering i Växtodlingsföretag - V1146028*, SLF, Stockholm.
- R Development Core Team (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rosenqvist, H., Nilsson, D., Bernesson, S. (2014). *Kostnader och lönsamhet för odling av energigräs på marginell jordbruksmark*. Rapport 073. Institutionen för energi och teknik, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

- Schaak H., Bommarco R., Hansson H., Kuns B., Nilsson P. (2023). *Long-term trends in functional crop diversity across Swedish farms. Agriculture, Ecosystems and Environment* 343: 108269
- SCB (2022), *Växtskyddsmedel i jord- och trädgårdsbruket 2021*, MI 31 SM2202. Statistiska centralbyrån, Örebro.
- SCB (2020). *Normskördar för skördeområden, län och riket 2020*, JO 15 SM 2001. Statistiska centralbyrån, Örebro.
- SCB (2022), *Jordbruksmarkens användning 2020. Preliminär statistik JO10 - Åkerarealens användning* <https://www.scb.se/publikation/40463>). Statistiska centralbyrån, Örebro.
- SCB (2020), *Normskördar för skördeområden, län och riket 2020*, JO 15 SM 2001. Statistiska centralbyrån, Örebro.
- SFO (2022). *Arealer, odling/vallfrö*. <https://sfo.se/vallfro/arealer/> 2022-09-22. Sveriges frö- och oljeväxtodlare.
- Sjulgård, H., Colombi, T., & Keller, T. (2022). *Spatiotemporal patterns of crop diversity reveal potential for diversification in Swedish agriculture. Agriculture, Ecosystems & Environment*, 336, 108046.
- Svenskt växtskydd (2022). *Resistens*. Svenskt växtskydd, Stockholm.
- Tidåker P., Landquist B., Berglund, M. (2020). *Indikatorer för hållbart jordbruk: Växtnäring, klimat och biologisk mångfald på naturbruksskolorna Sötåsen och Uddetorp*. RISE Rapport 2020:04. RISE Research Institutes of Sweden AB, Lund.
- Tidåker P., Rosenqvist H., Gunnarsson C. och Bergkvist G. (2016) *Räkna med vall. Hur påverkas ekonomi och miljö när vall införs i spannmålsdominerade växtföljder*. Institutet för jordbruks- och miljöteknik. JTI-rapport. Lantbruk & Industri 445.
- Wiik, L. and Rosenqvist, H., (2010). The economics of fungicide use in winter wheat in southern Sweden. *Crop Protection* 29: 11–19.