

Ekosystemtjänster i det skånska jordbrukslandskapet

CEC SYNTES NR 01 | 2013 | LUNDS UNIVERSITET



Ekosystemtjänster i det skånska jordbrukslandskapet

Juliana Dänhardt | Katarina Hedlund | Klaus Birkhofer
Helene Bracht Jørgensen | Mark Brady | Christer Brönmark
Sandra Lindström | Lovisa Nilsson | Ola Olsson
Maj Rundlöf | Martin Stjernman | Henrik G. Smith

Centrum för miljö- och klimatforskning
samt Biologiska institutionen
Lunds universitet



CEC Syntes Nr 01
Lunds universitet 2013

EKOSYSTEMTJÄNSTER I DET SKÅNSKA JORDBRUKSLANDSKAPET

Lunds universitet | Region Skåne | 2013

Syntesrapporten har bekostats av medel från FORMAS starka forskningsmiljö SAPES (www.ccc.lu.se/forskning/sapes) och Region Skåne. Den ingår som nr 1 i serien CEC Synteser.

Sök-/nyckelord: ekosystemtjänster, jordbruk, jordbrukslandskap, styrmedel, värdering

Citera som:

Dänhardt m fl. 2013. Ekosystemtjänster i det skånska jordbrukslandskapet. CEC Syntes Nr 01. Centrum för miljö- och klimatforskning, Lunds universitet. ISBN 978-91-981577-0-3

Beställ ifrån:

Centrum för miljö- och klimatforskning
Sölvegatan 37
223 62 Lund
www.ccc.lu.se

Omslag layout: Anna Kristiansson, Lunds universitet

Omslag foton: (från övre till nedre raden) – Lunds universitets bildbank (foto 1, 3, 5, 7, 8), Juliana Dänhardt (foto 2, 6), Sandra Lindström (foto 4)

Utgiven av Centrum för miljö- och klimatforskning, Lunds universitet

ISBN 978-91-981577-0-3

Tryckt i Sverige av Tryckeriet i E-huset, Lunds universitet

Lund 2015

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk. All form av kopiering, översättning eller bearbetning utan medgivande är förbjuden. Innehållet återspeglar inte nödvändigtvis Lunds universitets officiella ståndpunkt.



Förord

När miljöstrategiskt program för Region Skåne antogs 2010 var det första gången som Region Skåne klart angav en färdriktning för det utåtriktade miljöarbetet. Programmet ingår som ett sektorsprogram under det regionala utvecklingsprogrammet och visar att miljöarbetet och en hållbar utveckling är avgörande förutsättningar för att Skånes framtid ska gå åt rätt håll.

För vart och ett av de sju prioriterade insatsområdena i programmet har nya mål och ett verksamhetsprogram tagits fram. Inom samtliga insatsområden har Region Skåne bland annat identifierat vikten av att främja hållbarhetsrelaterad forskning, utveckling och export och att verka för att förbättra information och kommunikation inom området. Region Skåne ska också verka för en god kompetens kring miljöstatusen i Skåne och för ytterligare kartläggning där så behövs.

Ett av insatsområdena är **Hållbart och produktivt jord- och skogsbruk inklusive livsmedelssektor**, och dess delmål beslutades under 2011. Enligt ett av målen ska Region Skåne verka för en gemensam skånsk strategi för hållbar utveckling och tillväxt inom jord- och skogsbruket inklusive livsmedelssektorn i Skåne. För att nå detta mål framhålls i verksamhetsprogrammet nödvändigheten av att det tas fram en analys av de ekosystemtjänster som är särskilt viktiga för Skånes lantbruksproduktion och samhället i övrigt.

I ett första steg fokuserar Region Skåne arbetet på jordbrukets ekosystemtjänster. För att såväl jordbruksmarkens långsiktiga produktionsförmåga som den biologiska mångfalden och jordbruksföretagens och dess kringverksamheters lönsamhet ska säkerställas måste kunskapsnivån kring Skånes ekosystemtjänster fördjupas, kommuniceras och användas. Kunskaperna om de olika ekosystemtjänsterna och hur de påverkas av våra strategiska val, liksom våra framtida valmöjligheter, måste spridas och integreras i beslut om framtiden som fattas i enskilda företag, näringslivet i stort, i offentlig förvaltning och på EU nivå.

Denna rapport sätter ljuset på kunskapsläget för ett urval av de viktigaste ekosystemtjänsterna. Region Skåne avser att fortsätta arbetet tillsammans med Lunds universitet och jordbrukets olika aktörer för att bidra till en långsiktigt hållbar utveckling av Skåne.



Oddvar Fiskesjö, Region Skåne. December 2013

Sammanfattning

Skånes odlingslandskap tillhandahåller en mängd viktiga ekosystemtjänster. Produktionen av mat, foder och fiber är de mest uppenbara. Men för att dessa så kallade *försörjande ekosystemtjänster* ska kunna produceras behövs det en rad *stödjande* och *reglerande tjänster* som kretslopp av näringsämnen, reglering av vattenflöden, naturlig biologisk kontroll och pollinering. Dessutom bidrar Skånes jordbruksbygd till gemensamma reglerande ekosystemtjänster som vattenreglering och klimatreglering och olika *kulturella ekosystemtjänster* som rekreation, inspiration och biologisk mångfald. Alla dessa ekosystemtjänster stödjer sig på ekologiska processer och funktioner i odlingslandskapets ekosystem som i sin tur grundas på samspelet mellan organismerna som lever där.

Jordbruket i Skåne, liksom i resten av Europa, har under de senaste hundra åren genomgått betydande förändringar, främst genom mekanisering och ökad användning av kemiska växtskyddsmedel och handelsgödsel. Detta har också satt sin prägel på Skånes landskap som blivit mer enformigt, både i slättbygden och i skogsbygden – dock på delvis olika sätt. Alla dessa förändringar har i sin tur förändrat livsmiljön för många av de organismer som utför ekosystemtjänsternas funktion. För att kunna bevara och förvalta ekosystemtjänsterna på ett effektivt sätt krävs det att vi förstär sambanden mellan jordbruk, landskap och ekosystemprocesser.

Denna rapport är en sammanställning av befintlig kunskap om några av de viktigaste ekosystemtjänsterna i lantbruket med fokus på Skåne. Forskningen som ligger till grund för rapporten är genomförd i Skåne eller i andra regioner med liknande förutsättningar för jordbruk. Rapporten inriktar sig främst på de ekologiska processer och samband som ligger till grund för jordbrukets ekosystemtjänster, men ger även en översikt över konceptet ”ekosystemtjänster” och, där det är möjligt, beskriver sätt att värdera dessa tjänsters bidrag till samhällets välfärd.

Många av de ekosystemtjänster som beskrivs i rapporten har påverkats negativt av det allt mer intensiva jordbruket som orsakat att den biologiska mångfalden minskat. Rapporten visar att ekosystemtjänster inte utan vidare går att ersätta med teknologiska lösningar, utan att det ofta på lång sikt lönar sig att satsa på en välunderbyggd förvaltning av dessa tjänster. Rapporten redovisar en rad praktiska åtgärder som relativt enkelt kan göras i Skåne för att gynna ekosystemtjänster, men tydliggör också att en långsiktig förvaltning av dessa tjänster kräver både mer kunskap och anpassade styrmedel. Vägen dit kan bara gå genom ökat samråd och regelbunden återkoppling mellan lantbrukare, myndigheter och forskare. Det är vår förhoppning att denna rapport kan inspirera till detta!

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning	5
1. Inledning	9
2. Ekosystemtjänster – Vad är de och hur kan vi använda oss av dessa för en hållbar utveckling?	11
3. Skånes jordbrukslandskap i förändring – konsekvenser för ekosystemtjänster	17
4. Ekosystemtjänster	33
4.1. Pollinering – en reglerande ekosystemtjänst	33
4.2. Biologisk kontroll – en reglerande ekosystemtjänst	41
4.3. Ekosystemtjänster relaterade till öppna vatten	51
4.4. Jordmånsbildning, retention av näringsämnen och klimatreglering – ekosystemtjänster i marken	57
5. Styrmedel och verktyg	67
6. Vägar framåt	75
7. Litteraturförteckning	77

1. Inledning

Rapporten är en sammanställning av kunskapsläget om ekosystemtjänster i lantbruket med inriktning på Skåne. Jordbrukslandskapet producerar tjänster – ekosystemtjänster – till gagn för både lantbrukare och samhället i övrigt. Tjänster som pollinering, naturlig biologisk kontroll av skadegörare och näringsämnenas kretslopp bidrar bl.a. till högre skördar och gynnar därmed lantbrukaren direkt. Andra tjänster, såsom kolinlagring i marken som bl.a. bidrar till klimatreglering, och våtmarker som bl.a. bidrar till vattenreglering och kan motverka övergödning, gynnar däremot samhället i stort. Kunskap om ekosystemtjänster kan användas när vi fattar långsiktiga beslut om hur landskap och jordbruksmark skall förvaltas, vare sig vi är enskilda lantbrukare, lantbruksföretag, eller arbetar på myndigheter. Det är vår förhoppning att denna kunskapssammanställning kan bidra till välunderbyggda beslut genom att leda till ökad samverkan mellan forskare och samhället i övrigt.

Det skånska jordbrukslandskapet har genomgått stora förändringar under de senaste hundra åren. Genom mekanisering, nya grödor och ökad användning av konstgödning och växtskyddsmedel har produktionen av mat, foder och fiber ökat. Som en del av denna process har även landskapet genomgått en kraftig strukturomvandling så att inslagen av mer eller mindre naturliga habitat har minskat och landskapen därigenom blivit mer enformiga. Förlusten av naturliga habitat kombinerat med det allt intensivare jordbruket har påverkat antalet och mångfalden hos många organismer negativt, vilket uppmärksammats i den allmänna debatten. Vi tror dock att det är mindre känt hur denna förlust av mångfald av arter och livsmiljöer långsiktigt kan underminera jordbrukslandskapets förmåga att producera de ekosystemtjänster som krävs för ett hållbart jordbruk och som påverkar oss alla även om vi inte har vår direkta utkomst från jordbrukslandskapet.

I rapporten beskriver vi hur jordbrukslandskapet har förändrats och hur detta har påverkat ekosystemtjänster som gagnar jordbruksnäringen och samhället i övrigt. Vårt fokus ligger på jordbrukslandskapet i Skåne men forskningen som ligger till grund för våra analyser kan däremot vara utförd såväl i Skåne som i andra regioner med liknande odlingslandskap och förutsättningar för lantbruk. Rapporten är en kunskapssammanställning som belyser vad forskningen vet om effekter av jordbrukets intensifiering inklusive den förändring av landskapet som den omfattande strukturrationaliseringen medfört. Vi identifierar också möjliga åtgärder med vilka lantbrukare eller samhället kan öka produktion av ekosystemtjänster i framtiden.

Rapporten ger en kort bakgrund till begreppet ekosystemtjänster och visar hur detta sammanfattar kunskap om vårt beroende av olika ekosystemprocesser. Vi diskuterar hur begreppet ekosystemtjänster skiljer sig från och kompletterar ett mer traditionellt

naturvårdsperspektiv. Slutligen visar vi hur konceptet ekosystemtjänster kan användas för att värdera naturens bidrag till samhällets välfärd och diskuterar några av orsakerna till varför en hållbar förvaltning av dessa tjänster, trots deras värde, ofta prioriteras lågt i dagens samhälle.

Jordbrukslandskapet producerar en lång rad olika ekosystemtjänster; i rapporten beskriver vi hur några av de viktigaste ekosystemtjänsterna som påverkar lantbrukare och samhället i stort beror av hur landskap och jordbruksmark förvaltas. Vi skildrar de naturliga förutsättningarna som har format det skånska odlingslandskapet, visar hur jordbruk och landskap har utvecklats tillsammans, och hur detta i sin tur påverkar biologisk mångfald och ekosystemprocesser. Vidare diskuterar vi inverkan av landskapets utveckling på ekosystemtjänster som pollinering, biologisk bekämpning av skadegörare, cirkulation av näringsämnen, klimatreglering och vattenreglering. När så är möjligt presenterar vi det man vet idag om dessa tjänsters ekonomiska värden för samhället. Slutligen visar vi upp vägar och föreslår några konkreta åtgärder som skulle kunna stärka produktionen av dessa ekosystemtjänster i det skånska jordbrukslandskapet.

2. Ekosystemtjänster – Vad är de och hur kan vi använda oss av dessa för en hållbar utveckling?

Vad är ekosystemtjänster?

Konceptet "ekosystemtjänster" har de senaste åren börjat användas flitigt av både forskare och myndigheter för att beskriva hur människors välfärd beror av hur ekosystemen fungerar^{1,2}. Detta lyfter fram behovet av kunskap om hur naturliga ekosystemprocesser påverkar vårt samhälle och understryker att vi riskerar att betala ett högt pris om dessa naturliga processer försvagas, förändras eller sätts ur spel. Genom att beskriva ekosystemens bidrag till vår välfärd med ett tydligt begrepp som ekosystemtjänster, fokuserar man på att vi måste förvalta ekosystemen och dess processer på ett hållbart sätt.

Ett sätt att generellt beskriva ekosystemtjänster är "ekosystemens direkta och indirekta bidrag till människors välbefinnande"^{3,4}. De direkta tjänsterna är sådant vi direkt utnyttjar, t.ex. som föda och bränsle. De indirekta tjänsterna är alla de underliggande ekosystemprocesser som krävs för att dessa direkta tjänster skall produceras, som näringsämnes-cirkulation och pollinering. Baserat på internationellt arbete om hållbar utveckling i den så kallade "Millenium Ecosystem Assessment"⁵, har Sverige nyligen i en statlig utredning⁶ föreslagit följande definition och beskrivning av ekosystemtjänster:

- **Försörjande ekosystemtjänster** är de varor som produceras av ekosystem, t.ex. mat, vatten, trä och fiber.
- **Reglerande ekosystemtjänster** är nyttan människor har av ekosystemfunktioner som påverkar miljöfaktorer som t.ex. klimat, översvämningar, nedbrytning av organiskt material, kontroll av sjukdomar samt pollinering av våra grödor.
- **Kulturella ekosystemtjänster** innefattar skönhet, inspiration, rekreation, biologisk mångfald och andra värden som bidrar till vårt välbefinnande.
- **Stödjande ekosystemtjänster** är grundläggande funktioner i ekosystemen som är en förutsättning för alla de andra ekosystemtjänsterna, bl.a. markstruktur, bördighet, fotosyntes och biogeokemiska kretslopp.

Jordbrukslandskapet bidrar med många ekosystemtjänster till samhället. Mest uppenbara är de försörjande ekosystemtjänsterna mat, foder och fiber. För att upprätthålla produktionen av dessa försörjande tjänster är dock ett antal reglerande

och stödjande ekosystemtjänster nödvändiga. De viktigaste är stödjande tjänster som påverkar näringsämnenas och vattnets kretslopp, samt reglerande tjänster som pollinering och naturlig biologisk kontroll av skadeorganismer. Jordbrukslandskapet producerar också reglerande ekosystemtjänster som är till gagn för samhället i stort, såsom klimatreglering genom kolinlagring i marken och reglering av vattenflöden. Jordbrukslandskapet är också viktigt för en kulturell tjänst som rekreation. Alla dessa tjänster underbyggs av jordbrukslandskapets biologiska mångfald i vid bemärkelse, men bevarandet av biologisk mångfald kan också ses som en ekosystemtjänst i sig⁷.

Genom att systematiskt integrera värdet av ekosystemtjänster (i vid mening) i politiska beslut som tas och deras konsekvenser för ekosystemens funktioner så kan vi förvalta naturresurser för att skapa en hållbar utveckling. Det gör det möjligt att integrera aktivt arbete på lokalnivå med t.ex. jordbruksproduktion som då kan förhindra miljöproblem mer generellt i samhället. Begreppet som sådant innebär dock naturligtvis inte att vi automatiskt löser alla de komplexa frågor som en hållbar utveckling reser⁸.

Ekosystemtjänster, biologisk mångfald och jordbruk

I jordbrukslandskapet har många ekosystemprocesser ersatts med mekaniska och kemiska metoder, vilket ofta har negativa konsekvenser för den biologiska mångfalden⁹. Stora insatser görs för att bevara jordbrukslandskapets biologiska mångfald, men med varierande framgång¹⁰. Medan ett traditionellt naturvårdsperspektiv fokuserar på att bevara arterna för deras egen skull, visar konceptet ”ekosystemtjänster” på vikten att bevara jordbrukslandskapets biologiska mångfald på grund av dess roll i de ekosystemprocesser som gynnar människan. Genom att identifiera den biologiska mångfaldens roll för naturliga ekosystemprocesser och förvalta landskapet så att denna mångfald gynnas, kan vi förhoppningsvis skapa ett hållbart jordbruk som är mindre beroende av kemikalier¹¹. Detta kompletterar, men ersätter inte, ett traditionellt naturvårdsperspektiv eftersom speciella åtgärder kan krävas för att bevara sällsynta arter (fridlysning, reservat, tillträdesförbud etc.) som inte nödvändigtvis gynnar andra ekosystemtjänster.

Regeringen har lyft fram ekosystemtjänster när man fastställt nya etappmål inom miljömålsarbetet, inte minst för bevarandet av biologisk mångfald¹²:

- Ekosystemtjänster och resiliens: Viktiga ekosystemtjänster och faktorer som påverkar deras vidmakthållande är identifierade och systematiserade senast år 2013.
- Den biologiska mångfaldens och ekosystemtjänsternas värden: Senast år 2018 ska betydelsen av biologisk mångfald och värdet av ekosystemtjänster vara allmänt kända och integreras i ekonomiska ställningstaganden, politiska avväganden och andra beslut i samhället där så är relevant och skäligt.

När man skyddar biologisk mångfald för att gynna ekosystemtjänster blir det viktigt var i jordbrukslandskapet den biologiska mångfalden bevaras¹³ eftersom den måste vara kopplad till de funktioner man vill behålla eller stärka. Att t.ex. bevara ovanliga bin i skyddade områden är viktigt för vissa arter, men att gynna vanliga arter som vissa humlor kan vara viktigt för att säkerställa god skörd av pollinerade grödor. Det är dock inte så enkelt som att ett naturvårdsperspektiv leder till fokus på sällsynta arter och ett ekosystemtjänsteperspektiv till fokus på vanliga arter. Även om en viss, för oss viktig, ekosystemfunktion beror av vanliga arter, kan det vara svårt att förutse vilka arter som kommer att vara viktiga för ekosystemtjänsten i framtiden. Att bevara en hög biologisk mångfald kan därför resultera i en motståndskraft vid förändring; under förändrade förhållanden i framtiden kan vissa ovanliga arter visa sig vara de som blir viktigast för att utföra tjänsten¹⁴.

Värdering av ekosystemtjänster i jordbrukslandskapet

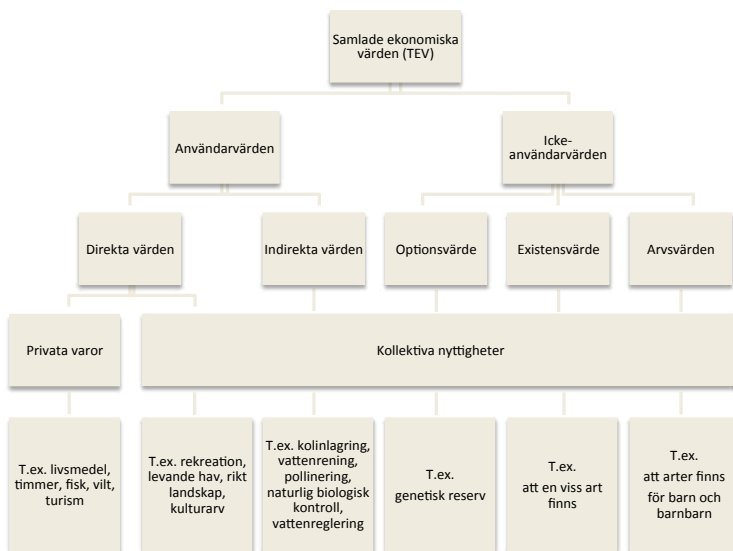
För att kunna ta hänsyn till ekosystemtjänster vid beslutsfattande, kan det finnas ett behov av att ge dem ett monetärt värde. Det är dock meningslöst att uppskatta det totala värdet på ekosystemtjänster, eftersom detta är oändligt – utan ekosystemtjänster skulle det inte finnas några mänskliga samhällen. Genom att ändra vårt sätt att hantera eller förvalta ett ekosystem kan vi däremot påverka ekosystemtjänsterna, vilket kan ha mer eller mindre förutsägbara konsekvenser för människors välbefinnande. Vi kan t.ex. försöka räkna ut hur en förändring av vår förvaltning av pollinatörer kommer att påverka både jordbrukarnas ekonomi och välfärden i Sverige i stort. Ett väl underbyggt beslut bör omfatta alla möjliga följder för samhället, och att sätta ett monetärt värde på ekosystemtjänster är ett avgörande steg för att uppnå detta mål. Därför är det, i den efterföljande texten, ett visst besluts *konsekvenser* på det totala värdet av ekosystemtjänsterna som är relevant, inte det totala värdet i sig.

Värdering av ekosystemtjänster är dock inte enkelt. För det första är det viktigt att skilja på direkta och indirekta tjänster vid värdering för att undvika dubbelräkning¹⁵ (t.ex. värdet av pollinering och den skörd som pollinering ger upphov till). Direkta ekosystemtjänster värderas ofta på en marknad, men för indirekta tjänster finns oftast inte en sådan marknad. Därför är det viktigt att fokusera just på värderingen av de indirekta ekosystemtjänsterna, eftersom deras värde riskerar att vara osynligt för beslutsfattare och inte tas tillräcklig hänsyn till vid beslut. T.ex. kan en lantbrukare enkelt se vad priset på raps är på marknaden, medan värdet på att lämna habitat för pollinatörer är svårare att komma åt.

För det andra, också direkta ekosystemtjänster kan sakna värde på en ekonomisk marknad, speciellt "mjuka" tjänster som rör existensvärdet av biologisk mångfald eller upplevelsen av ett vackert landskap. Det som värderas på en ekonomisk marknad är sådant som konsumeras av en person i taget och/eller där man kan förhindra någon som inte betalar för det från att konsumera detta. Det innebär att något som flera kan

konsumera samtidigt och som är svårt eller omöjligt att förhindra att någon konsumerar, som upplevelsen av en vacker utsikt, inte värderas på en marknad. Detta innebär ju inte att utsikten inte har ett värde, bara att det inte finns någon marknadspris som indikator på dess värde. Sådana så kallade ”kollektiva nyttigheter” tenderar därför att produceras i för liten omfattning om de enbart överlämnas till marknadskrafterna (då det är omöjligt att ta ut ett pris för att finansiera det, varför kollektiva nyttigheter vanligtvis finansieras av skattemedel). Just denna problematik gäller många ekosystemtjänster: deras värde syns inte på marknaden. Men genom att ge dem ett ekonomiskt värde (ett pris) kan man synliggöra deras betydelse vid beslutsfattande.

Ekonomisk teori definierar skillnader mellan värden beroende på hur vi använder ekosystemtjänster (figur 1) vilket kan ses som ett komplement till t.ex. Naturvårdsverkets klassificering i direkta och indirekta tjänster. Direkta värden är lättare att värdera än indirekta värden. Medan direkta användarvärden kan synas på marknaden (t.ex. priset för jordbruksprodukter) eller kan härledas från beteende på marknaden (hur mycket fågelskådaren lägger på att se en sällsynt fågel), så är det svårt att definiera värden för icke-användarvärden. Hur värderar man t.ex. existensvärdet av biologisk mångfald, dvs. att vi värderar det faktum att det finns biologisk mångfald nu och för framtida generationer? Det är ju något som en person kan uppleva utan att det leder till något observerbart beteende som en ekonom kan använda vid värdering. Enda sättet blir då att fråga folk om vad värdet är, vilket är en metod med mycket stor osäkerhet. Sådana icke-användarvärden anses teoretiskt vara höga, men svåra att uppskatta.



Figur 1. Ekonomisk teori värderar ekosystemtjänster utifrån hur vi använder och vem som nyttjar dem. Kollektiva nyttigheter är generellt mycket svårare att värdera eftersom det ofta inte finns någon marknadspris för dessa. Modifierad efter Turner m.fl. 1994¹⁶.

Det finns också en rad andra svårigheter när det gäller att beräkna värdet av ekosystemtjänster. Framförallt är summan av förändringen i så kallat producent- och konsumentöverskott (dvs. det sättet som de samlade värden för samhället beräknas) en bra uppskattning av en förändring i medborgarnas välfärd när pengar kan ersätta något som går förlorat, vilket ofta inte är fallet för miljövärden. T.ex. kan samma person sätta olika värden på hur mycket han/hon är beredd att betala för att bevara ett naturområde jämfört med hur mycket han/hon behöver få för att acceptera att det förstörs. Det innebär att värdet för en ekosystemtjänst kan bero på vem som har rätt att besluta om dess fortbestånd.

Slutligen, ytterligare en komplexitet vid värderingen av ekosystemtjänster är hur man skall ta hänsyn till värdet för framtida generationer. I företag eller när vi konsumerar privat skriver vi normalt ner värdet i framtiden, en vinst eller konsumtion idag är mer värd än samma vinst eller konsumtion i framtiden. En orsak är att vi förväntar oss en expanderande ekonomi, så en enhet konsumtion/vinst är värd mindre i framtiden (det finns även andra orsaker). Men sådan så kallad diskontering gäller inte fullt ut processer baserade på biologisk mångfald – vi kan knappast förvänta oss den fundamentala basen för ekosystem att bli större i framtiden¹⁷. T.ex., även om en lantbrukare inte vinner strikt ekonomiskt på att upprätthålla en god jordkvalitet på kort sikt i lantbruksföretaget, ligger det i samhällets intresse att slå vakt om jordkvaliteten för framtida generationer.

I praktiken kan det vara mycket svårt att beräkna det ekonomiska värdet på biologisk mångfald och ekosystemtjänster av både praktiska och teoretiska orsaker¹⁸. Det är därför viktigt att inse att ekonomisk värdering, när sådan är möjlig, är begränsad och behöver kompletteras med andra kriterier när man beslutar om förvaltning av ekosystemtjänster.

3. Skånes jordbrukslandskap i förändring – konsekvenser för ekosystemtjänster

Inledning

Skåne har ett varierat jordbrukslandskap, med öppen slätt i sydväst som övergår i småskalig skogsbygd i nordöst (figur 2). Inte bara det visuella intrycket av landskapet skiljer sig åt, utan även markanvändningen, dominerat av växtproduktion i sydväst och djurbaserad produktion i nordöst. Detta medför i sin tur att användningen av jordbrukskemikalier också varierar. Denna variation speglar jordarternas fördelning i länet. I södra och västra Skåne dominerar mycket bördiga moränleror som bildats från kalkberggrunden och ger goda förutsättningar för växtproduktion, medan moräner från urbergsberggrund dominerar i de norra delarna av Skåne (figur 3). Allt detta påverkar förutsättningarna för biologisk mångfald och därmed produktionen av ekosystemtjänster, både sådana som är till gagn för lantbruket och de som är av allmänt värde.

Jordbrukslandskapets utveckling beror av naturliga förutsättningar för odling, marknaden för jordbruksprodukter och politiska beslut så som miljöstöd i jordbruket. I takt med att den tekniska utvecklingen tog fart efter andra världskriget har livsmedelsproduktionen genomgått dramatiska förändringar. Kraftigare maskiner, dränering och framför allt användningen av konstgödsel och kemiska växtskyddsmedel har gjort att jordbruken i områden med goda naturliga förutsättningar (dvs. främst bördiga jordar som i södra och västra Skåne) har kunnat specialisera sig på växtproduktion, odla mer intensivt och öka skördarna¹⁹. I andra områden, som norra och östra Skåne, där de naturliga förutsättningarna för jordbruk inte är lika goda, har utvecklingen samtidigt lett till att gårdar lagts ner och åkermark blivit planterad med skog^{20,21}.

Genom att förstå hur landskapet utvecklats och hur detta har påverkat produktionen av ekosystemtjänster kan vi förhoppningsvis ta hänsyn till produktionen av ekosystemtjänster i våra beslut och på det sättet bidra till ett landskap med hållbar och konkurrenskraftig jordbruksproduktion samtidigt som naturvärden värnas. Vi beskriver därför i detta avsnitt hur det skånska jordbrukslandskapet utvecklats och hur detta har medfört stora regionala skillnader i förutsättningar för biologisk mångfald och ekosystemtjänster.



Figur 2. Skånes jordbrukslandskap är mycket variabelt, från öppen slätt i sydväst till småskalig skogsbygd i nordöst. Foto: Juliana Dänhardt.



Figur 3. Fördelningen av jordarter i Skåne ligger till grund för hur jordbruket har utvecklats i de olika delarna i länet. Källa: www.SGU.se

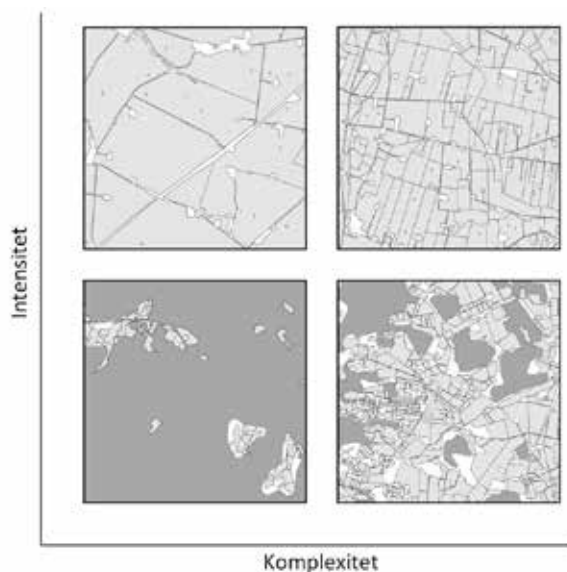
Från åker till landskap

Biologisk mångfald och produktionen av olika ekosystemtjänster påverkas av hur jordbruket bedrivs lokalt på det enskilda fältet, t.ex. hur marken bearbetas, vilka växtskyddsmedel som används och hur mycket konstgödning som används. Men för att förstå produktionen av ekosystemtjänster i jordbrukslandskapet är det viktigt att också ha ett landskapsperspektiv eftersom många av de ekosystemprocesser som ligger bakom dessa tjänster beror av landskapets utformning på olika skalor. Inom forskningen beskrivs de stora förändringarna i jordbrukslandskapet ofta med termerna ”intensifiering” och

”förenkling”²²⁻²⁴. Intensifiering beskriver metoder som använts för att öka produktionen per ytenhet, t.ex. täckdikning, konstgödning och växtskyddsmedel, medan förenkling av landskapet är den förlust av mer eller mindre naturliga habitat som kantzoner, småbiotoper och naturbetesmarker som skett parallellt med intensifieringen.

Förändringen i intensitet och förenklingen av landskapet drivs båda av krav på att producera effektivare och är därför delvis kopplade. Odlingen är t.ex. mindre intensiv i skogsbygden än i slättbygden och där finns också kvar betydligt mer naturbetesmarker. Men ur ekologisk synvinkel är intensifiering och förenkling olika faktorer och kan variera delvis oberoende av varandra i det skånska landskapet (figur 4)²⁵. Det betyder att förändringar i intensitet delvis påverkar andra organismer och/eller ekosystemtjänster jämfört med förändringar i komplexitet¹⁹.

Genom ett landskapsperspektiv inser man att förekomsten av organismer och de ekosystemtjänster de producerar beror av hur hela landskapet är utformat^{26,27}. Organismer behöver t.ex. både födoresurser och boplatser inom räckhåll för varandra. De naturmiljöer där organismer finns kan inte vara för fragmenterade. Det måste också finnas tillräckligt mycket ostörda miljöer som organismer kan sprida sig ifrån för att säkerställa ekosystemtjänster som pollinering och biologisk kontroll i åkerlandskapet som regelbundet störs av jordbearbetning, växtskyddsåtgärder och skörd.



Figur 4. Även om landskapets komplexitet och jordbrukets intensitet ofta går hand i hand, är det viktigt att skilja på dessa två faktorer. Figuren visar exempel på fyra skånska landskapstyper som representerar olika grad av komplexitet och intensitet. T.ex. kan även ett intensivt jordbrukslandskap (övre raden) vara komplext och innehålla mycket permanenta landskapselement som fältkanter (längst upp till vänster). Ljusgrå områden är jordbruksmark, mörkgrå representerar skog. Från Persson m.fl. 2010²⁵.

Landskapsperspektivet får konsekvenser när det gäller hur kostnadseffektiva åtgärder för att gynna biologisk mångfald och ekosystemtjänster ska utformas. Beroende på landskapets utseende kan åtgärder vara mer eller mindre effektiva. T.ex. är den positiva effekten av ekologisk odling i Skåne på biologisk mångfald, bland annat på pollinatörer, större i slättbygden än i mellanbygden, antagligen för att det småskaliga jordbruket i mellanbygden är mindre intensivt och för att det finns fler småbiotoper kvar som erbjuder både föda och boplatser²⁸⁻³⁰. En slutsats av detta skulle kunna vara att det är viktigt att premiera ekologisk odling eller skapa småbiotoper i slättbygden, som bägge är ovanliga där^{30,31}. Effekten av en åtgärd kan också bero på om man genomför den bara på ett enskilt lantbruk eller i hela landskapet. En skånsk studie visade t.ex. att mångfalden av både fjärilar och vissa kärlväxter var högre i fältkanter vid ekologiska än vid konventionella fält, men att ännu högre mångfald fanns när de undersökta fältkanterna låg i landskap med en hög andel ekologisk odling^{32,33}.

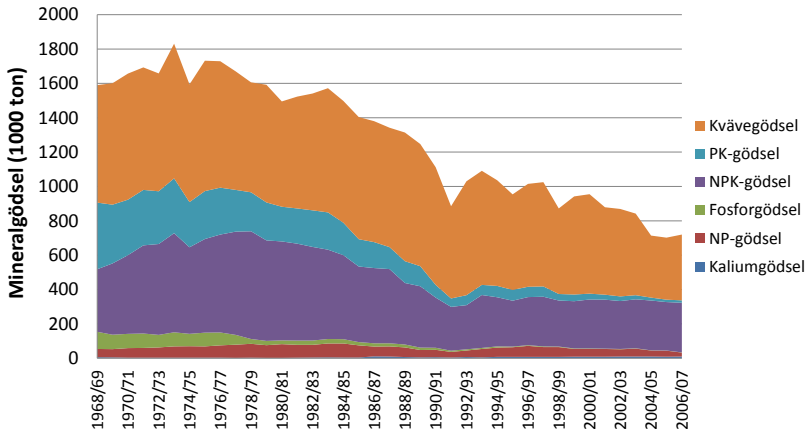
Förändringar i markanvändning - intensifiering

En rad metoder har införts i jordbruket för att öka produktionen per ytenhet. Många av dessa metoder leder till att grödor blir mer konkurrenskraftiga på andra växters bekostnad, att oönskad biologisk mångfald (skadegörare) elimineras och att spill från jordbruket som kan utnyttjas av vilda organismer minskat. Tillsammans har detta lett till ökad produktion men minskat den biologiska mångfalden. Vi fokuserar här på de två viktigaste åtgärderna, ökad användning av konstgödning och ökad användning av växtskyddsmedel.

Konstgödning

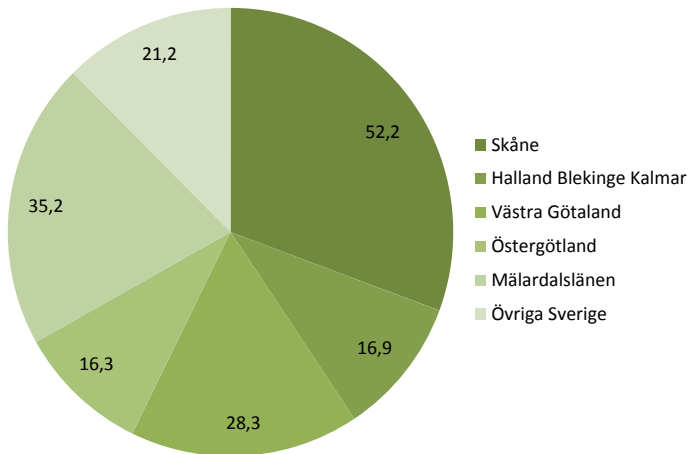
En av de mest revolutionerande förändringarna inom jordbruket i modern tid är upptäckten av mineralgödsel och kemiska växtskyddsmedel. "Ängen är åkerns moder" är ett svenskt ordspråk som på ett fint sätt beskriver det traditionella näringskretsloppet på en gård och lantbrukarens beroende av (stall-)gödsel: ju mer ängsmark man ägde, desto fler djur kunde man livnära med höet under vintern och desto mer stallgödsel fanns tillgänglig för att gödsla åkrarna på våren. När mineralgödsel blev tillgänglig bröts länken mellan djurhållning och växtodling, vilket gjorde det möjligt för lantbruken att specialisera och intensifiera sin produktion. I Sverige har den totala spannmålsskörden ökat med cirka 85 % sedan 50-talet trots att den totala arealen av spannmålsodling samtidigt har minskat med 20 %¹⁹. Hektarskörden av spannmål i Skåne har ökat med nästan 50 % under samma period, dock har minskningen av den odlade spannmålsarealen bara varit drygt 1 %³⁴. Samtidigt har tillförseln av energi, kväve och foder från externa källor ökat dramatiskt i svenska lantbruk¹⁹. Försäljningen av mineralgödsel, framför allt kväve, i Sverige ökade fram till 70-talet men har sedan avtagit (figur 5). Skåne är det län som med drygt 30 % förbrukar mest mineralgödsel i Sverige (figur 6), och förbrukningen koncentreras till slättbygden (figur 7).

Försäljning av mineralgödsel 1968-2007

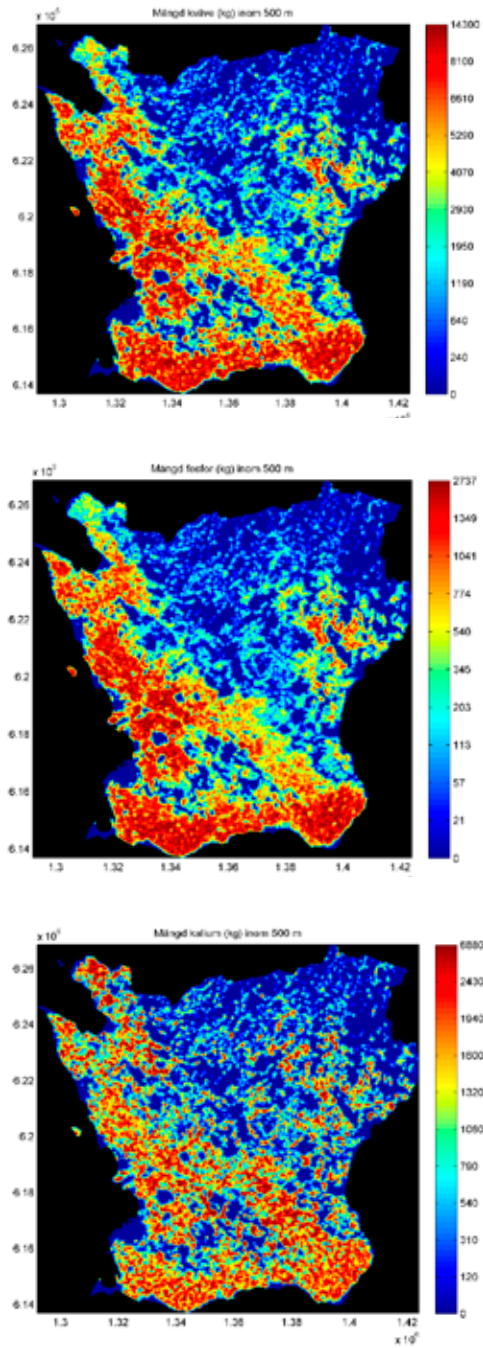


Figur 5. Försäljningen av mineralgödsel (i tusen ton) till jordbruket i Sverige har minskat sedan 70-talet. Kväve står för den högsta andelen av försäld handelsgödsel. Källa: Jordbruksverket³⁴.

Fördelning av mineralgödsel-försäljningen



Figur 6. Försäljningen av mineralgödsel (i tusen ton kväve) till jord- och trädgårdsbruk i Sverige år 2010/11. Skåne står med över 50 tusen ton för ca en tredjedel av mineralgödsel-förbrukningen. Källa: Jordbruksverket³⁴.



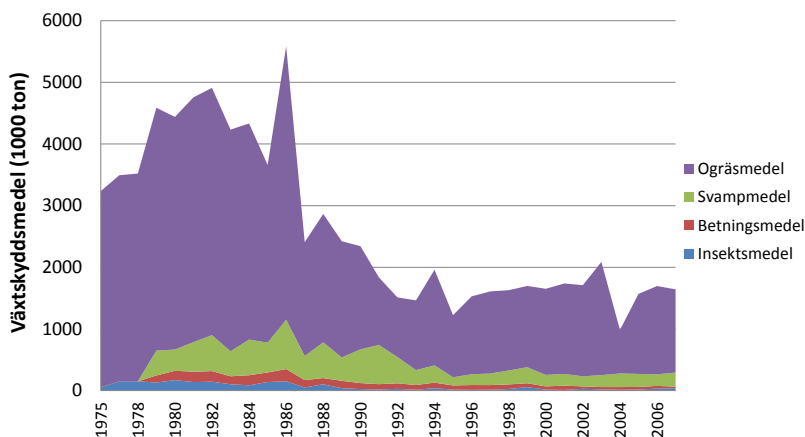
Figur 7. Användning av kväve, fosfor och kalium i Skånes jordbrukslandskap. Färgskalan visar låga gödselmängder i blått och höga mängder i rött. Källa: www.agriwise.org³⁵.

Ökad användning av konstgödning har haft en rad negativa effekter på biologisk mångfald och en rad andra ekosystemtjänster än skörd^{36,37}. Mest uppenbart är att den medfört en ökad eutrofiering (övergödning) av våtmarker, sjöar och hav nedströms³⁸. Men även den ökade eutrofieringen på land har negativa effekter på biologisk mångfald^{36,39}. Tätare grödor minskar förekomsten av ogräs⁴⁰, vilket kan drabba sällsynta ogräs^{41,42} och insekter beroende av dessa växter⁴³. Eutrofiering ändrar också växtsamhällens sammansättning⁴⁴, vilket oftast leder till färre arter^{36,39}, och drabbar skyddsvärda växter⁴⁵. Mest uttalat är detta när det sker i traditionellt artrika naturbetesmarker⁴⁶, där även insekter kan drabbas⁴⁷.

Växtskyddsmedel

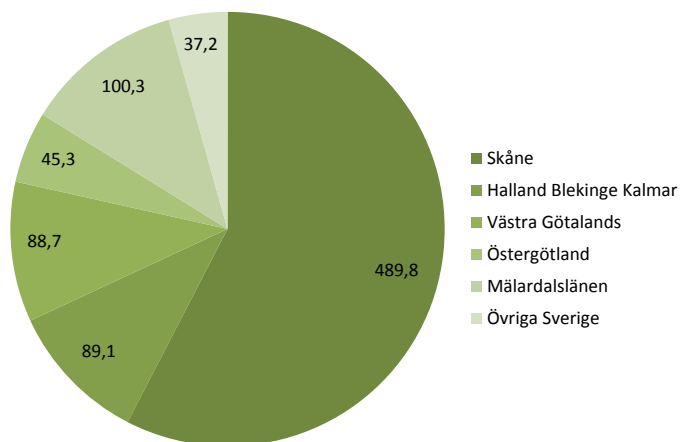
Växtskyddsmedel möjliggör förenklade växtföljder och att samma grödor odlas på större sammanhängande arealer. Vissa grödor kan också sås redan på hösten. I Sverige har försäljningen av växtskyddsmedel till jord- och trädgårdsbruket varit som störst under sent 70- till 80-talet, och har nu legat på en stabil nivå sedan 90-talet (figur 8). Skåne, med cirka 17 % av Sveriges åkerareal, stod med nästan 500 ton för mer än hälften av växtskyddsmedelsanvändningen 2010 (figur 9). Förklaringar till detta är framför allt den stora andelen av bekämpningsintensiva grödor som spannmål, sockerbetor och potatis som odlas i länet, men även det för insekter och svampar gynnsamma klimatet i södra Sverige⁴⁸. Av samma anledning är användningen av växtskyddsmedel inom Skåne koncentrerad till slättbygden (tabell 1).

Försäljning av växtskyddsmedel 1975-2007



Figur 8. Försäljningen av växtskyddsmedel (i tusen ton) till jordbruket i Sverige under åren 1975 – 2007. Ogräsmiddel står för den med avstånd största andelen av försälda växtskyddsmedel. Källa: Jordbruksverket³⁴.

Fördelning av växtskyddsmedelsförsäljningen



Figur 9. Försäljningen av växtskyddsmedel (i ton) till jordbruket i olika regioner i Sverige år 2010. Mer än hälften av de försälda växtskyddsmedlen det året såldes till Skåne. Källa: Jordbruksverket³⁴.

Tabell 1. Normalskörd och användning av jordbrukskemikalier i fem av de viktigaste grödorna i Skåne, uppdelad i de tre produktionsområdena som förekommer i länet³⁵.

Gröda	Region	Skörd	N	P	K	Kemikalier applikationer/år
		kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	
Höstraps	Slättbygden	3600	172	26	21	2
Höstraps	Mellanbygden	3300	166	24	18	1,9
Höstraps	Skogsbygden	3000	160	23	15	1,7
Höstvete	Slättbygden	7600	155	20	23	3
Höstvete	Mellanbygden	6300	135	16	17	2,4
Höstvete	Skogsbygden	5600	137	14	13	1,9
Socketbetor	Slättbygden	60000	120	36	74	1,3
Socketbetor	Mellanbygden	54000	120	33	60	1,3
Socketbetor	Skogsbygden	55000	120	33	62	1,3
Vall	Slättbygden	5500	138	13	101	n/a
Vall	Mellanbygden	4800	120	10	83	n/a
Vall	Skogsbygden	4200	105	8	68	n/a
Värkorn	Slättbygden	5500	88	17	13	2,2
Värkorn	Mellanbygden	4300	66	13	7	2
Värkorn	Skogsbygden	3800	71	11	4	1,6

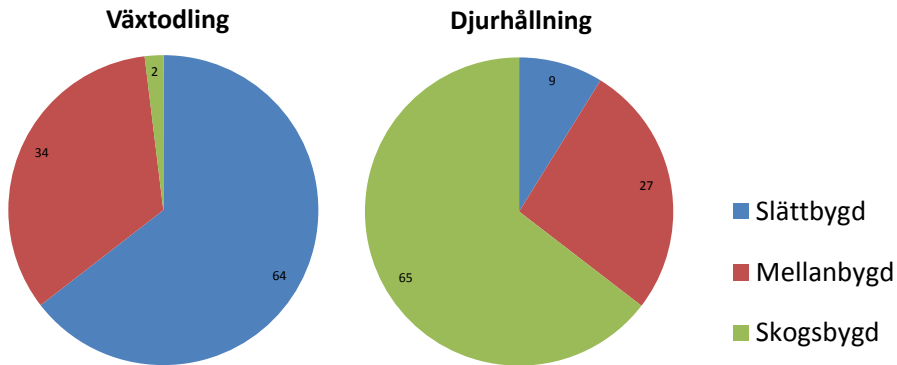
Användning av växtskyddsmedel påverkar biologisk mångfald både direkt och indirekt⁴⁸ och är en viktig orsak till förlust av biologisk mångfald i jordbrukslandskapet⁴⁹. Svampmedel påverkar framförallt markorganismer, medan effekter på högre organismer är relativt okänd⁴⁸. Herbicider minskar förekomsten av ogräs, varav vissa är sällsynta⁴¹, i åkern⁵⁰ men också växter utanför åkrarna kan drabbas på grund av drift av ogräsmedlen^{32,48}. Minskad förekomst av ogräs får sekundära negativa effekter på ryggradslösa djur^{48,51} och fåglar^{52,53}. Även om de direkta effekterna av växtskyddsmedel på biologisk mångfald har minskat⁴⁸ kan t.ex. insekter⁵⁴ drabbas av direkt förgiftning av vissa växtskyddsmedel.

Mer höstsådd

En viktig förändring är den ökade andelen höstsådda grödor, vilket bl.a. möjliggjorts av bättre växtskyddsmedel⁵⁵. I Skåne handlar det framförallt om övergången från vår- till höstsådda spannmål. Sådd på hösten kan minska näringsläckage, eftersom grödorna kan fungera som fånggrödor under vintern⁵⁶. Höstsådda grödor ökar också mullhalten i marken vilket i sin tur kan gynna många andra organismer som lever i eller på markytan⁵⁷. Samtidigt har antalet stubbåkrar som ligger kvar under vintern minskat när höstsådden ökade, vilket har negativa konsekvenser för andra organismer som är beroende av detta habitat. Till exempel utgör stubbåkrar en viktig födokälla för frätande fåglar som rastar eller övervintrar i odlingslandskapet. Övergången från vår- till höstsådd påverkar dock även fåglar som häckar och söker föda på marken på våren^{58,59}. Sånglärkans enorma tillbakagång beror bland annat på försämrade häckningsframgång på grund av den täta vegetationen i höstsådda grödor^{59,60}. En annan nackdel med höstsådda grödor är att de behandlas oftare med ogräsmedel, vilket leder till mindre populationer och minskad mångfald hos framför allt växter och växtätande insekter^{61,62}. Jämfört med bar åkermark över vintern är dock både stubb och höstsådd positiva för de flesta ekosystemtjänster i jordbrukslandskapet.

Strukturella förändringar i landskapet – förenkling

En av konsekvenserna av jordbrukets utveckling är att landskapet förenklats genom att mindre produktiva habitat som naturbetesmarker lagts ner och så kallade odlingshinder (dvs. fältkanter, småbiotoper, öppna diken och dammar) tagits bort. Det anses allmänt att detta tillhör de viktigaste orsakerna till att den biologiska mångfalden i jordbrukslandskapet minskat^{23,26}, vilket i sin tur påverkar ekosystemtjänster⁶³⁻⁶⁵. Utvecklingen har emellertid varit mycket olika i slätt-, mellan- och skogsbygd.

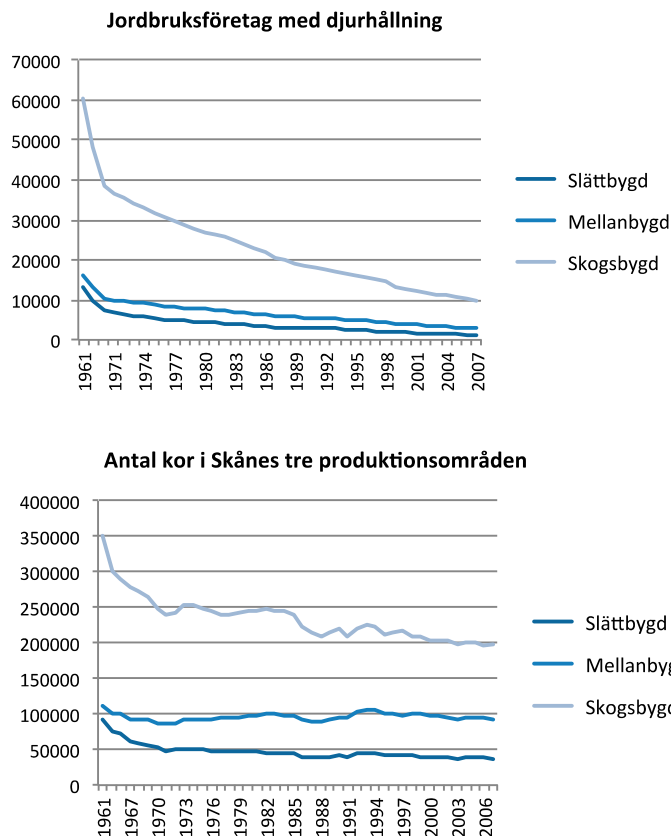


Figur 10. Specialiseringen av jordbruken i Skåne är geografiskt segregerade: växtodlingsgårdar dominerar i slättbygden medan djurhållning är vanligast i skogsbygden. Källa: SCB 2009

Specialisering

Den geografiska specialiseringen av jordbruken mot antingen växtodling eller djurhållning är tydligt i Skåne (figur 10). I slättbygden, där jordarna är bördiga och ger mycket goda förutsättningar för växtproduktion, minskade både betesdjur och gårdar med djurhållning markant (figur 11). I skogs- och mellanbygden däremot specialiserade sig många gårdar på djurhållning. Att antalet djur trots detta förblev relativt stabil under den perioden, beror på att antalet djurhållande företag minskade. Detta understryker att lantbruken i Skånes skogs- och mellanbygd blir färre, men att de som finns kvar utökar sin produktion. Slättbygden dominerades redan på 60-talet av årligen plöjd åkermark, medan vall och grönfoder stod bara för en fjärdedel av grödorna (figur 12). Den största förändringen här utgörs av övergången från vår- till höstsådd spannmål. På 60-talet såddes bara drygt en femtedel av den odlade spannmålen på hösten, idag är det lite drygt hälften. Utvecklingen i skogsbygden ledde till raka motsatsen (figur 12). Andelen vall- och grönfoderodling ökade betydligt från 49 % till 67 % mellan 1961 och 2007, mest på bekostnad av vårsåden. Andel höstsådd spannmål höll sig däremot relativt stabilt på samma låga nivå kring 5 %. I mellanbygdens utveckling möts slätt- och skogsbygden. Som i skogsbygden har andelen vallodling ökat något, samtidigt som spannmålsodlingen uppvisar samma tendens som i slättbygden med ökat höst- och minskat vårsäd (figur 12). Raps har tillkommit som gröda i alla tre områden, men odlas andelsmässigt mest i slättbygden.

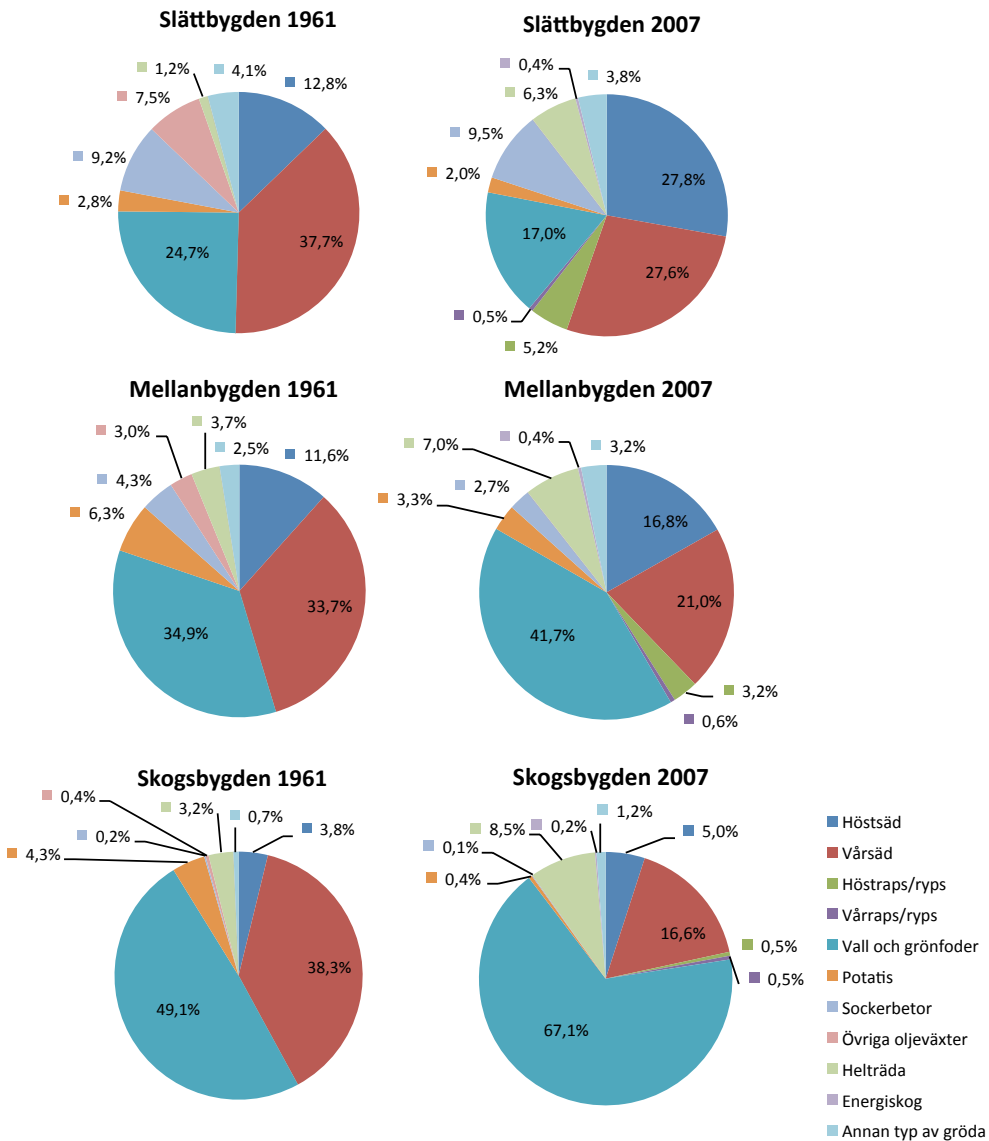
Både i slättbygden och i skogsbygden har landskapet därmed blivit mer enformigt, men på olika sätt. I slättbygden dominerar intensiv växtodling, med färre inslag av vall och annan mark odlad med lägre intensitet (se nedan). Detta leder till en förlust av biologisk mångfald^{49,66}. Men även i skogsbygden har landskapet blivit mer enformigt, vilket har negativa konsekvenser för en del arter⁶⁷. Några av de mest typiska jordbruksfåglarna som sånglärkan, hämpling, gråsparv och tofsvipa har till exempel försvunnit som häckfåglar från många områden i nordöstra Skånes skogsbygd de senaste 30 åren⁶⁸.



Figur 11. Såväl antalet jordbruksföretag med djurhållning (i det här fallet nötkreatur, ovan) som antalet djur (här: kor) har minskat i Skåne sedan 60-talet. Mest dramatiskt har förändringen varit i Skånes slättbygd, men minskningen syns även för skogs- och mellanbygden. Källa: Jordbruksverket³⁴.

Naturbetesmarker

När de naturliga ängarna försvunnit, utgör naturbetesmarkerna en av de få kvarvarande permanenta gräsmarkerna och kan hålla mycket hög biologisk mångfald⁶⁹. Sett över ett längre tidsperspektiv har mängden naturbetesmarker minskat drastiskt i Sverige⁷⁰. Sedan slutet av 1800-talet har mängden naturbetesmarker minskat med åtminstone 80 % i Skåne³⁴. På produktiva jordar har de ofta förvandlats till åkrar, medan de ofta vuxit igen på mindre produktiva jordar. I slättbygden finns en mycket liten andel naturbetesmarker kvar, medan de är vanliga i mellan- och skogsbygd (figur 13). För närvarande skyddas de genom att miljöstödet utgår om man upprätthåller skötseln. Detta har medfört att andelen naturbetesmarker i Skåne legat relativt konstant under de senaste 10 åren⁷¹.

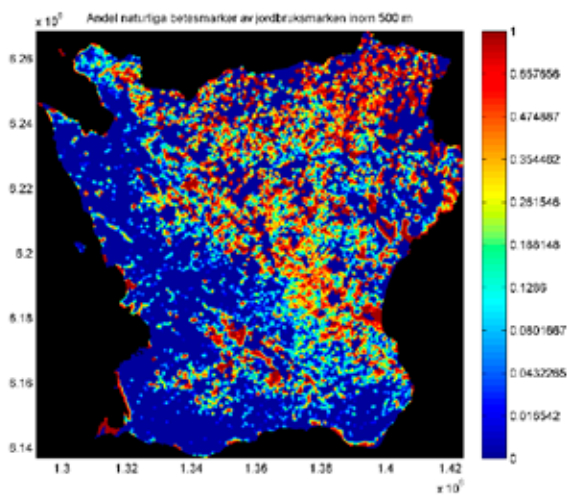


Figur 12. Sammansättningen av odlade grödor i Skånes slättbygd, mellanbygd och skogsbygd år 1961 och 2007. Den arealmässiga andelen av de odlade grödorna har förändrats i alla tre jordbruksbygder, men förändringen gäller delvis olika grödor i de olika bygderna. Källa: Jordbruksverket³⁴.

Många sällsynta organismer i jordbrukslandskapet i Sverige och Skåne är knutna till naturbetesmarker och skyddet av dessa är därför viktigt för den biologiska mångfalden i stort⁶⁹. Den biologiska mångfalden i naturbetesmarker beror ofta på lång kontinuitet i brukandet, samtidigt som konstgödning och växtskyddsmedel inte används. Mångfalden i naturbetesmarker påverkas dock negativt av övergödning^{46,47} och ett för högt betestryck samtidigt som bete krävs för att hålla markerna fortsatt öppna⁷². Då organismer, främst visat för insekter, ofta sprider sig från naturbetesmarker ut i landskapet, bidrar naturbetesmarker också till den biologiska mångfalden i landskapet i stort⁷³⁻⁷⁵.

Småbiotoper

En förändring som haft stor påverkan på landskapsbilden är att småbiotoper såsom naturliga fältkanter, stenmurar och mägergravar har tagits bort för att göra åkrarna större, rakare och därmed mer lättmanövrerade för allt större lantbruksmaskiner. I Sverige togs småbiotoperna bort i stor skala framför allt på 60-80 talet⁷⁶. Detta skedde främst i södra Sveriges slättbygder, där åkrarnas storlek i genomsnitt ökade med 21 %, på vissa stora gods med upp till 600 % sedan 40-talet⁷⁶. I Skåne har den totala ytan av åkrar som är större än 50 ha fördubblats mellan 1951 och 1996, medan ytan av åkrar mindre än 5 ha under samma period har minskat med 85 %³⁴.



Figur 13. Kvarvarande naturbetesmarker finns främst i nordöstra Skånes skogsbygd. Låg andel av naturbetesmarker i landskapet visas i blå färger, hög andel i rött. Figuren bygger på data från Jordbruksverkets blockdatabas.

Det finns tyvärr ingen officiell sammanställning över hur många och vilka typer av småbiotoper som har försvunnit i Sverige, men beräkningar baserade på ett antal fallstudier uppskattar att i genomsnitt 50 % av småbiotoperna i det svenska jordbrukslandskapet

har försvunnit¹⁹. Med tanke på att de största landskapsförenklingarna skedde i södra Sverige⁷⁶, bör siffran vara ännu högre för Skåne. I slutet av 80-talet ökade myndigheternas medvetenhet om betydelsen av dessa landskapselement, och 1993 infördes det generella biotopskyddet som förbjuder skadegörelse och borttagandet av småbiotoper⁷⁷.

Småbiotoperna delas ofta in i linjeformiga landskapselement som häckar, stenmurar, odlingsvägar och öppna diken, och punktformiga element som mägergravar, småvatten eller våtmarker. Oavsett form fyller dessa småbiotoper viktiga ekologiska funktioner, särskilt i slättbygden där få andra naturliga habitat finns⁷⁸. De tillhandahåller inte bara både boplats och föda för många olika organismer, utan kan också fungera som spridningskorridorer som förbinder kvarvarande naturliga habitat. I intensivt odlade landskap är växter, pollinerande insekter, antagonister till skadegörare (t.ex. skalbaggar och spindlar) och många fågel- och viltarter helt eller delvis beroende av olika typer av småbiotoper som erbjuder skydd eller föda. Landskapets struktur har därmed betydelse för flera av de organismer som utför ekosystemtjänster, men exakt hur landskapet påverkar en art beror i många fall på artens egenskaper. Det är därför viktigt att tänka på att även om det generella mönstret för många organismgrupper är att de gynnas av ett komplext landskap med hög andel småbiotoper, så finns det enstaka arter (t.ex. rastande ljunpipare på hösten) som faktiskt är beroende av ett mer öppet, storskaligt landskap⁷⁹.

Våtmarker

Det äldre jordbrukslandskapet innehöll våtmarker i form av öppna diken, vattendrag och dammar. En mycket stor andel av dessa har försvunnit på grund av täckdikning och åar som rätats och grävts ut. Globalt sett har våtmarker dikats ut och förvandlats till åkrar, vilket i många regioner i Europa medfört en reduktion av våtmarker med upp till 90 %^{80,81}. I Skåne medförde en ökande befolkning under 1800-talet ett högt tryck på att skapa mer åkermark och många sjöar och våtmarker dikades, vattendrag rätades eller kulverterades, vilket dramatiskt reducerade mängden öppet vatten i landskapet. Processen fortsatte under 1900-talet som ett resultat av utvecklingen av ett modernt mekaniserat jordbruk. En jämförelse med äldre kartor över ett mindre område i Slimminge visar exempelvis att 47 % av små dammar och våtmarker har försvunnit mellan 1938 och 1986⁸².

Detta har flera konsekvenser för biologisk mångfald och ekosystemtjänster. Eftersom öppna diken⁸³ och dammar är viktiga för biologisk mångfald i sig⁸⁴ hotar förlusten av våtmarker den biologiska mångfalden i landskapet. Minskad vattenhållande förmåga leder till högre flöden av vatten nedströms, vilket kan leda till översvämningar⁸⁵. En ökad användning av konstgödning har medfört att många våtmarker blivit övergödda. Eftersom landskapets vattenhållande förmåga samtidigt har minskat, behålls inte näringsämnen i landskapet, utan exporteras nedströms där de leder till övergödning av t.ex. Östersjön. I Skåne är detta problem värst i de avrinningsområden som avvattnar störst areal jordbruksmark³⁸.

Gårdar

Antalet aktivt brukande gårdar i Skåne har minskat drastiskt, genom att mindre gårdar slagits samman till färre men större jordbruksföretag⁷⁶. Exempelvis nästan fördubblades antalet skånska företag större än 100 ha mellan 1951 och 1996, medan antalet små gårdar under 5 ha minskade till en femtedel³⁴. Denna utveckling kan vara negativ för biologisk mångfald⁸⁶, bl.a. eftersom gårdscentra kan vara viktiga för att upprätthålla biologisk mångfald. De kan vara ”hotspots” för biologisk mångfald⁸⁷, framförallt för vissa arter som gråsparv som är starkt knutna till gårdscentra⁸⁸. De kan också, som andra småbiotoper, bidra till att upprätthålla mångfalden i det omgivande landskapet. T.ex. visade en studie att trädgårdar på landsbygden bidrog till pollinering i det omgivande landskapet⁸⁹.

4. Ekosystemtjänster

Skånes odlingslandskap tillhandahåller en mängd olika ekosystemtjänster som var och en av oss utnyttjar dagligen – medvetet eller omedvetet. I de följande avsnitten beskrivs några av dessa tjänster närmare. Vi redogör bland annat för de ekologiska processerna som ligger till grund för ekosystemtjänsterna, diskuterar landskapets och jordbrukets betydelse för dem och föreslår möjliga åtgärder som kan hjälpa till att bevara och gynna dessa tjänster. Att vi har valt att exemplifiera dessa samband med hjälp av just de här tjänsterna beror delvis på att de utgör viktiga förutsättningar för den för Skåne så viktiga livsmedelsproduktionen. En annan viktig aspekt har varit att kunskapen – både vår egen och forskarvärldens i stort – om hur ekosystemtjänster fungerar och samspelar med förutsättningarna som finns i landskapet runtomkring är relativt stor för just dessa, jämfört med vissa andra tjänster. Det betyder dock inte att andra ekosystemtjänster som produceras av jordbrukslandskapet i Skåne och som inte tas upp här är mindre viktiga för samhället och människorna i vårt län.

4.1. Pollinering – en reglerande ekosystemtjänst

Beskrivning av ekosystemtjänsten

Minst tre fjärdedelar av alla blommande odlade och vilda växtarter är helt eller delvis beroende av insektpollinering⁹⁰ och en tredjedel av den globala matproduktionen kommer från insektpollinerade grödor⁹¹. Ofta är det de färgglada och välsmakande frukterna, bären och nötterna som är starkt beroende av insektpollinering för att producera någon skörd. Ett talande exempel är att 90 % av det C-vitamin som vi människor konsumerar kommer från insektpollinerade grödor⁹². I Skåne är jordgubbar, äpple, raps och klöver några av de grödor som pollineras av insekter (tabell 2, figur 14). Hur beroende de olika grödorna är av att bli pollinerade av insekter varierar, från nästan 100 % hos vit- och rödklöver till bara ca 10 % i raps⁹³. Raps är den insektpollinerade gröda som helt dominerar arealmässigt i Skåne och trots att behovet av insektpollinering anses vara måttligt blir marknadsvärdet av insekternas bidrag stort just på grund av den stora arealen (tabell 2, figur 15). Frukt- och bärodlingen i Skåne utgör mindre än en tiondel så stor areal som rapsen, men trots det är värdet på pollineringen högre eftersom behovet av insektpollinering i dessa grödor är stort och marknadsvärdet på produkterna är högt (tabell 2). Förutom raps, frukt och bär odlas en del insektpollinerade ärtväxter, som åkerböna och klöverfrö. Speciellt inom klöverfröodlingen finns ett stort behov av pollinerande insekter, framförallt humlor och honungsbin, men arealerna är små och marknadsvärdet är marginellt (tabell 2).



Figur 14. Två av de pollineringsberoende grödorna som odlas i Skåne: Raps, som här pollineras av ett honungsbi, och rödklöver, här pollinerad av en jordhumla. Foto: Maj Rundlöf

Status för ekosystemtjänsten

Insektspollinerade grödor

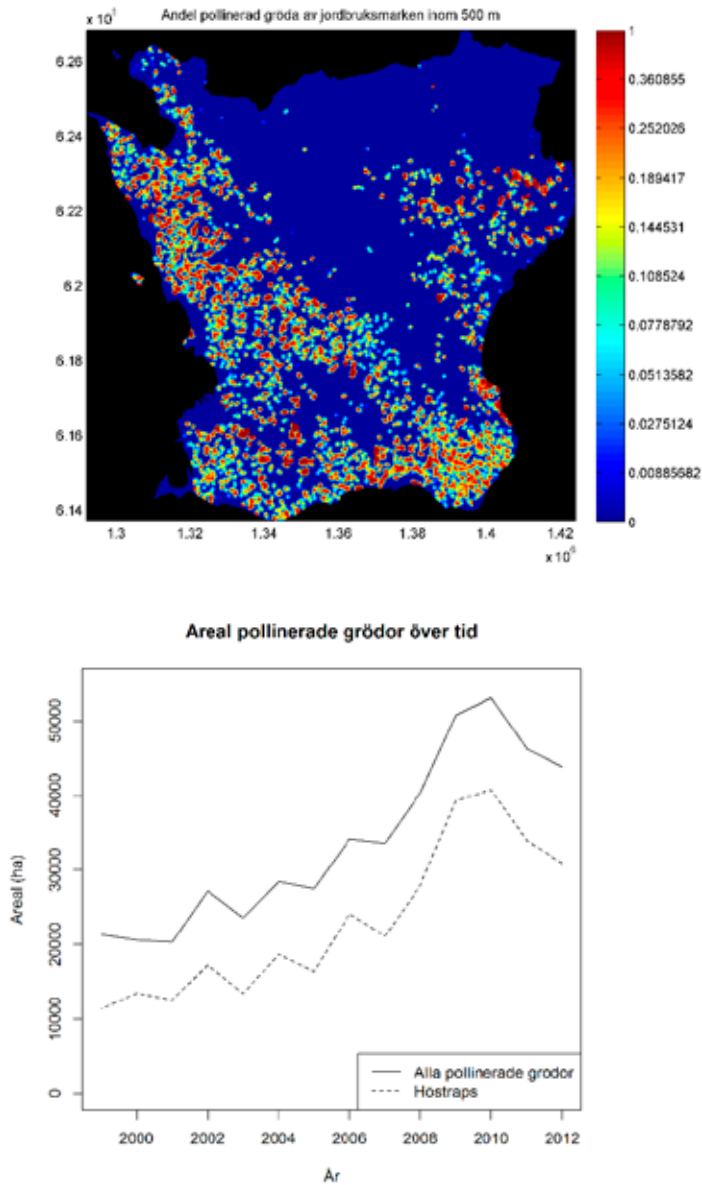
Den största andelen av insektspollinerade grödor i Skåne odlas i slättbygderna (figur 15), vilket inte är så förvånande eftersom det är där åkermarken finns. Däremot kan den geografiska fördelningen försvåra pollineringen av grödorna, eftersom artrikedomen och tätheten av pollinatörer är lägre i slättbygden än i mellanbygden²⁹.

Den odlade arealen av insektspollinerade grödor har ökat i Skåne över det senaste årtiondet, främst beroende på en ökad odling av höstraps (figur 15), men även den odlade arealen av jordgubbar och frukt har ökat under samma period. På en global skala har odlingen av insektspollinerade grödor ökat stadigt de senaste 50 åren⁹⁴.

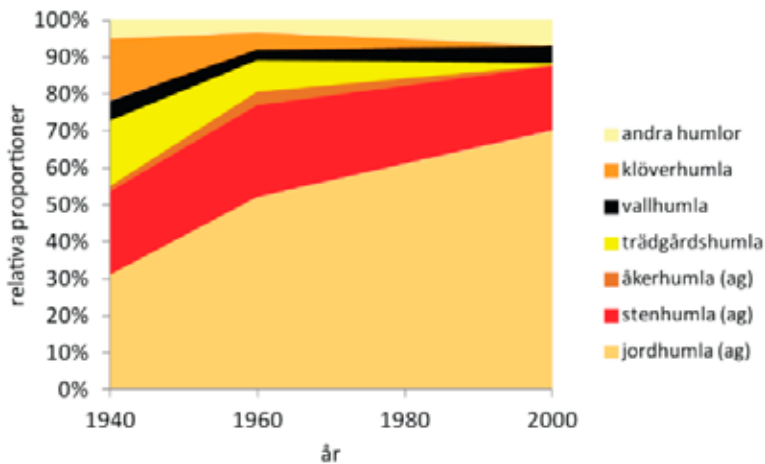
Pollinatörerna

Honungsbin används för att tillhandahålla pollineringsstjänster och de har länge ansetts vara de viktigaste pollinatörerna av grödor. Det har dock nyligen visats att vilda pollinatörer som humlor, solitära bin och blomflugor är mycket viktigare för pollineringen av grödor än vad man tidigare trott²⁶. Att förlita sig enbart på en art när det kommer till pollinering av våra grödor kan vara sårbart eftersom det finns risk att arten kan utsättas för sjukdomar, parasiter och rovdjur eller påverkas negativt av vädervariationer. Har man flera arter som pollinerar minskar sannolikheten att de alla drabbas samtidigt och på samma sätt. Riskerna med att förlita sig på en art är något som blivit tydligt under de senaste åren med massdöd av honungsbin i både Europa och USA^{95,96}. Jordbrukslandskap som ger möjlighet till en rik biologisk mångfald och förekomst av flera pollinerande insektsarter kommer med andra ord att bidra med en mer långsiktigt hållbar pollineringsstjänst.

I nordliga tempererade områden som Skåne är humlor särskilt viktiga pollinatörer. De är sociala, precis som honungsbin, men bildar mycket mindre samhällen med färre antal arbetsbin. Tillsammans med andra vilda bin kan humlor fungera som ett komplement och en pollineringsförsäkring då det råder brist på honungsbin. Från världen över kommer det dock rapporter om att vilda bin minskar och är hotade^{95,97-99}. Den skånska humlefaunans sammansättning har förändrats dramatiskt de senaste 70 åren, från att ha varit sammansatt av många olika arter domineras den idag totalt av endast två arter (figur 16). Jordhumlorna, tillsammans med stenhumlan, dominerar och klarar sig ganska bra, medan klöverhumlan, trädgårdshumlan och åkerhumlan minskar. Den främsta anledningen till denna förändring är troligen de storskaliga förändringarna av markanvändningen i jordbrukslandskapet; när jordbruket blivit intensivare används mer bekämpningsmedel och naturbetesmarker och småbiotoper tas bort, vilket ger färre platser för vilda pollinatörer att bo och söka föda på²⁹.



Figur 15. Fördelningen av grödor i Skåne som är beroende av insektpollinering (ovan), angivet som deras andel av grödorna inom landskapssegment med en radie på 500 m, och trenden över tid i areal insektpollinerade grödor i Skåne (nedan). Den heldragna linjen visar arealen av alla insektpollinerade grödor och den streckade linjen arealen av höstraps, vilket är den arealmässigt dominerande insektpollinerade grödan i Skåne. Figuren bygger på data från Jordbruksverkets blockdatabas.



Figur 16. Förändring i sammansättning av humlefaunan i Skånes rödklöverfält från 1940-talet och fram till idag. Figuren bygger på data från Bommarco m.fl. 2012⁹⁷.

Hot mot ekosystemtjänsten

När insekterna födosöker efter pollen och nektar i blommor pollinerar de samtidigt växterna genom att transportera pollen mellan plantornas hanliga ståndare och honliga pistiller. Blommande grödor ger rikligt med mat åt pollinatörerna men endast under korta tidsperioder. För att upprätthålla hållbara populationer av pollinatörer måste vi erbjuda födoresurser under hela insekternas livscykel. För pollinatörer som har ett centralt bo som de utgår från, vilket bin och humlor har, måste blomresurserna vara inom deras flygradie. Bland annat har bristen på ärtväxter som till exempel klöver, som är en av humlornas favoritnäringväxter, ökat i jordbrukslandskapet de senaste 100 åren. I Sverige har till exempel arealen rödklöverfröodling minskat med 90 % till just över 2000 ha idag⁹⁷. Samtidigt skördas vallarna så frekvent att de sällan hinner blomma. Liknande trender rapporteras från England och Centraleuropa^{100,101}, och kan förväntas även i Skåne. Den förenkling av landskapet som har skett och fortfarande sker i Skåne, där landskapselement som traditionellt skötta naturbetesmarker och obrukade åkerrennar har försvunnit, gör att pollinatörernas bo- och födosöksplatser blir färre och dessutom hamnar längre ifrån varandra^{74,102}. Kemisk ogräsbekämpning minskar dessutom tillgången på blommande växter och minskar därmed födotillgången. Ogräsbekämpningsmedel har alltså en indirekt negativ effekt på pollinatörerna via växterna de besöker, medan växtskyddsmedel som används för att bekämpa skadeinsekter kan ha en direkt negativ effekt. Som beskrivits ovan, är användningen av växtskyddsmedel speciellt stor i Skåne jämfört med övriga Sverige⁴⁸. Över 70 % av jordbruksmarken i Skåne sprutades med ogräsbekämpningsmedel under 2010, mer än hälften behandlades med svampdödande

medel och en tredjedel behandlades med insektsbekämpningsmedel. Neonikotinoider, en grupp av nikotinliknande insektsgifter, har nyligen blivit uppmärksammade som ett av hoten mot pollinatörer när de används mot insektsangrepp i blommande grödor^{54,93}. Andra potentiella hot mot pollinatörerna i Skåne kan vara nya parasiter och sjukdomar som kommer hit med importerade tambin och humlor.

Tabell 2. Insektspollinerade grödor i Skåne, brukad yta (ha), marknadsvärde (miljoner SEK), beroendet av insektspollinering (liten >0-<10 %, måttlig 10-<40 %, stor 40-<90 % eller nödvändig >90 %) och spannet i marknadsvärde som kan hänföras till insektspollinering (miljoner SEK). Spannet i marknadsvärde som kommer från insektspollinering är baserat på det totala marknadsvärdet och det minsta och största uppskattade behovet av insektspollinering.

Gröda	Brukad yta (ha) ¹	Marknadsvärde (miljoner SEK) ²	Beroende av insekts-pollinering	Marknadsvärde insektspollinering (miljoner SEK)
Höstraps	30 876	309,4	måttlig	30,9 - 123,7
Värraps	2 081	10,7	måttlig	1,1 - 4,3
Höstrybs	122	0,7	stor	0,3 - 0,7
Värrybs	62	0,3	stor	0,1 - 0,2
Åkerböna	1 525	10,7	måttlig	1,1 - 4,3
Rödklöverfrö	585	8,1	nödvändig	7,3 - 8,1
Vitklöverfrö	280	4,0	nödvändig	3,6 - 4,0
Äpplen, päron, körsbär, plummon	1436	136,4	stor	54,6 - 122,8
Jordgubbar	948	118,8	måttlig	11,9 - 47,5
Hallon, svarta vinbär och andra bär	82	0,8	stor	0,3 - 0,7
Totalt marknadsvärde (SEK)		600		111 - 316

¹ Baserat på uppgifter från Jordbruksverkets blockdatabas 2012; ² baserat på skörd och marknadsvärde i Pedersen 2009⁹³; ³ baserat på Free 1993¹¹⁰ och Klein m.fl. 2007⁹¹.

Värdering av ekosystemtjänsten

Det totala ekonomiska värdet av insektspollinering av grödor i världen uppskattades år 2009 till 153 miljarder euro¹⁰³. För Sverige uppskattas det totala värdet av insektspollineringen till mellan 260 och 466 miljoner^{93,104} och för Skåne någonstans mellan 100 och strax över 300 miljoner svenska kronor i produktionsledet (tabell 2)⁹³. För många grödor är bidraget av vilda pollinatörer till denna pollinering oklart, även om internationella studier visar att det kan vara betydande även när tambin är vanligt förekommande¹⁰⁵. Det ekonomiska värdet av ekosystemtjänsten pollinering (av insekter) går dessutom inte att enkelt räkna fram från försäljningsvärdet av den del av produktionen som just nu beror av vilda pollinatörer, eftersom det inte tar hänsyn till 1) värdet i

konsumentledet, 2) vad alternativet är om pollineringsbidraget från vilda pollinatörer minskar (t.ex. att andra grödor odlas), och 3) försäkringsvärdet av vilda pollinatörer om tambin drabbas av sjukdomar som kraftigt minskar populationerna^{103,106,107}.

Det är värt att notera att det också är viktigt att bevara vilda pollinatörer för att behålla integriteten i naturliga ekosystem. Man har noterat en nedgång av insektpollinerade växter i Europa som har kopplats till minskningen av vilda pollinatörer⁹⁵ och en högre förekomst av insektpollinerade växter på ekologiska gårdar har tillskrivits högre populationer av vilda pollinatörer¹⁰⁸. Brist på pollinatörer har visats påverka vildväxtpollinering i slättbygden i Skåne¹⁰⁹. Vi känner inte till några beräkningar av värdet av denna tjänst, men om förlust av pollinatörer leder till omfattande förändringar av vår flora är värdet potentiellt mycket stort.

Åtgärder för att gynna ekosystemtjänsten

Ett första steg för att gynna pollinatörer är att sprida kunskap om att enkla åtgärder på det egna lantbruket kan leda till fler pollinatörer och därmed öka skörden av insektpollinerade grödor. Men ekosystemtjänsten pollinering med hjälp av vilda pollinatörer utgör delvis en kollektiv nytthet eftersom pollinatörer rör sig över relativt stora områden i landskapet^{111,112}. Detta innebär att de åtgärder en lantbrukare gör också kan gynna pollineringen av grannarnas grödor. Insektpollinering skulle med andra ord kunna gynnas av koordinerade åtgärder bland lantbrukare.

Den största andelen av grödorna som är beroende av pollinatörer finns i de mest intensivt brukade områdena. Det är även i dessa områden som pollinerande vildbin har minskat mest, både i antal arter och i antal individer. Därmed finns det en geografisk separation mellan tillgången och efterfrågan på pollinerings tjänster. För att bevara pollinerings tjänsten, måste vi stötta de pollinatörer som bidrar med tjänsten och minska hoten mot dem. Vi har identifierat tre åtgärder genom vilka man kan gynna (vilda) pollinatörer och insektpollinering:

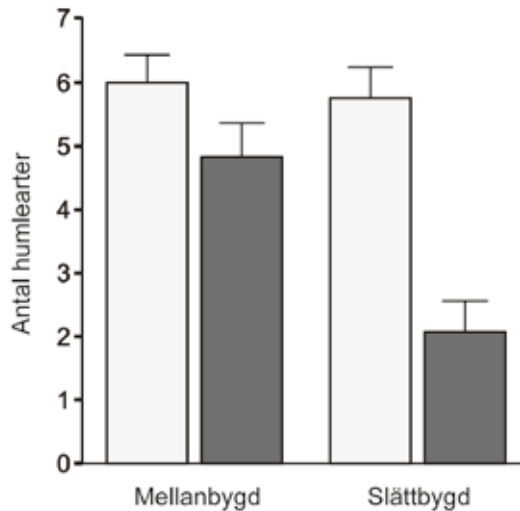
- Naturbetesmarker och småbiotoper
- Ekologisk odling
- Blomremsor

Naturbetesmarker och småbiotoper, så som obrukade åkerrenar och blommande väggkanter, bidrar alla med bo- och födoplatser för pollinatörer i landskap som domineras av brukad mark och tillfälliga resurser. Naturbetesmarker (figur 17, ovan) kan till exempel utgöra ett källhabitat för pollinatörer som sedan kan bidra med pollinerings tjänster i omgivande blommande grödor^{74,75}. Genom lämplig skötsel kan småbiotoper bidra med mer blomresurser till vilda pollinatörer. På ekologiskt brukade gårdar, där det är förbjudet att använda konstgödsel och kemiska bekämpningsmedel, finns det en större och mer

varierad fauna av pollinatörer och bättre pollineringspotential än på konventionella gårdar^{29,113}. Ekologisk odling har visat sig vara en särskilt effektiv åtgärd för att stödja pollinatörer i slättbygder (figur 18¹¹⁴), eftersom det ger en större tillgång på blommande växter²⁹. Att etablera blomremсор på åkermarken är en åtgärd som kan genomföras för att öka kontinuiteten och tillgången på blommande växter¹¹⁵⁻¹¹⁷. Ettåriga blomremсор med honungsfacelia och perserklöver besöks frekvent av både vilda humlor och tama honungsbin¹¹⁸ (figur 17, nedan). I nuläget domineras jordbrukslandskapet av tidigt blommande grödor som raps och att införa växter som blommar senare under säsongen är viktigt för till exempel humlor.



Figur 17. Ettårig blomremсор med honungsfacelia och perserklöver (ovan), och blomrik naturbetesmark: två habitat och potentiella åtgärder för att tillhandahålla blomresurser för pollinatörer. Foto: Maj Rundlöf



Figur 18. Antal arter av humlor i förhållande till jordbruksmetod (vita staplar – ekologisk odling och grå staplar – konventionell odling) och jordbruksbygd. Modifierad från Rundlöf 2007¹¹⁹.

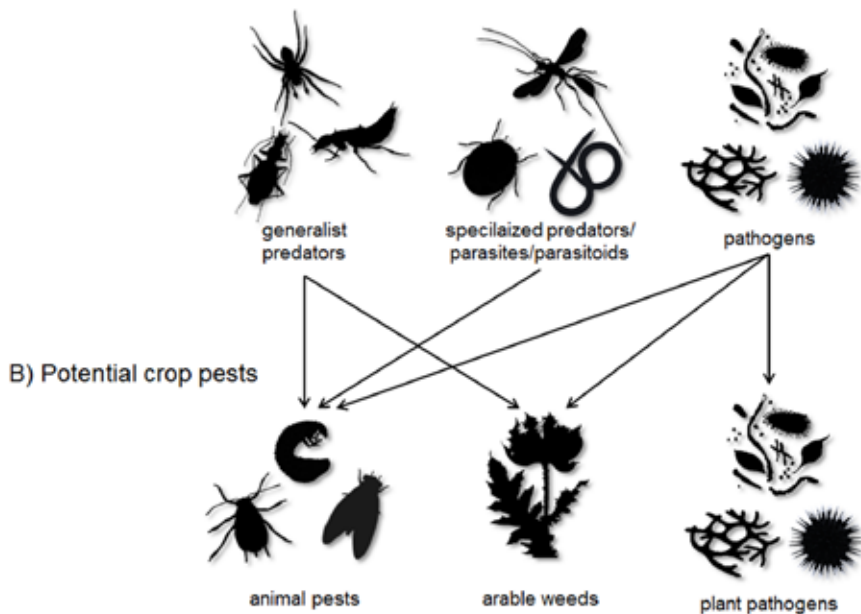
4.2. Biologisk kontroll – en reglerande ekosystemtjänst

Beskrivning av ekosystemtjänsten

Alla grödor utsätts för skadegörare. Ogräs konkurrerar om ljus och näring medan sjukdomar och växtätare sätter ner grödans livskraft, vilket sammantaget leder till skördeförluster. För att motverka dessa finns det en mängd tekniska lösningar, t.ex. mekanisk bekämpning, kemiska växtskyddsmedel eller genetiskt modifierade grödor som är resistent mot vissa skadegörare. Även om många av dessa metoder är relativt effektiva, kan de vara kostsamma och orsaka negativa effekter på miljön.

Mekanisk bekämpning kostar i form av arbetstid och drivmedel och kan ha en negativ klimatpåverkan genom koldioxidutsläpp. Upp mot halva åkerarealen i Sverige behandlas årligen med någon form av växtskyddsmedel; produktionsinriktningen och klimatet gör att användningen är större i Skånes slättbygder¹²⁰. Skadegörare har dock visat sig kunna utveckla resistens mot bekämpningsmedel vilket leder till behov av nya preparat¹²¹. De flesta växtskyddsmedel är dessutom inte specifikt inriktade mot skadeorganismer utan slår även ut nyttiga eller sällsynta arter⁴⁸. Användning av växtskyddsmedel kan också medföra andra miljörisker, som den kontamination av grundvatten man funnit i Skåne¹²². Den ökande ekologiska odlingen kan dessutom inte förlita sig på kemisk bekämpning¹²³. Genetiskt modifierade grödor odlas för närvarande inte kommersiellt i Sverige och är därför inte aktuella som metod mot skadegörare.

A) Biological control agents



Figur 19. Viktiga grupper av naturliga fiender till skadeorganismer (överst) med generalistiska predatorer (medurs: spindlar, kortvingar och jordlöpare), specialiserade predatorer (parasitoider, rundmaskar och nyckelpigor) och sjukdomar (bakterier, virus och svampar) samt viktiga grupper av skadeorganismer i grödor som djur (skalbaggs-larver, stritar och bladlöss), ogräs och sjukdomar.

Ett alternativ till dessa mekaniska, kemiska eller genetiska växtskyddsåtgärder är att använda sig av skadegörarnas naturligt förekommande fiender, så kallad naturlig biologisk kontroll. Denna ekosystemtjänst bygger på antagandet att en ökad populationstäthet och/eller artrikedom av naturliga fiender till skadedjur reducerar förekomsten av skadegörare¹²⁴. Bland dessa nyttiga naturliga fiender finns specialiserade parasiter (t.ex. steklar som lägger sina ägg i bladlöss), rovdjur som livnär sig direkt på skadegörarna (t.ex. vissa spindlar eller skalbaggar), och specialiserade patogener som försvagar eller dödar skadeorganismen (figur 19)¹²⁵. Inom så kallad klassisk biologisk bekämpning föds sådana fiender upp i laboratorier och släpps sedan ut i fält eller växthus; detta har dock ingenting att göra med ekosystemtjänster utan är en teknologisk lösning med påtagliga miljörisker eftersom främmande arter eller genetiska varianter som används kan spridas och påverka ekosystemen^{126,127}. Ekosystemtjänsten "Naturlig biologisk kontroll av skadegörare" går istället ut på att bevara och gynna naturligt förekommande fiender till skadeorganismerna genom att bevara deras livsmiljöer och/eller skapa nya livsmiljöer¹²⁸. En lång rad studier visar att förekomst av sådana naturliga fiender har en stor effekt på förekomsten av skadegörare^{129,130}. I avsnitt 4.4. diskuterar vi också metoder för att öka grödors naturliga motståndskraft.

Status för ekosystemtjänsten

De ekonomiskt viktigaste skadegörarna i skånska grödor är växtpatogener, ogräs och skadedjur som påverkar olika grödor på olika sätt. Möjligheten att bekämpa dessa skadegörare med hjälp av naturlig biologisk kontroll skiljer sig åt för de olika grupperna, och det gör även kunskapen om hur väl ekosystemtjänsten fungerar för att motverka dem. Medan relativt många studier har undersökt samspelet mellan naturliga fiender och skadedjur eller ogräs, vet man fortfarande bara lite om samspelet mellan växtpatogener och deras motspelare. Vi har därför valt att fokusera främst på naturliga fiender och deras effekter på skadedjur och ogräs.

Skadedjur, ogräs och deras naturliga fiender

Ryggradslösa djur hör till de allvarligaste skadegörarna inom jordbruket. Bladlöss är en viktig grupp som påverkar de flesta grödor och vållar skada både direkt (t.ex. genom att livnära sig på växtsaften) och indirekt (som bärare av smitta). Sädes- och havrebladlus är de vanligaste arterna i spannmål i Sverige och Skåne¹³¹⁻¹³³; båda är värd för sjukdomar som rödsotvirus¹³⁴. Andra exempel är bet- och ärtbladlus. Även andra insekter så som stritar kan fungera som smittbärare^{135,136}. Jordloppor är en grupp skalbaggar som orsakar gnagskador på olika grödor, t.ex. spannmål¹³⁷ och raps¹³⁸; rapsjordloppan uppträder i höga antal i Skåne ungefär vart sjunde år¹³⁸. Rapsbaggar är vanliga skadegörare i raps¹³⁹. Förutom dessa grupper finns det en rad andra skadegörare med mer eller mindre stor betydelse i Skåne¹⁴⁰⁻¹⁴². Skadegörande djur kan ofta bekämpas effektivt med växtskyddsmedel och bl.a. Jordbruksverket bistår odlare med information om skadegörare och rekommendationer när de skall bekämpas¹³⁶.

Nyttodjuret som utför ekosystemtjänsten naturlig biologisk kontroll av skadedjur kan antingen vara specialister som äter eller parasiterar på en eller ett fåtal arter skadegörare, eller generalister som livnär sig på en rad olika arter (för exempel på grupper, se figur 19). Parasitoider, t.ex. steklar som lägger sina ägg i värdorganismen (i detta fall skadedjuret), är viktiga specialiserade fiender till bland annat rapsbaggar och bladlöss^{143,144}. Betydelsen av parasitoider som naturliga fiender varierar dock geografiskt¹²⁹. Andelen parasiterade bladlöss i skånska kornfält är relativt låg¹⁴⁵, speciellt i början på säsongen¹³², vilket antyder att parasiter inte spelar en lika betydelsefull roll vid kontrollen av bladluspopulationer i Sverige som i de centrala delarna av Europa¹²⁹.



Figur 20. Exempel på två viktiga naturliga fiender: nätbyggande spindel och nyckelpiga, den senare ätandes bladlöss på ett veteax. Foto: Klaus Birkhofer och Sandra Lindström

Generalister spelar en avgörande roll när det gäller att utveckla ekosystemtjänsten naturlig biologisk kontroll¹⁴⁶. Viktiga organismgrupper i detta sammanhang är predatoriska evertrebrater som spindlar, nyckelpigor (figur 20) och jordlöpare, men även t.ex. fåglar. När det gäller generalister kan det vara avgörande att påverkan på skadegöraren sker tidigt på säsongen, eftersom de annars ofta inte "hinner med" när skadegörarnas populationer ökar kraftigt senare på säsongen. Samtidigt innebär just det faktum att de är generalistiska och kan överleva på alternativa byten eller i alternativa habitat att de kan "vara beredda" när en skadegörare etablerar sig i en gröda¹⁴⁶. Generalistiska naturliga fienders antal i spannmålsfält i Skåne kan t.ex. vara väldigt högt redan under perioden när bladlössen koloniserar fälten¹³², vilket gör att de potentiellt kan kontrollera bladluspopulationen¹⁴⁷. En svensk studie har visat att kornskörden kan öka med 23 % i områden med naturliga fiender, huvudsakligen generalister, jämfört med områden där man uteslutit dem¹⁴⁸. Det kan antas att naturliga fiender har en liknande effekt även på skörden av andra grödor i Skåne. Studier tyder också på att en högre mångfald av naturliga fiender leder till starkare biologisk kontroll¹⁴⁹.

Över 60 växtarter klassas som ogräs i Sverige (Ogräsdatan¹⁵⁰). Jordbrukslandskapets ogräs är växter som genom olika anpassningar lyckas etablera sig och trivas i regelbundet bearbetade fält där de konkurrerar med grödor, t.ex. genom effektiv spridning eller genom att ha djupa rötter som motstår plöjning. Skånska grödor är utsatta för olika ogräs (t.ex. åkerbinda, svinmålla och kvickrot¹⁵¹). I ekologiskt odlade sädesfält förekommer 6-14 arter örter i relativt höga tätheter och kan täcka över 20 % av marken mellan sädesstrån (egna observationer). Besprutning med växtskyddsmedel minskar drastiskt förekomsten och mångfalden av ogräs^{50,152}.

Ogräs kan bekämpas antingen direkt genom att förstöra växten, eller förebyggande genom att förhindra spridning av deras frön. Frötande djur som konsumerar ogräsfrön bidrar därmed aktivt till ogräsbekämpning på åkermark¹⁵³. Frötande arter av jordlöpare förekommer regelbundet i Skåne, och minskningen av frön var större på fält med högre antal och artrikedom av dessa arter¹⁵⁴. Det är dock oklart till vilken grad detta bidrar till minskad ogräsfauna framöver.

Åkrar utsätts för regelbundna störningar i form av jordbearbetning, besprutning och skörd, vilket gör att många naturliga fiender, både de som är fiender till skadedjur och de som tar hand om ogräsfrön, är beroende av mer stabila livsmiljöer i jordbrukslandskapet för sitt fortbestånd, så som naturliga gräsmarker, permanenta åkerkanter och skogsbryn^{63,155}. Sådana habitat kan erbjuda alternativa resurser^{143,156}, livsmiljöer där populationer överlever perioder av kraftig störning¹⁵⁵ eller övervintringsplatser¹⁵⁷. Därför har många studier visat att tillgången på naturliga fiender till skadedjur ökar med förekomsten av mer eller mindre permanenta livsmiljöer som gräsmarker och fältkanter i landskapet^{63,143,155,158}. Beroende på hur rörliga organismerna i fråga är, kan denna effekt ses på avstånd som varierar från hur långt det är till närmaste fältkant till mängden habitat i landskap med en radie på 100-tals till 1000-tals meter¹⁵⁹, där specialister oftast reagerar på mindre skalor än generalister¹⁵⁸. Få studier har dock utvärderat landskapseffekten på biologisk kontroll av skadedjur^{143,158,159}, och dessa har funnit delvis varierande resultat^{158,160}. Effekten av landskapets utformning på kontroll av ogräsfrön är betydligt mindre känt. I en av de få utvärderingarna som bland annat utfördes i Skåne fann man dock att slättlandskap med färre permanenta livsmiljöer hade högre ogräsförorening av jordlöpare, möjligen beroende på att det fanns mindre alternativa resurser¹⁵⁴. Även om biologisk kontroll av ogräs anses ha potential, är det ett relativt outvecklat forskningsfält¹⁶¹.

Växtpatogener och deras motståndare/naturliga fiender

Grödor utsätts för en rad sjukdomar orsakade av virus, bakterier och svamp. Bladfläcksjuka, är den allvarligaste patogena skadegöraren i Sverige, men även rost och mjöldagg kan åstadkomma stora skördeföruster¹⁶². Svampsjukdomar bekämpas med växtskyddsmedel med varierande effektivitet. Virussjukdomar är vanliga i växter och några av dessa orsakar ekonomiska skador på grödor. Rödsotviruset som sprids av bladlöss kan t.ex. vålla problem i höstsäd¹³⁴.

Många patogener lever i marken, men samspelet mellan dem och deras naturliga fiender är dåligt undersökt. Man kan göra mark mer motståndskraftigt mot sjukdomar genom att tillsätta mikroorganismer¹⁶³, vilket visar att marken kan fungera som reservoar för mikroorganismer som motverkar sjukdomar. Därför kan kontroll av sjukdomar stärkas om det finns sätt att sköta marken som gynnar dessa organismer. Bland annat har vissa typer av växtföljd och anpassade plöjningsregimer visat sig kunna motverka sjukdomar genom att gynna mikroorganismer¹⁶⁴. Ett viktigt sätt att motverka patogener, framför

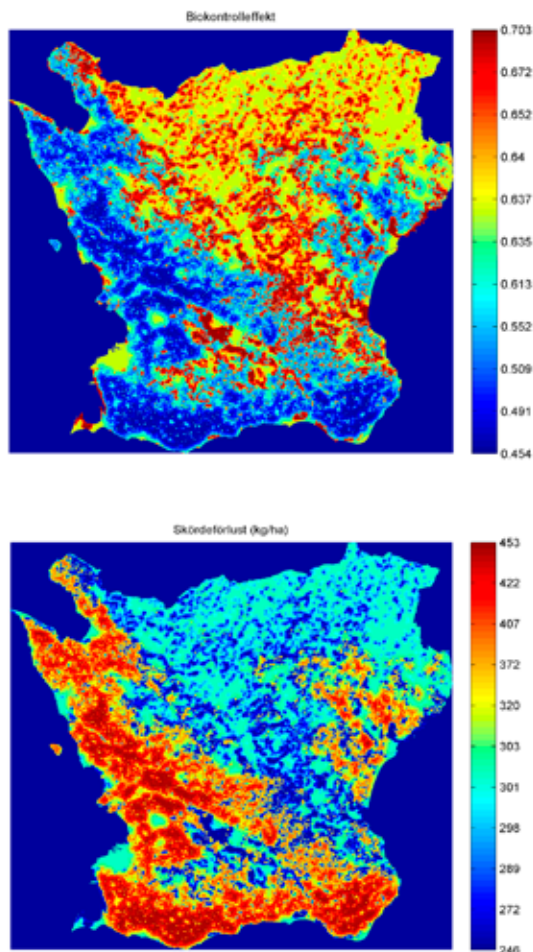
allt virus, är att bekämpa organismerna som överför smittan, vilket kan ske genom att gynna naturliga fiender till skadedjur (se ovan).

Hot mot ekosystemtjänsten

Hur effektivt ekosystemtjänsten naturlig biologisk kontroll av skadegörare kan motverka utbrott från skadedjur påverkas av två saker: populationsstorleken av de organismer som utför tjänsten, och risken för sjukdoms- och skadedjursutbrott. Jordbrukets intensifiering har på olika sätt bidragit till att både artrikedom och abundans av nyttodjuret har minskat successivt under en längre tid, vilket påverkar ekosystemtjänstens funktion negativt. Klimatförändringen som skett under senaste tid har dessutom förbättrat förutsättningarna för vissa skadeorganismer och lett till nyinvandring av andra, vilket ökar risken för utbrott eller befall. Det följande avsnittet tar upp de olika hoten för ekosystemtjänsten naturlig biologisk kontroll och diskuterar deras relevans för skånska förhållanden.

Förändringar i landskapet

Den drastiska förändring som har skett i det skånska landskapet har medfört en förlust av permanenta habitat som naturliga gräsmarker, småbiotoper och åkerkanter som har betydelse för att upprätthålla livskraftiga populationer av naturliga fiender (se avsnitt 3) (figur 21¹⁶⁵). Detta gäller framförallt slättbygden. Skulle denna utveckling fortsätta skulle detta kunna underminera potentialen för naturlig biologisk kontroll av skadegörare ytterligare. I Skåne bidrar miljöstöden till att bevara de kvarvarande naturbetesmarkerna som är ett av habitaterna som kan gynna naturliga fiender, men på många ställen är det trots detta svårt att upprätthålla betesdrift¹⁶⁶. Även permanenta grödor (t.ex. vall) bidrar till att upprätthålla populationer av naturliga fiender till skadedjur^{145,167}, men påverkas liksom betesmarkerna av den fortgående strukturrationaliseringen (se avsnitt 3). Buffertzoner längs vattendrag är en form av permanenta gräsmarker som kan vara viktig i bygder utan andra permanenta habitat och som har ökat i Skåne på grund av miljöstöd. Detta innebär att en minskning av miljöstödet till buffertzoner är ett hot inte bara när det gäller urlakning av näringsämnen, utan även mot biologisk kontroll. En fortsatt specialisering av jordbruket medför minskad mängd vall i de områden där den största växtproduktionen sker, vilket ytterligare kan urholka potentialen för naturlig biologisk kontroll i dessa områden.



Figur 21. En modell som utvecklats för att förutsäga biologisk kontroll i olika landskapstyper visar att förlusten av småbiotoper och naturliga gräsmarker i slättbygden innebär svagare biologisk kontroll där (ovan) och därmed större risk för skördeföruster om man inte behandlar med växtskyddsmedel (nedan). Figuren bygger på förutsägelser från modellen i Jonsson m.fl. 2013¹⁶⁵.

Användning av växtskyddsmedel

Växtskyddsmedel kan ha oavsiktliga negativa effekter på andra organismer än skadegörare⁴⁸ och till och med öka problemen med skadedjur genom att minska den naturliga biologiska kontrollen⁴⁹. Trots att användningen av växtskyddsmedel är sju gånger så hög idag som för 40 år sedan, har skördeförlusterna på grund av skadegörare inte minskat under den perioden¹⁶⁸. Jämfört med andra europeiska länder är Sverige en relativt liten användare av bekämpningsmedel, men ändå besprutas cirka 74 % av Skånes jordbruksmark med ogräsmedel, 53 % med svampmedel och 31 % med

insektsmedel¹⁶⁹. Eftersom växtskyddsproblemen antas öka i ett förändrat klimat (se nedan), finns det en risk att användningen av växtskyddsmedel ökar¹²⁰ om inte t.ex. insatser görs för att stärka naturlig kontroll av skadegörare.

Klimatförändringar

Klimatförändringar förändrar levnadsförhållanden för organismer och är en av orsakerna till att en del arter (såväl ogräs som skadedjur och patogener) sprider sig norrut inom Sverige, och att nya arter vandrar in. Detta kan öka problemen med skadegörare¹⁷⁰ och därmed behovet av naturlig biologisk kontroll. Samtidigt kan klimatförändringen också påverka förutsättningarna för naturliga fiender. Detta har visats i modellberäkning som bygger på prognoser för hur naturliga fienders utbredningsområden förändras i Europa¹⁷¹. Det förändrade klimatet leder också till förändringar i vilka grödor som odlas¹⁷⁰ och därmed till nya utmaningar för kontroll av skadegörare. Majs är ett exempel på en gröda vars odlade areal ökar kraftigt i Skåne och förväntas öka än mer på grund av klimatet, delvis på bekostnad av vall¹⁷⁰. En sådan förändring av grödsammansättningen i landskapet, där en relativt intensivt odlad gröda ersätter en relativt extensivt odlad gröda påverkar sannolikt tillgången på övervintringshabitat för naturliga fiender.

Värdering av ekosystemtjänsten

Naturlig biologisk kontroll av skadegörare medför antingen högre skördar eller lägre alternativkostnader i form av skadedjursbekämpning för lantbrukaren. Detta innebär att naturlig biologisk kontroll har olika värde för en ekologisk och en konventionell lantbrukare, eftersom de har olika alternativ för att ersätta bristande biologisk kontroll. Dessutom kan naturlig biologisk kontroll medföra minskad miljöbelastning i form av minskad användning av kemiska bekämpningsmedel och minskat behov av jordbearbetning. Allt detta måste man ta hänsyn till i en ekonomisk värdering av den naturliga biologiska kontrollen.

Det totala värdet av ekosystemtjänsten naturlig biologisk kontroll globalt har uppskattats till 24 US\$ per hektar och år¹⁷², men grunden för denna beräkning har kritiserats. En svensk studie visade att naturliga fiender i vårkorn bidrog med en skördeökning om 41€/ha¹⁴⁸, men detta tar inte hänsyn till att (konventionella) lantbrukare kan använda växtskyddsmedel istället. En korrekt värdering av ekosystemtjänsten bör istället relatera förändringen i skörd till en insats för att gynna naturlig biologisk kontroll. Detta har sällan gjorts¹⁷³. Skalbaggssäsar, upphöjda gräsbankar för att gynna generalistiska predatorer som jordlöpare, är inte ett privatekonomiskt livskraftigt alternativ till växtskyddsmedel utan kräver någon form av miljöstöd för att anläggas¹⁵⁷. Ingen av dessa undersökningar har värderat varken den minskade miljöpåverkan (via minskad användning av växtskyddsmedel) eller den potentiella positiva påverkan åtgärder kan ha direkt eller indirekt på andra ekosystemtjänster ekonomiskt¹⁷⁴.

Eftersom naturlig biologisk kontroll kan påverkas av faktorer på landskapsskala kan den drabbas av den så kallade "ekosystemtjänsternas dilemma" ("tragedy-of-ecosystem-services"^{175,176}), som säger att man inte skall investera i att gynna en ekosystemtjänst om man inte själv skördar frukten av investeringen. Detta gäller i ännu högre grad de fördelar som kan vinnas genom minskad användning av växtskyddsmedel. Därför kan det krävas samarbete mellan lantbrukare, ekonomiskt stöd till lantbrukare i form av miljöstöd, eller regler som t.ex. tvärvillkor i EUs jordbrukspolitik för att gynna åtgärder till förmån för naturlig biologisk kontroll av skadegörare.

Åtgärder för att gynna ekosystemtjänsten

Man kan gynna ekosystemtjänsten naturlig biologisk kontroll genom att gynna de organismer som utför tjänsten, dvs. naturliga fiender. Man måste ta hänsyn till både var ekosystemtjänsten behövs (i det här fallet framför allt på åkrarna) och på vilken skala de organismer man vill gynna eller missgynna rör sig och utnyttjar landskapet på. Eftersom organismers rörelsemönster skiljer sig är det bra om åtgärderna implementeras på olika skalor och berör allt från anpassade odlingsmetoder på de enstaka fälten (t.ex. minska användningen av växtskyddsmedel) till insatser som påverkar även det kringliggande landskapet (som att variera växtföljden eller att anlägga småbiotoper). Följande åtgärder har goda möjligheter till att gynna just ekosystemtjänsten naturlig biologisk kontroll:

- Anlägga eller sköta småbiotoper inklusive kantzoner
- Variera växtföljden i tid och rum
- Mer permanenta grödor i slättbygden

För att bevara naturlig biologisk kontroll är det viktigt att mer eller mindre permanenta miljöer som småbiotoper, kantzoner och naturbetesmarker bevaras. I moderna jordbrukslandskap, där många sådana habitat har försvunnit, kan man dessutom stärka ekosystemtjänsten naturlig biologisk kontroll genom att skapa helt nya habitat. Det är dock viktigt att komma ihåg att även skadegörare kan påverkas positivt av tillgången på naturliga habitat^{145,177}. Därför måste utvecklingen av ekosystemtjänsten naturlig biologisk kontroll bygga på ekologisk kunskap om både skadegörare och deras naturliga fiender.

Förutsättningarna för naturliga fiender kan förbättras genom anläggning av småbiotoper som blommande remsor eller anlagda kantzoner med gräs^{178,179}. Många sådana nya habitat kan ha multipla syften och också minska erosion, näringsläckage eller gynna pollinatörer. Remsor med gräs eller skalbaggsåsar fungerar som övervintringsplatser och spridningskällor framför allt för generalistiska predatorer som jordlöpare¹⁵⁷ och kan öka mängden naturliga fiender i fält och på så sätt bidra till kontroll av skadegörare¹⁸⁰. Remsor med blommor kan dessutom fungera som alternativa födokällor för parasitoida

steklar och blomflugor^{174,181}. Genom att använda inhemska växter kan naturliga fiender gynnas¹⁸² utan risk att sprida ej naturligt förekommande växtarter. Habitatet kan anläggas längs fältkanter, men gärna också på sätt som leder till så små problem som möjligt för jordbruket. T.ex. kan sådana habitat anläggas i fälthörn eller runt dräneringsbrunnar för att minska körproblem (figur 22).



Figur 22. Exempel på en enkel åtgärd för att gynna naturliga fiender (anlagda gräsremсор) som minimerar effekterna på jordbruket genom att lägga dem runt befintliga odlingshinder. Foto: Annelie Jönsson

Kontroll av skadegörare kan också gynnas av en större variation i grödor både mellan år på samma fält och mellan fält på samma gård, framför allt om fleråriga grödor som vall ingår i växtföljden^{143,145,183}. Odlar man samma gröda på samma fält flera år i rad kan det leda till att man bygger upp en population av skadeorganismer, främst marklevande växtpatogener, som kan resultera i värre sjukdomsutbrott eller befall. Att utveckla en växtföljd med olika grödor som är mottagliga för olika typer av sjukdomar begränsar populationsutvecklingen av skadeorganismer¹⁶⁴. Större grödvariation på gårdsnivå gynnar dessutom naturliga fiender till skadegörare^{167,179}. Samodling av olika grödor eller användning av fånggrödor är alternativa strategier som kan ha liknande effekter^{182,184}. Mer permanenta grödor som vall^{167,185} gynnar också naturliga fiender. Framförallt skulle detta kunna ha en effekt i slättbygden där växtföljden ibland är utan vall.

4.3. Ekosystemtjänster relaterade till öppna vatten

Beskrivning av vattenrelaterade ekosystemtjänster

Sjöar, vattendrag och våtmarker är en stor källa till den biologiska mångfald vi har i våra jordbrukslandskap. Vattenekosystemen och den tillhörande mångfalden av organismer i dessa utför i sin tur en mängd funktioner som vi kan utnyttja som ekosystemtjänster t.ex. rening av vatten, reglering av vattenresurser, klimatreglering och rekreation, men även en rad försörjande tjänster som t.ex. tillhandahållandet av rent grundvatten, fisk och grön biomassa^{84,85,186,187}.

Biologisk mångfald

I odlingslandskapet är dammar och våtmarker viktiga källor för biologisk mångfald då de utgör livsmiljö för en mängd vattenlevande organismer, från plankton till fisk. Men det finns dessutom många organismer, t.ex. insekter och groddjur, vars larver eller yngel utvecklas i vatten, medan de vuxna individerna sedan lever på land. Därmed påverkar dammar, våtmarker och öppna vattendrag och deras kvalité som livsmiljö indirekt även organismer och ekosystemtjänster på land^{83,188}. Dessutom finns det en rad hotade och rödlistade arter som är beroende av ekosystem med vatten och som är skyddade enligt både nationell och EU-lagstiftning.

Öppna diken har betydelse för den biologiska mångfalden, både för att de utgör ett viktigt habitat för akvatiska organismer¹⁸⁹ och för att de skapar habitat och födoresurser för organismer som lever på land⁸³. Precis som i fältkanter, påverkas växter längs diken av övergödning och drift av ogräsmedel⁸³. Många fåglar utnyttjar dikeskanter och närvaron av öppna diken kan öka mängden fåglar¹⁹⁰, framförallt i slättbygd¹⁹¹.

Rekreation

På en global skala tillhandahåller våtmarker en rad viktiga försörjande ekosystemtjänster när de används för odling av olika typer av organismer, som fiskar, eller växter som kan användas som föda eller foder till boskap. I Sverige är våtmarkers betydelse som försörjande ekosystemtjänst mindre, men många dammar och mindre vattendrag används ofta vid sportfiske och rekreation. En studie av Kristianstad Vattenrike visade att invånare uppskattade våtmarker just för deras kulturella tjänster, så som fågelskådning, vandring och skridskoåkning¹⁹².

Vattenreglering i sjöar, vattendrag och våtmarker

Retention av vatten förhindrar översvämningar. Våtmarker är ett viktigt ekosystem när det gäller att reglera vattenflöden i avrinningsområden i jordbrukslandskap. Om det finns många små våtmarker i de övre delarna av ett avrinningsområde kan de

effektivt reducera och fördröja eventuella översvämningar, genom att vattnet lagras i våtmarkerna under perioder med hög nederbörd för att sedan avges under perioder med torrare väder⁸⁵. Även större dammar och sjöar längre nedströms kan reducera de negativa effekterna av höga flöden. I ett landskap med reducerad yta av våtmarker minskas möjligheten till att lagra vatten under perioder med mycket nederbörd, vilket ökar risker och kostnader vid eventuella översvämningar. Beräkningar visar att om ytan av våtmarker reducerats ner till omkring 10 % av den ursprungliga så kan förmågan att buffra höga flöden in ett avrinningsområde helt försvinna¹⁸⁷. I öppna vattendrag minskar avrinningshastigheten jämfört med i kulverterade vattendrag, men det är oklart hur stor denna effekt är⁴.

Retention av näringsämnen förhindrar eutrofiering

En av de viktigaste ekosystemtjänster som produceras i dammar och våtmarker är retention eller upptag av näringsämnen, dvs. när det vatten som lämnar en våtmark har lägre koncentrationer av näringsämnen än det inkommande vattnet. Våtmarker har därmed stor betydelse för att fånga upp näringsämnen som kväve och fosfor som kommer med ytavrinning eller via dränerings- och dikningssystem från omkringliggande jord- eller skogsbruksmark, och som bidrar starkt till eutrofiering av kustnära områden i bland annat Östersjön. Retentionen av näring innebär inte bara att vissa näringsämnen tas upp av växter i våtmarken eller lagras i sedimenten utan för kväve sker också en avgång till atmosfären då nitratkväve genom denitrifikation omvandlas till kvävgas. Denna process sker med hjälp av bakterier som under syrefria förhållanden omvandlar nitrat till kvävgas, och processen underlättas av höga halter nitrat, långsamt flöde och vegetation i våtmarken^{85,186}. När inkommande vatten samlats upp från mark i ett avrinningsområde och får möjlighet att sprida ut sig i en grundare våtmark, avtar vattenhastigheten och suspenderade partiklar sjunker till botten. Vattenlevande växter kan utnyttja dessa näringsämnen, men för att näringsämnena inte ska återföras till vattensystemet senare på året är det viktigt att skörda dessa växter och på så sätt få bort näringen från systemet. Öppna diken leder ofta till långsammare avrinning jämfört med kulverterade diken, vilket kan vara ett problem när det gäller effektiviteten i dikningsföretag, men positivt när det gäller näringsämnesretention⁸³.

Hot mot ekosystemtjänsten

Under det senaste århundradet har det skett en kraftig minskning av mängden dammar, våtmarker och öppna vattendrag i jordbrukslandskapet på grund av utdikning och kulvertering (se avsnitt 3). Detta har drabbat den biologiska mångfald som är knuten till sötvattens ekosystem, både på lokal och på global nivå¹⁹³. Många dikningsföretag i Sverige är idag till åren komna och huruvida detta leder till nya dikningsföretag eller till återskapande av öppna vattendrag och våtmarker där omläggning av diken inte är företagsekonomiskt lönsamt kan ses som ett hot och en möjlighet.

I grunda sjöar och anlagda våtmarker kan hela ekosystemet växla mellan olika jämviktslägen, eller stadier, där ett stadie karakteriseras av klart vatten och rikligt med bottenvegetation som kan ta upp näring, och ett annat stadie av att vattnet är grumligt och algblooming vanlig. Avsaknad av bottenvegetation i det grumliga stadiet reducerar även drastiskt mångfalden bland både växter och djur i våtmarken. Detta påverkar i sin tur en rad ekosystemtjänster, eftersom våtmarken då inte producerar fisk, fiskemöjligheter, rent badvatten, eller andra värden för natur och rekreation. Vad som orsakar dessa växlingar är inte helt klarlagt, men hög belastning av näringsämnen (eutrofiering) leder ofta till algbloomingar och det grumliga stadiet. Även pesticider från jordbruket kan öka risken för växling från klar till grumlig fas, eftersom de tros minska antalet djurplankton¹⁹⁴, vilket leder till högre halter av växtplankton och därmed algblooming. Alla dessa faktorer kan påverka våtmarkernas förmåga till näringsretention och bidrag till biologisk mångfald i jordbrukslandskapet. En framtida ökning av konstgödning och användning av bekämpningsmedel är därför ett potentiellt hot mot ekosystemtjänster som genereras av våtmarker.

Odling av signalkräftor i dammar och sjöar kan vara ekonomiskt intressant för markägare men här finns flera möjliga konfliktpunkter mellan intressen som styr fiske, kräftor respektive bevarande av groddjur. Till exempel kan många grod- och salamanderarter bara fortplanta sig i dammar där det inte finns fisk eller kräftor som äter upp deras ägg och yngel¹⁹⁵. Närvaro av fisk påverkar ekosystemtjänster som rör rekreation (dvs. fiske) positivt, men fisk kan ha negativa effekter på andra ekosystemtjänster som produceras i våtmarkerna. Bottenlevande fiskar kan när de letar föda röra om i sediment och påverka vattenvegetation negativt, så att retentionen av speciellt fosfor försämras. Eftersom vissa fiskarter lever av ägg och/eller yngel av andra vattenlevande arter påverkas även den biologiska mångfalden i våtmarkerna negativt av fiskars närvaro.

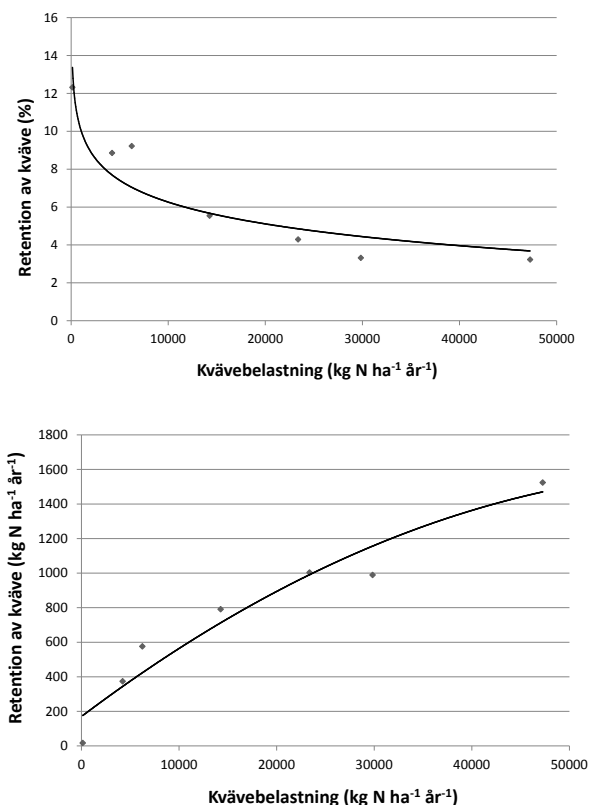
Värdering av ekosystemtjänsten

Eutrofiering av sjöar och vattendrag har minskat under de senaste årtiondena men är fortfarande ett av de allvarligaste miljöproblemen i dessa ekosystem. Eutrofierade sjöar och dammar har ofta förekommande blomningar av giftiga alger vilket medför kostnader i form av att vi inte kan utnyttja dem som dricksvattenkällor, för fiske eller rekreation. Våtmarkers förmåga att hålla kvar och minska näringsämnen som läcker ut från åkermark är därför avgörande för många sjöars tillstånd. Retentionen i våtmarker kan uppskattas till cirka 100 kg kväve per hektar våtmark, men effektiviteten av denitrifikationen, dvs. den process som omvandlar nitrat till kvävgas, kan skilja sig väldigt mycket beroende på koncentrationen av nitrat samt syresättningen i vattnet¹⁸⁶ (figur 23). Effektiviteten är som störst under sommarmånaderna då också temperaturen är högst⁸⁴.

Under senare tid har höga flöden på olika ställen i Sverige visat på de potentiellt mycket höga kostnaderna för översvämningar nedströms, men det marginella bidraget av

våtmarker och öppna vattendrag i jordbrukslandskapet är osäkert. Våtmarkers värde för att reglera vattenflöden anses ha störst betydelse vid måttliga flöden, men värdet är dåligt utrett⁴. Beräkningar i skånska avrinningsområden ger vid handen att dagens våtmarker långt ifrån kan uppfylla den funktion i flödesbegränsning vid höga flöden som äldre tiders våtmarker kunde¹⁹⁶.

Våtmarker har ett stort värde för det rörliga friluftslivet⁴. I jordbrukslandskapet bidrar de med att öka variationsrikedomen i landskapet och därmed göra det mer estetiskt tilltalande. Våtmarker har ofta en särpräglad biologisk mångfald av värde för t.ex. botaniker och fågelskådare. En utredning av värdet av Storbritanniens våtmarker fann stora värden kopplade till biologisk mångfald och rekreation, men utredningen fokuserade på våtmarker generellt¹⁹⁷. Även om metoder finns för att uppskatta ett habitats värde för friluftslivet, finns vad vi vet inga specifika undersökningar av detta när det gäller våtmarker i produktiva jordbrukslandskap.



Figur 23. Sydsvenska våtmarkers förmåga till kväveretention avtar med ökande kvävebelastning (ovan) även om mängden kväve som kan tas omhand av våtmarken ökar (nedan). Efter Strand och Weisner 2013¹⁸⁶.

Åtgärder för att gynna vattenrelaterade ekosystemtjänster

För att gynna ekosystemtjänster kopplade till vatten och våtmarker i jordbrukslandskapet krävs framförallt att våtmarker och öppna vattendrag återskapas. Dessutom måste åtgärder genomföras för att säkerställa vattendragens kvalitet. Vi har identifierat tre åtgärder som kan gynna vattenrelaterade ekosystemtjänster i jordbrukslandskapet:

- Anläggning av våtmarker
- Skapandet av öppna vattendrag och diken
- Lågintensiv odling eller skyddszoner kring vattendrag och dammar

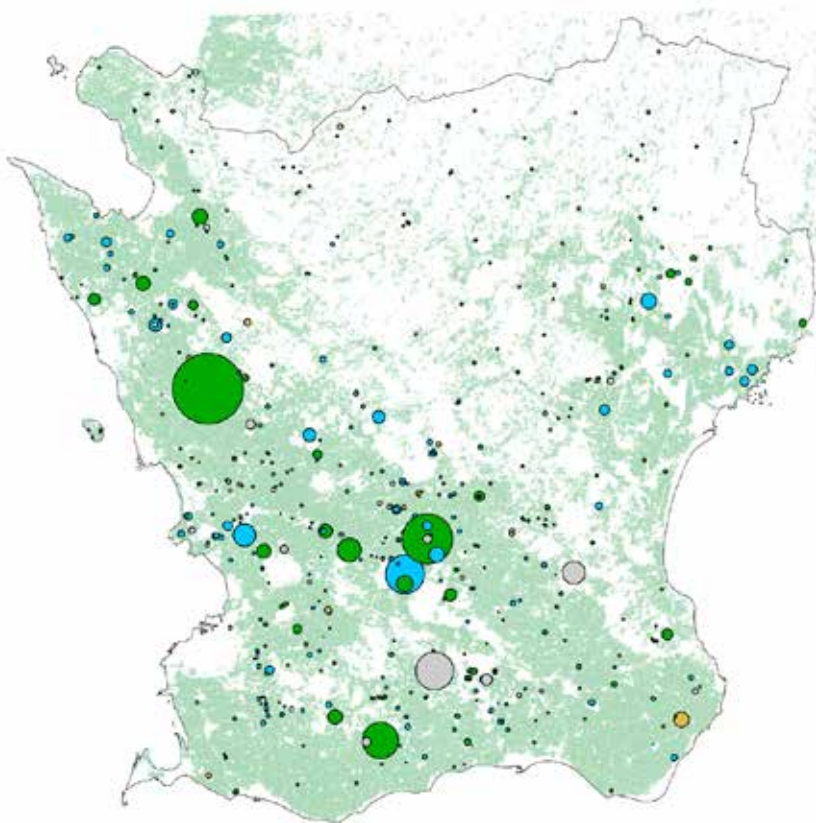
Anläggning av våtmarker i jordbrukslandskapet är en relativt enkel åtgärd för att kostnadseffektivt öka en rad viktiga ekosystemtjänster¹⁹⁸. Anlagda dammar kan snabbt kolonieras av flera vattenlevande organismer som ökar möjligheter för en rad hotade t.ex. fågel-, grod- och kräldjursarter att överleva men också ökar den biologiska mångfalden i hela ekosystemet. Retention av framför allt kväve är en viktig faktor, men kräver väl genomtänkt placering och utformning av våtmarkerna inom ett avrinningsområde. Våtmarkerna måste hanteras på ett hållbart sätt då pesticider och fortsatt ökad näringsinflöde minskar effektiviteten av de anlagda våtmarkerna. Framför allt ska de beaktas i ett helhetsperspektiv i jordbrukslandskapet då näringsvävarna i våtmarksekosystemen är tätt ihopkopplade med de som finns på land, då dessa system är dynamiskt kopplade till varandra.

På senare år har det anlagts en mängd våtmarker i Skåne, och i övriga Sverige, dels för att öka retentionen av näringsämnen, och minska miljöproblem i sjöar, vattendrag och inte minst i havet, men också för att öka den biologiska mångfalden i jordbrukslandskapet (figur 24). Ett av regeringens miljömål var att 12000 hektar våtmark skulle anläggas i Sverige mellan år 2000 och 2010. I Skåne län sattes målet till 2500 hektar till och med 2010 och på längre sikt upp till 5000 hektar¹⁹⁹. Detta regionala mål har inte uppfyllts helt: fram till 2012 hade 1700 hektar våtmark anlagts i länet.

Vid utvärdering av effekterna på ekosystemtjänster av dessa våtmarker, syns en tydlig återkolonisation av flora och fauna i de flesta av de nyanlagda dammarna^{84,186,200,201}. Inom loppet av 4-6 år hade de koloniserats av ryggradslösa djur, och en rad växtarter, och hade en liknande eller högre grad av biologisk mångfald jämfört med andra våtmarker inom samma region. Flera rödlistade fågelarter häckade vid våtmarkerna och även en del vanliga arter som inte är direkt knutna till våtmarker, t.ex. tornseglare och olika arter svalor, ökade¹⁸⁶. Anlagda våtmarker utgör även livsmiljö för en rad grod- och kräldjur som ökade i landskapet runt de nya våtmarkerna trots att de minskar generellt i sin utbredning i Sverige. Fisk är den organismgrupp som koloniserar nyanlagda våtmarker långsammast och förekommer med färre arter där än i äldre våtmarker⁸⁴. Eftersom nitrathalten i vattnet varierar beroende på var i avrinningsområdet våtmarkerna är belägna, är noggrann planering på regional nivå en viktig förutsättning för att nyanlagda

våtmarker ska kunna bli så effektiva som möjligt¹⁸⁶. I en studie av näringsretention av våtmarker i Skåne visades att stora, grunda och varierande våtmarker är mest effektiva på att fånga upp kväve i vattnet, medan fosfor fångas bäst upp i små och djupa våtmarker där sedimentering av partiklar underlättas⁸⁴.

Öppna diken omgivna av kantzoner ökar den biologiska mångfalden i jordbrukslandskapet (se avsnitten om pollinering och biologisk kontroll) och under de kommande decenniernas förväntade omläggning av delar av jordbrukslandskapets dräneringssystem finns det en stor potential att öka mängden av sådana multifunktionella element i landskapet.



Figur 24. Placeringen av anlagda våtmarker i Skåne. Cirkelns storlek representerar våtmarkens areal och cirkelns färg dess syfte: blå = näringsretention, grön = biologisk mångfald, orange = övrigt syfte, grå = okänt syfte. Jordbruksmark visas som ljusgrönt på kartbilden, övrig markanvändning som vitt. Figuren bygger på 2011 års våtmarksregister från Länsstyrelsen i Skåne.

4.4. Jordmånsbildning, retention av näringsämnen och klimatreglering – ekosystemtjänster i marken

Beskrivning av ekosystemtjänsten

Skåne är känt för sina bördiga jordar och producerar upp mot 8 ton vete, 3,5 ton raps, och 50 ton sockerbetor per hektar. Orsakerna till den höga produktionen är geologiska faktorer, med en kalkberggrund, men också ett gynnsamt klimat som gett en bördig jordbruksmark (figur 3, avsnitt 3). Förklaringen till bördigheten ligger i de markorganismer som genom sina funktioner i ekosystemet ger grunden till dessa höga skördar. Den biologiska mångfalden av markorganismer är enorm, med tusentals arter bakterier, svampar och djur som nematoder, daggmaskar och ett antal andra ryggradslösa djur som med sina aktiviteter producerar ekosystemtjänster²⁰². Markorganismer producerar främst två typer av ekosystemtjänster, där den ena ger *markens struktur* som motverkar kompaktering och underlättar vattenreglering, medan den andra kan sammanfattas genom *nedbrytning* av organiskt material och ger förklaring till hur näringsämnen från växtdelar kan omsättas och hållas kvar i marken tills de tas upp av växternas rötter²⁰³.

Markens struktur är viktig för växternas rötter och påverkar deras möjligheter att växa ner i marken och nå näring och vatten som finns längre ner. Dessutom bildas aggregat av jordpartiklar när daggmaskar gräver gångar, och när svamphyfer växer genom marken. Dessa aggregat är viktiga för markens förmåga att dränera vid mycket regn, men också för att hålla kvar vatten och näring i de övre jordskikten. Daggmaskarna transporterar organiskt material, t.ex. döda växtdelar, ner i marken, och kan gräva gångar ner till två meters djup. Dessa gångar kan sedan utnyttjas av växtrötter eller som dräneringssystem för regnvatten. Detta bidrar också till att mer syre kommer ner till växternas rötter och till de andra organismerna som lever i marken. Daggmaskar kan i gynnsamma lägen omsätta upp till 100 ton jord per hektar och år i en gräsmark, medan de i en åkermark, där de motverkas av mekanisk jordbearbetning, bara flyttar runt ca 5 ton per hektar²⁰⁴. Detta medför även att aggregatstrukturen försämras i åkermark som plöjs regelbundet jämfört med gräsmark.

Nedbrytning av organiskt material är den andra viktiga ekosystemtjänsten som produceras av markorganismer. Svamp och bakterier är de till biomassan största organismerna och de kan med hjälp av ett mycket komplext system av enzymer bryta ner, dvs. sönderdela, stora komplexa organiska föreningar som de sedan kan utnyttja som energi²⁰⁵. Här finns enzymer som sönderdelar cellulosa-föreningar eller proteiner i mindre beståndsdelar som sedan kan tas upp av svampar och bakterier. När sedan mikroorganismerna dör omvandlas de till växtnäring i form av nitrat eller fosfat. I den näringsväv som markorganismerna bildar utgör döda växt- och djurdelar, dvs. dött organiskt material, basen i näringsväven tillsammans med små kolföreningar

vikt så är det mycket viktig för de ekosystemfunktioner som organismerna tillför, och därmed för en rad tjänster som skörd, vattenhållande förmåga samt minskad erosion²⁰⁸. En rad hot mot jordbruksmark i Europa har identifierats²⁰⁹ och minskade halter av organiskt material har speciellt uppmärksammats just på grund av dessa tjänster.

Förslusten av organiskt material beror på hur jorden brukas då en del typer av jordbearbetning och växtföljder minskar mullhalten medan andra kan öka den²¹⁰. Vid odling av annuella (ettåriga) grödor har man uppmätt minskade mullhalter i en rad långtidsförsök, både i Skåne och på andra ställen i världen (tabell 3). Exempel på odlingssystem som kan dämpa förlusten av organiskt material eller till och med leda till en ökning är t.ex. att returnera halm till marken efter skörd, mindre intensiva plöjningssystem, vall i växtföljden eller olika typer av täckgrödor eller grüngödsling (tabell 3)²¹¹.

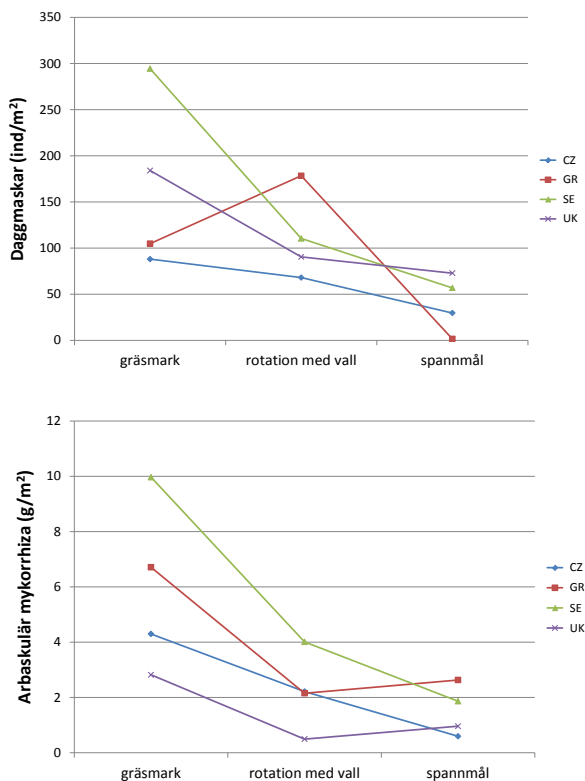
Årliga förändringarna kan se försumbara ut, men om odlingen bedrivs på samma sätt under lång tid blir den kumulativa effekten stor. Vi kan idag se effekter av den jordbearbetning och de växtföljder som använts under en lång tid genom fortsatt minskning av mullhalter både i Sverige och globalt²⁰⁸.

Tabell 3. Tabellen visar resultat från långtidsförsök i Europa och USA²¹²⁻²¹⁴. Den övre delen av tabellen visar minskning av organiskt kol i marken vid olika odlingsmetoder, medan den nedre delen visar ökning av mullhalt i marken.

Odlingssystem (spannmål)	Relativ minskning av organisk kol (C) per år	Land
Konventionell odling	- 1,00 %	UK
Konventionell odling	- 0,50 %	SE, Skåne
1 år vall/4 år växtföljd	- 0,20 %	SE, Skåne
Tillsatt halm 3 ton/ha	- 0,20 %	DK
Odlingssystem (spannmål)	Relativ ökning av mullhalten per år	Land
Täckgrödor	+ 0,20 %	FR
Tillsatt halm 12 ton/ha	+ 0,30 %	DK
2 år vall/8 år växtföljd	+ 0,33 %	SE, Skåne
Stallgödsel (35 ton/ha)	+ 0,40 %	UK
Rötslam (4 ton C/ha)	+ 0,90 %	SE, Uppsala
<i>Miscanthus</i> gräs (bioenergi)	+ 1 %	USA

Gräsmarker har ofta dubbelt så hög mullhalt som åkermarken, även om gräset skördas varje år, vilket beror på grässets och andra växters förmåga att pumpa ner kol till rötterna som sedan tas upp i markens näringsvävar. När mullhalten minskar försvinner också

habitat till en rad markorganismer och med intensiv jordbearbetning minskar speciellt daggmaskar som ger aggregatstruktur och mykorrhizasvampar som tar upp fosfor från marken till växterna (figur 26 och 27).



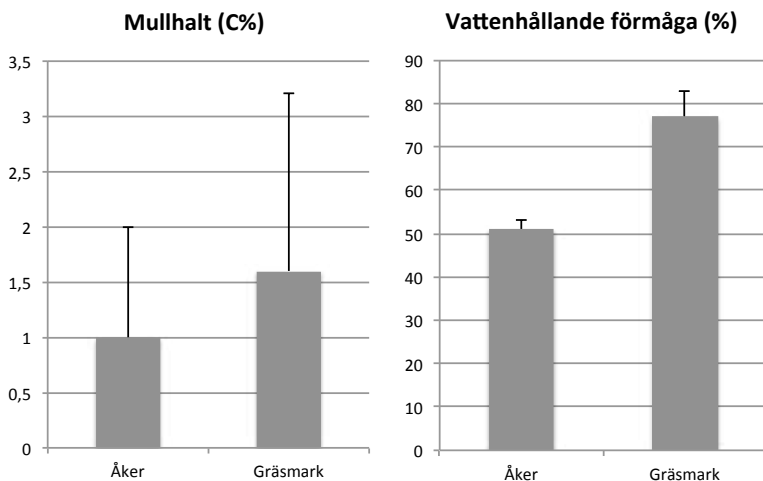
Figur 26. Mängd daggmaskar och mykorrhizasvampar i olika intensivt brukad jordbruksmark. Resultaten kommer från ett EU projekt där konventionella jordbruk i 4 länder deltog, och visar att mängden daggmaskar och mykorrhizasvampar generellt är lägre ju mer intensivt fälten odlas. Från Hedlund 2012²⁰⁶.

Hot mot reglerande ekosystemtjänster från jordbruksmark

Vid en minskning av mullhalten i marken frigörs kol som koldioxid till atmosfären eller som olika typer av kolföreningar till vattendragen och påverkar därmed det globala klimatet⁵⁷. Vid en ökning av mullhalten fungerar marken som en s.k. kolsänka där mer kol tas upp från atmosfären än vad som avges. Hoten mot jordbruksmarkens mullhalt (se ovan) är därmed också ett hot mot det globala klimatet.

Retention av näringsämnen i marken innebär inte bara att det går att minska läckage av näringsämnen till våra vattendrag utan påverkar även gasutbytet av växthusgaser (utöver koldioxid) till atmosfären. Avgivning av växthusgaser som lustgas (N₂O) kan

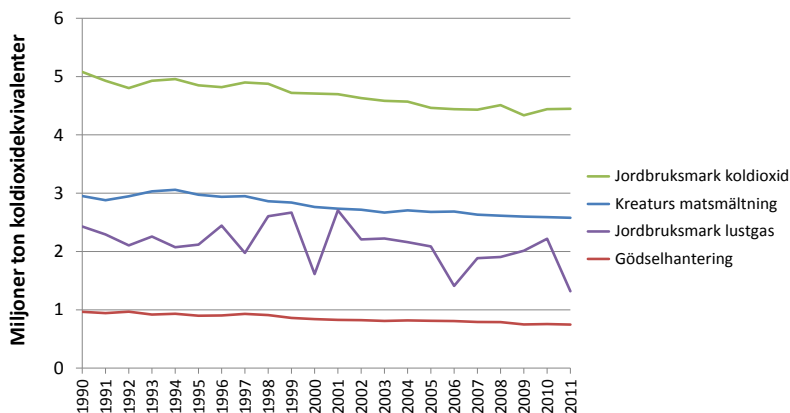
ske från mark som gödslats men där näring inte tagits upp av markorganismer eller av växterna, vilket kan vara upp till 50 % av mängden gödning. Den näring som inte tagits upp, t.ex. nitratkväve, kan sedan omvandlas av s.k. denitrifierande bakterier till lustgas eller kvävgas och gå vidare till atmosfären eller fortsätta som nitrat ut i vattensystemen. Denitrifikationen och omvandling till lustgas är beroende av hur mycket syre det finns i marken, då den sker vid syrefria förhållanden. Bakterier i marken kan både producera men också ta upp lustgas, vilket gör att marken kan fungera som källa eller sänka för lustgas, beroende på om marken är syrefri eller inte.



Figur 27. Både mullhalt och vattenhållande förmåga är högre i gräsmarker än i kornfält i Skånes slättbygd. Från Williams och Hedlund 2013²¹⁵.

Den totala mängden växthusgaser som avges från jordbruksmark minskar generellt i Sverige (figur 28) vilket beror på minskad boskapshållning och minskad användning av mineralgödsel. Lustgasemissioner från åkermark varierar mycket på lokal skala och mellan år eftersom det är vattenförhållanden i marken som styr syretillgången och därmed omvandlingen från nitrat till lustgas. Organogena jordar anses vara en stor källa till lustgas, då de har hög mullhalt och därmed en hög vattenhållande förmåga vilket oftare ger syrefria förhållanden.

Utsläpp av växthusgaser från jordbruk



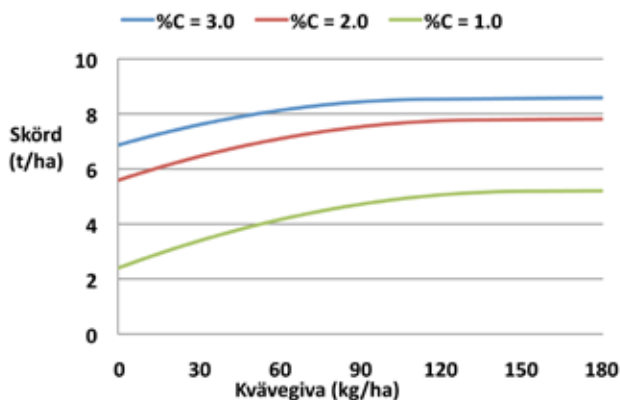
Figur 28. Utsläpp av växthusgaser från lantbruk i Sverige under de senaste 20 åren (angiven i miljoner ton CO₂ ekvivalenter/år). Källa: Naturvårdsverket²¹⁶.

Värdering av ekosystemtjänsterna

Jordbruksverket och Greppa Näringen påpekar i information till lantbrukare vikten av att öka mullhalten i åkermark både för att få en bördigare jord men också för att minska klimateffekter genom att binda mer kol i marken^{217,218}. Även från Sik (Institutet för Livsmedel och Bioteknik) har man sammanställt kunskapsläget om mullhalten i åkermark²¹⁹. Inom forskningen påpekas också detta som ett globalt problem och man försöker visa hur ekosystemtjänster kan ge vinster både till lantbrukaren och samhället genom att öka produktionen med bördigare jord och samtidigt motverka klimatförändringar²⁰⁸.

Vid värdering av ekosystemtjänster som produceras i marken kan mullhalten betraktas som en indikator för de ekosystemtjänster som beror av aktiviteter som markorganismerna utför. Här ingår både stödjande och reglerande tjänster då dessa produceras av samma organismer. I figur 29²⁰⁶ visar en så kallad produktionsfunktion hur olika mullhalter (% organiskt kol) påverkar skörd av höstvet i fem långtidsförsök i Skåne, de s.k. bördighetsförsöken, vid olika kvävegivor²⁰⁶. Resultaten visar att en minskning av mullhalten reducerar både möjlig skörd och effektiviteten hos gödningen (skörd/kg N). Vid en minskning av mullhalten från 2 % till 1 % minskar skörden med ca 3 ton/ha vid maximal effekt av kvävegödning. Vid en lägre mullhalt behövs högre kvävegivor för att komma upp till samma skördenivåer, t.ex. kan en skörd av 8 ton höstvet ha en optimal kvävegiva av 135 kg/ha men vid en minskning på 1 % av mullhalten så blir maximal skörd närmare 5 ton och kräver istället en kvävegiva av 150 kg N/ha.

Den högre skörden vid högre mullhalt beror på att markorganismerna omvandlar organiskt kväve och gör andra näringsämnen i marken tillgängliga för växterna. Dessutom höjer mullhalten markens vattenhållande förmåga, den ökar möjligheter till bättre resistens mot sjukdomar samt underlättar för möjligheter till organismer som ger marken en bättre aggregatstruktur. Med hjälp av dessa ekosystemtjänster och produktionsfunktionen kan vi visa att det inte går att helt ersätta ekosystemtjänster med hjälp av konstgödning för att uppnå maximal skörd.



Figur 29. Markekosystemtjänster kan åskådliggöras i en s.k. produktionsfunktion som visar hur både mullhalt och kvävegivor avgör skörd av höstvet. Från Hedlund 2012²⁰⁶.

Värdet av ekosystemtjänster som produceras beror på hur stort det så kallade naturliga kapitalet är, ett synsätt som kan ligga till grund för beslut om förvaltning och investering i naturresurser²²⁰. Markens naturliga kapital är då markens ekosystem som genererar de tjänster som beskrivits ovan. För att visa om det lönar sig att investera i ett naturligt kapital kan man göra en monetär värdering av ekosystemtjänster och sedan använda dessa värden när man fattar olika beslut, både på gårds- och samhällsnivå, om hur jordbruksmark ska brukas i framtiden. Ett sätt att värdera markens ekosystemtjänster och det naturliga kapitalet de utgör för framtiden är att beräkna hur mullhalten minskar i marken över tid. På kort sikt skulle en minskning i kapitalet oavsett brukningsmetod bli till synes försumbar: Minskar mullhalten med ca 1 % under ett år, skulle lantbrukarens vinst enbart minska med 6 €/ha och år genom ändrade odlingsbetingelser²⁰⁶. På lång sikt blir däremot effekten större då samma utveckling under 20 år ger en minskad vinst per år på ca 400 €/ha. Detta innebär att det rent företagsekonomiskt lönar sig för en lantbrukare att använda vissa brukningsmetoder som ökar markens mullhalt på medellång sikt (som en framtidsinvestering). Eftersom samhället värderar bibehållandet av markens långsiktiga produktionsförmåga högre än vad som är fallet i en företagsekonomisk kalkyl (se avsnitt 2) finns det dessutom ytterligare åtgärder som är samhällsekonomiskt lönsamma på ännu längre sikt.

Åtgärder som ökar mullhalten i marken leder också till att kol från atmosfären binds i marken och påverkar därmed klimatet⁵⁷ genom att bromsa koldioxidökningen i atmosfären. Globalt sett kommer detta att kunna ha stor betydelse även om själva ekosystemtjänsten produceras på lokal nivå. I en åkermark finns runt 50 ton kol/ha i marken trots att kolet bara utgör någon procent av hela markens vikt. Detta innebär att kolhalten kan öka med flera ton per hektar på lång sikt även hos den enskilde lantbrukaren om man lyckas öka mullhalten⁵⁷. Trots att markens kol har en så stor potentiell positiv inverkan på klimatet finns dess värde idag inte inkluderat i marknaden för utsläppsrätter av koldioxid.

Åtgärder för att gynna ekosystemtjänsterna

För att gynna ekosystemtjänster kopplade till mark i jordbrukslandskapet krävs framförallt åtgärder som ökar mullhalten i marken. Vi har identifierat tre generella brukningsmetoder som kan gynna mullhalten i marken och produktion av både stödjande och reglerande ekosystemtjänster:

- Ökad användning av perenna (fleråriga) grödor i växtföljden, som t.ex. vall och råvara till biobränsleproduktion
- Mindre plöjning genom användning av mer ytliga metoder för jordbearbetning
- Ökad användning av grödor och gödningsätt som ökar mullhalten, som t.ex. fång- och täckgrödor, gröngödsling, stallgödsel eller biogödsel

Vissa av brukningsmetoderna genererar bidrag i form av jordbruksstöd, som t.ex. vallstöd, medan andra ingår i aktuella odlingsmetoder som t.ex. att inte plöja utan använda andra typer av ytlig jordbearbetning. Flera av dessa brukningsmetoder sparar även energi och minskar kostnader för lantbrukaren. De åtgärder som idag kan ge ersättning från jordbrukets miljöstöd och kan gynna markens mullhalt är t.ex. skyddszoner, stubbåker, fånggrödor och täckgrödor. Alla dessa åtgärder är från myndigheternas sida i första hand till för att förhindra läckage av näringsämnen till vattendrag och sjöar redan vid källan istället för att ta hand om det inom ett avrinningsområde eller låta det försvinna ut i havet. En potentiell framtida marknad för biobränsleproduktion av perenna växter kan integreras i jordbruksproduktionen och är, liksom användning av biogödsel, ett nytt sätt att höja mullhalten i marken vid produktion av förnyelsebar energi²²¹.

Utsläpp av lustgas kan minskas genom att minska mängden kväve i gödselgivor för att reducera mängden som inte tas upp av växterna och genom att istället se till att det ges vid rätt tidpunkt och plats så att kvävet behålls i marken tills växterna kan ta upp det. Marken bör också ha en bra aggregatstruktur och god dränering så att syrefria förhållanden undviks. Reducerad jordbearbetning eller fånggrödor kan ge mindre avgivning av lustgas då mullhalten ökar och kvävet binds i marken i större omfattning²²².

Lagring av kol i gräsmark är ett forskningsområde som enligt Jordbruksverket²²³ behöver utvecklas mer genom att ta fram generella slutsatser om marken som kolsänka kan motverka effekter av metanutsläpp från betesdjur. Av växters biomassa i gräsmarker kan andelen biomassa under markytan vanligen vara lika stor eller större än ovanför markytan²²⁴.

Det diskuteras idag hur vi globalt sett ska kunna nå maximala skördar för att tillgodose behovet av mat²²⁵. Det finns resultat som visar att detta är möjligt genom att öka gödning med kväve och fosfor²²⁶, vilket riskerar att leda till en rad negativa miljöeffekter. Ett alternativ är att investera i en högre mullhalt för att långsiktigt öka markens produktionsförmåga. Mullhalten kan betraktas som en indikator för ekosystemtjänster som påverkar skörd och klimatreglerande ekosystemtjänster, men har hittills inte beaktats i längre tidsperspektiv. Den kan bara förändras långsamt och det går inte att mäta förändringar från ett år till ett annat. Det är därför viktigt att informera om värdet av ekosystemtjänster så att lantbrukare kan se och räkna på att investera i ekosystemtjänster i sin åkermark för att få högre skördar och vinster i framtiden.

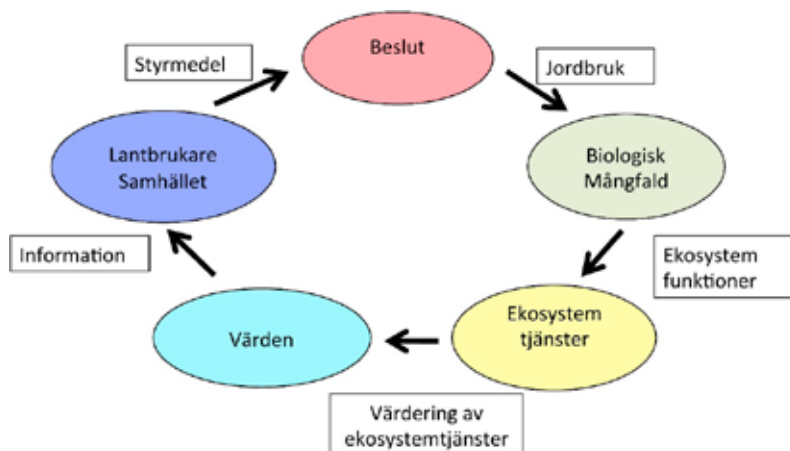
5. Styrmedel och verktyg

Integrering av ekosystemtjänster i beslut

För att kunna fatta välgrundade beslut som leder till en hållbar förvaltning av jordbrukslandskapets naturresurser så behöver ekosystemtjänsterna integreras i de underlag som används för beslutsfattandet. Sådana beslut om förvaltning av naturresurser kan tas på lokal nivå av lantbrukaren, men samhället kan också på regional och nationell nivå premiera vissa typer av odlingsmetoder eller åtgärder genom bidrag (t.ex. miljöstöd), skatter (t.ex. på mineralgödsel och drivmedel) och regelverk (t.ex. lagstiftning om användning av växtskyddsmedel). Idag finns det ett antal olika typer av styrmedel som används för att nå de nationella miljökvalitetsmålen i jordbrukslandskapet, styrmedel som reglerar mycket av miljöarbetet även på lokal och regional nivå. Inom EU har vi också en rad beslut i form av direktiv som innebär lagstiftning eller strategier som skall implementera aktiviteter på nationell nivå.

Med hjälp av ett värde på ekosystemtjänsterna (monetärt eller annat) kan vi hantera ekosystemtjänsterna som en del av produktionen. Detta kan visas i en enkel figur där jordbrukets inverkan på biologisk mångfald påverkar ekosystemens funktion och därmed de tjänster som levereras (figur 30²²⁷). Mängden av ekosystemtjänst som produceras kan då uppskattas och sedan värderas. Information om värdet av ekosystemtjänster återkopplas till en nivå för beslut. T.ex. kan lantbrukaren integrera informationen när han/hon fattar beslut om hur produktionen av jordbruksprodukter ska ske. På andra nivåer kan man uppfatta värdet av ekosystemtjänster på annat sätt och därför besluta om regler eller ekonomiska styrmedel som i sin tur påverkar lantbrukarens beslut.

Jordbruket påverkar en rad olika ekosystemtjänster, direkta såväl som indirekta. Baserat på kunskap om hur olika ekosystemtjänster samverkar eller motverkar varandra, går det att göra medvetna avvägningar vid beslut. Genom att identifiera så kallade "win-win" lösningar kan jordbruksproduktionen ökas på lokal nivå samtidigt som vi minskar eventuella negativa miljöeffekter på regional och nationell nivå (figur 30). Eftersom effekter på ekosystemtjänster också beror på var saker görs i landskapet (se avsnitt 4), kan man även hitta en korrekt fördelning av resursutnyttjandet inom landskapet²²⁸. Som ett exempel uppnår man en stor positiv klimateffekt om jordbrukets intensitet minskas mest på organogena jordar, som är ca 7 % av odlingsytan men antas skapa 30 % av jordbrukets produktion av växthusgasen²²⁹.



Figur 30. Processen för att integrera ekosystemtjänster i beslut, kan åskådliggöras med ett schematiskt system där effekter på biologisk mångfald återkopplar till produktionen av ekosystemtjänster och information om värdet av tjänsterna ligger som grund för beslut. Modifierad efter Daily m.fl. 2009²²⁷.

Beslut på regional nivå kan underlättas om det finns verktyg för att åskådliggöra effekterna av åtgärder och jordbruksmetoder på multipla ekosystemtjänster. En rad forskningsprojekt, nationellt och internationellt, arbetar för närvarande med att ta fram sådana verktyg²²⁰.

Styrmedel som kan påverka produktion av ekosystemtjänster i jordbruket

I Sverige finns ett antal styrmedel som kan påverka produktionen av ekosystemtjänster, t.ex. miljöstöd, skatter, lagar och regler, samt information och rådgivning om de fördelar som ekosystemtjänsterna kan ge. Då både förvaltningen av många ekosystemtjänster och deras positiva effekter måste beaktas i ett långt tidsperspektiv (som vid lagring av kol i marken) eller på skalor som är större än ett privat lantbruk (som vid bibehållande av biologisk mångfald i landskapet eller klimatreglering), behövs det ofta styrmedel som skapar incitament för lantbrukaren att ta beslut om att investera i ekosystemtjänster med effekter på dessa rums- och tidsskalor.

Ekonomiska styrmedel

Jordbruksstöden består av två delar, de så kallade två pelarna. Gårdsstödet (dvs. pelare 1, som finansieras av EU), är kopplat till ytan åker och gräsmark, men inte till produktionen. För att erhålla gårdsstöd måste lantbrukare uppfylla vissa tvärvillkor, bl.a. hålla jordbruksmarken i gott skick. I den andra pelaren, landsbygdsprogrammet, som är ett resultat av politiska beslut på EU och på nationell nivå och som finansieras av EU

och Sverige gemensamt, är det övergripande målet en hållbar utveckling ekonomiskt, ekologiskt och socialt²³⁰. Landsbygdsprogrammet består i sin tur av flera delar eller så kallade axlar. I axel 2 regleras bland annat miljöersättningar för att genomföra åtgärder eller använda jordbruksmetoder som minskar negativ miljöpåverkan. Miljöstöden utformas nationellt (och i någon mån regionalt) inom ramen för ett Europeiskt regelverk. Flera av miljöstöden i det nuvarande landsbygdsprogrammet kan verka för ekosystemtjänster i jordbrukslandskapet, t.ex. stöd för bevarande av betesmarker, ekologisk produktion, skyddszoner vid vattendrag, vallodling och bidrag till våtmarker (se avsnitt 4). Från och med 2014 ändras EUs jordbrukspolitik där gårdsstödet minskas och istället kan man få ytterligare ett stöd, ett så kallat förgröningsstöd, om man uppfyller vissa villkor. Dessa innebär att varje gård måste ha minst 2-3 grödor, bevara gräsmarker som legat i minst fem år, samt ha minst 5 % ekologiska fokusarealer som t.ex. träda, eller salixodlingar och baljväxter för att få bidrag. Landsbygdsprogrammet minskas i omfattning, men hur miljöstöden kommer att se ut i det nya programmet är inte klart vid denna tidpunkt.

Andra ekonomiska styrmedel är skatter på oönskade miljöeffekter, som t.ex. skatt på fossila fordonsbränslen för att reducera växthusgaser. I en rapport från AgriFood Economic Centre i Sverige²³¹ som utvärderat ekonomiska styrmedel och miljöeffekter i lantbruket, föreslås att jordbruket bör omfattas av skatt på energi och gödningsmedel och att åtgärder som syftar till kolinlagring i marken skulle kunna subventioneras.

På regional nivå i Skåne har stöd till anläggning av våtmarker genom landsbygdsprogrammet följts upp mot det regionala miljömålet myllrande våtmarker. En rapport från länsstyrelsen där man ansvarar för att följa upp miljömålen visar dock att detta inte är tillräckligt för att uppnå det mål som är satt²³².

Utformningen av miljöstöden görs inte på regional, utan på nationell nivå, förutom i mindre omfattning när det gäller stöd till så kallad ”utvald miljö”. Däremot kan även de nationella miljöstöden utgöra ett starkt stöd när man utarbetar strategier för att gynna ekosystemtjänster på regional nivå. Strategier som utnyttjar miljöstöden har naturligtvis större möjlighet att genomföras än strategier som bygger på åtgärder som inte kan eller får omfattas av miljöstöd.

Reglerande styrmedel

Den *Europeiska biodiversitetsstrategin* fram till 2020 har initierat en rad aktiviteter i medlemsländerna genom att ta fram kunskap så att ekosystemtjänster kan integreras i beslut om hushållande med naturresurser och bevarande av biologisk mångfald. En kartläggning av ekosystemtjänster och produktion av dessa pågår nu i alla medlemsländer, bland annat genom en internetbaserad plattform där information finns tillgänglig²³³. Detta har lett till att regeringen fastställt nya etappmål för miljö kvalitetsmålen där ett avseende biologisk mångfald fokuserar på ekosystemtjänster¹². Etappmålen ska

underlätta de samhällsförändringar som behövs för att miljö kvalitetsmålen skall uppnås. Målet om ekosystemtjänster och resiliens innebär att viktiga ekosystemtjänster ska identifieras och kartläggas senast 2013. Det andra målet om betydelsen av biologisk mångfald och ekosystemtjänster innebär att värdet och betydelsen av ekosystemtjänster och biologisk mångfald ska integreras i beslut i samhället senast 2018.

I Sverige har det även publicerats en utredning ”Synliggöra värdet av ekosystemtjänster - Åtgärder för välfärd genom biologisk mångfald och ekosystemtjänster” där man föreslår en rad vägar för hur ekosystemtjänster ska kunna integreras i beslut i samhället och hur eventuella målkonflikter kan lösas⁶. Vidare finns förslag på hur information om ekosystemtjänster ska kunna nå användarna av tjänsterna på lämplig nivå. I andra länder som Storbritannien har man publicerat liknande rapporter där man bedömer och kartlägger ekosystemtjänster²³⁴. EU strategin om biologisk mångfald har på så sätt omsatts i svenskt beslutsfattande och kommer senare att leda till omformulering av lagar, styrmedel och beslutsvägar förhoppningsvis för att premiera ekosystemtjänster.

Dessa kartläggningar kommer att behöva genomföras även på regional nivå i Skåne, om de skall få betydelse för beslut om hur det skånska jordbrukslandskapet skall utvecklas.

Lagstiftning är det starkaste styrmedlet när det gäller lantbruk och ekosystemtjänster och det finns flera EU direktiv som styr och har införts i svensk lagstiftning. Ingen av lagarna är direkt inriktade på att bevara ekosystemtjänster utan de tar upp enskilda faktorer som vi kan använda för att skydda biologisk mångfald och naturresurser. För biologisk mångfald har fågeldirektivet²³⁵ och habitatdirektivet²³⁶ stor betydelse då de reglerar bestämmelser om bevarande av vilda fåglar, och jakt- och fiskelagstiftningarna, liksom artskyddsförordningen. Vattendirektivet²³⁷ styr hur vi reglerar tillgång och kvalitet på vatten bland annat i avrinningsområden, där grundtanken är att vi gemensamt måste förvalta våra vattenresurser. Direktivet är nu infört i svensk lagstiftning i form av vattenförvaltningslagen²³⁸. Användningen av bekämpningsmedel styrs av en rad EU och nationella regelverk²³⁹, under det övergripande EU-regelverket Reach²⁴⁰. Just nu pågår implementeringen av EUs ramdirektiv om hållbar användning av bekämpningsmedel och regeringen har precis fattat beslut om en ”Nationell handlingsplan för hållbar användning av växtskyddsmedel för perioden 2013-2017”.

Informativa styrmedel

För att kunna integrera ekosystemtjänster i beslutsfattande är det viktigt att öka medvetenheten om värdet av ekosystemtjänster och visa på möjligheter att investera i naturligt kapital för att på lång sikt gynna ekosystemtjänster. Detta går att göra på många sätt, men målet måste vara att stimulera lärande om ekosystemens funktioner och åtgärders effekter så att förvaltning om naturresurser sker hållbart.

Idag saknas tillräckliga kunskapsunderlag om den rumsliga fördelningen och produktionen av ekosystemtjänster i jordbrukslandskapet i Skåne. Detta är väsentligt

för att kunna fungera som underlag för beslut om mer övergripande planering av regionens miljöarbete, men också som en hjälp till lantbrukare för att ta beslut på lokal nivå. På nationell nivå har SCB (Statistiska Centralbyrån) sammanställt statistik och datakällor för att ta fram mätbara aspekter på ekosystemtjänster och kartlägga dessa²⁴¹. Där framgår att det finns bra underlag för flera ekosystemtjänster som kan värderas ekonomiskt, men stora brister finns också t.ex. när det gäller naturlig biologisk kontroll, rekreation och kulturella värden.

Regionaliserad information och verktyg för att visa på effekten av åtgärder och jordbruksmetoder i Skåne, som har utvecklats för andra regioner²⁴², skulle kunna vara ett sätt att öka medvetenheten bland skånska lantbrukare, rådgivare och myndigheter om möjligheten att gynna ekosystemtjänster i jordbrukslandskapet.

Även om sådan information om ekosystemtjänster och dess värden inte finns direkt utvecklade idag, finns det inom rådgivningen till lantbrukare en rad utmärkta direkta verktyg om hur det går att påverka ekosystemtjänster som t.ex. retention av näringsämnen. Greppa näringen²⁴³ har t.ex. flera projekt där de använder verktyg som hjälper lantbrukare att både ta hänsyn till miljöåtgärder och hushålla med resurser (se nedan).

Det finns idag behov av att ta fram nya verktyg för att underlätta för planering av ekosystemtjänster och hushållning med naturresurser. Detta gäller framförallt ekosystemtjänster som måste förvaltas på landskapsnivå, som t.ex. vattenrelaterade ekosystemtjänster, pollinerande insekter eller biologisk mångfald. Utveckling av sådana användarverktyg sker i flera svenska forskningsprojekt²⁴⁴. Det finns även projekt som använder aktörssamverkan som instrument för att sprida forskningsresultat avseende förvaltning av biologisk mångfald eller ekosystemtjänster till lantbrukare (se nedan).

Sammantaget finns det en lång rad möjliga styrmedel för att utveckla ett hållbart jordbruk baserat på utnyttjande och produktion av multipla ekosystemtjänster. Även om många av dessa inte beslutas på regional nivå, kan de utnyttjas i regionala projekt som handlar om informationsspridning, aktörssamverkan eller regionalt utnyttjande av ekonomiska stöd.

Fallstudier/positiva exempel

För att inspirera till arbete på lokal och regional nivå för att gynna ekosystemtjänster i jordbrukslandskapet, beskriver vi här ett antal exempel på hur ett interaktivt samarbete mellan olika aktörer inom lantbrukssektorn och forskare kan se ut.

Samarbeten som gynnar biologisk mångfald

Det finns olika exempel på projekt där flera olika aktörer samarbetar för att gynna mångfalden i odlingslandskapet. I de flesta fall har det hittills dock inte handlat om ekosystemtjänster utan om att bevara den biologiska mångfalden generellt eller om att gynna enstaka organismgrupper för deras egen skull. Ett exempel på ett sådant projekt är "Lantbrukare och Fåglar", där Sveriges Ornitologiska Förening och Hushållningssällskapet samarbetar för att gynna fågellivet i odlingslandskapet. På ca 75 gårdar runt om i Sverige har fågelförekomsten inventerats av lokala fågelskådare och sedan har man tillsammans med jordbrukarna satt sig ner och tagit fram åtgärdsplaner för hur man kan gynna fågellivet på gården²⁴⁵. Projektet har inspirerats av ett liknade samarbete (Volunteer and Farmer Alliance) i Storbritannien som pågått sedan 1999 och där över 4000 gårdar har inventerats hittills. Där har inventeringarna lett till bland annat en större kunskap om vilka arter som är särskilt hotade i det brittiska odlingslandskapet. Samma organisation, den brittiska ideella fågel- och naturskyddsorganisationen RSPB (The Royal Society for the Protection of Birds), köpte år 2000 en gård, The Hope Farm, på den brittiska landsbygden för att visa att man kan bedriva ett modernt konventionellt jordbruk och samtidigt gynna djur- och växtlivet. Genom åtgärder som att bredda fältkanter och ha områden där spannmål står kvar över vintern har de lyckats inte bara att öka antal och mångfald bland häckande och övervintrande fåglar, utan också gynna t.ex. fladdermöss²⁴⁶.

Samarbeten som gynnar naturlig biologisk bekämpning

Ett exempel på projekt där man har siktet inställt på så kallad funktionell biologisk mångfald hittar vi i området Hoeksche Waard i Holland. Där har forskare tillsammans med jordbrukare, naturvårdsorganisationer, vattenmyndigheter och politiker genom ett antal workshops tagit fram riktlinjer och åtgärdsprogram för hur man kan gynna naturlig biologisk bekämpning i odlingslandskapet²⁴⁷. En viktig skillnad gentemot "traditionellt" bevarandearbete är att för att den biologiska bekämpningen ska kunna ske effektivt måste de naturliga fienderna som skalbaggar och spindlar finnas nära skadedjuret. I det holländska projektet har man löst detta genom att bredda befintliga fältkanter och även skapat icke-uppodlade remsor mitt i de största fälten. Forskarna har kunnat bidra med till exempel kunskap om hur långt olika djur kan förflytta sig och jordbrukarna, som är de som känner de lokala omständigheterna bäst, med kunskap om var dessa remsor bäst placeras²⁴⁷. I studien fokuserade man främst på hur man kan gå till väga när man vill använda forskningsresultat för att förbättra förutsättningarna för naturlig biologisk kontroll genom samarbete mellan olika aktörer och man har hittills inte gjort någon vetenskaplig utvärdering av effekterna av de åtgärder som skapades, något som är viktigt om man vill vidareutveckla metoderna. Vidare valde man avsiktligt att fokusera främst på habitatens placering i landskapet snarare än på deras kvalitet, något som vore intressant att fokusera på i framtida studier för att på så vis kunna maximera den naturliga biologiska kontrollen i odlingslandskapet.

Samarbete som gynnar mark och vattentjänster – Greppa näringen

I Greppa Näringen²⁴³ jobbar lantbrukare och rådgivare tillsammans med målen att nå minskade utsläpp av växthusgaser, minskad övergödning och säker användning av växtskyddsmedel. Projektet har pågått sedan år 2001 och är ett samarbete mellan Jordbruksverket, LRF, Länsstyrelserna och en rad rådgivningsföretag. Det är kostnadsfritt för lantbrukare och finansieras med hjälp av Landsbygdsprogrammet och återförda miljöskatter.

Huvuddelen av projektet utgörs av återkommande enskild rådgivning med gårdsbesök. Rådgivningarna utgår från varje gårds förutsättningar och innefattar lösningar som ligger i framkant inom miljö- och klimatområdet, samtidigt som lantbrukaren tjänar på dem. Lantbrukaren och rådgivaren planerar tillsammans vilka av ca 30 olika rådgivningsmoduler med olika teman (t.ex. växtnärbalans, kvävestrategi och växtskyddsstrategi) de vill genomföra tre år framåt. Under rådgivningarna diskuteras gårdens problem och möjliga lösningar samt uppföljning av de åtgärder som provas på gården inom varje tema. Med jämna mellanrum gör lantbrukaren och rådgivaren en ”miljömålsavstämning” med koppling till de berörda nationella miljömålen.

Förutom enskild rådgivning anordnas också grupprådgivning och kurser för lantbrukare. Rådgivarna kan utbilda sig inom projektet och det finns åtta rådgivningsexperter som stöttar rådgivarna med specialistkompetens inom de olika ämnesområdena. Det finns idag inga separata rådgivningsmoduler för ekosystemtjänster, och det ingår inte uttryckligen i de olika rådgivningsmodulerna även om rådgivningsmoduler som till exempel ”betesstrategi”, ”växtföljd och bördighet” och ”våtmarksplanering” berör ekosystemtjänster.

Samarbete som gynnar mark och vattentjänster – Aktörssamverkan för hållbar kunskapsutveckling om markanvändning i potatisodling

I projektet ”Biologi och Teknik för förbättrad markanvändning i potatisodling – Aktörssamverkan för hållbar kunskapsutveckling”, som drivs av Hushållningssällskapet och SLU, kombinerar man traditionella forskningsmetoder med lantbrukarexperiment för att ta fram välförankrad kunskap som används och sprids bland praktiserande lantbrukare. Projektet består av en naturvetenskaplig och en samhällsvetenskaplig del. Den naturvetenskapliga huvudfrågan är hur man kan minska effekterna av markpackningsskador orsakade av tunga maskiner genom odling av djupluckrande förfrukt och mekanisk alvluckring. Bakgrunden till den samhällsvetenskapliga delen av projektet är att, trots resurstung och framgångsrik potatisforskning, mycket lite av forskningen har omsatts i praktisk odling bland annat på grund av bristfällig förmedling av forskningsresultat och oförmåga att omsätta faktakunskap i praktisk handling.

Projektet baseras på teori och erfarenhet av aktionsforskning, aktörssamverkan och "deltagardriven forskning" och har utgått från existerande erfarenhetsgrupper bland potatisodlare som levererar potatis till Lyckeby Starch. Deltagarna stimuleras till att prova nya åtgärder, byta erfarenheter med kollegor och rådgivare och får ta del av nya forskningsresultat. En "kärngrupp" bestående av sju odlare, sju forskare, åtta rådgivare (bl. a. växtodlingsrådgivare, ekonomirådgivare, specialistrådgivare), en doktorand, en projektkoordinator och en hållbarhetskonsult, träffas regelbundet och diskuterar resultat och erfarenheter från experimentell verksamhet under möten med förberedda teman och inbjudna specialister. Kopplat till kärngruppen finns även "satellitgrupper" av lantbrukare som framför allt används för uppskalning och spridning av kunskapen.

I projektet ingår fältförsök och odlarexperiment som leds av Hushållningssällskapet i Kristianstad. I odlarexperimenten är lantbrukarna själva aktiva, vilket skapar en gemensam källa till erfarenheter och kunskap som kan användas i det praktiska arbetet och kan leda till nytänkande i lantbruksföretagen. Kunskapen som byggs upp inom projektet har processats i odlargrupper och av rådgivare med olika specialområden, vilket gör att den förväntas ha större trovärdighet än renodlad akademisk kunskap. Efter två och ett halvt år med projektet har ett ökat engagemang och intresse för förfrukter och en optimism angående de åtgärder som testas dokumenterats. Genom att involvera lantbrukare och industri i forskningen, låta forskarna närma sig det praktiska lantbruket och skapa tillfälle för rådgivare och forskare att samverka mer förväntas även relevansen av forskningen öka.

6. Vägar framåt

Vi har i den här rapporten visat att det skånska jordbrukslandskapet står för en rad ekosystemtjänster som gynnar lantbrukare och samhället mer generellt. Vi har valt att exemplifiera detta med tjänsterna pollinering och biologisk kontroll, liksom en rad tjänster kopplade till mark och vatten i landskapet. Vi vill understryka att detta är några, förvisso väl valda, exempel på tjänster och att en fullständig kartläggning av ekosystemtjänsterna som genereras av det skånska jordbrukslandskapet inte varit möjlig inom ramen för denna rapport. Det innebär att vi bara kunnat illustrera en delmängd av det värde jordbrukslandskapet har för oss alla.

Det skånska jordbrukslandskapet har genomgått stora förändringar under de senaste 100 åren, förändringar som fortsatt och fortsätter i sen tid. Dessa förändringar har ökat produktionen av livsmedel och förbättrat villkoren för lantbrukare, men samtidigt medfört att biologisk mångfald och ekosystemtjänster påverkats negativt. Vi har med den här rapporten velat illustrera att man genom att synliggöra dessa ekosystemtjänster kan skapa förutsättningar för ett hållbart jordbruk som bygger på förvaltning av biologisk mångfald och ekosystemtjänster.

En god förvaltning av ekosystemtjänster kräver kunskap och styrmedel. Vi har redovisat var forskningen står när det gäller ett antal ekosystemtjänster. Men vi tror också att det behövs mer kunskap om hur både jordbruksmetoder och riktade åtgärder påverkar multipla ekosystemtjänster i landskapet på olika skalor. Här krävs en utveckling av forskning tillsammans med intresserade lantbrukare, myndigheter och allmänhet. Minst lika viktigt är att sprida de forskningsresultat som finns, som visar att ganska enkla åtgärder kan ge resultat. Forskning i form av adaptiv förvaltning, där åtgärder implementeras och utvärderas i samråd mellan forskare och brukare är en möjlig väg framåt.

Åtgärder som gynnar samhället på olika skalor, t.ex. pollinering av grannens grödor eller det globala klimatet, kan upplevas som olönsamma för lantbrukare att genomföra. Här krävs en utveckling av samhällets styrmedel, inklusive jordbruksstöden och andra ekonomiska incitament, för att hitta former som är tilltalande för lantbrukare, effektiva för ekosystemtjänsterna och kostnadseffektiva. En regionalisering av jordbruksstöden med inriktning mot ekosystemtjänster är en väg framåt som skulle kunna utvecklas i samråd med forskningen.

För att utveckla forskningen kring ekosystemtjänster i jordbrukslandskapet krävs återkoppling till avnämare på olika nivåer. Vi hoppas att den här rapporten skall stimulera till en diskussion som leder till framtida forskning och implementering av åtgärder till gagn för ett hållbart jordbruk i Skåne.

7. Litteraturförteckning

- 1 Kareiva, P. & Marvier, M. Conserving biodiversity coldspots - Recent calls to direct conservation funding to the world's biodiversity hotspots may be bad investment advise. *American Scientist* 91, 344-351 (2003).
- 2 TEEB. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB.* (2010)
- 3 Fisher, B. m.fl. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics* 68, 643-653 (2009).
- 4 Naturvårdsverket. *Sammanställd information om ekosystemtjänster.* (2012).
- 5 Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.* (Island Press, Washington DC, 2005).
- 6 Statens offentliga utredningar. *Synliggöra värdet av ekosystemtjänster.* SOU 2013:68 (Naturvårdsverket, Stockholm, 2013).
- 7 Mace, G. M. m.fl. Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends in Ecology and Evolution* 27, 19-26 (2012).
- 8 Norgaard, R. B. Ecosystem services: From eye-opening metaphor to complexity blinder. *Ecological Economics* 69, 1219-1227 (2010).
- 9 Stoate, C. m.fl. Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe - A review. *Journal of Environmental Management* 91, 22-46 (2009).
- 10 Kleijn, D. m.fl. Does conservation on farmland contribute to halting the biodiversity decline? . *Trends in Ecology and Evolution* 26, 474-481 (2001).
- 11 Bommarco, R. m.fl. Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology and Evolution* (2013).
- 12 Miljödepartementet. *Svenska miljömål – preciseringar av miljö kvalitetsmålen och en första uppsättning etappmål* (Regeringskansliet Miljödepartementet, Stockholm, 2012).
- 13 Polasky, S. m.fl. Where to put things? Spatial land management to sustain biodiversity and economic returns. *Biological Conservation*. 141, 1505-1524 (2008).
- 14 Elmquist, T. m.fl. Response diversity, ecosystem change, and resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1, 488-494 (2003).
- 15 de Groot, R. S. m.fl. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41, 393-408 (2002).
- 16 Turner, R. K. m.fl. *Environmental Economics: an elementary introduction.* (Harvester Wheatsheaf, 1994).
- 17 Sterner, T. & Persson, U. M. An even Sterner Review - Introducing Relative Prices into the Discounting Debate. *Review of Environmental Economics and Policy* 2, 61-76 (2008).
- 18 Gatto, M. & de Leo, G. A. Pricing biodiversity and ecosystem services: the never-ending story. *BioScience* 50, 347-355 (2000).

- 19 Björklund, J. m.fl. Impact of production intensity on the ability of the agricultural landscape to generate ecosystem services: an example from Sweden. *Ecological Economics* 29, 269-291 (1999).
- 20 Edenbrandt, A. *Tillväxt, specialisering och diversifiering – hur har jordbruksföretagen förändrats de senaste åren?* Report 2012:2. (Agrifood Economics Centre, Lund, 2012).
- 21 Jordbruksverket. *Kartläggning av mark som tagits ur produktion*. Rapport 2008:7. (2008).
- 22 Krebs, J. R. m.fl. The second silent spring? *Nature* 400, 611-612 (1999).
- 23 Benton, T. G. m.fl. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution* 18, 182-188 (2003).
- 24 Tscharnkte, T. m.fl. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters* 8, 857-874 (2005).
- 25 Persson, A. m.fl. Land use intensity and landscape complexity -Analysis of landscape characteristics in an agricultural region in Southern Sweden. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 136, 169-176 (2010).
- 26 Smith, H. G. m.fl. Beyond dispersal: the roles of animal movement in modern agricultural landscapes. In: *Animal Movement* (red. Hansson, L.-A. & Åkesson, S.) in press (Oxford University Press, 2014).
- 27 Bengtsson, J. Applied (meta)community ecology: diversity and ecosystem services at the intersection of local and regional processes. In: *Community Ecology: Processes, Models, and Applications* (red. Morin, P.J. & Verhoef, H.A.) 115-130 (Oxford Univ. Press, 2009).
- 28 Smith, H. G. m.fl. Consequences of organic farming and landscape heterogeneity on species richness and abundance of farmland birds. *Oecologia* 162, 1071-1079 (2010).
- 29 Rundlöf, M. m.fl. Interacting effects of farming practice and landscape context on bumblebees. *Biological Conservation* 141, 417-426 (2008).
- 30 Rundlöf, M. & Smith, H. G. The effect of organic farming on butterfly diversity depends on landscape context. *Journal of Applied Ecology* 43, 1121-1127 (2006).
- 31 Landsbygdskonsult. *Kunskapssammanställning om nyskapande av småbiotoper och andra livsmiljöer i enahanda odlingslandskap*. (2002).
- 32 Rundlöf, M. m.fl. Organic farming at local and landscape scales benefits plant diversity. *Ecography* 33, 514-522 (2010).
- 33 Rundlöf, M. m.fl. Local and landscape effects of organic farming on butterfly species richness and abundance. *Journal of Applied Ecology* 45, 813-820 (2008).
- 34 Jordbruksverket. *Jordbruket i siffror åren 1866-2007*. (Jordbruksverket, 2011).
- 35 AgriWise. *Agriwise-Data Book for Production Planning and Regional Enterprise Budgets*. (Department of Economics, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU) <http://www.agriwise.org>).
- 36 Plantureux, S. m.fl. Biodiversity in intensive grasslands: Effect of management, improvement and challenges. *Agronomy Research* 3, 153-164 (2005).
- 37 Mozumder, P. & Berrens, R. P. Inorganic fertilizer use and biodiversity risk: An empirical investigation. *Ecological Economics* 62, 538-543 (2007).

- 38 Ekologgruppen i Landskrona AB. *Transporter av fosfor och kväve från skånska vattendrag - Tillstånd och trender till och med 2008*. (Länsstyrelsen i Skåne, Malmö, 2010).
- 39 Firbank, L. G. m.fl. Assessing the impacts of agricultural intensification on biodiversity: a British perspective. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 363, 777-787 (2008).
- 40 Lindström, S. *Effects of agricultural intensity and landscape complexity on plant species richness*. Master thesis, SLU (2008).
- 41 Kloth, J.-H. *Åtgärdsprogram för bevarande av hotade åkerogräs*. (Naturvårdsverket, Stockholm, 2007).
- 42 Kleijn, D. & van der Voort, L. A. C. Conservation headlands for rare arable weeds: the effects of fertilizer application and light penetration on plant growth. *Biological Conservation* 81, 57-67 (1997).
- 43 Marshall, E. J. P. m.fl. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research* 43, 77-89 (2003).
- 44 Firbank, L. G. Striking a new balance between agricultural production and biodiversity. *Annals of Applied Biology* 146, 163-175 (2005).
- 45 Storkey, J. m.fl. The impact of agricultural intensification and land-use change on the European arable flora. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B-Biological Sciences* 279, 1421-1429 (2012).
- 46 Gaujour, E. m.fl. Factors and processes affecting plant biodiversity in permanent grasslands. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 32, 133-160 (2011).
- 47 Öckinger, E. m.fl. The relationship between local extinctions of grassland butterflies and increased soil nitrogen levels. *Biological Conservation* 128, 564-573 (2006).
- 48 Rundlöf, M. m.fl. *Växtskyddsmedlens påverkan på biologisk mångfald i jordbrukslandskapet*. (SLU KompetensCentrum för Kemiska Bekämpningsmedel, Uppsala, 2012).
- 49 Geiger, F. m.fl. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology* 11, 97-105 (2010).
- 50 Boström, U. & Fogelfors, H. Long-term effects of herbicide-application strategies on weeds and yield in spring-sown cereals. *Weed Science* 50, 196-203 (2002).
- 51 Chiverton, P. A. The benefits of unsprayed cereal crop margins to grey partridges *Perdix perdix* and pheasants *Phasianus colchicus* in Sweden. *Wildlife Biology* 5, 83-92 (1999).
- 52 Boatman, N. m.fl. Evidence for the indirect effects of pesticides on farmland birds. *Ibis* 146, 131-143 (2004).
- 53 Potts, G. R. *The partridge. Pesticides, predation and conservation*. (William Collins Sons & Co, 1986).
- 54 Goulson, D. & Kleijn, D. An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology* 50, 977-987 (2013).
- 55 Shrubbs, M. *Birds, Scythes and Combines*. (Cambridge, 2003).
- 56 Eckersten, H. m.fl. *Bedömningar av klimatförändringars effekter på växtproduktion inom jordbruket i Sverige. Underlagsrapport utarbetad för Klimat- och sårbarhetsutredningen*. SOU 2007:60, B. (Statens Offentliga Utredningar, Stockholm, 2007).

- 57 Kätterer, T. m.fl. Strategies for carbon sequestration in agricultural soils in northern Europe. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science* 62, 181-198 (2012).
- 58 Eggers, S. m.fl. Autumn-sowing of cereals reduces breeding bird numbers in a heterogeneous agricultural landscape. *Biological Conservation* 144, 1137-1144 (2011).
- 59 Wilson, J. D. *Bird Conservation and Agriculture - The Bird Life of Farmland, Grassland and Heathland*. (Cambridge University Press, 2009).
- 60 Chamberlain, D. E. m.fl. Effects of habitat type and management on the abundance of skylarks in the breeding season. *Journal of Applied Ecology* 36, 856-870 (1999).
- 61 Hald, A. B. The impact of changing the season in which cereals are sown on the diversity of the weed flora in rotational fields in Denmark. *Journal of Applied Ecology* 36, 24-32 (1999).
- 62 Brickle, N. W. m.fl. Effects of agricultural intensification on the breeding success of corn buntings *Miliaria calandra*. *Journal of Applied Ecology* 37, 742-755 (2000).
- 63 Veres, A. m.fl. Does landscape composition affect pest abundance and their control by natural enemies? A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 166, 110-117 (2013).
- 64 Chaplin-Kramer, R. & Kremen, C. Pest control experiments show benefits of complexity at landscape and local scales. *Ecological Applications* 22, 1936-1948 (2012).
- 65 Kremen, C. m.fl. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters* 10, 299-314 (2007).
- 66 Kleijn, D. m.fl. On the relationship between farmland biodiversity and land-use intensity in Europe. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B-Biological Sciences* 276, 903-909 (2009).
- 67 Wretenberg, J. m.fl. Changes in local species richness of farmland birds in relation to land-use changes and landscape structure. *Biological Conservation* 143, 375-381 (2010).
- 68 Bengtsson, K. & Green, M. *Skånsk Fågelatlas*. (Skånes Ornitologiska Förening, 2013).
- 69 Ekstam, U. & Forshed, N. *Svenska Naturbetesmarker - historia och ekologi*. (Naturvårdsverkets Förlag, 2000).
- 70 SCB. *Betesmarker - historiska data*. (Statistics Sweden, Stockholm, 1990).
- 71 Helgesson, A. *De skånska ängs- och betesmarkerna i miljöersättningssystemet: Uppföljning av stödanslutning bland markerna i ängs- och betesmarksinventeringen*. (Länsstyrelsen Skåne, 2013).
- 72 Wissman, J. & Lennartsson, T. *Betetryck ur ekologisk synvinkel - En treårig undersökning av betetryck i naturbetesmarker i östra och västra Sverige*. (CBM, Uppsala, 2010).
- 73 Hiron, M. m.fl. Bird diversity relates to agri-environment schemes at local and landscape level in intensive farmland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 176, 9-16 (2013).
- 74 Öckinger, E. & Smith, H. G. Semi-natural grasslands as population sources for pollinating insects in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology* 44, 50-59 (2007).
- 75 Ekroos, J. m.fl. Trait-dependent responses of flower-visiting insects to distance to semi-natural grasslands and landscape heterogeneity. *Landscape Ecology* 28, 1283-1292 (2013).

- 76 Ihse, M. Swedish agricultural landscapes - patterns and changes during the last 50 years, studied by aerial photos. *Landscape and Urban Planning* 31, 21-37 (1995).
- 77 Carlsson, C. m.fl. Översyn av det generella biotopskyddet. (Jordsbruksverket, Jönköping, 2013).
- 78 Tschardtke, T. m.fl. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* 87, 661-685 (2012).
- 79 Dänhardt, J. m.fl. Farmland as stopover habitat for migrating birds – effects of organic farming and landscape structure. *Oikos* 119, 1114-1125 (2010).
- 80 Fennessy, S. & Craft, C. Agricultural conservation practices increase wetland ecosystem services in the Glaciated Interior Plains. *Ecological Applications* 21, S49-S64 (2011).
- 81 Biggs, J. m.fl. 15 years of pond assessment in Britain: results and lessons learned from the work of Pond Conservation. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* 15, 693-714 (2005).
- 82 Ihse, M. Swedish Agricultural Landscapes - Patterns and Changes During the Last 50 Years, Studied by Aerial Photos. *Landscape and Urban Planning* 31, 21-37 (1995).
- 83 Herzon, I. & Helenius, J. Agricultural drainage ditches, their biological importance and functioning. *Biological Conservation* 141, 1171-1183 (2008).
- 84 Hansson, L.-A. m.fl. Conflicting demands on wetland ecosystem services: nutrient retention, biodiversity or both? *Freshwater Biology* 50, 705-714 (2005).
- 85 Zedler, J. B. Wetlands at your service: reducing impacts of agriculture at the watershed scale. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1, 65-72 (2003).
- 86 Belfrage, K. m.fl. The effects of farm size and organic farming on diversity of birds, pollinators, and plants in a Swedish landscape. *Ambio* 34, 582-588 (2005).
- 87 Hiron, M. m.fl. Are farmsteads over-looked biodiversity hotspots in intensive agricultural ecosystems? *Biological Conservation* 159, 332-342 (2013).
- 88 von Post, M. *Effects of farmland heterogeneity at multiple spatial and temporal scales on house sparrow (Passer domesticus) population ecology* PhD thesis, Lund University (2013).
- 89 Samnegård, U. m.fl. Gardens benefit bees and enhance pollination in intensively managed farmland. *Biological Conservation* 144, 2602-2606 (2011).
- 90 Ollerton, J. m.fl. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 120, 321-326 (2011).
- 91 Klein, A. M. m.fl. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B-Biological Sciences* 274, 303-313 (2007).
- 92 Eilers, E. J. m.fl. Contribution of Pollinator-Mediated Crops to Nutrients in the Human Food Supply. *PLoS One* 6 (2011).
- 93 Rahbek Pedersen, T. *Massdöd av bin - samhällsekonomiska konsekvenser och möjliga åtgärder*. (Jordbruksverket, 2009).
- 94 Aizen, M. A. m.fl. Long-Term Global Trends in Crop Yield and Production Reveal No Current Pollination Shortage but Increasing Pollinator Dependency. *Current Biology* 18, 1572-1575 (2008).

- 95 Biesmeijer, J. C. m.fl. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313, 351-354 (2006).
- 96 Berenbaum, M. m.fl. *Status of pollinators in North America*. (National Academy of Sciences. USA, 2007).
- 97 Bommarco, R. m.fl. Drastic historic shifts in bumble-bee community composition in Sweden. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B-Biological Sciences* 279, 309-315 (2012).
- 98 Bartomeus, I. m.fl. Historical changes in northeastern US bee pollinators related to shared ecological traits. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110, 4656-4660 (2013).
- 99 Carvalheiro, L. G. m.fl. Species richness declines and biotic homogenisation have slowed down for NW-European pollinators and plants. *Ecology Letters* 16, 870-878 (2013).
- 100 Carvell, C. m.fl. Declines in forage availability for bumble-bees at a national scale. *Biological Conservation* 132, 481-489 (2006).
- 101 Kleijn, D. & Raemakers, I. A retrospective analysis of pollen host plant use by stable and declining bumble bee species. *Ecology and Society* 89, 1811-1823 (2008).
- 102 Smith, H. G. & Persson, A. S. Seasonal persistence of bumblebee populations is affected by landscape context. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 165, 201-209 (2013).
- 103 Gallai, N. m.fl. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68, 810-821 (2009).
- 104 Rahbek-Pedersen, T. *Värdet av honungsbins pollinering av grödor i Sverige*. (2012).
- 105 Garibaldi, L. A. m.fl. Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science* 339, 1608-1611 (2013).
- 106 Allsopp, M. H. m.fl. Valuing Insect Pollination Services with Cost of Replacement. *PLoS One* 3, e3128 (2008).
- 107 Chaplin-Kramer, R. m.fl. Value of Wildland Habitat for Supplying Pollination Services to Californian Agriculture. *Rangelands* 33, 33-41 (2011).
- 108 Gabriel, D. & Tschardtke, T. Insect pollinated plants benefit from organic farming. *Agriculture Ecosystems & Environment* 118, 43-48 (2007).
- 109 Samnegård, U. m.fl. Gardens benefit bees and enhance pollination in intensively managed farmland. *Biological Conservation* 144, 2602-2606 (2011).
- 110 Free, J. B. *Insect Pollination of Crops*. (Academic Press, London, 1993).
- 111 Westphal, C. m.fl. Bumblebees experience landscapes at different spatial scales: possible implications for coexistence. *Oecologia* 149, 289-300 (2006).
- 112 Osborne, J. L. m.fl. Bumblebee flight distances in relation to the forage landscape. *Journal of Animal Ecology* 77, 406-415 (2008).
- 113 Andersson, G. K. S. m.fl. Organic farming improves pollination success in strawberries. *PLoS ONE* 7, e31599 (2012).
- 114 Rundlöf, M. *Biodiversity in Agricultural Landscapes: Landscape and Scale-Dependent Effects of Organic Farming* PhD thesis, (Lund University, 2007).

- 115 Carvell, C. m.fl. Bumble bee species' responses to a targeted conservation measure depend on landscape context and habitat quality. *Ecological Applications* 21, 1760-1771 (2011).
- 116 Haaland, C. & Gyllin, M. Butterflies and bumblebees in greenways and sown wildflower strips in southern Sweden. *Journal of Insect Conservation* 14, 125-132 (2010).
- 117 Scheper, J. m.fl. Environmental factors driving the effectiveness of European agri-environmental measures in mitigating pollinator loss--a meta-analysis. *Ecology Letters* 16, 912-920 (2013).
- 118 Eriksson, S. & Rundlöf, M. *Pollinatörer i insådda ettåriga blomrensor - en fältundersökning av förekomsten av blombesökande insekter i insådda blommande remsor i tre slättbygdsområden i Sverige 2011-12.* (2013).
- 119 Rundlöf, M. *Biodiversity in agricultural landscapes: landscape and scale-dependent effects of organic farming.* PhD thesis, (Lund University, (2007).
- 120 Wivstad, M. *Klimatförändringarna – en utmaning för jordbruket och Giftfri miljö.* (Sundbyberg, Sweden, 2010).
- 121 Ekbohm, B. Resistens mot insektsbekämpningsmedel. *Faktablad om Växtskydd - Jordbruk* 109J, 1-4 (2002).
- 122 Virgin, H. Grundvattenkvalitet i Skåne län – utvärdering av regional provtagning 2007-2010. (Länsstyrelsen i Skåne Län, Malmö, 2012).
- 123 Zehnder, G. m.fl. Arthropod pest management in organic crops. *Annual Review of Entomology* 52, 57-80 (2007).
- 124 Snyder, W. E. & Tylianakis, J. M. The Ecology of biodiversity-biocontrol relationships. In: *Biodiversity and Insect Pests – Key Issues for Sustainable Management* (red. Gurr, G.M., Wratten, S.D., Snyder, W.E. & Read, D.M.Y.) 23-40 (Wiley-Blackwell, 2012).
- 125 Holland, J. M. & Oakley, J. Importance of arthropod pests and their natural enemies in relation to recent farming practice changes in the UK. (The Game Conservancy Trust, Fordingbridge, UK, 2007).
- 126 Clercq, P. m.fl. Benefits and risks of exotic biological control agents. *BioControl* 56, 681-698 (2011).
- 127 van Lenteren, J. C. m.fl. Assessing risks of releasing exotic biological control agents of arthropod pests. *Annual Review of Entomology* 51, 609-634 (2006).
- 128 Barbosa, P. *Conservation Biological Control.* (Academic Press, 1998).
- 129 Thies, C. m.fl. The relationship between agricultural intensification and biological control: experimental tests across Europe. *Ecological Applications* 21, 2187-2196 (2011).
- 130 Symondson, W. O. C. m.fl. Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annual Review of Entomology* 47, 561-594 (2002).
- 131 Wiktelius, S. & Ekbohm, B. S. Aphids in spring sown cereals in central Sweden - Abundance and distribution 1980–1983. *Journal of Applied Entomology* 100, 8-16 (1985).
- 132 Caballero-López, B. m.fl. Aphids and their natural enemies are differently affected by habitat features at local and landscape scales. *Biological Control* 63, 222-229 (2012).

- 133 Larsson, H. *Aphids and thrips: The dynamics and bio-economics of cereal pests* PhD thesis, Swedish Agricultural University, (2005).
- 134 Sandgren, M. Havrerödsot. *Faktablad om Växtskydd - Jordbruk* 24J, 1-4 (1999).
- 135 Lindsten, K. & Waern, P. Dvärgskottsjuka. *Faktablad om Växtskydd - Jordbruk* 21J, 1-4 (2002).
- 136 Andersson, G. m.fl. Bekämpningsrekommendationer - Svampar och insekter 2013. (Jordbruksverkets växtskyddscentraler, Jönköping, 2013).
- 137 Ekbom, B. & Kuusk, A.-K. Jordloppor i våroljeväxter. *Faktablad om Växtskydd - Jordbruk* 45J, 1-4 (2005).
- 138 Ruffelt, S. Rappsjordloppa. *Faktablad om Växtskydd* 54J, 1-4 (1995).
- 139 Nilsson, C. Rapsbaggar. *Faktablad om Växtskydd - Jordbruk* 35J, 1-4 (1995).
- 140 Nehlin, G. & Mörner, J. Kålmalen (*Plutella xylostella*). *Faktablad om Växtskydd - Jordbruk* 32J, 1-4 (1991).
- 141 Rydén, K. & Sandgren, M. Rostringar i potatis. *Faktablad om Växtskydd - Jordbruk* 40J, 1-4 (1991).
- 142 Köpmans, E. Randiga ärtviveln. *Faktablad om Växtskydd* 31J, 1-4 (1995).
- 143 Rusch, A. m.fl. Biological control of insect pests in agroecosystems: Effect of crop management, farming system, and seminatural habitats at the landscape scale: a review. *Advances in agronomy* 109, 219-259 (2010).
- 144 Diehl, E. m.fl. Effects of predator specialization, host plant and climate on biological control of aphids by natural enemies: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 50, 262-270 (2013).
- 145 Rusch, A. m.fl. Flow and stability of natural pest control services depend on complexity and crop rotation at the landscape scale. *Journal of Applied Ecology* 50, 345-354 (2013).
- 146 Welch, K. D. m.fl. The role of generalist predators in terrestrial food webs: lessons for agricultural pest management. In: *Biodiversity and Insect Pests – Key Issues for Sustainable Management* (eds G.M. Gurr, S.D. Wratten, W.E. Snyder, & D.M.Y. Read) 41-56 (Wiley-Blackwell, 2012).
- 147 Ekbom, B. S. m.fl. Can polyphagous predators control the bird cherry-oat aphid (*Rhopalosiphum padi*) in spring cereals? *Entomologia Experimentalis et Applicata* 65, 215-223 (1992).
- 148 Östman, Ö. m.fl. Yield increase attributable to aphid predation by ground-living natural enemies in spring barley in Sweden. *Ecological Economics* 45, 149-158 (2003).
- 149 Letourneau, D. K. m.fl. Effects of natural enemy biodiversity on the suppression of arthropod herbivores in terrestrial ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40, 573-592 (2009).
- 150 Jordbruksverket. *Ogräsdatabasen*, <<http://www.jordbruksverket.se/etjanster/etjanster/ograsdatabas.4.35974d0d12179bec28580002385.html>> (Hämtad 2013-10-15).
- 151 Håkansson, S. *Weeds and weed management on arable land – an ecological approach*. (CABI Publishing, 2003).

- 152 Boström, U. Type and time of autumn tillage with and without herbicides at reduced rates in southern Sweden: 1. Yields and weed quantity. *Soil and Tillage Research* 50, 271-281 (1999).
- 153 Westerman, P. R. m.fl. Relative importance of vertebrates and invertebrates in epigeaic weed seed predation in organic cereal fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95, 417-425 (2003).
- 154 Jonason, D. m.fl. Landscape simplification promotes weed seed predation by carabid beetles (Coleoptera: Carabidae). *Landscape Ecology* 28, 487-494 (2013).
- 155 Bianchi, F. J. J. A. m.fl. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B-Biological Sciences* 273, 1715-1727 (2006).
- 156 Wäckers, F. L. & van Rijn, P. C. J. Pick and mix: selecting flowering plants to meet the requirements of target biological control insects. In: *Biodiversity and Insect Pests – Key Issues for Sustainable Management* (red. Gurr, G.M., Wratten, S.D., Snyder, W.E. & Read, D.M.Y.) 139-165 (Wiley-Blackwell, 2012).
- 157 Tillman, P. G. m.fl. Cover crops and related methods for enhancing agricultural biodiversity and conservation biocontrol: successful case studies. In: *Biodiversity and Insect Pests – Key Issues for Sustainable Management* (red. Gurr, G.M., Wratten, S.D., Snyder, W.E. & Read, D.M.Y.) 309-328 (Wiley-Blackwell, 2012).
- 158 Chaplin-Kramer, R. m.fl. A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecology Letters* 14, 922-932 (2011).
- 159 Gámez-Virués, S. m.fl. The ecology and utility of local and landscape effects in pest management. In: *Biodiversity and Insect Pests – Key Issues for Sustainable Management* (red. Gurr, G.M., Wratten, S.D., Snyder, W.E. & Read, D.M.Y.) 106-120 (Wiley-Blackwell, 2012).
- 160 Winqvist, C. m.fl. Mixed effects of organic farming and landscape complexity on farmland biodiversity and biological control potential across Europe. *Journal of Applied Ecology* 48, 570-579 (2011).
- 161 Newman, R. M. m.fl. Conservation strategies for the biological control of weeds. In: *Conservation Biological Control* (red. Barbosa, P.A.) 371-396 (Academic Press, 1998).
- 162 Jordbruksverket. *Svampar och Insekter 2012*. (Jordbruksverket, Jönköping, 2012).
- 163 Jacobson, B. J. Ecologically Based Management of Plant Diseases. In: *Ecologically Based Integrated Pest Management* (red. Opende, K.) 18-36 (CAB International, 2007).
- 164 Alabouvette, C. & Steinberg, C. The soil as a reservoir for antagonists to plant diseases. In: *An Ecological and Societal Approach to Biological Control* (eds J. Eilenberg & H.M.T: Hokkanen) 123-144 (Springer, 2006).
- 165 Jonsson, M. m.fl. Ecological production functions for biological control services in agricultural landscapes. *Methods in Ecology and Evolution* in press (2014).
- 166 Länsstyrelsen i Skåne. *Erfarenhet av Landsbygdsprogram för Sverige 2007-2012*. (Länsstyrelsen i Skåne, Malmö, 2013).
- 167 Östman, Ö. m.fl. Landscape heterogeneity and farming practice influence biological control. *Basic and Applied Ecology* 2, 365-371 (2001).

- 168 Tilman, D. m.fl. Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science* 292, 281-284 (2001).
- 169 SCB. *Växtskyddsmedel i jord- och trädgårdsbruket 2010. Användning i grödor*. (Statistiska centralbyrån och Kemikalieinspektionen, Stockholm, 2011).
- 170 Jordbruksverket. *Vässa växtskyddet för framtidens klimat - Hur vi förebygger och hanterar ökade problem i ett förändrat klimat*. (Jönköping, 2012).
- 171 Civantos, E. m.fl. Potential Impacts of Climate Change on Ecosystem Services in Europe: The Case of Pest Control by Vertebrates. *BioScience* 62, 658-666 (2012).
- 172 Costanza, R. m.fl. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253-260 (1997).
- 173 Cullen, R. m.fl. Economics and adoption of conservation biological control. *Biological Control* 45, 272-280 (2008).
- 174 Wratten, S. D. m.fl. Pollinator habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 159, 112-122 (2012).
- 175 Gillespie, M. & Wratten, S. D. Ecological economics of biodiversity use for pest management. In: *Biodiversity and Insect Pests – Key Issues for Sustainable Management* (red. Gurr, G.M., Wratten, S.D., Snyder, W.E. & Read, D.M.Y.) 57-71 (Wiley-Blackwell, 2012).
- 176 Lant, C. L. m.fl. The tragedy of ecosystem services. *BioScience* 58, 969-974 (2008).
- 177 Bommarco, R. m.fl. Cereal aphid populations in non-crop habitats show strong density dependence. *Journal of Applied Ecology* 5, 1013-1022 (2007).
- 178 Dicks, L. V. m.fl. *Farmland Conservation - Evidence for the effects of interventions in northern and western Europe*. (Pelagic Publishing, Exeter, 2012).
- 179 Begg, G. *Meta-analysis of habitat based manipulation for conservation biocontrol*. (Commission European, Brussels, 2013).
- 180 Wright, H. L. m.fl. *Enhancing natural pest control as an ecosystem service*. (Cambridge, 2013).
- 181 Haenke, S. m.fl. Increasing syrphid fly diversity and density in sown flower strips within simple vs. complex landscapes. *Journal of Applied Ecology* 46, 1106-1114 (2009).
- 182 Landis, D. A. m.fl. Using native plant species to diversify agriculture. In: *Biodiversity and Insect Pests – Key Issues for Sustainable Management* (red. Gurr, G.M., Wratten, S.D., Snyder, W.E. & Read, D.M.Y.) 276-292 (Wiley-Blackwell, 2012).
- 183 Kremen, C. & Miles, A. Ecosystem Services in Biologically Diversified versus Conventional Farming Systems: Benefits, Externalities, and Trade-Offs. *Ecology and Society* 17, (2012).
- 184 Bennett, A. J. m.fl. Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* 87, 52-71 (2012).
- 185 Rusch, A. m.fl. Effect of crop management and landscape context on insect pest populations and crop damage. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 166, 118-125 (2013).

- 186 Strand, J. A. & Weisner, S. E. B. Effects of wetland construction on nitrogen transport and species richness in the agricultural landscape – Experiences from Sweden. *Ecological Engineering* 56, 14-25 (2013).
- 187 Fennessy, S. & Craft, C. Agricultural conservation practices increase wetland ecosystem services in the glaciated interior plains. *Ecological Applications, Supplement* 21, S49-S64 (2011).
- 188 Knight, T. M. m.fl. Trophic cascades across ecosystems. *Nature* 437, 880-883 (2005).
- 189 Verdonschot, R. C. M. m.fl. Biodiversity value of agricultural drainage ditches: a comparative analysis of the aquatic invertebrate fauna of ditches and small lakes. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 21, 715-727 (2011).
- 190 Arnold, G. W. The influence of ditch and hedgerow structure, length of hedgerows, and area of woodland and garden on bird numbers on farmland. *Journal of Applied Ecology* 20, 731-750 (1983).
- 191 Marja, R. & Herzon, I. The importance of drainage ditches for farmland birds in agricultural landscapes in the Baltic countries: does field type matter? *Ornis Fennica* 89, 170-181(2012).
- 192 Nekoro, M. & Svedén, J. *Ekosystemtjänstanalyt i Kristianstads Vattenrike - Pilotstudie strandängar*. (Kristianstad Kommun, 2009).
- 193 Williams, P. m.fl. Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England. *Biological Conservation* 115, 329-341 (2004).
- 194 Hanazato, T. Pesticide effects on freshwater zooplankton: an ecological perspective. *Environmental Pollution and Control* 112, 1-10 (2001).
- 195 Brönmark, C. & Edenhamn, P. Does the presence of fish affect the distribution of tree frogs (*Hyla arborea*)? *Conservation Biology* 8, 841-845 (1994).
- 196 Jordbruksverket. *Konsekvenser för Jordbrukets vattenanläggningar i ett förändrat klimat*. Rapport 2010:27. (Jönköping, 2010).
- 197 Morris, J. & Camino, M. *UK National Ecosystem Assessment Working Paper Economic Assessment of Freshwater, Wetland and Floodplain (FWF) Ecosystem Services*. (UK NEA Economics Analysis Report, 2011).
- 198 Weisner, S. & Thiere, G. *Mindre fosfor och kväve från jordbrukslandskapet Utvärdering av anlagda våtmarker inom miljö- och landsbygdsprogrammet och det nya landsbygdsprogrammet*. (Jordbruksverket, Jönköping, 2010).
- 199 Länsstyrelsen i Skåne. *Våtmarksstrategi för Skåne*. Skåne i utveckling 2007:5. (Malmö, 2007).
- 200 Williams, P. m.fl. How can we make new ponds more biodiverse? A case study monitored over 7 years. *Hydrobiologia* 597, 137-148 (2008).
- 201 Thiere, G. m.fl. Wetland creation in agricultural landscapes: Biodiversity benefits on local and regional scales. *Biological Conservation* 142, 964-973 (2009).
- 202 Barrios, E. Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics* 64, 269-285 (2008).

- 203 Hedlund, K. & Harris, J. Delivery of soil ecosystem services: from Gaia to genes. In: *Soil Ecology and Ecosystem Services* (red. Wall, D.H. m.fl.) 98-109 (Oxford University Press, 2012).
- 204 Edwards, C. A. & Bohlen, P. J. *Biology and Ecology of Earthworms*. 3rd edn, (Chapman and Hall, 1996).
- 205 Bardgett, R. D. *The Biology of soils - A community and ecosystem approach*. (Oxford University Press, 2005).
- 206 Hedlund, K. *SOILSERVICE: Conflicting demands of land use, soil biodiversity and the sustainable delivery of ecosystem goods and services in Europe*. (Lund, 2012).
- 207 Lal, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* 304, 1623-1627 (2004).
- 208 Lal, R. Sequestering carbon in soils of agroecosystems. *Food Policy* 36, S33–S39 (2011).
- 209 Gardi, C. m.fl. An estimate of potential threats levels to soil biodiversity in EU. *Global Change Biology* 19, 1538-1548 (2013).
- 210 Johnston, A. E. m.fl. Soil Organic Matter: Its Importance in Sustainable Agriculture and Carbon Dioxide Fluxes. In: *Advances in Agronomy* 101 (red. Sparks Donald, L.) 1-57 (Academic Press, 2009).
- 211 Alvarez, R. A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil organic carbon storage. *Soil Use and Management* 21, 38-52 (2005).
- 212 Khan, S. A. m.fl. The Myth of Nitrogen Fertilization for Soil Carbon Sequestration. *Journal of Environmental Quality* 36, 1821-1832 (2007).
- 213 Andersson, P. G. *Slamspridning på åkermark. Fältförsök men kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1982-2011*. (2012).
- 214 Kirchmann, H. m.fl. Properties and classification of soils of the Swedish long-term fertility experiments: IV. Sites at Ekebo and Fjärdingslöv. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Plant Soil Science* 49, 25-38 (1999).
- 215 Williams, A. & Hedlund, K. Indicators of soil ecosystem services in conventional and organic arable fields along a gradient of landscape heterogeneity in southern Sweden. *Applied Soil Ecology* 65, 1-7 (2013).
- 216 Naturvårdsverket. *National Inventory Report Sweden 2013 Greenhouse Gas Emission Inventories 1990–2011 – Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol*. (Stockholm, 2013).
- 217 Greppa Näringen, <<http://www.greppa.nu/skrifter/praktiskarad/praktiskaradarkiv/satsapahogrebordighetforstorreskordar.5.688ba44d13e5e4787a08000523.html>> (Hämtad 2013-10-18).
- 218 Naturvårdsverket. *Kväveförsörjning i en uthållig växtodling*. Rapport 5871. (Stockholm, 2008).
- 219 Cederberg, C. m.fl. *Potentialer för jordbruket som kolsänka*. SIK-Rapport 850 (2012).
- 220 Kareiva, P. m.fl. *Natural Capital. Theory and Practice of Mapping Ecosystem Services*. (Oxford University Press, 2011).

- 221 Davis, S. C. m.fl. Impact of second-generation biofuel agriculture on greenhouse-gas emissions in the corn-growing regions of the US. *Frontiers in Ecology and the Environment* 10, 69-74 (2012).
- 222 Kuestermann, B. m.fl. Effects of soil tillage and fertilization on resource efficiency and greenhouse gas emissions in a long-term field experiment in Southern Germany. *European Journal of Agronomy* 49, 61-73 (2013).
- 223 Jordbruksverket. *Inlagring av kol i betesmark*. Rapport 2010:25. (Jönköping, 2010).
- 224 Hedlund, K. m.fl. Plant species diversity, plant biomass and responses of the soil community on abandoned land across Europe: idiosyncrasy or above-belowground time lags. *Oikos* 103, 45-58 (2003).
- 225 Foley, J. A. m.fl. Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478, 337-342 (2011).
- 226 Mueller, N. D. m.fl. Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature* 490, 254-257 (2012).
- 227 Daily, G. C. m.fl. Ecosystem services in decision making: time to deliver. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7, 21-28 (2009).
- 228 Nelson, E. m.fl. Efficiency of incentives to jointly increase carbon sequestration and species conservation on a landscape. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105, 9471-9476 (2008).
- 229 Jordbruksverket. *Minska jordbrukets klimpåverkan! Del 1. Introduktion och några åtgärder/ styrmedel*. (2008).
- 230 Landsbygdsdepartementet. *Landsbygdsprogram för Sverige år 2007-2013*. (JO 08.007, 2012).
- 231 Berglund, M. *Jordbruket, växthusgaserna och effektiva styrmedel*. AgriFood Economics Centre. (2010).
- 232 Länsstyresen i Skåne. *Skånska åtgärder för miljömålen. Regionalt åtgärdsprogram för miljö kvalitetsmålen 2012-2016*. (2012).
- 233 The Biodiversity Information System for Europe (BISE), (<http://biodiversity.europa.eu/ecosystem-assessments/european-level>) (Hämtad 2013-10-20).
- 234 The UK National Ecosystem Assessment. *The UK National Ecosystem Assessment: Synthesis of the Key Findings*. (UNEP-WCMC, Cambridge, 2011).
- 235 EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2009/147/EG av den 30 november 2009 om bevarande av vilda fåglar.
- 236 Rådets direktiv 92/43/EEG av den 21 maj 1992 om bevarande av livsmiljöer samt vilda djur och växter.
- 237 EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område.
- 238 Förordning SFS 2004:660 om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön. Miljödepartementet.

- 239 *Naturvårdsverket*, <<http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning-amnesvis/Kemikalier/Bekämpningsmedel/Lagstiftning-om-bekämpningsmedel/>> (Hämtad 2013-10-20).
- 240 EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EG) nr 1907/2006 av den 18 december 2006 om registrering, utvärdering, godkännande och begränsning av kemikalier (Reach), inrättande av en europeisk kemikaliemyndighet, ändring av direktiv 1999/45/EG och upphävande av rådets förordning (EEG) nr 793/93 och kommissionens förordning (EG) nr 1488/94 samt rådets direktiv 76/769/EEG och kommissionens direktiv 91/155/EEG, 93/67/EEG, 93/105/EG och 2000/21/EG
- 241 SCB. *Kartläggning av datakällor för kvantifiering av ekosystemtjänster*. (2013).
- 242 Nelson, E. m.fl. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7, 4-11 (2009).
- 243 Greppa Näringen. <http://www.greppa.nu> (Hämtad 2013-10-18)
- 244 SAPES, Lunds universitet. <http://www.ccc.lu.se/forskning/sapes> (Hämtad 2013-10-28)
- 245 Sveriges ornitologiska förening. <http://www.sofnet.org/sveriges-ornitologiska-forening/fagelskydd/jordbruksprojektet/> (Hämtad 2013-10-18)
- 246 RSBP. *Hope Farm - Farming for food, profit and wildlife*. (Royal Society for the Protection of Birds, 2012).
- 247 Steingrover, E. G. m.fl. Designing agricultural landscapes for natural pest control: a transdisciplinary approach in the Hoeksche Waard (The Netherlands). *Landscape Ecology* 25, 825-838 (2010).