



Øger økologisk landbrug biodiversiteten?

Hovedkonklusioner fra REFUGIA-projektet

Af Liselotte Wesley Andersen¹, Marianne Bruus², Thomas Secher Jensen³, Chiara Marchi^{3,4},
Chris Topping¹, Christian Damgaard², Kent Olsen³, Tommy Dalgaard⁵ og Beate Strandberg²

SÆRTILLÆG TIL ICROFS *nyt* september 2014

Sikrer økologisk drift i sig selv mere biodiversitet?

Der findes ikke en enkelt forkromet løsning, der alene kan øge biodiversiteten i dansk landbrugslandskab. Det er resultatet af projektet REFUGIA, der efter en årrække undervejs er færdiggjort. I dette særskilte tillæg til ICROFS *nyt* kan du læse meget mere om projektet.

Biodiversiteten er under pres fra flere sider. Vandforurening, næringsstofudledning, klimaforandringer og spredningen af invasive arter er blot nogle af de faktorer, der truer mangfoldigheden blandt naturens plante- og dyrearter. Det er konklusionen på den netop offentliggjorte statusrapport Natur og Miljø 2014.

I offentligheden har økologisk jordbrugs betydning for den biologiske mangfoldighed i landbrugslandskabet ofte været fremhævet. Allerede i ICROFS' Vidensyntese fra 2008 blev det påpeget, at flere studier viste, at økologisk jordbrug understøtter den biologiske mangfoldighed, men spørgsmålet er, hvor stor effekten af økologisk drift rent faktisk er.

Det spørgsmål har FØJO III-projektet REFUGIA undersøgt, og i et helt særligt tillæg til dette nummer af ICROFS *nyt*, finder du en grundig gennemgang af projektets interessante resultater. Projektet har været længe undervejs, men selv om det oprindelige program sluttede i 2010, er flere af resultaterne først indløbet nu. Det rykker imidlertid ikke ved det faktum, at forholdet mellem produktionsforhold og biodiversitet fortsat er et vigtigt emne, som diskuteres i såvel marken som på kontorerne.

Formålet med projektet har været at øge kendskabet til den multifunktionelle rolle, som økologisk landbrugsdrift har. Projektet viser blandt andet, at der i konventionelle marker er så lidt ukrudt, at det ikke kan understøtte den nødvendige insektfauna, mens der er langt højere ukrudtsbiomasse i de økologiske marker. Samtidig viser projektet, at hegn på økologiske bedrifter er en bedre fødekilde for blomstersøgende insekter, og at der formentlig er flere dyr i økologiske småbiotoper sammenlignet med konventionelle.

Men projektet viser også, at økologiske produktionsforhold i sig selv ikke altid garanterer forbedringer af biodiversiteten. Kun i kombination med en række andre faktorer gør det en stor forskel. Eksempelvis konkluderer projektet, at intensiteten af dyrkningen har stor betydning, sammen med blandt andet landskabsstruktur og tiden siden omlægning.

REFUGIA-projektet klargør, at der ikke er en forkromet løsning på, hvordan biodiversiteten øges i de danske marker. Hvis økologien skal understøtte mere biodiversitet i landbruget, skal dette indtænkes mere bevidst og systematisk i driftspraksis. Artiklen giver bud på hvordan.

Som det anerkendes også i en ny rapport, udarbejdet for NaturErhvervstyrelsen, er der brug for at tænke naturen og biodiversiteten ind i hele den økologiske værdikæde – og REFUGIA-projektet leverer indsigt i, hvordan og hvilken betydning en række faktorer har for biodiversiteten i de danske marker.

Med REFUGIA-projektets afslutning er mængden af viden om, hvordan vi løfter og sikrer biodiversiteten i dansk landbrug blevet langt større.

God fornøjelse med dette særtillæg til ICROFS *nyt*.

Niels Halberg, Centerleder, ICROFS





Indhold

Sammenfatning	02
Baggrund	03
REFUGIA-projektet	04
REFUGIA-projektets metoder	04
I) Struktur og intensitet	04
II) Fødemængde, artsdiversitet og fødekæder i kornmarker	04
III) Plantediversitet og blomstring i hegn	04
IV) Artsdiversitet og pattedyr	05
V) Det økologiske jordbrugs rolle som genetisk ressource for arterne i det dyrkede land	05
VI) Modellering og effekter på landskabsskala	05
 REFUGIA-projektets resultater i relation til andre undersøgelser	 05
I) Struktur og intensitet	06
II) Plantediversitet	06
Plantebiomasse på marker	06
Plantediversitet i levende hegn	06
III) Planteædende insekter og fødekæder i marker	07
IV) Små pattedyr	09
V) Naturligt genetisk reservoir	11
VI) Modellering af effekter på landskabsskala	13
 Konklusioner fra REFUGIA	 13
Referencer	15



På baggrund af resultaterne fremgår det tydeligt, at det ikke blot er en enkelt faktor, der har betydning for biodiversiteten på økologiske jordbrug.

Sammenfatning

I de seneste år er der sket betydelige ændringer inden for økologisk jordbrug. På linje med udviklingen i det konventionelle jordbrug er der blevet færre, men ofte større og mere specialiserede bedrifter. På en del brug er der således sket en intensivering af produktionen, mens andre fastholder en mere ekstensiv drift. Økologisk jordbrug udgør i dag omkring syv procent af landbrugsarealet, og der er realistiske forventninger om fortsatte stigninger. Økologisk jordbrug har dermed potentielt stigende betydning for den biologiske mangfoldighed (biodiversiteten) i landbrugslandskabet. Spørgsmålet er imidlertid, hvor stor effekten af økologisk drift rent faktisk er. Det spørgsmål har REFUGIA-projektet undersøgt for en række udvalgte arter og artsgrupper.

Undersøgelserne viser, at økologiske kornmarker har en højere ukrudts-biomasse end konventionelle. Samlet set tyder resultaterne på, at der i konventionelle kornmarker er så lidt ukrudt, at det ikke kan understøtte en insektfauna, som er afhængig af ukrudtet som fødekilde, mens der i nogle økologiske marker er ukrudt nok til, at det har betydning for insekterne.

Desuden antyder resultaterne, at en fortsat intensivering af de økologiske dyrkningsmetoder med henblik på at holde markerne frie for ukrudt, vil have en negativ effekt på den del af insektfaunaen, som er tilknyttet ukrudtsarterne.

Projektets resultater viser, at der er flere blomstrende planter, de blomstrer mere og over en længere periode i økologiske hegn end konventionelle. Hegn på økologiske bedrifter er derfor en bedre fødekilde for blomstersøgende insekter, fx

bestøvende insekter. Resultaterne viser også, at lang og uafbrudt økologisk drift er afgørende for forbedring af plantediversiteten, idet antallet af arter stiger, jo længere tid de omgivende marker har været dyrket økologisk.

Resultaterne fra projektet viser en klar positiv sammenhæng mellem bestandsstørrelser af småpattedyr og størrelse af småbiotopen uanset driftsform, samt en tendens til flere dyr i økologiske småbiotoper end i konventionelle. Det betyder, at for de mindre pattedyrarter hænger naturkvalitet overvejende sammen med tilstedeværelse af småbiotoper og størrelsen af biotopen. De økologiske jordbrug kan derfor kun fungere som kerneområder og refugier, såfremt arealet med småbiotoper er høj, hvorimod dyrkningsformen på markfladen betyder mindre.

Hvis hypotesen om, at økologiske jordbrug er refugier for biodiversitet er korrekt, så er de måske ikke kun refugier for de enkelte dyr og planter, men også refugier for den genetiske diversitet inden for arterne. Genetiske analyser af markmus bekræfter, at økologisk dyrkning ikke er den vigtigste faktor til at forudsige populationsstørrelsen, og viser desuden, at dyrkningsformen ikke er afgørende for den genetiske diversitet.

Økologiske marker virker ikke som genetisk reservoir for denne art. Genetiske undersøgelser af en løbebille (*Bembidion lampros*) viser, at den foretrækker at benytte hegn til at spredes, mens markfladen fungerer som fysisk barriere. Ved en lav dyrkningsintensitet så det ud som om, at intet forbrug af pesticid medfører, at de økologiske marker for denne art fungerer som et genetisk reservoir, så arten kan re-kolonisere de konventionelle marker.

Disse resultater fremhæver vigtigheden af at inddrage både dyrkningsintensiteten og landskabskarakteristika i planlægningen og evalueringen af forvaltningsplaner for arterne. For billen er det vigtigt at inddrage både brugen af dyrkningsform (konventionel/økologisk), dyrkningsintensitet samt landskabskarakteristika, da resultaterne antyder, at deres effekter kan være af betydning for spredningen samt overlevelsen.

Modellsimulering af landbrugstyper (økologiske og konventionelle) med henblik på at undersøge effekten af disse driftsformer på forskellige typiske arter i agerlandet (lærke, agerhøne, hare, markmus, bille og edderkop) viser en generel øgning i tætheder og udbredelse af disse arter i det ekstensive økologiske kvæg og svinebrug. Fugle og pattedyr viser generelt et mere markant respons på ændringer sammenlignet med edderkopper og biller.

Det artsspecifikke respons skyldes forskelle i habitatkrav og spredningsevne, men også livshistorietræk spiller sammen med landskabsdynamikken og -strukturen en afgørende rolle.

På baggrund af resultaterne fra REFUGIA-projektet fremgår det tydeligt, at det ikke blot er en enkelt faktor, der har betydning for biodiversiteten på økologiske jordbrug. Det er et samspil mellem mange faktorer som landbrugstype, dyrkningsintensitet, landskabsstrukturer, samt dels hvor lang tid det pågældende brug har været økologisk, og dels hvilke arter man gerne vil tilgodese. Der er således ikke fundet noget generelt og ensartet respons for de undersøgte arter og artsgrupper.

Skal man give nogle anbefalinger til, hvordan den økologiske driftsform fremover kan tilpasses og udvikles med henblik på at opnå en forøget naturbeskyttelse og forøgelse af biodiversiteten, er det vigtigt at inddrage disse faktorer, fx ved brug af det simuleringsværktøj, der er benyttet i projektet. Simuleringerne viser, at landbrugspraksis kan begrænse tætheder og udbredelse af faunaen.

Den viser, at moderne økologisk drevet landbrug ikke i sig

selv garanterer forbedringer af biodiversiteten, men i bedste fald blot giver små gevinster. Vil man opnå større forbedringer for biodiversiteten, kan det ske ved en ekstensivering af driftsformen koblet med andre habitatforbedringer. Denne koblede forvaltning bør målrettes udvalgte arter eller artsgrupper, f.eks. fugle, pattedyr eller bestøvende insekter, idet modellen viser, at det ikke er muligt at tilgodese alle former for biodiversitet ved de samme tiltag. Endelig er det også utroligt vigtigt, uanset driftsformen, at inddrage naturhensyn, dvs., at der skal findes ekstensivt drevne arealer (græsmarker, overdrev eller enge) og arealer, der er direkte afsat til natur.

Baggrund

Det er blevet fremført, at ændringer i landbruget muligvis kan forårsage næsten lige så store ændringer i biodiversiteten som klimaforandringer (Tilman et al. 2001). Disse forandringer kan forventes som resultat af ændringer i arealanvendelsen og -forvaltningen, især ved intensivering af driften (fx Donald et al. 2006) og ved en fortsat strukturudvikling i det moderne landbrug (Andersen et al. 2013).

En række undersøgelser har på det seneste vist, at økologisk jordbrug potentielt vil kunne forbedre biodiversiteten (Kremen et al. 2002, Aude et al. 2003, Petersen & Navntoft 2006, Gabriel & Tschardt 2007, Rundlöf et al. 2008, Holzschuh et al. 2008, Gabriel et al. 2010), og omlægning til økologisk landbrug på stor skala er blevet foreslået som en måde at øge biodiversiteten i agerlandet. I Danmark har dette resulteret i et større regeringsinitiativ (Anon 2010), som sigter mod at øge områder med økologisk landbrug for derved at modvirke dels det forventede tab af biodiversitet i forbindelse med ophævelsen af den obligatoriske braklægning, dels den generelle tilbagegang i biodiversitet (Levin & Jepsen 2010, Odgaard et al. 2013).

Der er imidlertid blevet stillet spørgsmålstejn ved, hvorvidt økologisk landbrug er i stand til at levere disse biodiversitetsforbedringer (fx Bengtsson et al. 2005, Brittain et al. 2010, Kleijn & Sutherland 2003). Hole et al. (2005) gennemgik sammenlignelige undersøgelser af biodiversitet på økologisk og konventionelt landbrug og fandt, at økologisk landbrug havde tendens til at understøtte større artsdiversitet. Men de bemærker også, at undersøgelserne ikke beviser, at økologisk landbrug er bedre for biodiversiteten end målrettede beskyttelsesforanstaltninger på konventionelle bedrifter.

Et væsentligt problem ved de sammenlignende undersøgelser i forhold til at drage kvantitative konklusioner er, at det ikke er muligt at kontrollere alle faktorer, når man sammenligner to forskellige bedrifter eller lokaliteter. En række undersøgelser har således vist, at diversiteten på udvalgte organismegrupper bliver påvirket af både et heterogent landskab og landbrugsdriften (Gabriel et al. 2010, Rundlöf et al. 2008, 2010, Smith et al. 2010), og man derfor ikke er i stand til endeligt at fastslå de kausale sammenhænge, fordi det er umuligt at adskille komponenter i landskabets sammensætning og driftsformen. Samtidigt er der et skalaproblem ved, at feltundersøgelser typisk foregår på plotniveau, mens processerne, der påvirker biodiversiteten, foregår på landskabsniveau.

Da effekten af økologisk landbrug, ligesom enhver anden landbrugspraksis, afhænger af, hvor længe dyrkningsformen praktiseres, vil også traditionelle feltundersøgelser over et eller få år have begrænset værdi (Bianconi et al. 2013). En tredje faktor, der komplicerer tingene, er, at økologisk såvel som konventionelt landbrug drives på mange forskellige måder.





Samme driftsform kan variere mellem lande og regioner, og desuden omfatter såvel økologisk som konventionel dyrkning mange driftstyper fra intensiv til mere ekstensiv produktion. Nogle økologiske landmænd følger traditionelle fx holistiske og biodynamiske principper, mens andre etablerer store bedrifter med store marker og intensiv økologisk produktion, der er næsten lige så ressourceeffektivt som konventionelt landbrug.

Oven i dette kommer, at biodiversitet er sammensat af diversiteten inden for mange forskellige grupper af arter, som hver har deres egne specifikke behov. Da forskellige artgrupper reagerer forskelligt på ændringer i driftsformen, kan vi ikke forvente en ensartet biodiversitet respons på økologisk landbrug.

REFUGIA-projektet

På baggrund af ovenstående er det klart, at der ikke findes én "forkromet" løsning, der kan øge biodiversiteten i agerlandet. Projektet REFUGIA (ICROFS 2013) har derfor fokuseret på betydningen af økologisk landbrug for agerlandets biodiversitet i Danmark.

Projektet var inddelt i følgende seks hovedtemaer, som også udgør hovedafsnitene i nedenstående sammenfatning: i) intensiteten af og strukturen i dansk økologisk landbrug og deres indvirkning på ii) plantediversitet iii) insekter og fødekæder i kornmarker, iv) artsdiversitet af små pattedyr inkl. gnavere, spidsmus og rovdyr, v) naturlige genetiske reservoirer samt vi) brug af individbaseret modellering, der adresserer kompleksiteten af landskabsstrukturen og den tidlige variation.

REFUGIA-projektets metoder

REFUGIA-projektet fokuserede på empiriske undersøgelser af udvalgte arter/artsgrupper på økologisk og konventionelt drevne brug i landskabet omkring henholdsvis Bjerringbro og Kalø i Danmark (Dalgaard 2011), som repræsenterer danske landbrugslandskaber på lerblandet sandjord (omkring Bjerringbro) samt sandblandet lerjord og tung lerjord (omkring Kalø).

De undersøgte arter/grupper repræsenterer forskellige livsformer og trofiske niveauer. For at give et overordnet og nuanceret billede af økologisk jordbrugs potentiale for forbedring af biodiversitet har vi desuden anvendt et mo-

delværktøj til at undersøge betydningen af landbrugspraksis og landskab for udbredelse og tæthed af seks dyrearter (sang-lærke, markmus, agerhøne, hare, løbebille og edderkop), der er typiske for landbrugslandskabet og ofte bliver brugt som indikatorer i landbrugssystemet.

I) Struktur og intensitet

Vi har undersøgt det økologiske jordbrugs udvikling mht. struktur, diversitet og intensitet. Herunder har vi beskrevet fordelingen af økologiske jordbrug i forskellige områder af Danmark, hvilken størrelse, dyrkningspraksis og type disse jordbrug har, og hvordan landskabsstrukturen varierer mellem de forskellige typer af landbrug. I den forbindelse er der opbygget en omfattende geografisk database over de relevante elementer af dansk landbrug og et specielt detaljeret datasæt for de områder i Midtjylland, hvor REFUGIA-feltstudierne er udført (Dalgaard 2011). I samspil med projektets øvrige arbejdsplaner har vi undersøgt, hvorledes forskellige udviklinger af økologisk jordbrug påvirker naturindholdet i landbrugslandskabet og levestederne for de arter, der belyses i REFUGIA-projektet.

II) Fødemængde, artsdiversitet og fødekæder

Vi har undersøgt, om økologiske kornmarker i højere grad end konventionelle understøtter ukrudt-insektfødekæder, samt om der er forskel på intensivt og ekstensivt dyrkede økologiske marker. Dette giver desuden information om den tilgængelige mængde føde udover afgrøderne for fugle og mindre pattedyr, som søger føde i markerne. I 2007 blev der indsamlet data for afgrøde, ukrudt og insekter på økologisk dyrkede kornmarker i Bjerringbro- og Kaløområderne igennem dyrkningssæsonen for at kunne sammenligne med allerede undersøgte konventionelt dyrkede kornmarker. I 2008 blev der indsamlet data i særligt ukrudtsrige pletter i kornmarker for at undersøge, om mere ukrudt giver flere insekter, og om der i højere grad eksisterer ukrudt-insektfødekæder i de ekstensivt dyrkede økologiske kornmarker. Insekter og andre leddyr blev indsamlet vha. insektstøvsuger (D-vac), hvorefter dyrene blev identificeret og/eller vejjet. Afgrøde og ukrudt blev høstet inden for den kvadratmeter, hvor leddyprøverne blev taget, hvorefter planterne blev artsbestemt og vejjet (Bruus et al. in prep. a, b).



III) Plantediversitet og blomstring i hegn

Hegn er en af de vigtigste småbiotoper i agerlandet og er derfor et oplagt habitat at se efter mulige ændringer som følge af omlægning til økologi. Vi har undersøgt, om hegn på økologiske brug indeholder flere plantearter, har flere blomstrende planter og dermed udgør en mere alsidig og vedvarende fødekilde primært for blomstersøgende insekter som fx bier og sommerfugle end tilsvarende biotoper på konventionelle brug. I 2007 blev der indsamlet plantedata fra 30 hegn (20 hegn på økobrug hvor tiden siden omlægning varierede fra 3-30 år, og 10 hegn på konventionelle brug) inden for de to "værkstedsområder" Bjerringbro og Kalø. Variationen i tid siden omlægning til økologi har gjort det muligt at undersøge, hvorvidt tid siden omlægning har betydning for plantediversiteten.

IV) Artsdiversitet og pattedyr

REFUGIA havde også til formål at belyse, hvorvidt økologiske jordbrug kan fungere som kerneområder for småpattedyr, hvor reproduktion og overlevelse er høj, og som dermed kan være kilde til øget biodiversitet også på konventionelle jordbrug. Vi undersøgte derfor biodiversitet af småpattedyrarter på økologiske og konventionelle brug samt mobiliteten af arterne. Der har været fokus på større brakområder og småbiotoper inden for forskellige jordbrugssystemer samt vigtigheden af hegn, grøfter etc. i landskabet. Dyrenes spredningsmønstre blev afdækket ved hjælp af fangst-genfangst samt radio-mærkning af dyrene. Indsamling af data vedr. reproduktion og overlevelse for mindre pattedyr er også sket inden for forskellig jordbrugspraksis.

V) Det økologiske jordbrugs rolle som genetisk ressource for arterne i det dyrkede land

Vi undersøgte økologisk jordbrugs rolle som genetisk ressource for arter i det dyrkede land ved at analysere den genetiske diversitet og populationsstrukturen af "vilde" arter.

For det første antog vi, at tilstødende habitater på marker/græsmarker og i hegn i økologiske jordbrug fungerede som øer og korridorer, hvor igennem udvekslingen af flora og fauna mellem habitaterne blev gjort tilgængelig, og for det andet at brugen af pesticider i konventionelt jordbrug forårsagede hyppig udslættelse og re-kolonisering af ukrudt og invertebrater.

VI) Modellering og effekter på landskabsskala

I REFUGIA-projektet har vi benyttet ALMaSS modelsystemet (Topping et al. 2003) til at undersøge betydningen af landbrugspraksis og landskab for udbredelse og tæthed af seks dyrearter (sanglærke, markmus, agerhøne, hare, løbebille og edderkop), der er typiske for landbrugslandskabet og ofte bliver brugt som indikatorer i landbrugssystemet. Desuden var det en væsentlig forudsætning, at arternes økologi og adfærd er velkendt, således at modellen kan parametriseres. De valgte arter dækker desuden en bred vifte af livshistoriestrategier.

ALMaSS-systemet kombinerer dyrkningspraksis (økologisk/konventionel, intensiv/ekstensiv, planteavl/dyreproduktion) og viden om arternes økologi og vurderer samspillet mellem disse i forskellige landskaber. ALMaSS-modellen er en individbaseret model, hvor betydning af landskab og dyrkningspraksis for den udvalgte art angives ved et AOR-indeks (Abundance: Occupancy Relationship (Gaston et al. 2000)).

AOR-indekset har den fordel, at det giver et klart billede af forandringer i dyrenes udbredelse og tæthed i forhold til en baseline-tilstand (Hoye et al. 2012); i REFUGIA-projektet er ekstensivt, konventionelt kvægbrug benyttet som reference.

Vi har udført individbaseret modellering for seks typiske agerlandsarter, lærke, agerhøne, hare, markmus, bille og edderkop, på forskellige typer af landbrug (økologisk/konventionelt; ekstensivt/intensivt drevet; fire brugstyper (kvæg-, svine-, plante- og hobbybrug) i tre landskaber med forskellig struktur og kompleksitet (Topping 2011).

REFUGIA-projektets resultater i relation til andre undersøgelser

I) Struktur og intensitet

Arealmæssigt udgør landbrug en større andel i Bjerringbro-området i forhold til det nationale gennemsnit (66 % mod 61 % af arealet), mens dækning med skov, hegn og andre småbiotoper er tilsvarende lavere end landsgennemsnittet. I Kalø-området bliver kun 52 % af området brugt til landbrug, mens mængden af skov og småbiotoper er højere end landsgennemsnittet, hvilket er typisk for landbrugslandskaber i den østlige del af Danmark, dvs. Østjylland og øerne. Endvidere bliver 7,6 % af landbrugsjorden dyrket økologisk i Kalø-området, hvilket er mere end landsgennemsnittet (5,6 %), hvorimod andelen af økologisk dyrkede områder er lidt lavere i Bjerringbro-området (4,8 %).

Forskellen på den gennemsnitlige markstørrelse i de to områder (Bjerringbro 3,3 ha, Kalø 3,9, hvilket er en relativt stor forskel) hænger sammen med typen af landbrug, hvor Kalø-området har relativt mange gårde med økologiske salgsafgrøder og deltidslandmænd, mens både økologisk og konventionelt landbrug omkring Bjerringbro domineres af husdyrbrug (svin og kvæg). Der var ingen betydelig forskel på, hvor lang tid der er gået siden omlægning til økologisk drift i de to områder, hvor de fleste marker blev omlagt i perioden 1996-1999.

II) Plantediversitet

Marker i omdrift og tilstødende semi-naturlige habitater udgør meget forskellige habitater for planter, og de fleste arter vokser enten i eller uden for marken. Meget få arter forekommer både i marken og i de omgivende naturområder (Marshall 1989, Andresen et al. 2012).

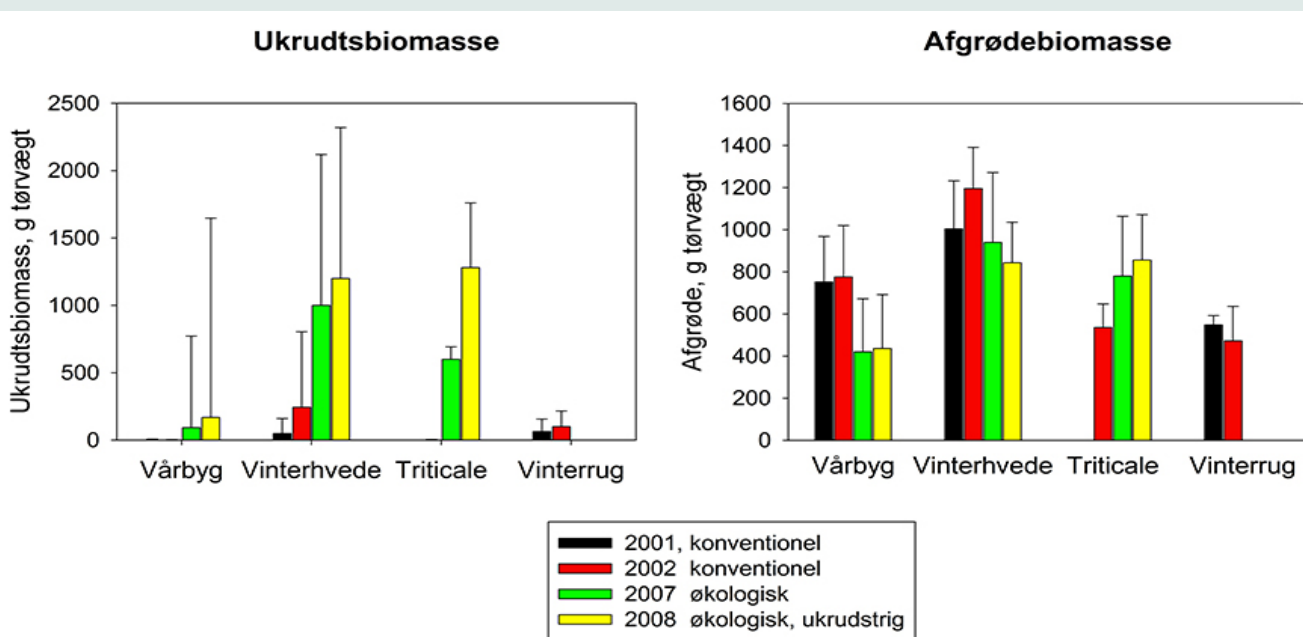
Plantebiomasse på marker

Landmænd anvender mange ressourcer for at bekæmpe ukrudt på markerne, og denne indsats har medført et drastisk fald i hyppigheden af ukrudt på konventionelt dyrkede marker i Danmark i perioden fra begyndelsen af 60'erne til sidst i 80'erne (Andreasen et al. 1996). Denne nedgang er imidlertid til en vis grad vendt i løbet af 1990'erne og de første år efter årtusindeskiftet (Andreasen & Stryhn, 2008, Andreasen & Streibig, 2011). Mange arter, der var mindre almindelige i 1987-89, som fx. rød arve, krumhals, ager gåseurt og alm. syre, var imidlertid ikke blevet hyppigere og enkelte arter, som bredbladet vejbred, enårig knavel, og kvik (i vinterhvede), var blevet mindre hyppige. Som forventet er der generelt mere ukrudt i økologisk dyrkede marker. Hald & Reddersen (1990) fandt en betydelig højere ukrudtsbiomasse i økologiske kornmarker end i konventionelt dyrkede marker, hvilket er i overensstemmelse med, at vi fandt langt højere biomasse og antal ukrudtsarter i økologisk dyrkede kornmarker i 2007 og 2008 (Figur 1) sammenlignet med, hvad der blev fundet i konventionelt dyrkede kornmarker i 2001 og 2002 (Bruus et al. in prep., a, b). Således var den maksimale ukrudtsbiomasse i juni-juli i økologiske kornmarker i 2007 mellem 40 og 152 g tørvægt per m², mens bio-massen i nogle marker oversteg 800 g per m² i 2008, hvor vi udelukkende tog prøver i ukrudtsrige områder. I konventionelt dyrkede kornmarker var ukrudtsbiomassen aldrig højere end 20 g dw per m² og lå generelt under 4 g per m². Omvendt var afgrødebiomassen i de økologisk dyrkede marker generelt lavere end i de konventionelle marker (Figur 1).

Plantediversitet i levende hegn

REFUGIA-projektet viste, at der var signifikant flere plantearter i bundfloraen i hegn på økologiske bedrifter sammenlignet med hegn på konventionelle bedrifter såvel i Kalø - som Bjerringbro-området (Figur 2).

Figur 1. Ukrudts- og afgrødebiomasse pr. m² i højsæsonen i konventionelt og økologisk dyrkede kornmarker. Søjlerne viser gennemsnit ± standardafvigelse pr. prøve. Manglende søjle betyder, at der ikke er data (triticale og vinterrug), eller at der ikke er ukrudt (vårbyg).



Landskabsheterogenitet, vurderet som andelen af arealer uden for omdrift, havde en positiv, men ikke signifikant ($P = 0,07$), indvirkning på artsrigdommen, som var højere i Kalø- end i Bjerringbro-området.

Generelt var floraen rigere i levende hegn i Kalø-området (lerjord) med henholdsvis $28,2 \pm 5,2$ og $54,3 \pm 2,8$ arter per hegn (indsamlingsområdet er $3,75 \text{ m}^2$ for hvert hegn) i konventionelle og økologiske hegn, sammenlignet med henholdsvis $20,2 \pm 0,9$ og $40,6 \pm 3,4$ arter i hegn i Bjerringbro-området (lerblandet sandjord) (Figur 2). Hegnene, der blev undersøgt i REFUGIA-projektet var gamle (> 50 år) løvtræshegn, men også i yngre hegn er der betydeligt flere arter, hvis hegnene er nabo til økologisk dyrkede marker. I 15 år gamle 3-radede hegn på sandjord fandt Aude et al (2004) også signifikant flere arter i hegn på økobrug sammenlignet med tilsvarende hegn på konventionelle brug (Figur 2).

Forskellen mellem hegn på økologiske og konventionelle brug var især tydelig for antallet af tokimbladede arter, hvorimod antallet af græsser mere eller mindre var det samme. Uanset dyrkningspraksis og jordtype dominerede nogle få arter høje urter og græsser, som kvik (*Elytrigia repens*), hundegræs (*Dactylis glomerata*), stor nælde (*Urtica dioica*), vild kørvel (*Anthriscus sylvestris*) og agertidse (Cirsium arvense), og disse udgjorde 70-100 % af plantedækket i bundfloraen.

Mens forandringerne i plantediversiteten efter omlægning fra konventionel til økologisk dyrkning har vist sig at være hurtige inde på marken, dvs., at den ses inden for ét eller eventuelt nogle få år (Jonason et al. 2011), viste undersøgelserne i REFUGIA-projektet, at forandringer i bundvegetationen i levende hegn skete meget langsommere (Strandberg et al. accepted).

REFUGIA-projektet viste, at tid siden omlægningen af de omkringliggende marker til økologisk drift (3 til 30 år) påvirkede artsrigdommen i bundvegetationen signifikant og positivt ($P < 0,0001$), og en periode med vedvarende økologisk drift på op til 30 år resulterede ikke i mætning af artskurven (Figur 3).

Jonason et al. (2011) fandt tilsvarende langsomt og positivt respons på tid siden omlægning til økologisk drift hos

sommerfugle, hvilket måske kan skyldes, at en forøgelse af sommerfuglediversiteten er afhængig af forandringer ikke bare på markfladen men også i de omkringliggende habitater, som fx hegn. Ernoult og Alard (2011) har ligeledes fundet et forsinket respons på ændringer i landbrugsdriften hos bundfloraen i hegn. Samlet set peger resultaterne fra REFUGIA og øvrige undersøgelser på, at lang og vedvarende økologisk drift er nødvendig, hvis man vil opnå væsentligt forbedret floradiversitet uden for selve marken. Yderligere viste REFUGIA-projektet, at planternes blomstring var positivt påvirket af økologisk drift på tilstødende marker. Urter i hegn, der var nabo til en økologiske marker, blomstrede tidligere og i længere perioder end de samme arter i hegn, der tilstødte konventionelt dyrkede marker (Boutin et al. 2014). Desuden blomstrede signifikant flere arter i økologisk sammenlignet med konventionelle hegn. Dette gjaldt også for plantearter, der er vigtige fødeplanter for bestøvende insekter og andre blomster-besøgende dyr (Boutin et al. 2014).

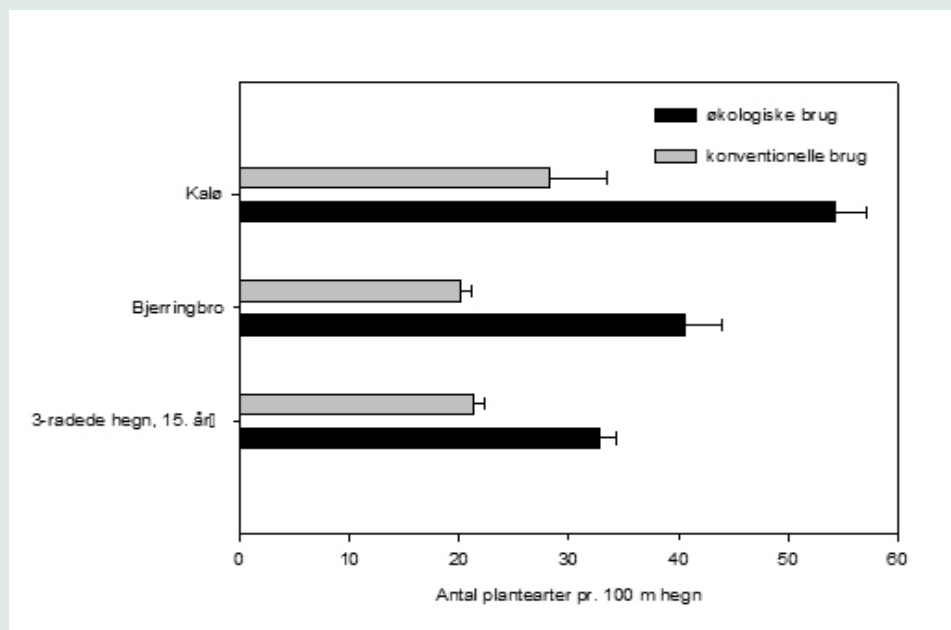
Den positive effekt på blomstringen skyldes efter alt at dømme fraværet af pesticider i de økologiske hegn idet flere undersøgelser gennem de seneste år har påvist en negativ effekt af herbicider på forskellige blomstringsparametre herunder antal blomstrende arter, blomstringstidspunkt og -varighed samt blomstringsintensitet (Schmitz et al. 2013, Strandberg et al. 2013, Boutin et al. 2014).

III) Planteædende insekter & fødekæder i marker

I alle økosystemer forventer man at finde fødekæder og fødenet, dvs. at arter på ét trofisk niveau lever af arter fra lavere trofiske niveauer. Disse niveauer kan arrangeres som organisk stof – nedbryder, plante – planteæder og rovdyr – byttedyr, hvor byttedyr kan være nedbrydere, planteædere eller andre rovdyr.

Når man beskriver økosystemer, bliver sammenhængen mellem de trofiske niveauer ofte beskrevet som led, der forbinder arter fra et trofisk niveau til et andet, og i de fleste økosystemer er det muligt at finde en række led, der forbin-

Figur 2. Antal plantearter i bundfloraen i hegn på økologiske og konventionelle brug i Kalø- og Bjerringbroområdet. Alle hegn er nord-sydgående løvtræshegn og bundfloraen er undersøgt på hegnets vestside. Artsdiversiteten er opgivet som antal arter pr. 100 m hegn, hvor hvert hegn er repræsenteret ved et areal på $3,75 \text{ m}^2$ ($15 \text{ kvadrater } \text{å } 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$). Data vedrørende 3-radede hegn stammer fra Aude et al. 2004.



der planteædere til deres fødeplanter/værtsplanter, forskellige slags organisk stof til nedbrydere, planteædere og nedbrydere til deres rovdyr, hvoraf nogle måske lever af både nedbrydere og planteædere (Dunne et al. 2002, Albrecht et al. 2007).

Derfor forventes der også at være sådanne led i det moderne landbrugs økosystemer, på trods af at disse systemer er meget forstyrrede.

Forandringerne i ukrudt på danske marker, som beskrevet i baggrunden, er sandsynligvis fulgt af tilsvarende ændringer i tætheden af leddyr i markerne, og eftersom mange leddyr er planteædere, burde denne del af økosystemet i teorien følge tætheden af ukrudt. Denne forbindelse mellem ukrudt og planteædere er beskrevet af Hald og Reddersen (1990), som fandt, at den samlede leddyr-tæthed, diversitet og biomasse, ligesom ukrudtsbiomassen, var højere i økologiske kornmarker (Hald & Reddersen 1990, Reddersen 1997). Denne tilsyneladende sammenhæng mellem tætheden af ukrudt og leddyrfauna i dyrkede marker tyder på, at det må være muligt at identificere fødekædeleddene i marken ved at undersøge ukrudtsfloraen og leddyrfaunaen på samme tid. Ellers kan sammenhængen være forårsaget af vegetationens fysiske struktur, som fundet af Brose (2003), eller vegetationens effekt på fugtighedsforholdene.

I 2001 og 2002 blev der foretaget en undersøgelse af diversitet og biomasse af ukrudt og leddyr i en række konventionelt dyrkede marker i Danmark, og data viste, at der ikke var fødekædesammenhæng mellem ukrudt og planteædende leddyr (Bruus et al., in prep. – a). Dette resultat førte til hypotesen, at ukrudtsmængden i konventionelt dyrkede danske marker er for lav til at understøtte en fauna af mere eller mindre specialiserede planteædere (undtagen bladlus). Andre tidligere undersøgelser har vist, at usprøjtede marker og økologisk dyrkede marker generelt indeholder mere ukrudt end kon-

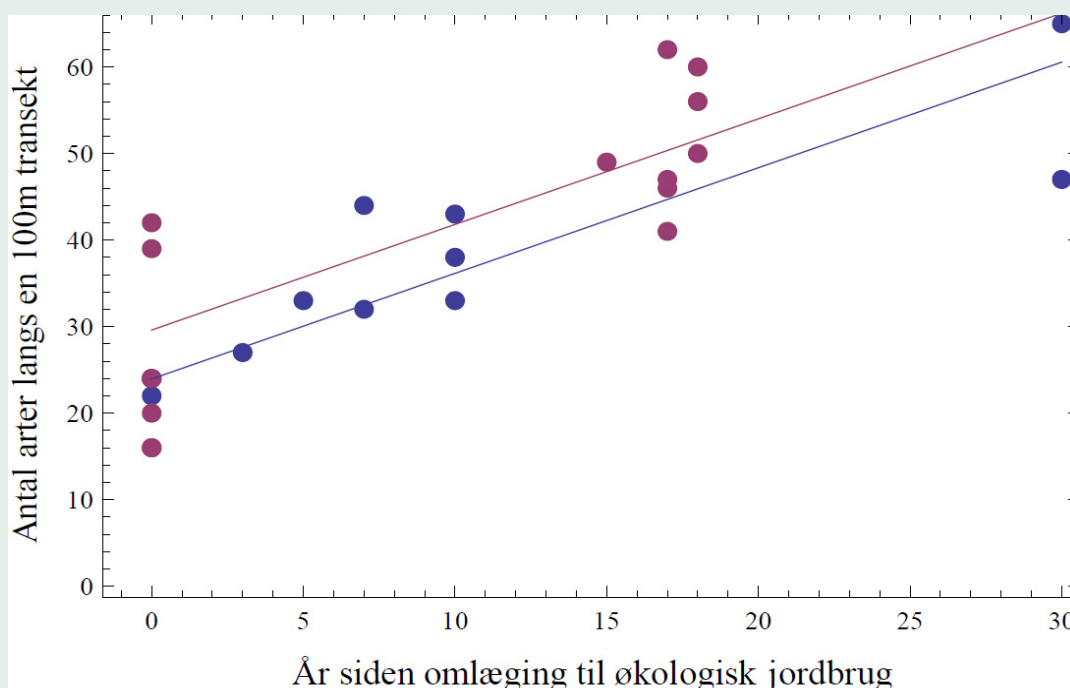
ventionelt dyrkede marker (Hald & Reddersen 1990, Rydberg & Milberg 2000, Lundkvist et al. 2008), selvom moderne økologisk landbrug bekæmper ukrudt ret effektivt med mekaniske midler. Det var derfor vores hypotese, at tætheden af ukrudt i økologiske marker er høj nok til at understøtte en fauna af planteædende insekter.

Selv om der, i modsætning til ukrudtet, ikke var nogen tydelige forskelle i biomassen af insekter mellem konventionelt og økologisk dyrkede kornmarker (Figur 4), blev der i REFUGIA-undersøgelsen fundet en korrelation mellem ukrudt og leddyrssamfund i nogle af de økologisk dyrkede kornmarker (Bruus et al., in prep.–b). Korrelationerne var især stærke, når prøvetagningen var begrænset til områder med særlig høj tæthed af ukrudt. Det, at der blev fundet sammenhæng mellem ukrudt og leddyrssamfund i økologiske kornmarker og ikke i konventionelt dyrkede marker, tyder på, at tætheden af ukrudt i konventionelt dyrkede marker er under en "tærskelværdi", hvor det ikke er muligt at opretholde en population af arter, der er afhængige af ukrudt, hverken specialiserede planteædere eller arter, der er afhængige af ukrudt af strukturelle årsager.

Dette understøttes af, at kun meget få arter af planteædende leddyr blev fundet på konventionelt dyrkede marker. Vore resultater (Bruus et al. in prep. -b) tyder på, at planteplanteæder-rovdyr fødekæder ikke findes eller er meget sjældne i konventionelt dyrkede marker i dagens Danmark. Der eksisterer ikke meget litteratur om dette emne (Barberi et al. 2010). Petersen og Navntoft (2006) fandt, at visse leddyr lod til at have gavn af en mere kompleks ukrudtsflora i korn, især i byg, men resultaterne var undertiden modstridende og skal derfor tages med forbehold.

Nogle forfattere har undersøgt sammenhængen mellem ukrudtsflora og leddyrfauna i dyrkede marker, men de fleste af

Figur 3. Antal plantearter i bundfloraen i hegn på økologiske og konventionelle brug i Kalø- (røde cirkler og regressionslinje) og Bjerringbroområdet (blå cirkler og regressionslinje) som funktion af tid siden omlægning til økologi (= o år for hegn på konventionelle brug).



dem har fokuseret på biomasse (Strandberg et al. 2005, Hawes et al. 2003, Haughton et al. 2003), og den generelle tendens er, at der er en positiv korrelation mellem ukrudtsbiomasse og leddyrbiomasse. Desværre mangler der undersøgelser, som har set på relationen mellem samfund og arter af ukrudt og leddyrbiomasse, hvilket gør det meget svært at vurdere den generelle betydning af vore resultater (Bruus et al. in prep. –b). Hvis resultaterne gælder for konventionelt dyrkede marker i almindelighed, rejser det spørgsmålet om, hvorvidt det ud fra et miljøbeskyttelsessynspunkt er acceptabelt, at moderene ukrudts- og skadedyrsbekæmpelse har elimineret grundlæggende økologiske interaktioner såsom dem mellem ukrudt og planteædere.

Hvis resultaterne fra REFUGIA (Bruus et al. in prep. –b) gælder generelt, rejser de også spørgsmålet om, hvilken størrelsesorden ukrudtsflora (biomasse og diversitet) er nødvendig for at opretholde en fauna af planteædere. De signifikante sammenhænge i økologiske kornmarker, og især de meget betydelige sammenhænge fra ukrudtsrige pletter, viser, at korrelation kan opnås og fødenet led kan opretholdes i dyrkede marker, selvom data ikke kvantificerer en "tærskelværdi".

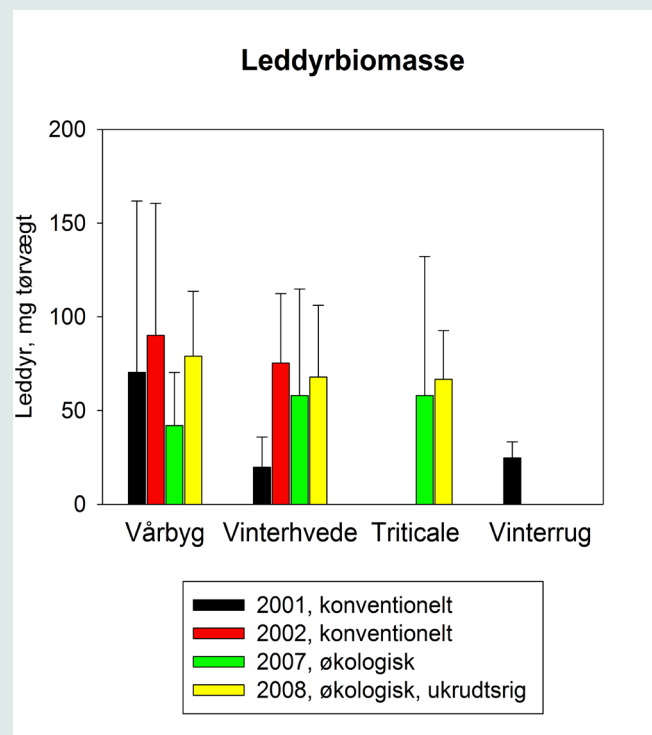
IV) Små pattedyr

I de nordeuropæiske agro økosystemer er antallet af arter af små pattedyr generelt ret lavt (Jacob & Halle 2001), fx fandt Jensen & Hansen (2003) kun 12 arter i landbrugshabitater i Danmark. Tilsvarende blev der i REFUGIA-projektet fundet 13 arter (Jensen, et al. in press). Undersøgelser i tilsvarende habitater i Tjekkiet (Heroldova et al. 2007) fandt 14 arter.

Økologisk landbrug kan spille en vigtig rolle i landbrugslandskabet ved at fremme tilflugtssteder for små pattedyr, især da tilbagegangen i naturlige habitater her formodes at være lav (Norton et al. 2009). I en komparativ undersøgelse af pattedyrspopulationer og artsrigdom fandt Brown (1999) imidlertid, at populationstæthed og rigdom ikke afhang af landbrugspraksis. På bedriftsniveau kunne REFUGIA-projektet heller ikke finde forskelle i artsrigdommen mellem konventionelle og økologiske landbrug (Jensen et al. In press), men hvis man betragtede relativt små habitater (mindre end 1000 m²), øgedes såvel mangfoldighed som rigdom af små pattedyr, og mangfoldigheden øgedes mere på økologisk landbrugsjord end på konventionelt dyrket landbrugsjord (Figur 5). Fremfor landbrugspraksis var landskabsstruktur og habitatstørrelse afgørende for artsantal, idet mangfoldigheden ikke kun afhænger af habitater, men også af landbrugspraksis (Jensen et al. In press). Tilsvarende fandt Fischer et al (2011), at småpattedyrene i konventionelle marker omgivet af strukturelt komplekse landskaber havde højere forekomst end i mere simple landskaber. For økologiske marker var der tale om en forøget forekomst i de simple landskaber, hvilket indikerer, at det er her de økologiske brug har størst betydning.

Mangfoldigheden og diversiteten af små pattedyr er generelt højere i permanente og naturlige habitater end i dyrkede marker, hvilket tyder på, at landskabsstrukturen og kvaliteten af habitatet ikke kun påvirker diversiteten af små pattedyr, men også småpattedyrenes reproduktion og overlevelse (Jensen & Hansen 2003, Heroldova et al. 2007, Jensen et al. In press).

Selvom antallet af populationer af små pattedyr måske falder som reaktion på tab af habitater, kan den samlede pattedyrsbestand være højere på økologiske bedrifter, eftersom der er flere føderessourcer til rådighed på grund af udladelse af pes-



Figur 4. leddyrbiomasse pr. m² i højsæsonen i konventionelt og økologisk dyrkede kornmarker. Søjlerne viser gennemsnit ± standardafvigelse pr. prøve. Manglende søjle betyder, at der ikke er data.

ticider (Brown 1999). Høst, pløjning og ukrudtsbekæmpelse efterlader ringe mulighed for at danne bestande i marker og er dermed en alvorlig hindring for diversiteten af små pattedyr i såvel konventionel som økologisk landbrugsjord.

Når der fokuseres på tiltag, der fremmer artsrigdom, fordeling og mængde i agro-økosystemet, er det vigtigt at huske, at små pattedyr består af en taksonomisk og funktionelt forskelligartet gruppe. På grund af meget forskellige fødebehov, dvs., dyrene kan være kød-, korn- eller planteædende, kan deres habitatbehov veksle efter tid og sted, og dette påvirker igen reproduktion og overlevelse hos de forskellige arter på en given lokalitet.

Små rovdyr som fx lækat (*Mustela erminea*) og især væsel (*Mustela nivalis*) findes i de europæiske agro økosystemer (Mitchell-Jones et al. 1999), hvor deres territorier dækker adskillige kvadratkilometer og dermed mange marker og småbiotoper (King and Powell 2007). De er generalister, hvad angår habitatbehov og findes i mange forskellige slags habitater, selvom de på tempereret landbrugsjord mest forbindes med levende hegn, stengærder og andre lineære strukturer, skovbryn og andre tørre områder (MacDonald and King 2008).

Den vigtigste faktor, der påvirker deres fordeling, er forekomsten af gnavere, og dermed afhænger tætheden af små rovdyr også af antallet af gnavere. Således er tiltag, der øger antallet af gnavere på landbrugsjord, også til fordel for disse små rovdyr.

En anden gruppe af kødædende små pattedyr, der hører under insektædende dyr, er spidsmus. På konventionelt dyrket landbrugsjord kan spidsmus påvirkes af sekundær forurening gennem fødekæden ved at spise fødeemner, der har opholdt sig i forurennet jord (Dell'Omo et al. 1999). Den mest udbredte spidsmus i Europa er den almindelige spids-

mus (*Sorex araneus*), som primært lever af større hvirvelløse dyr, fx regnorme (Andéa 1999), og de faktorer, der påvirker dens mangfoldighed, har mestendels med mængden af disse hvirvelløse dyr at gøre (Churchfield & Searle 2008). Eftersom økologisk landbrug lader til at gavne forekomsten af regnorm i marken og små biotoper (Christensen & Mather 1997), kan den almindelige spidsmus forventes at findes i større antal i økologiske bedrifter. I REFUGIA-projektet fandt Jensen et al. (in press), at den almindelige spidsmus var mere talrig på græssede enge på økologiske brug, sandsynligvis pga. højere og tættere vegetationslag med et højere antal hvirvelløse dyr, hvorimod der ikke var forskel på forekomsten i levende hegn på økologiske og konventionelle bedrifter.

Der findes ikke mange små pattedyr i de europæiske agro-økosystemer, der udelukkende er planteædere. Det er hovedsageligt markmus, der tilhører slægten *Microtus*, der hører under denne kategori. Syd-markmus (*Microtus arvalis*) betragtes som en pest i markerne i Centraleuropa, dels fordi den graver huller, dels fordi den spiser afgrøder som fx lucerne (Jacob & Halle 2001). Den findes næsten aldrig i små uforstyrrede habitater, da den foretrækker områder med kort græs. Pløjning lader til at være den vigtigste faktor, der forstyrrer almindelig markmus' dynamik (Jacob 2003), og derfor vil forholdene for denne art kun kunne forbedres, hvis man ikke behandler jorden.

Almindelig markmus (*Microtus agrestis*) er en af de mest talrige arter, og set fra et trofisk perspektiv er arten meget vigtig for at bevare rovdyr – fugle såvel som pattedyr – i de nord-europæiske agro-økosystemer (Lambin 2008). Arten findes i mange typer afgrøder, hvor der er nok dække til at lave løbe-gange og reder. Den er meget almindelig i levende hegn, græs-rabatter langs veje, ved marker eller små søer og brakmarker (Jensen og Hansen 2003). Store afstande mellem egnede habitater gør det svært for markmus at genetableres sig, når be-standen uddør (Christensen 1999).

I REFUGIA-projektet fandt Jensen, Olsen et al. (in press), at

markmus var mere talrige i økologiske enge uanset græsnings-intensitet end i konventionelt dyrkede enge, sandsynligvis pga. større diversitet af foretrukne urter. Den måde man bedst kan gavne arten, er ved at øge antallet af små biotoper med højt græsdække og modvirke fragmentering ved at danne spredningskorridorer og springbræt habitater. Dette gælder for såvel økologisk som konventionelt landbrug.

Modsat er en anden museart, rødmusen (*Myodes glareolus*), mere en generalist, og den spiser både grønne plantedele, frø, frugter og endog små hvirvelløse dyr (Shore and Hare 2008).

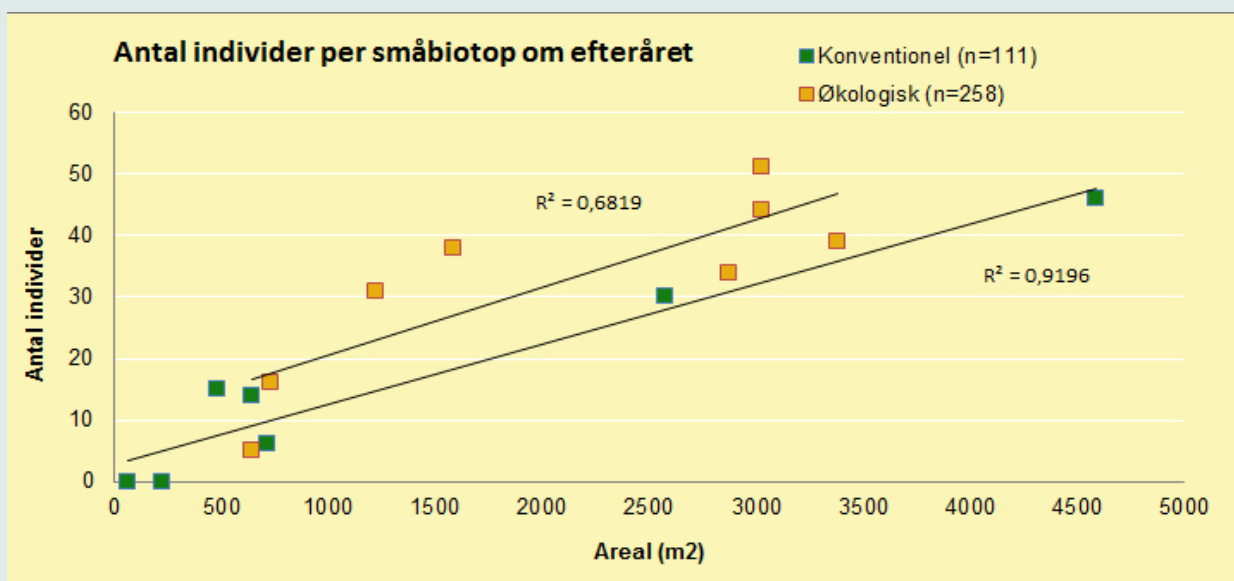
I og med at den er en frøædende art, er den afhængig af, at der er rigeligt med frø i efteråret (Jensen 1982), og således er frøproduktionen i levende hegn, andre småbiotoper og tilstødende skov vigtig (Shore et al. 2005). Fitzgibbon (1997) fandt, at rødmus' dynamik i landbrugsarealer afhang meget af småskovenes indbyrdes afstand, forekomst af hegn og afgrøder omkring småskovene og skovenes vegetation.

I REFUGIA-projektet fandt Jensen et al. (in press), at rødmus var mere udbredte og havde større tæthed i levende hegn på økologiske bedrifter end i hegn på konventionelle bedrifter, hvorimod de var relativt sjældne på enge.

Yderligere tre frøædende arter, skovmus, halsbåndsmus og dværgmus, findes i de danske agro-økosystemer. Skovmusen (*Apodemus sylvaticus*) er et af de småpattedyr, der oftest forekommer på marker (Jensen and Hansen 2003). Den udkonkurreres fuldstændig fra skoven af dens større slægtning, halsbåndsmusen (*Apodemus flavicollis*) (Hoffmeyer 1973). Begge *Apodemus* arter forekommer i høstsæsonen i fx kornmarker og roemarker (Jensen & Hansen 2003). Med deres lange ben og smidighed kan de tilbagelægge større afstande end de fleste andre gnavere, og der blev ikke fundet forskelle i hyppighed hos disse arter mellem økologiske og konventionelt dyrkede habitater i REFUGIA-projektet (Jensen et al. in press).

Endelig findes dværgmuse (*Micromys minutus*) hovedsageligt i uforstyrret vegetation, men den kan også forekomme på åbne marker, når afgrøderne er høje (Nordvig et al.

Figur 5. Bestandsstørrelse af småpattedyr om efteråret som funktion af biotopens størrelse og opdelt efter, hvorvidt omkringliggende arealer drives konventionelt eller økologisk.





2001). På grund af denne adfærd er antallet af småbiotoper og afstanden mellem dem yderst vigtig for denne art. I REFUGIA projektet blev flest dværgmus fanget i økologiske græsklædte habitater (Jensen et al. In press).

V) Naturligt genetisk reservoir

Betydningen af økologisk landbrug for en arts genetiske ressourcer i agerlandet er ikke blevet undersøgt tidligere. Teoretisk set kan økologiske bedrifter spille en stor og vigtig rolle i landbrugslandskabet som leve- og tilflugtssteder for almindelige arter af planter, leddyr, fugle og pattedyr, da fravær eller mindre belastning med pesticider og mindre gødning, en mere varieret afgrødestruktur og en generelt miljøvenlig holdning danner grundlag for habitater med bedre tilgang af dækning og mad. Derudover kan tætheden og arealet af småbiotoper forventes at være højere på de økologiske bedrifter, hvilket vil føre til mindre afstand mellem egnede habitater. Dette øger overlevelsen og fremmer bevægelsen af arter i landskabet og kan dermed måske forbedre muligheden for, at individer og gener spredes fra økologisk dyrkede områder til nærliggende konventionelle områder, hvilket gør de økologisk dyrkede områder til en slags genetisk reservoir. På denne måde vil en del af multifunktionaliteten af økologisk landbrug være, at det fungerer som et biologisk refugie, som vil være meget vigtig for bevarelsen af arter og populationer (gener) og af stor værdi ikke kun lokalt, men også på et regionalt plan.

Den potentielt gavnlige effekt af økologisk landbrug som et genetisk reservoir for arter og populationer afhænger imidlertid af en række forskellige biotiske og abiotiske faktorer.

De forskellige arter stiller forskellige rumlige krav i forhold til overlevelse og spredning, og deres tilstedeværelse afhænger dermed mere eller mindre af strukturen af landskabet og området samt af den aktuelle geografiske placering af den økologiske bedrift (Gabriel et al. 2009, 2010). De biotiske faktorer er meget specifikke for de enkelte arter, da de er relateret til artens biologi, fx reproduktionsmåden, spredningsevnen, populationsstrukturen, etc. Selvfølgelig forventes økologisk landbrugs indflydelse på den genetiske diversitet også at afhænge af skala, fx om skalaen er på bedriftsniveau og dermed på bedriftsform eller om den er på regionalt landskabs niveau (Gabriel et al. 2010).

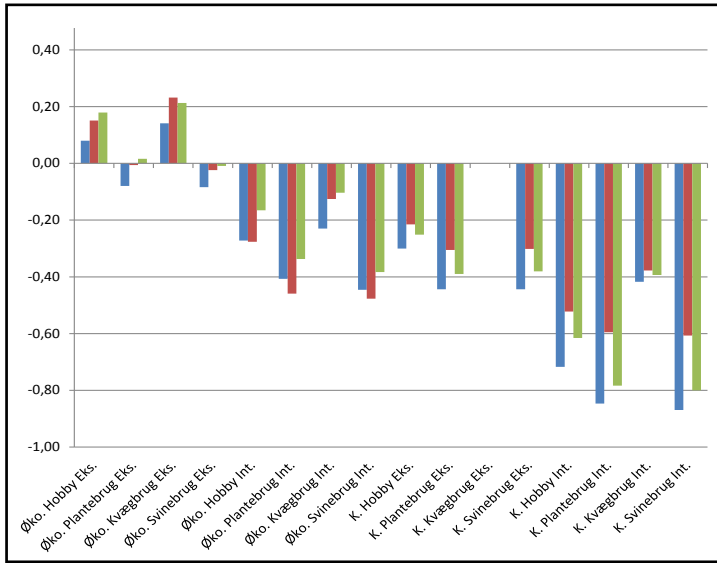
Landskabsgenetik kombinerer landskabsøkologi, populationsgenetik og den rumlige fordeling af genetisk variation, ved at undersøge effekten af landskabsstrukturer på gen flow (migration mellem populationerne), genetisk drift (det tilfældige tab af genetisk diversitet) og selektion (Manel et al. 2003, Storfer et al. 2007). Imidlertid er der meget få landskabsgenetiske undersøgelser, hvori dyrkningsmetoder indgår som en miljøvariabel i analysen af populationsstruktur, gen-flow, selektion osv., så vi ved meget lidt om økologisk landbrugs rolle som genetisk reservoir for arter i landbrugslandskabet. I REFUGIA-projektet tages dette emne op af Marchi et al. (2013a, 2013b).

Undersøgelserne fokuserer på effekten af dyrkningspraksis (økologisk kontra konventionelt landbrug) blandt andre miljømæssige faktorer på genetisk diversitet, struktur og gen-flow på markmusen, *Microtus agrestis*, og løbebillen, *Bembidion lampros*, to meget almindelige arter på agerjord, men med forskellige biologiske strategier. Ved hjælp af 15 mikro-

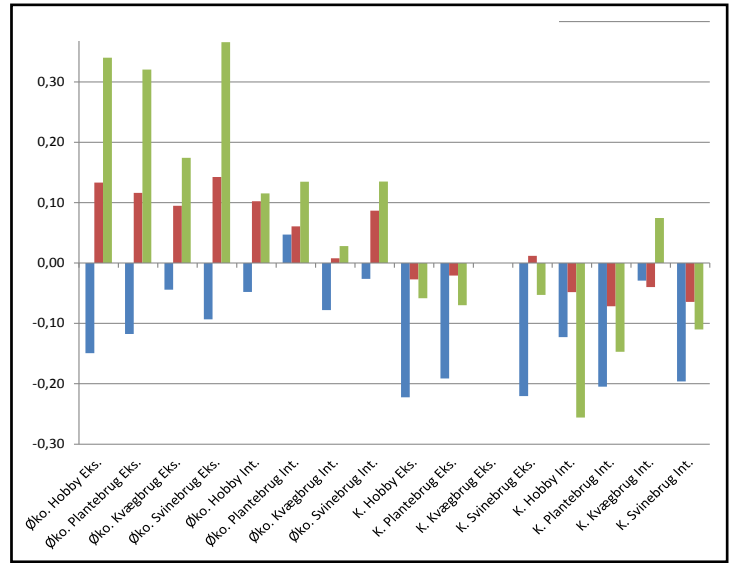
Figur 6. Den samlede effekt angivet som summed AOR-indeks (abundance–occupancy relationship) af dyrkningsform (økologisk (Øko.) eller konventionel (K.), ekstensivt (Eks.) eller intensivt (Int.) drevet, bedriftstype (Hobby, plantebrug, kvægbrug eller svinebrug) og landskabsstruktur (Bjerringbro, Herning og Præstø) på tæthed og udbredelse af for de seks arter, lærke, agerhøne, hare, markmus, bille og edderkop. Responsen er vist i forhold til et ekstensivt dyrket konventionelt kvægbrug (= 0). Bemærk forskellen på y-aksen.

■ Bjerringbro
 ■ Herning
 ■ Præstø

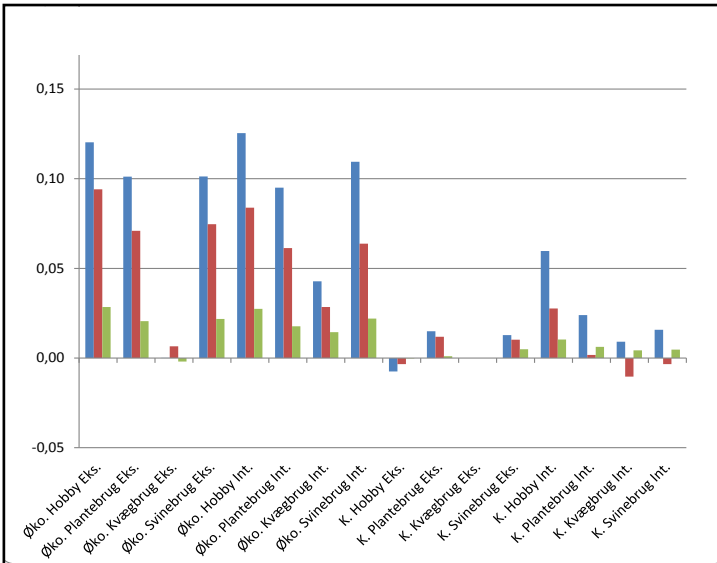
Lærke



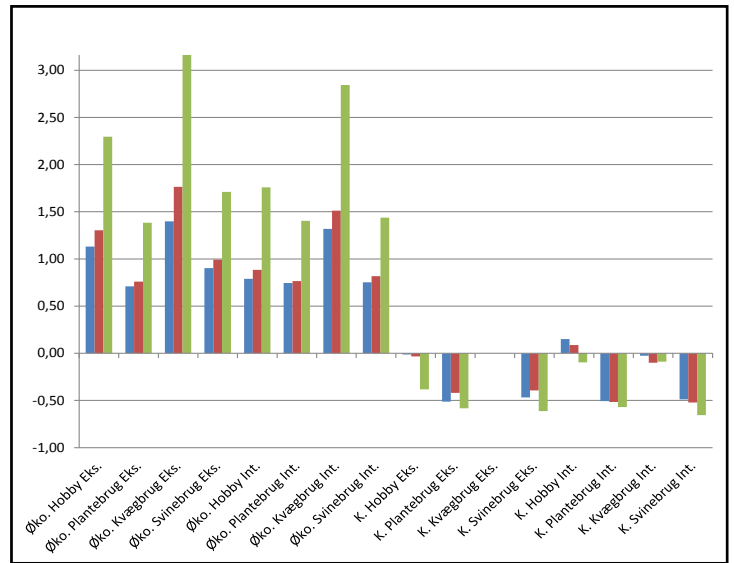
Agerhøne



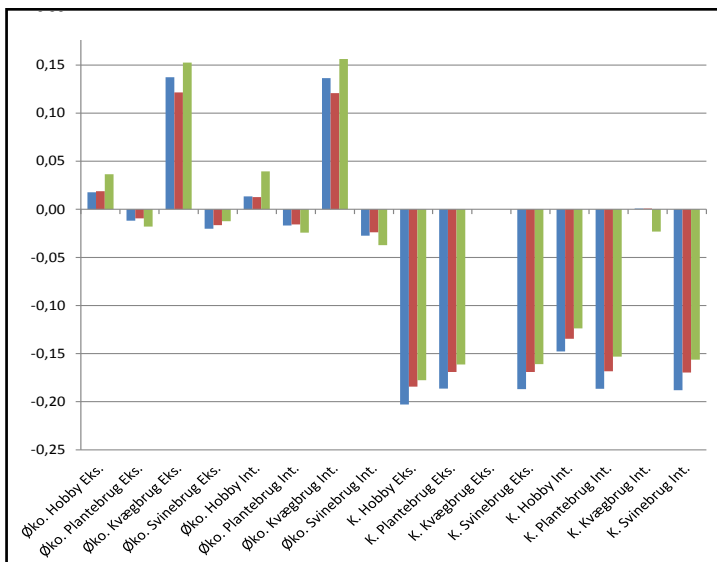
Markmus



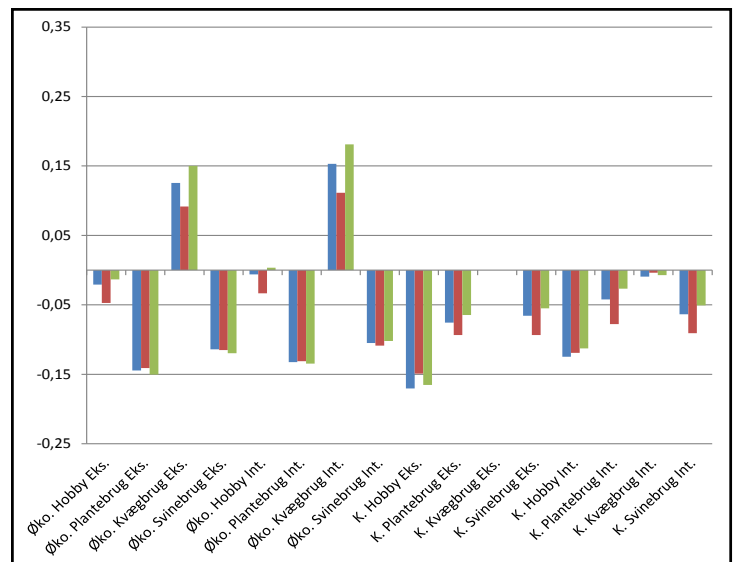
Hare



Bille



Edderkop



Organic eprints

satellitmarkører blev det vist, at tilstedeværelsen af økologisk dyrkede områder ikke virkede som genetisk reservoir for markmusen. Til gengæld påvirkede dyrkningsformen den genetiske struktur i landskabet, mens landskabsstrukturen var den mest betydningsfulde faktor for gen-flow og mængden af genetisk diversitet. Den bedste forklarende indikator for en effektiv populationsstørrelse (populært sagt det antal individer der bidrager med gener til næste generation) var tilstedeværelsen og mængden af uopdyrket areal. Dette understøtter resultaterne i en tidligere undersøgelse, hvor Renwick & Lambin (2011) fandt, at en landskabsmatrice af ynglehabitater forbundet med passende smalle korridorer mellem intensivt dyrkede afgrøder var meget effektivt for at opretholde populationer af markmus (*M. agrestis*).

For *Bembidion* virkede økologiske marker rent faktisk som et genetisk reservoir, men kun i områder hvor dyrkningsintensiteten (defineret som mængden af opdyrket areal i området) var lav. I disse områder blev konventionelt dyrkede marker rekoloniseret af *Bembidion* fra nærliggende økologiske marker. Endvidere blev det vist, at *Bembidion* spredes via levende hegn fremfor ved at krydse marken, der fungerede som en fysisk barriere. Undersøgelsen viste for begge arter, at den faktor, der hovedsagelig havde betydning for gen-flow (spredning mellem populationer) og den genetiske struktur, var tilstedeværelsen af uopdyrkede arealer i det pågældende område, mens dyrkningspraksis kun havde en marginal betydning for niveauet af genetisk diversitet (Marchi et al. 2013a,b). Et tilsvarende mønster findes i fugleforvaltning, hvor markbræmmer designet specifikt til at gavne virginsk vagtel kan være uegnede til at understøtte andre økologiske services end jagt og vil kræve en anden slags forvaltning for at gavne både biodiversitet og skadedyrsbekæmpelse (Olson & Wackers 2007).

VI) Modellering af effekter på landskabsskala

Den individbaserede modellering af betydningen af landskabsstrukturer, bedriftstype og dyrkningspraksis i REFUGIA-projektet viser, at de seks udvalgte dyrearter responderer meget forskelligt. Figur 6 viser den samlede effekt (Summed AOR index) for arterne. Som det ses af figuren, varierer responsen mellem arterne afhængig af landskabets struktur og kompleksitet (hvor Bjerringbro-området havde størst kompleksitet og hvor et tredje område: Præstø-området havde mindst), dyrkningspraksis og bedriftstype, og et af de vigtigste resultater fra modelleringen i REFUGIA-projektet er netop, at der ikke er noget ensartet respons for de forskellige dyrearter.

På trods af den generelt tydeligt positive effekt af økologisk landbrug på de udvalgte arter var ikke alle økologiske driftsformer lige fordelagtige. For alle seks arter var der dog en forøgelse i tæthed og udbredelse i det ekstensive økologiske kvæg- og svinebrug. Selv inden for samme art kan indvirkninger fra økologisk landbrug variere meget, fx +20 til -45 % for sanglærken. Betydningen af landskabet for den samme driftstype varierede også betydeligt for fx harer og agerhøns (henholdsvis +110 % to +230 % & -15 % to +33 %) (Parry & Topping 2013).

Endelig har den rumlige fordeling af marker på den enkelte bedrift betydning (Topping 2011). Resultatet er som sådan ikke overraskende, eftersom andre undersøgelser fx Piha et al. (2007) tilsvarende har vist, at betydningen af økologisk jordbrug varierer mellem forskellige arter.

Find alle projektets publikationer på orgprints.org. Søg efter "Refugia"



Konklusioner fra REFUGIA

Resultaterne fra REFUGIA-projektet viser, at miljøeffekten af økologisk dyrkning sammenlignet med konventionel i høj grad afhænger af, hvilke arter eller funktioner man betragter og på hvilken skala. Desuden er det tydeligt, at fremme af nogle arter kræver, at andre virkemidler tages i brug. Dermed understreger projektet også, at det er vigtigt at opstille specifikke målsætninger, inden man vælger sine virkemidler. Endvidere er effekterne af økologisk dyrkning, specielt på markfladen, afhængig af intensiteten af dyrkningen.

Økologisk dyrkede kornmarker indeholdt generelt mere ukrudt end tilsvarende konventionelle afgrøder, mens effekten på markens insekter var mindre klar. Dog var der en tendens til, der især i de mest ukrudtsrige økologiske marker findes fødekædesammenhænge mellem ukrudt og insekter, hvilket tilsyneladende ikke er tilfældet i konventionelt dyrkede kornmarker.

Etablering eller opretholdelse af plante-insektfødekæder synes således at kræve en vis mængde ukrudt, og denne mængde kan måske kun opnås i ekstensivt dyrkede økologiske marker. Derfor kan den nuværende tendens, hvor økologisk landbrug skal gøres mere effektivt, måske ses som en trussel for biodiversiteten på markerne. Små pattedyr er sandsynligvis mere afhængige af landskabsstrukturen, antallet af småbiotoper og afstanden mellem dem, end de er af forvaltningen af de åbne marker. Økologisk landbrug kan gavne biodiversiteten af små pattedyr og dermed øge biodiversiteten af rovdyr ved at fokusere på forvaltning af småbiotoper.

Plantediversiteten i habitater så som levende hegn, der støder op til økologisk dyrkede marker, er generelt også højere end i tilsvarende habitater, der støder op til konventionelt dyrkede marker, og forskellen bliver større, når økologisk dyrkning opretholdes over længere tid. Den måde, hvorpå økologisk landbrugsstøtte gives, motiverer ikke nødvendigvis landmanden til at holde sig til økologisk praksis i mange år, hvilket er en væsentlig faktor til at øge plantediversiteten i hegn. De økonomiske betragtninger og kortsigtede økonomiske gevinster kan være mere vigtige som incitament for landmanden end langsigtet miljømæssig bæredygtighed.



Det er interessant, at selvom hypotesen, at økologisk landbrug virker som genetiske reservoirer, ikke nødvendigvis var gældende for markmus, gjaldt den for *Bembidion* (jordbille) - en art, der er tæt forbundet med landbrugslandskabet. *Bembidion* har den laveste spredningsevne og forventedes derfor at være mere sårbar over for typen af landbrug. For markmusen, hvor spredningsevnen var højere, fungerede økologisk landbrug ikke som genetisk reservoir, men ser man på den genetiske struktur, har forvaltningstypen (økologisk/konventionel) indflydelse på at skabe strukturen, mens landskabsstruktur var den vigtigste faktor for at danne gen-flow og genetisk diversitet.

Dette understøtter fint konklusionerne fra undersøgelsen mht. effekten af økologisk landbrug på små pattedyrs biodiversitet, som beskrevet oven for. For jordbillen viste pesticidanvendelse, intensiv dyrkning og landskabstræk sig alle at have betydelig indvirkning på billepopulationens genetiske sammensætning. Disse resultater understreger vigtigheden af at inkludere dyrkningsintensiteten og landskabstræk i planlægningen og vurderingen af forvaltningsplaner (økologisk og konventionelt drevne) og tyder på, at økologisk landbrug kan fungere som refugie for den genetiske komponent af biodiversiteten, afhængigt af arten.

Resultaterne af den agentbaserede modellering baseret på 16 forskellige landbrugstyper (dels fire typer brug, kvæg-, svine-, plante- og hobbybrug, dels om disse er økologiske eller konventionelle, og om de er ekstensivt eller intensivt drevet) og effekten af disse driftsformer på forskellige typiske arter i agerlandet (lærke, agerhøne, hare, markmus, bille, edderkop) viste en generel øgning i tætheder og udbredelse af arterne i det ekstensive økologiske kvæg- og svinebrug. Fugle og pattedyr

viste generelt en mere markant respons på ændringer sammenlignet med invertebraterne, og ændringerne i udbredelse var mindre sammenlignet med ændringerne i tæthederne. Den artsspecifikke respons skyldes forskelle i habitat-krav og sprednings-evne, men også arternes life-history træk (fx overlevelse, fødselsrate og aldersfordeling) bliver berørt af landskabsdynamikken og strukturen. Ved også at inkorporere disse i modellen forøges modellens prædiktionssevne.

Der er dog forskelle mellem arterne på, hvilke faktorer i landskabet der har størst påvirkning. For fx at øge bestands-tætheden og udbredelsen hos agerhønen markant betyder det ekstensive økologisk drevne jordbrug ikke så meget som en fordobling af hegn og afgrøder med uopdyrkede pletter i agerlandet. Generelt giver agent-baseret modellering koblet med realistiske, miljøbaserede simuleringer et objektive og fleksibelt værktøj til at evaluere påvirkningen eller effekterne af ændringer forårsaget af forskellige politiske beslutninger. Metoden medtager betydningen af spatio-temporale variationer i miljøet sammen med responsen fra faunaen og giver derved et nuanceret billede af effekterne af foreslåede fremtidige ændringer.

I det pågældende tilfælde viser simuleringerne, at landbrugspraksis kan begrænse tætheder og udbredelse af faunaen. Den viser, at moderne økologisk drevet landbrug ikke i sig selv garanterer forbedringer af biodiversiteten, men i bedste fald blot giver små gevinster. Større forbedringer i biodiversiteten kan opnås ved ekstensivt dyrket landbrug koblet til habitat forbedringer. Denne koblede forvaltning kan evt. målrettes bestemte taxa i stedet for at behandle biodiversiteten som en helhed, da modellen viser, at det ikke er muligt at få en tydelig generel respons for biodiversitet.

- Albrecht, M., Duelli, P., Schmid, B. & Müller, C.B. (2007). Interaction diversity within quantified insect food webs in restored and adjacent intensively managed meadows. *Journal of Animal Ecology*, 76, 1015–1025.
- Andéa, M. (1999). *Sorex araneus* (Linnaeus, 1758). The Atlas of European Mammals. A. J. Mitchell-Jones, G. Amori, W. Bogdanowicz et al. London, Academic Press, 42–43.
- Andersen, P.S., Vejre, H., Dalgaard, T., Brandt, J. (2013). An indicator-based method for quantifying farm multifunctionality. *Ecological Indicators* 25, 166–179.
- Andreasen, C., Streibig, J.C. (2011). Evaluation of changes in weed flora in arable fields of Nordic countries – based on Danish long-term surveys. *Weed Research* 51, 214–226.
- Andreasen, C., Stryhn, H. (2008). Increasing weed flora in Danish arable fields and its importance for biodiversity. *Weed Research* 48, 1–9.
- Andreasen, C., Stryhn, H., Streibig, J.C. (1996). Decline of the flora in Danish arable fields. *Journal of Applied Ecology* 33, 619–626.
- Andreasen, C., Streibig, J.C., 2011. Evaluation of changes in weed flora in arable fields of Nordic countries – based on Danish long-term surveys. *Weed Research* 51, 214–226.
- Andresen, L. C., Nothlev, J. et al. (2012). The wild flora biodiversity in pesticide free bufferzones along old hedgerows. *Journal of Environmental Biology* 33(3), 565–572.
- Anon (2010). Statistics Denmark: Regnskabsstatistik for økologisk Jordbrug. Copenhagen.
- Aude E., Tybirk, K., Pedersen, M.B. (2003). Vegetation diversity of conventional and organic hedgerows in Denmark. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 99 (1-3), 135–147.
- Aude, E., Tybirk, K., Michelsen, A., Ejrnæs, R., Hald, A.B., Mark, S. 2004. Conservation value of the herbaceous vegetation in hedgerows – does organic farming make a difference? *Biological Conservation* 118, 467–478.
- Barberi, P., Burgio, G., Dinelli, G., Moonen, A.C., Otto, S., Vazzana, C., Zanin, G. (2010). Functional biodiversity in the agricultural landscape: relationships between weeds and arthropod fauna. *Weed Research* 50, 388–401.
- Bengtsson, J., Ahnstrom, J. et al. (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42(2), 261–269.
- Bianconi, A., Dalgaard, T., Manly, B.F.J., Govone, J.S., Watts, M.J., Nkala, P., Habermann, G., Huang, Y., Serapião, A.B.S. (2013). Methodological Difficulties of Conducting Agroecological Studies from a Statistical Perspective. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 37 (4), 485–506, 2013. ISSN: 2168-3565. DOI: 10.1080/10440046.2012.712941.
- Boutin, C., Strandberg, B., Carpenter, D., Mathiassen, S.K., Thomas, P. (2014). Herbicide impact on native plant reproduction: what are the ecological and toxicological implications? *Environmental Pollution* 125, 1–12.
- Brittain, C., Bommarco, R. et al. (2010). Organic farming in isolated landscapes does not benefit flower-visiting insects and pollination. *Biological Conservation* 143(8), 1860–1867.
- Brose, U. (2003). Bottom-up control of carabid beetle communities in early successional wetlands: mediated by vegetation structure or plant diversity? *Oecologia* 135, 407–413.
- Brown, R. W. (1999). Margin/field interfaces and small mammals. *Aspects of applied biology* 54, 203–206.
- Bruus, M, Axelsen, J,A,, Tybirk, K. in prep. - a. Weeds, insect fauna, and the lack of food chains in conventional cereal fields. <http://orgprints.org/23251/>
- Bruus, M, Axelsen, J,A,, Tybirk, K. in prep.-b. Weeds, insects and food chains in organic cereal fields. <http://orgprints.org/23252/>
- Christensen, O.M. & J.G. Mather. 1997. Regnorme som øko-ingeniører i jordbruget. SP-rapport 15, 135–142.
- Christensen, S. B. (1999). Small mammals in agricultural small biotopes (In Danish). Institute of Biology, Department of Zoology. Aarhus, Aarhus University, 59.
- Churchfield, S., Searle, J. (2008). Common shrew *Sorex araneus*. *Mammals of the British Isles: Handbook*. S. Harris and D. W. Yalden. Southampton. The Mammal Society, 257–265.
- Dalgaard, T. (2011). Materials and Methods. REFUGIA project working paper. Working paper, Agroecology, Aarhus University. 16 p. Available from Organic Eprints: <http://orgprints.org/18941/>, <http://orgprints.org/18941/1/18941.pdf>.
- Dell’Omo, G., Turk, A. et al. (1999). Secondary poisoning in the common shrew (*Sorex araneus*) fed earthworms exposed to an organophosphate pesticide. *Environmental Toxicology and Chemistry* 18(2), 237–240.
- Donald, P. F., Sanderson, F. J. et al. (2006). Further evidence of continent-wide impacts of agricultural intensification on European farmland birds, 1990–2000. *Agriculture Ecosystems & Environment* 116(3–4), 189–196.
- Dunne, J.A., Williams, R. J., Martinez, N. D. (2002). Food-web structure and network theory: the role of connectance and size. *PNAS* 99, 12917–12922.
- Ernoul, A., Alard, D. (2011). Species richness of hedgerow habitats in changing agricultural landscapes: are α and γ diversity shaped by the same factors? *Landscape Ecology* 26, 683–696.
- Fischer, C., Thies, C. et al. (2011). Small mammals in agricultural landscapes: Opposing responses to farming practices and landscape complexity. *Biological Conservation* 144(3), 1130–1136.
- Fitzgibbon, C.D. (1997). Small mammals in farm woodlands: The effects of habitat, isolation and surrounding land-use patterns. *Journal of Applied Ecology* 34 (2), 530–539.
- Gabriel, D., Carver, S.J., Durham, H., Kunin, W.E., Palmer, R.C., Sait, S.M., Stagl, S., Benton, T.G. (2009). The spatial aggregation of organic farming in England and its underlying environmental correlates. *Journal of Applied Ecology* 46, 323–333.
- Gabriel, D., Sait, S. M. et al. (2010). Scale matters: the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales. *Ecology Letters* 13(7), 858–869.
- Gaston, K., Blackburn, T. et al. (2000). Abundance-occupancy relationships. *Journal of Applied Ecology* 37, 39–59.

- Hald, A.B., Reddersen, J. (1990).
Fuglefløde i Kornmarker-Insekter og Vilde Planter. Miljøprojekt 125. København, Miljøstyrelsen.
- Haughton, A. J., Champion, G. T., Hawes, C., Heard, M. S., Brooks, D. R., Bohan, D. A., Clark, S. J., Dewar, A. M.; Firbank, L. G.; Osborne, J. L., Perry, J. N., Rothery, P., Roy, D. B., Scott, R. J., Woiwod, I. P., Birchall, C., Skellern, M. P., Walker, J. H., Baker, P., Browne, E. L., Dewar, A.J.G., Garner, B. H., Haylock, L. A., Horne, S. L., Mason, N. S., Sands, R. J. N., Walker, M. J. (2003).
Invertebrate responses to the management of genetically modified herbicide-tolerant and conventional spring crops. II. Within-field epigeal and aerial arthropods. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 358, 1863-1877.
- Hawes, C., Haughton, A.J., Osborne, J.L., Roy, D.B., Clark, S.J., Perry, J.N., Rothery, P., Bohan, D.A., Brooks, D.R., Champion, G.T., Dewar, A.M., Heard, M.S., Woiwod, I.P., Daniels, R.E., Young, M.W., Parish, A.M., Scott, R.J., Firbank, L.G., Squire, G.R. (2003).
Responses of plants and invertebrate trophic groups to contrasting herbicide regimes in the Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. *Philosophical transactions of the Royal Society of London Series B - Biological sciences* 358(1439), 1899-1913.
- Heroldova, M., Bryja, J. et al. (2007).
Structure and diversity of small mammal communities in agriculture landscape. *Agriculture Ecosystems & Environment* 120(2-4), 206-210.
- Hoffmeyer, I. (1973).
Interaction and habitat selection in the mice *Apodemus flavicollis* and *A. sylvaticus*. *Oikos* 24, 108-116.
- Hole, D. G., Perkins, A. J. et al. (2005).
Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122(1), 113-130.
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Tschardtke, T. (2008).
Agricultural landscapes with organic crops support higher pollinator diversity. *Oikos* 117, 354-361.
- Hoye, T. T., Skov, F. et al. (2012).
Interpreting outputs of agent-based models using abundance-occupancy relationships. *Ecological Indicators* 20, 221-227.
- ICROFS (2013)
FØJO III projekt. http://www.icrofs.dk/Sider/Forskning/foejoll_refugia2.html
- Jacob, J. (2003).
Short-term effects of farming practices on populations of common voles. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95(1), 321-325.
- Jacob, J., Halle, S. (2001).
The importance of land management for population parameters and spatial behaviour in common voles (*Microtus arvalis*). *Advances in Pest Rodent Management II*. H.-J. Pelz, D. P. Cowan and C. J. Feare. Fuerth, Filander Verlag, 319-330.
- Jensen, T. (1982).
Seed production and outbreaks of non-cyclic rodent populations in deciduous forests. *Oecologia* 54(2), 184-192.
- Jensen, T. S., Hansen, T. S. (2003).
Biodiversity and habitat distribution of small mammals in Danish arable land (in Danish). *Flora og Fauna* 109(1), 8-21.
- Jensen, T. S., K. Olsen, et al. (in press).
Organic farming as refugees for small mammal biodiversity (In Danish). *Flora og Fauna*.
- Jonason, D., Andersson, G. K. S. et al. (2011).
Assessing the effect of the time since transition to organic farming on plants and butterflies. *Journal of Applied Ecology* 48(3), 543-550.
- King, C. M., Powell, R. A. (2007).
The natural history of weasels and stoats: ecology, behaviour and management. New York, Oxford University Press.
- Kremen, C., Williams, N. M., Thorp, R.W. (2002).
Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *PNAS* (26), 16812-16816.
- Lambin, X. (2008).
Field vole *Microtus agrestis*. *Mammals of the British Isles: Handbook*. S. Harris and D. W. Yalden. Southampton, The Mammal Society, 100-107.
- Levin, G., Jepsen, M. R. 2010.
Abolition of set-aside schemes, associated impacts on habitat structure and modelling of potential effects of cross-farm regulation. *Ecological Modelling* 221 (22), 2728-2737.
- Lundkvist, A., Salomonsson, L., Karlsson, L., Gustavsson, A.M. D. (2008).
Effects of organic farming on weed flora composition in a long term perspective. *Europ. J. Agronomy* 28, 570-578.
- Macdonald, D. W. King, C. M. (2008).
Weasel *Mustela nivalis*. *Mammals of the British Isles: Handbook*. S. Harris and D. W. Yalden. Southampton, The Mammal Society, 100-107.
- Manel, S., Schwartz, M.K., Luikart, G., Taberlet, P. (2003)
Landscape genetics: combining landscape ecology and population genetics. *Trends in Ecology & Evolution*, 18, 189-197
- Marchi, C., Andersen, L.W., Damgaard, C., Olsen, K., Jensen, T.S., Loeschcke, V. (2013).
Gene flow and population structure of a common agricultural wild species (*Microtus agrestis*) under different land management regimes. *Hereditas*, 1-9. doi:10.1038/hdy.2013.70.
- Marchi, C., Andersen, L.W., Loeschcke, V. (2013).
Effects of Land Management Strategies on the Dispersal Pattern of a Beneficial Arthropod. *PLOS ONE* Volume 8, Issue 6, e66208.
- Marshall, E. J. P. (1989).
Distribution patterns of plants associated with arable field edges. *Journal of Applied Ecology* 26(1), 247-257.
- Mitchell-Jones, A. J., Amori, G. et al., Eds. (1999).
The Atlas of European Mammals. London, Academic Press.
- Nordvig, K., J. Reddersen, et al. (2001).
Small mammal exploitation of upper vegetation strata in non-forest, mixed farmland habitats. *Mammalian Biology* 66, 129-134.
- Norton, L., Johnson, P. et al. (2009).
Consequences of organic and non-organic farming practices for field, farm and landscape complexity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 129(1-3), 221-227.
- Odgaard, M.V., Moeslund, J.E., Bøcher, P.K., Dalgaard, T., Svenning, J.-C. (2013).
The relative importance of geophysical constraints, amenity values, and farm-related factors in the dynamics of grassland set-aside. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 164, 286-291.
- Olson, D. M., Wackers, F. L. (2007).
Management of field margins to maximize multiple ecological services. *Journal of Applied Ecology* 44(1), 13-21.
- Parry, H. R., Topping, C. J. et al. (2013).
A Bayesian sensitivity analysis applied to an Agent-based model of bird population response to landscape change. *Environmental Modelling & Software* 45(0), 104-115.
- Petersen, B.S., Navntoft, S. (2006).
Combined analysis. In Esbjerg, P and Petersen, BS (Eds). Effects of reduced pesticide use on flora and fauna in agricultural fields. *Pesticides Research* Nr. 58 2002, The Danish Environmental Protection Agency. <http://www2.mst.dk/udgiv/publications/2002/87-7972-111-7/pdf/87-7972-112-5.pdf>
- Piha, M., Tiainen, J. et al. (2007).
Effects of land-use and landscape characteristics on avian diversity and

- abundance in a boreal agricultural landscape with organic and conventional farms. *Biological Conservation* 140(1-2), 50-61.
- Reddersen, J. (1997).
The Arthropod Fauna of Organic Versus Conventional Cereal Fields in Denmark. *Entomological Research in Organic Agriculture*, 61-71.
- Renwick, A.R., Lambin, X. (2011).
Thresholds for persistence and the underlying ecological processes: Field voles *Microtus agrestis* in a fragmented landscape. *Agriculture, Ecosystems and the Environment* 144 (1), 364-369.
- Rundloef, M., Nilsson, H., Smith, H. G. (2008).
Interacting effects of farming practice and landscape context on bumblebees. *Biological Conservation* 141 (2), 417-426.
- Rydberg, N.T., Milberg, P. (2000).
A survey of weeds in organic farming in Sweden. *Biological Agriculture & Horticulture* 18, 175-185.
- Schmitz, J, Schäfer, K., Brühl, C.A. 2013.
Agrochemicals in field margins – assessing the impacts of herbicides, insecticides, and fertilizer on the common buttercup (*Ranunculus acris*). *Environmental Toxicology and Chemistry* 32(5), 1124-1131.
- Shore, R. F., Hare, E. J. (2008).
Bank vole *Myodes glareolus*. *Mammals of the British Isles: Handbook*. Southampton, The Mammal Society, 100-107.
- Shore, R. F., Meek, W. R. et al. (2005).
Will Environmental Stewardship enhance small mammal abundance on intensively managed farmland? *Mammal Review* 35(3-4), 277-284.
- Smith, H. G., Danhardt, J. et al. (2010).
Consequences of organic farming and landscape heterogeneity for species richness and abundance of farmland birds. *Oecologia* 162(4), 1071-1079.
- Storfer, A., Murphy, M.A., Evans, J.S., Goldberg, C.S., Robinson, S., Spear, S.F., Dezzani, R., Delmelle, E., Vierling, L., Waits, L.P. (2007).
Putting the "landscape" in landscape genetics. *Heredity* (Edinb), 98, 128-142.
- Strandberg, B., Bruus, M. & Elmegaard, N. (2005):
Weed and arthropod populations in conventional and genetically modified herbicide tolerant fodder beet fields. - *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105, 243-253.
- Strandberg, B., Bruus, M., Damgaard, C., Sørensen, P.B., Strandberg, M., Navntoft, S., Nielsen, K.E. (2013)
Indikatorer for biodiversitetsforbedringer i marknære småbiotoper ved etablering af sprøjtefri randzoner. Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen No. 149, 2012.
- Strandberg, B., Damgaard, C. et al. (submitted).
Time matters: effect of time since transition to organic farming on hedgerow ground vegetation. *Agriculture Ecosystems & Environment*.
- Tilman, D., Fargione, J. et al. (2001).
Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science* 292, 281-284.
- Topping, C. J. (2005).
The impact on skylark numbers of reductions in pesticide usage in Denmark : Predictions using a landscape-scale individual based model. Nr 527. NERI Technical report 34.
- Topping, C. J. (2011).
Evaluation of wildlife management through organic farming." *Ecological Engineering* 37(12), 2009-2017.
- Topping, C. J., Hansen, T. S. et al. (2003).
ALMaSS, an agent-based model for animals in temperate European landscapes. *Ecological Modelling* 167(1-2), 65-82.