

# Agroforestry på svensk åkermark

– vägen mot ett resilient och mångfunktionellt jordbruk?

Jorunn Hellman



# Agroforestry på svensk åkermark – vägen mot ett resilient och mångfunktionellt jordbruk?

*Jorunn Hellman*

**Handledare:** Göran Bergkvist, Institutionen för växtproduktionsekologi  
Sveriges Lantbruksuniversitet

**Btr handledare:** Per Ståhl, Hushållningssällskapet i Östergötland

**Examinator:** Velemir Ninković, Institutionen för växtproduktionsekologi  
Sveriges Lantbruksuniversitet

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i biologi - kandidatarbete

**Kurskod:** EX0689

**Program/utbildning:** Agronomprogrammet mark/växt

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2017

**Omslagsbild:** Ståle Prestøy - Hedgerow 1 (CC BY-ND 2.0)

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Agroforestry, alléodling, biologisk mångfald, buffertzoner, ekosystemtjänster, erosion, lähäck, mångfunktionalitet, odlingssystem, resiliens, torka, utlakning, översvämning

**Sveriges lantbruksuniversitet**  
**Swedish University of Agricultural Sciences**

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för växtproduktionsekologi

## Sammanfattning

Dagens odlingssystem kommer att behöva bli mer mångfunktionella och resilienta för att minska sin negativa miljöpåverkan och kunna möta framtida klimatförändringar. I detta arbete lyfts liten biologisk mångfald, erosion, torka, översvämningar och växtnäringsläckage fram som begränsningar för en uthållig svensk jordbruksproduktion. Agroforestry, jordbrukssystem som integrerar vedartade perenner med jordbruksgrödor och/eller djurhållning, har internationellt erkänts som uthålliga odlingssystem, men används bara i mycket begränsad utsträckning i Sverige. Agroforestrysystem har dock potential att motverka flera av de begränsningar som identifierats med en ökad mångfunktionalitet och resiliens som följd. Arbetets slutsats är att alléodlingar, lähäckar och vedartade buffertzoner, om ändamålsenligt utformade, är relevanta agroforestrymetoder för svensk åkermark. Forsatt forskning kommer behövas kring hur systemen anpassas till svenska förhållanden för att bäst utnyttja deras potential till ökad resiliens, mångfunktionalitet och produktivitet.

*Nyckelord:* Agroforestry, alléodling, biologisk mångfald, buffertzona, ekosystemtjänster, erosion, lähäck, mångfunktionalitet, odlingssystem, resiliens, torka, utlakning, översvämning

## Abstract

The present-day cropping systems will need to become more multifunctional and resilient to reduce their negative environmental impact and meet the future climate change outfall, while maintaining a high productivity. This essay points out low biodiversity, erosion, drought, flooding and nutrient leaching as challenges for a sustainable and durable Swedish agricultural production. Agroforestry, agricultural systems that integrate woody perennials with crops and/or livestock, have gained international recognition as sustainable practices, but have only been adopted to a limited extent on Swedish arable land. Still, agroforestry systems are thought to have a good potential of meeting several of the identified challenges with a good outcome in terms of multifunctionality and resilience. If correctly designed, alley cropping, windbreaks and riparian buffer strips are suggested as relevant agroforestry practices for Swedish arable land. Further research on the systems will however be needed to in order to ensure their compatibility to Swedish conditions and maximize their resilience, multifunctionality and productivity.

*Key words:* Agroforestry, alley cropping, biodiversity, cropping systems, drought, ecosystem services, erosion, flooding, leaching, multifunctionality, resilience, riparian buffer strips, windbreaks

## Förord

Detta är ett kandidatarbete (15 hp) inom Agronomprogrammet mark/växt vid Sveriges lantbruksuniversitet. Arbetet är skrivet inom ämnesområdet biologi vid Institutionen för växtproduktionsekologi och i samarbete med Hushållningssällskapet i Östergötland.

Kanske kan man se detta arbete om svensk agroforestry på lite olika sätt. På ett plan är det tänkt som ett debattinlägg med syfte att belysa att det svenska jordbruket faktiskt har reella begränsningar för en uthållig produktion, och lyfta att vi kan behöva vara ganska kreativa i våra lösningar om vi vill hitta en hållbar väg framåt. Allra främst är det förstås ett arbete som utgår från sitt uttalade syfte – att med akademisk blick studera för- och nackdelar med agroforestrysystem, för sedan säga något om deras potential i en svensk kontext. Det finns också en ambition att ge arbetet en viss praktisk prägel. Kapitel 5 – *Agroforestry för svensk åkermark*, är därför tänkt som en inspirationskälla för den som vill försöka implementera agroforestrymetoder i Sverige.

Att försöka reda ut potentialen för agroforestry på svensk åkermark inom ramarna för ett kandidatarbete kan gott ses som en aning övermodigt. Av ambition att täcka in många olika aspekter har jag ofta bara nuddat vid ytan. Kanske hade det varit ärligare att göra ett arbete av mindre omfattning, och istället grävt djupare. Å andra sidan saknas det fortfarande avgörande aspekter som lönsamhet och attityder och intresse hos lantbrukare, vilka har en väsentlig betydelse för huruvida agroforestrysystemen verkligen kommer kunna implementeras. Därför vill jag gärna ödmjukt framhålla detta arbetes begränsningar – i både djup och bredd, och låta det vara en uppmaning till fortsatta studier om agroforestrys varande eller icke-varande på svensk åkermark, liksom studier av resilienta och mångfunktionella odlingssystem i en vidare bemärkelse.

*Jorunn Hellman  
Uppsala, våren 2017*

## Tack

Det är en utmaning att tänka stort och samtidigt behålla fötterna på jorden. Tack därför till Per Ståhl, växtodlingsrådgivare på Hushållningssällskapet i Östergötland och initiativtagare till uppsatsens ämne, som trots sin långa erfarenhet av verklighetens spörsmål väljer att se potential i det kreativa och det okonventionella.

Det är en utmaning att begränsa sig när precis allting i livet är spännande. Tack därför till min handledare Göran Bergkvist, som kanske inte är expert just på att begränsa sig, men som med sitt stora tålamod med mina röriga utkast och högtflygande ambitioner, har gjort sitt bästa för att tillföra detta arbete en smula stringens.

Det är en utmaning att orka engagera sig i andras huvudbry när man redan har mycket med sitt egna. Tack för därför till Elsa Lagerqvist, Hugo Hultin, Oscar Franzén, Sara Furenhed, Johanna Björklund och Kjell Sjelin, som alla på ett eller annat sätt bidragit med inspiration, stöd eller input under vårens gång.

Det finns dagar det är en utmaning att ens kliva upp ur sängen. Därför några slutliga tack. Till min familj som det aldrig är någon ordning på, men som alltid låter sig drivas av nyfikenhet och engagemang. Som har lärt mig allt det viktiga här i livet. Jag är oändligt stolt över er. Till mina favoritpersoner Anna och Kornelia, för trygghet, stabilitet och outtömlig kärlek genom en osedvanligt rörig vår. Ni är de bästa som finns.

*We live in a time when science is validating what humans have known throughout the ages: that compassion is not a luxury; it is a necessity for our well-being, resilience, and survival.*

- Joan Halifax

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>6</b>
1.1	Bakgrund	6
1.2	Syfte och frågeställningar	8
<b>2</b>	<b>Begrepp och teoretisk bakgrund</b>	<b>9</b>
2.1	Agroforestry	9
2.2	Ekosystemtjänster och mångfunktionalitet	11
2.3	Resilienta odlingsystem	12
<b>3</b>	<b>Begränsningar för en uthållig jordbruksproduktion</b>	<b>14</b>
3.1	Att identifiera en produktionsbegränsning	14
3.2	Liten biologisk mångfald	14
3.3	Eroderande jordar	16
3.4	Torka och översvämningar	18
3.5	Ineffektivt näringsutnyttjande	19
<b>4</b>	<b>Kan agroforestry metoder höja uthålligheten?</b>	<b>21</b>
4.1	Ökad biologisk mångfald	21
4.2	Erosionskontroll	23
4.3	Torka och översvämningar	24
4.4	Förbättrat näringsutnyttjande	25
4.5	Andra aspekter av systemen	26
<b>5</b>	<b>Agroforestry för svensk åkermark</b>	<b>28</b>
5.1	Att utforma lämpliga agroforestrysystem	28
5.2	Alléodling	28
5.3	Lähäcker	30
5.4	Vedartade buffertzoner	31
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>32</b>
<b>7</b>	<b>Slutsats</b>	<b>36</b>
	<b>Referenslista</b>	<b>37</b>

# 1 Introduktion

## 1.1 Bakgrund

År 1960, vid tiden för det globala jordbrukets omfattande industrialisering, levde omkring tre miljarder människor på jorden. I skrivandets stund våren 2017 har världsbefolkningen passerat sju miljarder (United States Census Bureau 2017). Under samma period som denna exceptionella befolkningsökning skett har en parallell explosion i global livsmedelsproduktion ägt rum. Med storleksrationaliseringar och tillgång till teknologiska framsteg i form av bevattningssystem, högvastande sorter och mineralgödsel har andelen hungrande i världen minskat trots en ökande befolkning (Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO) 2015)

Idag står nya utmaningar för dörren. Världens befolkning fortsätter öka, och därtill tar en ökad efterfrågan på bland annat kött och bioenergi grödor alltmer resurser i form av vatten, energi och jordbruksmark i anspråk (Foley et al. 2011). Om utvecklingen fortsätter i samma riktning bedömer FAO (2017) att den globala livsmedelsproduktionen måste stiga med ytterligare 50% till år 2050 för att kunna möta efterfrågan. Samtidigt finns en tillbakagång i de senaste decenniernas tro på vad de teknologiska framstegen kommer kunna fortsätta bidra med. Alltfler rapporter larmar om att det moderna jordbruket, om än i många fall högvastande, tänjer på gränserna för vad som är ekologiskt möjligt inom vår planets gränser. Kväve- och fosforutlakning från jordbruket har lett till övergödning och döda havsbottnar samtidigt som världens fosforreserver i snabb takt utarmas (Cordell & White 2011; Wilson & Lovell 2016). Varje år förvinns 10 miljoner hektar åkermark till följd av erosion vilket motsvarar en yta fyra gånger så stor som den svenska åkerarealen (Jordbruksverket 2015; Pimentel & Burgess 2013). Samtidigt minskar den biologiska mångfalden i världen på ett sätt som är ett hot för en fortsatt jordbruksproduktion (Frison, Cherfas & Hodgkin 2011). För att kunna fortsätta producera mat kommer det framtiden behöva läggas betydligt större fokus på utveckling och förvaltande av miljömässigt hållbara odlingssystem.

Ytterligare en alarmerande aspekt är de stundande klimatförändringarna



vilka kommer kännetecknas av en allt större vädermässig oförutsägbarhet. I ljuset av denna oförutsägbarhet behöver odlingsystemen utformas för att vara *resilienta*, alltså klara av att återhämta sig från olika typer av störningar och stress och ge en stabil avkastning också under mer extrema förhållanden (IAASTD 2009; Foley et al. 2011; Wilson & Lovell 2016).

Produktionssystem som integrerar vedartade perenner och jordbruksgrödor, och/eller animalier på samma plats, så kallad *agroforestry* (AF), har på senare tid rönt uppmärksamhet för sin potential att bland annat nettolagra kol och bevara biologisk mångfald utan att vara mindre högavkastande (Smith, Pearce & Wolfe 2012). Idag erkänns AF-metoder av organisationer FAO och EU som uthålliga produktionssystem med stora miljömässiga, sociala och ekonomiska fördelar (Agforward 2017; FAO 2016). Mellan januari 2014 och december 2017 pågår forskningsprojektet Agforward (Agroforestry that will Advance Rural Development), finansierat av EU:s forskningsprogram med syfte att studera och sprida AF-metoder i Europa. Inom programmet ingår försöksodlingar och studier av redan befintliga system i ett tiotal länder i centrala och södra Europa (Agforward 2017).

Den svenska jordbruket är i mycket hög grad mekaniserat och strukturrationaliserat. Växtproduktionen koncentrerar sig främst till de stora slättdalarna i Skåne, Halland, Västergötland, Östergötland och Mälardalen (Ihse 2007; Jordbruksverket (SJV) 2015). Även om Sverige inte väntas få problem i samma skala som många tropiska och arida områden i världen, kommer också vi i framtiden påverkas av torka, kraftiga skyfall med risk för översvämningar och erosion, samt minskning av biologisk mångfald (Kjellström et al. 2014; Svensson et al. 2007). Om Sverige också i framtiden vill kunna ha ett högavkastande jordbruk är det mycket troligt att våra odlingsystem kommer behöva ställas om för att leva upp till kraven om större mångfunktionalitet och resiliens.

Även om integrerade jordbrukssystem med skogsbete och lätäckor varit vanligt historiskt i Sverige är det idag en ovanlig syn i det svenska jordbrukslandskapet (Larsson, Morell & Myrdal 1997). AF kan ses som ett initiativ att på vetenskaplig grund ta tillvara på traditionella metoder av integrerat jordbruk och anpassa dem till de moderna produktionssystemen. Eftersom mycket få svenska lantbrukare idag praktiserar AF-metoder på åkermark är också de vetenskapliga studierna i ämnet nästintill obefintliga. Den största publicerade svenska studien om AF är ett deltagardrivet forskningsprojekt av Björklund et al. (2016), benämnt *Hållbar livsmedelsproduktion i Sverige - Att odla och äta från perenna system*. Studien undersöker AF-systemens potential att kombinera effektiv produktion av livsmedel med produktion av ekosystemtjänster. Fokus i

studien ligger dock på skogsträdgårdar och betesbaserade system, och inte på system som går att implementera i ett maskinellt åkerbruk. Det finns alltså fortfarande ett stort behov att reda ut om AF-system är lämpliga att implementera på svensk åkermark, och hur i så fall systemen bäst skulle utformas.

## 1.2 Syfte och frågeställningar

Syftet med detta arbete är att diskutera potentialen för att implementera växtodlingsbaserade AF-system på svensk åkermark som ett steg på vägen mot ett resilient och mångfunktionellt jordbruk, alltså ett jordbruk som klarar av att möta framtida klimatförändringar med fortsatt hög produktivitet och samtidigt generera andra ekosystemsystemtjänster än biomassaproduktion. I denna uppsats kommer begreppet uthållighet användas som ett sammanfattande begrepp för de två annars skilda begreppen *resiliens* och *mångfunktionalitet*.

Arbetet är genomfört som en litteraturstudie, men eftersom den forskning som gjorts kring AF-system under svenska förhållanden är försvinnande liten har majoriteten av litteraturkällorna hämtats från andra delar av världen, samt relaterade forskningsfält. Källorna kan grovt delas upp i tre kategorier: 1) litteratur som visar begränsningar hos det svenska jordbruket att vara långsiktigt högavkastande och miljömässigt hållbara produktionssystem, 2) litteratur som beskriver AF-system i länder och kontext med odlingsförutsättningar så likartade de svenska som möjligt, och 3) litteratur som ger en grund till teorier om mångfunktionalitet och resiliens, som utgångspunkt för att diskutera hur väl AF-systemen är ett svar på de begränsningar i uthållighet som går att finna i det svenska jordbruket.

I uppsatsen har jag för avsikt besvara följande frågeställningar:

- Vilka begränsningar finns för en uthållig produktion på svensk åkermark?
- Kan olika AF-metoder öka resiliensen och mångfunktionaliteten i odlingsystemen?
- Hur kan AF-system anpassas för att uppnå en hög grad av resiliens och mångfunktionalitet under svenska odlingsförhållanden?

Uppsatsen har begränsats till att utreda potentialen för växtodlingsbaserade AF-metoder på svensk åkermark. Därför kommer AF i mindre skala för självhushållning, exempelvis skogsträdgårdar, inte att tas upp. Ingår i uppsatsen gör heller inte livsmedelsproduktion som sker i skogsmiljöer, så kallat skogsjordbruk, eller AF-system som inbegriper djurhållning.

## 2 Begrepp och teoretisk bakgrund

### 2.1 Agroforestry

Agroforestry (AF) ett samlingsnamn för landbaserade produktionssystem som medvetet integrerar vedartade perenner och jordbruksgrödor, och/eller animalier, där de olika komponenterna tillsammans förväntas skapa en synergieffekt av fördelaktiga biologiska interaktioner (FAO 2015; Mosquera-Losada et al. 2009). AF-system kan se mycket olika ut och ha olika funktion beroende på geografi, odlingsförutsättningar och syfte med produktionssystemen.

Att nyttja vedartade växter, jordbruksgrödor och animalieproduktion på samma fysiska plats och inom samma produktionssystem är alls ingen nyhet, utan har historiskt snarare varit normen för produktion av livsmedel, bränsle och fiber (Smith 2010). Detta gäller också i Sverige där det traditionellt använts exempelvis naturbete i skogspartier, ängsfruktodlingar och lähäckar mellan fälten (Larsson, Morell & Myrdal 1997). I takt med att växtodlingen i Sverige blivit alltmer effektiviserad och mekaniserad har dock sådana system frångåtts i allt större grad. AF-metoder används i princip inte alls på svensk åkermark idag, undantaget kantzoner som kan räknas som en form av AF om de inbegriper vedartade komponenter.

Växtodlingsbaserad agroforestry har idag en betydligt större utbredning i tropiskt klimat. Riklig solinstrålning och varmare temperaturer möjliggör en stor mångfald av grödor. Dessutom ligger världens tropiska zoner i länder som generellt uppvisar mer arbetsintensiva och mindre mekaniserade jordbruk, vilket passar väl för den komplexitet som AF-system ofta innebär (Wilson & Lovell 2016). Det är först på senare år som AF uppmärksammas som ett alternativ också för extensiv och mekaniserad jordbruksproduktion i tempererat klimat. Betesbaserade system i bland annat Nya Zeeland och Australien, tillsammans med alléodlingar och skyddszoner på nordamerikansk åkermark har stått i förgrunden för försök och forskning (Smith 2010). Europa har alltså länge stått delvis utanför AF-forskningens främsta blickfång, även om många odlingsmetoder som skulle kunna definieras som agroforestry har använts här under lång tid (Ibid.).

Inom ramarna för EU:s landsbygdsutvecklingsprogram pågår idag forskning och andra projekt för att främja ett bevarande och en ökad användning av agroforestry-metoder i Europa, bland annat tidigare nämnda Agforward. I det europeiska landsbygdsutvecklingsprogrammet för 2007–2013 motiveras satsningarna på AF med att systemen förväntas kunna; 1) Öka konkurrenskraften inom skogs- och jordbrukssektorn genom en mer differentierad produktion, utnyttjande av marginalmarker och lägre behov av insatsmedel, 2) förbättra närmiljön på de platser där systemen implementeras och dessutom uppvisa en högre resiliensgrad än andra jordbrukssystem i sin förmåga att buffra olika uttryck av klimatförändringar, och 3) ge socioekonomiska vinster i form av nya typer jobb, rekreation och estetiska värden (Smith 2010).

I tempererat klimat används idag en rad olika typer av AF-system. De fem vanligaste, definierade av det amerikanska jordbruksdepartementet USDA (2017) och Mosquera-Losada et al. (2009), är följande:

- Alléodlingar: System där vedartade grödor planteras i rader tillsammans med vanliga jordbruksgrödor. Jordbruksgrödan förväntas ge en årlig avkastning medan den vedartade grödan, som kan bestå av exempelvis fruktträd, energiskog eller trädslag för virkesproduktion, förväntas ge avkastning i ett längre perspektiv. Skälen till samplantering kan exempelvis vara minskad ytavrinning, ökad biologisk mångfald eller förbättrade markegenskaper.
- Lähäcker: Träd- eller buskrader som planteras på eller bredvid fältkanten främst i syfte att minska vinderosionen. Precis som i alléodlingen kan lähäcken också utnyttjas till att ge olika former av avkastning.
- Vedartade buffertzoner: Kantzoner med inslag av vedartad vegetation mellan åkrar och intilliggande vattendrag, med syfte att minska erosion, utlakning av näringsämnen och spridning av bekämpningsmedel. Till skillnad från de kantzoner som idag har stor utbredning i Sverige är tanken med vedartade buffertzoner att de dels genom sin differentiering av landskapet ska generera ett flertal ekosystemtjänster, dels att dess komponenter ska ge ekonomisk utdelning genom skörd eller avverkning.
- Träd- och skogsbete: System som medvetet blandar träd eller buskar med betesdrift med syfte att öka den biologiska mångfalden eller minska erosion. Samtidigt skapas i systemen positiva interaktioner mellan komponenterna, såsom att betesdjuren drar nytta av trädens beskuggning och träden av betesdjurens spillning.
- Skogsjordbruk: Avsiktlig plantering av nyttogrödor för skörd i redan befintliga skogar. Ofta handlar det om svamp- eller bärodling eller

växter för medicinalt bruk. Ibland räknas uttag av naturligt växande bär, svampar och medicinalväxter också hit.

Eftersom uppsatsen behandlar potentialen för att implementera växtodlingsbaserade AF-system på svensk åkermark faller *träd- och skogsbete* och *skogsjordbruk* bort. *Lähäckar* och *buffertzoner* är egentligen placerade intill åkern och inte på själva åkermarken, men kommer ändå diskuteras i uppsatsen eftersom de kan anses ha en funktion för odlingsystemet som helhet.

## 2.2 Ekosystemtjänster och mångfunktionalitet

Begreppet ekosystemtjänster (EST) har myntats för att försöka beskriva de olika typer av nytta som människor får från ekosystemen. Som ett FN-initiativ publicerades 2005 forskningsrapporten *Millenium Ecosystem Assessment* (MEA) för att kartlägga och kategorisera de olika ekosystemtjänsterna. Publikationen blev en milstolpe i begreppsbyggnaden kring EST som ett sätt att medvetandegöra att mycket av det vi tar för givet – såsom ren luft eller pollinering – är tjänster produceras och upprätthålls av ekologiska system.

MEA (2005) delar in ekosystemtjänsterna i fyra olika övergripande grupper:

- *Stödjande*: Tjänster som möjliggör och upprätthåller produktionen av andra EST. Till exempel näringscirkulation, fotosyntes eller jordmånsbildning.
- *Reglerande*: Nyttor vi får del av tack vare ekosystemens reglerande förmåga, såsom kemisk och biologisk nedbrytning, vattenrening och kolbindning.
- *Försörjande*: Produkter i form av biomassa eller energi, till exempel livsmedel, rent vatten, biobränsle eller medicinala substanser.
- *Kulturella*: Mer subjektiva värden såsom de rekreationella, undervisande eller estetiska upplevelser som naturen tillhandahåller.

Jordbruk är den enskilt vanligaste typen av markanvändning i världen och täcker cirka 38% av jordens landmassa. Dessvärre har denna markanvändning många gånger en mycket negativ inverkan på miljö och klimat. Den globala jordbruksproduktionen är den största antropogena källan till utsläpp av växthusgaser, främst till följd av avskogning, metanavgång vid nötkötts- och risproduktion och lustgasavgång vid gödsling av

jordbruksmark (Foley et al. 2011). Jordbruket bidrar till många av världens stora miljöproblem, såsom övergödning, erosion och förlust av biologisk mångfald. Anläggningen av jordbruksmark leder ofta till degradering av andra viktiga EST såsom biologisk mångfald, erosionskontroll och nettokollagring (Ibid.).

Jordbruket självt också är *beroende* av en lång rad EST, såsom vattnets kretslopp, jordmånsbildning och pollinering. När jordbrukssystem anpassas efter kortsiktigt hög ekonomisk avkastning är risken stor att de utformas på ett sätt som i ett längre perspektiv får negativa konsekvenser för människor och miljö – men också för själva jordbruksproduktionen och dess framtida avkastningspotential (The Economics of Ecosystems and Biodiversity 2014). Jordbruket finns till för att producera livsmedel och annan biomassa som människor behöver. Därför är det heller inte märkligt att de flesta av jordens odlingssystem är designade för största möjliga produktion av just denna ekosystemtjänst, utan hänsyn till funktionalitet i produktionen eller upprätthållandet av andra EST. Jordbruket, som det agroekosystem det trots allt är, har dock potential att påverka exempelvis nettokollagring, erosionskontroll och pollinering (Tsonkova et al. 2012). Med andra ord kan också växtodlingssystemen designas med fokus på fler saker än biomassaproduktion. Sådana odlingssystem kan då kallas *mångfunktionella*. I mångfunktionaliteten kan inräknas produktion av en variation av EST, såväl biologiska som mer socioekonomiska behållningar av jordbrukssystemen, såsom en levande landsbygd (Renting et al. 2009).

Sveriges riksdag har antagit 16 miljömål med avsikt att uppfylla dem innan år 2020. Redan idag har det konstaterats att endast ett av målen, *ett skyddande ozonlager*, med säkerhet kommer att uppfyllas. Många av de som inte kommer att uppnås har en direkt koppling till jordbruksproduktionen i Sverige, däribland *ingen övergödning, levande sjöar och vattendrag, hav i balans, ett rikt växt- och djurliv* och *ett rikt odlingslandskap* (Naturvårdsverket 2017). Detta är relevant att ha i åtanke vid frågan om huruvida Sverige behöver ett mer mångfunktionellt jordbruk eller ej.

### 2.3 Resilienta odlingssystem

Teorier om resiliens har sin grund i Hollings (1973) idéer om dynamiken hos naturliga ekosystem men används idag för att utvärdera såväl ekonomiska och sociala som ekologiska system. Enligt Hollings klassiska definition kan resiliens ses som:

“... a measure of the persistence of systems and of their ability to absorb change and disturbance and still maintain the same relationships between populations or state variables” (Holling, 1973).

Livsmedel odlas i en kontext av stor oförutsägbarhet. När en odlingsäsong börjar är det svårt att förutsäga vilka temperaturer som kommer råda, hur stor nederbörd det kommer bli eller vilka patogener som riskerar medföra starka angrepp. Det går att kartlägga hur sådana faktorer ter sig ett ”medelår”, men att utgå från medelåret kommer alltid resultera i vissa avvikelser. Om avvikelserna är stora riskerar de att ta sig uttryck som chocker för odlingsystemet, såsom vid en översvämning eller ett kraftigt sjukdomsangrepp. Förmågan att motstå och återhämta sig från sådana chocker skulle kunna ses som växtodlingssystemets resiliens.

Odlingssystemets utformning har stor betydelse för hur stor resiliensen kommer vara. Många jordbrukslandskap idag utformas i princip bara efter att vara högproduktiva och inte med kriterier att kunna motstå och återhämta sig från chocker (Foley et al. 2011). I detta skifte mot en större oförutsägbarhet och oftare förekommande extremväder är det viktigt att minska sårbarheten i odlingsystemen och istället utforma *resilienta* system (Kjellström et al. 2014).

## 3 Begränsningar för en uthållig jordbruksproduktion

### 3.1 Att identifiera en produktionsbegränsning

En enskild odlingssäsong kommer det alltid finnas produktionsbegränsningar i form av temperatur, sjukdomstryck, tillgänglig växtnäring, ogräsförekomst med mera. Faktorer som begränsar möjligheten att få en god skörd på en och samma plats under en längre tid, i decennier eller kanske sekler kan dock vara andra aspekter. För att ett jordbruk ska kunna bedrivas under en lång tid krävs förvaltande av resurser som leder till god markstruktur, rikligt med organiskt material i marken och en stor biologisk mångfald. Dessutom krävs det att systemet klarar av att återhämta sig från olika typer av chocker. Eftersom oförutsägbarheten i vädret kommer bli mer markerat i framtiden (Kjellström et al. 2014), är utformandet av stabila system inte sådana som antingen klarar av kraftiga regn *eller* ökande sjukdomstryck *eller* långa perioder av torka, utan sådana som har en inneboende förmåga att stå emot eller återhämta sig från olika typer av störningar. I framtiden kommer det alltså behövas odlingssystem som är resilienta i bred bemärkelse. Med grundantagandet att jordbruket, förutom att vara högavkastande i sin biomassaproduktion, bör minimera sin negativa miljöpåverkan och dessutom gärna bidra till upprätthållandet av ekosystemtjänster, går det att konstatera att systemen också bör utformas efter största möjliga mångfunktionalitet.

I detta arbete används uthållighet som en term för att beskriva någonting som är *både* resilient och mångfunktionellt, helt enkelt för att det är två aspekter som krävs för att ett odlingssystem ska kunna fungera under en lång tid utan stora konsekvenser för omkringliggande miljö. En begränsning för en hållbar produktion kan därför se olika ut. Det kan vara produktion som är utformad för att ge kortsiktig avkastning på bekostnad av långsiktig, åkermark som är känslig för störningar och stress eller odlingssystem som har en negativ påverkan på intilliggande miljö och naturliga ekosystem.

### 3.2 Liten biologisk mångfald

Kort sagt är *biologisk mångfald* den variation av liv som finns på jorden, uttryckt som genetisk variation, artvariation eller variation av ekosystem



(Jose 2012). Världens samlade biologiska mångfald är idag på snabb nedgång, vilket antas bero på överexploatering av arter och habitat, förändrade eller förstörda ekosystem, införande av främmande arter i nya ekosystem och snabba klimatförändringar. I jordbrukslandskapet går att skönja liknande mönster. De senaste decenniernas teknikutveckling och industrialisering av jordbruket som så effektivt ökat produktionen, har också samtidigt bidragit till en stor förlust av biologisk mångfald till följd av inre faktorer såsom alltmer monotona odlingslandskap och en ökad kemikalieanvändning, liksom av yttre faktorer såsom klimatförändringar (Ibid.).

En stor biologisk mångfald kan ur ett bevarandeperspektiv ses som ett värde i sig, men det har också en nyckelroll i upprätthållandet av andra EST. Jordmånsbildning, vattenrening och pollinering är några EST som beror av biologisk mångfald (Varah et al. 2013). Liten biologisk mångfald förväntas i framtiden vara både ett hot mot odlingsystemens fortsatta produktivitetssökning och mot systemens förmåga att motstå störningar – deras inneboende *resiliensgrad* (Bommarco, Kleijn & Potts 2013; Frison, Cherfas & Hodgkin 2011). Särskilt utvecklingen mot ett mer enformigt jordbrukslandskap där många habitattyper gått förlorade identifieras som en orsak till att förekomsten av naturliga fiender och pollinatörer har gått ner. Detta är två invertebratgrupper som har stor ekonomisk och ekologisk betydelse för jordbruket och dess närmiljö (Frison, Cherfas & Hodgkin 2011; Jonsson et al. 2012).

Pollinerande insekter spelar en viktig roll i för både vilda och odlade växter. Bland Sveriges fältgrödor är det främst oljeväxter, bönor och klöverfrö som insektpollineras, men av ekonomisk betydelse är också pollinering av fruktodlingar, grönsaksodlingar och vilda bär. En fungerande pollinering av våra vilda växter är också en förutsättning för att stabiliteten hos de naturliga ekosystemen ska kunna upprätthållas (Bommarco, Kleijn & Potts 2013; Potts et al. 2010). Globalt finns en tydlig nedåtgående trend i förekomsten av pollinerande insekter, vilket på senare år har uppmärksamats främst i koppling till jordbruksproduktionen. Skälen till att populationerna av pollinatörer minskar är många och komplexa, med påverkande faktorer som klimatförändringar, uppkomst och spridning av sjukdomar och omfattande kemisk besprutning. Den allra viktigaste faktorn tros dock vara förändrade och fragmenterade jordbrukslandskap (Potts et al. 2010).

En annan grupp av viktiga invertebrater inom jordbruket är de som agerar naturliga fiender åt våra skadeinsekter. Förekomsten av naturliga fiender är dokumenterat högre i komplexa landskap än i mer enformiga (Bommarco, Kleijn & Potts 2013). Inom konventionell odling finns ofta möjligheten att

bekämpa skadegörare på kemisk väg, men denna bekämpning är inte helt oproblematiske. Den innebär en kostnad för lantbrukaren, den för med sig risker för resistensbildning och kan rubba lokala näringsvävar genom att fler organismer än målorganismerna påverkas av bekämpningen. Den ekologiska odlingen är mycket mer beroende av biologisk bekämpning och förekomst av naturliga fiender än den konventionella, vilket kan innebära ett problem då många ekologiska jordbruk också bedrivs på slättlandskap med en ganska liten landskapsmässig variation (SJV 2017a).

I framtiden kommer sjukdomstrycket på jordbruksgrödorna att öka på grund av resistensbildning och klimatförändringar som bidrar till ett mer gynnsamt klimat för många växtpatogener (Svensson et al. 2007). Uppförökning av olika typer av patogener sker mycket enklare i enformiga odlingslandskap och där en och samma gröda odlas på stor areal. Detta beror på det korta avståndet mellan mottagligt växtmaterial, bristen på fysiska hinder och den stora mängden växtmaterial som kan uppföröka patogenen (Frison, Cherfas & Hodgkin 2011). Att diversifiera ett odlingslandskap blir därför en viktig metod för att förebygga sjukdomsspridning.

Jordbrukslandskapens enformighet är alltså en viktig delorsak till nedgången i biologisk mångfald. Enligt Frison, Cherfas och Hodgkin (2011) har jordbrukslandskapen medvetet gjorts mindre biologiskt diversifierade, eftersom det generellt kräver mindre arbetsinsatser och mindre kunskap att handskas med ett uniformt landskap än ett komplext. Att kunna odla en och samma gröda på stora fält och plocka bort fysiska hinder i form av kanthäckar och öppna diken gör jordbruksarbetet mer effektivt. Med tanke på att biologisk mångfald i odlingsystemet har en stor betydelse för pollinering och biologisk kontroll kan detta dock komma att bli en utmaning för Sverige, som har koncentrerat sin jordbruksproduktion till slättlandskap med relativt liten komplexitet i landskapet (Ihse 2007).

### 3.3 Eroderande jordar

Markerosion påstås av vissa vara ett lika stort hot mot en framtida matproduktion som global uppvärmning (Pimentel & Burgess 2013). I Sverige är problemen inte lika stora som i tropiska eller mycket arida delar av världen, men förekommer och kan i allvarliga fall utgöra betydande problem (Jönsson 1992; Sundberg 1997) Erosion på jordbruksmark kan grovt delas in i *vinderosion* och *vattenerosion*.

Vattenerosion sker i tre steg: jordpartiklar eroderar först från markytan för att

sedan föras bort med vattenströmmar, tills de längre inte kan bäras av vattnets energi då de sedimenterar (Sundberg 1997). Vattenerosion kan delas in i *regndroppserosion*, som består i kompaktering och borttransportering av jord till följd av regndropparnas slag mot marken, och *ytavrinning*, som sker i sluttningar när nederbördsintensiteten är högre än markens infiltrationsförmåga. När jorden eroderar blir det en förlust av materia, markstruktur och växtnäringsämnen. Ytavrinning är den främsta orsaken till utlakning av fosfor inom jordbruket (Alström och Åkerman 1992). Jordens textur, struktur och temperatur, nederbördsintensiteten och landskapets topografi är några av de faktorer som påverkar erosionsbenägenheten (Sundberg 1997). Leriga jordar löper större risk för erosion vid kalla temperaturer och vid långvariga regn eller eftersom de har en lägre infiltrationskapacitet, medan sandiga jordar är mer erosionsbenägna vid intensiva regn (Ibid.)

Bevuxen mark löper mindre risk för vattenerosion än obeklädd mark. Infiltrationskapaciteten är högre tack vare rotsystemens förmåga att luckra upp och strukturera jorden, vilket minskar ytavrinning. Växtmaterialet skapar också ett fysiskt hinder för regndroppserosion (Sundberg 1997). I Sverige sker en stor del av årsnederbörden under sommarmånaderna när också större delen av åkermarken är täckt med gröda, varpå vattenerosionen på de flesta håll i landet är begränsad i jämförelse med många andra regioner i världen. Den vattenerosion som sker, sker främst under snösmältningen på barmark eller åkermark med sparsam vegetation (Sundberg 1997). Det senaste halvsekle har den svenska åkermarken delats in i allt större enheter, varpå många naturliga sedimentationsfällor såsom dikeskanter, träddråer och gårdsgårdar har försvunnit ur jordbrukslandskapet, bortplockandet av sådana fältkanter är den största orsaken till ökad vattenerosion i Sverige. Detta påverkar i hög grad risken för erosion (Ibid.).

Vinderosion sker, precis som vattenerosion, främst när marken är bar eller har en låg täckningsgrad. Risken för vinderosion är som störst under våren när marken börjar tina och torka upp men fortfarande saknar ett ordentligt vegetationstäck. Markbearbetning på våren ökar risken för erosion då den annars lite mera sammanpackade markytan bryts (Bärring et al. 2003). I Sverige är vinderosionen mest förekommande i Skåne vars större odlingsområden utgörs av slättland med relativt lätta jordar. Utvecklingen mot större fältstorlekar har lett till att lähäckar och naturliga vindbrytare i landskapet försvunnit och att vinderosionen på sikt har ökat (Bärring et al. 2003). Trots väderförändringar i temperatur och nederbörd menar prognoserna att det inte kommer blåsa mer i framtiden (Enghag et al. 2016). För att möta den vinderosion som redan existerar i framför allt Skåne är det dock viktigt att använda förebyggande metoder.

### 3.4 Torka och översvämningar

Huruvida klimatförändringarna existerar eller ej är längre inte upp till diskussion. Exakt vilka uttryck dessa förändringar kommer ta sig är dock svårare att förutsäga. De prognoser som idag finns kring hur klimatet kan komma att förändras i Sverige talar för varmare temperaturer, en ökad nederbörd och trots detta större problem med torka. Vattentillgångarna förväntas minska framför allt i södra Sverige, dels på grund av ett större vattenupptag från jordbruket då odlings säsongen förlängs och dels på grund av större avdunstning till följd av de höjda temperaturerna. Med ökad och mer oregelbunden nederbörd kommer vattenflödena oftare att nå extrema nivåer, varpå risken för översvämningar också förväntas bli större. En utveckling i den riktningen har redan gått att märka i Sverige de senaste två decennierna (Kjellström et al. 2014; Klimatanpassningsportalen 2017).

Översvämmad åkermark för med sig ett flertal problem. Långvarig vattenmättnad gör att markstrukturen påverkas negativt och grödan får svårt att tillgodose sina behov av syre och näring. När marken är översvämmad bör man undvika överfarter då det på vattenmättad jord kan ge allvarliga packningsskador. Detta får till följd att gödsling, bekämpning och skörd inte ske vid optimal tidpunkt, vilket i sin tur leder till ytterligare kvantitets- och kvalitetsförluster. Fält med höstgrödor som översvämmas vintertid löper dessutom stor risk för att helt utvintra. Utöver det, finns också en utlakningsrisk av växtnäringsämnen till följd av ytavrinning och grödans minskade näringsupptag (Enghag et al. 2016). Sveriges bördigaste marker ligger generellt i låglänta områden, vilket gör dem extra utsatta för översvämningar. Mark som ligger bar är också mer utsatt än bevuxen mark. Potatis och ärtväxter är mer känsliga för vattenmättad jord än sädeslagen, vilket gör odling av dessa grödor mer utsatta. Generellt gäller också översvämning är ett större ekonomiskt problem i grödor som ger hög avkastning per hektar, såsom potatis, sockerbeter och grönsaker (Ibid.).

Växttillgängligt vatten är en nödvändighet för att grödor ska kunna tillväxa och ge avkastning. Därför är perioder av långvarig torka en uppenbar begränsning för den framtida jordbruksproduktionen. Frågan om hur torkproblematik på svensk jordbruksmark bäst ska hanteras har aktualiserats i samband med de senaste odlings säsongernas mycket låga grundvattennivåer i stora delar av södra Sverige, med tidvis extremlåga nivåer på Öland, Gotland och Götalands östkust (SGU 2016).

### 3.5 Ineffektivt näringsutnyttjande

De flesta makro- och mikronäringsämnen kan lakas ut ur marken men det är framför allt läckage av fosfor och kväve som diskuteras inom jordbruksproduktionen. Utlakning är ett ineffektivitetsproblem inom växtodlingssystemet som innebär en onödig kostnad för lantbrukaren, men det leder också till oönskade miljöeffekter såsom övergödning av sjöar och hav med sämre vattenkvalitet, algblooming och syrebrist till följd. Vattendragen och kustlinjen kring Sveriges större jordbruksområden; Mälardalen, Skåne, Västergötland och Östergötland är de som är hårdast drabbad av övergödning (Havs- och vattenmyndigheten 2017). Av den totala kväve- och fosforutlakningen till sjöar, hav och våtmarker kommer en dryg tredjedel från jordbruket (SJV 2017b). Sedan det svenska jordbruket blev medvetandegjort om utlakningens miljökonsekvenser har man med hjälp av bland annat skyddszoner, minskade näringsgivor och precisionsverktyg lyckats minska utlakningsproblemen, framför allt sådana orsakas av kväve. Kväveläckaget från jordbruket har minskat med drygt 30% sedan 1985 (Ibid.). Läckaget av fosfor har inte minskat på samma sätt, då fosfor binder hårdare till marken och frigörs under en längre tid (SJV 2017b). Riskerna för läckage av näringsämnen och jordbrukskemikalier är extra stora i områden med låga temperaturer och mycket nederbörd, eftersom växter tar upp mindre näring vid låga temperaturer och stor nederbörd innebär att mycket vatten transporteras genom jorden. Sandiga jordar har sämre vatten- och näringshållande förmåga och därför också extra utsatta för risk (Tsonkova et al. 2012). Riskerna för utlakning av framför allt kväve är också större när marken jordbearbetas och när den är obevuxen (Svensson et al. 2007).

Det finns en risk att kväveläckaget ökar med ett förändrat klimat. Torrare och varmare somrar kan innebära sämre näringsutnyttjande vilket leder till att en större andel av det lösliga kvävet stannar i jorden. Blötare och mildare vintrar ökar den mikrobiella aktiviteten i marken varpå mer kväve frigörs och lakas ut. Potential för större skördar ökar också mängden växtnäring som tillförs och är i omlopp, medan en ökad risk för skador på grödan till följd av extremväder kan leda till att kvävet inte omvandlas i biomassaproduktion utan istället löper risk att utlakas (Svensson et al. 2007).

Ytavrinning som slammar upp jorden och för med sig markpartiklar är den största orsaken till fosforförluster från fältet (Svensson et al. 2007). Detta sker främst vid kraftiga regn eller efter lågintensiva men långvariga regn under vår och höst när avdunstningen är liten och marken snabbt blivit vattenmättad. I framtiden kommer nederbörden bli större och oftare falla som kraftiga regn, samtidigt som infiltrationen kommer öka till följd av varmare väder, vilket gör risken för fosforutlakning svår att förutsäga (Ibid.). Fosfor

kan till skillnad från kväve inte bindas från luften, utan hämtas till jordbruket som främst från ändliga reserver av mineralen fosforit. Med den hastighet som världens fosforitlager idag uttöms beräknas *peak fosfor*, alltså den punkt då det ekonomiskt och teknologiskt maximala fosforuttaget kan ske, nå omkring år 2030 (Cordell & White 2011). En handfull länder står för nästan hela den globala utvinningen av fosfor, vilket gör resurstillgången mycket sårbar. År 2008 ökade plötsligt fosforpriserna med 800% när en ökad efterfrågan kortsiktigt inte kunde mötas med ett större utbud. Då 85% av den utvunna fosfor används i jordbrukssektorn spelar matproduktionssystemens utformning stor roll för hur vi ska kunna hushålla med fosfor i framtiden (Ibid.).

## 4 Kan agroforestrymetoder höja uthålligheten?

### 4.1 Ökad biologisk mångfald

En stor del av den litteratur som finns publicerad kring införandet av agroforestrysystem i tempererat klimat behandlar just effekterna på biologisk mångfald. Med en diversifiering av jordbrukslandskapet ökar antalet habitattyper, och med detta följer också en större mångfald av växter, djur och mikroorganismer (Jose 2009; Smith, Pearce & Wolfe 2012; Torralba et al. 2016) Enligt Smith, Pearce och Wolfe (2012) kan AF-metoder bidra till att öka den biologiska mångfalden i ett jordbrukslandskap på flera olika sätt. De kan skapa nya typer av habitat i odlingslandskapet, vilket möjliggör förekomst av fler olika arter med krav på andra livsbetingelser än åkermarken med sina många upprepade störningar. De kan skapa biologiska korridorer mellan andra habitat (t ex skogspartier) vilket förbättrar möjligheten för många arter att föröka sig i landskapet. I ett större perspektiv kan de också bidra till att förhindra förlust av naturliga habitat genom att generera ekosystemtjänster såsom erosionskontroll och nettoinlagring av kol.

För att verkligen öka den biologiska mångfalden krävs det dock att systemen utformas på ett lämpligt sätt. Det har exempelvis stor betydelse hur de perenna komponenterna placeras för huruvida de ska kunna utgöra en biologisk korridor eller ej (Smith, Pearce & Wolfe 2012). I en studie med alléodlingar i Storbritannien där man konstaterat att AF-metoden lett till större biologisk mångfald nämns just alléernas funktion som givare av skydd, resurser och korridorer som de främsta orsakerna till ökat diversitet (Smith & Venot 2016). Likaså har olika växter olika stor potential att locka till sig pollinatörer eller ge skydd åt naturliga fiender (Dix et al. 1995; Winsa et al. 2017). Dix et al. (1995) skriver att det är i fältkanten mellan de vedartade komponenterna och fältet som förekomsten av naturliga fiender är som störst, vilket antyder att det borde finnas en stor förekomst av naturliga fiender i alléodlingar, där fältkanter utgör en stor del av fältet.

I en studie från Storbritannien av Varah et al. (2013) jämfördes konventionella system med etablerade AF-system, också här alléodlingar. Samma ettåriga gröda odlades i båda systemtyperna och utöver trädplanteringarna var odlingsförhållandena så likartade som möjligt i de olika systemen. Antalet fjärilar och artdiversiteten hos dessa användes i studien för att approximera den generella biologiska mångfalden, medan förekomsten av pollinerande insekter (i detta fall honungsbin, humlor och blomflugor) studerades för att approximera pollineringsgraden i

odlingssystemet (Varah et al. 2013). Studien kunde påvisa en signifikant ökad förekomst av både fjärilar och pollinatörer i fälten med alléodlingar, vilket tyder på att AF-systemen genererar både en högre generell biologisk mångfald och en högre pollineringsgrad. Att bin är vanliga i alléodlingar är beror på att trädraderna utgör ett vindskydd och ger välkommen skugga åt bikuporna (Tsonkova et al. 2012).

Forskningen om pollinerande insekters roll för jordbruksproduktionen fokuserar till stor del på honungsbin, som idag är våra viktigaste pollinatörer. Bommarco, Kleijn och Potts (2013) lyfter dock fram att system som gynnar en mångfald av pollinerande insektsarter ger en större säkerhet att kunna bevara stabiliteten i pollineringsfunktionen inför en framtid där vi inte vet vilka sjukdomar eller väderyttringar som kommer gynna vilka arter. Att se till att landskapet är varierat och innehåller många olika habitattyper är det bästa sättet att försäkra sig om att många olika arter kommer kunna trivas.

Med tanke både på resistensbildning och miljömässiga problem med kemisk bekämpning pågår idag forskning kring metoder för att öka förekomsten av naturliga fiender i jordbruket. AF-system föreslås i vissa länder som en användbar metod. Att plantera träd i rader på åkern ger skydd för jordlöpare och andra skalbaggar som trivs med att kunna ta skydd under förnan under sommarsäsongen. Den ostörda regionen kring träden blir också övervintringsplats för jordlöpare och spindlar (Tsonkova et al. 2012). Den habitatstabilitet som AF-systemen tillhandahåller, och som annars är ovanligt i jordbrukslandskapet, genererar förutom fler arter av naturliga fiender också fler individer vilket innebär större predationseffektivitet (Ibid.)

Ett differentierat odlingslandskap är dessutom mer motståndskraftigt mot spridning av patogener, vilket kan komma att få betydelse med tanke på ökat framtida sjukdomstryck (Frison, Cherfas & Hodgkin 2011; Svensson et al. 2007)

I en sammanställning över olika studier som undersökt artförekomst i alléodlingar kunde över hälften av de arter som hittades relateras direkt till förekomsten av alléerna (Tsonkova et al. 2012). Till denna medräknade mångfald räknades också exempelvis ogräsarter, vilket knappast brukar ses som önskvärt i odlingsystemen. Tsonkova et al. (2012) påpekar dock att en av orsakerna till den högre förekomsten av pollinerande insekter i alléodlingarna är just att ogräsförekomsten i bland annat energiskogshäckar är större och mer diversifierad än en ogräsflora i ett öppet fält. AF-system har också en dokumenterad positiv effekt på förekomsten av fåglar och små däggdjur (Jose 2012; Tsonkova et al. 2012). Detta har sällan en direkt påverkan på odlingsystemen, men kan indirekt verka stabiliserande för ekosystemen på ett sätt som jordbruket i ett större perspektiv drar nytta av



(Smith, Pearce & Wolfe 2012). Dessutom kan det ses som positivt utifrån ett bredare bevarandeperspektiv på biologisk mångfald och bland annat som ett led i att nå upp till Sveriges miljömål: Ett rikt växt- och djurliv.

## 4.2 Erosionskontroll

Alléodlingar är en effektiv metod för att minska vindhastigheten i områden med stora fält och i övrigt få fysiska hinder i landskapet. En minskad vindhastighet leder också till en minskad vinderosion. Graden av vindreduktionen beror på alléodlingens höjd, genomsläpplighet och orientering i landskapet (Quinkenstein et al. 2009).

Böhm, Kansler och Freese (2014) har undersökt förmågan hos alléhäckar med snabbväxande energiskog att minska vinderosionen på åkermark på två platser i norra Tyskland. Energiskog bestående av poppel och robinia (ett snabbväxande och kvävefixerande träd vanligt använt för energiskogsproduktion i Centraleuropa) planterades i tio meter breda häckar med 24, 48 och 96 meters mellanrum i fältet, som i övrigt odlades med vanligt förekommande jordbruksgrödor. Energiskogen, som skördades efter 7 år var vid plantering ca 70 cm och vid skörd 4,5m. Enligt studien bidrog häckarna till en tydlig reduktion av vindhastigheten då de uppnått en höjd av två meter, en höjd som häckarna uppnådde redan efter ett års återväxt efter den första skörden. Eftersom vindskyddet försvinner när energiskogen skördas gjordes också försök med att skörda enbart varannan rad åt gången. Vindhastigheten behölls på en konstant låg nivå med denna metod, men då energiskogen bara behöver några månaders återväxt för att åter utgör ett vindskydd ansågs inte varannanradsmetoden relevant annat än i mycket blåsiga lägen (Böhm, Kansler & Freese 2014). Studien kunde visa att vindhastigheten ökade med avståndet mellan, men att även det största avståndet (96 m) minskade vindhastigheten. Smith (2012a) menar i en annan studie om lähäckar, att vindhastigheten kan reduceras på ett avstånd 50 gånger så stort som lähäckens höjd. I studien av Böhm, Kansler & Freese (2014) kunde stora skillnader i effektivitet märkas mellan årstiderna, där förmågan att sänka vindhastigheten var betydligt sämre under vårvintern än under sensommaren. En adekvat placering utifrån vindriktningar och topografi var också viktiga faktorer för att trädraderna skulle ge god vindreducerande effekt.

Gustafson (2014) har studerat läckhäckars potential att minska vindhastigheten i Skåne, och kommit fram till att etablering av trädrader invid fältkanten mycket väl fyller detta syfte. Naturligt förekommande trädarter såsom al, ask, sälg och ek har visat sig ge en god effekt, och en

kombination av de olika arterna ger än bättre vindreduktion eftersom en samodling ger ett tätare bestånd.

Både alléhäckar och vedartade kantzoner har också visat sig vara effektiva metoder för att minska *vattenerosionen*, med en kombination av de båda som allra mest verkningsfullt (Palma 2007b). Trädplanteringar är effektiva på att minska vattenerosionen av framför allt två skäl: De utgör en fysisk barriär i odlingslandskapet och de bidrar med organiskt material vid markytan, vilket förhindrar både regndroppserosion och ytavrinning. Med sina djupa rötter och rotzon som slipper den vanliga åkermarkens störningar ger de också upphov till en större makroporositet och bättre infiltrationsförmåga än resterande del av fältet. Dessa goda effekter uppnås dock först några år efter etablerandet av systemen. Om en alléhäck med energiskog ska anläggas med syfte att minska vattenerosionen är det därför fördelaktigt att ha en lång rotationsperiod med skörd cirka vart tionde år, alternativt att inte alla rader avverkas vid samma tillfälle (Tsonkova et al. 2012).

### 4.3 Torka och översvämningar

AF-system och deras vattenhushållning är en fråga som diskuteras livligt inom AF-forskningen. Å ena sidan föreligger vid samodling en stor risk för konkurrens mellan träd och buskar och jordbruksgrödor om det tillgängliga vattnet, särskilt om alléhäckarna står tätt i fältet. Å andra sidan minskar alléhäckar ofta avdunstningen genom att dels skugga fältet, dels sänka vindhastigheten (Tsonkova et al. 2012; Quinkenstein et al. 2009). Lähäckar i tempererat klimat säkrar dessutom en jämn snömängd över fältet och förhindrar att den blåser bort eller lägger sig i sänkor i fältet. Eftersom snötäcket är en viktig källa till vatten när det sedan smälter om våren kan detta vara av betydelse för grödan (Tsonkova et al. 2012). Inom agroforestry hävdas ibland att grödor och träd inte skulle konkurrera om vatten eftersom de hämtar den från olika nivåer i marken, och att träden kan komma åt grundvattenreserverna vilket grödan normalt sett inte gör (Tsonkova et al. 2012). I alléodlingar i torra miljöer har man dock kunnat se att det uppstår en konkurrenssituation om vatten och näring mellan trädens och jordbruksgrödans rötter. Konkurrensen var som mest utpräglad nära trädraden och på ett markdjup av 0,5 meter (Ibid.). Den kanske viktigaste faktorn för att undvika konkurrens mellan trädkomponenten och grödan är att inte placera trädraderna för tätt. Studier visar att det i alléodlingar som odlats med 8–10 meters mellanrum uppstår en konkurrens om vattenresursen med skördenedsättningar som följd, medan planteringar som har omkring 20 meters mellanrum inte har samma problem, utan snarare uppvisar högre

markfuktighet än ett fält utan alléodling (Quinkenstein et al. 2009). En annan faktor är valet av träd och grödor. Det finns studier som visar att pil och poppel har ett större vattenbehov per enhet producerad biomassa än andra jordbruksgrödor. En begränsande faktor för hög avkastning i energiskog i Sverige just är vattentillgången (Lindroth & Bath 1999). Den stora vattenåtgången kan å andra sidan vara till fördel i en översvämningssituation.

I varmare länder har häckar i fältkanten visat sig vara bra på att minska avdunstningen genom att skapa ett beskuggat mikroklimat (Quinkenstein et al. 2009). Detta är dock sällan ett problem i Sverige där solintensiteten är relativt liten. Enligt Kjellström et al. (2014) kommer dock risken för stora värmeböljor öka i framtiden, och temperaturer på över 40 grader kommer att förekomma.

Plantering av träd och buskar i landskapet skapar enligt Smith, Pearce & Wolfe (2012) bättre förutsättningar för åkermarken att motstå översvämningar. De djupa rötterna ökar infiltrationsförmågan och ökar den vattenhållande förmågan, vilket minskar risken för både stående vatten och ytavrinning. Mängden organiskt material i marken är generellt högre i agroforestrysystemen än på vanlig åkermark, vilket ytterligare ökar infiltrationen.

Rivest et al. (2013) har undersökt hur biokemiska egenskaper och mikrobiell resiliens påverkas av olika typer av odlingssystem, och hur det i sin tur influerar förmågan att hantera torka och översvämningar. I ett försök med upprepade tork- och bevattningsbehandlingar studerades markegenskaperna hos dels ett traditionellt odlingssystem, dels en 18-årig lähäck och dels en alléodling. Studien kunde påvisa att AF-systemen, särskilt lähäcken, uppvisade en högre mikrobiell biomassa efter behandlingarna och dessutom gav upphov till högre skörd under torkstress än det traditionella odlingssystemet (Ibid.), vilket skulle kunna tyda på en högre resiliensgrad i förhållande till torka och översvämningar.

#### 4.4 Förbättrat näringsutnyttjande

Det hävdas ibland att AF-system till följd av samodling av differentierade växtkomponenter med olika strategier för näringsupptag skulle uppvisa ett högre växtnäringsutnyttjande än odlingssystem som bygger på odling i renbestånd. Tsonkova et al. (2012) nämner tre orsaker till att växtnäringsläckaget kan vara mindre i AF-system. Den första handlar just om differentieringen: trädkomponenten har djupare rötter och kan fånga upp

näring längre ner i rotzonen så att detta inte går förlorat från fältet. Många gånger gödslas AF-systemen också med lägre givor, vilket helt enkelt minskar risken för läckage. Systemen bidrar också till en högre andel organiskt material i marken, vilket ökar katjonbyteskapaciteten och markens näringshållande förmåga (Ibid.). Systemens utformning verkar dock ha stor betydelse för hur näringsutnyttjandet kommer se ut. Enligt Tsonkova et al. (2012) pekar studier om alléodlingars potential att minska kväveläckaget åt olika håll och tydliga inga slutsatser tydliga går att dra. Däremot har buffertzoner lite mer entydigt visat sig vara effektiva för att minska näringsläckage. Valet av trädkomponent är också viktigt. Medan poppel och pil förväntas ha en god effekt kan exempelvis den kvävefixerande arten robinia, som ofta används för energiskogsproduktion i Centraleuropa, ge större läckage av kväve i vattnet under sommarhalvåret (Tsonkova et al. 2012).

Eftersom fosfor främst utlakas i samband med ytavrinning är strategierna för att minska fosforavgången ungefär samma som för att minska just ytavrinning. Som tidigare nämnts har både alléodlingar och buffertzoner en stor potential att minska ytavrinningen, särskilt om de praktiseras i kombination. Även om fosforutlakningen i tempererade AF-system inte är särskilt välstuderad, är det rimligt att anta att fosforutlakningen blir mindre i AF-systemen genom att ytavrinningen är dokumenterat mindre än på åkermark med få fysiska och biologiska barriärer eller buffertzoner mot intilliggande vattendrag.

#### 4.5 Andra aspekter av systemen

En av de mer uppmärksammade aspekterna med agroforestrysystemen är deras förmåga att nettolagra kol. De vedartade komponenterna fixerar kol som lagras i ovanjordisk biomassa och systemen bidrar med organisk kol till marken via rötter och förna. Det organiska materialet agerar kolsänka och har samtidigt många markförbättrande egenskaper (Jose 2009; Quinkenstein et al. 2009). Hög mullhalt ger bättre vatten- och näringshållande förmåga, bättre infiltrationsförmåga, högre katjonbyteskapacitet och gynnar förekomsten av mikrobiologiskt liv (Bot & Benites 2005). På grund av långa nedbrytningstider i tempererat klimat tar det minst 10 år innan man kan se en ökning av det organiska markkolet i ett nyimplementerat AF-system (Quinkenstein et al. 2009). Idag sjunker mullhalten i många svenska åkerjor, vilket på sikt gör dem mindre bördiga (Centrum för klimatforskning 2017). Att hitta metoder för att höja det organiska materialet i svenska åkermark är alltså av stor vikt för ett uthålligt framtida jordbruk.

I ett växtodlingssystem föreligger konkurrens om resurser, såsom solljus. Att jordbruksgrödan beskuggas av trädkomponenten kan vara till fördel i mycket varm och torr väderlek. I ett nordligt klimat, såsom i Sverige, kan beskuggningen leda till reducerade skördar till följd av låg ljusintensitet (Smith, Pearce & Wolfe 2012). Beskuggningen ger också upphov till lägre marktemperaturer vilket kan fördröja grödornas etablering, utveckling och tillväxt, särskilt när jorden ska värmas upp på våren (Brandle, Hodges & Zhou 2004).

## 5 Agroforestry för svensk åkermark

### 5.1 Att utforma lämpliga agroforestrysystem

Denna del av uppsatsen ska ses som en inspirationskälla till hur AF-metoder på svensk åkermark skulle kunna implementeras i praktiken. Förslagen till utformning sker mot bakgrund av de tidigare beskrivna begränsningarna för ett uthålligt jordbruk och med målet att maximera de positiva aspekterna, som högre resiliens och mångfunktionalitet. Samtidigt bör de negativa aspekterna, såsom risk för reducerade skördar eller svår och tidskrävande skötsel minimeras. Att ge förslag på AF-system som är väl anpassade till jordbruksmark under svenska förhållanden är i viss mån att famla i mörker. I brist på praktiska erfarenheter saknas också lärdomar. Den ansats som ändå gjorts tar stöd från vetenskapliga artiklar för att förstå interaktioner mellan komponenter och de olika systemens potential att generera olika ekosystemtjänster, från erfarenheter från det just pågående, deltagarledda forskningsprojektet Agforward som belyser AF-system i Centraleuropa, och från information från det amerikanska jordbruksverket USDA. Publikationer från amerikanska universitet såsom University of Minnesota har också använts, då det finns större erfarenhet av tempererad agroforestry på åkermark i Nordamerika än i Europa.

### 5.2 Alléodling

Alléodlingar är förmodligen den av de i detta arbete presenterade AF-metoderna som skulle göra störst praktisk inverkan på odlingsystemet då trädkomponenten planteras i rader i själva fältet. Eftersom träd ofta förväntas stå decennier är det givetvis viktigt att val av trädslag och placering görs så genomtänkt och fördelaktigt som möjligt.

#### *Val av trädkomponent:*

Vid valet av trädkomponent är det viktigt att välja en eller flera arter som passar jordmånen och klimattypen. För att minimera konkurrensen med jordbruksgrödan bör trädslaget inte ha grunda rötter eller stora trädkronor. I Tyskland, Storbritannien, Ungern och Schweiz, alltså länders vars odlingsförutsättningar har många likheter med det nordiska, används främst tre olika grupper av vedartad komponent i alléerna: Energiskog (poppel, salix och robinia), fruktträd (plommon, äpple och päron) och ädellövträd till virke (valnöt, lönn och ek) (Palma et al. 2015).

Energiskogsalléer har fördelen att den går att odla i många delar av Sverige och att det redan finns praktisk erfarenhet hos många lantbrukare av att sköta energiskog. I alléodlingar med energiskog är det vanligt att raderna av energigröda står i rader om två till fyra, där möjligheten finns att skörda en eller två rader och låta de andra stå kvar som vind- och erosionskydd (Quinkenstein et al. 2009). Energiskogshäckar har också fördelen att de bildar ett tätt bestånd som också vintertid reducerar vindhastigheten.

I södra Sverige finns stor erfarenhet av att odla fruktträd (SJV 2017c). Att odla äpplen i alléodling skulle kunna ge fördelaktiga interaktioner med exempelvis pollinering. Fruktträd i alléodlingar odlas ofta i enkla rader i fältet. Ädellövträden odlas också i enkla rader och skulle klimatmässigt fungera i landets sydligaste delar. En utmaning är kanske snarare att hitta en marknad för ädellövvirket. I Sverige går att söka bidrag för ädellövskogsbruk (Skogsstyrelsen 2017) vilket borde kunna användas i samband med agroforestry metoder som inkluderar ädellövskog. I Sverige har vi kvävefixerande vedartade växter som passar vårt klimat, såsom havtorn och al som eventuellt kunde vara intressanta att använda.

#### Val av jordbruksgröda

Visserligen kan konkurrenssituationen om näring och vatten skilja sig beroende på hur djupa rötter grödan har, men förmodligen skulle inte någon av Sveriges vanliga jordbruksgrödor skulle vara helt inkompatibel med ett alléodlingssystem. I Storbritannien har man i alléodlingar provat med potatis, olika stråsådesgrödor, vall och bondbönor och fått goda resultat (Smith & Venot 2016). Helt vanliga växtföljder bör med andra ord kunna användas.

#### Avstånd mellan alléerna

I en alléplantering i ett konventionellt jordbruk kan häckarna eller träden inte stå tätare än att exempelvis en sprutbom kan komma förbi (ca 20–25 m). Det optimala avståndet kan alltså påverkas av maskinbredden, men kommer med större sannolikhet att avgöras av andra odlingsförutsättningar. Är vatten och näring begränsande resurser är det fördelaktigt att inte placera trädraderna särskilt tätt, inte tätare än ca 15 meter. Energiskogshäckar odlas ofta i flera rader tillsammans och blir därför relativt breda. För att ge jordbruksgrödan tillräckligt mycket utrymme placeras sådana energiskogsträden därför ofta med större avstånd än andra typer av alléer. Böhm, Kanzler och Freese (2014) har med avsikt att minska vinderosionen exempelvis provat avstånden 24, 48 och 96 meter, där alla avstånden gav en tillfredställande vindreduktion. För aspekter som ökad humushalt i marken eller ökad predationseffektivitet hos naturliga fiender kan raderna med fördel placeras tätare. Eichhorn et al. (2006) påpekar att konkurrensen om solinstrålning är den främsta utmaningen med alléodlingar i norra Europa. Desto tätare träd- eller

buskraderna står och desto högre de blir desto större blir beskuggningen av fältet. Om trädhöjden överstiger radbredden är systemet inte längre särskilt produktivt. Under förhållanden som i Sverige kan man också tänka sig att beskuggningen av fältet skulle senarelägga jordens uppvärmning på våren, varpå vårsådden skulle behöva skjutas fram.

### 5.3 Lähäckar

Lähäckar planteras på eller bredvid fältkanten. Inom agroforestry är tanken att lähäckens ska inbringa inkomster och att den ska vara så mångfunktionell som möjligt medan den står. Eftersom en lähäcks främsta funktion är att reducera vindhastigheten behöver dock inte utformningen vara särskilt invecklad. Vanligt är att ha enkla rader av träd eller buskar, men mer komplexa lähäckar förekommer också. Desto bredare och tätare en lähäck är, desto mer effektiv är den som skydd mot vind (Univeristy of Minnesota Extension (UME) u.å.). Desto större inre variation av växter, desto större förekomsten av pollinatörer och naturliga fiender (Brandle, Hodges & Zhou 2004). Att plantera en kombination av buskar och träd kan därför vara fördelaktigt. Planteras flera rader är en vanlig modell att värdefullare frukt- och nöträd får stå i mitten, omgärdade på båda sidor av buskar eller lägre träd. För att förhindra att vinden blåser runt lähäcken bör den vara minst 10 gånger så lång som häckens höjd (UME u.å.)

#### Val av trädkomponent

Gustafsson (2014) menar att al, ask, sälg och ek visat sig vara effektiva trädslag i lähäckar för att minska vindhastigheten i slättlandskap. Han föreslår också bok, poppel, robinia och äppel- och päronträd som möjliga alternativ. För att snabbt få bukt på vinderosionen på en plats är det till fördel att välja ett snabbväxande träd, såsom sälg eller hybridpoppel. Finns möjligheten att kombinera olika typer av träd eller buskar i lähäcken kan det ytterligare reducera vindhastigheten. Barrträd kan också användas, och anses vara effektiva i sin förmåga att sänka vindhastigheten, särskilt om de placeras i flera rader (Brandle, Hodges & Zhou 2004). Barrträd har fördelen att de inte fäller löv, vilket gör dem till bättre vindskydd under vintern. Å andra sidan tillförs inte fältet samma kvatitet av förna från barrskog som från lövträd (Mosquera-Losada et al., 2009). För att undvika beskuggning av fältet bör lähäckar inte vara alltför höga, särskilt inte sådana som placeras söder om fältet. Dessutom är också relativt låga lähäckat effektiva vindskydd. Smith, Pearce & Wolfe (2012) menar att lähäckar kan sänka vindhastigheten på ett avstånd 50 gånger stå stort som trädens höjd.



## 5.4 Vedartade buffertzoner

Vedartade buffertzoner är växtlighet av träd, buskar och annueller som växer mellan fältet och ett intilliggande vattendrag eller våtmark. Buffertzonens främsta uppgifter är att minska avgången av växtnäringsämnen, bekämpningsmedel och eroderade markpartiklar från fältet, men de kan också ha en god effekt på förekomsten av pollinatörer och naturliga fiender. Trädbuffertzoner kan bestå av enbart naturlig och vild vegetation, men kan också medvetet utformas med syfte att ge avkastning i form av exempelvis frukt, nötter eller virke (MacFarland, Straight & Dosskey 2017). I Sverige använder vi oss redan av kantzoner, vilka har likheter med vedartade buffertzoner i sitt syfte att minska läckage av växtnäring och bekämpningsmedel. Buffertzonerna har dock just ett dominerande inslag av vedartade komponenter, ofta en större bredd och dessutom en potential att vara en egen inkomstkälla.

### Buffertzonens utformning

Vedartade buffertzoner delas normalt upp i tre delzoner (MacFarland, Straight & Dosskey 2017). Zon 1 som ligger närmast vattnet och är till för platsens naturliga vegetation och ska helst lämnas helt orörd. Zon 2 är mellanzonen och den ”ekonomiska zonen”. Denna zon kan användas till att odla exempelvis frukt- eller ädellövträd. Bärbuskar kan också ingå här. Zon 3 ligger närmast fältet och kan antingen bestå av samma gröda som fältet (men då lämnad obehandlad), eller av blomsterremsor eller någon annan icke-vedartad växt. Fördelaktigt är om det i buffertzonen som helhet ingår både träd, buskar och annueller då de har olika funktioner i systemet. Träden är tänkta att motstå översvämningar, fixera kol och öka infiltrationsförmågan i marken. Gräs och örter förhindrar ytavrinning från fältet, och hindrar att fältet skuggas eller att invasiva arter introduceras till fältet. Buskar däremellan utgör ytterligare en ekologisk nisch för differentiering i habitattyper och kan samtidigt ge avkastning i form av frukt, nötter och bär.

### Buffertzonens bredd

USDA (2017) rekommenderar en buffertzonsbredd på minst 20 meter. Buffertzonens bredd har stor inverkan på dess funktion. Redan smalare buffertzoner fångar upp eroderade markpartiklar effektivt, medan lite bredare zoner behövs för att filtrera lösliga näringsämnen och kemiska bekämpningsmedel. Desto bredare zonen är desto mer ökar också möjligheten för fåglar och andra djur att etablera sig (MacFarland, Straight & Dosskey 2017)

## 6 Diskussion

Behöver odlingsystemen på de svenska jordbruksmarkerna förändras? Detta arbete har lyft fram ett antal begränsningar för ett resilient och mångfunktionellt svenskt jordbruk. Viktigt är förstås att poängtera att *all* jordbruksmark inte begränsas av *alla* dessa faktorer, men att det samtidigt kan finnas betydligt fler utmaningar för ett framtida jordbruk än de som nämnts här. Emellertid vet vi med ganska stor säkerhet att de klimatförändringar som står för dörren kommer att påverka de svenska odlingsförhållandena på ett sätt som kommer att få implikationer för vilka odlingsstrategier som vi bör och kommer kunna använda. Med premissen att alla odlingsystem bör utformas för att minimera negativ miljöpåverkan och optimera produktionen av olika ekosystemtjänster – ja, då måste de svenska odlingsystemen till viss del förändras.

Den biologiska mångfalden i odlingslandskapet har uppenbarligen minskat och riskerar att fortsätta minska. Kopplingen mellan ett diversifierat jordbrukslandskap och en ökad biologisk mångfald är både väldokumenterad och relativt okontroversiell. Att agroforestryssystemen bidrar till ett mer diversifierat landskap är inte heller särskilt omtvistat (Jose 2012). Ett rikt växt- och djurliv är ett av Sveriges 16 miljömål, vilket skulle kunna vara nog som motiv till att förorda implementering av mer agroforestrymetoder. Men hur viktigt är egentligen biologisk mångfald för jordbruket i sig? Även om hög generell biologisk mångfald leder till större stabilitet i ekosystemen (Bommarco, Kleijn & Potts 2013), är det svårt att belägga att biologisk mångfald *alltid* direkt gynnar odlingsystemen. Arter av fåglar, däggdjur, invertebrater, svampar och olika växter kan skada grödan eller konkurrera med densamma om resurser. Termen biologisk mångfald, när det används inom jordbruket syftar ofta på nyttoinsekter eller gynnsamma markorganismer, snarare än på en generell biologisk mångfald. Agroforestryssystemen ökar den *generella* biologiska mångfalden genom att differentiera landskapet, men mycket tyder också på att de kan bidra med just sådant som är fördelaktigt ur ett agronomiskt perspektiv, särskilt om de utformas med det syftet. Pollinatörer kan gynnas genom att så in blommade örter i buffertzoner, bredvid lähäckar eller kring alléerna i en alléodling. Naturliga fiender gynnas ofta av de habitat som trädkomponenterna bidrar med, och markbiologin gynnas av den ostörda miljön runtomkring de perenna växterna (Bommarco, Kleijn & Potts 2013; Frison, Cherfas & Hodgkin 2011). Mer forskning behövs dock kring interaktionerna mellan de olika komponenterna, och metoder för att gynna särskilt önskvärda organismer.

Vind- och vattenerosion är allvarliga problem för jordbruket eftersom det

innebär förlust av växtnäringsämnen, markpartiklar och markstruktur som är svåra att restaurera. Det finns tecken på att särskilt vattenerosionen i Sverige kommer att öka i framtiden, vilket ger skäl till att fundera över hur detta ska bemötas. Källmaterialet till kapitlet om vinderosion i Sverige är omkring ett par decennier gammalt, då inga senare vetenskapliga publikationer stod att finna. Vinderosionens framtida storlek är därför svårare att avgöra. Eftersom utvecklingen länge gått mot allt större sammanhängande arealer och mindre fysiska hinder i landskapet är det troligt att problemen inte har minskat sedan 1990, men det saknas egentligen grund för att påstå att vinderosionens skulle ha ökat eller kommer öka i framtiden. För att minska problemen med ytavrinning och vinderosion möjligt att det svenska jordbrukslandskapet kommer att behöva återgå till att bli mer komplext och innefatta fler fysiska barriärer. Fördelen med lähäckar eller buffertzoner är att de kan utformas för att ge ekonomisk avkastning och inta bara ”ta upp plats” i landskapet.

Kanske är det i frågan om risk för torka och översvämningar som vi kommer närmast diskussionen om växtodlingssystemens *resiliens*. Både torka och översvämningar är stora störningar för jordbruket, och båda kommer troligtvis öka i framtiden (Klimatanpassningsportalen 2017). Eftersom meningarna går isär huruvida förekomsten av vedartade komponenter skapar större torkproblematik genom konkurrens om markvattnet, eller lindrar torkan genom beskuggning av fältet och ökat organiskt material i marken, ger det här arbetet inte stöd för att rekommendera AF-system som en åtgärd mot torka. Mot översvämningar tyder däremot det mesta på att trädplanteringar i fältet minskar riskerna för stående vatten (Smith, Pearce & Wolfe 2012). I särskilt översvämningsdrabbade områden kan därför agroforestry-metoder mycket väl vara ett alternativ. Eftersom översvämningar trots allt är, och kommer fortsätta vara, ett undantag snarare än en regel är det viktigt att systemen också upplevs ha andra fördelar än översvämningsbuffrande förmåga, för att incitamenten ska finnas att etablera dem.

Det finns ett växtnäringsläckage av betydande storlek från det svenska jordbruket, men arbete som redan pågår för att minska läckaget visat på goda framsteg (SJV 2017b). Även om det finns studier som pekar på att de vedartade komponenterna i ett AF-system kan fånga upp kväve längre ner i rotzonen och på andra sätt minska utlakningen, kanske detta snarare ska ses om en positiv bieffekt när väl systemen implementeras, än en strategi för att få bukt på kväveutlakning. Starkt stöd finns däremot i litteraturen för att agroforestry-systemen minskar fosforutlakningen som sker i samband med ytavrinning. Särskilt vedartade buffertzoner är intressanta ur detta perspektiv (Tsonkova et al. 2012).

För att sammanfatta de senaste styckena finns det mycket som tyder på att AF-jordbruk skulle förbättra uthålligheten i det svenska jordbruket. AF är ett paraplybegrepp för många olika typer av metoder och resultaten av att implementera dem kommer givetvis skilja sig åt beroende på vilken metod som används. AF-metoderna har dock generellt sett en större potential att generera ekosystemtjänster såsom erosionskontroll, minskad fosforutlakning, större biologisk mångfald och ökad mullhalt i marken, än de odlingsystem vi använder oss av idag. De är med andra ord mer *mångfunktionella*. Om agroforestrysystemen också är mer resilienta än de traditionella systemen är svårare att svara på, eftersom störningar kan förekomma av så många olika slag. Litteraturen menar att AF-system bättre kan motstå översvämningar och snabb uppförökning av patogener. Deras relativt stora komplexitet i artsammansättning av invertebrater gör de också rimligt att tro att systemen bättre skulle kunna motstå stora skadedjursangrepp eftersom det finns fler olika predatorer på plats. För att studera någon typ av "generell" resiliens hos AF-systemen, skulle också deras förmåga att motstå och återhämta sig från andra typer av chocker och störningar, såsom stormar, brand eller plötslig nattfrost kunna undersökas.

I ett arbete om växtodlingsystem är rimligtvis produktionen själva utgångspunkten. Arbetets övergripande fråga är hur vi hittar vägar mot ett uthålligt jordbruk – alltså hur vi ska kunna fortsätta producera. Begränsningar i mångfunktionalitet och resiliens ses på samma sätt ytterst som begränsningar för en långsiktig *produktion*. Odlingsystem är dock inte isolerade enheter, utan existerar i större samhällssystem som kan ha andra övergripande mål och prioriteringar, samhällssystem som både påverkar och påverkas av jordbruksproduktionen. AF-system utmanar synen på odlingsystemen som rena produktionssystem, genom att många gånger motiveras utifrån att bidra till vackra landskap och intressanta arbeten (Renting et al. 2009).

Tyvärr räcker det inte att komma fram till att agroforestrysystemen skulle vara mer mångfunktionella, resilienta och kulturellt intressanta än de odlingsystem som vi har idag för att säkert säga att finns en god potential för att implementera dem. Att anlägga en buffertzona eller en lähäck kostar resurser i tid och pengar. En alléodling är dessutom ett ganska stort ingrepp på själva åkern och en komponent som kommer att stå i många år. Om inte lantbrukaren själv tror att hen kommer gynnas av åtgärder genom högre skördar, över tid mer stabila skördar, ett intressantare jobb eller en trevligare närmiljö så kommer metoderna inte upplevas som relevanta. Om AF-system ska införas är det därför viktigt att de antingen utformas så att de ger god avkastning, eller att det finns ersättning att få för de ekosystemtjänster man genererar genom att anlägga systemen. Förutom att lantbrukaren vill ha

lönsamhet är produktiviteten viktig utifrån ett funktionellt perspektiv. Produktion av livsmedel, bioenergi och virke också är ekosystemtjänster, och oförnekligen de viktigaste i ett jordbrukssystem.

Förutom att göra AF-systemen lönsamma kommer en annan utmaning med stor sannolikhet att vara att skapa intresse hos en bred lantbrukarskara. De som idag praktiserar någon form av agroforestry i Sverige drivs av ett stort personligt engagemang för uthållig matproduktion och intresse för kreativa lösningar (Björklund, Eksvärd & Schaffer 2014). Att implementera ett AF-system är en stor och långtgående investering, vilket kan skrämja om det inte finns en tradition av metoderna eller andra goda exempel att luta sig mot. Resilienta odlingsystem kanske snarare kännetecknas av stabila normalskördar än höga toppskördar. Eftersom det ofta är svårare att se vinsten av en undgången förlust, än förlusten vid en missad vinst kommer inte stabilitet nödvändigtvis framstå som det mest attraktiva alternativet. Det ligger också en utmaning i att många av systemens fördelar, såsom bättre markstruktur eller ökad förekomst av naturliga fiender, kan ta några år innan de yttrar sig. Därför är en ömsesidig kunskapsöverföring mellan forskare, rådgivare och lantbrukare helt avgörande för att implementeringen av agroforestry-metoder ska få spridning på svensk åkermark.

Kunskapsöverföring kan dock bara ske om det finns någon kunskap att överföra. Därför behövs forskning och praktiska försök som söker fylla de kunskapsluckor som finns. Vilka komponenter ingår mest fördelaktigt i ett svenskt agroforestry-system? Hur kommer konkurrensen om ljus och vatten att se ut? Hur kommer förekomsten av pollinatörer och naturliga fiender påverkas när en AF-metod implementeras? Vilka trädslag kommer ge god avkastning? Hur skapar man incitament för att implementera systemen?

Så, avslutningsvis: Är agroforestry vägen mot ett resilient och mångfunktionellt svenskt jordbruk? Kommer vi i framtiden att se alléodlingar, lähäckor och vedartade buffertzoner i våra odlingslandskap? Med en större insikt om de miljö- och klimatmässiga utmaningar vi står inför, mer kunskap om hur vi kan få alternativa odlingsystem att fungera, anpassade regelverk och en viss dos av nyfikenhet och kreativitet – ja, visst är det då en väg som väl värd att utforska.

## 7 Slutsats

Svensk åkermark uppvisar ett flertal begränsningar för ett framtida resilient och mångfunktionellt jordbruk, däribland liten biologisk mångfald, erosionsrisk, sårbarhet inför torka och översvämningar och växtnärläckage. Agroforestrymetoder för tempererat klimat kan möta flera av dessa utmaningar. Systemen har potential att öka resiliensen gentemot störningar såsom översvämningar och skadegörarangrepp och dessutom öka mångfunktionaliteten i systemen genom att sänka läckaget av fosfor, nettolagra kol och möjliggöra en större biologisk mångfald. Många av fördelarna med agroforestrysystemen är en direkt följd av den differentiering av jordbrukslandskapet som odlingsystemen ger upphov till.

De agroforestrymetoder som främst är relevanta att implementera på svensk åkermark är alléodlingar, lähäckar och vedartade buffertzoner. Inspiration till hur systemen ska utformas, alltså vilka komponenter som ska ingå och hur de skulle organiseras i odlingsystemen, kan hämtas från Centraleuropa och Nordamerika där det finns längre erfarenhet av agroforestrymetoder på åkermark och under odlingsförutsättningar som liknar de svenska. Fortsatt forskning behövs kring hur agroforestrymetoder skulle kunna utformas med specifikt för svenska förhållanden för att säkerställa resiliens, mångfunktionalitet och lönsamhet.

## Referenslista

- Agforward (2017) *Aims and objectives*. Tillgänglig: <http://www.agforward.eu/index.php/en/> [2017-06-16]
- Alström, K. & Bergman Åkerman, A. (1992) Contemporary soil erosion rates on arable land in southern Sweden. *Geografiska Annaler*, vol. 74A, ss. 101–108
- Bommarco, R., Kleijn, D. & Potts, C.G. (2013) Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 28, ss. 230–238.
- Bot, A. & Benites, J. (2005) The importance of soil organic matter - Key to drought-resistant soil and sustained food production. *FAO Soils Bulletin*, vol. 80.
- Björklund, J., Eksvärd, K., & Schaffer, C. (2014) Assessing ecosystem services in perennial intercropping systems – participatory action research in Swedish modern agroforestry. I: Schobert, H., Riecher, M.C., Fischer, H. Aenis, T. & Knierim (ed.) *Farming systems facing global challenges: Capacities and strategies* ss. 112–113
- Björklund, J. & Eksvärd, K. (2016) *Slutrapport: Hållbar livsmedelsproduktion i Sverige – Att odla och äta från perenna system*. Örebro universitet. Institutionen för naturvetenskap och Teknik.
- Brandle, J.R., Hodges, L., Zhou, X.H. (2004) Windbreaks in North American agricultural systems. *Agroforestry Systems*, vol. 61-62, ss. 65–78.
- Bärring, L., Jönsson, P., Mattson, O. Åhman, R. (2003) Wind erosion on arable land in Scania, Sweden and the relation to the wind climate—a review. *Catena*, vol. 52, ss. 173–190
- Böhm, C., Kanzler, M., Freese, D. (2014) Wind speed reductions as influenced by woody hedgerows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany. *Agroforestry Systems*, vol. 88 ss. 579–591
- Centrum för klimatforskning (2017) *Verktyg för att värdera ekosystemtjänster – c-bank*. Tillgänglig: <http://www.cec.lu.se/sv/forskning/vesa/verktyg-for-att-vardera-ekosystemtjanster-c-bank> [2017-05-22]
- Cordell, D. & White, S. (2011) Peak Phosphorus: Clarifying the Key Issues of a Vigorous Debate about Long-Term Phosphorus Security. *Sustainability*, vol. 3 ss. 2027–2049
- Dix, M.E., Johnson, R.J., Harrell, M.O., Case, R.M., Wright, R.J. (1995). Influences of trees on abundance of natural enemies of insect pests: a review. *Agroforestry Systems*, vol. 29 ss. 303–311

- Eichhorn, M.P., Paris, P., Herzog F., Incoll L.D., Liagre F., Mantzanas K., Mayus, M., Moreno G., Papanastasis, V.P., Pilbeam, D.J., Pisanelli, A. & Dupraz, C. (2006) Silvoarable Systems in Europe – Past, Present and Future Prospects. *Agroforestry Systems*, vol. 67, ss. 29–50.
- Enghag, O., Hagerberg, A., Jakowlew, G., Sundin, S. Waldner, J., Wallentin, J. & Markensten, T. (2016) *Jordbruket och väderrelaterade störningar - Konsekvenser av översvämningar för växtodling och djurhållning*. Jordbruksverket.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO (2015) *70 Years of FAO (1945–2015)*. FAO Office for Corporate Communication. Rome.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO (2016) *Agroforestry*. Tillgänglig: <http://www.fao.org/forestry/agroforestry/en/> [2017-05-17]
- Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO (2017) *The future of food and agriculture – Trends and challenges*. Rome.
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.D., O’Connell, C., Ray, D.K., West, P.C., Balzer, C., Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockstrom, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D. & Zaks, D.P.M. (2011) Solutions for a cultivated planet. *Nature*, vol. 478, ss. 337–342.
- Frison, E.A.; Cherfas, J. & Hodgkin, T. (2011) Agricultural Biodiversity Is Essential for a Sustainable Improvement in Food and Nutrition Security. *Sustainability*, vol. 3, ss. 238–253
- Gustafsson, E. (2014) *Lähäcker för minskad vinderosion och andra ekosystemtjänster*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för biosystem och teknologi. Trädgårdingenjörsprogrammet.
- Havs- och vattenmyndigheten (2017) *Övergödning*. Tillgänglig: <https://www.havochvat-ten.se/hav/fiske--fritid/miljopaverkan/overgodning.html> [2017-05-21]
- Holling, C.S. (1973) Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 4, ss. 1–23
- Ihse M. (2007) Changes in Scandinavian cultural landscape of importance for biodiversity. *Kungliga skogs- och lantbruksakademiens tidskrift*, vol. 146:5 ss. 36-44.
- International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD) (2009) *Global Annual Report*.
- Jonsson, M., Buckley, H., Case, B., Wratten, S., Hale, R. & Didham, R. (2012) Agricultural intensification drives landscape-context effects on host–parasitoid interactions in agroecosystems. *Journal of Applied Ecology*, vol. 49, ss. 706–714
- Jordbruksverket (2015) *Jordbruksmarkens användning 2014*. Sveriges officiella statistik. Statistiska meddelanden. (JO 10 SM 1501).



- Jordbruksverket (2017a) *18% av åkermarken var ekologisk 2016*. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/pressochmedia/nyheter/nyheter2017/18procentavjordbruksmarkenvarekologisk2016.5.cb0cc6e15c33aa1740e598.html> [2017-05-25]
- Jordbruksverket (2017b) *Jordbruket och övergådningsen*. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/ingenovergodning/jordbruketochovergodningen.4.4b00b7db11efe58e66b80001608.html> [2017-05-21]
- Jordbruksverket (2017c) *Skörd av trädgårdsväxter 2016*. Sveriges officiella statistik. Statistiska meddelanden. (JO37 SM 1701).
- Jose, S. (2009) Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems*, vol. 76 ss. 1–10
- Jose, S. (2012) Agroforestry for conserving and enhancing biodiversity. *Agroforestry Systems*, vol. 85, ss.1–8
- Jönsson, P., 1992. Wind erosion on sugar beet fields in Scania, southern Sweden. *Agricultural and Forest Meteorology*, vol 62, ss. 141–157
- Kjellström, E., Abrahamsson, R., Boberg, P., Jernbäcker, E., Karlberg, M., Morel, J. & Sjöström, Å. (2014). *Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget*. SMHI Klimatologi Nr 9.
- Klimatanpassningsportalen (2017) *Torka*. Tillgänglig: <http://www.klimatanpassning.se/hur-forandras-klimatet/temperatur/torka-1.21291> [2017-05-19]
- Larsson, M. P., Morell M. & Janken, M (eds) (1997) *Agrarhistoria*. LT, Stockholm.
- Lindroth, A. & Bath, A. (1999) Assessment of regional willow coppice yield in Sweden on basis of water availability. *Forest Ecology and Management*, vol. 121, ss. 57–65
- MacFarland, K., Straight, R. & Dosskey, M. (2017) *Riparian forest buffers: An agroforestry practice*. Agroforestry notes. Unites States Department of Agriculture.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005) *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Mosquera-Losada, M.R., McAdam, J.H., Romero-Franco, R., Santiago-Freijanes J.J. & Rigueiro-Rodríguez, A. (2009) Definitions and components of agroforestry practices in Europe. I: *Agroforestry in Europe: Current Status and Future Prospects*. Springer Science & Business Media B.V.
- Naturvårdsverket (u.å.). *Sveriges miljömål*. Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/> [2017-05-24]
- Pimentel, D. & Burgess, M. (2013) Soil Erosion Threatens Food Production. *Agriculture* 2013, vol. 3 ss. 443–463

- Palma, J.H.N., Graves, A.R., Burgess, P.J., Keesman, K.J., van Keulen, H., Mayus, M., Reisner, Y. & Herzog, F. (2007) Methodological approach for the assessment of environmental effects of agroforestry at the landscape scale. *Ecological Engineering*, vol. 29, ss. 450–462
- Palma, J., Crous-Duran, J., Graves, A. & Burgess, P.J. (2015) *Database of agroforestry system description*. Agforward.
- Potts, S.G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O. & Kunin, W. E. (2010) Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 25, ss. 345–353
- Quinkenstein, A., Wöllecke, J., Böhm, C., Grünewald, H., Freese, D., Schneider, B.U. & Hüttl, R.F. (2009) Ecological benefits of the alley cropping agroforestry in sensitive regions in Europe. *Environmental Science & Policy*, vol.12, ss.1112–1121
- Renting H., Rossing W.A.H., Groot b, J.C.J., van der Ploeg, J.D., Laurent, C., Perraud, D., Stobbe- laar, D.J. & van Ittersum, M.K. (2009) Exploring multifunctional agriculture. A review of conceptual approaches and prospects for an integrative transitional framework. *Journal of Environmental Management*, vol. 90 ss. 112–123
- Rivest, D., Lorente, M., Olivier, A. & Messier, C. (2013) Soil biochemical properties and microbial resilience in agroforestry systems: Effects on wheat growth under controlled drought and flooding conditions. *Science of the Total Environment*, vol. 463–464 ss. 51–60
- Skogsstyrelsen (2017) *Stöd för ädellövskogsbruk*. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/aga-skog/stod-och-bidrag/adellovsstod/> [2017-05-28]
- Smith, J. (2010) *The history of temperate agroforestry*. The Organic Research Centre, Elm Farm.
- Smith, J., Pearce, B. & Wolfe M. (2012) Reconciling productivity with protection of the environment: Is temperate agroforestry the answer? *Renewable Agriculture and Food Systems*, vol. 28 ss. 80–92
- Smith, J. & Venot, C. (2016). *System Report: Silvoarable Agroforestry in the UK*. Agforward.
- Sundberg, D. (1997) *En GIS-tillämpad studie av vattenerosion i sydsvensk åkermark*. Lunds universitets naturgeografiska institution. Seminarieuppsatser nr. 42.
- Svensson, H., Albertsson, B., Franzén, M., Frid, G., Johnsson, B., & Wahlander, J. (2007) *En meter i timmen – klimatförändringarnas påverkan på jordbruket i Sverige*. (Jordbruksverkets rapport 2007:16)
- Sveriges geologiska undersökning, SGU (2016) *Grundvattennivåer i juni 2016*. Tillgänglig: <https://www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2016/juni/grundvattennivaer-i-juni-2016/> [2017-05-19]
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2014) *TEEB for Agriculture and Food*. Concept Note.

- Torralba, M., Fagerholm, N., Burgess, P., Moreno, G., Plieninger, T. (2016) Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 230, ss. 150–161
- Tsonkova, P., Böhm, D., Quinkenstein, A. & Freese, D. (2012) Ecological benefits provided by alley cropping systems for production of woody biomass in the temperate region: a review. *Agroforestry Systems*, vol. 85, ss. 133–152
- United States Census Bureau (2016) *World Population*. [https://www.census.gov/population/international/data/worldpop/table\\_population.php](https://www.census.gov/population/international/data/worldpop/table_population.php) [2017-05-14]
- University of Minnesota Extension (UME) (u.å.) *Windbreaks*. Tillgänglig: <https://www.extension.umn.edu/environment/agroforestry/windbreaks/windbreaks.html> [2017-05-25]
- USDA (2012) *What is alley cropping? Working trees info*. Tillgänglig: [https://nac.unl.edu/documents/workingtrees/infosheets/WT\\_Info\\_alley\\_cropping.pdf](https://nac.unl.edu/documents/workingtrees/infosheets/WT_Info_alley_cropping.pdf) [2017-06-15]
- USDA (2017) *Agroforestry*. Tillgänglig: <https://www.usda.gov/topics/forestry/agroforestry> [2017-05-24]
- Varah, A., Jones H., Smith, J. & Potts, J.G. (2013) Enhanced biodiversity and pollination in UK agroforestry systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 93 ss. 2073–2075
- Wilson, M.H. & Lovell, S.T. (2016) Agroforestry—The Next Step in Sustainable and Resilient Agriculture. *Sustainability*, vol. 8, ss. 574
- Winsa M., Öckinger E., Bommarco R., Lindborg, R., Roberts, S.P.M., Wårnsberg, J. & Bartomeus, I. Sustained functional composition of pollinators in restored pastures despite slow functional restoration of plants. *Ecology and Evolution*, vol. 7 ss. 3836–3846.