



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsplanering,  
trädgårds- och jordbruksvetenskap

# Ekosystemtjänster av *alley cropping* i tempererade klimat - litteraturstudie

*Anna Visala*



*Alley-croppingsystem med hybridpopplar i England. Foto: Martin Crawford*

LTJ-fakulteten, område Agrosystem • 15 hp

Trädgårdsingenjörsprogrammet

Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Alnarp 2012

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

## Ekosystemtjänster av *alley cropping* i tempererade klimat - litteraturstudie

Ecosystem services in an *alley cropping* system – literature review

*Anna Visala*

**Handledare:** Sven-Erik Svensson, SLU, område Agrosystem  
**Examinator:** Jan Erik Mattsson, SLU, område Agrosystem

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E

**Kurstitel:** Kandidatarbete i biologi

**Kurskod:** EX0493

**Program/utbildning:** Trädgårdsingenjörsprogrammet, inriktning odling

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2012

**Omslagsbild:** *Alley-croppings*system med hybridpopplar, England. Med tillstånd av fotografen. Foto: Martin Crawford

**Serietitel:** Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

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

**Nyckelord:** temperate agroforestry, *silvoarable*-system, *alley cropping*, ekosystemtjänster



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsplanering,  
trädgårds- och jordbruksvetenskap

## FÖRORD

Meningen med ett kandidatarbete är inte att rädda världen och inte heller att självförverkliga sig själv så till den milda grad att kroppen antar gasform. Efter en utdragen och krystande tankeprocess under den kalla vårvintern 2012 födde jag, med hjälp av Tora Råberg, emellertid fram ett skrikande grönt idé-agroforestry-barn, som jag under några veckor vårdade och funderade kring, innan jag slutgiltigt bestämde mig för att behålla det. Med meningsfulla kläder av ekosystemtjänster delade barnet och jag sedan april och maj tillsammans och lärde oss dagligen nyttiga och användbara saker av varandra, samt av handledaren Svenne. Slutligen förpackade jag barnet i formalia, indrag och korrekta radavstånd och önskade det en lycklig resa in i andras hjärnor. Innan det for iväg lät jag J. Krishnamurti uttala sig om världen som väntade, och denne sa:

*We are seeing how very important it is to bring about, in the human mind, the radical revolution. The crisis is a crisis of consciousness. A crisis that cannot anymore accept the old norms, the old patterns, the ancient traditions. And considering what the world is now with all the misery, conflict, destructive brutality, aggression and so on; man is still as he was, is still brutal, violent, aggressive, acquisitive, competitive, **and has built a society along these lines.***

Alnarp i maj 2012

Anna Visala

## SAMMANFATTNING

Den så kallade ”gröna revolutionen” inom jordbruket inleddes på 1960-talet och innebar högavkastande grödor, ett oflekterat högt användande av kemiska bekämpningsmedel, samt intensiv bevattning och mekanisering. En underdrift är att påstå att detta skapat minst sagt stora problem för jordens ekosystem. Ett alternativ för hållbar matproduktion är agroforestry, som innebär produktion av träd på samma mark som produktion av jordbruksgrödor. Systemet är bland annat utvecklat för att förbättra ekologiska samspel. Denna litteraturstudie behandlar ekosystemtjänster av *alley cropping* i tempererade klimat, samt aspekter att ta i beaktande vid anläggning för att optimera dessa ekosystemtjänster. Resultatet av studien visar tydligt att ekosystemtjänster av *alley cropping* i tempererade klimat är rikliga - inlagring av kol, ökad biodiversitet och biomassa, vattenrening, vindskyddseffekter, kväveförsörjning och för att motverka erosion - i motsats till monokultursystem. Forskning på effekterna i tempererade klimat är emellertid begränsade. Det beror på att de flesta system i exempelvis Europa är nyetablerade och långtidsundersökningar därmed inte hunnit göras.

## SUMMARY

Since 1960's ecosystems world over have paid a heavy price for increased yields, during the ongoing "green revolution". Reduced biodiversity, increased erosion, lower soil fertility, groundwater pollution, eutrophication of lakes and the sea, and an impact on atmospheric constituents, are a few negative consequences considering environmental matters. In the tropics, a land-use system – agroforestry – has shown qualities about the effective management of resources and multiple environmental benefits have followed. Agroforestry, involving the cultivation of trees / shrubs along with agricultural crops, is quite a new science in temperate regions, but has been shown to play an important role in maximizing the ecosystem services. This paper includes a brief history of agroforestry, but mainly focusing on the ecosystem services of *alley cropping* in temperate climates, as well as aspects to be considered on the design of the system, to optimize these ecosystem services. The result of this work clearly shows that the ecosystem services of *alley cropping* system in temperate climates are abundant - sequestration of carbon, increased biodiversity and biomass, reducing nitrogen emission, shelter effects, nitrogen supply and to prevent erosion - as compared to monoculture systems. However, research on the effects in temperate climates is limited. This is because most of such systems in Europe is newly established, and long-term studies thus not yet been made.

# INNEHÅLL

INLEDNING	1
Bakgrund	1
Mål och syfte	2
Avgränsning	2
Målgrupp	2
MATERIAL OCH METOD	3
RESULTAT	4
1. Introduktion	4
Agroforestry - historia	4
Agroforestry i Europa	4
Definition av begreppet agroforestry	6
Bastyper av agroforestry	7
<i>Alley cropping</i>	8
Definition av tempererat klimat	9
Tempererade klimat och agroforestry	10
2. Ekosystemtjänster av <i>-silvoarable-</i> system med fokus på <i>alley-croppings</i> system i tempererade klimat	10
Bindning av kol	10
Ökad mikrobiell biomassa	12
Vattenrening	12
Effekt av kväveutlakning vid trädkörd	13
Kväveförsörjning	13
Vindskydd	14
Biodiversitet	15
Jorderosion	17
3. Aspekter att ta i beaktande vid planering och anläggning av ett <i>alley-croppings</i> system	18
Avstånd mellan trädraderna	18
Träd	19
Konkurrens om ljus mellan träd och gröda	20
Ogräsbekämpning i trädraderna	21
Grödor	22
Biodiversitet	24

DISKUSSION	25
SLUTSATSER	28
REFERENSER	29

# INLEDNING

## Bakgrund

Den så kallade ”gröna revolutionen” inom jordbruket inleddes på 1960-talet och innebar högavkastande grödor, ett oflekterat högt användande av kemiska bekämpningsmedel, samt intensiv bevattning och mekanisering, skriver Matson m.fl. (1997). Författarna skriver att det står klart att intensifieringen av jordbruket inneburit ökad erosion, sämre markbördighet, reducerad biologisk mångfald, förorening av grundvatten och övergödning av hav och sjöar, samt har en inverkan på atmosfärens sammansättning och därmed på klimatförändringarna. För att försöka förhindra ytterligare problem är det därför nödvändigt att integrera en ekologiskt hållbar grundsten i odlingen världen över. Forskning och praktiska erfarenheter för att finna sätt för matproduktion inkluderandes medvetenhet kring globala ekosystem, har bland annat resulterat i nyttjande och utveckling av agroforestry-system - som har rötterna i tropikerna - också i tempererade klimat. Agroforestry innebär att träd och jordbruks-, eller trädgårdsgrödor odlas tillsammans, i ett system. *Alley cropping*, skriver Quinkenstein m.fl. (2009), innebär träd planterade i rader, ett och ett eller i grupp, på ett fält där det mellan trädraderna odlas jordbruks-, eller trädgårdsgrödor (ettåriga eller fleråriga). Systemet möjliggör flera viktiga ekosystemtjänster, som är nödvändiga för en hållbar matproduktion.

Rörande tempererade agroforestry-system, skriver Nair (1993) har det tack vare skogsforskning i tempererade klimat och i de industrialiserade länderna, tillgängliggjorts bred kunskap kring olika trädets ståndsorfskrav, fysiologi och genetisk föränderlighet, vilket gör att de vetenskapliga underlagen för att kunna införliva en bred biologisk mångfald i agroforestry-system, möjliggjorts.

Riesner m.fl. (2007) har med hjälp av geografiska informationssystem (GIS) identifierat regioner i Europa med avseende på jordmån, klimat, topografi och nuvarande markanvändning, för att identifiera platser potentiella för produktiv tillväxt av valnöt, (*Juglans spp.*), körsbär, (*Prunus avium*), poppel, (*Populus spp.*), tall, (*Pinus pinea*), och ek (*Quercus ilex*), i *silvoarable*-system (träd och grödor integrerade i ett system). De har också studerat på vilka platser dessa träd skulle kunna reducera risken för jorderosion, kväveutlakning och för att öka den biologiska mångfalden i odlingslandskapet. Författarna fann att det på 56 % av jordbruksarealerna i Europa skulle kunna införas system med åtminstone en av dessa träddarter.

## **Mål och syfte**

Målet med arbetet är att åskådliggöra kunskap om ett hållbart system för odling och främst för matproduktion. Syftet är att skapa ett vetenskapligt baserat underlag för att visa möjligheterna av *alley cropping* ur ett ekologiskt och biologiskt perspektiv genom att presentera ekosystemtjänster av dito. Syftet är också att presentera aspekter att ta i beaktande vid anläggning av ett *alley-cropping*-system, i tempererade klimat.

## **Avgränsning**

Begreppet agroforestry är brett och omfattar bland annat *silvopasture* (bete på fält med träd), skogsträdgårdar, *riparian buffer strips* (träd/buskar som skyddar vattendrag) olika *silvoarable*-system, vilket inkluderar *alley-croppings*system. Agroforestry tillämpas idag främst på tropiska breddgrader. Resultatet från studien rör enbart *alley-croppings*system i tempererade klimat och vikt har lagts vid att inte inkludera försök eller bakgrund från tropiska försök, förutom i undantagsfall där informationen är av mer generell art. Resultatet från studien kommer emellertid inledande rymma en introduktionsdel med översikt över begreppet agroforestry, med fokus på historiken och den nuvarande statusen i Europa, samt en förklaring av begreppet *alley-cropping*, och ett åskådliggörande av tempererade klimat ur agroforestry-perspektiv. Syftet med litteraturstudien följer sedan, i form av beskrivningar av ekosystemtjänster och effekter som kan uppnås genom *alley-croppings*system, och aspekter att ta i beaktande vid anläggning av systemet. Arbetet kommer inte att utgå från bestämda grödor eller trädarter. Detta för att odlare och praktiker lättare skall kunna omsätta informationen till befintliga odlingar. Emellertid har artiklar som utgår från försök med gräs mellan trädraderna, valts bort.

## **Målgrupp**

Arbetet kommer vara relevant för jordbrukare, trädgårdsodlare, landskapsplanerare, personer inom skogssektorn och för rådgivare, samt andra personer som intresserar sig för odlingsutveckling med utgångspunkt ur ekosystemtjänster.



## MATERIAL OCH METOD

Arbetet är baserat på litteratur och information är inhämtad från olika söktjänster som SLU erbjuder, vilket innefattar databassökningar från Primo, Scopus och Web of Knowledge. Söktjänsten Google Scholar har också använts, samt information ur böcker. Sökord som använts har bland andra varit *alley cropping + ecosystem services, ecological benefits, design, environmental matters, Europe, temperate climates, fungi, shelterbreaks, biodiversity, roots, impacts, erosion, nitrogen, effects, fruit orchard; agroforestry + history, development, design, tree-crop interactions*. Ur resultaten sällades information baserad på eller utförd i tropiska delar av världen, bort, annat än i de fall där informationen innebar en större förståelse kring något som inte specifikt rör *alley cropping*. Försök i system som inte kan likställas med *alley cropping*, sällades också bort. Information daterad innan 1990 undveks, utom i fall rörande historiska aspekter av agroforestry-system, samt rörande relevant allmängiltig information.

# RESULTAT

## 1. Introduktion

### Agroforestry - historia

Enligt Gordon m.fl. (1997) har agroforestry i vissa delar av världen funnits i 6000 år. Enligt författarna utvecklades agroforestry-konceptet i tropiska utvecklingsländer, där den ökande befolkningen och bristen på jordbruksmark krävde en effektiv markanvändning för både ved och mat. King (1987) skriver att det som idag kallas för agroforestry, från början handlade om matproduktion i Afrika. Träd var en integrerad del av odlingssystemet, men det slutgiltiga målet var inte trädproduktion, utan matproduktion. Författaren skriver vidare att samodling av träd och grödor i Afrika emellertid, i början på 1900-talet, oavsiktligt utkonkurrerades av den då dominerande teakproduktionen som inleddes av Brittiska imperiet. Kvar, mellan trädraderna, fick de utnyttjade arbetslösa eller jordlösa som utgjorde arbetskraften, etablera odlingar. Dessa blev dock förenklingar av gamla system, som varierat och utvecklats i olika länder med olika förutsättningar (a.a.). Enligt Wilken (1977) har odlare i de tropiska delarna av USA traditionellt försökt att efterlikna skogsförhållanden på jordbruken för att kunna dra nytta av fördelarna som skogsstrukturer ger och på detta sätt uppnått liknande biologisk mångfald som i tropiska skogar. Med utgångspunkt ur de olika växtlagren som finns i tropikerna etablerades således flera olika grödor med olika växtplatsbetingelser.

Tempererade agroforestry-system, slår Gordon och Newman (1997) fast, är en väldigt gammal odlingsmetod och de menar att diskussioner funnits kring om huruvida agroforestry som markanvändning kan ha uppstått redan innan jordbruket uppkom. De anger att Kina är det land som har den äldsta traditionen att bruka olika agroforestry-system.

### Agroforestry i Europa

King (1987) skriver att samodling av olika trädarter och jordbruksgrödor varit tradition och vanligt i Europa fram till 1000-talet. Det var vanligt att rensa förfallen skog och odla grödor på kalhyggena under längre eller kortare tid och sedan plantera in träd, före, efter eller under odlingen av andra grödor. Detta system, skriver författaren vidare, var i bruk i Finland till så sent som slutet på 1800-talet och i Tyskland praktiserades detta på några platser ända in på 1920-talet. Redan för 2500 år sedan, tillämpades *silvoarable*-metoder på bördiga delar av Italien, skriver Eichhorn m.fl. (2005) och detta skedde i form av odling av popplar (*Populus spp.*) och fruktträd (*Rosaceae spp.*) som stöd till vinplantor. I Storbritannien etablerades under

1950-talet en storskalig hybrid-poppelodling för att tillverka tändstickor, enligt Eichhorn m.fl. (2006). Popplarna planterades i rader och mellan dessa odlades spannmål i åtta år, med en undervegetation av gräs eller klöver sista året. Planteringarna betades av boskap fram till år 20 tills krontaket var så tätt att det påverkade undervegetationen. Popplarna skördades sedan när de nått en ålder av 25 år. Billigt skandinaviskt timmer och lägre spannmålspriser ledde dock till att systemet övergavs under 1970-talet. Liknande system, rapporterar Eichhorn m.fl. (2006) vidare, har blivit etablerade igen, i Nederländerna och Storbritannien.

Mosquera-Losada m.fl. (2009) uppger att jordbruket, betesmarker inkluderade, utgör den största markanvändningen i Europa idag, och att detta sker på ett intensivt sätt. De vanligaste grödorna är, skriver författarna, vete, korn, majs och durumvete vilka sällan odlas tillsammans med träd eller buskar. Rodríguez m.fl. (2009) skriver att införandet av agroforestry-system i Europa är lågt och ofta begränsat till små områden där fördelarna av systemet på kort sikt anses behövas.

Mosquera-Losada m.fl. (2009) uppger att de träarter som upptar mer än 50 % av Europas yta är tall (*Pinus sylvestris* L., 31 %) och gran (*Picea abies* L., 21 %) och att de flesta andra arter som återfinns i Europa - bl.a. bok, (*Fagus sylvatica*), björk, (*Betula pubescens*), ek (*Quercus spp.*), tall (*Pinus spp.*), asp (*Populus tremula*) - är eller har varit relaterade till agroforestry. Skogarna i norra Europa, som främst formats av tall och gran, brukade nyttjas som agroforestry-system genom bl.a. svamp-, medicinalväxt-, frukt-, och vedskördar, samt som rådjursbete (*silvopasture*). Författarna anger att träd som används i andra delar av Europa till *silvoarable*-system, är få, men består vanligtvis bland andra av ek (*Quercus spp.*), valnöt (*Juglans spp.*), poppel (*Populus spp.*), olika arter av Prunus (*Prunus spp.*), björk (*Betula spp.*), och lönn (*Acer spp.*). Tryfflar skördas främst från skogar med olika sorter av ek (*Quercus spp.*) och andra svampar produceras i skogar med ek, äkta kastanj (*Castanea spp.*), bok (*Fagus spp.*), ädelgran (*Abies spp.*), tall (*Pinus spp.*) och gran (*Picea spp.*)

Nair (1993) skriver att de två vanligaste agroforestry-systemen i tempererade klimat är vindskydd för att förhindra erosion, samt *silvopasture*-system med boskap på skogsmark eller i andra ekosystem. Ett tredje system, uppger Nair, är kombinationen av nöt-, eller fruktträd och örtartade grödor. I övrigt har fokus, i tempererade områden, främst legat på storskalig produktion med en eller två grödor och kombinationen av träd och grödor är något som betraktats opportunistiskt skriver författaren. Herzog (1998) skriver att *streuo*bst, som definieras som "tall trees of different types and varieties of fruit, belonging to different age groups, which are dispersed on cropland, meadows and pastures in a rather irregular pattern"

(a.a.), vars formella utveckling tog sin början på 1700-talet, finns representerade på många platser i Europa, idag.

Det vanligast planterade trädslaget i kombination med andra grödor, i Europa, skriver Nair (1993) är popplar (*Populus* spp.), vilka traditionellt planterats på grund av att de är snabbväxande och därför användbara som fibrer och bränsle. I Europa och östra Kanada, uppger Nair vidare, har majs, potatis, sojabönor, spannmålsgrödor och rotfrukter etablerats mellan träden i olika temporära följder, tre till sex år efter poppeletableringen. I ytterligare fem till tio år efter att grödorna skördats växer popplarna, innan de också skördas och nya popplar etableras.

Valnöt är vidare en stor komponent i *silvoarable*-system i Italien, där det är planterat i rader för nöt- och timmerproduktion, skriver Eichhorn m.fl. (2005). Valnöt samplanteras med grönsaker och hassel (*Corylus avellana* L.) för hasselns ved och nötter. Systemen minskar emellertid i antal på grund av konkurrens från Kalifornien, för att det finns större profit i grönsaksmonokulturer samt för att marken där systemen finns är eftertraktad för byggnation. I Grekland, skriver författarna vidare, finns flera fruktproducerande *silvoarable*-system. De flesta odlar vete och korn mellan träden och i norra och i centrala delarna av Grekland odlas päron tillsammans med spannmål, grönsaker och tobak.

Agroforestry-system har ofta blivit negligerade i Europa, enligt Mc Adam m.fl. (2009), eftersom administrativa strukturer i många länder skiljer på jordbruk och skogsbruk. Rodríguez m.fl. (2009) menar att agroforestry-principer kan tillämpas på skogsmark i Europa där *silvopasture* (betesmark) och jordbruk med multifunktionella träd är de mest lämpade. På nyligen anlagd skogsmark skulle *silvoarable*-system, *riparian buffer strips*, och *silvopasture* kunna tillämpas.

### **Definition av begreppet agroforestry**

Enligt ICRAF, vilka Nair (1993, s. 14) citerar, lyder en definition av agroforestry:

Agroforestry is a collective name for land-use systems and technologies where woody perennials (trees, shrubs, palms, bamboos, etc.) are deliberately used on the same land-management units as agricultural crops and/or animals, in some form of spatial arrangement or temporal sequence. In agroforestry systems there are both ecological and economical interactions between the different components.

Enligt Nair (a.a.) innebär denna definition att ett agroforestry-system innehåller minst två arter, varav en är en vedartad perenn, att agroforestry-system har en cykel på mer än ett år, att

det finns flera fördelar att vinna med systemet och att ett agroforestry system alltid vinner fördelar över monokultursystem, gällande ekologiska och ekonomiska aspekter. Sepúlveda och Edwards (1997) citerar också samma definition och menar att definitionen innebär att syftet med agroforestry är att optimera de positiva interaktionerna mellan de olika ingående delarna för att uppnå ett mer produktivt, hållbart system och/eller få ut ett mer diversifierat resultat än i andra odlingssystem.

Gordon m.fl. (1997) skriver att agroforestry är ett förhållningssätt till markanvändning som innebär produktion av träd på samma mark som produktion av jordbruksgrödor. Författarna menar att verkliga agroforestry-system är de som blivit utvecklade för att förbättra ekologiska samspel och att detta kan visa sig som ökad skörd, effektivt resursutnyttjande, eller på andra miljömässiga sätt (fördelar för djurlivet, erosionsskydd etc.). AFTA, Association for temperate agroforestry (AFTA, u.å.a) definierar agroforestry som ett system som optimerar fördelarna från de biologiska interaktionerna som uppkommer när träd och/eller buskar avsiktligt kombineras med andra grödor eller boskap.

Angående avkastning skriver Noordwijk (1996) att den totala avkastningen av ett agroforestry-system vid ett angivet år kan beskrivas som summan av skördade grödor, de skördade trädprodukterna, skörden av djurprodukter och förändringen i mark samt landskapskvalitet. Det senare för att uppmärksamma de långsiktiga hållbarhetsaspekterna av systemet.

Schoeneberger och Ruark (2003) skriver att det finns många olikheter och oklarheter kring hur agroforestry skall definieras och hur systemen upplevs i tropiska eller tempererade områden. Dessa olika definitioner tar hänsyn till den breda variationen i klimat, jordtyper, ytan att faktiskt kunna utöva systemet på, samt de socioekonomiska aspekterna.

### **Bastyper av agroforestry**

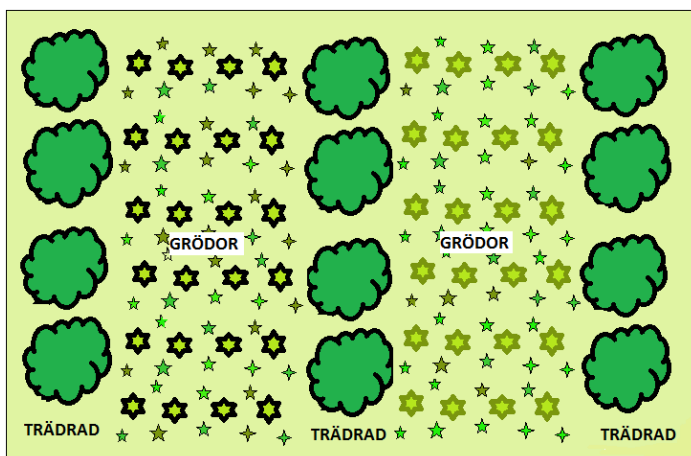
AFTA (u.å.a) anger att det finns fem bastyper av agroforestry som idag praktiseras i Nordamerika. Mot AFTA:s fem bastyper lutar sig också Mosquera-Losada m.fl. (2009) i boken *Agroforestry in Europe*. De fem bastyperna är: ”windbreaks”, ”alley cropping”, ”silvopasture” (betesmark, inkluderandes träd, för boskap), ”riparian buffers” (träd/buskar som skyddar vattendrag) och ”forest farming” (skogsbeväxtade områden som används för produktion eller skörd av naturligt förekommande växter för medicinskt, ätbart eller dekorativt bruk.) AFTA (u.å.a) uppger att det finns olika möjligheter för brukarna av agroforestry-system att anpassa dessa beroende av vilka mål som vill uppnås. Mosquera-Losada m.fl. (2009) menar att dessa bastyper även fungerar i Europa, men på grund av andra

klimatförhållanden och andra förhållningssätt till skogsjordbruk i Europa än i Nordamerika, borde bastyperna utökas till *silvoarable agroforestry* (som inhyser bl.a. *alley cropping*), *forest farming*, *riparian buffer strips*, *improved fallow* (= utvecklad träda med snabbväxande vedartade växter (företrädelsevis baljväxter) som planteras för att bryta trädan för att förbättra markens bördighet, eller i sig själv ge skörd), *multipurpose trees*, (multifunktionella träd som planteras på betesmark eller bland grödor för att bidra med bland annat frukt, foder eller timmer) och *silvopasture*.

*Silvoarable*-system anses vara de som under lång tid hyser ”*long-term tree crop*”, (träd), tillsammans med ”*short time crop*” (örtartade annueller) på samma mark, enligt Eichhorn m.fl. (2006). Detta i motsats till *silvopasture*-system vilka innefattar uteslutande fodergrödor (baljväxter eller gräs) som skördas eller betas av boskap på plats.

### ***Alley cropping***

Quinkenstein m.fl. (2009) skriver att *alley cropping* i centrala Europa börjar bli mer och mer populär som odlingsystem. *Alley cropping* är, enligt Mosquera-Losada m.fl. (2009) en del av *silvoarable*-system, tillsammans med *scattered trees* (samodling med grödor och träd som



Figur 1. Schematisk skiss över *alley cropping*-system. Figur:  
Författaren

odlas i ett icke reguljärt system). *Alley cropping* innebär träd planterade i rader, ett och ett eller i grupp, på ett fält där det mellan trädraderna odlas jordbruks- eller trädgårdsgrödor (ettåriga eller fleråriga) (figur 1). Om *silvoarable agroforestry*, skriver författarna vidare, är det karaktäristiska för detta system jordbruksgrödan som blir

skördad varje år, eller med ett par års mellanrum (i fallet vid energiskogsodling). Mekanisering av odling underlättas när träden står i rader; likaså ljusinsläppet till grödorna. AFTA (u.å.b) beskriver *alley cropping* som produktion av mat, grovfoder eller andra specialgrödor mellan rader av träd. De menar vidare att *alley cropping* kan ses som en större version av samodling, etablerad över en längre tidsperiod än vanlig samodling.

Jose m.fl. (2008 s. 16) uppger att *alley-croppings*system i tempererade klimat ser ut på annorlunda sätt mot det tropiska systemet, varifrån systemet härstammar. Skillnaden ligger bl.a. i att träden i ett tempererat *alley-croppings*system står längre ifrån varandra. Dessutom är

det för produktiviteten och markens bördighet inte ett tvång att beskära träden, i ett tempererat klimat. Detta styrks av Oelbermann (2004), som skriver att träden i ett tempererat klimat sällan beskärs (vartannat till vart femte år). På grund av den långsamma nedbrytningen i ett tempererat klimat, täcks inte grödorna med de beskurna grenarna, utan används någon annanstans (att elda med, i fallet med energiskog eller som flisade, i trädraden (a.a.)).

AFTA (u.å.b) anger att träden i ett *alley-croppings*system kan ha olika funktioner: Odling av träden för ädelvedens skull, eller för att få nötter från nöträd, med ettåriga grödor mellan trädraderna; för att odla vallfoder mellan trädrader, för skörd eller bete; eller odling av buskar och sly som direkt foder till boskap, eller för senare skörd. Det finns också möjlighet att odla medicinalväxter och julgranar (a.a.).

I vissa delar av Kanada och i mellersta USA, rapporterar Jose m.fl. (2008), används träden i *alley-croppings*system framför allt som produktionskällor för ädelved. En vanlig sort är svart valnöt (*Juglans nigra* L.). Mellan trädraderna odlas vanligtvis vintervete, majs, vallfoder, durra och korn. I södra Kanada, uppger samma författare, samodlas t.ex. grönsaker och andra grödor tillsammans med frukt- och nöträd under dessas etablering. Odling av t.ex. persika tillsammans med tomater, pumpor, jordgubbar, majs och andra grönsaker förekommer, likaså äkta kastanj tillsammans med sojabönor, squash och råg (a.a.). I Europa, rapporterar Jose m.fl. (2008) är valnöt, (*Juglans regia* L.) ett vanligt träd i rader tillsammans med exempelvis lucern eller vallfoder. Hassel, (*Corylus avellana* L.) rapporteras växa tillsammans med hundäxing.

### **Definition av tempererat klimat**

Enligt SMHI (2009) delas tempererade klimat in i varmtempererade klimat som till största delen utgörs av lövskog, samt kalltempererade klimat som utgörs av barrskog. SMHI (2011) uppger att i tempererat klimat är den varmaste månadens medeltemperatur i genomsnitt varmare än +10°C och i genomsnitt kallare än +6°C under den kallaste månaden. I de varmtempererade klimaten är den kallaste månaden varmare än 0°C och i kalltempererade klimat är den kallaste månaden kallare än 0°C. Enligt SMHI (2011) har tempererade klimat fyra årstider och SLU (u.å.) anger att gränsen mellan kalltempererat klimat och polarklimat i Sverige, utgörs av den södra gränsen för norrlandsterrängen. SMHI (2009) skriver att tempererade klimat återfinns i princip i hela Europa, Nordamerika, södra Kanada, Kina, samt i de östra delarna av Australien, på Nya Zeeland, i Argentina och i östra Sydafrika.

## **Tempererade klimat och agroforestry**

I jämförelse med tropikerna, menar Nair (1993), ser förutsättningarna annorlunda ut i tempererade zoner: Grödorna är begränsade till bara en eller två säsonger och färre grödor odlas därmed per år, i motsats till i tropikerna där odlingen kan pågå året runt. En viktig aspekt är också, enligt samme författare, att den tempererade zonen karakteriseras av ett brett geomorfologisk utseende, dvs. ett ytterst varierat landskap.

Eichhorn m.fl. (2006) skriver att det tempererade klimatet ställer högre krav på agroforestry-system beträffande produktiviteten då beskuggning av grödorna är ett större problem än i tropikerna. När träden vuxit till sig hindrar dessa solinstrålningen ner till grödorna, om inte trädraderna är brett åtskilda. I södra Europa finns det fler varianter av *silvoarable*-system än i norra Europa, eftersom tillgången på multifunktionella träd (timmer, frukt, nötter) är större. De flera systemen har också sin grund i att det torrare klimatet i södra Europa medför större rotsystem hos träden, vilket, enligt författaren, resulterar i att träden växer naturligt åtskilda från varandra. I kontrast till norra Europa, är den begränsande faktorn till de flesta agroforestry-system emellertid vatten, istället för ljus, skriver författaren.

## **2. Ekosystemtjänster av *silvoarable*-system med fokus på *alley-croppingsystem* i tempererade klimat**

### **Bindning av kol**

Kolbindning innebär borttagning av koldioxid från atmosfären till kolsänkor (t.ex. hav, vegetation eller jord) genom fysikaliska eller biologiska processer, skriver Jose (2009). Nair m.fl. (2009) tillägger att kolsänkorna är alla växter, inklusive rötter och mikroorganismer i jorden, samt stabila former av organiskt och oorganiskt kol i jorden, även djupare lager. Författarna skriver vidare att marken innehåller mer än tre gånger så mycket kol som atmosfären, och nästan fyra gånger mer än vegetationen. Detta medför att förändringar i markens kolpool påverkar den globala kolbudgeten och att reduktion av markkolet från tropiska jordar inte bara skulle öka koldioxidhalten i atmosfären, utan också försämra markbördigheten på de jordar som generellt är näringsfattiga. Återbeskogning och beskogning är därför viktiga för att återställa kolbalansen globalt, anser Rigueiro-Rodríguez m.fl. (2009). Författarna skriver också att träd har en högre kapacitet att ta upp koldioxid (CO<sub>2</sub>) från luften och lagra det i vävnaderna under decennier och även över sekel, än vad jordbruksgrödor har. Därför, skriver de vidare, skulle agroforestry-system vara betraktade som en



lågkostnadsmetod för att lagra kol, eftersom koluttaget, enligt författarna, potentiellt ökar tack vare samspelet mellan träd och jordbruksgrödor, vilket gör att rötterna kan tränga längre ner i jorden. Nair m.fl. (2009) bekräftar detta och skriver att nettokoluttagningen både ovan och under jord tros öka i system med träd som odlas tillsammans med jordbruksgrödor eller på betesmark.

Rigueiro-Rodríguez m.fl. (2009) skriver att markbundet kol binds hårt (i sekel till millenium) i den stabila organiska jorden i en skog. De skriver att agroforestry-system kan ha en indirekt positiv effekt på koluttaget generellt, eftersom dessa system avlastar naturskogarna, vilka är de största kolsänkorna, då fullvuxna träd lagrar mest kol.

Nair m.fl. (2009) skriver, angående olika systems förmåga att lagra organiskt kol i marken, att mest organiskt markkol finns i skog, följt av agroforestry-system, andra trädplanteringar och minst på jordar med enbart jordbruksgrödor. Oelbermann m.fl. (2004) bekräftar detta och skriver att försök visar att det i tempererade *alley-croppings*system finns högre andel markbundet kol, jämfört med system utan träd. Träden i försöken var rödal (*Alnus rubra*) och Robinina (*Robinia pseudoacacia* L.). Författarna påpekar att resultat från Kanada då visade att hybridpopplar planterade i ett *alley-croppings*system med 111 träd/hektar kunde bidra till att reducera Kanadas koldioxidutsläppsnivåer med 32 % av den rekommenderade nivån för 2004, innan 2012.

Oelbermann m.fl. (2004) skriver att kollagringskapaciteten skiljer sig mellan olika agroforestry-system och var dessa är belägna. Andra faktorer som också spelar roll, enligt Jose (2009) och Nair (2009) är sammansättningen och åldern av de ingående växtarterna; miljömässiga faktorer, såsom markbördighet, samt underhållet av systemet. Quinkenstein m.fl. (2009) skriver att i *alley-croppings*system, där träden kan utgöra 20-25% av fältet, lagras kolet i de vedartade delarna av träden och i jorden, till vilken organiskt material från träd och grödor tillförs. Kolet lagras också i rötterna, samt i stubbarna efter skörd av snabbväxande träd, vilka brukar skördas 10 cm ovanför marken. Oelbermann m.fl. (2004) skriver att det mesta kolet i ett tempererat *alley-croppings*system kommer under hösten vid bladfallet, och rapporterar att det observerats att kolinlagringen till marken på grund av detta, ökar ju äldre träden blir. Detta bekräftas av Jose (2009) som skriver att den största mängden, samt den mest permanenta formen av kol, kan lagras genom att ha äldre träd i ett system, och sedan tillverka hållbara produkter från dessa. Oelbermann m.fl. (2004) menar också att kolinlagringen även blir större mellan trädraderna, dvs. där grödorna växer, när krontaket når ut över dessa och fäller sina blad där. Nair m.fl. (2009) drar, efter en sammanställning av forskares resultat kring kolinlagring angående agroforestry-system, slutsatsen att agroforestry-system på torra,

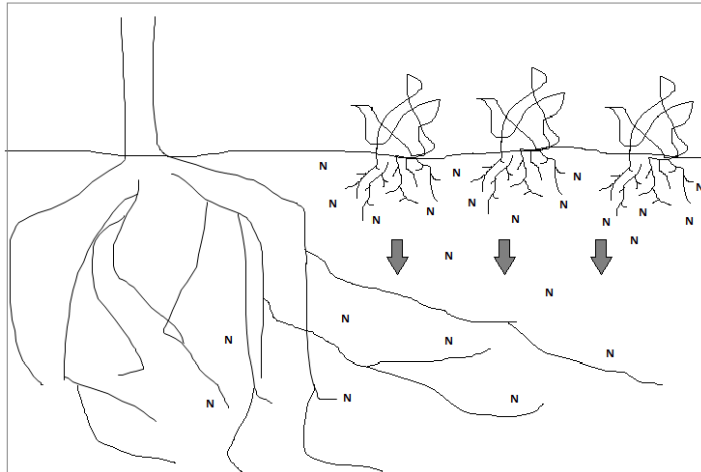
halvtorra och dåliga jordar har en lägre kolupptagning än agroforestry-system på fertila och fuktiga jordar, och att tempererade agroforestry-system generellt sett har lägre kolinlagring än tropiska system.

### **Ökad mikrobiell biomassa**

Lee och Jose (2003) skriver att träd i tempererade agroforestry-system främst planteras för timrets skull, och inte för trädens tillförsel av näringsämnen till jorden. De menar att markandningen (produktionen av koldioxid när växtrötter och rhizosfären, mikrober och markfaunan andas) är en indikator på jordens förmåga att lagra kol, på den biologiska aktiviteten i jorden och på den totala markkvaliteten. För markandningen spelar miljömässiga faktorer som jordtemperatur och markfuktighet in. Författarna har gjort försök i Florida som antyder att träd i agroforestry-system har potential att öka markbördigheten och hållbarheten på jordbruksmark genom att förbättra den mikrobiella aktiviteten och anrikning av kol i jorden. I försöket mättes markandning och mikrobiell biomassa i ett ungt och ett äldre *alley-croppings*system bestående av pekan (*Carya illinoensis*) och bomull (*Gossypium hirsutum*), samt i ett ungt och gammalt bestånd av enbart pekan, samt i ett monokultursystem med bomull. Författarna fann att markandningen under vegetationsperioden var högre i det äldre *alley-croppings*systemet än i alla andra system och också att den mikrobiella biomassan var högre i det äldre *alley-croppings*systemet, samt i det äldre pekanbeståndet.

### **Vattenrening**

Rigueiro-Rodríguez m.fl. (2009) skriver att den största anledningen till att havsvattnet är förorenat är övergödning med kväve och fosfor, där kväve har en högre föroreningsrisk, eftersom den avgår både som gasform och genom utlakning. Den nuvarande kvävekoncentrationen i hav och mark, skriver författarna vidare, är fortfarande över gränsen för vad som betraktas som "naturliga nivåer", i Europa. De rapporterar vidare från tester som genomförts i 113 regioner i Europa, att det på 46 % av dessa visat sig finnas ett överskott av kväve i jorden. Författarna redovisar att förhållandet mellan tillsatt kväve och av grödorna upptaget kväve beror av hur mycket kväve som tillsätts ett system och reduceras därför när kvävedosen sänks och proportionen av urlakningen ökar således också när kvävedosen ökar. Författarna menar att genom att etableringen av träd på åkermark, även bara ett fåtal, gör att på grund av att rotsystemet av dessa tränger längre ner i jorden, i jämförelse med grödorna, i sin jakt efter vatten, kan träden därför ta upp det överblivna kvävet som grödorna av olika anledningar inte tar upp (figur 2). Jose (2009) skriver att på grund av trädens längre vegetationsperiod, i jämförelse med de odlade grödorna, kan träden därför ta upp överbliven



Figur 2. Schematisk skiss över trärötternas upptag av överblivet kväve som annars löper risk för utlakning. Figur: Författaren

näring före och efter odlings säsongen för grödorna. På så vis minskas risken med föroreningar i vattendrag och hav. Nair (2011) skriver att denna vetenskap kan spela en viktig roll på kraftigt gödslade sandjordar som har en låg näringsupptagningsförmåga.

### Effekt av kväveutlakning vid trädskörd

Innan skörd av popplar som samodlats med vete i Sverige, kunde Browaldh (1997) se att det fanns en hög koncentration av ammonium och låg koncentration av nitrat vid popplarna, vilket enligt författaren indikerade på ett effektivt upptag av nitrat, samt på en förbättrad kväveminalisering, nära träden. Efter skörd av träden däremot, kunde författaren se att det fanns högre koncentrationer av nitrat och ammonium (för ammonium bara under juni månad) i 0-30 cm av jordlagret nära de skördade träden, vilket författaren antar beror på rötternas lägre upptag av kväve efter skörd. Aktiviteten av mikrobiologiskt liv var också lägre vid de skördade träden, i jämförelse med innan skörd. Författaren drar slutsatsen att mikrobiellt liv nära träd behöver rotextudat som produceras av levande rötter, i form av aminosyror och organiska syror, för sin överlevnad. Browaldh skriver vidare att den potentiella utlakningen av kväve beror på den inneboende näringsstatusen i jorden, samt takten och tidpunkten för en samodlingsväxts (i detta fall vete) tillväxt. Författaren drar avslutningsvis slutledningen att utlakning av kväve på grund av trädskörd inte blir kraftig vid samodling av träd och andra grödor.

### Kväveförsörjning

Jose (2009) rapporterar att ett försök med kvävefixerande träd, i detta fall rödal (*Alnus rubra*), i ett *alley-croppings*system tillsammans med majs i Oregon, USA, visat att 32-58 % av kvävet i majsfälten erhöles tack vare kvävefixeringen av rödalen och också att kvävet för majsplantorna ökade med minskat avstånd till trädraderna. Thevathasan och Gordon (2004) har sett att kväve som förser jorden via bladfall från träd med hög bladbiomassa, t.ex. hybridpopplar, har bevisats vara likvärdigt med 7 kg N/ha/år, i *alley-cropping*försök med

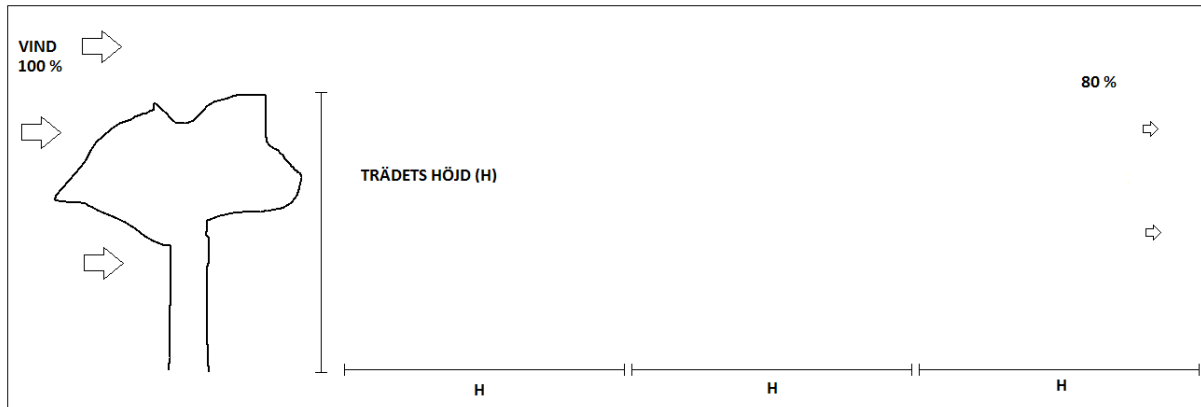
korn. Författarna skriver att kvävegödslingen i ett *alley-croppings*system med hybridpoppel därmed skulle kunna minskas. Av sitt försök drar de slutsatsen att den mer effektiva kvävecykeln och reducerade gödslingen skulle kunna leda till en reduktion av utsläpp av dikväveoxid från åkrar och därmed potentiellt spela en positiv roll för klimatförändringen.

Seiter och Horwath (1999) har gjort försök på kväveflödet mellan al (*Alnus sinuta*) planterad i ett *alley-croppings*system med majs (*Zea mays*) i Oregon, under två odlingssäsonger. Trädradavståndet var 4,45 meter och trädavståndet 0,3 meter. Då det är svårt att uppskatta flödet av näringsämnen genom rotomsättningen till grödorna, är ett smidigt sätt att se flödet av kväve att injicera försöksträden med ett speciellt kväveberikat gödselmedel, vilket gjordes. Resultatet innebar att majs tog upp en signifikant stor del av det injicerade gödselmedlet, från träden. Författarna kunde se att kvävet främst kom de majsplantor till godo som stod närmast träden. Slutsatserna som dras av försöket är att trädrötter är en viktig källa för kvävetillförsel i ett *alley-croppings*system, och att täckning med beskurna trädgrenar från alen sörjde för ett kvävetillskott bland grödorna som stod längre från trädraderna. Tillförseln av kväve av denna grüngödsling uppgick dock bara till en liten del av det samlade kvävebehovet hos majs. Majsens främsta upptag av kväve skedde genom mineralisering av markens kvävepooler, där det mesta av grüngödslingens kväve hamnade. Det var bara en liten del av kvävet som recirkulerades av träden, medan resten av kvävet immobiliserades i marken. Författarna skriver att kvävet som kom från alarna möjligtvis inte med en gång var upptagbart för majsen, varför en längre studie hade varit nödvändig.

## **Vindskydd**

För att en växt skall kunna binda koldioxid krävs vatten. Davis och Norman (1988) rapporterar att vattentranspirationen från växtens bladytor inte går lika snabbt om vindhastigheten reduceras. Koldioxidupptaget däremot fortgår som vanligt, men alltså med lägre förluster av vatten, vilket gör att vindskydd kan skydda växter från uttorkning under torra och blåsiga perioder. Quinkenstein m.fl. (2009) skriver att träden i ett *alley-croppings*system effektivt kan trasa sönder turbulenta luftströmmar innan dessa når marken och grödorna tack vare att träden är genomsläppliga, i motsats till solida vindskydd. Vindskyddet och därmed transpirationen varierar, enligt Cleugh (1998), beroende av terrängens råhet och kupering i den förhärskande vindriktningen, av trädens höjd och placering i landskapet, samt på genomsläppligheten hos lövverket. Nuberg (1998) skriver att maximalt skydd vanligtvis fås från ett vindskydd av genomsläpplig typ, på ett avstånd mellan 4-12H från träden, där H = trädens höjd. Efter ett försök med tall-lähäckar, (*Pinus pinaster*),

har Sudemeyer och Scott (2002) sett att det under hela odlings säsongen sker en reducering av vindhastigheten med 20 % på ett avstånd upp till 3-6H (figur 3). Quinkenstein m.fl. (2009) har gjort försök med ett snabbväxande *alley-croppings* system med Robinia (*Robinia*



Figur 3. Schematisk skiss över reducering av vindhastigheten med 20 % 3-6H. Reducerad vindhastighet bibehåller fuktighet i marken. Figur: Författaren

*pseudoacacia*) i nordöstra Tyskland, där avståndet mellan trädraderna uppgick till 18 meter. Författarna mätte markfuktigheten på 30 centimeters djup och fann att det i raderna med grödor fanns en högre markfuktighet än på den öppna åkermarken.

Mikroklimat effekter, menar Quinkenstein m.fl. (2009), har en direkt påverkan på skörde stabiliteten och skördestorleken av grödorna. Avståndet mellan trädraderna spelar emellertid en betydande roll för utvecklingen av dessa klimatoriska aspekter.

## Biodiversitet

Burgess m.fl. (1999) anger följande definition av biodiversitet: variationen bland levande organismer av alla ursprung och de ekologiska komplex i vilka de ingår, vilket inkluderar mångfald inom arter, mellan arter och av ekosystem. En fördel med agroforestry-system är att biodiversiteten på odlingsmark kan likna biodiversiteten på skogsmark, skriver författarna, och anger att det på grund av att träd är större, blir äldre och har en större mängd olika vävnader och strukturer, möjliggörs nischer för en mängd olika organismer.

Under de senaste årtiondena, har intensifieringen av jordbruket och ökningen av arealanvändning för åkermark, samt användandet av nya grödor inom jordbruket, medfört en drastisk minskning av viktiga livsmiljöer för en rad olika arter som är nödvändiga för bevarandet av andra metapopulationer inom odlingslandskapet, skriver Quinkenstein m.fl. (2009). Författarna skriver att rollen som *alley-croppings* systemen spelar i den här utvecklingen inte är undersökta helt, och att det är vanskligt att överföra ekologiska erfarenheter från exempelvis lähäckor, på ett *alley-croppings* system. Emellertid är det belagt

att insekter som har sina habitat i skogar använder trädraderna i systemen som korridorer för samspel med andra populationer. Detta, skriver Rigueiro-Rodríguez m.fl. (2009) är framförallt viktigt i områden där det inte finns så mycket skog. Quinkenstein m.fl. (2009) skriver också att trädraderna tjänar som tillflyktsorter för många arter, när miljön på fälten blir för hård och vidare nämns också fördelar som att träden i ett *alley-croppings*system är konstanta, vilket innebär en ostörd livsmiljö för olika arter. Matjordshorisontens olika delar som uppstår i ett *alley-croppings*system, tas också upp, som livsmiljö för olika arter.

Enligt Rigueiro-Rodríguez m.fl. (2009) bidrar agroforestry-system till att behålla och främja biodiversiteten, både direkt och indirekt. Författarna skriver att träden bidrar till olika fuktighet, olika ljusförhållanden och olika grader av markbördighet, både under och över jord och under dessa olika förhållanden kan mikrober och fauna anpassade till olika förhållanden, därför utvecklas.

Det europeiska honungsbiet står för den övervägande delen av pollinering i landskapet och i jordbruket, men populationen är idag bara hälften av vad den var på 1950-talet, skriver Vaughan och Hoffman Black (2006). De menar att *alley-croppings*system innebär en möjlighet att odla plantor och träd med blomningsperioder som avlöser varandra. Genom att odla olika trädarter och grödor kan bin och andra pollenälskande insekter förses med nästan kontinuerlig tillgång till pollen och nektar. Tack vare detta kommer inhemska bisamhällen att öka, skördarna kan bli högre och biodiversiteten i landskapet kan komma att bli rikare, skriver författarna.

Lacombe m.fl. (2009) har efter kanadensiska tester i tree-based intercropping systems, (TBI - som beskrivs som brett placerade rader av träd i samodling med vanliga jordbruksgrödor), i jämförelse med grödor odlade i ett monokultursystem, bland annat sett att arbuskulär mykorrhiza förekommer i mycket högre utsträckning i TBI-system. Deras studie har också visat att en mikrobiell betamångfald (= den totala artrikedomen i ett landskap) kan vara högre i TBI-system och de skriver att på en av två testplatser var den mikrobiella stabiliteten signifikant mycket högre i TBI-systemet än i monokultursystemet.

I norra England har Peng m.fl. (1993) gjort jämförande försök mellan ett *alley-croppings*system och ett odlingssystem utan träd, för att fastslå var förekomsten av leddjur (insekter, spindlar, mångfotingar och kräftdjur) var som högst. Agroforestry-systemet bestod av ärtor, (*Pisum sativum*) mellan rader av treårig ask (*Fraxinus excelsior* L.), valnöt (*Juglans regia* L.), lönn (*Acer pseudoplatanus* L.) och körsbär (*Prunus avium* L.), samt hasselbuskar (*Corylus maxima* Mill.) mellan träden. I odlingssystemet utan träd, odlades bara ärtor. Försöket resulterade i att de generellt vanligaste leddjuren var mycket mer förekommande i

agroforestry-systemet (både i häckarna och bland grödorna), samt att detta gällde även för de flygande insekterna. De skriver också att studier av naturliga fiender till skadeinsekterna hos ärtor kan uppföras och behållas över hela säsongen tack vare trädraderna. Författarna menar att trädraderna och häckarna kan fungera som en reservoar för att öka mängden naturliga fiender i ärtodlingen, och på så vis minska skadeinsektstrycket under dessas mest känsliga stadier. I april såg författarna att antalet naturliga fiender var mycket högt i *alley-croppings*systemet och anger att detta har att göra med övervintringsmöjligheterna som systemet erbjuder. I juli månad, reducerades däremot antalet skadeinsekter snabbt i systemet utan träd, jämfört med *alley-croppings*systemet. Anledningen, skriver författarna, var bland annat att grödan var en dålig födokälla för många växtätande skadedjur.

Thevathasan och Gordon (2004) noterar att antalet dagmaskar var som högst nära träd med hög bladbiomassa, som hybridpopplar (*Populus* spp.) och ask (*Fraxinus americana*) i *alley-croppings*system i Kanada i samodling med korn. Författarna skriver att trots att dagmaskpopulationen sjönk under sommaren, var den ändå signifikant mycket högre än i kontrolleret - det konventionella odlingssystemet utan träd.

Burgess (1999) rapporterar att ett annat *silvoarable*-systemförsök i England, med gräs mellan trädraderna, ökade antalet skogssorkar (*Clethrionomys glareolus*), skogsmöss (*Apodemus sylvaticus*), fältsorkar (*Microtus agrestis*) och näbbmöss (*Sorex araneus*), jämfört med i vanlig åkermark. Författarna anger vidare att dessa djur kan vara värdefulla predatorer till skadeinsekter, och att de själva är byte för hökar och ugglor.

## **Jorderosion**

Rigueiro-Rodríguez m.fl. (2009) uppger att 17 % (vilket motsvarar 27 miljoner ha) av den totala landarealen i EU löper stor risk för erosion - främst vattenerosion (92 % av arealen), men också på grund av vind. Erosion, uppger författarna, reducerar skördar och försämrar ekosystemen och van Lynden (2000) skriver att de troliga orsakerna är olämpligt nyttjande av mark, speciellt inom jordbruket (otillräcklig marktäckning, obehindrat avrinningsvatten, och dåliga markstrukturer). Rigueiro-Rodríguez m.fl. (2009) anger också att risk för erosion främst finns på jordbruksmark, och speciellt i Kaukasus och i medelhavsregionen där 50-70 % av jorden löper risk eller stor risk för erosion. Författarna menar att agroforestry-system spelar en viktig roll för att motverka jorderosion. Smith (2010) skriver att trädplantering för att kontrollera jorderosion förekom redan på 1800-talet i Frankrike, i form av tallplantering på överbetade sluttningar. Jose (2009) skriver att agroforestry-system hjälper till att behålla och gynna biologisk diversitet genom ekosystemtjänster som bland annat erosionskontroll och

vatteninfiltration, och därigenom förhindrar nedbrytning och förlust av omgivande livsmiljöer.

### **3. Aspekter att ta i beaktande vid planering och anläggning av ett alley-croppingsystem**

Jose (2009) skriver att planering och underhåll av ett agroforestry-system på ett hållbart sätt kräver en insikt kring sammanhangen med det omkringliggande landskapet, samt ett verkställande av mindre intensiva odlingsmetoder för att uppnå de maximala fördelarna med systemet.

#### **Avstånd mellan trädraderna**

Merwin (1999) skriver att forskare i England rekommenderar att trädradavståndet i *alley-cropping* med popplar, skall vara så brett att det utan problem kan rymma de bredaste maskinerna som används i den vanliga jordbruksverksamheten. I England rekommenderas 20 meter mellan trädraderna, så att det på detta sätt motsvarar en 18 meters sprutbom. Eichhorn m.fl. (2006) skriver att under trädens adulta stadie kan krontaket reducera tillväxten av många grödor, om inte trädraderna är brett åtskilda. Författaren anger att systemet inte längre är lämpligt som ett *alley-croppingsystem* när trädhöjden överskrider bredden av utrymmet mellan trädraderna.

Avståndet mellan trädraderna kan ha betydelse för skörden. Quinkenstein m.fl. (2009) rapporterar att flera försök visat att skördarna av grödorna mellan trädraderna i *alley-croppingsystem* reduceras på grund av konkurrensen om vatten. Jose m.fl. (2000) rapporterar att resultat efter försök med svart valnöt (*Juglans nigra* L.) och majs (*Zea mays* L.) visade att majsens vattenupptag under vegetationsperioden reducerades med 31,4 % när trädrötter fanns närvarande. Författarna skriver vidare att eftersom näringsupptaget främst sker genom vattentransporten, är det troligt att näringsupptaget också påverkas. T.ex. observerades att majsplantorna i genomsnitt hade 20 % mindre bladyta än i kontrolleret utan träd, och 30 % lägre skörd uppmättes. Mellan trädraderna var avståndet endast 8,5 meter (a.a.). Quinkenstein m.fl. (2009) anger att det optimala avståndet beror dels på de naturliga förutsättningarna, dels på maskinbredden. De tillägger också att vidare forskning är nödvändig för att exakt kunna ange trädradavstånd i olika europeiska regioner.



För att försäkra sig om att få ett bra vindskydd, kan trädraderna som utgör vindskyddet, inte skördas helt, skriver Quinkenstein m.fl. (2009). I ett *alley-croppings*system med snabbväxande träd är det praktiskt att plantera lähäckar i minst fyra eller fler trädrader. Detta medför att hälften av trädraderna kan skördas vid varje skörd, och genom detta ändå behålla vindskyddet. Författaren skriver dock vidare att skuggeffekten av de kvarstående trädraderna kommer leda till långsammare återetablering av de skördade trädraderna om trädraderna/lähäckarna är placerade i en öst-västlig riktning. I sådana fall är det bättre att skörda varannan lähäck helt och hållet. Författarna menar vidare att anpassning av avståndet mellan trädraderna är nödvändigt för att få ut maximalt vindskydd, om erosion är ett problem. Detta så länge det slutliga avståndet är maskinvänligt.

Borell m.fl. (2005) skriver att för att få bra timmer på poppel, valnöt och vildkörsbär, är tätare plantering av träden att föredra, medan den bästa kvaliteten på grödorna mellan trädraderna fås genom färre träd i systemet. För att få den största biomassan hos träden anger författarna att det för vildkörsbär och valnöt bör planteras mellan 80-120 träd/ha, och för popplar 130-200 träd/ha. För att få det högsta värdet för grödorna mellan trädraderna bör vildkörsbär och valnöt planteras med 60-90 träd/ha och för popplar gäller 100-130 träd/ha. Författarna anger vidare att angivelserna är framtagna utan hänsyn till de ekosystemtjänster som systemet tillför.

Det optimala avståndet *mellan träden i trädraden* bör utgå från trädens förväntade livslängd innan skörd, och för popplar är detta 30 år, för timmer, skriver Merwin (1999). För att anlägga ett agroforestry-system bör, enligt Mosquera-Losada m.fl. (2009), starka träd med hög kvalitet väljas från början och för att undvika senare gallringsbehov, placera dessa glest.

## **Träd**

The New Forests Project (u.å.) skriver att Robinia (*Robinia pseudoacacia*) är ett bra kvävefixerande träd för *alley-croppings*system i tempererade klimat, på grund av dess förmåga att klara frost och ihållande kyla. Hanover och Mebrahtu (1991) skriver att släktet *Robinia* är en av de få träd som är kvävefixerande i tempererade klimat och att Robinia är passande som vindskydd, på grund av dess täta växtsätt, men även som trädslag i *alley-croppings*system. Ur trädet fås, förutom en förbättrad markbördighet på grund av trädets kvävefixerande förmåga, hård ved, foder och honung, enligt författarna.

Agroforestry Research Trust (2011) anger att de bästa träden för timmerproduktion i ett *alley-croppings*system ska vara av hög kvalitet, snabb-, upprätt-, och rakväxande, etablera ett

djupt rotsystem, vara vindtåliga samt ståndortsanpassade. Dessa egenskaper är svåra att uppnå, då lövfällande träd inte växer upprätt och rakt utan konkurrensen av andra träd, som i en skog. Beskärning längs stammen för kvistfri och rak ved, samt för ljusgenomsläppligheten till grödorna, är viktigt. De mest rak-, och upprättväxande träden är de träd som är mest ljuskrävande. Frökällan bör vara högkvalitativ (a.a.). Agroforestry Research Trust (2011) anger följande trädslag passande för engelska *alley-croppings*system: Körsbär (*Prunus avium*), tysklönn (*Acer pseudoplatanus*), äkta kastanj (*Castanea sativa*), hybridpoppel (*Populus spp.*) Robinia (*Robinia pseudoacacia*), och silverpil (*Salix alba* "Caerulea")

### **Konkurrens om ljus mellan träd och gröda**

Merwin (1999) skriver att beskärning av träden är nödvändigt för att reducera trädtagets beskuggning av grödorna och därmed förlänga grödornas växtperiod. Att beskära träden vid rätt tid är också viktigt för att öka volymen och kvaliteten på timret, skriver författaren. Skuggeffekten av 10- och 11-åriga popplar (*Populus sp.*) och silverlönn (*Acer saccharinum*) i samodling med majs (*Zea mays*), och sojaböner (*Glycine max*) i Kanada, har varit en av orsakerna till konkurrens mellan träd och grödor, skriver Thevathasan och Gordon (2004). Grödornas tillväxt reducerades vid ett avstånd av 2-6 meter från träden, i jämförelse med ett kontrollad utan träd. Konkurrensen från träden visades också genom att kolbindningen generellt var lägre nära träden där konkurrensen om det fotosyntetiska spektrat (PAR) var som högst, vilket resulterade i lägre skördar av grödorna. Höjden, bladstorleken och vikten på individuella plantor var också signifikant relaterade till PAR. Enligt författarna fanns inte denna korelation angående vattenutnyttjandet och författarna drog därmed slutsatsen att det var konkurrensen av solljus och inte konkurrensen av vatten, som hade den största effekten på skörden av majs och sojaböner. Författarna har även gjort försök med åtta andra trädarter och kommit till liknande resultat och skriver att det därför är att rekommendera att beskära träden och tillämpa kronglesning, för att även få en god skörd av grödorna med placering närmast trädraderna.

För att reducera effekten av beskuggning borde träden vara placerade i nord-sydlig riktning, skriver Merwin (1999). Ett *alley-croppings*system kan efter flera år övergå till ett *silvopastural*-system genom insådd av mer skuggtoleranta foderarter och eftersom träden vid detta tillfälle nått adult stadium, riskerar de inte i samma utsträckning skador uppkomna av de betande djuren (a.a.). Oelbermann m.fl. (2004) bekräftar att det kan bli tvunget att övergå till andra grödor efterhand som träden åldras, på grund av det reducerade ljusinsläppet.

Eichhorn m.fl. (2005) beskriver ett modernt agroforestry-system i Frankrike som kombinerar persikor och grönsaker. Systemet är väl fungerande och effektivt eftersom grönsakerna växer under vintern och på våren innan lövsprickningen av persikoträden och grönsakerna lider därmed inte av beskuggning.

Mosquera-Losada m.fl. (2009) rekommenderar självgallrande träd, träd med gles krona och bra bladfördelning för agroforestry-system. Låg grendensitet och självgallring ger, enligt författarna, den bästa veden. Att välja lövfällande träd är bättre än städsegröna, eftersom näring tillförs marken tack vare lövfällningen, skriver författarna, vilket Thevathasan och Gordon (2004) bekräftar efter ett försök i Kanada, angående placering av löven vid lövfällning av hybridpopplar (*Populus deltoides* x *Populus nigra*). De kunde se att 80 % av bladen föll inom området 0-2,5 meter från trädraden. Mosquera-Losada m.fl. (2009) skriver också att lövfällande träd även ökar solinstrålningen till grödorna under våren och hösten. Rigueiro-Rodríguez m.fl. (2009) anger att kolupptaget ökar med lövträd, i motsats till barrträd. Kolupptaget varierar också beroende av avståndet mellan träd i ett agroforestry-system, skriver författarna.

### **Ogräsbekämpning i trädraderna**

Gordon och Newman (1999) skriver att det är viktigt att begränsa ogräset mellan träden i trädraderna för att maximera tillväxten av träden, optimera eventuell produktion av nötter, samt få ut det bästa timret. De skriver att applicering av kemiska bekämpningsmedel, herbicider, varit den mest använda metoden och att dessa vanligtvis appliceras på båda sidor om trädraderna, eller runt om varje enskilt träd. Detta måste ske på ett sådant vis att de inte skadar träden eller grödorna. Tidpunkten för spridning, samt herbicid, är viktig bland annat med tanke på det varierande tidspannet rörande olika herbiciders biologiska aktivitet i marken. Tidpunkten för applicering anges vara bäst innan knoppsprickning eller efter lövfällningen. Författarna skriver också att mekanisk ogräsbekämpning kan vara ett alternativ, om den sker med försiktighet för att inte störa stam eller rötter. Klippning av ogräset, skriver författarna vidare, är inte rekommenderat för att hålla ogräset borta, men denna metod är viktig under hösten för att förhindra uppkomsten av boplatser för möss, kaniner och sorkar, och också för att förhindra snöupplagring under vintern. Täckning, mulchning, är också ett alternativ. Träflis, sågspån, grus, skörderester, blad, plast, tidningspapper och andra specialprodukter har med framgång använts för ogräsbekämpning i *alley-croppings*system. Författarna rapporterar att det efter ett försök i Kanada, visats att herbicider haft bäst verkan på perenna ogräs, medan täckning påverkade årliga ogräs. En kombination av de båda är att

rekommendera, skriver författarna. Författarna uppmärksammar att stort beaktande måste tas till hela landskapet som ekosystem gällande herbiciders inverkan på dito och de menar att samtidigt som herbicider kan öka tillväxten och kvaliteten på både träd och grödor, kan även växtlighet mellan trädraderna erbjuda livsmiljöer för olika (nyttodjur).

Bross m.fl. (1995) har gjort försök på Robinia (*Robinia pseudoacacia*) och lucern (*Medicago sativa*) som täckningsmaterial i tempererade *alley-croppings*system. Från Robinia skördades en homogen blandning av kvistar och blad och detta material, samt en andra skörd av lucern, placerades sedan både ovanpå markytan, och grävdes ner. Provtagningar gjordes rörande vikt, koncentration av kol, kväve och lignin. Författarna kunde se att täckning med kompost med högt ligninnehåll, som den av Robinia, kan bidra till en uppbyggnad av markens organiska kvävehalt och därmed ge en låg men kontinuerlig tillförsel av kväve till grödorna. Lucernen frigav kväve i en snabbare takt än Robinia och författarna skriver att en kombination av olika täckningsmaterial, Robinia inkluderat, kan frigöra kväve till grödorna både på lång och kort sikt.

Merwin (1999) skriver att träd i *alley-croppings*system kräver mycket intensiv skötsel och föreslår en kombination av täckning med plast i trädraderna, förkultivering av grödorna, samt herbicider för ogräskontrollen, och den största utmaningen är enligt författaren att hålla borta ogräset i området mellan plasten vid träden och grödorna.

Som tidigare nämnt är det önskvärt med träd med djupt rotsystem som fångar upp näring och vatten från djupa jordlager. Schroth (1995) skriver emellertid att gödsling av grödorna mellan trädraderna, samt nedfallet av blad från träden, vilket leder till en mer näringsrik jord i jordens toppskikt, gör att trädrötterna gagnas av att skapa ett ytligt rotsystem, och inte söker sig nedåt i jorden. Täckning av jorden anges också reducera rotdjupet och öka rötternas laterala spridning, eftersom mer näring finns att tillgå i jordens toppskikt. Författarna skriver vidare att rotdjupet emellertid gagnas av konkurrens av vegetation mellan träden, och från granträdens rötter.

## **Grödor**

Grödor som lätt kan anpassas till ett *alley-croppings*system är spannmål, baljväxter och oljeväxter, medan grödor som kräver mycket stora skördemaskiner, är mindre lämpade, anger Merwin (1999).

För träd i etableringsfasen i ett *alley-croppings*system, varierar vattentillgången och därmed tillväxten för olika träd, med olika grödor mellan trädraderna, enligt Williams och Gordon (1995). I ett försök med vete, majs och sojabönor och etablering av 75 cm höga

fröplantor av hybridpoppel (*Populus hyb.*), och svart valnöt (*Juglans nigra* L.) i Kanada, kunde forskarna se att speciellt vete påverkade tillväxten av de nyetablerade träderna, medan det fanns mer tillgängligt vatten för träderna i samodling med korn och sojaböner. Vetets starkare påverkan på vattentillgängligheten, skriver författarna, har att göra med att vegetationsperioden börjar tidigare än majsens och sojabönornas. Författarna studerade även vindhastighetens påverkan på tillväxten av trädplantorna. De fann att träderna tidigt på säsongen var bättre skyddade mot vind om de växte tillsammans med vete och att det senare under säsongen var liknande vindhastigheter även i samodling med sojaböner. Författarna drar slutsatsen att om vindhastighet har en påverkan på tillväxten av träderna i ett nyanlagt *alley-croppings*system, skulle trädplantorna tillsammans med sojaböner växa mer som med vete i början på säsongen, än tillsammans med majs. Majsen utgjorde däremot ett vindskydd för trädplantorna från juli och fram till vintern.

Jose m.fl. (2000) skriver att det efter försök med svart valnöt (*Juglans nigra* L.), rödek (*Quercus rubra* L.), och majs (*Zea mays* L.) i ett *alley-croppings*system i Mellanvästern i USA, framkommit att konkurrens om kväve efter gödsling är minimal mellan dessa arter, eftersom de inte har samma näringsbehov. Detta beroende av att trädrötterna tog upp kväve och vatten innan majsen var sådd. Detta resulterade därmed i en näringsfattig jord vid majsens etablering, vilket gjorde att majsen därför tog upp näringsämnen i det utspridda gödningsmedlet. Däremot kan konkurrensen om det mineraliserade kvävet existera beroende på hur vattentillgängligheten ser ut.

Svart valnöt (*Juglans nigra* L.) är en allelopatisksk art, vilket innebär toxiska effekter på andra växter, skriver Jose och Gillespie (1998). Den aktiva substansen i svart valnöt, juglone, blir toxisk vid oxidation, och har rapporterats påverka tillväxten på flera grönsaker, fältgrödor, lignoser och prydnadsväxter. Författarna har gjort försök på den toxiska effekten av juglone på majs (*Zea mays* L.) och sojaböner (*Glycine max* L.), vilka ofta planteras mellan trädreder av svart valnöt, i *alley-croppings*system, i Nordamerika. Försöket gjordes med groddar av majs och sojaböner i ett hydroponiskt system, varav hälften tillsattes olika koncentrationer av juglone. Försöken visade sig redan efter tre dagar ha en hämmande effekt på grödornas relativa skott och rottillväxt, fotosyntens i bladen, transpiration, respiration och på stomatas funktion. Sojaböner visade sig i allmänhet vara mer känsliga för juglone, än majs. Författarna understryker dock att försök måste göras ute i fält. Den toxiska effekten av juglone i ett hydroponiskt system, skriver författarna vidare, måste inte desto mindre tas i beaktande när orsaker till tillväxtminskning av majs och sojaböner tillsammans med svart valnöt i ett *alley-croppings*system, observeras.

## **Biodiversitet**

För att uppnå och utveckla den biologiska mångfalden i ett *alley-croppings*system är det enligt Quinkenstein m.fl. (2009) viktigt att bara skörda en del av träden och att göra detta under vintern, samt att blanda olika trädarter i trädraden. Blommande trädslag som körsbär eller lind föreslås, skriver Vaughan och Hoffman Black (2006). Olika inhemska örter och buskar föreslås också kunna planteras in mellan grödorna för både bärproduktion och som alternativ för att öka nektartillgången för pollinatörer. Författarna skriver också att baljväxter inte bara binder kväve till odlingen, utan också bidrar med nektar och pollen för bin. Om energiskog eller andra träd med kort omloppstid odlas är det viktigt att anlägga breda och strukturerade kantzoner av mer konstant art för att främja fjärilar, gräshoppor, jordlöpare och för häckande fåglar, skriver Quinkenstein m.fl. (2009).

Vaughan och Hoffman Black (2006) skriver att minimering av herbicidanvändningen skall beaktas, genom att enbart spruta på ogräsen och helt och hållet undvika blommande växter. För att kontrollera ogräset och säkra markfuktigheten kan täckning vara ett alternativ i etableringsfasen av ett *alley-croppings*system, speciellt som detta också kan förhindra markboende bin att komma åt markytan. Efter etablering föreslås inplantering av tuvgräs eller blommande örter istället, då dessa kan kväva ogräs och dessutom erbjuda platser för markbon för solitära bin.

## DISKUSSION

Forskning och erfarenheter av *alley-croppings*system i tempererade klimat är inte noga kartlagd och att studera *alley-croppings*systems ekologiska påverkan på populationer är svårt, vilket Quinkenstein m.fl. (2009) bekräftar. Detta på grund av att de flesta system i Europa är nyetablerade och långtidsundersökningar därmed inte hunnit göras. Detta var tydligt då jag genomgående under artikelsökningen fann att bakgrundsinformation till försöken kring tempererade agroforestry-system, baserades på tropiska försök. Det är av största vikt att se resultaten kring ekosystemtjänster av *alley-croppings*system i sin fulla kontext. Enskilda resultat som presenteras är därmed beroende av, för det speciella försöket, bland annat rådande vind, och allmänna klimatförhållanden, vattentillgång, geografisk belägenhet, skötsel, systemets utseende, samt topografi. Det finns exempelvis mycket data på hur stor mängd kol agroforestry-system kan lagra, men dessa uppgifter är, enligt Nair (2009), enbart uppskattningar. Oelbermann m.fl. (2004) bekräftar att av trädets biomassa i ett *alley-croppings*system, utgörs 30 % av rötterna, men att det inte finns någon forskning på hur stor påverkan rötterna egentligen har på kolinlagringen. Kring tropiska klimat däremot, spekuleras det, enligt Oelbermann m.fl. (2004), att kolinlagringen i rötterna ökar som ett resultat av trädets åldrande. Om detta stämmer, skulle trädrötter, åtminstone i ett tropiskt *alley-cropping*-system, vara en signifikant kolsänka. Det är uppenbart att mer forskning och försök krävs kring kolsänkor för att ge ett entydigt svar som kan vinna slagkraft i en debatt kring olika matproduktionssystem påverkan på växthuseffekten.

Resultatet av arbetet visar tydligt att ekosystemtjänster av *alley-croppings*system i tempererade klimat är rikliga, i motsats till monokultursystem, men resultat bör alltid diskuteras och ifrågasättas. Quinkenstein m.fl. (2009) rapporterar kring vindskyddsaspekten. De skriver att det gjorts experiment på effekten av vindskydd i Tyskland, på fält med potatis och lupiner. Experimenten visade bland annat att skörden ökade med 14 % för lupinerna och med 30 % för potatisen. Cleugh (1998) skriver dock att vindskyddsaspekten, och därmed mikroklimatoriska effekter, inte nödvändigtvis leder till högre skördar och exemplifierar med att vindskydd kan öka grödornas vattenhushållning på bevattnade grödor, men att det inte måste vara fallet på obevattnade grödor. Nuberg (1998) poängterar att det är viktigt att inte direkt översätta resultat från andra länder, vilka kan ha andra markförhållanden och trädarter.

Resultaten angående en ökad biologisk mångfald, vindskyddsaspekten och erosionskontrollen som ett *alley-croppings*system kan bidra med, visar tydligt på ekologiska samband i form av att vindskydd resulterar i gynnsamma mikroklimat för floran och faunan i

marken. En främjad livsmiljö för markkorgansimer ökar omsättningen av organiskt material vilket leder till en ökad mineralisering. I slutändan gynnas hela näringskedjan av en rik biologisk mångfald, vilket inkluderar en uppförökning av, för den aktuella grödan, både nyttodjur och skadedjur. Ett förslag för vidare undersökningar hade således varit att studera effekterna av en gedigen växtföljd och samodling mellan trädraderna i ett *alley-croppings*system, för att i framtiden minimera sprutning, och i viss mån bearbetningen av jorden.

Ong (1996) skriver om en annan aspekt som jag genomgående i litteratursökningen stött på – uppfattningen om agroforestry-system som en universallösning för alla områden. Ong belyser att det kan finnas miljöer där träd och grödor i kombination är direkt ofördelaktigt. *Alley cropping*, som utvecklades i de fuktiga tropikerna, överfördes sedan till de semi-arida tropikerna där slutsats kunde dras om att konkurrensen av fukt mellan träd och gröda överväger de faktiska fördelarna med förbättrad resursutvinning. Författaren tillägger att det finns många viktiga läxor för alla agroforestry-system: *Alley cropping* kan inte ses som lösning på sjunkande markbördighet på *alla* jordar. Initialt måste hänsyn till jordens ingående bördighet och djup, tas (a.a.). Detta belyser det ständiga faktum att alla typer av bearbetning för mat- och annan produktion på olika jordar, måste ske på den aktuella platsens villkor. Att jobba mot naturen är aldrig ett alternativ, oavsett motiv. Huxley (1996) menar att *alley-cropping* ofta har lyfts fram som en lösning till markproblem i olämpliga omgivningar och att denna missuppfattning belyser behovet av en mer genomgripande forskning för att säkerhetsställa att ansträngningarna inte är förgäves. Resultatet av arbetet har dock tydligt visat att det är av vikt att anpassa trädradavståndet, trädarterna och grödorna för att optimera ekosystemtjänsterna och uppnå ett hållbart odlingsystem, men för en specifik plats krävs noggrannare undersökningar.

Överhuvudtaget tror jag att det är viktigt att förstå att den bästa lösningen för hållbar matproduktion, inte finns. Det finns mer eller mindre bra system för olika syften, och systemen måste alltid anpassas, uppgraderas, förfinas, förkastas och utvecklas i takt med relevant forskning, som också måste göra detsamma. När syftet är att bevara och förbättra jordens ekosystem vet vi vad som skall göras. Nair (1993) skriver emellertid att även om de ekologiska fördelarna av agroforestry är vetenskapligt etablerade och väl förstås av jordbrukarna, kommer systemet inte vara tilltalande för markägare och makthavare i utvecklade länder, så länge de ekonomiska aspekterna inte är övertygande. Det finns en del forskning på skördestorlekar i *alley-croppings*system i jämförelse med monokulturer, för vidare läsning, som inte inkluderas i detta arbete. Den största vinsten tror jag nämligen vi gör



genom att investera i en framtid överhuvudtaget, vilken *alley cropping* bevisligen är ett hållbart system för, även i tempererade klimat. I största allmänhet är det ett stort problem med oförståelsen för, eller oviljan att se ekosystemens roll för vår fortlevnad. Avskärmandet av människan från naturen – från ett enda system, där allting ingår och där allting får konsekvenser – är fulländat enfaldig.

## SLUTSATSER

*Alley-croppings*system i tempererade klimat, vilket innebär trädrader med grödor odlade dem emellan, erbjuder en rad ekosystemtjänster:

- Trädraderna fungerar som kolsänkor
- Systemet bidrar till en ökad mikrobiell biomassa
- Trädrötterna fångar upp överblivna näringsämnen, vilket kan leda till reducerad kväveutlakning
- Om kvävefixerande trädarter väljs, kan dessa bidra till kväveförsörjning av systemet
- Trädraderna ger ett vindskydd som gynnar jordens fuktighetshållande förmåga
- Trädraderna innebär en livsmiljö för olika sorters djur och insekter
- Trädrötterna förhindrar erosion

För att optimera dessa ekosystemtjänster bör olika aspekter vid anläggning, tas i beaktande:

- Avstånd mellan träden och trädraderna är av betydelse för
  - tillgänglighet av kväve från kvävefixerade träd
  - vindskyddseffekter rörande markfuktighet
  - erosionsskydd
  - kolupptag
  - konkurrens om vatten och sol mellan träd och gröda
  - storlek på skörd
  - skötsel av systemet – maskinbredder
- Val av olika trädarter är viktigt, samt placering av dessa för att gynna multifunktionalitet såsom skördade produkter och befrämja artdiversitet, samt för att motverka allelopatiska effekter
- Kemisk ogräsbekämpning bör vara varsam, täckning med olika materialtyper är ett alternativ
- Lämpliga grödval och etableringstid för dessa bör synkroniseras med trädens vegetationsperiod, för att undvika konkurrens om vatten och näring

## REFERENSER

- AFTAa – Association for temperate agroforestry. Hemsida. [online] (u.å.) An Introduction to Temperate Agroforestry Tillgänglig: <http://www.aftaweb.org/agroforestry-introduction.php> [2012-04-13]
- AFTAb – Association for temperate agroforestry. Hemsida. [online] (u.å.) Alley cropping Produces Two Crops in the Space of One Tillgänglig: [http://www.aftaweb.org/alley\\_cropping.php](http://www.aftaweb.org/alley_cropping.php) [2012-04-17]
- Agroforestry Research Trust (2011) Hemsida. [online] 2011-03-01 Selecting timber tree species Tillgänglig: <http://www.agroforestry.co.uk/agrotree.html> [2012-05-17]
- Andow, DA. (1991) Vegetational diversity and arthropod population response. *Annu Rev Entomol* [online] vol. 36 s. 561–586 Tillgänglig: <http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.en.36.010191.003021> [2012-05-05]
- Borell, T., Dupraz, C., och Liagre, F. (2005) Economics of silvoarable systems using a novel approach: the Land Equivalent Ratio based generator [online] Tillgänglig: <http://www.ensam.inra.fr/safe/english/results/final-report/SAFE%20fourth%20Year%20Annual%20Report%20Volume%204.pdf> [2012-05-10]
- Bross, E.L., Gold, M.A., och Nguyen, R.V. (1995) Quality and decomposition of black locust (*Robinia pseudoacacia*) and alfalfa (*Medicago sativa*) mulch for temperate alley cropping systems *Agroforestry Systems* [online] vol. 29, s. 255-264. Tillgänglig: <http://www.springerlink.com/content/u35k1651357807r7/fulltext.pdf> [2012-05-17]
- Browaldh, M. (1997) Change in soil mineral nitrogen and respiration following tree harvesting from an agrisilvicultural system in Sweden. *Agroforestry Systems* [online] vol. 35 s. 131 – 138 Tillgänglig: <http://www.springerlink.com/content/r314lt775t233n62/fulltext.pdf> [2012-04-27]
- Cleugh, A. H. (1998) Effects of windbreaks on airflow, microclimates and crop yields *Agroforestry Systems* [online] vol. 41 s. 55–84 Tillgänglig: <http://www.springerlink.com/content/k87r2322850kk55p/fulltext.pdf> [2012-04-27]
- Davis, J.E., och Norman, JM. (1988) Effects of Shelter on Plant Water Use *Agriculture, Ecosystems and Environment* [online] vol. 22/23 s. 393-402 Tillgänglig: [http://dx.doi.org/10.1016/0167-8809\(88\)90034-5](http://dx.doi.org/10.1016/0167-8809(88)90034-5) [2012-05-03]

- 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., och Dupraz, C. (2006) Silvoarable systems in Europe – past, present and future prospects, *Agroforestry Systems* [online] vol. 67 s. 29–50 Tillgänglig: <http://www.springerlink.com/content/841r225p06l5g2l6/fulltext.pdf> [2012-04-27]
- Eichhorn, M.P., Paris, P., Herzog, F., Incoll, L.d., Liagre, F., Mantzanas, K., Mayus, M., Moreno Marco, G., Dupraz, C., och Pilbeam, D.J. (2005) Silvoarable agriculture in Europe – past, present and future [online] Tillgänglig: <http://www.ensam.inra.fr/safe/english/results/final-report/SAFE%20fourth%20Year%20Annual%20Report%20Volume%204.pdf> [2012-05-10]
- Gordon, A.M., Newman, S.M., Williams, P.A. (1997) Temperate agroforestry: An overview In: Gordon, A.M., Newman, S.M., (Ed.) *Temperate agroforestry systems* s. 1-8 Oxon: CAB International
- Gordon, A.M., och Newman, S.M. (1997) Temperate agroforestry: Synthesis and future directions In: Gordon, A.M., Newman, S.M., (Ed.) *Temperate agroforestry systems* s. 251-266 Oxon: CAB International
- Grünewald, H., Böhm, C., Quinkenstein, A., Grundmann, P., Eberts, J., von Wühlisch, G. (2009) *Robinia pseudoacacia* L.: A Lesser Known Tree Species for Biomass Production *Bioenerg. Res.* [online] vol. 2, s. 123–133 Tillgänglig: <http://www.springerlink.com/content/agrt7q03786h7151/fulltext.pdf> [2012-05-03]
- Hanover, J.W., och Mebrahtu, T. (1991) *Robinia pseudoacacia*: Temperate Legume Tree with Worldwide Potential [online] Tillgänglig: [http://www.winrock.org/fnrm/factnet/factpub/FACTSH/R\\_pseudoacacia.html](http://www.winrock.org/fnrm/factnet/factpub/FACTSH/R_pseudoacacia.html) [2012-05-17]
- Herzog, F. (1998) *Streuobst*: a traditional agroforestry system as a model for agroforestry development in temperate Europe, *Agroforestry Systems* [online] vol. 42 s. 61–80 Tillgänglig: <http://www.springerlink.com/content/g575216705631827/fulltext.pdf> [2012-03-01]
- Huxley, P. (1996) Woody-non-woody plant mixtures: Some afterthoughts. In: Ong, C.K., och Huxley, P (Ed.) *Tree-crop interactions - a physical approach*, s. 365-376. Wallingford: CAB International in association with the International Centre for Research in Agroforestry

- Jose, S. (2009) Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview *Agroforest Syst* [online] vol. 76 s. 1-10 Tillgänglig: <http://www.springerlink.com/content/y407263028211k7n/fulltext.pdf> [2012-05-05]
- Jose, S., Allen, S.C., Nair, P.K. R. (2008) Tree-crop interactions: Lessons from temperate alley-cropping systems In: Batish, D. R. (Ed.) *Ecological basis of agroforestry*, s. 15-36 Boca Raton: CRC Press.
- Jose, S., Gillespie, A. R., Seifert, J.R., Mengel, D.B., och Pope, P. E. (2000) Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the midwestern USA 3. Competition for nitrogen and litter decomposition dynamics *Agroforestry Systems* [online] vol. 48 s. 61–77 Tillgänglig: <http://www.springerlink.com/content/mm412696168g5213/fulltext.pdf> [2012-05-07]
- Jose, S., och Gillespie, A.R. (1998) Allelopathy in black walnut (*Juglans nigra* L.) alley cropping. II. Effects of juglone on hydroponically grown corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycinemax* L. Merr.) growth and physiology *Plant and Soil* [online] vol. 203 s. 199–205 Tillgänglig: <http://www.springerlink.com/content/q37056216w211m41/fulltext.pdf> [2012-05-17]
- King, K.F.S. (1987) The history of agroforestry In: Stepler, H. A., Nair, P. K. R., ICRAF (Ed.) *Agroforestry, a decade of development* [online] Nairobi: ICRAF Tillgänglig: [http://www.worldagroforestry.org/downloads/publications/PDFs/07\\_Agroforestry\\_a\\_decade\\_of\\_development.pdf](http://www.worldagroforestry.org/downloads/publications/PDFs/07_Agroforestry_a_decade_of_development.pdf) [2012-04-16]
- Lacombe, S., Bradley, R.L., Hamel, C., Beaulieu, C. (2009) Do tree-based intercropping systems increase the diversity and stability of soil microbial communities? *Agriculture, Ecosystems and Environment* [online] vol. 131 s. 25–31 Tillgänglig: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2008.08.010> [2012-05-04]
- Lee, K.H., och Jose, S. (2003) Soil respiration and microbial biomass in a pecan–cotton alley cropping system in southern USA *Agrofor Syst* [online] vol. 58 s. 45–54 Tillgänglig: <http://www.springerlink.com/content/v215514w131g1414/fulltext.pdf> [2012-05-07]
- Matson, P.A., Parton, W.J., Power, A.G., Swift, M.J. (1997) Agricultural intensification and ecosystem properties *Science* [online] vol. 277, s. 504-509 Tillgänglig: <http://www.sciencemag.org/content/277/5325/504.full> [2012-05-12]
- McAdam J.H., Burgess P.J., Graves, A.R., Rigueiro-Rodríguez, A., Mosquera-Losada, M-R. (2009) Classifications and Functions of Agroforestry Systems in Europe In: Rigueiro-Rodríguez, A., McAdam, J., Mosquera-Losada, M. R., (Ed.) *Agroforestry in Europe*, s. 21-41 New York: Springer

- Merwin, M. (1999) Alley cropping with Hybrid Poplar May Profit UK Farmers *The Temperate Agroforester* [online] vol. 7 s. 1-12 Tillgänglig: <http://www.aftaweb.org/tempaf/TAoct99.pdf> [2012-05-07]
- Mosquera-Losada, M-R., McAdam J.H., Romero-Franco, R., Santiago-Freeijanes, J.J., Rigueiro-Rodríguez, A. (2009) Definitions and Components of Agroforestry Practices in Europe In: Rigueiro-Rodríguez, A., McAdam, J., Mosquera-Losada, M. R., (Ed.) *Agroforestry in Europe*, s. 3-19 New York: Springer.
- Nair, P. K. R. (2011) Agroforestry Systems and Environmental Quality: Introduction [online] Tillgänglig: <https://www.agronomy.org/publications/jeq/pdfs/40/3/784> [2012-05-07]
- Nair, P.K. R. (1993) *An introduction to agroforestry* [online] Dordrecht: Kluwer Academic Publishers in cooperation with International Centre for Research in Agroforestry. Tillgänglig: [http://worldagroforestry.org/units/Library/Books/PDFs/32\\_An\\_introduction\\_to\\_agroforestry.pdf?n=161](http://worldagroforestry.org/units/Library/Books/PDFs/32_An_introduction_to_agroforestry.pdf?n=161) [2012-04-01]
- Nair, P.K.R., Kumar B.M., Nair, V.D. (2009) Agroforestry as a strategy for carbon sequestration *J Plant Nutr Soil Sci* [online] vol. 172 s. 10–23 Tillgänglig: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jpln.200800030/pdf> [2012-05-06]
- Nuberg, I, K. (1998) Effect of shelter on temperate crops: a review to define research for Australian conditions *Agroforestry Systems* [online] vol. 41 s. 3–34 Tillgänglig: <http://www.springerlink.com/content/x4553592g31p1373/fulltext.pdf> [2012-04-27]
- Oelbermann, M., Voroney, R.P., Gordon, A.M. (2004) Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada *Agriculture, Ecosystems and Environment* [online] vol. 104 s. 359–377 Tillgänglig: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2004.04.001> [2012-05-04]
- Ong, C. K. (1996) A framework for quantifying the various effects of tree-crops interactions In: Ong, C.K., och Huxley, P (Ed.) *Tree-crop interactions - a physical approach*, s. 1-23 Wallingford: CAB International in association with the International Centre for Research in Agroforestry
- Peng, R. K., Incoll, L. D., Sutton, S. L., Wright, C., och Chadwick, A. (1993) Diversity of airborne arthropods in a silvoarable agroforestry system *Journal of Applied Ecology* [online] vol. 30 s. 551-562 Tillgänglig: <http://www.jstor.org/stable/pdfplus/2404194.pdf?acceptTC=true> [2012-05-05]
- Quinkenstein, A., Wöllecke, J., Böhm, C., Grünewald, H., Freese, D., Schneider, B.U., Hüttl, R.F. (2009) Ecological benefits of the alley cropping agroforestry system in sensitive

- regions of Europe. *Environmental science & policy* [online] vol. 12 s. 1112-1121  
Tillgänglig: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2009.08.008> [2012-04-27]
- Reisner, Y., de Filippi, R., Herzog, F., Palma, J. (2007) Target regions for silvoarable agroforestry in Europe *Ecological engineering* [online] vol. 29 s. 401–418  
Tillgänglig: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2006.09.020> [2012-05-05]
- Schoeneberger, M. M., och Ruark, G.A. (2003) Agroforestry - Helping to Achieve Sustainable Forest [online] Tillgänglig: <http://maxa.maf.govt.nz/mafnet/unff-planted-forestry-meeting/conference-papers/roles-for-agroforestry.pdf> [2012-03-26]
- Schroth, G. (1995) Tree root characteristics as criteria for species selection and systems design in agroforestry *Agroforestry Systems* [online] vol. 30 s. 125-143 Tillgänglig: <http://www.springerlink.com/content/v82765936j764702/fulltext.pdf> [2012-05-10]
- Seiter, S., Horwath, W.R. (1999) The fate of tree root and pruning nitrogen in a temperate climate alley cropping system determined by tree-injected <sup>15</sup>N *Biol Fertil Soils* [online] vol. 30, s. 61-68 Tillgänglig: <http://www.springerlink.com/content/w1yyq6ll8lfleej1/fulltext.pdf> [2012-05-17]
- Sepúlveda S, G., och Edwards, R. (1997) [online] *Sustainable Development: Social Organization, Institutional Arrangements and rural development – selected readings*. New York: Coronado. Tillgänglig: <http://library.wur.nl/WebQuery/clc/952026> [2012-04-24]
- SLU - Sveriges lantbruksuniversitet. (u.å.) Hemsida. [online] Ordlista: Tillgänglig: [http://www-umea.slu.se/kontakt/stem/frame1\\_ordlista.htm](http://www-umea.slu.se/kontakt/stem/frame1_ordlista.htm) [2012-04-19]
- SMHI - Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. (2009) Hemsida. [online] 2009-02-13 Jordens huvudklimattyper. Tillgänglig: <http://www.SMHI.se/kunskapsbanken/klimat/jordens-huvudklimattyper-1.640> [2012-04-19]
- SMHI - Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. (2011) Hemsida. [online] 2011-09-09 Väderspråk. Tillgänglig: <http://www.SMHI.se/kunskapsbanken/meteorologi/vaderspraket-1.3847> [2012-04-19]
- Sudmeyer, R.A., Scott, P.R. (2002). Characterization of a windbreak system on the south coast of Western Australia. 1. Microclimate and wind erosion. *Australian Journal of Experimental Agriculture* [online] vol. 42 s. 703–715 Tillgänglig: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=14439591> [2012-04-27]

- The New Forests Project. (u.å.) Hemsida: [online] Tree species available from the New Forests Project Tillgänglig: <http://www.newforestsproject.org/species.html> [2012-05-17]
- Thevathasan, N.V och Gordon, A.M. (2004) Ecology of tree intercropping systems in the North temperate region: Experiences from southern Ontario, Canada *Agroforestry Systems* [online] vol. 61 s. 257–268 Tillgänglig: <http://www.springerlink.com/content/p2808px547062t64/fulltext.pdf> [2012-05-07]
- van Lynden, G. W.J. (2002) Guidelines for the Assessment of Soil Degradation in Central and Eastern Europe [online] Tillgänglig: [http://isric.org/isric/webdocs/docs/SOVEUR\\_Rep97\\_08.PDF](http://isric.org/isric/webdocs/docs/SOVEUR_Rep97_08.PDF) [2012-05-05]
- van Noordwijk, M. (1996) Mulch and shade model for optimum alley-cropping design depending on soil fertility In: Ong, C.K., och Huxley, P (Ed.) *Tree-crop interactions - a physical approach*, s. 52-72 Wallingford: CAB International in association with the International Centre for Research in Agroforestry
- Vaughan, M., och Hoffman Black, S. (2006) Improving Forage For Native Bee Crop Pollinators *Agroforestry Notes* [online] vol. 33, s. 1-4 Tillgänglig: [http://plants.usda.gov/pollinators/Improving\\_Forage\\_for\\_Native\\_Bee\\_Crop\\_Pollinator\\_s.pdf](http://plants.usda.gov/pollinators/Improving_Forage_for_Native_Bee_Crop_Pollinator_s.pdf) [2012-05-04]
- Wilken, G. C. (1977) Integrating forest and small-scale farm systems in middle America *Agro-Ecosystems* [online] vol. 3. 291-302 Tillgänglig: [http://dx.doi.org/10.1016/0304-3746\(76\)90132-3](http://dx.doi.org/10.1016/0304-3746(76)90132-3) [2012-04-18]
- Omslagsbild:** Martin Crawford (2011) [online] Tillgänglig: <http://www.agroforestry.co.uk/silvoar.html> [2012-05-18]