



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för ekologi

Jordbearbetningens påverkan på ekosystemtjänster i lantbruket

The effect of different tillage practices on agricultural ecosystem services

Anna Ferguson

Agronomprogrammet Mark/växt
Kandidatarbete 15 hp
Uppsala 2017

Självständigt arbete/Examensarbete / SLU, Institutionen för ekologi 2017:16

Jordbearbetningens påverkan på ekosystemtjänster i lantbruket

The effect of different tillage practices on agricultural ecosystem services

Anna Ferguson

Handledare: Jan Bengtsson, SLU, Institutionen för ekologi

Examinator: Astrid Taylor, SLU, Institutionen för ekologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i biologi - kandidatarbete

Kurskod: EX0689

Program/utbildning: Agronom Mark/växt

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2017

Serietitel: Självständigt arbete/Examensarbete / SLU, Institutionen för ekologi

Delnummer i serien: 2017:16

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

Nyckelord: ekosystemtjänster, jordbearbetning, reducerad jordbearbetning, direktsådd

Sveriges lantbruksuniversitet

Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för ekologi

Sammanfattning

Ekosystemtjänster är ett relativt nytt och komplext begrepp som ofta används i såväl modern naturvetenskap som i politiska sammanhang för att beskriva naturens nytta för människan. Denna litteraturstudie syftar till att förklara begreppet, undersöka hur forskningsläget ser ut inom vetenskapsområdet ekosystemtjänster med avseende på lantbruk, samt undersöka om det finns skillnader i effekter av olika jordbearbetningsmetoder på ekosystemtjänster. För att resultat ska kunna appliceras på svenskt lantbruk fokuserar studien på områden i tempererat klimat med spannmålsdominerade växtföljder. Konventionell plöjning jämfördes med reducerad bearbetning och direktsådd genom en meta-analys för att analysera olika effekter på ekosystemtjänster. Sammanställningen visar dels att det finns relativt få studier med fokus på ekosystemtjänster i lantbruket, dels att olika jordbearbetningsmetoder har olika effekter på ekosystemtjänster. Reducerad jordbearbetning visas ha generellt bättre kolbalans än plöjda system men producerar ofta en lägre skörd. Min studie visar även att många undersökningar av till exempel jordbearbetningens effekter på kolfastläggning, markbördighet eller avkastning har gjorts utan att begreppet ekosystemtjänster har använts.

Nyckelord: Ekosystemtjänster, jordbearbetning, reducerad jordbearbetning, direktsådd

Abstract

Ecosystem services is a relatively new term within the sciences. It is also a term that influences several political and environmental agreements, both internationally and locally. This review aims to clarify the term ecosystem services, to assess the state of research that focuses on ecosystem services in agricultural ecosystems and to investigate the effects of different tillage practices on various ecosystem services. To be able to apply the results in Swedish agriculture all studies included in the review have been conducted in temperate climates and have investigated cereal-dominated crop rotations. Conventional tillage was compared with conservation tillage and no-till methods through a meta-analysis to see if there are differences in the effect on different ecosystem services. The review concluded that there are few studies which with focus on ecosystem services but that the choice of tillage method can affect different ecosystem services differently. None of the results from the meta-analysis were significant but trends could be distinguished; reduced tillage often results in a greater carbon sequestration but generally produces lower yield than conventional tillage. In addition to the meta-analysis, this review also shows that many studies study the effect of tillage practices such as soil fertility, yield or carbon sequestration, without using the term ecosystem services.

Nyckelord: Ecosystem services, tillage, reduced tillage, no-till

Innehållsförteckning

Förkortningar	6
1. Inledning	7
2. Metod	9
2.1. Söksträngar	9
2.2. Avgränsningar	10
2.3. Ekosystemtjänster och definitioner	11
2.4. Jordbearbetningstekniker	13
2.5. Analys av vilka ekosystemtjänster som studerats med vilka	13
2.6. Sammanställning av data i meta-analys	13
2.6.1. Studier med kvantitativa data på variation	13
2.6.2. Studier som saknar data på variation	15
3. Resultat	15
3.1. Vad kom sökningarna fram till	15
3.2. Jordbearbetningsystem och hur de påverkar ekosystemtjänster	15
3.2.1. Ekosystemtjänster	15
3.2.2. Samstudering av ekosystemtjänster och jordbearbetning	16
3.3. Hur påverkas ekosystemtjänster av jordbearbetning?	17
4. Diskussion	19
4.1. Effekten av ett nytt begrepp	19
4.2. Ekosystemtjänsters påverkan av jordbearbetningsmetoder	19
5. Slutsatser	23
Referenslista	24
Tack	26
Bilagor	27

Förkortningar

Förkortning	Mening
AMF	Arbuskulär mykorrhiza svamp (fungi)
BM	Biologisk mångfald
CBD	Konventionen för biologisk mångfald, <i>Convention on Biological Diversity</i>
EST	Ekosystemtjänster
GWP	Växthuseffekt påverkan, <i>Global warming potential</i>
MA	Millennium Assessment
NPP	Netto-primärproduktion
PAR	Våglängder av ljus som driver fotosyntes. <i>Photosynthetic active radiation</i> .
SOC	Markens kolhalt, <i>soil organic carbon</i>
SOM	Markens innehåll av organiskt material, <i>soil organic matter</i>

1. Inledning

Ekosystemtjänster är ett relativt nytt begrepp inom både natur- och samhällsvetenskapen som förvånansvärt snabbt har blivit del av nationella och globala miljömål. Ämnesområdet syftar till att värdera naturens bidrag till människans välfärd och på så vis ge ledning till hur skötselmetoder i lantbruket kan utföras på bästa sätt. Lantbruk skapar regelbundna störningar för agroekosystemen och påverkar följaktligen många ekosystemtjänster. Forskning om ekologiska processer inom lantbruket har pågått i århundraden men först på senare tid har studier gjorts i kontexten *ekosystemtjänster*.

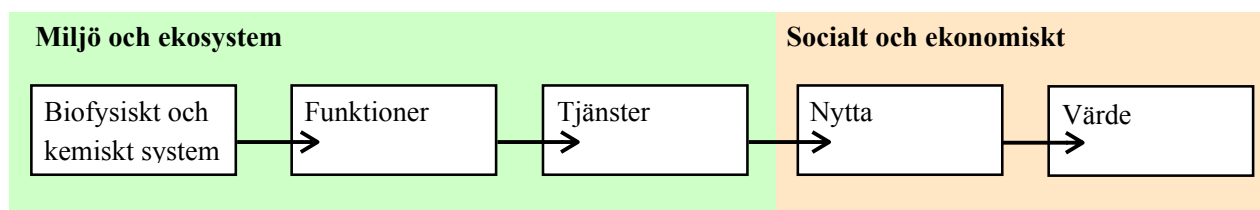
Ekosystemtjänster (EST) är ett komplext begrepp som innefattar mängder av ekologiska processer och de organismer som utför dem. Vissa EST är lätta att se, exempelvis livsmedelsproduktion i form av en veteskörd, eller pollinering som bidrar till befruktning av många grödor. Det finns också många tjänster som man kanske inte tänker på lika mycket, exempelvis dagmaskars arbete i marken som möjliggör dränering och uppluckring av jordar, svampars del i nedbrytningskedjan, eller kanske nöjet av att vandra i en skog eller plocka blommor på en äng. Enligt Naturvårdsverket lyder definitionen:

“Ekosystemtjänster är alla produkter och tjänster som naturens ekosystem ger oss människor och som bidrar till vår välfärd och livskvalitet.” (Naturvårdsverket, 2016)

Ekosystemtjänster är alltså produkter av eller processer utförda av ekosystemen; det enda kravet är att tjänsterna ska utföras av levande organismer samt att det uppfattas vara till nytta av människor. Naturens processer, ofta som effekt av människors påverkan, kan även vara till människors nackdel. Exempelvis kan för höga hastigheter av mineralisering leda till urlakning av näringsämnen. Då dessa “otjänster” inte är till nytta för människan räknas de inte in i begreppet ekosystemtjänster. Däremot kan de användas som indikatorer för ett system i obalans där ekosystemtjänster kan motverka eller väga upp för otjänsterna.

Forskning kring ekosystemtjänster har pågått länge i form av studier av enskilda processer i naturen men det är först på senare tid ekosystemtjänster har blivit ett allmänt känt begrepp. Tidigt 2000-tal kartlade Millennium Assessment (MA), med bland annat stöd från FN, ekosystemens hälsa och utvärderade deras förmåga att producera EST (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Allt eftersom ny forskning framkommit har flera globala och politiska initiativ tagits. Konventionen om biologisk mångfald (CBD) fastslog *Aichi Biodiversity Targets*, en plan att till år 2020 utreda den globala nedåtgående trenden av biodiversitet, hur trenden kan vändas och hur ekosystemtjänster och biodiversitet kan förbättras (CBD (1), utan år). EU-kommissionen har följt CBD:s plan och har interna mål om att öka EST och den biologiska mångfalden. EU:s mål reflekteras i sin tur av de nationella målen som till exempel Sveriges miljömål, *Ett rikt växt och djurliv*, där det bland annat står att *“Den biologiska mångfalden ska bevaras och nyttjas på ett hållbart sätt ... Människor ska ha tillgång till en god natur- och kulturmiljö med rik biologisk mångfald, som grund för hälsa, livskvalitet och välfärd”* (Miljömål, 2016).

Alla ekosystem baseras på samspel mellan många olika organismer inom näringsvävar och konkurrens om utrymme och resurser. Följaktligen är ekosystemtjänster, vare sig det handlar om skörd, pollinering eller kolfastläggning, påverkade av flera faktorer. Ett sätt att kontextualisera ekosystemtjänster är genom “the cascade framework” (La Notte et al., 2017) där de fysiska och biokemiska aspekterna av ett ekosystem är grunden. Organismer inom de aspekterna utför funktioner som, om positiva, utgör tjänster för människan. Slutligen ges nyttan ett värde beroende hur de påverkar människors välfärd (figur 1).



Figur 1. The cascade framework, anpassat efter La Notte et al. (2017) och CICES (2017).

För att enklare diskutera EST har system upprättats för klassificering av dem. Dessa skiljer sig något mellan olika organisationer. MA (2005) föreslår fyra klasser av ekosystemtjänster: försörjande, reglerande, kulturella och stödjande. Andra samarbetsorgan, exempelvis projektet *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services* (MAES) utfört av The Biodiversity Information System for Europe (BISE), ett samarbete mellan den europeiska kommissionen och den europeiska miljöbyrån (EEA), följer däremot Common International Classification of Ecosystem Services (CICES). CICES delar upp EST i tre kategorier: försörjande, reglerande och stödjande, och kulturella tjänster (Biodiversity Information System for Europe, 2017). Skillnaden beror främst på hur stödjande tjänster klassificeras. Dessa tjänster är indirekta för människans välfärd men behövs för att producera de direkta tjänster som ger nytta för människor.

Ibland benämns underliggande funktioner som indirekta tjänster medan nytta benämns direkta tjänster; “tjänster” enligt cascade kan vara direkta eller indirekta beroende vilken tjänst som avses.

Diskussioner hålls idag om svårigheten i att klassificera EST och underliggande processer och att det blir allt viktigare att ha en global förståelse om begreppet (La Notte et al., 2017). I mitt arbete används CICES klassificeringssystem (Biodiversity Information System for Europe, 2017) som kan sammanfattas:

- *Försörjande tjänster*: direkta tjänster som mat-, material-, eller energiproduktion.
- *Reglerande och stödjande tjänster*: indirekta eller direkta processer och funktioner som påverkar slutliga, försörjande tjänster, exempelvis pollinering, kolfastläggning, fotosyntes, näringsämnesomsättning och biologisk kontroll.
- *Kulturella tjänster*: direkta tjänster som ger socialt eller spirituellt värde för människan, exempelvis fågelskådning eller naturpromenader.

Människan påverkar nästan alla jordens ekosystem. Ekosystemet inom lantbruket, ibland kallat agroekosystem, är ett av de ekosystem som människan påverkar mest genom jordbearbetning, tillsatser av gödning, pesticider, sådd och skörd. Samtidigt förlitar sig människan på agroekosystemens alla tjänster för livsmedel- och energiförsörjning. Lantbrukares skötselåtgärder syftar till att förbättra produktionsförmågan hos marken genom att höja dess bördighet men ny forskning om bland annat EST visar att inte alla skötselåtgärder är bra för detta.

Mitt arbete fokuserar på skötselåtgärden jordbearbetning. Ungefär 70 % av svensk åkermark plöjs regelbundet för att vända ner skörderester i marken och förbereda jorden för nästa sådd (Jordbruksverket 2016). Generellt finns två skolor inom jordbearbetning, antingen intensiv bearbetning som handlar om att mylla ner skörderester och förbereda såbädden för nästkommande gröda, eller reducerad bearbetning som går ut på att minska störningen av jorden, använda en mer varierad växtföljd samt att återföra organiskt material till jorden. Olika jordar kan kräva olika former av bearbetning. Exempelvis kan en lerjord bilda naturliga sprickor genom svällning och krympning och kan på så vis “luckra” sig själv. Sandjordar saknar däremot denna egenskap och kan kräva någon form av bearbetning innan sådd. Markens ekosystem är för många till stor del okänt då flera organismer och processer inte går att se med blotta ögat. Detta gör att vidtagna åtgärder kan ha oväntade konsekvenser för olika EST och att avvägningar mellan tjänster sker, medvetet eller inte. Plöjning kan exempelvis ge goda förutsättningar för bra skörd de kommande åren samtidigt som det minskar markens kolhalt (Caride et al., 2012), direktsådd å andra sidan ger oftast lägre skörd än konventionellt plöjda system samtidigt som det tenderar öka markens organiska innehåll (Zhang et

al., 2016). Avvägningarna kan även ha olika tidsperspektiv. Skörd är kortsiktigt mätt och skötselåtgärder syftar ofta till att påverka pågående eller nästkommande odlingssäsong. Kolfastläggning mäts däremot på en annan tidsskala, där åtgärder betalar för sig efter flera år genom att jorden kan brukas längre och att nettoutsläpp av växthusgaser lindras (Eriksson et al., 2011).

Syftet med denna litteraturstudie är att undersöka forskningsläget inom det breda kontextet *ekosystemtjänster* (Engelska: *services*). Forskning inom ekologi har pågått i flera sekel och en stor kunskapsbank finns inom specifika ämnen. Däremot har EST som relativt nytt begrepp skapat en paradigm som idag styr både regionala och globala politiska målsättningar. På grund av sin nyskapelse riskerar ämnet att glömma bort mycket av den forskning som tidigare gjorts på ekosystemens processer; forskning som kan ge goda motiv för skötselåtgärder idag. Studien ämnar även att undersöka vilka ekosystemtjänster som studerats ihop med vilka samt att undersöka om och hur jordbearbetning påverkar EST i lantbruk i tempererade klimat med spannmålsdominerade växtföljder. De två frågeställningar som styr arbetet har således varit:

- Vilka ekosystemtjänster inom jordbruket har studerats tillsammans med vilka?
- Hur påverkas ekosystemtjänster inom jordbruket av olika jordbearbetningsmetoder?

2. Metod

Arbetet för studien bedrevs på följande sätt: 1) val av jordbruksmetoder; 2) litteratursökning och definierande av en lämplig söksträng. Därefter togs beslut om avgränsning till jordbearbetning; 3) genomgång av relevant litteratur; 4) urval av kvantitativa studier och därefter meta-analys.

2.1. Söksträngar

För att finna relevant litteratur användes sökmotorn Web of Science. På grund av arbetets storlek togs beslutet att endast söka i *Web of Science Core Collection* (Clarivate Analytics, 2017).

Olika kombinationer av sökord användes för att koncentrera sökningar på de studier, litteraturgenomgångar och synteser som behandlat ekosystemtjänster i lantbruket (tabell 1, A-D). Beroende om sökord återfanns i *title* eller *topic* gav det olika antal sökresultat. Söksträng 1D "Title: (ecosyst* or environment* or soil*) and service* and Topic: farm* or agricultur*" ansågs ge ett rimligt antal artiklar för vidare begränsning. Ytterligare ämnen tillades som *topic* för att precisera sökningen. Sökorden "till* or plough*" användes för att ta fram artiklar som behandlat olika former av jordbearbetning.

Tabell 1. Söksträngar med antal resultat när sökt i *Web of Science Core Collection*. Tabellen visar även sökningar på andra skötselområden än jordbearbetning.

	Söksträng	Resultat
1 A	Title (ecosyst* or environment*) and service* and (farm* or agricultur*)	169
1 B	Topic (ecosyst* or environment*) and service* and (farm* or agricultur*)	6670
1 C	Title (ecosyst* or environment* or soil*) and service* and Topic (farm* or agricultur*) and (management* or practice*)	702
1 D	Title (ecosyst* or environment* or soil*) and service* and Topic farm* or agricultur*	1205

Tabell 1. *forts.*

1D & a	and Topic	till* or plough*	41
1D & b	and Topic	crop and (rotation* or sequence* or precede*)	34
c	and Topic	(pesticid* or herbicid* or insecticid* or fungicid* or biocid*)	46
d1	and Topic	(field and margin*) or (ripari* and zone*) or (hedge* or bocag*) or (beetle* and bank*) or (edge*) or ((flower* or grass*) and (strip* or zone* or area*))	136
d2	and Topic	(field and (edge* or margin*)) or (ripari* and zone*) or (hedge* or bocag*) or (beetle* and bank*) or ((flower* or grass*) and (strip* or zone* or area*))	130
d3	and Topic	(field and (edge* or margin*)) or (hedge* or bocag*) or (beetle* and bank*) or ((flower* or grass*) and (strip* or zone* or area*))	116
d4	and Topic	(field and (edge* or margin*)) or (beetle* and bank*) or ((flower* or grass*) and (strip* or zone* or area*))	106
d5	and Topic	(field and (edge* or margin*))	16
d6	and Topic	(beetle* and bank*)	0
d7	and Topic	(flower* or grass*) and (strip* or zone* or area*)	96

2.2. Avgränsningar

Detta arbete avgränsades till ekosystemtjänster och jordbearbetningsmetoder som förekommer eller som kan appliceras i svenskt lantbruk med typiska jordbruksgrödor. Detta innebär att studier som behandlades hade gjorts i tempererade klimat med spannmålsdominerade växtföljder. Oftast var spannmålet vete men även bland annat korn och råg förekom. Flera studier i USA studerade även soja och majs; Kinesiska studier studerade ofta även ris, dessa inkluderades givet att även spannmål var med i växtföljden. Vissa studier analyserade effekten av olika typer av växtföljder. Detta kan starkt påverka potentiella EST genom bland annat kvävefixering och förfruktseffekt av baljväxter. Olika växtföljder ger även olika förutsättningar för jordbearbetning. En mer ensidig växtföljd eller ren monokultur kan exempelvis kräva nedplöjning av skörderester för att minska risken för växtföljdssjukdomar, såsom vissa svampsjukdomar i stråsäd (Jordbruksverket, 2008). På grund av arbetets begränsningar behandlas inte växtföljder som en variabel i denna litteraturstudie, utöver kravet att spannmål skulle finnas med i odlingen.

Artiklar som inte uppfyllde kraven på klimatregion eller spannmål uteslöts, bland dessa fanns studier i tropiska- och medelhavsklimat och fruktträdsodlingar som kaffe och mandel. Även energigrödesodling uteslöts på grund av att odling och skörd då sker med ett annat tidsmått jämfört med årliga grödor. Studier som ansågs lämpliga för arbetet behandlade ofta även andra ämnen exempelvis "Land use change" som innebär bland annat avskogning, dränering av våtmarker och upplöjning av permanenta gräsmarker. Dessa förändringar i markanvändning påverkar drastiskt flera EST, exempelvis kolfastläggning, men för att behålla fokus på "vanligt" lantbruk behandlades inte dessa typer av förändringar av markanvändning i den här studien. Studier av olika kombinationer av jordbearbetning och gödslingstekniker förekom även. Då gödsling är del av regelbundna skötselmetoder behandlades dessa i sammanställningen, men på grund av arbetets storlek fanns inte utrymme att diskutera skillnad av effekter mellan mineralgödsel och stallgödsel. Jämförelser i studien har således gjorts mellan "gödsling" och "ingen gödsling" det vill säga extra tillsatt näring eller inte.

2.3. Ekosystemtjänster och definitioner

Vid diskussioner om ekosystemtjänster är det vanligt att faktiska EST och indikatorer för EST blandas ihop. Faktiska EST är en mätning eller uppskattning av just den ekosystemtjänst man vill studera, medan indikatorer mäter variabler man tror är relaterade till EST. Exempelvis är naturlig predation av skadegörare en EST medan antalet naturliga fiender kan vara en indikator på hur väl tjänsten utförs. Markens organiska material är relaterat till markens kolförråd och kan indikera flera EST, till exempel vattenhushållning och bördighet. De ekosystemtjänster och indikatorer som behandlats av studierna sammanställdes och definierades enligt CICES och sammanfattas i tabell 2, med närmare beskrivning av vissa EST nedan.

Markens organiska material och kolhalt

Markens organiska material (SOM) är alla de kolföreningar i marken som antingen kommer från djur och växter eller från restprodukter av mikrobiella aktiviteter. Det finns både lätt nedbrytbara och stabila föreningar. Humus är stabila organiska föreningar där ca 58 % består av organiskt bundet kol (SOC). Markens organiska material har en betydande roll för markens vattenhushållning och struktur (Eriksson et al., 2011). Kol i marken är energikälla till många mikroorganismer och kan leda till en högre aktivitet av exempelvis kväve mineralisering (Cavigelli et al., 2013). På grund av detta används ibland SOM som en indikator för markbördighet eller markkvalitet. Det bör påpekas att det även finns andra komponenter i begreppet "bördighet", som till exempel markstruktur, pH, vattenhushållning och näringsinnehåll.

Kolfastläggning

Kolfastläggning, ibland kallat kolinlagring, är den process då kol från atmosfären binds in i organiskt material genom fotosyntes och därefter under nedbrytningen i marken omvandlas till stabila kolföreningar. Kortsiktigt ökar processen flödet från atmosfären till mark och lindrar på så vis växthuseffekten. Mycket långsiktigt nås en form av jämvikt mellan tillförsel och nedbrytning av kol (Eriksson et al., 2011).

Växthuseffektpåverkan (GWP)

Många aktiviteter inom lantbruk bidrar till växthuseffekten genom utsläpp av växthusgaser som koldioxid (CO₂), lustgas (N₂O) och metan (CH₄). Dessa gaser kan avgå vid exempelvis maskinanvändning men även genom naturliga processer i marken. Mikroorganismers nedbrytning av organiskt material leder till en oxidering av kol och CO₂ avgår från mark till atmosfär. Beroende typ av mikroorganism och miljöförhållanden kan restprodukter ta andra former till exempel N₂O eller CH₄ (Eriksson et al., 2011). Utsläpp av gaser kan till viss del balanseras genom kolinlagring, nettoeffekten blir således GWP.

Biodiversitet

Biodiversitet, eller biologisk mångfald (BM) är ett komplext begrepp som definieras olika beroende sammanhanget. Ofta avses artrikedom av exempelvis växter eller insekter. I vissa fall kan det ge mer information genom att inte enbart räkna antalet arter utan även se på funktionella grupper, det vill säga artgrupper som fyller liknande funktion i ekosystemet, exempelvis nedbrytning eller kvävefixering. Konventionen om biologisk mångfald, *Convention on biological diversity* (CBD) definierar biologisk mångfald inte enbart som artrikedom utan även som variation inom arter, mellan arter och mellan ekosystem (CBD (2), utan år). Vissa använder BM som indikator för samtliga ekosystemtjänster, dvs. om BM har ett högt värde så har även EST det. Andra anser att BM kan ses som en eller flera ekosystemtjänster: som kulturell tjänst då människor tenderar att njuta av en varierad natur, som reglerande tjänst genom att buffra ekosystemet vid störningar (om fler arter finns inom en funktionell grupp kan exempelvis chansen att upprätthålla funktionen öka om en störning sker) (Mace et al., 2012). BM kan även ses som en direkt tjänst genom att det bidrar med genetisk variation som kan bidra till bland annat förädling.

Biologisk kontroll

Med biologisk kontroll menas ekosystemets förmåga att motverka negativa effekter av andra organismer, i det här fallet negativa effekter på grödan. Många olika typer av skadegörare finns och det är inte alltid som en skadegörare påverkar skörden. Insekter och svampar är de primära skadegörarna i lantbruket men andra typer av organismer kan ha en effekt på grödan, exempelvis ogräs och deras konkurrens om resurser. Indikatorer för biologisk kontroll kan vara bland annat antalet naturliga fiender, alltså de nytto-insekter som prederar på skadeinsekter, eller så kan det vara mängden plantor som angripits av svamp. Det är inte optimalt att gruppera alla skadegörare i en kategori eftersom de sprids och koloniserar grödan på så olika sätt, men på grund av arbetets storlek och det relativt låga antalet studier togs beslutet att se samtliga dessa organismer som växtskadegörare vars påverkan kan lindras genom biologisk kontroll.


Tabell 2. Klassificering och definitioner av de mest diskuterade ekosystemtjänster och indikatorer. Klassificering enligt CICES.

Klassificering enligt CICES	Ekosystemtjänst	Begrepp, processer och indikatorer i litteraturen	Mätt som
Försörjande tjänster	Matproduktion	Avkastning, skörd. <i>Yield, harvest.</i>	kg spannmål, kornvikt
	Netto primärproduktion, NPP	Biomassaproduktion. Fotosyntetiskt aktiv strålning (PAR) indikator på NPP. <i>Above ground biomass, plant biomass, bioenergy.</i>	kg hela plantan ovan mark
	Kolfastläggning	Inlagring av kol från atmosfär till stabilt organiskt kol material i marken	Förändring av C i mark
Reglerande och stödjande tjänster	Markens kolhalt	Ungefär 58 % av markens organiska material.	kg C per volymenhet
	Markens halt av organiskt material	Humifierade, stabila kolföreningar i marken. Ibland anges mullhalt vilket är halten organiskt material i matjorden. Indikator för flera ekosystemtjänster.	kg organisk material per volymenhet
	Växthuseffektpåverkan	Utsläpp av växthusgaser som CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ i lantbruk, genom oxidering av mark eller brukningsmetoder	kg CO ₂ -eq ha ⁻¹ år ⁻¹
	Vattenhushållning	Markens hydrologiska egenskaper, infiltration, vattenlagringsförmåga	Markfuktighet, vattenflöde
	Biologisk kontroll	Naturlig kontroll av insekter och sjukdomar genom minskad risk eller förekomst.	Minskad mängd skadegörare, sjukdom, insekter, naturliga fiender
	Näringsämnen	Näringsämnena i marken, främst N- och P-omsättning, urlakning.	N- och P-halter i mark
	Biodiversitet	Variation i grödor, leddjur etc. ogrässammansättning, mikroorganismer. Inom- och mellanartsvariation, variation inom funktionella grupper.	Artrikedom, funktionella grupper

2.4. Jordbearbetningstekniker

Jordbearbetning kan ske med många olika maskiner, djup, avstånd och tidsintervall. Val av bearbetningsmetod beror på flera aspekter; dels jordtyp, ogräs- och skadegörarförekomst, gröda och växtföljd; dels önskan att mylla ner extra material i jorden i form av skörderester eller extra tillsatt material som mineral- eller stallgödsel, biokol och grüngödslingsvallar. Ett sätt att kategorisera bearbetning är om jorden plöjs eller inte, därefter hur djupt jorden bearbetas (tabell 3). Djupluckring är relativt ovanligt men kan förekomma vid stark markpackning. Konventionell plöjning sker vanligtvis till ca 25 cm djup, antingen på hösten efter skörd eller på våren innan sådd. I varmare klimat kan det plöjas flera gånger per år beroende på växtföljd. Reducerad jordbearbetning kan ske på flera sätt med olika redskap och syftar i denna studie på bearbetning som har en lägre intensitet än konventionell plöjning. Direktsådd är den metod då ingen bearbetning sker av jorden, och utsäde sås direkt i skörderester från tidigare gröda, det kan då förekomma att en skåra skärs i skörderesterna för att fröet ska få kontakt med jorden. I praktiken kombineras ofta flera metoder, exempelvis vid radbearbetning där såbbädden bearbetas medan ytan mellan rader lämnas obearbetade (Jordbruksverket, 2008). Det kan även ske tidsmässiga kombinationer, det vill säga att ett fält plöjs ett år medan det vid nästa direktsås, ofta beror detta på växtföljd och risk för sjukdomar.

Tabell 3. Kategorisering av jordbearbetningsmetoder baserat på redskapsanvändning. Intensiteten beror på hur djupt och hur ofta bearbetningen utförs (Jordbruksverket, 2008).

Intensitet	Jordbearbetningsteknik	
 Mest	Med plog	Djupluckring (upp till 50 cm)
		Normalt plöjningsdjup (15-25 cm) <i>konventionell plöjning</i>
		Grund plöjning (10-15 cm)
	Utan plog	Djup bearbetning (ca 20 cm)
		Grund bearbetning (5-7 cm)
Minst	Ingen bearbetning	Direktsådd

2.5. Analys av vilka ekosystemtjänster som studerats med vilka

De artiklar som ansågs tillämpbara på det svenska lantbruket sammanställdes i form av antal och typer av behandlade ekosystemtjänster respektive jordbearbetningstekniker (Bilaga 1). Därefter undersöktes vilka ekosystemtjänster som studerats tillsammans med vilka i samma studie och på samma plats (Bilaga 2). I detta moment behandlades inte litteraturgenomgångar. Målsättningen var att se om och var det kan finnas luckor i forskningen inom EST.

2.6. Sammanställning av data i meta-analys

2.6.1. Studier med kvantitativa data på variation

En kvantitativ meta-analys av jordbearbetningens effekter på de EST som studerats av tre eller fler studier gjordes genom jämförelse av konventionell plöjning (kontroll) och reducerad jordbearbetning (behandling). För att utföra analysen sammanställdes kvantitativa data från sex relevanta studier (Bilaga 3). Resterande studier antingen saknade applicerbara data eller hade studerat andra EST än de mest studerade. En del av de relevanta studierna förekommer i flera kategorier och i vissa fall flera gånger inom en kategori beroende på om flera olika variabler mättes i samma studie.

På grund av det låga antalet studier för enskilda EST grupperades vissa indikatorer och ekosystemtjänster för att ge en summerad bild av jordbearbetningens påverkan. De kategorier som analyserades var:

- “Kolrelaterat” vilket inkluderar markens organiska material, kolhalt, kolfastläggning och växthusgasutsläpp.
- “Avkastning” vilket inkluderar skörd av gröda eller biomassa.
- “Biologisk kontroll” vilket inkluderar antal naturliga fiender, växtätande insekter, sjukdomsförekomst på blad.

För att sammanställa olika variabler gjordes i vissa fall teckenändring av data för att negativa effekter på ekosystemtjänster, exempelvis utsläpp av växthusgaser, skulle få ett negativt värde (ju mindre utsläpp desto mindre negativt) medan positiva indikatorer och ekosystemtjänster skulle få positiva värden.

Metoden följer den som användes av Bengtsson et al (2005). Kvantitativa data i form av observationers medelvärde, antal replikat (n -värde) och standardavvikelse (SD) sammanställdes för respektive EST-kategori. De analyserade studierna presenterade data på olika sätt varvid en del krävde vissa antaganden och modifieringar. Studier som redovisade *standard error* beräknades om till SD. De studier som redovisade resultat med enbart grafer mättes till största möjliga noggrannhet med linjal. För vissa studier beräknades medelvärde och SD från bifogade rådata. För vissa studier kombinerades data för att ge ett samlat resultat av flera observationer (Bilaga 3). De studier som inte angav varians eller inte gav tillgång till rådata uteslöts ur den kvantitativa meta-analysen. Med excel beräknades den poolade variansen och effektstorleken för observationerna. Effektstorleken är *Hedges' g* (Bengtsson et al., 2005; Cooper & Hedges, 1994) som beräknas enligt formeln:

$$g = \frac{\bar{X}_{kontroll} - \bar{X}_{behandling}}{S} \cdot \left(1 - \frac{3}{4m - 1} \right)$$

$$\begin{aligned} g &= \text{effektstorlek} \\ S &= \text{poolad varians} \\ m &= n_{kontroll} + n_{behandling} - 2 \end{aligned}$$

Medel-effektstorlek, T , och homogenitet, Q , beräknades. För T väger de studier med fler replikat tyngre. Q anger om effektstorleken signifikant skiljer sig mellan observationer, i vilket fall man bör dela upp analysen i fler kategorier. Ett 95 % konfidensintervall, ki , beräknades. Om ki inkluderar noll anses behandlingen inte ha signifikant effekt. För att vara signifikant behöver effektstorleken också vara godtagbart homogen.

Särskilda beräkningar och antaganden gjordes i några studier. Mitchell et al. (2014) studerade både avstånd från skog (nära och långt ifrån) samt plöjning och direktsådd och angav att totalt antal fält i studien var 34. Det framgick inte hur många av dessa som fick respektive behandling varvid ett antagande gjordes att det var 8 fält i vardera behandling. Tambiurini et al. (2016) studerade flera EST med variablerna plöjning/reducerad bearbetning, gödsling/icke-gödsling samt landskapshomogenitet. Rådata presenterat i appendix kunde sammanställas men eftersom det endast är jordbearbetningssystem som är relevant användes inte de data som signifikant påverkades av landskapshomogeniteten.

2.6.2. Studier som saknar data på variation

I en ytterligare analys användes ett teckentest där samtliga studier med kvantitativa data kunde bearbetas, även de utan variationsmått. Testet är binomialt och indikerar om behandlingen ger en positiv eller negativ effekt.

Problem som kan anmärkas beträffande båda metoderna är att olika observationer ibland inte är oberoende. Eftersom några studier gjort flera observationer med olika variabler inom en och samma EST-kategori kan en enskild studie få större betydelse för resultatet vid både meta-analysen och teckentestet. Klimat och andra förutsättningar har en betydande roll för flera EST och flera observationer från ett och samma område kan indikera effekter av behandlingen som inte kan generaliseras till andra typer av miljöer.

3. Resultat

3.1. Vad kom sökningarna fram till

Sökningen ”Title: ((ecosyst* or environment* or soil*) and service*) OCH Topic: (farm* or agricultur*) OCH Topic: (till* or plough*)” gav 41 resultat (tabell 4) varav 12 ansågs inte uppfylla kriterier för att vara med i denna litteraturstudie. Tidsspannet för artiklar som söktes var odefinierat (1900-nutid), de som hittades i sökningen var från 2007-2016 (Bilaga 1).

Tabell 4. Sökresultat vid sökning i Web of Science Core Collection.

Söksträng: Title: ((ecosyst* or environment* or soil*) and service*) AND Topic: (farm* or agricultur*) AND Topic: (till* or plough*)	
Antal sökresultat totalt	41
Antal empiriska studier	14, varav 3 med ekonomiskt fokus
Antal relevanta litteraturgenomgångar	13
Antal konceptuella modeller eller förslag på dataset vid analys	2

3.2. Jordbearbetningsystem och hur de påverkar ekosystemtjänster

3.2.1. Ekosystemtjänster

Studier, litteraturgenomgångar och modeller studerade eller diskuterade totalt 24 ekosystemtjänster. Av dessa förekom 17 i fler än tre studier (tabell 5). De vanligaste var skörd (avkastning), biodiversitet, näringsämnen, olika aspekter av kolykeln och markens organiska material. Ekosystemtjänsterna som behandlades av färre än tre studier, litteraturgenomgångar eller modeller var naturliga fiender, pollinering, foder, växtens effektivitet, tork-risk, ekologisk resiliens och miljöpåverkan. Diskussionerna varierade i omfattning mellan texterna; de EST som är medräknade är de som tydligt var del av diskussionen eller observationer.

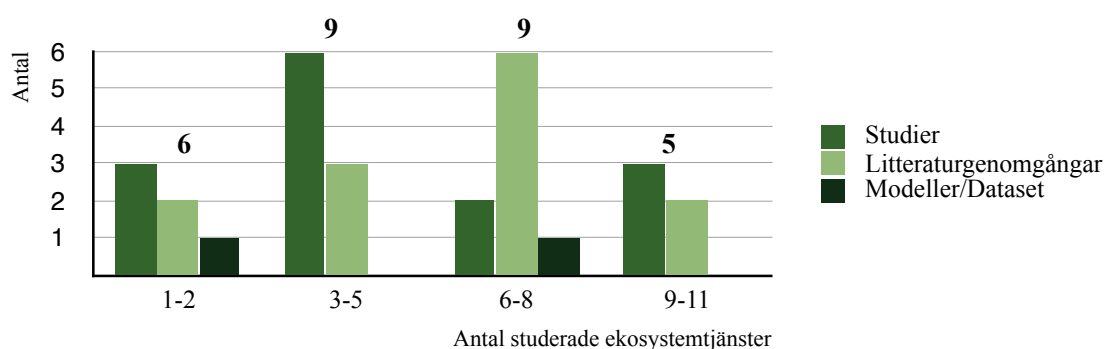
Tabell 5. Ekosystemtjänster som studerats eller diskuterats av tre eller fler studier, litteraturgenomgångar eller modeller.

Ekosystemtjänst	Studier	Litteraturgenomgångar	Modeller	Totalt
Skörd, avkastning	10	10	2	22
Biodiversitet	9	10	1	20
Näringämnen	6	5	2	13
Biologisk kontroll	3	8	0	11
Kolfastläggning	4	5	1	10
Markens kolhalt	4	6	0	10
Vattenhushållning	3	6	1	10
Erosion	2	6	0	8
Växthuseffektpåverkan	4	4	0	8
Kontroll av ogräs	2	3	1	6
Markens org. material	3	1	1	5
Vatten kvalitet	2	3	0	5
Markstruktur	1	3	1	5
Bördighet	1	3	0	4
NPP	3	0	0	3
Bioenergi	1	2	0	3
Reglering för vattenmättnad	2	1	0	3

3.2.2. Samstudering av ekosystemtjänster och jordbearbetning

Antalet ekosystemtjänster som studerades i de olika typerna av studier varierade. Flest studier studerade 3-5 EST; flest litteraturgenomgångar diskuterade 6-8 EST (figur 2).

Av ekosystemtjänster och indikatorer studerades skörd av flest artiklar (10 studier). Av dessa studier studerade 6 även biodiversitet och 6 studerade även näring (tabell 6). Det framkommer inte i tabellen vilka av de 10 studierna som studerade både biodiversitet och näring. Av de 10 studierna som studerade skörd studerade 8 av dem effekterna av plöjning och 8 av dem någon form av reducerad bearbetning (direktsådd eller annan reducerad metod). Biodiversitet studerades i åtta studier, fem av dessa studerade även näring och sex av de åtta studerade effekt av plöjning. Åtta studier undersökte även effekten av gödsling, antingen som mineralgödsel eller ställgödsel. I tabell 6 menas "gödsling" extra tillsatt näring.



Figur 2. Antalet studier, litteraturgenomgångar och modeller som behandlade olika antal ekosystemtjänster (EST). Flest studier behandlade 3-5 EST, flest litteraturgenomgångar behandlade 6-8 EST.

Tabell 6. Samstudering av olika ekosystemtjänster och jordbearbetningstekniker. Nummer (#) i översta raden korresponderar till EST med samma nummer i #-kolumnen. Exempelvis har 6 studier som studerat avkastning även studerat biodiversitet, 3 som har studerat avkastning har även studerat kolfastläggning. "Gödsling, X" innebär extra tillsatt näring, antingen mineral- eller stallgödsel. De vanligaste samstuderingarna är grönmarkerade.

Totalt antal studier	Ekosystemtjänst och jordbearbetningsmetod	#											A	B	C	D	X
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
10	Skörd, avkastning	1	6	6	3	3	3	2	3	3	3	8	4	4	4	6	
8	Biodiversitet	2		5	1	3	2	2	1	2	1	6	4	1	3	5	
7	Näring	3			2	2	2	2	3	3	2	6	3	2	4	5	
4	Kolfastläggning	4				0	3	0	2	1	1	3	2	3	1	2	
4	Kolhalt i mark	5						1	1	0	2	0	2	2	0	1	4
4	Effekt på växthuseffekt	6							1	1	1	0	3	3	3	2	2
3	NPP	7								0	1	0	3	2	1	1	1
3	Markens org. material	8									1	2	3	1	2	2	3
3	Vattenhushållning	9										1	2	1	0	1	3
3	Pestkontroll	10											3	1	1	1	2
11	Konventionell plöjning	A											6	4	4	6	
6	Direktsådd	B												2	2	3	
5	Reducerad bearbetning	C													2	2	
4	Täckgrödor	D														3	
8	Gödsling	X															

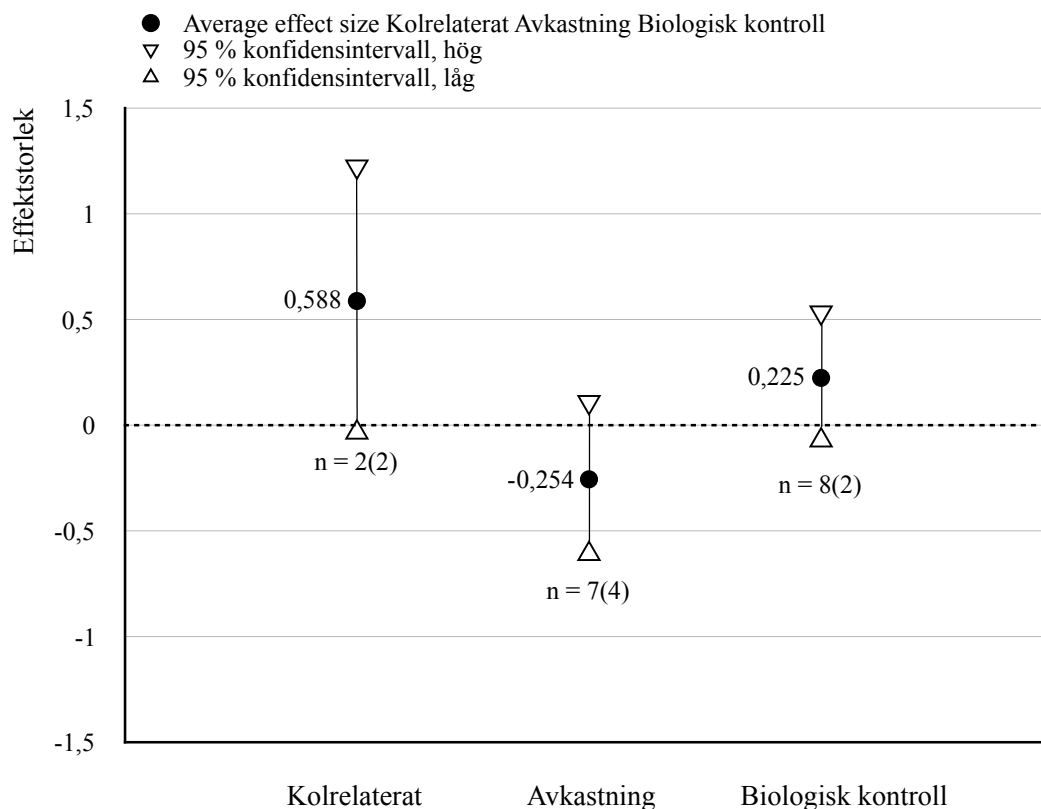
3.3. Hur påverkas ekosystemtjänster av jordbearbetning?

Kvantitativa data

Fyra studier användes i meta-analysen för att beräkna effektstorleken (*Hedges' g*) av behandlingen reducerad jordbearbetning. Av kategorierna "kolrelaterat", "avkastning" och "biologisk kontroll" hade ingen signifikant heterogena data (tabell 7). Alla kategorier har 95 % konfidensintervall som täcker noll och behandlingen är därmed ej signifikant, däremot kan positiva trender ses starkt vid kolrelaterade observationer och något vid observationer inom biologisk kontroll. Avkastning visar en tendens till negativ effekt av reducerad jordbearbetning (figur 3).

Tabell 7. Sammanfattning av meta-analys för ekosystemtjänst-kategorierna "kolrelaterat", "avkastning" och "biologisk kontroll". Behandlingen reducerad bearbetning gav inte signifikant effekt för någon av kategorierna.

Ekosystemtjänst-kategori	Antal studier	Antal observationer, n	Meta-analys					
			Effektstorlek, Hedges' g	95 % ki hög	95 % ki låg	Heterogenitet, Q	df (k-1)	p-värde
Kolrelaterat	2	2	0,588	1,208	-0,032	0,15	1	0,6985
Avkastning	4	7	-0,254	0,096	-0,605	6,71	6	0,3485
Biologisk kontroll	2	8	0,225	0,519	-0,069	8,40	7	0,2986



Figur 3. Effekten av reducerad jordbearbetning på olika ekosystemtjänster. Svarta punkter visar effektstorleken (*Hedges g*) av reducerad jordbearbetning, trianglar övre och undre gräns för 95 % konfidensintervall. n = antal observationer, siffra inom parentes anger hur många studier som hade kvantitativa observationer.

Teckentest

För teckentesten kunde sex studier användas, vissa av studierna förekom i flera kategorier och med flera observationer inom en och samma kategori. Kolrelaterade ekosystemtjänster gav ett signifikant positivt utslag, avkastning gav ett signifikant negativt resultat och ekosystemtjänster inom biologisk kontroll gav huvudsakligen positivt men inte signifikant resultat (tabell 8). Positiva resultat innebär att reducerad jordbearbetning ger högre värde inom respektive kategori medan negativa resultat innebär att plöjning gav högre värde. Sålunda visar denna analys att kolfastläggning ökar med reducerad bearbetning men avkastningen tenderar minska. Det utgör ett visst stöd för att tendenserna i den kvantitativa analysen (figur 3) är korrekta.

Tabell 8. Resultat av teckentest för ekosystemtjänst-kategorierna "kolrelaterat", "avkastning" och "biologisk kontroll". *p*-värde < 0,05 anses signifikant resultat. Reducerad bearbetning har en positiv effekt på kolrelaterade ekosystemtjänster men negativ effekt på avkastning.

Ekosystemtjänst-kategori	Antal studier	Antal observationer, n	Teckentest		z-värde	p-värde
			Summa positiva	Summa negativa		
Kolrelaterat	4	11	10	1	2,412	0.0159
Avkastning	5	9	2	7	-2	0.0455
Biologisk kontroll	2	8	5	3	0,354	0.7233

4. Diskussion

4.1. Effekten av ett nytt begrepp

Den valda söksträngen satte kravet att "ekosystemtjänster" eller "tjänster" kopplade till mark eller miljö, skulle vara med i titeln på sökta artiklar. Detta var för att fokusera studien på forskning som koncentrerat sig på just ekosystemtjänster. Den tidigaste publicerade artikeln som hittades var Barrios (2007) (Bilaga 1) vilket styrker påståendet att EST är ett relativt nytt begrepp inom jordbruksforskningen. I och med detta kan mycket forskning glömmas bort vid diskussioner om ekosystemtjänsters tillstånd och hur de kan påverkas av olika skötselmetoder. Det är därmed viktigt att äldre forskning lyfts och tas i beaktning vid såväl politiska diskussioner som vid mer regional rådgivning om skötselåtgärder. Framför allt kan det tänkas att långliggande försök kan vara till nytta för forskning av ekosystemtjänster och indikatorer som har större tidsramar som exempelvis organiskt material och kolhalt i marken.

4.2. Ekosystemtjänsters påverkan av jordbearbetningsmetoder

Detta arbete visar att det finns relativt få studier av jordbearbetningens effekter på ekosystemtjänster men att val av jordbearbetningsmetod kan ha olika effekter på olika EST. Reducerad jordbearbetning har å ena sidan en positiv påverkan på kolfastläggning och minskar därmed lantbrukets klimatpåverkan. Skörd å andra sidan tenderar att vara lägre vid reducerad jordbearbetning jämfört med konventionell plöjning.

Avkastning och biomassaproduktion

Avkastning eller skörd som slutlig, direkt EST är relativt lätt att mäta. Däremot påverkas skörden av många underliggande faktorer, exempelvis näringstillförsel, vattentillgång och dränering, konkurrens med ogräs och tryck från skadegörare. Olika metoder för jordbearbetning påverkar de underliggande faktorerna på olika sätt.

Min analys visar att reducerad jordbearbetning ofta ger lägre avkastning. Flera individuella studier har kommit fram till samma resultat (Cavigelli et al., 2013; Michell et al., 2014; Zhang et al., 2016). I ekologiska odlingssystem i nordöstra USA har detta förklarats med grödans konkurrens med ogräs (Cavigelli et al., 2013) men i andra studier gjorda i norra Kina har det förklarats av försämrade etablering av grödan (Zhang et al., 2016). En annan amerikansk studie menar däremot att direktsådd kan ge bättre avkastning genom att organiskt material vid ytan ger skydd mot evaporation och på så vis håller en högre vattenhalt i marken (Syswerda & Robertson, 2014). Samma studie visade lägst avkastning i konventionellt plöjda system som använde täckgrödor, och förklarade detta med att kväve var begränsande. En italiensk studie såg ingen skillnad i avkastning mellan direktsådd och konventionellt plöjda system (Tamburini et al., 2016). En stor meta-analys gjord med 678 olika studier menar att effekten av reducerad jordbearbetning är beroende av klimat, bevattningssystem, näring, tillförsel av organiskt material och växtföljd, och visade att direktsådd gav högre avkastning i system som enbart bevattnas med regn samt för vete och oljeväxter men att effekten annars antingen var negativ eller inte var signifikant (Pittelkow et al., 2015).

Biomassaproduktion är det som mäts vid skörd av exempelvis vall till hö eller ensilage.

Nettoprimärproduktionen (NPP) utgörs i lantbrukssammanhang av fotosyntesens produkter som i sin tur bygger upp växtens biomassa. Två studier som behandlats studerade NPP och biomassaproduktion. Köhl et al. (2014) kom fram till att plöjning leder till högre avkastning än direktsådd medan Syswerda och Robertson (2014) kom fram till motsatta resultat. Effekten av reducerad jordbearbetning är således liknande vid biomassaproduktion som vid skörd av exempelvis spannmålsgrödor.

Växthuseffektpåverkan

Växthuseffektpåverkan (GWP) mäts i de flesta studier som nettoflödet av växthusgaser som CO₂, N₂O och CH₄ till och från luft, gröda och mark. Genom kolfastläggning, markens kolhalt och organiska material är GWP resultatet av flera EST. Lantbruk anses ofta vara en stor källa till växthusgaser i diskussioner om klimatförändringar. Därför bör åtgärder för att minska utsläpp och öka kolfastläggning ges stor vikt. Olika studier inkluderar på olika sätt utsläpp från bland annat tillverkning och transport av gödselmedel, kalkning av fält, etc. Resultaten från fältförsök kan därmed variera stort beroende vilket typ av gödsel som använts och var det kommer ifrån. Exempelvis tenderar ekologiskt lantbruk vare sig det är direktsådd eller vid plöjning visa på en lägre växthuseffektpåverkan än konventionell odling eftersom det ofta används stallgödsel från nära belägna gårdar (Cavigelli, 2013). Andra försök har visat att direktsådd ger lägre GWP än ekologisk odling med plöjning på grund av ökad SOC i direktsådda system (*ibid.*).

Min analys visar att reducerad bearbetning har en positiv effekt på kolrelaterade EST, resultatet var dock inte signifikant (figur 3). Antalet studier som ingick i analysen var emellertid ganska litet vilket kan förklara varför meta-analysen inte gav signifikanta resultat. Det låga antalet studier var även anledningen till varför kolrelaterade EST samt alla former av reducerad jordbearbetning, även direktsådd, slogs ihop i analysen. Eftersom Q (heterogeniteten bland studierna) inte var signifikant (tabell 7) så finns ingen anledning till att separera de olika formerna av reducerad jordbearbetning.

På grund av djupare bearbetning som kräver större dragkraft leder plöjning till större utsläpp av växthusgaser än både direktsådd och reducerad jordbearbetning. Däremot kan efterföljande åtgärder som sådd, harvning, behandling av ogräs, antingen mekaniskt eller kemiskt, bevattning eller gödning minska skillnaden i utsläpp. Bortsett från markens organiska kolhalt är carbon footprint (totala mängden växthusgaser mätt i CO₂-ekvivalenter) någorlunda lika mellan plöjningsbaserade system jämfört med direktsådd. Om däremot SOC medräknas har direktsådda system minst växthuseffektpåverkan, följt av reducerad bearbetning och mest påverkan har plöjningssystem (Zhang et al., 2016).

Markens organiska material (SOM)

SOM används i flera studier som indikator på markens bördighet genom att ökad halt organiskt material ökar den mikrobiella aktiviteten (Cavigelli et al., 2013). Detta påverkar i sin tur flera ekosystemtjänster, bland annat ökar kväveminaliseringen och vatteninfiltrationen medan erosionsrisken minskar (*ibid.*). Generellt visar direktsådda system en lägre förlust av organiskt material. Det organiska materialet i marken är i ständigt flöde genom nedbrytning och tillförsel av skörderester och eventuellt stallgödsel. I system med reducerad jordbearbetning är SOM högre än i plöjda genom att nedbrytningen fördröjs (Tamburini et al., 2016). Vattenretentionen är bättre i jordar med högre SOM vilket kan leda till en högre avkastning i torra förhållanden om övriga faktorer, exempelvis tillgång till näringsämnen är goda (Cavigelli, 2013).

Markens organiska kolhalt och kolförråd (SOC)

Kolhalt bukar grovt räknas som halva mängden av markens organiska material (Eriksson et al., 2011) men mäts i många studier separat från SOM. Kolfastläggning är nettoinlagring av kol i marken och anses vara en viktig ekosystemtjänst (MA, 2005). Studier visar ofta att ju högre markens kolförråd (SOC) är desto lägre är GWP (Syswerda & Robertson, 2014). Vid samma tillsats av kol tenderar direktsådda system ha större kolförråd än plöjda system, det vill säga kolfastläggningen är högre vid reducerad jordbearbetning. Tillsatserna kan både vara direkta exempelvis genom stallgödsel, eller indirekta genom rottillväxt eller skörderester. Direktsådda system tenderar även ha högre SOC i markens ytskikt på grund av dessa skörderester medan plöjda system med tillsats av extra organiskt material (stallgödsel) visar på högre SOC på djupare nivåer i marken (Cavigelli, 2013).

Biologisk kontroll av skadegörare

Meta-analysen tyder på att biologisk kontroll som ekosystemtjänst kan vara bättre i direktsådda system än vid plöjning, däremot var inte skillnaden signifikant (figur 3). Fler studier av hur jordbearbetning påverkar biologisk kontroll skulle behövas för att veta om mina resultat håller generellt. Heterogeniteten, Q, för denna EST-kategori var inte signifikant men relativt hög. Om det fanns fler studier skulle det vara möjligt att separera till exempel insekter och svampsjukdomar, vilket eventuellt skulle leda till signifikanta resultat.

Biologisk kontroll kan mätas på flera sätt, exempelvis direkt som faktisk predation av nyttodjur på skadegörare, eller genom indikatorer, till exempel att man räknar antalet insekter som kan vara predatorer på skadegörare, även om deras byten inte nödvändigtvis är skadedjur på den aktuella grödan. Biologisk kontroll har även, utöver jordbearbetningsmetoderna, visats vara beroende på gödsling, landskapsheterogenitet och vilken typ av skadegörare, nyttodjur och gröda som avses (Mitchell et al., 2013; Tamburini et al., 2016). Exempelvis var mängden spindlar (generalistiska rovdjur) fler i fält nära skog och då i direktsådda fält, medan mängden bladluspredatorer var fler i fält längre ifrån skog och då i plöjda fält (Mitchell et al., 2013). Även sjukdomsförekomst visade sig bero på omkringliggande landskap och förekomsten var procentuellt högre i större fält (Tamburini et al., 2016). Detta skulle kunna bero på att vindspredda sporer färdas lättare till och i stora fält medan de omringade av skog ligger mer i lä.

Näringsämnesomsättning

De mest studerade näringsämnena var kväve och fosfor. Dessa makronäringsämnen är essentiella för grödans tillväxt och ofta en avsevärd del av gödselmedel vare sig det handlar om stallgödsel eller mineralgödsel. Det är ämnen som finns och frigörs från organiskt material och ämnen som riskerar utlakas vid ogynnsamma förhållanden eller vid för stora tillsatser.

Av de studier som studerat näringsämnena i mark och gröda fanns inte tillräckligt med kvantitativa data för att utföra en meta-analys; två av sex studier som behandlat näringsämnena hade kvantitativa data där den ena studerade näringsämnena i växten (Köhl et al., 2014) och den andra näringshalter i mark (Tamburini et al., 2016).

Studier har visat att vid liknande nivåer av C-tillsatser har direktsådda system en större N-mineralisering än (ekologiskt) plöjda system (Syswerda & Robertson, 2014). Även fosforhalter var större vid reducerad bearbetning jämfört med konventionella system (Tamburini et al., 2016). Många mikroorganismer tar del i både frigöring av näring från organiskt material och upptag av näringen av växten. Näringsomsättningen i direktsådda system är primärt styrt av svampar medan plöjda system mer styrs av bakterier (Barrios, 2007). Arbuskulära mykorrhiza svampar (AMF) spelar en nyckelroll i näringstillgången för växten och störning av jorden påverkar tillväxten av AMF. Samspelet och beroendet av AMF beror både på grödan och svampen och det är inte alla arter och sorter som kräver symbiosen. En studie har visat högre totalt näringsupptag av skörd i konventionellt plöjda system vilket förklaras av en totalt högre biomassaproduktion än vid direktsådd. Ju mer biomassa som produceras desto mer näring krävs. Den lägre avkastningen vid direktsådd förklarades i denna studie av kvävebrist (Köhl et al., 2014). I direktsådda system var kvävekoncentrationen lägre men fosforkoncentrationen högre i grödan jämfört med grödor i plöjda system. Plöjningens vändande av jorden leder till att AMF-hyfer är hälften så långa som de i fält som direktsås. Däremot har AMF i de plöjda systemen högre sporulering och kolonisering av rötter än de vid direktsådd (*ibid.*).

Goss et al. (1993) visade att i lerjordar är kväve-urlakning totalt större i plöjda odlingsystem än vid direktsådd med en skillnad på 8 kg N ha^{-1} i form av nitrat. Störning av jorden delar på aggregat vilket exponerar ominerat N som i sin tur leder till högre mineralisering (Kirchmann et al., 2002). Urlakning genom ytavrinning är däremot större i direktsådda system med lerjord (Goss et al., 1993), vilket skulle kunna förklaras av att naturliga sprickbildningar och gångar skapade av markorganismer och rötter, ökar vattenflödet på djupet medan markytan inte luckras upp på samma vis. Detta betyder ur N-

utlakningssynpunkt att direktsådda system inte skulle vara lika lämpade för lerjordar i klimat med större nederbörd. En annan studie har även visat att landskapet kan spela en roll för fosfors bindningskapacitet. Ju större kontinuerlig areal av brukad jord (mindre brutet landskap) desto mindre fosfor binder till jordpartiklar. Detta gällde endast för plöjda fält, medan direktsådda fält visade en mindre variation i mängd bundet fosfor (Tamburini et al., 2016). Detta kan tyda på att ju större fält desto större risk för fosforutlakning till vatten i de fall fälten plöjs.

Markvattenkapacitet

I sandjordar har direktsådda system visats ha högre vatteninfiltration medan konventionellt plöjda system har medel-bra infiltrationsvärden (Syswerda & Robertson, 2014). Detta tillsammans med att direktsådda system generellt har högre humushalt och organiskt material i ytskikt kan leda till en bättre vattenhushållning än i plöjda system. Det är viktigt att tänka på att sammansättningen av jorden spelar en stor roll, vid alla ekosystemtjänster men kanske framförallt vid frågan om vattenhushållning. Beroende på lerhalt bildas naturliga sprickor i jorden som kan transportera vatten på djupet. Som abiotisk process räknas inte detta som en EST. Däremot kan biotiska faktorer som dagmaskars gångar och omblandning av marken, och hålrum från rötter, bidra till infiltrationskapaciteten hos en jord. I ytskiktet kollapsar dessa gångar vid plöjning vilket kan leda till sämre vattenavledningsförmåga. Dagmaskpopulationer tenderar även att minska vid plöjning på grund av den regelbundna störningen av jorden (Gerard & Hay, 1979; Briones & Schmidt, 2017).

Biodiversitet

Biodiversitet, eller biologisk mångfald (BM) är svårt att bedöma som en enskild ekosystemtjänst på grund av dess bredd. Vissa menar att om BM gynnas så gynnas även ekosystemtjänster och att de kan ses som synonyma vid diskussioner om skötselåtgärder. I detta perspektiv är biologisk mångfald en indikator som kan appliceras på många ekosystemtjänster; ju högre biodiversitet desto bättre är ekosystemtjänsterna. Andra menar att BM också kan ses som en separat ekosystemtjänst (Mace et al., 2012).

Oavsett om BM klassificeras som EST eller som indikator kan mångfalden innefatta både önskade och oönskade organismer. I vissa fall önskas en högre BM, exempelvis vid varierade växtföljder där det i ekologiska plöjda system har visats ge en högre avkastning (Cavigelli et al., 2013). I andra situationer kan det handla om oönskade artgrupper, till exempel ogräs som har en högre artrikedom i direktsådda fält än i plöjda system (Syswerda & Robertson, 2014; Tamburini et al., 2016) vilket eventuellt skulle försvåra bekämpning av dem. Även genetisk diversitet har två sidor: dels kan det bidra till gener för förädling men bland skadegörare kan det även öka risken för resistens mot pesticider. Ett argument för att BM är önskvärt i ett system är att ju fler arter som ingår i en funktionell grupp desto mer stabilt är systemet då en art inom en grupp kan påverkas utan att funktionen upphör. Generellt sker en nedåtgående trend för biologisk mångfald, dels beroende försämrade skötsel av ekosystem men även på grund av klimatförändringar (MA, 2005). Reducerad bearbetning skulle således kunna ge en dubbelt positiv effekt på BM, både genom minskad störning och genom ett mindre bidrag till växthuseffekten. Frågan är om biologisk mångfald alltid önskas. Miljö kvalitetsmålet *Ett rikt odlingslandskap* förutsätter att BM är önskvärt då målet definierats av riksdagen som "*Odlingslandskapets och jordbruksmarkens värde för biologisk produktion och livsmedelsproduktion ska skyddas samtidigt som den biologiska mångfalden och kulturmiljövärdena bevaras och stärks.*" (Naturvårdsverket, 2017). Detta kan vara en situation där BM som kulturell EST påverkar val av skötselmetoder i lantbruket. Frågan om BM kan ses som en indikator för ett friskt ekosystem och välfungerande ekosystemtjänster är således svår att ge ett tydligt svar på då det beror på vilka specifika grupper och ekosystemtjänster som åsyftas, och vem som värderar dess nytta.

Avvägningar och det ekonomiska perspektivet

Meta-analysen, även om den bara studerade några få ekosystemtjänster och grundade sig på få studier, illustrerar att det finns både för- och nackdelar med reducerad jordbearbetning. Även om kolbalansen generellt är bättre vid reducerad jordbearbetning och bidrar till både ökad mullhalt och minskade växthusgasemissioner (Syswerda & Robertson, 2014) är skörden oftast lägre (Pittelkow et al., 2015). De olika tidskalorna som behövs för att mäta värdet av ekosystemtjänster och därmed avräkningstiden för olika skötselåtgärder kan göra det svårt för lantbrukaren att välja skötselmetod exempelvis då skördens värde kan beräknas inom ett år medan förändring av organiskt material i marken och klimatpåverkan beräknas under en längre tid (Caride et al., 2012). Behovet av inkomstkälla idag kan vara avgörande i valet av skötselmetod och kan leda till ett mer kortsiktigt fokus. Det kan diskuteras hur värdet i det långsiktiga perspektivet kan höjas i dagsläget. Möjligtvis kan politiska åtgärder och ekonomiska kompensationer för åtgärder som gynnar nästkommande generationer öka för att motivera ett mer hållbart lantbruk.

5. Slutsatser

Mitt arbete har visat att ytterligare forskning behöver göras för att utreda jordbearbetningens påverkan på ekosystemtjänster, men jag kan baserat på mina resultat konstatera att olika ekosystemtjänster påverkas på olika sätt beroende på vilken jordbearbetningsmetod som används. Studier har visat olika resultat beroende klimat, jordtyp och växtföljd. Mer fältförsök med olika förutsättningar behövs för att kunna säga vilken typ av jordbearbetning som är bäst i olika situationer. Generellt är kolbalansen bättre i system med reducerad jordbearbetning medan avkastningen är lägre än vid konventionell plöjning. Genom mer forskning kan politiska åtgärder och stöd från myndigheter underlätta lantbrukares avvägningar av kortsiktiga och långsiktiga effekter vid val av jordbearbetningsmetod.

I mitt arbete har jag upptäckt hur brett begreppet ekosystemtjänster är och att de, tillsammans med indikatorer, bildar ett enormt nätverk av processer och funktioner i ekosystemen. På grund av detta hade arbetet kunnat förbättrats genom tidigare avgränsningar i sökning av artiklar och tydligare ramar för genomgång av litteraturen. Samtliga av agroekosystemens processer påverkas och har påverkats av människans olika insatser i lantbruket, samtidigt som vi behöver de produkter naturen erbjuder. Begreppets komplexitet kommer förmodligen vara det samma, men förhoppningsvis kan mer forskning inom olika förutsättningar, internationella samarbeten och kombinationer av ny och gammal kunskap, leda till tydligare riktlinjer för hur lantbrukets ekosystemtjänster kan hanteras på ett så hållbart och givande sätt som möjligt.

Referenslista

- Barrios E. (2007). Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics*. 64:269–285.
- Bengtsson J, Ahnström J, Weibull A-C. (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis: Organic agriculture, biodiversity and abundance. *Journal of Applied Ecology*. 42:261–269.
- Biodiversity Information System for Europe (2017). *Common international classification of Ecosystem Services*
Tillgänglig: <http://biodiversity.europa.eu/maes/common-international-classification-of-ecosystem-services-cices-classification-version-4.3> [Nedladdat 2017-05-17]
- Briones MJI, Schmidt O. (2017). Conventional tillage decreases the abundance and biomass of earthworms and alters their community structure in a global meta-analysis. *Glob Change Biol*. 2017;00:1–24. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1111/gcb.13744> [2017-06-07]
- Caride C, Piñeiro G, Paruelo JM. (2012). How does agricultural management modify ecosystem services in the argentine Pampas? The effects on soil C dynamics. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 154:23–33.
- Cavigelli MA, Mirsky SB, Teasdale JR, Spargo JT, Doran J. (2013). Organic grain cropping systems to enhance ecosystem services. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 28:145–159.
- CBD (1), Convention on Biological Diversity (utan år). *Aichi Biodiversity Targets* Tillgänglig: <https://www.cbd.int/sp/targets/> [Nedladdat 2017-05-17]
- CBD (2), Convention on biological diversity (utan år). *Article 2. Use of Terms* Tillgänglig: <https://www.cbd.int/convention/articles/default.shtml?a=cbd-02> [Nedladdat 2017-05-16]
- CICES (2017). *Supporting Services & Functions*. Tillgänglig: <https://cices.eu/supporting-functions/> [Nedladdat 2017-05-26]
- Clarivate Analytics (2017). *Web of Science, Subscribed Databases*. Tillgänglig: http://apps.webofknowledge.com/select_databases.do?highlighted_tab=select_databases&product=UA&SID=P1oQrFGgSMwM9RnUo3f&last_prod=WOS&cacheurl=no [Nedladdat 2017-05-24]
- Cooper, H. & Hedges, L.V. (1994). *The Handbook of Research Synthesis*. Russel Sage Foundation, New York, NY.
- Eriksson, J., Dahlin, S., Nilsson, I. & Simonsson, M. (2011). *Marklära*. 1 uppl. Studentlitteratur, Lund.
- Gerard, B., & Hay, R. (1979). *The effect on earthworms of ploughing, tined cultivation, direct drilling and nitrogen in a barley monoculture system*. *The Journal of Agricultural Science*, 93(1), 147-155. doi:10.1017/S0021859600086238
- Goss MJ, Howse KR, Lane PW, Christian DG, Harris GL. (1993). Losses of nitrate-nitrogen in water draining from under autumn-sown crops established by direct drilling or mouldboard ploughing. *Journal of soil science*. 44:35–48.
- Jordbruksverket (2016). *Jordbearbetning vid veteodling*. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/jordbruksgrador/vete/jordbearbetning.4.32b12c7f12940112a7c800020328.html> [Nedladdat 2017-05-26]
- Jordbruksverket (2008). *Jordbruksinformation 28-2008: Reducerad jordbearbetning*. Tillgänglig: http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_jo/jo08_28.pdf [Nedladdat 2017-06-07]
- Kirchmann, H., Johnston, J. & Bergström, L. F. (2002). Possibilities for Reducing Nitrate Leaching from Agricultural Land. *Ambio*, 31(5), 404-408. Tillgänglig: <http://www.jstor.org/stable/4315271> [Nedladdat 2017-05-17]
- Köhl L, Oehl F, van der Heijden MGA. (2014). Agricultural practices indirectly influence plant productivity and ecosystem services through effects on soil biota. *Ecological Applications*. 24:1842–1853.
- La Notte A, D'Amato D, Mäkinen H, Paracchini ML, Lique C, Egoh B, Geneletti D, Crossman ND. (2017). Ecosystem services classification: A systems ecology perspective of the cascade framework. *Ecological Indicators*. 74:392–402.
- Mace GM, Norris K, Fitter AH. (2012). Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends in Ecology & Evolution*. 27:19–26.

Miljömål (2016). *Ett rikt växt- och djurliv*. Tillgänglig: <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/16-Ett-rikt-vaxt--och-djurliv/> [Nedladdat 2017-05-17]

Millennium Ecosystem Assessment (MA), (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.

Mitchell MGE, Bennett EM, Gonzalez A. (2014). Agricultural landscape structure affects arthropod diversity and arthropod-derived ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 192:144–151.

Naturvårdsverket (2017). Ett rikt odlingslandskap. Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/Ett-rikt-odlingslandskap/> [Nedladdat 2017-05-27]

Naturvårdsverket (2016). *Vad är ekosystemtjänster?* Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Ekosystemtjanster/Vad-ar-ekosystemtjanster/> [Nedladdat 2017-05-17]

Pittelkow CM, Linqvist BA, Lundy ME, Liang X, van Groenigen KJ, Lee J, van Gestel N, Six J, Venterea RT, van Kessel C. (2015). When does no-till yield more? A global meta-analysis. *Field Crops Research*. 183:156–168.

Syswerda SP, Robertson GP. (2014). Ecosystem services along a management gradient in Michigan (USA) cropping systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 189:28–35.

Tamburini G, De Simone S, Sigura M, Boscutti F, Marini L. (2016). Soil management shapes ecosystem service provision and trade-offs in agricultural landscapes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 283:20161369.

Zhang X-Q, Pu C, Zhao X, Xue J-F, Zhang R, Nie Z-J, Chen F, Lal R, Zhang H-L. (2016). Tillage effects on carbon footprint and ecosystem services of climate regulation in a winter wheat–summer maize cropping system of the North China Plain. *Ecological Indicators*. 67:821–829.

Tack

Jag vill varmt tacka min handledare, Janne Bengtsson. Utan dina goda råd och lugnande ord hade jag inte kunnat ro detta i hamn.

Bilagor

1. Litteratursammanställning som visar samtliga studier som utvaldes, samt vilka ekosystemtjänster de behandlade.
2. Samstuderingsanalys som visar vilka ekosystemtjänster som studerats tillsammans i olika artiklar.
3. Data som ingick i meta-analysen.

Kategori	#	Författare	År	Titel	Markbördighet och kvalitet	Erosion	Växthuseffekt GHG, GWP	Ekologisk resiliens	Miljöpåverkan	Biodiversitet	Nivåer av jordbearbetning	Sub-soiling, alvbearbetning	Nerplöjning extra org. material, ex biokol.	Nerplöjning av gröngödslingvall	Nerplöjning skörderester (conventional tillage)	Reducerad bearbetning (conservation tillage)	Red. bearbetning och gröngödsling	"Medel" bearbetning	Rad-bearbetning	Direktsådd	Täckgrödor (Cover crops)	Gödsel	Landskap	Landskap avstånd skog	Landskaps-heterogenitet
Study (economics)	1	Brady, Mark V.; Hedlund, Katarina; Cong, Rong-Gang; et al.	2015	Valuing Supporting Soil Ecosystem Services in Agriculture: A Natural Capital Approach						1												1			
Study (economics)	3	Rabotyagov, Sergey S.	2010	Ecosystem Services under Benefit and Cost Uncertainty: An Application to Soil Carbon Sequestration			1									1									
Study	4	Caride, Constanza; Pineiro, Gervasio; Maria Paruelo, Jose	2012	How does agricultural management modify ecosystem services in the Argentine Pampas? The effects on										1						1		1			
Study	5	Cavigelli, Michel A.; Mirsky, Steven B.; Teasdale, John R.; et al.	2013	Organic grain cropping systems to enhance ecosystem services		1	1			1				1	1							1	1		
Study	6	Finney, Denise M.; White, Charles M.; Kaye, Jason P.	2016	Biomass Production and Carbon/Nitrogen Ratio Influence Ecosystem Services from Cover Crop Mixtures						1					1							1			
Study	7	Kohl, Luise; Oehl, Fritz; van der Heijden, Marcel G. A.	2014	Agricultural practices indirectly influence plant productivity and ecosystem services through effects on soil biota						1					1						1				
Study	8	Koschke, Lars; Fuerst, Christine; Lorenz, Marco; et al.	2013	The integration of crop rotation and tillage practices in the assessment of ecosystem services provision at the regional scale		1		1							1	1									
Study	9	Mitchell, Matthew G. E.; Bennett, Elena M.; Gonzalez, Andrew	2014	Agricultural landscape structure affects arthropod diversity and arthropod-derived ecosystem services						1					1						1			1	
Study	10	Sanchez-Moreno, Sara; Ferris, Howard	2007	Suppressive service of the soil food web: Effects of environmental management						1					1							1			
Study	11	Syswerda, S. P.; Robertson, G. P.	2014	Ecosystem services along a management gradient in Michigan			1			1					1						1	1			
Study	12	Tamburini, Giovanni; De Simone, Serena; Sigura, Maurizia; et al.	2016	Soil management shapes ecosystem service provision and trade-offs in agricultural landscapes	1					1					1	1						1	1		1
Study	13	Williams, Alwyn; Hedlund, Katarina	2013	Indicators of soil ecosystem services in conventional and organic arable fields along a gradient of landscape						1												1			1
Study	14	Zhang, Xiang-Qian; Pu, Chao; Zhao, Xin; et al.	2016	Tillage effects on carbon footprint and ecosystem services of climate regulation in a winter wheat–summer maize cropping system of the North China Plain			1				1				1	1					1				
Study (economics)	2	Fan, Fan; Henriksen, Christian Bugge; Porter, John	2016	Valuation of ecosystem services in organic cereal crop production systems with different management practices in relation to organic matter input								1	1	1	1							1			
SUMMA STUDIES (14, varav 3 med ekonomiskt fokus)					1	2	4	1	0	9	1	1	1	11	5	0	0	0	0	5	4	8	1	1	2
Review		Powelson, D. S.; Gregory, P. J.; Whalley, W. R.; et al.	2011	Soil management in relation to sustainable agriculture and ecosystem services		1	1			1		1		1	1					1		1			
Review		Stavi, Ilan; Bel, Golan; Zaady, Eli	2016	Soil functions and ecosystem services in conventional, conservation, and integrated agricultural systems. A review	1	1	1		1					1				1			1				
Review		Blanco-Canqui, Humberto; Shaver, Tim M.; Lindquist, John L.; et al.	2015	Cover Crops and Ecosystem Services: Insights from Studies in Temperate Soils		1				1												1			
Review		Firbank, Les; Bradbury, Richard B.; McCracken, David I.; et al.	2013	Delivering multiple ecosystem services from Enclosed Farmland in the UK			1			1				1	1						1				
Review		Dillaha, Theo; Shenk, Cheryl; Heatwole, Moore, Keith	2010	Conservation Agriculture and Ecosystem Services		1										1					1				
Review		Franzluuebbers, Alan J.	2015	Farming strategies to fuel bioenergy demands and facilitate essential soil services	1	1										1									
Review		Palm, Cheryl; Blanco-Canqui, Humberto; DeClerck, Fabrice; et al.	2014	Conservation agriculture and ecosystem services: An overview			1			1				1							1				

Common international classification of Ecosystem Services (CICES)							ES provision		ES regulation & maintenance																		
Kategori	#	Författare	År	Titel	Kommentarer	Antal behandlade ES	Antal behandlade skötselåtgärder	Har uppsatsen kvantitativa data?	Avkastning	NPP	Bio-energi	Foder	Växtkvalitet och effektivitet	Kollast-läggning	SOC, kolhalt	SOM, organiskt material	Vattenushållning	Vattenkvalitet	Torkrisk	Översvämningsrisk	Ogräs-kontroll	Biologisk kontroll	Förekomst naturliga fiender	Pollinering	Näringsämnen	Markstruktur	
Review		Barrios, Edmundo	2007	Soil biota, ecosystem services and land productivity	Direct and indirect effects of soil biota, soil based ES, earthworms. Till/no-till - bacteria/fungi-driven. Review-like. Läs hela	6	2		1						1								1			1	
Review		Lal, R.	2013	Enhancing ecosystem services with no-till	Bred. review med viss data, en del från sydamerika. Bias no-till?	5	1		1						1										1		
Review		Robertson, G. Philip; Gross, Katherine L.; Hamilton, Stephen K.; et al.	2014	Farming for Ecosystem Services: An Ecological Approach to Production Agriculture	Socioekologiskt perspektiv av Kellogg ovan.	5	1		1									1					1				
Review		Bigler, Franz; Albajes, Ramon	2011	Indirect effects of genetically modified herbicide tolerant crops on biodiversity and ecosystem services: the biological control example	Herbicid användning kan minska mängd och diversitet av insekter	3	2														1	1					
Review		Cheatham, M. R.; Rouse, M. N.; Esker, P. D.; et al.	2009	Beyond Yield: Plant Disease in the Context of Ecosystem Services	Tillage (unspecified) as pest management, also pesticides, effects on ES	2	1																1				
Review		Clermont-Dauphin, Cathy; Blanchart, Eric; Loranger-Merciris, Gladys; et al.	2014	Cropping Systems to Improve Soil Biodiversity and Ecosystem Services: The Outlook and Lines of Research	Review. Soil biodiversity and how it changes with management and how biodiversity is a source for several ES. Ska endast biodiv vara med i excel eller alla små-nämnda ES också? - tropikerna, icke kvantitativ review.	1	3																				
SUMMA REVIEWS (13)						79	27	0	10	0	2	0	0	5	6	1	6	3	0	1	3	8	0	2	5	3	
Conceptual model		Williams, Alwyn; Kane, Daniel A.; Ewing, Patrick M.; et al.	2016	Soil Functional Zone Management: A Vehicle for Enhancing Production and Soil Ecosystem Services in Row-Crop Agroecosystems	Row crop, conceptual model for reducing trade-offs.	8	1	Nej	1							1	1							1		1	
Modeling procedure		Mehaffey, Megan; Van Remortel, Rick; Smith, Elizabeth; et al.	2011	Developing a dataset to assess ecosystem services in the Midwest United States	Data-modell för att utvärdera EST, resultat med N fokus, annars inga konkreta resultat. Behandlar även crop rotation . Svår att kategorisera	2	5		1																1		
SUMMA MODELLER (2)						10	6	0	2	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	2	1	
TOTAL SUMMA STUDIES & REVIEWS						146	67	0	22	3	3	1	1	10	10	5	10	5	1	3	6	11	2	2	14	5	

Kategori	#	Författare	År	Titel	Markbördighet och kvalitet	Erosion	Växthuseffekt GHG, GWP	Ekologisk resiliens	Miljöpåverkan	Biodiversitet	Nivåer av jordbearbetning	Sub-soiling, alvbearbetning	Nerplöjning extra org. material, ex biokol.	Nerplöjning av gröngödslingsvall	Nerplöjning skörderester (conventional tillage)	Reducerad bearbetning (conservation tillage)	Red. bearbetning och gröngödsling	"Medel" bearbetning	Rad-bearbetning	Direktsådd	Täckgrödor (Cover crops)	Gödsel	Landskap	Landskap avstånd skog	Landskaps-heterogenitet
																						Gödsel	Kantzoner		
Review		Barrios, Edmundo	2007	Soil biota, ecosystem services and land productivity						1					1					1					
Review		Lal, R.	2013	Enhancing ecosystem services with no-till		1				1										1					
Review		Robertson, G. Philip; Gross, Katherine L.; Hamilton, Stephen K.; et al.	2014	Farming for Ecosystem Services: An Ecological Approach to Production Agriculture	1					1									1						
Review		Bigler, Franz; Albajes, Ramon	2011	Indirect effects of genetically modified herbicide tolerant crops on biodiversity and ecosystem services: the biological control example						1					1					1					
Review		Cheatham, M. R.; Rouse, M. N.; Esker, P. D.; et al.	2009	Beyond Yield: Plant Disease in the Context of Ecosystem Services						1					1										
Review		Clermont-Dauphin, Cathy; Blanchart, Eric; Loranger-Merciris, Gladys; et al.	2014	Cropping Systems to Improve Soil Biodiversity and Ecosystem Services: The Outlook and Lines of Research						1					1					1		1			
SUMMA REVIEWS (13)					3	6	4	0	1	10	0	1	0	7	5	0	1	1	9	1	2	0	0	0	0
Conceptual model		Williams, Alwyn; Kane, Daniel A.; Ewing, Patrick M.; et al.	2016	Soil Functional Zone Management: A Vehicle for Enhancing Production and Soil Ecosystem Services in Row-Crop Agroecosystems						1									1						
Modeling procedure		Mehaffey, Megan; Van Remortel, Rick; Smith, Elizabeth; et al.	2011	Developing a dataset to assess ecosystem services in the Midwest United States											1		1		1	1		1			
SUMMA MODELLER (2)					0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	2	1	0	1	0	0	0	0
TOTAL SUMMA STUDIES & REVIEWS					4	8	8	1	1	20	1	2	1	18	11	1	1	3	15	5	11	1	1	1	2

Bilaga 2. Samstuderingsanalys

Samstuderingsanalys för kandidatarbete: Jordbearbetningens påverkan på ekosystemtjänster i lanbruket

	ES provision							ES provision							ES provision							ES regulation & maintenance		
	Food (yield)	Biodiversity, sammanslaget	Nutrients: N, P sammanslaget	Soil carbon sequestration	SOC, soil organic carbon	GHG, "global warming impact"	NPP	SOM, soil organic matter	Soil water storage/water holding capacity	Pest/ineect/disease / biological control	Flood regulation	Weed control	Natural predator abundance	Erosion	Water quality	Bio-energy	Fodder	Plant qualities, productivity, nutrients	Drought risk	Soil formation and structure	Soil quality/ fertility	Ecological integrity/ resilience	Pollination	Env. pollution
Antal studier	10	8	7	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Avkastning	10	6	6	3	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	0	1	1	1	1	0	0
Biodiversitet		8	5	1	3	2	2	1	2	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Näringsämnen			7	2	2	2	2	3	2	1	2	1	1	2	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
Kolfästlaggning				4	0	3	0	2	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Markens kohalt					4	1	1	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Växthuseffekt på överkan						4	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NPP							3	0	1	0	2	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0
Markens organiska material								3	1	2	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
Vattenhushållning									3	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Biologisk kontroll										3	0	1	2	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
Flood regulation											2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Weed control												2	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Natural predator abundance													2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Erosion														2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Water quality															2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Bio-energy																1	1	0	0	1	0	0	0	0
Fodder																	1	0	1	0	0	0	0	0
Plant qualities, productivity, nutrients																		1	0	0	0	0	0	0
Drought risk																			1	0	0	1	0	0
Soil formation and structure																				1	0	0	0	0
Soil quality/ fertility																					1	0	0	0
Ecological integrity/ resilience																						1	0	0
Pollination																							0	0
Env. pollution																								0
Nerplöjning skörderester (conventional tillage)																								
No-till																								
Reduced tillage/ conservation tillage																								
Täckgrödor (cover crops)																								
Sub-soiling, alvbearbetning																								
Nerplöjning extra org. material, ex biokol.																								
Nerplöjning av grön gödselings vall																								
Reduced tillage + greenmanure (only in model)																								
"Moderate" tillage, inkl row, occasional																								
Row tillage/ ridge tillage/ strip tillage																								
Agroforestry																								
Gödsel																								
Landscape heterogeneity																								
Hedge rows, field margins etc.																								
Landscape, distance from forest																								

	Nerplöjning skörderester (conventional tillage)	No-till	Reduced tillage/conservation tillage	Nivåer av jordbearbetning		Nerplöjning extra org. material, ex biokol.	Nerplöjning av grön gödselings vall	Reduced tillage + greenmanure (only in model)	"Moderate" tillage, inkl row, occasional	Row tillage/ridge tillage/strip tillage	Agroforestry	Gödsel	Landscape heterogeneity	Landscape	
				Täckgrödor (Cover crops)	Sub-soiling, alvbearbetning									Hedgerows, field margins etc.	Landscape, distance from forest
Antal studier	11	6	5	4	1	1	1	0	0	0	0	8	2	1	1
Avkastning	8	4	4	4	1	1	1	0	0	0	0	6	2	1	1
Biodiversitet	6	4	1	3	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	1
Näringsämnen	6	3	2	4	0	1	1	0	0	0	0	5	2	1	0
Kolfästighetsindex	3	2	3	1	1	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0
Markens kohalt	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0
Växthuseffekt överkan	3	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
NPP	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Markens organiska material	3	1	2	2	0	1	1	0	0	0	0	3	1	1	0
Vattenhållning	2	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	3	1	0	0
Biologisk kontroll	3	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	2	1	1	1
Flood regulation	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Weed control	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
Natural predator abundance	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Erosion	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Water quality	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0
Bio-energy	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Fodder	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Plant qualities, productivity, nutrients	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drought risk	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soil formation and structure	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Soil quality/fertility	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
Ecological integrity/resilience	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pollination															
Env. pollution															
Nerplöjning skörderester (conventional tillage)	11	6	4	4	1	1	1	0	0	0	0	6	1	1	1
No-till		6	2	2	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1
Reduced tillage/conservation tillage			5	2	1	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0
Täckgrödor (Cover crops)				4	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	0
Sub-soiling, alvbearbetning					1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nerplöjning extra org. material, ex biokol.						1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Nerplöjning av grön gödselings vall							1	0	0	0	0	1	0	0	0
Reduced tillage + greenmanure (only in model)								0	0	0	0	0	0	0	0
"Moderate" tillage, inkl row, occasional									0	0	0	0	0	0	0
Row tillage/ridge tillage/strip tillage										0	0	0	0	0	0
Agroforestry											0	0	0	0	0
Gödsel												8	2	1	0
Landscape heterogeneity													2	1	0
Hedgerows, field margins etc.														1	0
Landscape, distance from forest															1

Bilaga 3. Data för meta-analys

Data för meta-analys i kandidatarbete: Jordbearbetningens påverkan på ekosystemtjänster i lantbruket

Författare	Studie #	Ekosystemtjänst	Kontroll	Behandling	Enhet	Medelvärde A (kontroll)	Medelvärde B (behandling)	SD A	SD B	n A	n B	Kommentar
Caride, Constanza; Pineiro, Gervasio; Maria Paruelo, Jose	4	SOC	Konventionell plöjning, utan göd CA	No-till, utan göd CA	% förändring i SOC, ref 100% = 79 t ha ⁻¹	-33	-28			6	6	Ur tabell där "continuous agriculture (CA)" inkluderade växtföljder med soja, vete, majs (6 olika); "crops rangelands (CR)" hade delvis grödor delvis bete (4 olika). Samtliga testades med och utan gödsel. Medelvärde beräknades för CA och CR med medelgödsling och utan gödsel. 60 år studie
Caride, Constanza; Pineiro, Gervasio; Maria Paruelo, Jose	4	SOC	Konventionell plöjning, med göd CA	No-till, med göd CA	% förändring i SOC, ref 100% = 79 t ha ⁻¹	-24	-19			6	6	Ur tabell där "continuous agriculture (CA)" inkluderade växtföljder med soja, vete, majs (6 olika); "crops rangelands (CR)" hade delvis grödor delvis bete (4 olika). Samtliga testades med och utan gödsel. Medelvärde beräknades för CA och CR med medelgödsling och utan gödsel. 60 år studie
Caride, Constanza; Pineiro, Gervasio; Maria Paruelo, Jose	4	SOC	Konventionell plöjning, utan göd CR	No-till, utan göd CR	% förändring i SOC, ref 100% = 79 t ha ⁻¹	-12	-4			4	4	Ur tabell där "continuous agriculture (CA)" inkluderade växtföljder med soja, vete, majs (6 olika); "crops rangelands (CR)" hade delvis grödor delvis bete (4 olika). Samtliga testades med och utan gödsel. Medelvärde beräknades för CA och CR med medelgödsling och utan gödsel. 60 år studie
Caride, Constanza; Pineiro, Gervasio; Maria Paruelo, Jose	4	SOC	Konventionell plöjning, med göd CR	No-till, med göd CR	% förändring i SOC, ref 100% = 79 t ha ⁻¹	-10	0,25			4	4	Ur tabell där "continuous agriculture (CA)" inkluderade växtföljder med soja, vete, majs (6 olika); "crops rangelands (CR)" hade delvis grödor delvis bete (4 olika). Samtliga testades med och utan gödsel. Medelvärde beräknades för CA och CR med medelgödsling och utan gödsel. 60 år studie
Kohl, Luise; Oehl, Fritz; van der Heijden, Marcel G. A.	7	Yield NPP (ovan jord)	Konventionell plöjning	No-till	gram	53,15	50,40	3,18	3,29	8	8	För att se effekten av myrkorrhiza i olika system. 8 replikat med AMF inokulum från no-till och konventionell plöjning på två olika djup. Medelvärde för de två metoderna beräknades. (mean ± SE: NT 49,5 ± 0,8 och 51,3 ± 1,4; CT 51,8 ± 1,0 och 54,5 ± 1,1)
Mitchell, Matthew G. E.; Bennett, Elena M.; Gonzalez, Andrew	9	Biologisk kontroll Aphid predator abundance, indikator pestkontroll	Konventionell plöjning, nära skog	No-till, nära skog	Antal bladluspredatorer	19	15	8,5	11,3	8	8	Avläst från graf med linjal. Totalt undersökta fält var 34 st. Det framkom inte hur många av dessa som plöjdes eller inte, det framkom inte heller hur många som låg nära eller långt ifrån skogsmark. Antagande att det var 16 som gjordes nära resp långt ifrån skog, hälften på plöjda fält, hälften på icke plöjda (n=8 på vardera). SE A = 3, SE B = 4
Mitchell, Matthew G. E.; Bennett, Elena M.; Gonzalez, Andrew	9	Biologisk kontroll Aphid predator abundance, indikator pestkontroll	Konventionell plöjning, ifrån skog	No-till, ifrån skog	Antal bladluspredatorer	31	24	11,3	17,0	8	8	Avläst från graf med linjal. Totalt undersökta fält var 34 st. Det framkom inte hur många av dessa som plöjdes eller inte, det framkom inte heller hur många som låg nära eller långt ifrån skogsmark. Antagande att det var 16 som gjordes nära resp långt ifrån skog, hälften på plöjda fält, hälften på icke plöjda (n=8 på vardera). SE A = 4, SE B = 6
Mitchell, Matthew G. E.; Bennett, Elena M.; Gonzalez, Andrew	9	Biologisk kontroll Soybean herbivore abundance	Konventionell plöjning, ifrån skog	No-till, ifrån skog	Antal soja-herbivorer	76	50	31,1	31,1	8	8	Avläst från graf med linjal. Totalt undersökta fält var 34 st. Det framkom inte hur många av dessa som plöjdes eller inte, det framkom inte heller hur många som låg nära eller långt ifrån skogsmark. Antagande att det var 16 som gjordes nära resp långt ifrån skog, hälften på plöjda fält, hälften på icke plöjda (n=8 på vardera). SE A = 11, SE B = 11
Mitchell, Matthew G. E.; Bennett, Elena M.; Gonzalez, Andrew	9	Biologisk kontroll Soybean herbivore abundance	Konventionell plöjning, nära skog	No-till, nära skog	Antal soja-herbivorer	27	16	11,3	8,5	8	8	Avläst från graf med linjal. Totalt undersökta fält var 34 st. Det framkom inte hur många av dessa som plöjdes eller inte, det framkom inte heller hur många som låg nära eller långt ifrån skogsmark. Antagande att det var 16 som gjordes nära resp långt ifrån skog, hälften på plöjda fält, hälften på icke plöjda (n=8 på vardera). SE A=4, SE B=3
Mitchell, Matthew G. E.; Bennett, Elena M.; Gonzalez, Andrew	9	Yield (sojabönor)	Konventionell plöjning, nära skog	No-till, nära skog	kg ha ⁻¹	1620	1350	509	566	8	8	Avläst från graf med linjal. Totalt undersökta fält var 34 st. Det framkom inte hur många av dessa som plöjdes eller inte, det framkom inte heller hur många som låg nära eller långt ifrån skogsmark. Antagande att det var 16 som gjordes nära resp långt ifrån skog, hälften på plöjda fält, hälften på icke plöjda (n=8 på vardera). SE A= 180, SE B = 200
Mitchell, Matthew G. E.; Bennett, Elena M.; Gonzalez, Andrew	9	Yield (sojabönor)	Konventionell plöjning, ifrån skog	No-till, ifrån skog	kg ha ⁻¹	2820	2680	509	679	8	8	Avläst från graf med linjal. Totalt undersökta fält var 34 st. Det framkom inte hur många av dessa som plöjdes eller inte, det framkom inte heller hur många som låg nära eller långt ifrån skogsmark. Antagande att det var 16 som gjordes nära resp långt ifrån skog, hälften på plöjda fält, hälften på icke plöjda (n=8 på vardera). SE A=180, SE B = 240
Syswerda, S. P.; Robertson, G. P.	11	Biodiversitet	Konventionell plöjning	No-till	Totalt antal arter	38,8	49,0	5,6	5,9	6	6	Avläst ur tabell. Majs-soja-vete. Antal arter av växter, en möjlig indikator på biologisk kontroll, leddjurshabitat
Syswerda, S. P.; Robertson, G. P.	11	Dränering	Konventionell plöjning	No-till	Mm y ⁻¹	336	412			3	3	Avläst ur tabell. Majs-soja-vete. Modellerade värden baserat på N-utlakningsberäkningar.
Syswerda, S. P.; Robertson, G. P.	11	Global warming impact, utsläpp VHG och kolfasttägning netto	Konventionell plöjning	No-till	g CO2e m ⁻² y ⁻¹	82	-42			?	?	Avläst ur tabell. Netto kolfasttägning och utsläpp i samband med gödselavvägning, spridning, N2O, CH4
Syswerda, S. P.; Robertson, G. P.	11	Näring, N-utlakning	Konventionell plöjning	No-till	kg NO3 ⁻ —N ha ⁻¹ y ⁻¹	62,2	41,4	16,3	5,2	3	3	Avläst ur tabell. Majs-soja-vete.
Syswerda, S. P.; Robertson, G. P.	11	SOC	Konventionell plöjning	No-till	kg C m ⁻²	6,9	8,5	1,47	2,20	6	6	Avläst ur tabell. Majs-soja-vete.
Syswerda, S. P.; Robertson, G. P.	11	Yield (grain)	Konventionell plöjning	No-till	t ha ⁻¹ y ⁻¹	3,5	3,9	0,49	0,24	6	6	Avläst ur tabell. Majs-soja-vete. Högst under majs-år
Syswerda, S. P.; Robertson, G. P.	11	Yield NPP (ovan jord)	Konventionell plöjning	No-till	t ha ⁻¹ y ⁻¹	8,2	8,6	1,2	0,73	6	6	Avläst ur tabell. Majs-soja-vete.
Tamburini, Giovanni; De Simone, Serena; Sigura, Maurizio; et al.	12	Biodiversitet, artrikedom ogräs (med gödsling)	Konventionell plöjning	Reducerad bearbetning	antal arter ogräs	8,333	9,600	4,402	4,793	15	15	Beräknat från rådata
Tamburini, Giovanni; De Simone, Serena; Sigura, Maurizio; et al.	12	Biodiversitet, artrikedom ogräs (utan gödsling)	Konventionell plöjning	Reducerad bearbetning	antal arter ogräs	8,200	11,267	3,629	4,480	15	15	Beräknat från rådata
Tamburini, Giovanni; De Simone, Serena; Sigura, Maurizio; et al.	12	Biologisk kontroll, insekter (andra räkning)	Konventionell plöjning	Reducerad bearbetning	Antal predatoriska insekter	0,73	1,67	0,59	2,47	15	15	Beräknat från rådata, mineralgödslade fält
Tamburini, Giovanni; De Simone, Serena; Sigura, Maurizio; et al.	12	Biologisk kontroll, insekter (första räkning)	Konventionell plöjning	Reducerad bearbetning	Antal predatoriska insekter	0,80	1,27	0,94	1,49	15	15	Beräknat från rådata, mineralgödslade fält
Tamburini, Giovanni; De Simone, Serena; Sigura, Maurizio; et al.	12	Biologisk kontroll, sjukdomar (andra räkning)	Konventionell plöjning	Reducerad bearbetning	% infekterade blad	0,665	0,711	0,347	0,355	15	15	Beräknat från rådata, mineralgödslade fält
Tamburini, Giovanni; De Simone, Serena; Sigura, Maurizio; et al.	12	Biologisk kontroll, sjukdomar (första räkning)	Konventionell plöjning	Reducerad bearbetning	% infekterade blad	0,084	0,069	0,087	0,077	15	15	Beräknat från rådata, mineralgödslade fält
Tamburini, Giovanni; De Simone, Serena; Sigura, Maurizio; et al.	12	Näring, P-saturaton	Konventionell plöjning	Reducerad bearbetning	% av bindningspunkter i mark som redan är bundna till P	1,315	1,797	1,045	0,969	15	15	Beräknat från rådata
Tamburini, Giovanni; De Simone, Serena; Sigura, Maurizio; et al.	12	SOM	Konventionell plöjning	Reducerad bearbetning	vikt %	2,932	3,372	0,639	0,995	15	15	Beräknat från rådata
Tamburini, Giovanni; De Simone, Serena; Sigura, Maurizio; et al.	12	Yield (stråsåd) (med gödsling)	Konventionell plöjning	Reducerad bearbetning	kg m ⁻²	0,4675	0,4199	0,1113	0,0904	15	14	Beräknat från rådata, mineralgödsel
Tamburini, Giovanni; De Simone, Serena; Sigura, Maurizio; et al.	12	Yield (stråsåd) (utan gödsling)	Konventionell plöjning	Reducerad bearbetning	kg m ⁻²	0,292	0,2546	0,0919	0,0993	15	14	Beräknat från rådata
Zhang, Xiang-Qian; Pu, Chao; Zhao, Xin; et al.	14	Global warming impact, utsläpp VHG	Konventionell plöjning	No-till	kg CO2-eq ha ⁻¹ år ⁻¹	6527,3	6432,3			3	3	Avläst ur tabell. Totala utsläpp av växthusgaser (CO2, CH4, N2O), skillnader finns i jordbearbetning men även från gödning? Säsongen består av majs och vete, data på hela säsongen.
Zhang, Xiang-Qian; Pu, Chao; Zhao, Xin; et al.	14	Global warming impact, utsläpp VHG	Konventionell plöjning	Reducerad bearbetning	kg CO2-eq ha ⁻¹ år ⁻¹	6527,3	6445,2			3	3	Avläst ur tabell. Reducerad = rotary tillage. Totala utsläpp av växthusgaser (CO2, CH4, N2O), skillnader finns i jordbearbetning men även från gödning? Säsongen består av majs och vete, data på hela säsongen. Avkastning för hela odlingsåsongen.
Zhang, Xiang-Qian; Pu, Chao; Zhao, Xin; et al.	14	Kolfastläggning	Konventionell plöjning	No-till	kg CO2-eq ha ⁻¹ år ⁻¹	-1606,2	-2357,5			3	3	Avläst ur tabell. SOC sequestration totalt under säsongen, majs+vete.
Zhang, Xiang-Qian; Pu, Chao; Zhao, Xin; et al.	14	Kolfastläggning	Konventionell plöjning	Reducerad bearbetning	kg CO2-eq ha ⁻¹ år ⁻¹	-1606,2	-1042,2			3	3	Avläst ur tabell. SOC sequestration totalt under säsongen, majs+vete. Reducerad = rotary tillage.
Zhang, Xiang-Qian; Pu, Chao; Zhao, Xin; et al.	14	Yield (grain)	Konventionell plöjning	No-till	Mg ha ⁻¹ år ⁻¹	17,29	16,32			3	3	Stapeldiagram mätt med linjal. Avkastning för hela odlingsåsongen.
Zhang, Xiang-Qian; Pu, Chao; Zhao, Xin; et al.	14	Yield (grain)	Konventionell plöjning	Reducerad bearbetning	Mg ha ⁻¹ år ⁻¹	17,29	17,0			3	3	Stapeldiagram mätt med linjal. Reducerad = rotary tillage. Avkastning för hela odlingsåsongen.