



Svensk Kolinlagrings program för
kolinlagring i jordbruksmark 2024
Version 1.1

Initiativet Svensk Kolinlagring bygger på samarbete och samskapande med jordbrukare, forskare, livsmedelsföretag, rådgivningsorganisationer, teknikföretag och andra nationella och internationella initiativ med liknande missions. Initiativet drivs av MiljöMatematik Malmö AB tillsammans med Albaeco.

Miljömatematik Malmö AB är ett idéburet, icke-vinstdrivande företag med fokus på hållbara matsystem, vars mission är att transformera matsystemet och bidra till maten som lösning för blomstrande samhällen inom planetens gränser.

Albaeco är en fristående, icke-vinstdrivande organisation som hjälper organisationer att navigera transformationen mot hållbarhet och resiliens - från forskning och förändran till förståelse och förändring.



Version 1.1

Datum: 2024-03-07

Citeras som: Svensk Kolinlagrings program för kolinlagring i jordbruksmark 2024, Version 1.1, 240307, Malmö, Sverige

Layout: Julia Kabell

© 2024. Detta dokument är upphovsrättsskyddat enligt den öppna licensen CC BY-SA 4.0. Läs mer om licensen på <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Innehållsförteckning

Förord	4
Introduktion	5
Program för ett kolinlagrande jordbruk	6
Syfte	6
Transformation genom samarbete	7
Kunskapsutbyten: nätverk och forskning	7
Utgångspunkter från forskningen	8
Kol som indikator	11
Principer och kriterier	12
Kolinlagring som affärsmodell	14
Svensk Kolinlagring för jordbrukare	16
Svensk Kolinlagring för investerare	18
Ramverk för kolinlagring i svensk jordbruksmark	20
Omfattning, systemgräns och begränsningar	21
Nuläge och framtid	22
Om Svensk Kolinlagring	24
Källförteckning	25
Appendix	
Appendix 1: Svensk Kolinlagring för jordbrukare v1.1	
Appendix 2: Svensk Kolinlagring för investerare v1.1	
Appendix 3: Principer och kriterier v1.1	
Appendix 4: Ramverk för kolinlagring i svensk jordbruksmark v1.1	
MRV protokoll	
Protokoll för mätning v1.1	
Protokoll för rapportering v1.1	
Protokoll för verifiering v1.1	
Appendix 5: Kolschabloner och policies för kol v1.1	
Appendix 6: Datahantering v1.1	
Appendix 7: Ordlista v1.1	

Förord

Svensk Kolinlagring är ett initiativ, ett samarbete och en gemensam plattform som kopplar ihop olika aktörer för att möjliggöra ökad kolinlagring med mervärden på svenska gårdar.

I tre år har vi jobbat tillsammans i en växande konstellation med jordbrukare, livsmedelsföretag, forskare och andra aktörer. Den gemensamma ambitionen har varit att skapa en lösning som leder till mer kol i marken, bättre lönsamhet i jordbruket och en tryggad livsmedelsförsörjning, genom att skapa handlingsutrymme för livsmedelssektorn i klimatfrågan.

Vi har under dessa år gjort faktiska aktiviteter ute på gårdarna, diskuterat affärsmodeller, kunskapsdelning, forskningsresultat och testat mätmetoder och processer. Tillsammans med våra framsynta partners har vi gemensamt utmanat det dominerande systemet och sökt utveckla något nytt, något som måste frångå "business as usual", eftersom det visat sig vara ohållbart i längden.

Vi har jobbat i pilotform, vi har haft en box att experimentera inom, också tack vare våra finansierare Jordbruksverket, Vinnova och Svea Green Foundation.

Under våra tre år har klimatforskningen kontinuerligt rapporterat hur effekterna av 1,5° C temperaturökning både är värre än väntat och kommer fortare än tidigare förutspått. Den senaste rapporten från IPCC¹ gör tydligt att det krävs en massiv acceleration av utsläppsminskningar till 2030 och framåt för att undvika ett katastrofscenario. Med tanke på det kolinlagrande jordbrukets potential att motverka klimatförändringarna har tiden kommit att öppna upp för fler att vara med på resan med Svensk Kolinlagring.

Inte för att allt är klart utan för att tiden är knapp och vi tror så starkt på vad vi gemensamt har åstadkommit. Detta dokument beskriver ramverket, affärsmodellen, våra erbjudanden till jordbrukare och investerare samt resonemangen, forskningen och omvärldsfaktorer som underbygger våra vägval.

Så vi vill här tacka alla partners som deltagit i piloten och utvecklingen av plattformen, affärsmodellen och ramverket och finansierarna som möjliggjort pilotomgångarna 2020-2022.

Mer kol i svensk jordbruksmark.

Tillsammans.

Nu!

Malmö november 2022

1 IPCC (2022)

Introduktion

Kolinlagrande jordbruk handlar om att välja brukningsmetoder som ökar inlagringen och minskar avgången av kol, vilket leder till förbättrad jordhälsa över tid. I alla IPCC:s framtidsscenarier där vi lyckas motverka klimatförändringarna ingår en transformation av jordbruket, från utsläppskälla till kolsänka². För att hålla oss inom 1,5-gradersgränsen finns alltså ett brådskande behov av en långsiktig, systemorienterad transformation av jordbruket³, som ska ske samtidigt som vi upprätthåller produktionen av näringsrika livsmedel⁴.

Svensk Kolinlagrings program och ramverk är framtagna för att jordbruket och livsmedelssektorn med gemensamma krafter ska kunna arbeta för att hejda klimatförändringarna, öka mullhalt och bördighet i svenska jordar, bevara och skapa ekosystemtjänster i jordbrukslandskapet, samt förbättra skördar och lönsamhet i svenskt jordbruk.

Vårt program adresserar flera utmaningar i samma lösning:

Utmaning 1 - de ekologiska ramarna

Vi har för mycket koldioxid i atmosfären och för lite kol i marken. För att hålla oss inom de planetära gränserna sluter vi kolcykeln och återför kol från atmosfären ner i jordbruksmarken, där det gör nytta. Levande jordar med ökad mångfald stärker livsmedelssäkerheten genom större vattenhållande förmåga, starkare skydd mot sjukdomar och högre resiliens mot klimatförändringar. Det är vad vi kallar kol med mervärden.

Utmaning 2 – det sociala fundamentet

För att klara 1.5-gradersgränsen och ställa om till ett hållbart livsmedelssystem krävs ny-tänkande, systemperspektiv och platser för samverkan. Vårt program omfattar kunskapsbyggande. Vi skapar mötesplatser som tillgängliggör forskning och praktisk kunskap, där frön för förändring från olika aktörer kan växa. Vi behöver breda samtal för att hitta verkligt hållbara lösningar.

Utmaning 3 - verktyg för en regenerativ ekonomi

För att möjliggöra omställning till framtidens jordbruk har vi byggt en incitamentsstruktur av kunskap och nätverk och skapat möjlighet till ekonomisk ersättning för kolinlagrande metoder.

Med kol som proxy och jordhälsa i fokus utvecklar Svensk Kolinlagring ett program, reglerat genom ett ramverk, för ett kolinlagrande jordbruk med mervärden.

² Se IPCC (2022). Se även IVA (2019) Smith et al. (2014)

³ Se HLPE (2019); IPBES (2019) FAO (2018); IPES-Food (2016); Se även FAO & ITPS (2021); Ogaji (2005)

⁴ EASAC (2022)

Program för ett kolinlagrande jordbruk



Figur 1. Översikt och struktur för Svensk Kolinlagrings program.

Syfte

Programmets syfte är att driva en transformation av livsmedelssystemet. Enligt en välansvänd definition innebär systemtransformation "en förändring som omstrukturerar, återskapar och gör om betydelsen av relationer mellan människor, och mellan människor och de ekosystem där de är inbäddade".⁵ För att kunna genomföra detta krävs ett inkluderande arbete, och att ett systemperspektiv är grunden i vad som genomförs. Svensk Kolinlagrings program omfattar tre huvudspår för att lyckas:

- Kunskapsspridning och utveckling - att sprida kunskap och forskningsresultat om agroekologi, kolinlagring och regenerativa jordbruksmetoder. Detta omfattar också metoder och praxis för mätning.
- Nätverkande, erfarenhetsutbyte - skapa kontakter mellan jordbrukare, forskare, livsmedelsföretag och andra aktörer vilket skapar både förståelse för varandras behov och verkligheter och möjliggör att hitta nya vägar framåt tillsammans.
- Ekonomiska incitament - ersättning för åtgärder som enligt forskningen förväntas leda till kolinlagring.

5 Moore and Milkoreit (2020).

Programmets mål är att tillhandahålla en affärsmodell med incitamentsstruktur, utbildning, samt vägledning och riktlinjer för att tillämpa, mäta, följa upp och verifiera åtgärder och effekter av kolinlagrande jordbruksmetoder, sammanfattat i Svensk Kolinlagrings ramverk. Fokus är att verifiera åtgärder samt att mäta och följa upp indikatorer som visar på ökad kolinlagring, förbättrad jordhälsa och dess mervärden.

Transformation genom samarbete

Programmet syftar att bidra till transformation genom att vara en plattform för fyra intressegrupper:

1. Jordbrukare inom alla grenar som säljer kolinlagring, får ersättning för att ställa om till ett kolinlagrande jordbruk, eller de som är nyfikna på att veta mer.
2. Investerare, det vill säga organisationer och privatpersoner som vill betala jordbrukare i Svensk Kolinlagring för att ställa om till ett kolinlagrande jordbruk.
3. Forskare som är delaktiga, eller intresserade av att bli delaktiga, i Svensk Kolinlagring eller som vill inhämta information om kolinlagrande metoder.
4. Intresserad allmänhet.

Läs mer om vad det innebär att vara medlem i Svensk Kolinlagring för jordbrukare samt investerare under respektive rubrik.

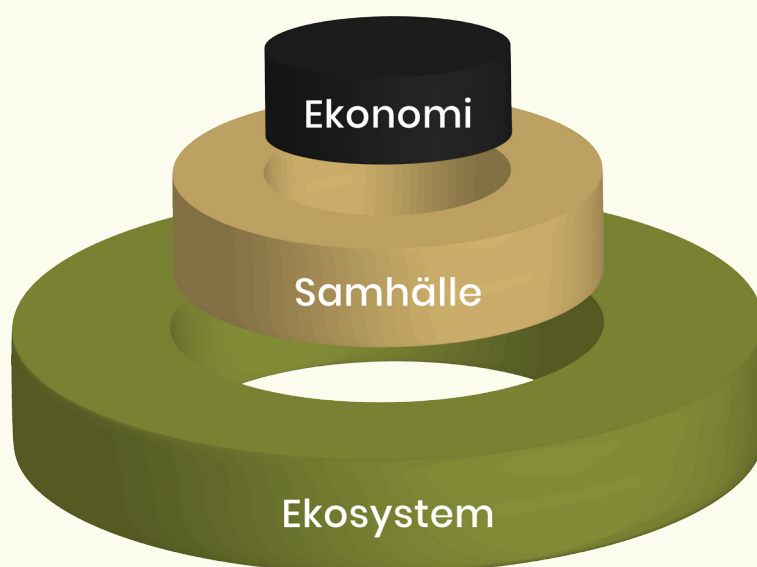
Kunskapsutbyten: nätverk och forskning

Kunskapsspridning och utbyte av erfarenheter är en central del av transformationen till ett kolinlagrande jordbruk. Programmet omfattar olika typer av arrangemang såsom webinarier, studiebesök och en chattgrupp. Under 2023 och 2024 lanserar vi en webb-utbildning som fått finansiering från Svenska Postkodstiftelsen. Det är en svensk version av den utbildning i regenerativt lantbruk som finska Carbon Action tagit fram. Carbon Action drivs av Baltic Sea Action Group som vi har ett nära samarbete med inte bara kring utbildning utan också avseende den vetenskapliga grunden för kolinlagring, uppföljning, verifiering, med mera.

Vi har också ett flertal samarbeten inom både akademien och på EU-nivå.

Utgångspunkter från forskningen

Ekosystemen, inklusive den ofta bortglömda ekologin i jordtäcket, är en förutsättning för att samhällen ska existera. Det ekonomiska systemet, som ofta är i fokus inom politik och beslut, är i själva verket bara ett delsystem av samhället, se figur 2. Vår fysiska resursbas finns i ekosystemen och därför är det viktigt att bevara och återställa ekosystemen, och att bygga samhällen och ekonomier som ryms inom planetens ekologiska gränser.

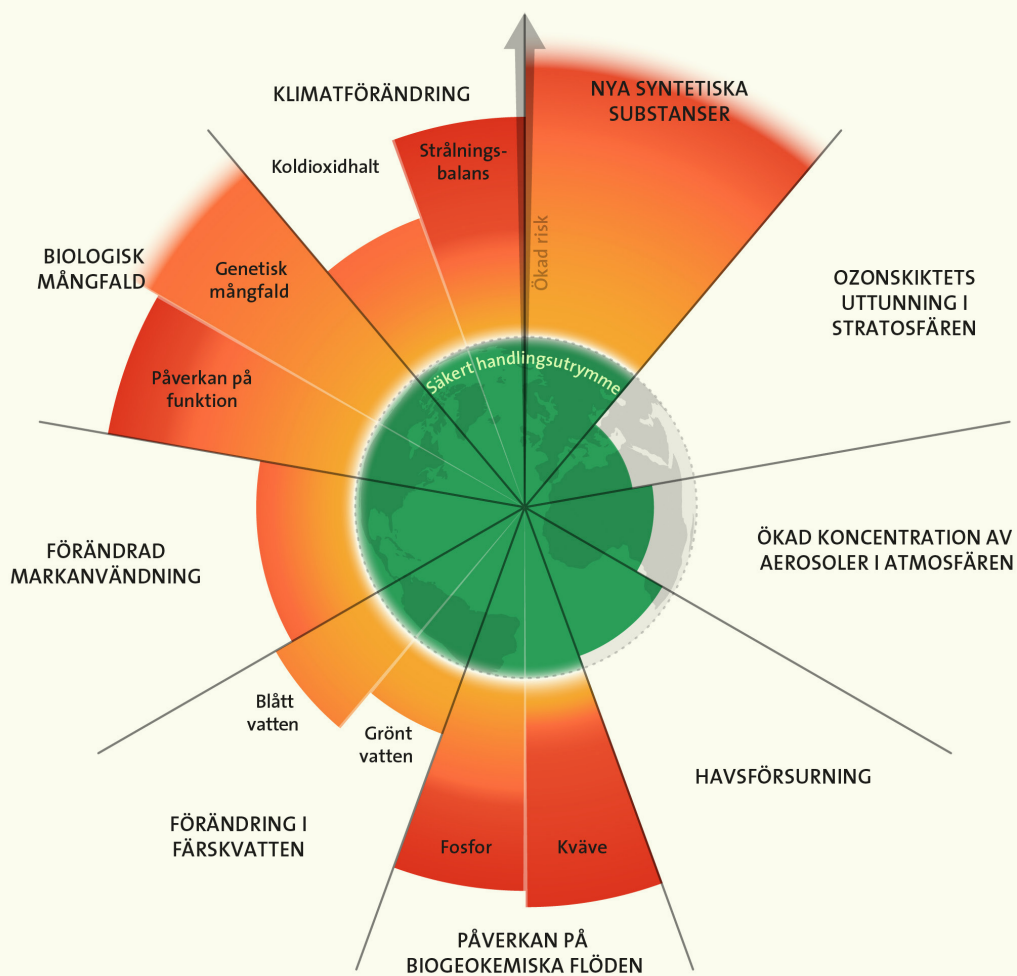


Figur 2. Ekosystemen är basen för samhället och ekonomin. Ekonomiska systemet är ett delsystem av samhället, som i sin tur är en del av ekosystemet jorden.⁶

Svensk Kolinlagrings affärsmodell tar hänsyn till detta genom att affärsmodellen är designad utifrån de planetära gränserna⁷ (se figur 3), och den donutekonomiska modellen (se figur 4). I den donutekonomiska modellen används ekonomi som verktyg för att uppnå blomstrande samhällen inom planetens ekologiska gränser.

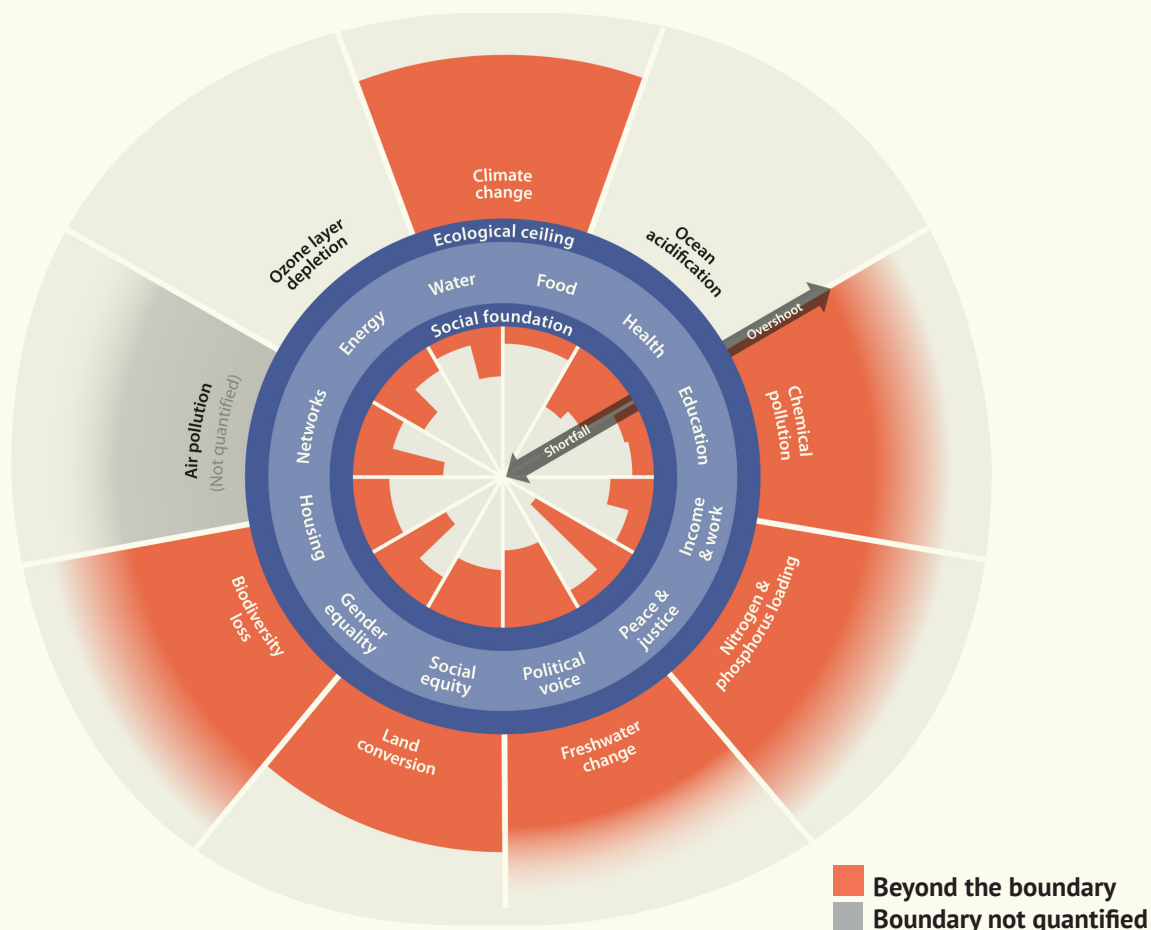
⁶ En illustration som bland annat inspirerats av Folke, C., (1991).

⁷ Steffen et al. (2015).



Figur 3. De planetära gränserna definierar det utrymme inom vilket mänskliga samhällen kan utvecklas och blomstra. Gränserna är nära sammankopplade och behöver adresseras som en helhet.⁸

⁸ Källa: Azote för Stockholm Resilience Centre, baserad på analys i Richardson et al. 2023.



Figur 4. Den donutekonomiska modellen sammanfattar både de ekologiska eller planetprocesser som mänsklig utveckling behöver förhålla sig till, och vilka mänskliga behov som vi samtidigt ska säkerställa.⁹

Planetens ekologiska gränser utgör den yttre ringen i figur 4. Den inre ringen i är det sociala fundamentet, golvet för mänsklig välfärd som ingen bör hamna under. Mellan dessa båda finns en trygg och rättvis zon för alla människor.¹⁰ I Svensk Kolinlagring används modellen för att designa vårt program som bidrar till transformation av jordbruket från kolkälla till kolsänka. Genom att adressera komplexiteten i det ekologiska systemet och de sociala behoven i samma modell, delas riskerna med omställning och innovation på jordbruksmark mellan flera aktörer.¹¹

Med andra ord; en ekonomisk marknadslösning anpassad till dagens samhälle, som driver fram social nytta inom de ekologiska ramarna - planetens gränser. Agroekologi lyfts som ett tillvägagångssätt, med erkänd vetenskaplig grund, som visat sig ha en positiv effekt på inlagringen av organiskt markkol¹² och ses alltmer ha potentialen för att underlätta den transformation av jordbruket som krävs för att möta de globala hållbarhetsutmaningarna och bidra till de globala målen¹³.

9 Galaz and Collste (eds, 2022)

10 Doughnut Economics, by Kate Raworth. <https://www.kateraworth.com/doughnut>

11 Se Mills et al. (2020); Yang (2020); Kragt et al. (2017)

12 FAO & ITPS (2021)

13 Se FAO & ITPS (2021); IPES-Food (2016); FAO (2019); IAASTD (2009)

Kol som indikator

Att driva systemtransformation är komplext. Utifrån kunskap om jordbrukets grundförutsättningar har vi valt kol som indikator, eller proxy, för vad vi vill åstadkomma.¹⁴ Vårt program avser flytta kol från atmosfären till jorden genom att kombinationer av kolinlagrande metoder implementeras på jordbruksmark. Ett kolinlagrande jordbruk bidrar till att hejda klimatförändringarna, öka mullhalt och bördighet, bevara och skapa ekosystemtjänster samt förbättra skördar och lönsamhet i svenskt jordbruk.¹⁵ Utöver detta förbättras dessutom jordbrukets förutsättningar för klimatanpassning sett till att markens vattenhållande förmåga ökar och dess resiliens mot bland annat torka, översvämningar och sjukdomar stärks.¹⁶

Det finns flera begrepp och inriktningar inom jordbruket där kärnan av idéerna överlappar med målen för vårt program, till exempel conservation agriculture, ekologiskt jordbruk, regenerativt jordbruk och agroekologi. Vi har valt att arbeta med kol och systemtransformation utifrån agroekologins principer.

Agroekologi har lyfts fram i många internationella forum under senare år.¹⁷ Olika definitioner av agroekologi lyfter den mångvetenskapliga karaktären i det agroekologiska tillvägagångssättet, som omfattar vetenskap, en uppsättning metoder och en social rörelse.¹⁸

Agroekologiska jordbruksmetoder söker förbättra jordbrukssystem genom att utnyttja naturliga processer, skapa fördelaktiga biologiska interaktioner och synergier bland komponenterna i agroekologiska system. Det innefattar minimering av syntetiska och externa insatser samt att använda ekologiska processer och ekosystemtjänster för utveckling av jordbruksmetoder.¹⁹

Med stöd i agroekologin är utgångspunkten i programmet att kol fungerar som proxy för positiva förändringar och att inlagringen främjas med åtgärder som stärker jordhälsan, lantbruken och samhället i stort.

14 Se Lal (2015) Krupenikov et al., (2011); Manlay et al., (2007)

15 Aubert, P-M et al. (2022)

16 Se Brady et al. (2019); Verschuuren (2018); Kragt, Dumbrell och Blackmore (2017); Brady et al. (2015); Se även Droste et al. (2020) Lal (2015) Cong et al. (2014)

17 Se FAO & ITPS (2021); IPES-Food (2016); FAO (2019); IAASTD (2009)

18 Se Gliessman (2018); Agroecology Europe (2017); Méndez et al. (2013); Wezel et al. (2009); Gliessman (2007); Francis et al. (2003)

19 Se Wezel et al. (2014); Gliessman (1990)

Kolschabloner

Förändringar i markens kolförråd sker långsamt och är svåra att mäta. Dessutom sker också naturliga förändringar av kolförrådet vilket gör det svårt att upptäcka effekter av kolinlagrande metoder på kort sikt.^{20,21} Därför baseras vanligtvis effekter av kolinlagrande metoder på schabloner från vetenskaplig litteratur,²² likaså i Svensk Kolinlagrings program. Baserat på sammanställningen i tabell 1 i Appendix 5 *Kolschabloner och policier för kol* väljer vi att använda en kolschablon på 300 kg inlagrat kol (C) per hektar och år, vilket motsvarar 1 ton koldioxidekvivalent (CO₂e) per hektar och år. Vi förväntar oss att detta är ett minimum tack vare att våra kriterier innebär så kallade staplade åtgärder, se appendix 3 *Principer och kriterier*, som forskning²³ visar ger en större kolinlagring än enskilda metoder. Det är dock svårt att förutspå exakt hur stor kolinlagring som kommer ske och vi väljer därför ett konservativt antagande.

Principer och kriterier

Inom jordbruket finns en rad olika principer och metoder som kan tillämpas för att öka kolhalten i marken.²⁴ Dessa metoder inkluderar; agroforestry, buffertzoner, kvarlämnande/tillförsel av organiskt material (skörderester, kompost mm), näringsämnestillförsel (i näringsfattiga system), odling av baljväxter, mellangrödor, fånggrödor, täckgrödor, perenna grödor och vall (med gräs, baljväxter och örter), planerat bete, reducerad/minimerad jordbearbetning, samodling, skogsbete/betesmark med träd, tillförsel av biokol, varierade växtföljder, undvikande av insekticider, fungicider och herbicider samt multipla odlingsmetoder (en kombination av flera ovanstående metoder).²⁵ Forskningen visar att en kombination av flera kolinlagrande metoder är mer effektivt för kolinlagring än varje enskild metod.²⁶

För att ge jordbrukaren så stor frihet som möjligt att välja metoder som passar förutsättningarna på platsen, verksamheten och den egna målbilden, så har vi valt att fokusera på övergripande principer som leder till ökad kolinlagring. Vi uppmuntrar att fler metoder kombineras för att öka upptaget av kol, eller minska avgången av inlagrat kol. De handlar om att främja både växternas fotosyntes som binder in koldioxid från luften samt mikrolivet i marken som jobbar gratis med att skapa mull och därigenom öka markens kolhalt.

20 Heinonsalo, (2020)

21 För större detaljnivå, se Appendix 5, avsnitt 2.

22 LIFE CarbonFarmingScheme (2022)

23 Haddaway et al., (2015); Land et al. (2021); Paustian et al. (2016).

24 Droste et al. (2020)

25 EASAC (2022); Formas (2021); Paustian et al., 2016

26 Haddaway et al., (2015); Land et al. (2021); Paustian et al. (2016)

Följande grundläggande principer för kolinlagring bidrar dessutom till ökad bördighet, förbättrad vattenhållande förmåga, och på sikt bättre lönsamhet enligt rådande forskningsläge:

- Håll fälten gröna året om, levande gröda/levande rötter.
- Maximera diversitet och biologisk mångfald ovan och under jord, på fält-, gårds- och landskapsnivå.
- Minimera störningar som jordbearbetning, kemiskt växtskydd och bekämpningsmedel.
- Maximera biomassa ovan och under jord.

Utifrån forskningen om metoder så har även en mångfald av policyrekommendationer utformats. Utformningen av våra kriterier har tagit stöd i de policyrekommendationer som finns sammanställda i Appendix 5 *Kolschabloner och policies för kol*.

Eftersom jordbrukets utformning är central inte bara för kolinlagring utan också för andra miljöaspekter så har Svensk Kolinlagrings kriterier utformats för att även gynna biologisk mångfald. EASAC²⁷ visar att en ökad diversitet av grödor i växtföljden, agroforestry och reducerad eller minimerad jordbearbetning gynnar både kolinlagring och biologisk mångfald.

Utifrån denna bakgrund har vi utformat kriterier för att kunna verifiera att åtgärderna genomförs av jordbrukaren:

- **Grön mark:** Levande grödor på fält och minst 70% marktäckning mer än 10 månader per år. Behöver ej vara sammanhållande period. Snötäckning är godkänt.
- **Diversitet:** Odlade växtarter från minst 4 olika släkten per år (inklusive huvudgröda).
- **Marktäckning året om:** Mer än 90 % marktäckning under 12 månader (inkluderar skörderester och annat dött material).
- **Tillväxt:** Kontinuerlig fotosyntes som ger livskraftig tillväxt av biomassa under växtsäsong.

Alla kriterier behöver inte uppfyllas på alla fält varje år utan beror på vilket paket inom Svensk Kolinlagrings program man ansluter sig till. Mer information om detta återfinns i Appendix 1 *Svensk Kolinlagring för jordbrukare*. I Appendix 3 *Principer och kriterier* finns mer information om vilka synergier och tradeoffs som identifierats, samt exempelsystem för hur man kan uppfylla kriterierna.

Utöver ovanstående kriterier som rör åtgärder på fältnivå, har Svensk Kolinlagring också utarbetat två kriterier som både jordbrukare och investerare ska följa på verksamhetsnivå.

- Verksamhetens växthusgasutsläpp ska minska över tid.
- Samverkan och kunskap om kolinlagring ska främjas.

Exakt hur dessa verksamhetskriterier ska uppfyllas beskrivs närmare i Appendix 1 *Svensk Kolinlagring för jordbrukare* och Appendix 2 *Svensk Kolinlagring för investerare*.

27 EASAC European Academies Science Advisory Council (2022)

Kolinlagring som affärsmodell

I grunden är affärsmodellen enkel: investerare betalar jordbrukare för att lagra in kol i jorden. Jordbrukare får därigenom ekonomisk stöttning för sin insats för klimat och ekosystem samtidigt som de fortsätter producera mat. Investerare får en verifierad klimatinvestering eller bidrar till en transformation mot ett kolinlagrande jordbruk.

Både jordbrukare och investerare, det vill säga aktörer som ger ekonomisk stöttning genom Svensk Kolinlagrings program, har olika behov. Därför har Svensk Kolinlagring utformat fyra olika paket för att arbeta med kolinlagring i jordbruksmark, se figur 5 nedan.

Denna affärsmodellens styrka ligger i att flera parter behov tillfredsställs samtidigt och att alla har möjlighet till stegvis utveckling. Dessutom främjas en transformation av matsystemet, från utsläppskälla till kolsänka, eftersom alla typer av jordbruk bjuds in - spjutspetsarna som driver utvecklingen framåt, samt den breda majoriteten som gör att ett kolinlagrande jordbruk blir ny praxis.

Sammanfattningsvis ger de fyra paketen jordbrukare flera olika möjligheter. Med paket Kolkredit kan verifierade kolkrediter genereras och säljas. Genom paket Transformation kan jordbrukare ta stora kliv på resan mot ett kolinlagrande jordbruk, och spjutspetsgårdar kan testa nya eller experimentella metoder. Jordbruk kan ingå i ett större förändringsarbete med flera andra aktörer inom Egen värdekedjapaketet där det finns en aktör i värdekedjan som finansierar arbetet. Vissa jordbruk som är med i något av de ovanstående tre paketen kan också utgöra Intensiva provtagningsplatser där mätningar genomförs oftare och till större djup, med syfte att utveckla Svensk Kolinlagrings program och möjliggöra följeforskning.

Investerare får möjligheten att köpa verifierade kolkrediter genom Kolkreditpaketet, att stötta transformationen av matsystemet genom Transformationspaketet, att arbeta med reduktion och kolinlagring i den egna värdekedjan genom Egen värdekedjapaketet, samt att bidra till forskning och utveckling genom upprättande av Intensiva provtagningsplatser.

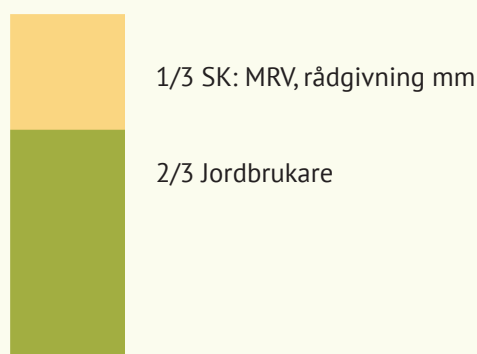
Under respektive rubrik nedan följer mer detaljerade beskrivningar av vad programmet Svensk Kolinlagring innebär för jordbrukare och investerare.



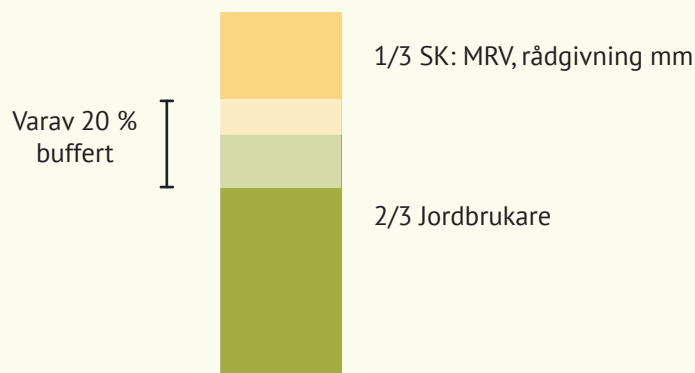
Figur 5. Svensk Kolinlagring erbjuder genom programmet fyra olika paket för kolinlagring i jordbruksmark: Kolkredit, Transformation, Egen värdekedja och Intensiv provtagningsplats.

Svensk Kolinlagrings paket är designade för att matcha SBTi-FLAG. Kolkreditpaketet kan användas till "Beyond value chain mitigation", alltså som frivilliga avsättningar. Egen värdekedjapaketen kan användas för att nå minskningar i linje med både near-term och long-term mål för utsläppsminskningar. Egen värdekedja kan också användas för att skapa förutsättningar för "Neutralization of residual emissions" alltså att kompensera för utsläpp som kvarstår även när ett företag har uppnått sitt långsiktiga minskningsmål.

Prissättningen för de olika paketen skiljer sig åt - läs mer om investeringskostnader för respektive paket under Appendix 2 *Svensk Kolinlagring för investerare*. Prismodellen, det vill säga hur investeringskostnaden fördelas, visas i figur 6 och figur 7 nedan för Transformationspaketet respektive Kolkreditpaketet.



Figur 6. Prissättning Transformation, 1500 kr. ex moms varav två tredjedelar går till jordbrukaren, en tredjedel till SK för mätning, verifiering, utbildning, rådgivning, utveckling samt upprätthållande av program och organisation.



Figur 7. Prissättning Kolkredit, 1800 kr. ex moms per ton inlagrad koldioxid, inklusive 20% buffert, läs mer i Appendix 4 under Permanens. Två tredjedelar går till jordbrukaren, en tredjedel till SK för mätning, verifiering, utbildning, rådgivning, utveckling samt upprätthållande av program och organisation.

Svensk Kolinlagring för jordbrukare

En ökad kolhalt och bördighet ger förbättrad lönsamhet på sikt, men omställningen kan innebära kostnader. Genom Svensk Kolinlagrings program får jordbrukare stöd över en femårsperiod, med möjlighet till förlängning. Utgångspunkten i programmet är att metoder tas i bruk på gården som på sikt lagrar in mer kol i jordbruksmark. Programmet är utvecklat för att vara flexibelt i val av metoder, samt tillgängligt för jordbrukare oavsett storlek, geografi eller typ av jordbruk - alla jordbrukare är välkomna.

Utöver ekonomisk ersättning får jordbrukaren tillgång till ett ständigt växande kunskapsnätverk bestående av rådgivare, forskare och andra jordbrukare som befinner sig på samma resa. Som del av Svensk Kolinlagring kommer jordbrukaren också bli inbjuden till seminarier, studiebesök och andra events som Svensk Kolinlagring arrangerar. Med jämna mellanrum besöker Svensk Kolinlagring gården för att diskutera hur omställningen fortskrider. I samband med besöket finns också möjligheter för jordbrukaren att testa olika verktyg i fält för att själv observera och följa upp jordhälsan.

Viss ersättning för åtgärder såsom mellangrödor, fånggrödor, och vårbearbetning finns att få inom CAP 2023-2027. Dessa stöd är däremot inte tillgängliga för alla, speciellt inte dem som bor i mellersta och norra delen av Sverige. Det finns dock inga hinder för att få 1-åriga miljö- och klimatersättningar och samtidigt få ersättning från Svensk Kolinlagring då de skiljer sig åt i utformning och omfattning. Däremot går det inte att få ersättning från Svensk Kolinlagring samtidigt som man erhåller ersättning från ett liknande initiativ som ingår i den frivilliga marknaden (Voluntary Carbon Markets).

Våra erbjudanden till jordbrukare

Tre olika paket är tillgängliga för jordbrukare beroende på förutsättningar och intresse. Alla paket är för närvarande åtgärdsbaserade. Hur många hektar och gårdar som kan bli del av programmet är helt beroende av i vilken utsträckning det finns verksamheter som investerar, se även stycket Svensk Kolinlagring för investerare nedan.

Målsättningen är att vi skriver avtal som täcker en femårsperiod i taget då långsiktigheten är viktig i omställningen. Individuella anpassningar kan förekomma beroende på paket. Varje pakets innehåll finns närmare beskrivet i Appendix 1 *Svensk Kolinlagring för jordbrukare*.

Kolkredit

Paketet är öppet för alla som uppfyller vissa kriterier inom Svensk Kolinlagrings ramverk, läs mer om kriterierna under rubriken Principer och kriterier ovan. Ersättningen är baserad på inlagrat kol utifrån forskningsbaserade schablonvärden vilket genererar en kolkredit - en verifierad och kvantifierad inlagring av koldioxid. Svensk Kolinlagring använder schablonvärdet 300 kg C/ha under förutsättningen att jordbrukare staplar flera åtgärder (till exempel användning av täckgrödor, längre period av marktäckning, minimerad jordbearbetning och planerat bete) enligt kriterierna, vilket innebär en förändring från ett baslinjescenarie, läs mer i Appendix 4.1 *Baslinjescenario, additionalitet och läckage*. Varje kolkredit registreras i Svensk Kolinlagrings system tillsammans med uppgifter om vilken den köpande organisationen är. Kolkrediten kan inte säljas vidare. På sikt hoppas vi kunna erbjuda ersättning utifrån faktisk mängd inlagrat kol när det finns tillräckligt tillförlitliga och kostnadseffektiva metoder för detta.

Transformation

Paketet är öppet för alla som vill göra något nytt som bidrar till omställningen. Det kan vara jordbrukare som inte har jobbat så mycket med agroekologi och kolinlagrande metoder förut. Det kan också vara jordbrukare som har stor erfarenhet och som vill testa något nytt eller mer experimentellt med syfte att driva utvecklingen framåt. Medverkan i detta paket gör stor skillnad och driver på omställningen. Transformationspaketet ger ersättning utifrån omställd areal och är en fast summa som stöd för att nya metoder tas i bruk. Inga krav ställs på att jordbrukare ska uppfylla Svensk Kolinlagrings kriterier för kolinlagring, och därför resulterar detta paket inte i kolkrediter.

Egen värdekedja

Paketet är endast tillgängligt för de gårdar som ingår i en värdekedja där distributör, förädlare eller annan aktör inom värdekedjan bär kostnaden för ersättningen. Hur detta paket ser ut rent praktiskt för den enskilde jordbrukaren är beroende av avtalet mellan parterna.

Möjligt tillägg: Intensiv provtagningsplats

På en gård som är en intensiv provtagningsplats samlar Svensk Kolinlagring in ytterligare data och tar tätare analyser och mätningar som används till forskning och utveckling av modelleringsverktyg och kolinlagrande metoder. Det här tillägget är till för jordbrukare som verkligen har ett gediget intresse av att medverka i forskning. Jordbrukaren får mer ingående data över gårdens prestanda vilket ger bättre underlag för välgrundade beslut. För att bli en intensiv provtagningsplats är det en förutsättning att jordbruket är med i något av ovanstående paket.

Däremot utgår ingen extra ersättning utöver den ersättning som erhålls från de andra paketen. Jordbrukare är välkomna att anmäla sitt intresse för att bli intensiv provtagningsplats men Svensk Kolinlagring förbehåller sig rätten att välja vilka gårdar som är lämpliga.

Mer information om vad det innebär att vara en intensiv provtagningsplats finns som underliggande protokoll för Intensiv provtagningsplats i Appendix 1 *Svensk Kolinlagring för jordbrukare*.

Svensk Kolinlagring för investerare

Investerare kallas de organisationer, företag och privatpersoner, som är finansierande aktörer i Svensk Kolinlagring. Investerare möjliggör för jordbrukare att ställa om till ett kolinlagrande matsystem.

Svensk Kolinlagring har utformat fyra paket för investering i kolinlagring, med syfte att tillgodose företags, organisationers, privatpersoners och jordbrukares olika behov och förutsättningar, samt för att fortsatt utveckla Svensk Kolinlagringsprogram.

Våra erbjudanden till investerare

Kolkredit

Kolkredit är en investering i verifierad och kvantifierad inlagring av koldioxid, med mervärden. Investeringskostnaden är 1800 SEK exklusive moms per ton koldioxid. Ett verifierkat erhålls som bevis för kolkrediten, och registreras i Svensk Kolinlagrings system, tillsammans med uppgifter om köpande organisation. Svensk Kolinlagring tar fullt ansvar för kreditens permanens samt att kolkrediten utfärdats under additionella förhållanden i enlighet med Svensk Kolinlagrings program. Kolkrediter kan inte säljas vidare. För att investera i Kolkredit ska investerare uppfylla vissa krav, bland annat ska investerare inneha skriftliga mål för utsläppsminskningar i linje med 1,5-gradersgränsen, till exempel Science Based Targets, SBT.

Läs en mer utförlig beskrivning av våra erbjudanden till investerare, samt vilka krav som ställs på köpare av respektive paket i Appendix 2 *Svensk Kolinlagring för investerare*. Mer information om hur Svensk Kolinlagring hanterar additionalitet, permanens och dylikt finns under respektive rubrik längre ner i detta dokument.

Transformation

Investeringar i Transformationspaketet möjliggör för jordbrukare att ta stora kliv på sin omställningsresa, samt för spjutspetsgårdar att genomföra nya eller mer experimentella insatser med syfte att driva utvecklingen framåt. Investeringskostnaden utgår ifrån antal hektar som investeraren väljer att stötta. För odlingsssäsong 2023 är priset 1500 SEK exkl. moms per hektar. Investerare får en slutrapport som presenterar genomförda metoder och resultat, samt kommunikationsmaterial att dela i sina egna kanaler. Inga kolkrediter säljs i detta paket.

Egen värdekedja

I detta paket kan investerare arbeta med minskade utsläpp, minskad avgång av koldioxid från mark och ökad inlagring på gårdar som ingår i den egna värdekedjan. Målet är att inom fem år kunna minska organisationens klimatavtryck. Arbetet är individuellt anpassat utifrån den investerande organisationens förutsättningar och behov och därför utgår investeringskostnad enligt offert. Krav ställs på investerare, se Appendix 2 *Svensk Kolinlagring för investerare*.

Intensiva provtagningsplatser

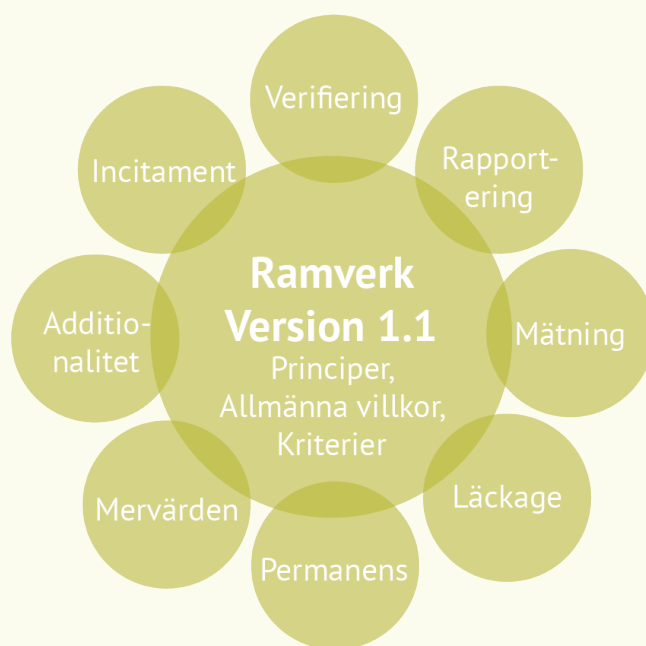
Genom investering i paketet möjliggörs upprättande av en intensiv provtagningsplats där effekten av kolinlagrande metoder mäts och följs upp årligen, på större djup jämfört med den generella uppföljningen på gårdar som ingår i programmet. Investeringskostnaden är 10 000 SEK exkl. moms per hektar och år. Minsta antal hektar att investera i är fem hektar och minsta antalet år är fem år. Svensk Kolinlagring genomför provtagningen och förmedlar resultaten på ett sätt som investeraren kan använda i sin egen kommunikation. Återkoppling ges varje år efter genomförd provtagning.

Ramverk för kolinlagring i svensk jordbruksmark

Svensk Kolinlagrings målsättning är att utveckla ett åtgärds- och resultatbaserat ramverk för att främja användningen av vetenskapligt belagda metoder för ökad kolinlagring.

Denna version, 1.1, är ett MRVI-ramverk (Measurement, Reporting, Verification and Incentivising). Med vägledande principer, allmänna villkor och kriterier som kärnan i ramverket får vi verifierad kolinlagring med hög trovärdighet. Samtidigt erbjuder vi en stor flexibilitet för jordbrukaren att anpassa sin insats efter sina lokala förutsättningar. Detta tror vi också uppmuntrar till experiment och utveckling. Metoderna som tillämpas på gårdar i Svensk Kolinlagrings program ska vara mätbara, rapporterbara och verifierbara. I ramverket beskrivs också incitament för alla parter deltagande.

Vårt fokus ligger i denna version på att verifiera åtgärder samt att mäta och följa upp indikatorer som visar på ökad kolinlagring och mervärden. Ramverket för kolinlagring i jordbruksmark har en kärna som består av principer, allmänna villkor och kriterier. Ramverkets olika delar illustreras i Figur 8 och beskrivs mer ingående i Appendix 4 *Ramverk för kolinlagring i svensk jordbruksmark*. Här adresseras additionalitet, permanens, läckage, buffert för kolkrediter och andra viktiga grundbultar för att säkerställa kolinlagringen.



Figur 8: Ramverket för kolinlagring i jordbruksmark har en kärna som består av principer, allmänna villkor samt kriterier. Med hänsyn till additionalitet, läckage och permanens, och genom mätning, rapportering och verifiering, säkerställs att kolinlagring har skett. Version 1.1 av ramverket adresserar alla dessa delar i formuleringarna av allmänna villkor och kriterier.

Vi har utvecklat ramverket i linje med rekommendationer och riktlinjer som presenteras av FN:s livsmedels- och jordbruksorganisation, FAO, i GSOC MRV Protocol, samt i EU:s Technical Guidance Handbook - setting up and implementing result-based carbon farming mechanisms in the EU, Report to the European Commission.²⁸

Ramverket är framtaget för att möjliggöra utvecklingen av en framtida standard för Sverige och Norden²⁹ men är i nuläget skrivet för Svensk Kolinlagrings program version 1.1. I takt med att metoder och kunskapsläge utvecklas kommer vi uppdatera ramverket.

Detaljerade beskrivningar av hur mätning, rapportering och verifiering genomförs finns tillgängliga i underliggande protokoll för MRV, under Appendix 4 *Ramverk för kolinlagring i svensk jordbruksmark*. Senaste versionen av detta dokument inklusive protokoll finns tillgängligt på www.svenskkolinlagring.se.

Omfattning, systemgräns och begränsningar

Svensk Kolinlagrings ramverk version 1.1 gäller framför allt det program för ekonomiska incitament för jordbrukare och investerare som Svensk Kolinlagring tagit fram. För att ramverket ska lägga grunden för ett trovärdigt program som bidrar till systemförändring har vi byggt det så att det kan vidareutvecklas i takt med att omvärlden förändras, och så att ramverkets innehåll:

- är inkluderande, flexibelt och trovärdigt
- tar hänsyn till jordbrukets långsiktiga, dynamiska och lokala karaktär
- uppmuntrar transparens, kunskapsbyggande och delning
- stödjer utformandet av ett poängsystem som möjliggör fortsatt utveckling av både åtgärds- och resultatbaserad ekonomisk ersättning samt bygger från aktuellt kunskaps läge, allmän praxis och rekommendationer.

Idag, år 2024, saknas ekonomiskt rimlig och praktiskt användbar teknik för storskalig och tillförlitlig kvantifiering av förändringen av markens kolinnehåll över tid.³⁰ För att nå 1,5-gradersgränsen är dock tiden knapp - omställningen måste börja nu.³¹ Därför utgår Svensk Kolinlagring från den samlade forskningen, använder schablonvärden, och tar ett första steg på vägen.

28 Se FAO (2020); COWI, Ecologic Institute and IEEP (2021)

29 Se NJC (2019); IVA (2019); Naturvårdsverket (2019)

30 Se Jörgensen & Sundström (2022); Oldfield et al. (2021), Oldfield et al. (2022); COWI (2021); EIP-Agri (2019) NJC (2019) Kragt et al. 2017

31 Se IPCC (2022) FAO & ITPS (2021); IPES-Food (2016) Se även Naturvårdsverket (2019) Bessou et al. (2020); Brandão et al. (2019); Breton et al. (2018); Cherubini, Guest and Strømman (2013);

I denna första version av ramverket rekommenderas därför:

- att åtgärder och principen om permanens verifieras. Det betyder att Svensk Kolinlagring kontrollerar att metoderna som jordbrukaren åtagit sig har genomförts på fält. Vart femte år sker även gårdsbesök och jordprovtagning.
- att Svensk Kolinlagrings arbetsätt certifieras av tredje part.
- att krediteringen av kolinlagring baseras på effekter av åtgärder med stöd i vetenskaplig litteratur, samt verifiering av att Svensk Kolinlagrings villkor och kriterier har uppfyllts.
- att kolkrediter inte utfärdas för utsläppsminskningar, bara för ökning av organiskt markkol relativt baslinjescenariot.
- att flera kolinlagrande jordbruksmetoder tillämpas och kombineras på samma fält, så kallad "stacking".
- och slutligen: att omställningen till ett kolinlagrande jordbruk påbörjas nu, med målsättningen att regelbundet uppdatera ramverk och program allteftersom nödvändig samordning, teknik och internationella riktlinjer kommer på plats.³²

Ramverket omfattar program och åtgärder för att bevara och öka mängden organiskt markkol på avgränsade arealer, djupintervall och över bestämda tidsperioder. Underliggande protokoll beskriver processen för mätning och uppföljning av bland annat markens kolmängd, i början och slutet av avtalsperioden, samt rapportering och verifiering av åtgärder (se underliggande Protokoll).

För verifierade åtgärder som uppfyller våra villkor och kriterier för utfärdande av kolkrediter använder vi ett schablonvärde på 300 kg kol/ha (vilket motsvarar 1 ton CO₂-ekvivalent per hektar och år). För att säkra att vi inte utfärdar fler kolkrediter än vi sedan kan leverera har vi valt ett schablonvärde som är lägre än genomsnittet för effekter av olika kolinlagrande metoder. Underlag till vårt schablonvärde finns i Appendix 5 *Kolschabloner och policies för kol*.

Nuläge och framtid

Vi vill också belysa och adressera de fortsatta utmaningar som identifierats och kvarstår för åtgärds- och resultatbaserade system. Detta gäller främst, men inte uteslutande, säkerhet och trovärdighet kring kreditering och utsläppshandel; kunskapsmässiga och teknologiska barriärer; mätmetoder och modellering; inkludering och kompensation för övriga ekosystemtjänster; samt premiering av och incitament för jordbrukare som redan idag implementerar kolinlagrande metoder. Man behöver också ta fortsatt hänsyn till såväl internationell utveckling och anpassning till lokala förhållanden och förutsättningar.³³

Det råder fortfarande osäkerhet och heterogenitet på den frivilliga marknaden (VCM) i stort och för kolinlagrande jordbruk specifikt. Det kommer ta några år innan vi har tydligare och mer homogena riktlinjer och krav i kombination med lansering av och implementering av GHG-land sector and removal guidance, SBTi-flag, Nordic Dialogue, kommande EU-MRV, CAP 2023-2027 med flera.

32 Se Green House Gas Protocol (2022) Se även Jörgensen & Sundström (2022); Oldfield, Emily E., et al. (2022); COWI (2021); EIP-Agri (2019); NJC (2019) Board, Ocean Studies, and National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019); Kragt et al. 2017

33 Se EASAC (2022) Se även Lal (2015)

Vi arbetar med och följer mycket av denna utveckling med intresse och förhoppning om att detta leder till högre standarder för best-practice, ökad transparens och tydlighet.

Gällande Parisavtalets Artikel 6 är det fortsatt oklart om dubbla anspråk mellan företag och länder bör tillåtas. Till exempel Verra och Gold Standard avser producera krediter som inte faller inom FN-systemet, indikationen är att frivilliga marknaden och olika initiativ behöver komma med svaret.

Utveckling av ett redovisningsramverk som möjliggör tillämpning av "motsvarande justeringar" för att effektivt lösa problemet dubbelräkning kommer att ta ytterligare ett par år och även om frivilliga kolkrediter som köps av privata företag inte behöver gå igenom artikel 6-systemet så ser vi därför ett växande intresse för finansiering av projekt främst inom, men även utanför värdekedjan som klimatbidrag utan påståenden om avräkning. När utsläppshandeln formaliseras kommer flera av de aktörer som i dag handlar med utsläpp att verifiera krediter under det nya FN-systemet.

Vi väljer trots osäkerheter att gå framåt med vår lokalt anpassade lösning som vi ser ett stort behov av. Vi väljer att ta hänsyn till nuläget och ovanstående genom att arbeta för:

- transparens, kvalitet (vetenskaplig soliditet) samt systematisk additionalitet och permanens
- projekt som belyser markbördighet och kolinlagring från ett svenskt perspektiv
- testbäddar för utveckling av agroekologiska produktionssystem
- tydliga anvisningar och bestämmelser i avtal om hur krediter kan användas och kommuniceras för att undvika missbruk
- backning och statlig inkludering, vilket vi ser som en nyckel för långsiktig framgång
- att ligga fortsatt väl i linje med såväl internationella standarder och protokoll som EU:s rekommendationer avseende utvecklingen av system för kolinlagrande jordbruk
- provtagning och modellering av data från brukade fält, eftersom det råder konsensus om att det behövs mer forskning på alla områden och att vi saknar tillförlitliga data (spatial/tidsserie)³⁴
- förlängda studier av mark och gröda med fokus på mätning av biologiska variabler
- flödesmätningar av lustgas och koldioxid under olika förhållanden för att kunna bedöma variation mellan platser och åtgärder

Vi ser framåt att Svensk Kolinlagring kommer att:

- fortsatt utveckla metoder, kunskap, samarbeten och modeller som tjänar syftet
- möjliggöra och utveckla poäng- och resultatbaserad ersättning och kreditering
- jobba med prediktiva modeller för kolinlagring
- genomföra hållbarhetsanalyser på gårdsnivå för att säkerställa "No-Net harm"
- vara en fortsatt del av, och exempel inom, ett större nätverk för kolinlagring inom Norden och EU
- etablera lokala nätverk och hubbar samt möjliggöra för inkludering av Peer-to-Peer verifiering i ett hybridbaserat verifieringssystem

Med den utveckling som sker i befintliga standarder samt med utvecklingen i Norden, EU och globalt³⁵ ser vi möjlighet att fortsatt öka trovärdigheten för kolinlagring i jordbruksmark, med hänsyn till additionalitet, permanens, läckage och övriga parametrar.

34 Oldfield et al. (2021)

35 Till exempel med hänvisning till FAO, artikel 6, F2F, Green Deal, GHG och SBT.

Om Svensk Kolinlagring

Organisationen Svensk Kolinlagring och den gemensamma plattformen tillhandahåller kunskap, nätverk, teknik, mätmetoder samt möjlighet till verifiering och ekonomisk ersättning för ökad kolinlagring med mervärden. På plattformen samlas jordbrukare, organisationer som vill investera i kolinlagring och forskare för att utveckla en storskalig modell för ökad kolinlagring på svensk jordbruksmark, från atmosfären ner i marken.

Designprinciper för Svensk Kolinlagrings organisation och affärsmodell tar avstamp i ramverket för donutekonomi. Det innebär bland annat att vi behöver harmonisera fem olika delar: nätverk, ledning, ägare, finansiering och syfte, så att alla drar åt samma håll.

Nätverk: Vi arbetar med missionsdriven innovation och bygger ett ekosystem av aktörer som samverkar runt gemensamma mål att transformera matsystemet och lagra in kol i svensk jordbruksmark.

Ledning: I mars 2024 består Svensk Kolinlagrings ledning av en styrelsemedlemmar från Svensk kolinlagring, MiljöMatematik och Albaeco.

Ägare: Svensk Kolinlagring AB är ett fristående och icke-vinstutdelande bolag.

Finansiering: Under utvecklingsfasen finansieras Svensk Kolinlagring främst av FoU-medel. På sikt ska affärsmodellen även inkludera kostnader för att utveckla plattformen, informationsmaterial, rådgivningstjänster, mättekniker, ramverk och samarbeten, samt löner till de som utvecklar och arbetar med organisationen Svensk Kolinlagring.

Under 2019 beviljades finansiering under Vinnovas utlysning "Utmaningsdriven innovation" steg 1. Under 2020 ha Jordbruksverket beviljat medel inom ramen för Europeiska Innovationspartnerskapet, EIP-Agri. Under 2021 fick vi fortsatta medel från Vinnovas "Utmaningsdriven innovation" (steg 2) samt från Svea Green Foundation. MiljöMatematik har även gått in med egen finansiering. Under 2023 beviljades ytterligare medel under Vinnovas utlysning "Utmaningsdriven innovation" steg 3. Under 2021 och 2022 fick vi även medel från forskningsprogrammet Fairtrans som finansieras av MISTRA och Formas.

Syfte: Vi arbetar med missionsdriven innovation, med syfte att transformera matsystemet genom att designa ett program och en plattform för kolinlagring i jordbruksmark.

Med finansiering från

VINNOVA
Sveriges innovationsmyndighet


SVEA GREEN
FOUNDATION


Europeiska jordbruksfonden
för landsbygdsutveckling. Europe
investerar i landsbygdsområden

FAIRTRANS ►

Källförteckning

Agroecology Europe (2017). Our understanding of agroecology.

<http://www.agroecology-europe.org/our-approach/our-understanding-of-agroecology/> [2022-04-06]

Aubert, P.-M., Fouchderot, C., Svensson, J., (2022). Design principles of a Carbon Farming Scheme in support of the Farm2Fork & FitFor55 objectives. IDDRI, Policy Brief N°01/22.

https://www.iddri.org/sites/default/files/PDF/Publications/Catalogue%20iddri/Propositions/202201-PB0122-carbon%20farming%20EN_0.pdf

Bessou, C., Tailleur, A., Godard, C., Gac, A., de la Cour, J. L., Boissy, J., ... & Benoist, A. (2020). Accounting for soil organic carbon role in land use contribution to climate change in agricultural LCA: Which methods? Which impacts?. The International Journal of Life Cycle Assessment, 25(7), 1217-1230.

<https://doi.org/10.1007/s11367-019-01713-8>

Board, O. S., & National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019). Negative emissions technologies and reliable sequestration: A research agenda. <https://doi.org/10.17226/25259>

Brady, M.V., Hedlund, K., Cong, R.-G., Hemerik, L., Hotes, S., Machado, S., Mattsson, L., Schulz, E., Thomsen, I.K., (2015). Valuing Supporting Soil Ecosystem Services in Agriculture: A Natural Capital Approach. Agronomy Journal 107, 1809-1821. <https://doi.org/10.2134/agronj14.0597>

Brady, V.M., Hristov, J., Wilhelmsson, F., Hedlund, K. (2019). Roadmap for Valuing Soil Ecosystem Services to Inform Multi-Level Decision-Making in Agriculture. Sustainability 11(19):5285. <https://doi.org/10.3390/su11195285>

Brandão, M., Kirschbaum, M. U., Cowie, A. L., & Hjulær, S. V. (2019). Quantifying the climate change effects of bioenergy systems: Comparison of 15 impact assessment methods. GCB Bioenergy, 11(5), 727-743.

<https://doi.org/10.1111/gcbb.12593>

Cong, R.G., Hedlund, K., Andersson, H., Brady, M. (2014). Managing soil natural capital: An effective strategy for mitigating future agricultural risks? Agricultural Systems 129, 30-39. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.05.003>

COWI, Ecologic Institute and IEEP. (2021). Technical Guidance Handbook - setting up and implementing result-based carbon farming mechanisms in the EU. Report to the European Commission, DG Climate Action, under Contract No. LIMA/C.3/ETU/2018/007. COWI, Kongens Lyngby.

Droste, N., May, W., Clough, Y., Borjesson, G., Brady, M., Hedlund, K., (2020). Soil carbon insures arable crop production against increasing adverse weather due to climate change. Environmental Research Letters 15(12).

<https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc5e3>

EASAC (European Academies Science Advisory Council). (2022). Regenerative Agriculture in Europe. EASAC policy report 44, April 2022. ISBN: 978-3-8047-4372-4

https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Regenerative_Agriculture/EASAC_RegAgri_Web_290422.pdf

EC. (2021). Sustainable Carbon Cycles. Brussels, Communication from the Commission to the European Parliament and the Council – COM(2021) 800.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0800&from=EN>

EIP-Agri. (2019). Moving from source to sink in arable farming.

https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eip-agri_fg_carbon_storage_in_arable_farming_final_report_2019_en.pdf

- FAO. (2018). The state of food security and nutrition in the world: building climate resilience for food security and nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/i9553en/i9553en.pdf>
- FAO. (2019). Report of the Conference of FAO. 41st Session. Rome, 22–29 2019. <http://www.fao.org/3/na421en/na421en.pdf>
- FAO. (2020). A protocol for measurement, monitoring, reporting and verification of soil organic carbon in agricultural landscapes – GSOC-MRV Protocol. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb0509en>
- FAO & ITPS. (2021). Recarbonizing Global Soils - A technical manual of recommended sustainable soil management. Volume 3: Cropland, Grassland, Integrated systems, and farming approaches - Practices Overview. Rome. <https://www.fao.org/3/cb6595en/cb6595en.pdf>
- Folke, C., (1991). Socio-Economic Dependence on the Life-Supporting Environment. Linking the Natural Environment and the Economy: Essays from the Eco-Eco Group pp 77-94. https://doi.org/10.1007/978-94-017-6406-3_5
- Galaz, V. och D. Collste (red., 2022). Economy and Finance for a Just Future on a Thriving Planet. Report for Stockholm+50. Beijer Institute of Ecological Economics (Royal Swedish Academy of Sciences) and the Stockholm Resilience Centre (Stockholm University). <https://doi.org/10.17045/sthlmuni.19792957>
- Gliessman, S.R. (1990). Agroecology: researching the basis for sustainable agriculture. New York, USA, Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3252-0_1
- Gliessman, S.R. (2007). Agroecology: the ecology of sustainable food systems. CRC Press, Taylor & Francis, New York, USA. 384 p. [https://www.agrifs.ir/sites/default/files/Agroecology,%20The%20Ecology%20of%20Sustainable%20Food%20Systems,%20Second%20Edition%20%7BStephen%20R.%20Gliessman%7D%20%5B9780849328459%5D%20\(2006\).pdf](https://www.agrifs.ir/sites/default/files/Agroecology,%20The%20Ecology%20of%20Sustainable%20Food%20Systems,%20Second%20Edition%20%7BStephen%20R.%20Gliessman%7D%20%5B9780849328459%5D%20(2006).pdf)
- Gliessman S.R. (2018). Defining agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 42:599–600. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1432329>
- Greenhouse Gas Protocol (2022): <https://ghgprotocol.org/land-sector-and-removals-guidance#supporting-documents> (2022-10-14)
- Haddaway, N. R., Hedlund, K., Jackson, L. E., Kätterer, T., Lugato, E., Thomsen, I. K., Jørgensen, H. B., & Söderström, B. (2015). What are the effects of agricultural management on soil organic carbon in boreo-temperate systems? *Environmental Evidence*, 4(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s13750-015-0049-0>
- Heinonsalo, J. (red.). (2020). Kolguide - Översikt över kolet i marken och grunderna i kolbindande jordbruk. <https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2020/06/bsag-hiiliopas-200603-se-digital.pdf>
- HLPE. (2019). Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome <http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe/en/>
- IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development). (2009). Agriculture at a crossroads: global report. [http://www.agassessment-watch.org/report/Global%20Report%20\(English\).pdf](http://www.agassessment-watch.org/report/Global%20Report%20(English).pdf)
- IPBES. (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (editors). IPBES secretariat, Bonn, Germany. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>

IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf

IPES-Food. (2016). From university to diversity. A paradigm shift from industrial agriculture to diversified agroecological systems. International Panel of Experts on Sustainable Food Systems. http://www.ipes-food.org/images/Reports/UniformityToDiversity_FullReport.pdf

IPCC. (2018). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 616 pp., https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf

(IVA) Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien. (2019). Så klarar det svenska jordbruket klimatmålen. En delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet. <https://www.iva.se/globalassets/bilder/projekt/vagval-klimat/201910-iva-vagval-for-klimatet-delrapport5-g.pdf>

Jørgensen, C., Sundström, K. (2022). Informationsinsatser för att minska klimat- och luftpåverkan i jordbruket – vilka nås, vad görs och hur uppfattas informationen?

Kragt, M. E., Dumbrell, N. P., & Blackmore, L. (2017). Motivations and barriers for Western Australian broad-acre farmers to adopt carbon farming. *Environmental Science & Policy*, 73, 115-123. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.04.009>

Krupenikov, I. A., Boincean, B. P., & Dent, D. (2011). The black earth: ecological principles for sustainable agriculture on chernozem soils. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0159-5>

LaI, R. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 7(5), 5875-5895. <https://doi.org/10.3390/su7055875>

Land, M., Hedlund, K., Kätterer, T., Bracht Jørgensen, H., Haddaway, N., Brady, M. (2021). Växtföljers påverkan på inlagring av organiskt kol i jordbruksmark En systematisk översikt och samhällsekonomisk analys. Formas - Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande. <https://formas.se/download/18.453f3191784aec71fd3e990/1622192325983/f1-2021-vaxtfoljers-paverkan-pa-inlagring-av-organiskt-kol.pdf>

LIFE Carbon Farming Scheme. (2022). Guidance for future carbon farming schemes. Best practices for expanding carbon sequestration activities. https://content.st1.fi/sites/default/files/2022-06/LIFE%20Carbon%20Farming%20Scheme%20final%20report%2001062022.pdf?_gl=1*1fh2dlw*_ga*MTkzODMyNDg1MC4xNjYyNTU2MDc4*_ga_76166H0SHQ*MTY2NzgxMjE3NC4zLjEuMTY2NzgxMjE5My4wLjAuMA

Manlay, R. J., Feller, C., & Swift, M. J. (2007). Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 119(3-4), 217-233. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.07.011>

Méndez VE, Bacon CM, Cohen R. (2013). Agroecology as a transdisciplinary, participatory, and action-oriented

approach. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 37:3–18. <https://doi.org/10.1080/10440046.2012.736926>

Mills, J., Ingram, J., Dibari, C., Merante, P., Karaczun, Z., Molnar, A., Sánchez, B., Iglesias, A., Ghaley, B.B. (2020). Barriers to and opportunities for the uptake of soil carbon management practices in European sustainable agricultural production. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 44, 1185-1211. <https://doi.org/10.1080/21683565.2019.1680476>

Moore, M.L., Milkoreit, M. (2020). Imagination and transformations to sustainable and just futures. *Elementa: Science of the Anthropocene* 8 (1): 081. <https://doi.org/10.1525/elementa.2020.081>

Naturvårdsverket. (2019). Minskade utsläpp av växthusgaser från jordbruket med ökad produktion? Scenarier till 2045 för utsläpp och upptag av växthusgaser inom jordbrukssektorn. <https://s3.eu-north-1.amazonaws.com/ekofakta/uploads/files/1bc07fe6-7878-4882-b8e1-4129aad779ae.pdf>

(NJC) Nordic Joint Committee for Agriculture and Joint Research. (2019). Markens potential som kolsänka. <https://nordicforestresearch.org/wp-content/uploads/2019/01/Markens-potential-som-kols%C3%A4nka-20181025.pdf>

Ogaji, J. (2005). Sustainable Agriculture in the UK. *Environment, development and sustainability*, 7(2), 253-270. <https://doi.org/10.1007/s10668-005-7315-1>

Oldfield, E.E., A.J. Eagle, R.L. Rubin, J. Rudek, J. Sanderman, D.R. Gordon. (2021). Agricultural soil carbon credits: Making sense of protocols for carbon sequestration and net greenhouse gas removals. Environmental Defense Fund, New York.

Oldfield, E. E., Eagle, A. J., Rubin, R. L., Rudek, J., Sanderman, J., & Gordon, D. R. (2022). Crediting agricultural soil carbon sequestration. *Science*, 375(6586), 1222-1225. <https://doi.org/10.1126/science.abl7991>

Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G. P., & Smith, P. (2016). Climate-smart soils. *Nature*, 532(7597), 49-57. <https://doi.org/10.1038/nature17174>

Persson, L., Carney Almroth, Collins, C.D., Cornell, S., de Wit, C. et.al. 2022. Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities. *Environ. Sci. Technol.*, <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04158>

Richardson, K., Steffen W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S.E., et.al. (2023). Earth beyond six of nine Planetary Boundaries. *Science Advances*, 9, 37.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J. & Cornell, S.E., et.al. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347: 736, 1259855

Wang-Erlandsson, L., Tobian, A., van der Ent, R., Fetzer, I., te Wierik, S., Porkka, M., Staal, A., Jaramillo, F., Dahlmann, H., Singh, C., Greve, P., Gerten, D., Keys, P., Gleeson, T., Cornell, S., Steffen, W., Bai, X., Rockström, J. 2022. A planetary boundary for green water. *Nature Reviews Earth and Environment*. <http://dx.doi.org/10.1038/s43017-022-00287-8>

Wezel A, Bellon S, Doré T, Francis C, Vallod D, David C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice: a review. *Agronomy for Sustainable Development* 29:503–515. <https://doi.org/10.1051/agro/2009004>

Wezel A, Casagrande M, Celette F, Vian JF, Ferrer A, Peigné J. (2014). Agroecological practices for sustainable agriculture - a review. *Agronomy for Sustainable Development* 34(1):1–20. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0180-7>

Yang, J. (2020). Opportunities and Barriers of Carbon Farming from a Sustainable Livelihoods Perspective-A Case Study from Sweden. Department of Earth Sciences, Uppsala University. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1454977/FULLTEXT01.pdf>