

RAPPORT 2022/14

Underlag för strategisk planering för ökad kolsänka

Regeringsuppdrag



© Skogsstyrelsen 2022

Dnr 2021/2362

Projektledare

Tobias Markensten, Jordbruksverket
Johan Wester, Skogsstyrelsen

Projektgrupp och författare

John Andersson, Jordbruksverket
Linnéa Asplund, Jordbruksverket
Per Bodin, Jordbruksverket
Andreas Drott, Skogsstyrelsen
Hillevi Eriksson, Skogsstyrelsen
Gustav Eskhult, Jordbruksverket
Sara Furenhed, Jordbruksverket
Göran Hallsby Skogsstyrelsen
Malin Kanth, Naturvårdsverket
Tobias Markensten, Jordbruksverket
Else-Marie Mejersjö, Jordbruksverket
Jörgen Pettersson, Skogsstyrelsen
Emma Svensson, Jordbruksverket
Johan Wester, Skogsstyrelsen

Omslag

Överst till vänster: Ricarda Schultz
Överst till höger: Josefina Sköld
Stor bild underst: Mostphotos

Formgivare

Ann Giss

Innehåll

Förord	9
Sammanfattning	10
1 Inledning	14
1.1 Uppdrag	14
1.2 Syfte och avgränsningar	15
1.2.1 Administrativt ramverk och bokföring av åtgärdernas effekter	15
1.2.2 Kompletterande åtgärder	16
1.2.3 Avgränsning av åtgärder på skogsmark	16
1.2.4 Styrmedel för ökad kolsänka	17
1.3 Genomförande	17
2 Skog, skogsmark och jordbruksmark som kolsänka	19
2.1 Klimatkonventionen och Parisavtalet	19
2.2 Europeiska unionen	19
2.2.1 Klimatmål till 2030 och 2050	19
2.2.2 LULUCF-förordning	20
2.2.3 Carbon farming och certifiering av upptag av växthusgaser	20
2.2.4 Rättsakt om restaurering av natur	20
2.2.5 Kommissionens markstrategi	21
2.2.6 Kommissionens skogsstrategi	21
2.3 Sveriges klimatpolitiska ramverk	21
2.4 Miljömålsberedningens förslag om strategisk planering	22
2.5 Klimatpolitiska vägvalsutredningens förslag	23
2.6 Den svenska klimatrapporteringen	24
2.6.1 Rapportering av LULUCF inom klimatrapporteringen	25
2.7 Särskilda förutsättningar för åtgärder inom jord- och skogsbruk	27
2.7.1 Systemavgränsningar och tidsperspektiv	27
2.7.2 Additionalitet enligt olika bokföringsregler	27
2.7.3 Permanens eller beständighet	29
2.7.4 Emissionsläckage	29
2.8 Målkonflikter och synergier	30
2.8.1 Exploatering och förändrad markanvändning	31
2.8.2 Återvätning av dikade torvmarker	31
2.8.3 Andra åtgärder på skogsmark	32

2.8.4	Åtgärder på jordbruksmark _____	32
3	Urval av åtgärder inom uppdraget _____	35
3.1	Åtgärder som berör både skogs- och jordbruksmark _____	35
3.1.1	Återvätning av dikad torvmark _____	35
3.1.2	Beskogning av åker- och betesmark _____	35
3.1.3	Minskad förlust av kol vid exploateringen av skogs- och jordbruksmark för utbyggnad av infrastruktur mm _____	35
3.2	Andra åtgärder på skogsmark _____	35
3.3	Andra åtgärder på jordbruksmark _____	36
3.3.1	Kolbalans i mineraljord på jordbruksmark _____	36
3.3.2	Energiskog _____	36
3.3.3	Agroforestry _____	37
3.3.4	Biokol _____	37
3.3.5	Odlingsåtgärder på organogen jordbruksmark _____	37
4	Återvätning av dikad torvmark _____	39
4.1	Beskrivning av åtgärden _____	39
4.1.1	Hur kan återvätning ge klimatnytta? _____	39
4.1.2	Hur stor klimatpåverkan har den dikade torvmarken? _____	40
4.1.3	Dikningens historik och nuläge _____	41
4.1.4	Återvätningens nuläge _____	42
4.2	Förutsättningar för åtgärden _____	44
4.2.1	Målkonflikter och synergier _____	44
4.2.2	Areell potential för aktiv återvätning _____	46
4.2.3	Om potentialen och hinder _____	46
4.2.4	Kostnadseffektiv och tillgänglig potential fram till år 2045 _____	50
4.3	Återvätningens effekt på växthusgasbalansen _____	51
4.3.1	Effekt för olika kategorier av skogs- och jordbruksmark _____	51
4.3.2	Emissionsfaktorer för effektbedömning i denna utredning _____	54
4.3.3	Metod för effektberäkning inom dagens klimatrapportering _____	55
4.3.4	Möjligt utvecklingsarbete för effektberäkningen _____	55
4.4	Uppföljning av åtgärden _____	57
4.4.1	Nulägesbeskrivning _____	57
4.4.2	Möjligt utvecklingsarbete för uppföljning _____	58
4.5	Additionalitet för olika former av återvätning _____	58
4.6	Myndigheternas planering framåt _____	58
5	Beskogning av nedlagd jordbruksmark _____	61
5.1	Beskrivning av åtgärden _____	61
5.1.1	Grundläggande principer _____	61

5.1.2	Olika varianter på åtgärdens utförande _____	62
5.1.3	Tidsperspektivet och bedömd substitutionseffekt avgör klimatnyttan _____	62
5.1.4	Pågående markanvändning sätter ramarna _____	64
5.2	Förutsättningar för åtgärden _____	64
5.2.1	Areal jordbruksmark som tagits ur produktion _____	64
5.2.2	Nationella marktäckedata _____	67
5.2.3	Tidigare ansatser att bedöma potentiellt tillgängliga arealer för beskogning _____	67
5.2.4	Målkonflikter och synergier _____	69
5.2.5	Kriterier _____	71
5.3	Åtgärdens effekt på kolsänka _____	74
5.3.1	Kolbindning efter trädetablering på jordbruksmark och alternativt brukande _____	78
5.3.2	Metod för effektberäkning inom dagens klimatrapportering _____	80
5.3.3	Möjligt utvecklingsarbete _____	80
5.4	Uppföljning av åtgärden _____	81
5.4.1	Nulägesbeskrivning _____	81
5.4.2	Möjligt utvecklingsarbete _____	82
5.5	Additionalitet _____	83
5.6	Myndigheternas planering framåt _____	85
6	Agroforestry _____	86
6.1	Förutsättning för åtgärden _____	88
6.1.1	Teoretisk potential _____	88
6.1.2	Lantbrukarens incitament _____	89
6.1.3	Definitioner, lagstiftning och EU:s gemensamma jordbrukspolitik _____	90
6.1.4	Agroforestry i en svensk kontext: Fem typfall _____	91
6.1.5	Företagsekonomiska kalkyler för olika typfall _____	98
6.2	Åtgärdens effekt på kolsänka _____	98
6.2.1	Skattad kolinlagring för typfall 1-5 _____	100
6.3	Uppföljning av åtgärden _____	102
6.3.1	Befintlig insamling av data kopplat till åtgärden _____	102
6.3.2	Vilka indata används och hur inom dagens klimatrapportering _____	102
6.3.3	Möjligt utvecklingsarbete _____	103
6.4	Additionalitet _____	105
6.5	Myndigheternas planering framåt _____	106
7	Energiskog _____	108

7.1	Förutsättningar för åtgärden _____	108
7.1.1	Teknisk potential _____	108
7.1.2	Klimat effekt _____	109
7.1.3	Livsmedelsproduktion _____	109
7.1.4	Odlingstekniska aspekter _____	110
7.1.5	Natur- och kulturvärden _____	110
7.1.6	Företagsekonomisk lönsamhet _____	111
7.2	Åtgärdens effekt på kolsänka _____	111
7.2.1	Effekt ”i verkligheten”, för olika situationer t ex geografi _____	111
7.2.2	Metod för effektberäkning inom dagens klimatrapportering _____	112
7.2.3	Möjligt utvecklingsarbete _____	112
7.3	Uppföljning av åtgärden _____	112
7.3.1	Befintlig insamling av data kopplat till åtgärden _____	112
7.3.2	Vilka indata används och hur inom dagens klimatrapportering _____	113
7.3.3	Möjligt utvecklingsarbete _____	113
7.4	Additionalitet _____	113
7.5	Myndigheternas planering framåt _____	113
8	Kolbalans i jordbruksmark på mineraljord _____	115
8.1	Beskrivning av åtgärden _____	117
8.1.1	Avgränsning av åtgärder _____	119
8.1.2	Omfattning av åtgärderna idag _____	120
8.2	Förutsättningar för åtgärden _____	121
8.2.1	Teoretisk potential _____	121
8.2.2	Teknisk potential _____	121
8.2.3	Övriga klimateffekter _____	124
8.2.4	Övriga miljöeffekter _____	125
8.2.5	Livsmedelsproduktion _____	125
8.2.6	Odlingstekniska aspekter _____	126
8.2.7	Företagsekonomisk lönsamhet _____	126
8.2.8	Prioriterade marker _____	126
8.3	Åtgärdens effekt på kolsänkan _____	126
8.3.1	Effekt ”i verkligheten”, för olika situationer t ex geografi _____	126
8.3.2	Metod för effektberäkning inom dagens klimatrapportering _____	128
8.3.3	Möjligt utvecklingsarbete _____	129
8.4	Uppföljning av åtgärden _____	129
8.4.1	Befintlig insamling av data kopplat till åtgärden _____	129

8.4.2	Vilka indata används och hur inom dagens klimatrapporering	129
8.4.3	Möjligt utvecklingsarbete	129
8.5	Additionalitet	129
8.6	Myndigheternas planering framåt	130
9	Biokol	133
9.1	Förutsättningar för åtgärden	133
9.1.1	Biokol i jordbruksmark	133
9.1.2	Biokol som tillsats i djurproduktion och foder	136
9.1.3	Företagsekonomisk lönsamhet	137
9.1.4	Övrig användning av biokol idag	137
9.2	Åtgärdens effekt på kolsänka	139
9.2.1	Kolinlagring	139
9.2.2	Biomassa till biokol	140
9.2.3	Biomassa från jordbruket till biokol	140
9.2.4	Metod för effektberäkning inom dagens klimatrapporering	141
9.3	Uppföljning av åtgärden	141
9.3.1	Möjligt utvecklingsarbete	141
9.4	Additionalitet av biokol i jordbruket	142
9.5	Myndigheternas planering framåt	142
9.5.1	Diskussion om möjlig styrning	142
10	Minskad förlust av kol vid exploatering av skogs- och jordbruksmark	144
10.1	Beskrivning av åtgärden	144
10.2	Förutsättningar för åtgärden	144
10.2.1	Potential	144
10.3	Åtgärdens effekt på kolsänka	145
10.3.1	Effekt för olika kategorier av mark	145
10.3.2	Metod för effektberäkning inom dagens klimatrapporering	147
10.3.3	Möjligt utvecklingsarbete	147
10.4	Uppföljning av åtgärden	148
10.4.1	Nulägesbeskrivning	148
10.4.2	Möjligt utvecklingsarbete	148
10.5	Additionalitet	148
10.6	Myndigheternas planering framåt	149
11	Slutsatser kring att följa och bokföra kompletterande åtgärder	150

11.1	Ramverk för att mäta/verifiera kolinlagring och avgång av växthusgaser _____	150
11.2	Underlag för prioritering och utvärdering på förhand _____	151
11.3	Tidsperspektiv, osäkerheter och effekter på andra samhällsmål 152	
11.4	Additionalitet _____	154
11.4.1	Marknadens påverkan gör det svårt att avgöra additionalitet 154	
11.4.2	En ansats som utgår från en helhetssyn har flera fördelar	155
11.4.3	Ansatsen att välja ut enstaka åtgärder kan skapa oönskade effekter _____	156
11.4.4	Vad som är lämpligt beror på sammanhanget _____	156
11.5	Potential och urval av kompletterande åtgärder i förhållande till klimatpolitiska vägvalsutredningens förslag _____	156
11.6	Slutsatser om åtgärder som kan redovisas som kompletterande åtgärder _____	163
12	Inriktning för att stärka genomförandet av åtgärder _____	164
12.1	Styrning för kolinlagring _____	164
12.1.1	Områdets tekniska karaktär innebär kommunikativa utmaningar _____	164
12.1.2	Dagens och framtida ekonomiska styrmedel _____	167
12.2	Kunskapsuppbyggnad _____	167
12.3	Kunskapsförmedling _____	168
13	Litteratur- och källförteckning _____	170
	Bilagor _____	182

Förord

Skogsstyrelsen och Jordbruksverket har haft i uppdrag att strategiskt planera arbetet för ökad kolsänka och att samråda med Naturvårdsverket och länsstyrelser vid genomförandet.

Ökat kolupptag och minskade utsläpp av växthusgaser från jord- och skogsbruk är viktiga delar av arbetet för att uppnå klimatmålen. Vissa åtgärder som påverkar kollagren i biomassa och mark kan potentiellt fungera som kompletterande åtgärder inom Sveriges klimatpolitiska ramverk. I rapporten sammanfattar vi de regelverk och andra förutsättningar som ramar in frågan om kompletterande åtgärder samt beskriver och analyserar ett urval av åtgärder inom uppdragets avgränsningar.

Vår förhoppning är att rapporten ska utgöra underlag för fortsatt arbete med att planera och utforma strategier för ökat upptag av kol och minskade utsläpp av växthusgaser inom markanvändningssektorn.

Vi riktar ett varmt tack till alla medarbetare och andra medverkande för stora arbetsinsatser och värdefulla bidrag. Vi vill särskilt tacka medverkande från Naturvårdsverket, länsstyrelserna och SLU för ett konstruktivt och värdefullt samarbete.

Jönköping 2022-11-17

Herman Sundqvist
Generaldirektör, Skogsstyrelsen

Christina Nordin
Generaldirektör, Jordbruksverket

Sammanfattning

Regeringen har gett Skogsstyrelsen och Jordbruksverket i uppdrag att strategiskt planera arbetet för ökad kolsänka. Uppdraget är inriktat på att minska avgången av växthusgaser från jord- och skogsbrukets organogena jordar och öka kolinlagringen i åker- och betesmark. Myndigheternas tolkning är att huvudsyftet med uppdraget är att bidra till att effekter av enskilda åtgärder på utsläpp och upptag av växthusgaser ska kunna utvärderas och dokumenteras vid uppföljning inom klimatpolitiken. Ett annat grundläggande syfte är att analysera hur det praktiska genomförandet av åtgärderna kan underlättas. Här ingår att klargöra vilka marker som lämpar sig bäst för åtgärderna.

När det gäller att mäta och följa kolbalansen för åtgärderna bedömer myndigheterna att den befintliga strukturen för arbetet med klimatrapporeringen även i fortsättningen bör vara grunden för detta. Det finns samtidigt behov av att utveckla metoderna som används för att få fram data till rapportering och att komplettera nuvarande metodik med fler datakällor där så anses nödvändigt för att i större utsträckning fånga effekter av vidtagna åtgärder.

Myndigheternas målsättning har varit att utveckla befintliga metoder för effektberäkning för respektive åtgärd och behovet av utveckling beskrivs under respektive åtgärdsavsnitt. Utvärdering på förhand av åtgärder görs i huvudsak med syfte att bidra med underlag inför beslut om exempelvis målnivåer eller styrmedel. Myndigheterna ser inte något behov av att skapa ett nytt ramverk för detta utan det mest naturliga är att använda och utveckla metoder inom befintliga processer inom miljömålssystemet och det klimatpolitiska ramverket.

Vid utvärdering på förhand bör man beakta sannolikheten för att en viss åtgärd ska få önskad effekt och om det finns osäkerheter som påverkar den. För att klimatnyttan ska bli bestående krävs att kollagren inte senare minskar igen, t.ex. genom att kol återgår till atmosfären på grund exempelvis brand, torka, storm, insektsskador eller patogener. Man bör också beakta om den önskade effekten av olika former av styrning i ett geografiskt område ger upphov till motsatt effekt i andra områden. Detta innebär att man bör ta hänsyn till om åtgärdens effekter kan vara bestående (permanens) samt risker för läckageeffekter vid utvärderingar i förhand av åtgärdernas potential.

Analyserade åtgärder

Med utgångspunkt i regeringsuppdraget och dess avgränsningar samt klimatpolitiska vägvalsutredningens betänkande har vi valt att behandla följande åtgärder.

Återvätning av dikade torvmarker. Myndigheterna uppskattar att minst 100 000 hektar dikad organogen skogsmark samt runt 10 000 hektar jord-

bruksmark kan bli tillgänglig för en önskvärd och ur klimatsynvinkel kostnadseffektiv aktiv återvätnings fram till 2045, genom återvätningsavtal med markägare, åtgärder i skyddade områden samt andra initiativ. Myndigheterna bedömer potentialen vad gäller minskad avgång av växthusgaser till 1 miljon ton koldioxidekvivalenter år 2045. Potentialen är avhängig hur markägarnas intresse utvecklas, samt hur behovet av framför allt jordbruksmark förändras över tid. En förutsättning för att återvätning ska kunna genomföras i denna skala är en stabil finansiering på i storleksordningen 250 miljoner kr per år och som fortgår under ca 20 år. Det finns metoder för att följa upp åtgärden samt att beräkna additionalitet. Det finns även en outredd potential för passiv återvätning i form av utebliven dikesrensning.

Återvätning ger möjlighet att skapa ett kollager med hög permanens och risken för läckageeffekter bedöms vara liten. Återvätning gör nytta för den biologiska mångfalden och kan ha positiva effekter för klimatanpassning.

Beskogning. Myndigheterna bedömer att den tillgängliga arealen för beskogning av nedlagd jordbruksmark ligger inom intervallet 100 000-300 000 hektar. Konservativa skattningar av potentialen för kolbindning kan utgå från en årlig beskogningstakt på 10 000 hektar i 20 år och tillväxtdata från den genomsnittskog som idag återfinns på tidigare jordbruksmark. Aktiv beskogning bedöms i genomsnitt kunna bidra med additionell kolinbindning motsvarande 0,2–0,4 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år till år 2045. Potentialen varierar mycket beroende på årlig beskogningsareal, trädslagsval, etablerat stamantal, samt markens bördighet och kollager. Vid konventionell beskogning ökar kolinbindningen per hektar snabbt efter ungsogsfasen och tillväxtökningen avstannar först ca 20–60 år senare, beroende på det aktuella trädslagets tillväxtrytm. Utökade ekonomiska stöd till markägare kommer krävas för att uppnå intensifierad beskogningstakt på tidigare jordbruksmark. Idag saknas systematisk uppföljning av åtgärden och sådan behöver utvecklas.

Beskogning av brukningsvärd jordbruksmark kan vara i konflikt med målsättningar om en ökad inhemsk livsmedelsproduktion. Övriga konflikter och synergier med andra samhällsmål beror i stor utsträckning på hur beskogningen genomförs vad gäller trädslagsval och trädens täthet. Genomtänkt trädplantering på tidigare jordbruksmark kan bidra till förstärkt konnektivitet och skapa förutsättningar för ökad biologisk mångfald. Åtgärden bedöms ha effekt under en relativt lång tid samt liten risk för utsläppsläckage. Samtidigt ställer pågående klimatförändringar krav på riskmedvetenhet och beredskap att hantera oväntade händelser såsom extremväder och angrepp av nya skadegörare.

Agroforestry: Att öka andelen träd och buskar i odlingslandskapet genom agroforestry kan på rätt plats bidra med många sidonyttor. Utifrån befintligt underlag finns det dock inget som talar för att arealen kommer att öka i en sådan omfattning att åtgärden kan bidra till klimatmålet. Det finns ingen uppföljning av åtgärden idag utan det kommer att krävas ett utvecklingsarbete.

Energiskog: Potentialen i areal är svårbedömd då marknadsförutsättningarna i dagsläget är mycket svåra. Arealen salix minskar idag medan hybridasp och poppel ökar i långsam takt. Åtgärden ökar markkolet i jordbruksmark och är möjlig att använda som kompletterande åtgärd då det finns metoder för att följa upp arealen.

Kolbalans i jordbrukets mineraljordar: Vägvalsutredningen inkluderar fång- och mellangrödor som en möjlig kompletterande åtgärd. I detta uppdrag inkluderar vi alla åtgärder som kan påverka markkolet i jordbruksmark och resonerar kring möjligheterna att inkludera dessa sammantaget som en kompletterande åtgärd. Syftet är att följa jordbruksmarkens status utifrån en helhet där exempelvis mellangrödor är en av många åtgärder som kan samspela för ett ökat kolinnehåll.

Åtgärden omfattar därmed all jordbruksmark på mineraljord. Vi bedömer att potentialen för ökad kolinlagring i mineraljord inom jordbruket uppgår till 0,8 miljoner ton koldioxidekvivalenter år 2045. Det finns uppföljning av vissa data men fortsatt utveckling behövs. Det finns synergieffekter genom att en ökad kolinlagring leder till förbättrad markbördighet vilket i sin tur leder till ökade skördar och ökad lönsamhet på lång sikt. Det finns därför starka mervärden för jordbruket med en ökad kolinlagring. Kol lagrat i mark bedöms ha högre permanens än inlagring i biomassa.

Biokol: Myndigheterna har inte bedömt potentialen. Det är en möjlig kompletterande åtgärd då kolet kan anses vara stabilt under lång tidsperiod, inte minst i jämförelse med andra träprodukter. För att biokol ska kunna inkluderas som en kompletterande åtgärd krävs det en ökad satsning på insamling av data.

Minskad förlust av kol vid exploatering av jord- och skogsbruksmark: Myndigheterna har inte bedömt potentialen. Om åtgärden att minska förlust av kol vid exploatering av skogs- och jordbruksmark ska kunna inkluderas som en kompletterande åtgärd behöver man kunna kvantifiera effekten av åtgärden. Vi bedömer att pågående utvecklingsarbete behöver fortsätta innan det går att bedöma om det är lämpligt att inkludera detta som kompletterande åtgärd.

Slutsatser om åtgärder som kan användas som kompletterande åtgärder och fortsatt arbete

Det klimatpolitiska ramverket anger att kompletterande åtgärder kan tillgodoräknas klimatmålen, exempelvis ökat nettoupptag i skog och mark. Fortsatt nettoupptag i sektorn som ändå hade uppstått ska inte räknas in. Med denna utgångspunkt beaktas olika perspektiv på begreppet additionalitet. I rapporten beskrivs om det går att särskilja effekten av att en åtgärd vidtas eller att ett styrmedel införs. I rapporten beskrivs även hur förändrat brukande och förändrad markanvändning kan redovisas utifrån nuvarande klimatrapportering som ser till hela sektorns kolinlagring och avgång av växthusgasser.

Myndigheterna anser det viktigt att de kompletterande åtgärderna sammantaget fångar sektorns effekt på avgång och upptag av växthusgaser från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF). Det ligger i linje med regelverk inom EU och Klimatkonventionen och kan underlätta omvärldens förståelse för rapporteringen. Det kan ge incitament till en bredd av klimatåtgärder i sektorn. Risken för läckage inom landet undviks, men kvarstår till andra länder.

Utifrån andra utgångspunkter kan det ha fördelar att använda enskilda åtgärder, exempelvis att kunna knyta effekten till ett visst styrmedel. Enskilda åtgärder kan också användas för att utforma etappmål eller indikatorer för arbetet med att öka kolsänkan. När styrmedel och andra insatser utformas är det viktigt att klimateffekten blir långsiktig och jämförbar med utsläppsminskningar i Sverige.

Vid utveckling av den nationella styrningen för kolinlagring inom exempelvis skogspolitiken, livsmedelsstrategin eller klimatpolitiken är det viktigt att beakta utvecklingen inom EU och att styrningen sammantaget blir konsistent. Samtidigt bör den nationella styrningen vara ändamålsenlig med hänsyn till det nationella klimatpolitiska ramverket och tillgodose de krav som är relevanta att ställa inom det.

Det är viktigt att strukturen med mål, uppföljning och effektutvärdering sammantaget är enkel att kommunicera och skapar motivation för markägare och andra verksamma inom sektorn att bidra till hög måluppfyllelse. Målstrukturen utgör även styrning för myndigheters verksamhet och planering.

Det finns stora behov av kunskapsuppbyggnad genom forskning och försöksverksamhet inom området. Jordbruksverket och Skogsstyrelsen har dock ingen nämnvärd rådighet över de befintliga forskningsanslagen.

Kunskapsförmedling till markägare och andra verksamma inom sektorn är viktiga styrmedel. Inom befintlig jordbrukspolitik finns det stora möjligheter med de satsningar som görs inom kompetensutveckling och rådgivning. Rådgivning kan vara ett effektivt styrmedel när det gäller att lyfta platsspecifika frågor som rör markbördighet, ökad kolinlagring och dess betydelse för markstruktur liksom dränering och minskad risk för markpackning.

Inom skogspolitiken kan rådgivning om klimatanpassning, minskade skogsskador och ökad variation i skogsbruket bidra till resilienta skogar. Detta tillsammans med hållbar tillväxt bör ha hög prioritet vid beslut om kommande satsningar på rådgivning och information. Insatserna bör samordnas så att de inriktas mot att både upprätthålla kolsänkor och värna den biologiska mångfalden och andra miljövärden. Vikten av fortsatt framgångsrik skogsbrandbekämpning för att minska skogsskador bör också framhållas.

1 Inledning

1.1 Uppdrag

Regeringen har uppdragit åt Skogsstyrelsen och Statens jordbruksverk¹:

” att strategiskt planera arbetet, inklusive att vidareutveckla metoder, för att minska avgången av växthusgaser från jord- och skogsbrukets organogena jordar och öka kolinlagringen i åker- och betesmark, som bidrar till negativa utsläpp av växthusgaser och kan bidra till kompletterande åtgärder i det klimatpolitiska ramverket.

Den strategiska planeringen ska omfatta:

- metodutveckling för åtgärder, kriterier och urval av lämpliga marker,
- utvärdering av åtgärdernas effekt på utsläpp och upptag av växthusgaser, och
- enhetlig dokumentation av utförda åtgärder som möjliggör uppföljning och underlag för klimatrapportering och redovisning gentemot riksdagen.

Arbetet syftar till att skapa ett administrativt ramverk som bidrar till att på ett transparent och robust sätt kunna mäta och verifiera minskad avgång av växthusgaser från jord- och skogsbrukets organogena jordar och ökad kolinlagring i åker- och betesmark. Ramverket ska utformas för att möjliggöra utvärderingar i förhand av åtgärder som underlag för prioritering mellan potentiella åtgärder.

Arbetet ska också omfatta utformningen av metoder för beräkning och bokföring av åtgärdernas effekter, så att de potentiellt kan redovisas som kompletterande åtgärder i det klimatpolitiska ramverket. Arbetet ska ta sin utgångspunkt i Klimatpolitiska vägvalsutredningens betänkande (SOU 2020:4), öka kunskapen och understödja vidareutveckling av respektive myndighets del i genomförandet av åtgärder som bidrar till att minska avgången av växthusgaser från jord- och skogsbrukets organogena jordar och öka kolinlagringen i åker- och betesmark.

Myndigheterna kan även vid behov föreslå kompletteringar eller justeringar av tidigare lämnade underlag rörande relevanta stöd. Utgångspunkt för komplettering och genomförande av åtgärder är att de finansieras inom befintliga ekonomiska ramar. I uppdraget ingår att beakta

¹ Regeringsbeslut N2021/01829 Uppdrag att strategiskt planera arbetet för ökad kolsänka, 2021-06-10

och beskriva synergier och konflikter med andra samhälls- och miljömål t.ex. åtgärder för vattenvägar och våtmarker, målen i livsmedelsstrategin, samt eftersträva samhällsekonomiskt effektiva åtgärder.

Myndigheterna ska för uppdragets genomförande samråda med Naturvårdsverket och berörda länsstyrelser. Skogsstyrelsen ska samordna redovisningen av uppdraget och redovisa till regeringen (Näringsdepartementet) senast den 1 december 2022.”

1.2 Syfte och avgränsningar

Skogsstyrelsen och Jordbruksverket har haft i uppdrag att strategiskt planera arbetet som kan bidra till kompletterande åtgärder enligt det klimatpolitiska ramverket. Vi har tolkat det som att det prioriterade huvudsyftet med uppdraget är att bidra till att enskilda åtgärder på bästa sätt ska kunna effektutvärderas samt dokumenteras inför uppföljning i ett klimatpolitiskt sammanhang. Ett annat viktigt syfte med vår redovisning är att analysera hur det praktiska genomförandet av åtgärder skulle kunna underlättas samt genomföras på bästa sätt, exempelvis genom att bidra till att bättre metoder vid genomförandet används eller belysa vilka aspekter av hållbarhet som måste beaktas i genomförandet eller vid utformning av styrmedel.

I denna redovisning av uppdraget beskriver vi därför nuläge och framtida möjliga utveckling när det gäller:

- utvärdering av åtgärdernas effekt på utsläpp och upptag av växthusgaser,
- regelbunden dokumentation av utförda åtgärder,
- metoder för praktiskt genomförande av åtgärder inklusive urval av lämpliga marker.

Detta sammantaget bör kunna motsvara det uppdraget kallar en strategisk planering.

Nedan beskriver vi tolkningar av övriga viktiga begrepp och myndigheternas avgränsningar.

1.2.1 Administrativt ramverk och bokföring av åtgärdernas effekter

I regeringsuppdraget anges att det syftar till att skapa ett administrativt ramverk som bidrar till att på ett transparent och robust sätt kunna mäta och verifiera minskad avgång av växthusgaser från jord- och skogsbrukets organogena jordar och ökad kolinlagring i åker- och betesmark. Ramverket ska utformas för att möjliggöra förhandsutvärderingar av åtgärder som underlag för prioritering mellan potentiella åtgärder. Arbetet ska också omfatta utformningen av metoder för beräkning och bokföring av åtgärdernas effekter, så att de potentiellt kan redovisas som kompletterande åtgärder i det klimatpolitiska ramverket.

Genomförandet av uppdraget har inriktats främst på att behandla de enskilda kompletterande åtgärderna vad gäller klimateffekt och dokumentation.

Vad gäller arbetet med utformningen av metoder för beräkning och bokföring av åtgärdernas effekter så har Naturvårdsverket fått följande uppdrag för 2022 ²:

”Naturvårdsverket ges i uppdrag att föreslå bokföringsmetoder för kompletterande åtgärder enligt det klimatpolitiska ramverket samt att föreslå hur redovisning och avräkning mot klimatmålen bör ske. Naturvårdsverket ska ta sin utgångspunkt i de regler som gäller för det klimatpolitiska ramverket samt beakta utvecklingen av regelverket inom EU och UNFCCC. Beträffande bokföringsmetoder för organogena jordar, åker och betesmark ska förslag samordnas med de som presenteras inom ramen för uppdraget N2021/01829. Arbetet ska ske i samverkan med Statens energimyndighet, Skogsstyrelsen, Statens jordbruksverk och Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). Uppdraget ska redovisas till Regeringskansliet (Miljödepartementet) senast 31 januari 2023.”

De båda uppdragen genomförs i nära samarbete och föreslagna bokföringsmetoder för organogena jordar, åker och betesmark ska samordnas i uppdragen.

1.2.2 Kompletterande åtgärder

I regeringsuppdraget används begreppet kompletterande åtgärder vilka bör kunna tillgodoräknas i enlighet med internationellt beslutade regler. Kompletterande åtgärder som är kända idag handlar om: ökat nettoupptag av växthusgaser i skog och mark, avskiljning, transport och lagring av koldioxid med biogent ursprung samt verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder.

I detta uppdrag ingår enbart åtgärder för ökat nettoupptag av växthusgaser i skog och mark. Begreppet kompletterande åtgärder och dess roll i det klimatpolitiska ramverket beskrivs utförligare i kapitel 2.

Systemavgränsningar angående bland annat geografiska skalor och tidsperspektiv vad gäller kolsänkor i skog och mark behandlas också i kapitel 2.

Vi har gjort ett urval av åtgärder som kan påverka kolbalansen i skog och mark i linje med uppdraget och dess avgränsningar. Urvalet beskrivs närmare i kapitel 3.

1.2.3 Avgränsning av åtgärder på skogsmark

I uppdragstexten anges att uppdraget omfattar arbetet med att ”minska avgången av växthusgaser från jord- och skogsbrukets organogena jordar och

² Regeringsbeslut M2021/01846. Regleringsbrev för budgetåret 2022 avseende Naturvårdsverket.

öka kolinlagringen i åker- och betesmark”. I linje härmed begränsar vi oss i den här redovisningen i huvudsak till organogena jordar vad beträffar skogsmark. Organogena jordar utmärks av ett högt innehåll av organiskt material. Här används organogen jord synonymt med torvmark vars definition är att 30 cm eller mer av markprofilens översta skikt utgörs av organiskt material.

På före detta åker- och betesmark förekommer ökad kolinlagring vid igenväxning och aktiv beskogning. Administrativt är det bara en mindre andel av sådan trädbärande jordbruksmark som omförs till skogsmark men på betydande arealer befinner sig markanvändningen i övergångsfas från jordbruk på väg mot skogsbruk. För tydlighets räkna vi all igenväxning av och beskogning på tidigare jordbruksmark som en samlad kolsänka oberoende av om denna kolsänka är på organogena jordar eller på mineraljordar.

På motsvarande sätt tas all skogsmark med i åtgärder för minskade utsläpp från exploatering av mark (för utbyggnad av infrastruktur mm).

För att få en mer komplett bild över möjliga kompletterande åtgärder på skogsmark har Skogsstyrelsen parallellt med uppdraget tagit fram rapporten *Översikt av åtgärder för ökad kolsänka i skogen*³, som utgör ett bredare kunskapsunderlag och även omfattar åtgärder på mineraljord utöver ovan nämnda undantag.

1.2.4 Styrmedel för ökad kolsänka

I uppdraget nämns att myndigheterna vid behov kan föreslå kompletteringar eller justeringar av tidigare lämnade underlag rörande relevanta stöd. I detta uppdrag lämnar vi inte förslag på nya eller förändrade styrmedel för ökad kolsänka utan hänvisar i stället till Jordbruksverkets redovisning av regeringsuppdraget om att ta fram underlag om EU:s gemensamma jordbrukspolitik (CAP) samt regeringsuppdraget om Näringslivets klimatomställning⁴.

1.3 Genomförande

Skogsstyrelsen och Jordbruksverket har genomfört uppdraget i nära samverkan. För de åtgärder som berör både skogsmark och åker- och betesmark har myndigheterna haft gemensamma arbetsgrupper där även Naturvårdsverket medverkat. Detta gäller beskogning av nedlagd jordbruksmark samt återvätning av dikade torvmarker. Skogsstyrelsen och Jordbruksverket ansvarar för slutsatserna i kapitel 11 och 12.

Länsstyrelsen i Kronobergs län har samordnat länsstyrelsernas insats. Detta har bland annat handlat om att ta fram underlag om länsstyrelsernas handläggning av ärenden som rör förändrad markanvändning vid beskogning av jordbruksmark samt skattningar av arealer som skulle kunna beskogas.

³ Skogsstyrelsen (2022). Översikt av åtgärder för ökad kolsänka i skogen. Rapport 2022/15.

⁴ Naturvårdsverket, Skogsstyrelsen och Jordbruksverket (2022). Förslag för ökade kolsänkor i skogs- och jordbrukssektorn. Underlagsrapport om LULUCF inom regeringsuppdraget om näringslivets klimatomställning. Reviderad. Rapport 7059. Augusti 2022.

Vad gäller åtgärden för minskad exploatering av jordbruks- och skogsmark har Boverket bidragit med underlag och synpunkter.

Projektet har gjort ett urval av kompletterande åtgärder i linje med uppdraget och dess avgränsningar. Urvalet beskrivs närmare i kapitel 3. För var och en av dessa kompletterande åtgärder har projektet sammanställt uppgifter samt utrett och beskrivit åtgärderna med utgångspunkt från de centrala frågeställningarna i regeringsuppdraget. Detta redovisas för respektive åtgärd i kapitel 4-10.

Projektet har också gjort egna analyser samt anlitat externa utförare (i de flesta fall SLU) som tagit fram underlag och utfört beräkningar och analyser enligt särskilda beställningar.

Projektet har träffat länsstyrelsernas landsbygdsdirektörer för att informera om och diskutera genomförandet av uppdraget⁵. En samlad informationsinsats rörande åtgärder som rör skogsmark har gjorts vid ett webinarium med ett 30-tal deltagare från skogsbruk, ideella organisationer, forskning och andra aktörer inom området⁶.

Uppdraget har genomförts i nära samverkan med Naturvårdsverkets uppdrag i 2022 års regleringsbrev⁷ om att föreslå bokföringsmetoder för kompletterande åtgärder enligt det klimatpolitiska ramverket samt föreslå hur redovisning och avräkning mot klimatmålen bör ske. Beträffande bokföringsmetoder för organogena jordar, åker och betesmark ska förslag samordnas med de som presenteras inom ramen för uppdraget att strategiskt planera arbetet för ökad kolsänka. Naturvårdsverket ska redovisa uppdraget till Regeringskansliet senast 31 januari 2023.

⁵ Digitalt möte med länsstyrelserna den 9 mars 2022.

⁶ Webinarium genomfördes den 5 maj 2022.

⁷ Regeringsbeslut M2021/01846. Regleringsbrev för budgetåret 2022 avseende Naturvårdsverket

2 Skog, skogsmark och jordbruksmark som kolsänka

Detta uppdrag rör ett antal åtgärder inom jord- och skogsbruk som potentiellt kan bidra som kompletterande åtgärder i Sveriges klimatpolitiska ramverk. Ramverket består bland annat av klimatmål. För att förstå hur Sveriges ramverk och dess mål förhåller sig till andra regelverk och styrning presenteras nedan en kort utblick av motsvarande reglering globalt och inom Europeiska unionen. Därefter följer en beskrivning av det svenska regelverket, klimatrapporteringens utformning och viktiga aspekter att ta hänsyn till (såsom additionalitet, beständighet, läckage, målkonflikter och synergier).

2.1 Klimatkonventionen och Parisavtalet

Den svenska skogen utgör en viktig beståndsdel i Sveriges bidrag till att minska klimatförändringarna i enlighet med Parisavtalet under Klimatkonventionen. Enligt avtalet ska den globala temperaturökningen hållas långt under 2°C över förindustriell nivå och planera för att begränsa temperaturökningen till 1,5°C⁸ ⁹. Ambitionerna ska ökas efter hand och dagens utlovade utsläppsminskningar är inte tillräckliga för att nå temperaturmålen.¹⁰ För att nå det långsiktiga temperaturmålet ska parterna sträva efter att nå kulmen för de globala utsläppen så snart som möjligt och därefter genomföra snabba minskningar för att uppnå en balans mellan antropogena utsläpp och upptag under andra hälften av seklet. De länder som har bäst förutsättningar ska gå före och minska utsläppen tidigare. Enligt Parisavtalets artikel 5 bör åtgärder vidtas för att bevara och förbättra sänkor och reservoarer för växthusgaser, inbegripet skogar.

2.2 Europeiska unionen

2.2.1 Klimatmål till 2030 och 2050

Den europeiska klimatlagen fastslår att EU ska bli klimatneutralt till år 2050, för att därefter uppnå negativa utsläpp. Målet innebär att utsläppen ska vara nettonoll för EU som helhet, primärt genom att minska utsläppen, investera i grön teknologi och skydda naturmiljön. Lagen strävar efter att alla EU:s policyer bidrar till målet och att alla ekonomins sektorer bidrar.

Av klimatneutralitetsmålet följde även att Europeiska unionen höjde ambitionen till år 2030 och etablerade en process för hur ett mål till 2040 ska tas fram. Till år 2030 ska utsläppen minska med minst 55 procent jämfört med 1990. Klimatlagen lyfter även behovet av att öka EU:s kolsänka genom en mer ambitiös LULUCF-förordning.

⁸ UNFCCC (2015). Paris Agreement, Article 2.1

⁹ UNFCCC (2021). Decision 1/CP.26 Glasgow Climate Pact, p.15-17

¹⁰ Miljömålsberedningen (2022). Sveriges globala klimatavtryck, sida 89. Regeringskansliet, Stockholm, 2022

2.2.2 LULUCF-förordning

Fram till år 2025 är målet att sänkor i respektive medlemsstat minst ska bibehållas. Enligt Europeiska kommissionens förslag till reviderad LULUCF-förordning ska EU till år 2030 uppnå en total kolsänka på 310 miljoner ton. Sveriges mål förväntas bli en *ökad* kolsänka till år 2030 med 4 MtCO_{2e} jämfört med perioden 2016-2018. Målet får uppnås med ökade nettoupptag inom hela LULUCF-sektorn. Tillgodoräknande mot klimatmålen inom EU sker enligt särskilda bokföringsregler. En efterlevnadsrapport tas fram för bedömning av politiken och åtgärderna, men ökade nettoupptag behöver inte kunna härledas till särskilda vidtagna klimatåtgärder.

2.2.3 Carbon farming och certifiering av upptag av växthusgaser

Europeiska kommissionen betonar vikten av att skapa incitament och affärsmodeller för att åstadkomma ökade koldioxidupptag i bland annat naturliga kolsänkor i ekosystem (carbon farming) för att nå EU:s mål om klimatneutralitet. I slutet av år 2022 planeras ett certifieringssystem presenteras för kolinlagringskrediter samt regelverk och stödfunktioner för att främja bland annat upptag.

Carbon Farming är en affärsmodell där markägare ska erhålla inkomster genom ökat upptag av koldioxid eller minskad avgång av koldioxid. Det ökade upptaget och inlagringen av kol kan ske i levande biomassa, dött organiskt material eller jord. Intäkterna kan komma från privata och offentliga aktörer som t.ex. vill finansiera klimatåtgärder och kompensera sina produkters eller sin verksamhets påverkan på klimatet (växthusgasutsläpp) genom att köpa kolinlagringskrediter.

Kommissionen nämner flera tänkbara åtgärder, exempelvis beskogning och återbeskogning, förbättrat hållbart skogsbruk, agroforestry, fånggrödor, täckgrödor, reducerad jordbearbetning, överföring från öppen odling till träda och permanent gräsmark samt återvätning av torrlagda våtmarker och torvmarker.

Kommissionens ambition är att alla markägare senast år 2028 ska ha tillgång till data om upptag och avgång av växthusgaser och att carbon farming ska öka kolsänkan med 42 MtCO_{2e} till år 2030.

2.2.4 Rättsakt om restaurering av natur

Kommissionen har presenterat ett förslag på en rättsakt om restaurering av natur¹¹. Särskilt fokus ligger på ekosystem som har högst potential när det gäller att fånga in och lagra koldioxid. Förslaget innehåller ett flertal bindande mål och skyldigheter för medlemsstaterna rörande restaurering av olika typer av ekosystem. Nationella restaureringsplaner ska utarbetas som beskriver mått, underlag för mål, hur målkonflikter hanteras, när restaureringsarbete ska genomföras med mera. Åtgärder som nämns är bland annat

¹¹ Europeiska kommissionen. Förslag till Europaparlamentets och Rådets förordning om restaurering av natur COM(2022) 304

återvätning av dikad torvmark, anläggande av skog intill vatten, diversifierad skogsstruktur, hyggesfritt skogsbruk, gynna naturskog och gammal skog, agroforestry och växtföljder.

Förslaget innehåller två delar med tydlig koppling till kolinlagring på jordbruksmark. Det första förslaget (Artikel 9.2b) innebär att man på nationell nivå ska nå en ökande trend för lagret av organiskt kol i mineraljordar på åkermark. Det andra förslaget (Artikel 9.4) är ett krav på restaureringsåtgärder på "organiska jordar som används inom jordbruket och som består av dikade torvmarker" fram till 2030, 2040 respektive 2050, där en ökande andel av arealen ska återvätas fram till 2050. Förslaget innehåller en viss flexibilitet för att även inkludera före detta torvtäcker och annan mark, exempelvis dikad torvmark i skogen.

Förslaget har även motsvarande artikel om restaurering av skogliga ekosystem (Artikel 10). Bland annat fastslås att medlemsstaterna ska ha en ökande trend för indikatorn om lager av organiskt kol fram till att en tillfredsställande nivå erhålls. Indikatorn omfattar organiskt kol i förna och i mineraljord.

2.2.5 Kommissionens markstrategi

Kommissionen presenterade i november 2021 ett meddelande med EU:s markstrategi för 2030. Den övergripande visionen är att till 2050 ska ekosystemen i jord och mark vara hälsosamma och resilienta. Kommissionen planerar att presentera en rättsakt om markhälsa under 2023. Ett markhälsodirektiv skulle enligt strategin kunna innehålla bestämmelser om medlemsländernas övervakning och rapportering om markens tillstånd samt definitioner av, och krav på, hållbar markförvaltning.

2.2.6 Kommissionens skogsstrategi

Europeiska kommissionen presenterade i juli 2021 meddelandet om EU:s nya skogsstrategi som sträcker sig fram till 2030. Kommissionen menar att pressen på EU:s skogar ökat påtagligt under de senaste åren till följd av klimatförändringar och mänsklig aktivitet. Målsättningar och åtgärder presenteras under sex rubriker, bland annat stöd för skogens socioekonomiska funktioner, skydd och restaurering av EU:s skogar samt större skogsarealer; strategisk övervakning, rapportering och datainsamling; samt forskning och utveckling.

Skogsstrategin lyfter bland annat fram insatser för att främja långlivade produkter, skydda EU:s sista kvarvarande "primary" och "old-growth forest", säkerställa skogsrestaurering och förstärkt hållbart skogsbruk för klimatanpassning och skogarnas motståndskraft, samt beskogning och återbeskogning av skogar med biologisk mångfald.

2.3 Sveriges klimatpolitiska ramverk

År 2017 antog Sverige ett klimatpolitiskt ramverk med klimatmål (Regeringskansliet 2017). Det långsiktiga målet är att senast år 2045 ska Sverige

inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, för att därefter uppnå negativa utsläpp. Målet innebär att utsläppen av växthusgaser från svenskt territorium ska vara minst 85 procent lägre år 2045 jämfört med utsläppen år 1990. I målen för utsläppen inom svenskt territorium ingår inte utsläpp och upptag från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF). De kvarvarande utsläppen ned till noll kan uppnås genom så kallade kompletterande åtgärder, där skogen ingår.

Därutöver har Sverige även etappmål till 2030 och 2040. Utsläpp av växthusgaser som omfattas av EU:s system för handel med utsläppsrätter är inte inkluderade i etappmålen.

Etappmålen är:

- Utsläppen år 2030 bör vara 63 procent lägre än utsläppen år 1990.
- Utsläppen år 2040 bör vara 75 procent lägre än utsläppen år 1990.

På motsvarande sätt som för det långsiktiga målet finns även möjlighet att nå delar av målen till år 2030 och 2040 genom kompletterande åtgärder. Sådana åtgärder får användas för att klara högst åtta respektive två procentenheter av utsläppsminskningsmålen år 2030 och 2040.

Kompletterande åtgärder kan tillgodoräknas i enlighet med internationellt beslutade regler. Dessa åtgärder kan även bidra till negativa nettoutsläpp efter 2045. De kompletterande åtgärder som är kända i dag handlar om:

- ökat nettoupptag av växthusgaser i skog och mark,
- verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder, samt,
- avskiljning och lagring av biogen koldioxid (bio-CCS).

2.4 Miljömålsberedningens förslag om strategisk planering

Miljömålsberedningen bedömde i sitt betänkande Med miljömålen i fokus – hållbar användning av mark och vatten¹² att för ”att Sverige ska kunna uppnå nationella mål och internationella åtaganden för minskad klimatpåverkan behöver utsläppen av växthusgaser från skogs- och jordbruksmark minska. För att skapa förutsättningar för detta behövs bättre kunskap om hur utsläppen av växthusgaser från organogena jordar kan minskas på ett effektivt sätt och metoder för ökad kolinlagring i åker och betesmark behöver utvecklas.” Miljömålsberedningen föreslog att Skogsstyrelsen och Statens jordbruksverk ska få ”i uppdrag att efter samråd med Naturvårdsverket genomföra en strategisk planering för arbetet med att minska avgången av

¹² Miljömålsberedningen (2014). Med miljömålen i fokus – hållbar användning av mark och vatten. Delbetänkande av Miljömålsberedningen. SOU 2014:50. Stockholm 2014.

växthusgaser från jord- och skogsbrukets organogena jordar och öka kolinlagringen i åker och betesmark.”

I betänkandets motivering beskrivs hur markanvändningssektorn i Sverige står för ett årligt nettoupptag och att sektorn är viktig eftersom upptaget motsvarar mellan hälften och två tredjedelar av de nationella utsläppen. Växande skog dominerar det sammanlagda upptaget av koldioxid, medan jordbruksmark och bebyggd mark står för större delen av utsläppen. Vidare betonas att de organogena jordarna inom jord- och skogsbruk är källor till utsläpp och att riktade åtgärder kan få stor klimateffekt. Vidare pekas på risken att naturens förmåga att ta upp koldioxid i mark och vegetation kommer att minska i framtiden och flera åtgärder i odlingslandskapet lyfts fram.

2.5 Klimatpolitiska vägvalsutredningens förslag

Den klimatpolitiska vägvalsutredningen föreslog att Sverige bör anta en strategi för att successivt bygga upp volymen kompletterande åtgärder¹³. Strategin föreslog en inriktning mot att Sverige ska åstadkomma kompletterande åtgärder som motsvarar minst 3,7 miljoner ton koldioxidekvivalenter till 2030, där LULUCF bidrar med ungefär 1,2 miljoner ton. Volymen kompletterande åtgärder föreslogs därefter successivt öka för att senast 2045 uppgå till minst 10,7 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år, där LULUCF bidrar med minst 2,7 miljoner ton.

Utredningen föreslog bland annat följande styrning och styrmedel för att ge incitament för ökad kolsänka och minskade utsläpp:

- Intensifierad rådgivning för åtgärder som leder till ökad kolinlagring på befintlig jordbruksmark och jordbruksmark som inte längre används för livsmedels- och foderproduktion, åtgärder som stärker flera värden i landskapet och möjligheten att nå flera miljömål.
- Se över utformning av åtgärder för att gynna kolinlagring på jordbruksmark inom landsbygdsprogrammet, t.ex. fånggrödor, mellangrödor och agroforestry.
- Se över stödformer för beskogning, det vill säga plantering av träd på jordbruksmark som tagits ur bruk, och för optimerad skötsel av självföryngrad skog på tidigare jordbruksmark.
- Utforma kriterier för vilken mark som är lämplig för agroforestry och vilka trädslag som är lämpligast.
- Utveckla kriterier för bedömning av olika återvätningsprojekt.
- Komplettera befintligt stöd för våtmarker inom landsbygdsprogrammet och lokala naturvårdssatsningen med ersättning till markägare

¹³ SOU 2020:4. Vägen till en klimatpositiv framtid.

för genomförande, underhåll och förlorat markvärde vid återvätning av dikad torvmark.

- Forskning och utveckling om dikningens och återvätningens effekter på växthusgasemissioner.
- Forskning och utveckling om hur skogsskador kan begränsas.
- Utredning av exploateringens klimatpåverkan och hur den kan begränsas.
- Bokföringsregler för åtgärder inom LULUCF-sektorn och utveckling av ett uppföljningssystem.
- Rådgivning om hållbara tillväxthöjande åtgärder, ökad naturhänsyn på produktiv skogsmark, skadeförebyggande åtgärder och klimatanpassade åtgärder med syfte att säkra kolsänka och virkesproduktion.
- Förstärkning av medel för att övervaka och bekämpa skadegörare.

Med hänsyn till andra samtida arbeten, exempelvis Skogsutredningen 2019 och Samverkansprocess skogsproduktion, avstod utredningen att föreslå åtgärder på skogsmark. Utredningen bedömde dock att föreslagna åtgärder för bevarande av biologisk mångfald från Skogsutredningen 2019 som bidrar till ökad kolinlagring bör komma till stånd så snart som möjligt och att Samverkansprocess skogsproduktion kommer leda till åtgärder som på sikt gynnar kolinlagringen.

2.6 Den svenska klimatrapporeringen

Sverige rapporterar och publicerar årligen nationell statistik för territoriella växthusgasutsläpp och koldioxidupptag. Rapporteringen sker under klimatkonventionen, Parisavtalet, inom EU och nationellt. Rapporteringen och de siffror som rapporteras följer de riktlinjer som överenskommit under Klimatkonventionen¹⁴, Parisavtalet^{15,16} och genom EU:s Styrningsförordning¹⁷. Riktlinjerna slår fast att beräkningarna ska ske utifrån IPCC:s metodriktlinjer och särskilt de från 2006¹⁸.

¹⁴ UNFCCC (2013) Decision 24/CP.19

¹⁵ UNFCCC (2016) Decision 18/CMA.1

¹⁶ UNFCCC (2018) Decision 1/CMA.3

¹⁷ Europaparlamentets och Rådets förordning (EU) 2018/1999 av den 11 december 2018 om styrningen av energiunionen och av klimatåtgärder samt om ändring av Europaparlamentets och rådets förordningar (EG) nr 663/2009 och (EG) nr 715/2009, Europaparlamentets och rådets direktiv 94/22/EG, 98/70/EG, 2009/31/EG, 2009/73/EG, 2010/31/EU, 2012/27/EU och 2013/30/EU samt rådets direktiv 2009/119/EG och (EU) 2015/652 och om upphävande av Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 525/2013 2018/1999/EU

¹⁸ IPCC (2006). [2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories — IPCC](#)

Riktlinjerna slår även fast att rapporteringen ska vara:

- transparent (så tydligt redovisad att man ska kunna följa hur beräkningarna gått till),
- korrekt (det ska varken vara en över, eller underskattning av utsläpp och upptag),
- konsistent (beräkningen av en tidsserie ska ske med samma metod och om detta ej är möjligt ska landet sträva efter att använda metoder som gör att det blir så konsistent som möjligt),
- jämförbar (de siffror som tas fram ska kunna jämföras över tid samt jämföras med andra länder som beräknar och rapporterar utifrån samma riktlinjer) och
- komplett (rapporteringen ska innehålla moment som riktlinjerna kräver och för utvecklade länder bör även så många ”bör-krav” som möjligt inkluderas).

2.6.1 Rapportering av LULUCF inom klimatrapporteringen

För klimatrapporteringen^{19,20,21} av markanvändningssektorn (LULUCF) handlar det i huvudsak om att redovisa utsläpp och upptag från brukad mark från 1990 och framåt för markkategorierna skogsmark, åkermark, betesmark, bebyggd mark, annan mark och våtmark. För dessa markkategorier redovisas nettot av utsläpp och upptag för kolpoolerna levande biomassa, dött organiskt material (död ved och förna) och markkol (mineral- och organogen jord).

Inom vissa ramar (fastställda genom IPCC:s riktlinjer) är det möjligt för länderna att själva definiera dessa markanvändningskategorier och kategoriers status som brukad eller obrukad mark. Sverige har valt att betrakta skogsmark, åkermark, betesmark och bebyggd mark som brukade kategorier medan annan mark och våtmark anses obrukade. En liten andel våtmark motsvarande den areal som används för torvbrytning anses dock brukad.

I rapporteringen redovisas nettot (tillväxt minus avgång) av alla kolpooler och för de olika kategorierna av markanvändning (t.ex. skogsmark) och förändrad markanvändning (t.ex. åkermark som blir skogsmark).

IPCC:s krav på spårbarhet ställer stora krav på underliggande data. Arealen brukad och obrukad mark ska överensstämma med all land- och sötvattensareal, arealer rapporteras för all mark. Den svenska Riksskogstaxeringens

¹⁹ Naturvårdsverket (2022). National Inventory Report Sweden 2022.

²⁰ Lundblad, M. et al. (2018). Sammanfattning av de metoder som används i Sveriges klimatrapportering av LULUCF-sektorn. Webbversion: [lulucf.pdf \(slu.se\)](https://www.slu.se/lulucf.pdf).

²¹ Naturvårdsverket (2022). Fördjupad analys av den svenska klimatomställningen 2021. Rapport 7014.

(RT) ca 30 000 permanenta provytor täcker all mark och sötvattensareal förutom fjällen och städer och är ryggraden i systemet som används för att kunna uppskatta markanvändning och förändrad markanvändning. Genom arealbaserade skattningar, där varje provytas areal representerar en större areal i landskapet, går det att på landsnivå skatta kolpoolsförändringar, utifrån det underlag som samlas in genom RT, matchade till markanvändning och förändrad markanvändning. RT:s underlag ligger till grund för uppskattningen av nettoförändringen i kolpoolerna levande biomassa, dött organiskt material och grov förna på markkategorierna skogsmark, betesmark och bebyggd mark. De 30 000 permanenta provytorna inventeras under en 5-årsperiod, ett omdrev, och varje år inventeras därmed 6000 provytor. Varje omdrev representerar hela landet.

Det andra stora underlaget som nyttjas är miljöövervakningsprogrammet Markinventeringen (MI). MI genomförs på ca 50 procent av RT:s permanenta provytor i en 10-årscykel. Det tar alltså 10 år innan alla provytor är återinventerade. Underlaget från denna inventering ligger till grund för uppskattningen av kolpoolsförändringar i mineraljord och finförna (markens humuslager) på skogsmark och betesmark.

Utsläppsberäkningen för organogen mark baseras på emissionsfaktorer som representerar utsläpp av växthusgaser per arealenhet för olika marktyper multiplicerat med total areal.

Mineraljordens årliga kolbalans på åkermark beräknas för åtta produktionsområden med modellsystemet ICBM-region²². För beräkningarna utnyttjas dagliga väderdata, årliga avkastningsvärden och stallgödselanvändning per region samt resultaten från en riksomfattande provtagning av kolhalt, textur med mera (den så kallade mark- och grödeinventeringen inom den nationella miljöövervakningen). Den genomsnittliga förändringen per hektar beräknas genom viktning av kolinnehållet per hektar och region och det totala kolinnehållet i mineraljorden beräknas genom att kolinnehållet per hektar multipliceras med arealskattningen för åkermark som görs i RT efter subtraktion av arealen organogen mark. Åkermarkens organogena jordars kolbalans beräknas genom att multiplicera en genomsnittlig emissionsfaktor för koldioxid med den totala arealen organogen jordbruksmark. Levande biomassa och död ved som förekommer på åkermark (kantzoner och åkerholmar med mera) uppskattas med hjälp av RT.

Utsläpp i kategorin våtmark (brukad våtmark) beräknas för den mark som används för uttag av energi- och odlingstörv med hjälp av emissionsfaktorer. Utsläppen från energitörven när den används (eldas upp) redovisas i energisektorn. För odlingstörv nyttjas en nedbrytningsfunktion för att skatta

²² Andrén, O., Kätterer, T., & Karlsson, T. (2004). ICBM regional model for estimations of dynamics of agricultural soil carbon pools. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 70, 231-239. Andrén, O., Kätterer, T., Karlsson, T., & Eriksson, J. (2008). Soil C balances in Swedish agricultural soils 1990-2004, with preliminary projections. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 81, 129-144.

den successiva avgången av koldioxid när torven bryts ner. Underlag om volym som tas ut och de nyttjade arealerna hämtades tidigare från SGU men ska framgent redovisas i företagens miljörapporter.

2.7 Särskilda förutsättningar för åtgärder inom jord- och skogsbruk

2.7.1 Systemavgränsningar och tidsperspektiv

Vilka systemavgränsningar och tidsperspektiv som tillämpas i analysen är ofta avgörande för bedömningen av respektive åtgärds påverkan på växthusgasbalansen. Åtgärder kan minska avgången eller öka upptaget av växthusgaser från mark eller levande biomassa. Åtgärder kan även bidra till minskade utsläpp i andra sektorer, när exempelvis biomassa används i stället för fossila bränslen eller cement.

Systemperspektivet kan bland annat diskuteras i relation till geografisk skala. Om man studerar ett enskilt bestånd i svensk skogsmark där uttag av stamved skett tar det i storleksordningen 50–150 år innan ny biomassa vuxit till som kan kompensera för uttaget. Studerar man däremot ett stort skogslandskap (en större fastighet eller hela Sveriges produktiva skogsmarksareal) med bestånd i olika ålder och där avverkning görs, men där avverkningen aldrig överstiger tillväxten på landskapsnivå, går det också att betrakta det som att en tillväxt av ny biomassa kontinuerligt sker som kompenserar för uttaget. Om det på landskapsnivå kontinuerligt sker en tillväxt, kan man se det som att landskapet även på kort sikt (enskilda år) kompenserar för de avverkningar som görs. Den rumsliga avgränsningen har alltså betydelse för vilket tidsperspektiv som blir mest relevant.

Systemgränser har även konsekvenser för problemet med utsläppsläckage. Om en viss areal mark används i syfte att öka kollagret finns det risk att den ekonomiska aktivitet som tidigare skedde på denna mark skiftar till ett annat område. Det uppstår således ett läckage, där hela klimatnyttan av en åtgärd inte realiserar om den negativa klimatpåverkan flyttar till ett annat område. Läckage kan uppstå både inom ett land och mellan länder, beroende på hur regelverk och styrmedel utformas.

Tidsperspektivet är relevant och bör relateras till det klimatpolitiska ramverkets klimatmål på kort och lång sikt. Olika åtgärder kan ha potential på olika lång sikt. Åtgärder som tar längre tid innan de ger en större effekt bör således implementeras i närtid för att kunna bidra i större utsträckning till Sveriges långsiktiga klimatmål till 2045.

2.7.2 Additionalitet enligt olika bokföringsregler

För respektive åtgärd som analyseras inom uppdraget beskrivs i vilken utsträckning som åtgärden kan bedömas vara additionell och därmed åstadkomma ökade upptag eller minskad avgång av växthusgaser som inte hade inträffat om åtgärden inte hade implementerats. Vissa åtgärder kan vara lättare att bedöma, exempelvis åtgärder som vidtas för att aktivt beskoga områden som inte sedan tidigare är trädbevuxna. Det går dock att diskutera

huruvida en passiv beskogning, det vill säga en naturlig igenväxning av jordbruksmark som inte längre brukas, som inte åstadkoms till följd av ett styrmedel eller statlig åtgärd, bör betraktas som additionell. Passiv beskogning sker då inte till följd av ytterligare åtgärder, det vill säga utöver de åtgärder som redan genomförs. Å andra sidan kan passiv beskogning vara resultatet av att styrmedel tas bort, exempelvis om viss verksamhet i jordbruket inte längre är stödberättigad.

Den additionella effekten av ytterligare insatser för att minska skogsskador är svår att bedöma eftersom skogsbruket redan idag arbetar för att undvika skador. För att bedöma en sådan effekt kan kontrafaktiska scenarier behöva konstrueras baserat på antaganden om skogens utveckling.

Det finns dock andra perspektiv på begreppet additionalitet som inte utgår från att bedöma effekten av respektive åtgärd separat. I stället anläggs en helhetssyn på sektorn för att hantera effekten av bland annat förändrad markanvändning och förändrat brukande. Ett sådant synsätt kan vara fördelaktigt för att hantera exempelvis effekten av växtföljder i jordbruket. Helhetsperspektivet till trots har detta synsätt dock ofta resulterat i en intern uppdelning av sektorn där olika bokföringsregler appliceras beroende på vilken markanvändning som betraktas.

I olika internationella och regionala klimatregelverk används disparata ansatser för att skapa en referenspunkt mot vilka ökade upptag och minskade utsläpp av växthusgaser kan mätas. Denna referens kan exempelvis vara noll, baseras på nettoutsläppet för ett enskilt år, baseras på ett genomsnitt för ett flertal år, eller ett scenario över hur nettoutsläppen utvecklas i framtiden baserat på en rad antaganden och modellering.

Inom Kyotoprotokollet och i EU-lagstiftning har bokföringsmetoder utvecklats för att konstruera en skoglig referensnivå för brukad skogsmark, genom ett scenario som tar hänsyn till bland annat skogens åldersklassfördelning, skogstillväxt, skötselmetoder och avverkningsnivå. Vad som sedan kan tillgodoräknas mot de nationella klimatmålen kan därefter beräknas med hänsyn till uppmätta upptag och utsläpp av växthusgaser, referensnivån och beslutade regler för uppföljning. Denna metod tar inte hänsyn till additionaliteten för respektive enskild åtgärd, utan består av ett samlat resultat för en markkategori (såsom brukad skogsmark) på nationell nivå.

I exemplet ovan med passiv beskogning redovisas det som ett upptag av koldioxid till följd av förändrad markanvändning under en period, för att på sikt (efter 20 eller 30 år beroende på vilket regelverk) övergå till kategorin brukad skogsmark. Effekten på växthusgasbalansen redovisas med andra ord utan att frågan om additionalitet behöver fastställas. I exemplet med åtgärder för minskade skogsskador redovisas detta samlat med hela nettoupptaget på brukad skogsmark. Den additionella effekten av åtgärder för minskade skogsskador behöver inte fastställas.

2.7.3 Permanens eller beständighet

Åtgärder som minskar avgång eller ökar upptag av koldioxid resulterar i ökade förråd av kol i biomassa och/eller mark. För att klimatnyttan ska bli bestående krävs att förråden inte minskar, t.ex. genom att kol återgår till atmosfären på grund av skador, som exempelvis brand, torka, storm eller insektsskador eller patogener. Det krävs också att själva den förändrade markanvändningen blir permanent – att framtida generationer också ska välja den, före att gå tillbaka till en som mer liknar den som föregick förändringen. När skog avverkas lagras en delmängd av kolet i den avverkade biomassan in i produkter under en tid innan även det som koldioxid återgår till atmosfären när produkterna kasseras. Om användningen av trä ökar i samhället kan också själva lagret i träprodukterna öka något, och tvärtom om användningen minskar.

Återvätning är en åtgärd som minskar en nettoavgång av växthusgaser, den som uppstått till följd av dikningens torvnedbrytande effekt. Kollagret i en våt torvmark ligger relativt säkert i marken, men kan påverkas av en torrperiod. Återvätning är därför en åtgärd med relativt hög permanens. Dessutom minskar risken påtagligt för torvbrand som följd av skogsbrand när torven återväts.

Produktion på jordbruksmark kan också påverkas av exempelvis extremväder och skadegörare. Om produktionen minskar tillförs mindre organiskt material till marken i form av skörderester vilket leder till att inlagringen minskar. Det är dock inte givet att permanensen av tidigare åtgärder hotas då det endast är markkolet i jordbruksmark som bokförs och inte den ovanjordiska biomassan. Det är mycket svårt att påverka det stora lagret i mark i någon större utsträckning om inte markanvändningen ändras. Ändrade grödoval samt ändrade brukningsmetoder kan påverka i viss mån men effekterna beror i stor utsträckning på lokala förutsättningar och är oftast inte generella. Exempelvis diskuteras ofta plöjningens påverkan på koldioxidavgången och där är forskningens slutsatser gällande effekten av åtgärden i vårt klimat inte entydiga.²³

Åtgärder i sektorn bör beakta permanens hos de ökade kollager som skapas och hur riskerna med bristande beständighet kan minskas. Åtgärder med högre permanens bör främjas. Sveriges klimatmål till år 2030, 2040, 2045 och därefter ska beaktas.

2.7.4 Emissionsläckage

Läckage inträffar när den önskade effekten av olika former av styrning i ett geografiskt område ger upphov till motsatt effekt i andra områden. Det kan röra sig om ett utsläppsläckage (koldioxidläckage) där utsläppen från ett

²³ Kätterer, Börjesson och Bolinder (2020). *Odlingssystemens effekter på kolinlagring i jordbruksmark*. Vallkonferens 2020. 4-5 februari 2020, Uppsala.

land med klimatpolitiska styrmedel förskjuts till länder med mindre stringent klimatpolitik.²⁴

En relativt stringent klimatpolitik i ett land innebär generellt ökade produktionskostnader. De högre produktionskostnaderna medför en lägre internationell konkurrenskraft som innebär att företag förlorar marknadsandelar både på exportmarknader och på hemmamarknaden. Företag i andra länder, som inte omfattas av klimatpolitiken, får komparativa fördelar och kan öka sin produktion. Alternativt kan företag som drabbas av klimatpolitiken geografiskt flytta sin produktion till länder utanför klimatpolitikens räckvidd. Produktionen minskar därmed i landet med stringent klimatpolitik och ökar i landet med relativt mindre stringent klimatpolitik. I båda fallen reduceras effekten av det klimatpolitiska styrmedlet, det uppstår en skillnad mellan bruttoeffekten (det som händer inom landet) och nettoeffekt (det som händer inom landet minus läckaget). För måluppfyllelse och kostnadseffektivitet är det viktigt att utgå från nettoeffekten.

Läckage kan uppstå som en följd av styrmedel och åtgärder inom ett land eller mellan länder och regioner. Om klimatpolitiken som företagen möter är lika stringent vid alla geografiska områden blir diskussionen om läckage irrelevant. Styrmedel kan även införas för att internalisera skillnaden i klimatpåverkan från produktion i olika områden.²⁵

Det kan också röra sig om ett avverkningsläckage där ett utökat skogsskydd förskjuter avverkningen till andra regioner. Målet med att utöka arealen skyddade skogar behöver inte vara en klimatpolitisk åtgärd. Det kan i stället vara riktat mot andra ekosystemtjänster, som ökad biodiversitet. Men även i dessa fall kan påverkan på växthusgasbalansen beräknas genom att analysera nettoförändringen av kolinlagringen i de skyddade skogarna i förhållande till den potentiella avverkningsökningen i andra regioner.

Om bortfallet i den nationella produktionen av vidtagna åtgärder kan kompenseras genom ökad produktion på andra områden inom landet kan läckaget minskas. Samtidiga styrmedel för att minska efterfrågan är ytterligare medel för att minska läckageeffekten. Åtgärder i sektorn bör beakta eventuellt emissionsläckage och ansatser för att minimera dessa för största möjliga effekt.

2.8 Målkonflikter och synergier

Förutom att ingå bland kompletterande åtgärder inom det klimatpolitiska ramverket kan jord- och skogsbruk även påverka andra samhällsmål (t.ex. livsmedelsproduktion och biologisk mångfald). Åtgärderna inom jord- och skogsbruk kan också göras på olika mer eller mindre lämpliga platser och utföras på olika sätt som gynnar eller missgynnar olika intressen. I det här avsnittet diskuterar vi målkonflikter och synergier med andra samhällsmål

²⁴ Lundmark, R. (2022) *Läckageeffekter från skog och skogsbruk.(arbetsversion)*.

²⁵ Se exempelvis Europeiska kommissionens förslag till Gränsjusteringsmekanism för koldioxid (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM).

på en övergripande nivå. Mer specifika diskussioner finns i avsnitten för enskilda åtgärder.

2.8.1 Exploatering och förändrad markanvändning

2.8.1.1 Omvandling av skog till jordbruksmark

Nyodling sker i begränsad utsträckning och leder troligtvis till en minskad kolinlagring då skog ersätts av jordbruksgrödor. Syftet är oftast en ökad livsmedelsproduktion genom ökad foderareal eller en mer rationell betesdrift.

2.8.1.2 Beskogning av jordbruksmark

Beskogning av nedlagd jordbruksmark kan ha negativ påverkan på biologisk mångfald, kulturmiljöer och landskapsbild. Hur omfattande påverkan blir beror till stor del på hur och var åtgärderna genomförs. Det gäller bland annat trädslagsval och hur tätt träden står. Genom att anpassa trädslagsval, markberedning, trädens täthet och lokalisering så kan beskogning även medföra synergieffekter för olika miljövärden.

Trots de oftast klimatomfattiga, företagsekonomiska och skogsindustriella fördelarna med beskogning begränsas genomförbarheten av att landskapsvärden kan försämrats. Detta diskuteras mer utförligt i avsnitten om beskogning av nedlagd jordbruksmark, energiskog och agroforestry.

2.8.1.3 Exploatering av skogs- och jordbruksmark

Omvandling av skogs- och jordbruksmark till bebyggd mark (byggnader och infrastruktur) kan innebära en förlust av kolförråd i träd, vegetation och mark. Åtgärden handlar om att genom planering minska sådana förluster. Hur mycket av kolförrådet som förloras är dock beroende av vilken form av exploatering som sker. Vid planering av exploatering behöver många olika intressen vägas in. I slutändan kan man välja ett alternativ som innebär en större förlust av kol, helt enkelt för att andra intressen bedöms väga tyngre. Ett exempel är att välja att exploatera skogsmark (med ett större förråd av kol) framför jordbruksmark, för att man prioriterar livsmedelsproduktion.

2.8.2 Återvätning av dikade torvmarker

Återvätning av dikade torvmarker kan medföra synergieffekter för biologisk mångfald och för landskapsbild beroende på bland annat vilka objekt återvätning genomförs på. Återvätning med klimatomfattiga bör i första hand utföras på näringsrika dikade torvmarker i södra Sverige och där kan man också ofta förvänta sig en positiv effekt på biologisk mångfald av åtgärden.

På jordbruksmark finns en intressekonflikt mellan ökad nationell produktion av livsmedel och återvätning.

På skogsmark förväntas återvätning ofta leda till en något lägre virkesproduktion och en trädslagsblandning med större inslag av löv.

Återvätning kan i vissa fall påverka vattentillgången i grundvatten och nedströms vattendrag under torrperioder och minska risken för svårsläckta torvbränder i samband med skogsbrand.

2.8.3 Andra åtgärder på skogsmark

De åtgärder som omfattas av uppdraget och berör skogsmark kan leda till såväl målkonflikter som synergier med andra samhällsmål vilket beskrivits ovan.

Förutom de åtgärder som ingår i detta uppdrag finns en rad åtgärder som skulle kunna vara möjliga i skogsmark på mineraljordar. Skogsstyrelsen har belyst möjliga åtgärder i en separat rapport, *Översikt av åtgärder för ökad kolsänka i skogen*²⁶. Rapporten innehåller en sammanställning av flera skogliga åtgärder som inte omfattas av detta uppdrag och redogör även för eventuella målkonflikter och synergier med andra miljö- och samhällsmål.

2.8.4 Åtgärder på jordbruksmark

En viktig målkonflikt på jordbruksmark handlar om förhållandet mellan livsmedelsproduktion och kolinlagring samt utsläppsminskning. Åtgärder som gynnar kolinlagring och minskar utsläppen kan leda till minskad livsmedelsproduktion på marken. En generell prioritering av kolinlagringsåtgärder kan därför leda till en minskad livsmedelsproduktion och minskad areal jordbruksmark.

2.8.4.1 Behålla, öka eller minska arealen?

Det finns ingen politisk målsättning om att behålla befintlig areal åkermark men det finns tydliga politiska viljeyttringar om vikten av att bibehålla och öka den svenska livsmedelsproduktionen. De framtidsanalyser som har gjorts har både kommit fram till att det krävs en ökad areal åkermark²⁷ och också det motsatta, genom att en mer effektiv produktion leder till högre livsmedelsproduktion på mindre yta²⁸. Uppskattningar av den globala livsmedelsförsörjningen pekar på stora framtida behov av livsmedelsproduktion på nordliga breddgrader, inte minst utifrån effekter av klimatförändringarna. Utöver detta så kan en minskad svensk produktion av livsmedel leda till minskad miljöbelastning i Sverige, men om produktionen flyttar utomlands innebär det att även utsläppen av växthusgaser flyttar utomlands. För närvarande utreds också en svensk livsmedelsberedskap som ska trygga försörj-

²⁶ Skogsstyrelsen 2022. Översikt av åtgärder för ökad kolsänka i skogen. Rapport 2022/15.

²⁷ T.ex. SOU (2015). *Attraktiv, innovativ och hållbar – strategi för en konkurrenskraftig jordbruks- och trädgårdsnäring*. Slutbetänkande av Konkurrenskraftsutredningen. Stockholm 2015. SOU 2015:15

²⁸ Naturvårdsverket och Jordbruksverket (2019). Minskade utsläpp av växthusgaser från jordbruket med ökad produktion? Scenarier till 2045 för utsläpp och upptag av växthusgaser inom jordbrukssektorn.

ningen vid en kris som innebär att logistikflödena med omvärlden är begränsade.²⁹ Det finns därför många anledningar till att räkna med en viss försiktighet på hur mycket överbliven jordbruksmark som kan tas i anspråk för andra syften än livsmedelsproduktion, särskilt i ett längre tidsperspektiv.

När det gäller naturbetesmark är det i princip omöjligt att nå målen för biologisk mångfald om arealen minskar ytterligare. Det finns heller inga åtgärder som kan öka inlagringen av markkol i svenska naturbetesmarker, t.ex. tillförsel av näring, utan att ha en stor negativ påverkan på den biologiska mångfalden. Eftersom svenska betesmarker redan har relativt stora mängder kol inbundet i marken finns det därför anledning att inrikta arbetet på att behålla markerna i drift och på det sättet bevara existerande kolförråd.

2.8.4.2 Behålla och öka kolet på befintlig areal

Att undvika exploatering samt behålla naturbetesmarker i drift är exempel på där det finns synergier mellan kolinlagringsåtgärder, livsmedelsproduktion och andra miljömål. Att bibehålla markens produktionsförmåga genom markvård är en annan. Syftet med god markvård är att bibehålla jordarnas produktionsförmåga och att minimera negativ miljöpåverkan. Organiskt kol är den viktigaste faktorn för markkvalitet och bördighet. Det finns också ett linjärt förhållande mellan avkastning och summan av den koldioxid som binds in som kol i växter och rötter.³⁰ En hög skörd är alltså bra för framtida kolinlagring – samtidigt som det befintliga kolet är viktigt för den nuvarande bördigheten.

Viktiga åtgärder för markvård är en god dränering och arbete för att minimera markpackning och erosion. Där det är lämpligt kan även strukturkalkning eller bevattning stärka markkvalitén. Växtföljder och grödval kan också påverka, exempelvis är det positivt för den långsiktiga bördigheten och kolinlagringen att odla fleråriga grödor som vall, fånggrödor och mellangrödor mellan skörd och sådd av huvudgrödan. I ett nationellt perspektiv är det den relativa fördelningen mellan vall och ettåriga grödor som styr kolförråden i svensk åkermark. För att inte förlora det kol som redan är bundet bör en stor del av denna areal fortsatt användas för vallodling. Det finns risk att vallodlingen minskar i framtiden på grund av bristande lönsamhet. Ur ett samhällsekonomiskt perspektiv är det viktigt att den vall som odlas även används och inte enbart odlas för kolinlagring. De verksamheter som behöver vall i dagsläget är företag med nöt- och hästdjur. I framtiden kan efterfrågan från biogasanläggningar öka samt från bioraffinaderier som producerar foder och andra produkter av vällen.

I betesmark är det i huvudsak möjligt att öka kolet ovan jord. Här lyfts ofta agroforestry upp som en aktuell åtgärd då fler träd eller buskar i betesmarker kan bidra till positiva effekter på biologisk mångfald och ge djuren

²⁹ Regeringen (2022). *Kommittédirektiv – En ny livsmedelsberedskap*. Direktiv 2022:33

³⁰ Bolinder, M., Freeman, M., Kätterer, T. (2017). Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet: Sveriges lantbruksuniversitet.

skugga vid höga temperaturer. Å andra sidan kan fodervärdet minska i betesmarken om gräs ersätts av träd och buskar.

3 Urval av åtgärder inom uppdraget

Ett flertal åtgärder inom jord- och skogsbruk kan öka kolinlagringen i mark och biomassa samt minska avgången av växthusgaser från marken. Med utgångspunkt i regeringsuppdraget och dess avgränsningar samt klimatpolitiska vägvalsutredningens betänkande har myndigheterna gjort ett urval av åtgärder.

Åtgärdernas potentiella effekt för ökat kolupptag och minskad avgång av växthusgaser samt att det finns tillräckligt stöd i befintlig kunskap för att påvisa orsakssamband och effekter, har varit avgörande för urvalet.

3.1 Åtgärder som berör både skogs- och jordbruksmark

3.1.1 Återvätning av dikad torvmark

Åtgärden kan avse både jordbruksmark och skogsmark. Åtgärden redovisas av klimatpolitiska vägvalsutredningen med en bedömd omfattning av ca 110 000 hektar sammanlagt. Totalt finns det en dryg miljon hektar dikad torvmark i landet varav 0,9 miljoner hektar på skogsmark och 0,16 miljoner hektar på jordbruksmark.

3.1.2 Beskogning av åker- och betesmark

Åtgärden kan avse både tidigare nedlagd jordbruksmark och sådan mark som nu får förändrad markanvändning. Åtgärden redovisas av klimatpolitiska vägvalsutredningen med en bedömd omfattning av aktiv beskogning på ca 100 000 hektar. Till detta kom 50 000 hektar passiv beskogning.

3.1.3 Minskad förlust av kol vid exploateringen av skogs- och jordbruksmark för utbyggnad av infrastruktur mm

Åtgärden lyfts fram av klimatpolitiska vägvalsutredningen som ett möjligt sätt att minska avgången av koldioxid.

3.2 Andra åtgärder på skogsmark

Med utgångspunkt i avgränsningarna av uppdraget har åtgärder som främst berör skogsmark på mineraljord inte tagits med i redovisningen. Parallellt med genomförandet av uppdraget har Skogsstyrelsen tagit fram rapporten *Översikt av åtgärder för ökad kolsänka i skogen*³¹ som utgör ett bredare kunskapsunderlag och som även omfattar åtgärder på mineraljord i skogen.

Skogsstyrelsens bedömning är att uppdraget bör inriktas på de åtgärder som framgår av 3.1 ovan, bland annat på grund av att underlagen är otillräckliga för att utvärdera ytterligare åtgärder specifikt avseende organogena jordar.

³¹ Skogsstyrelsen 2022. Översikt av åtgärder för ökad kolsänka i skogen. Rapport 2022/15.

3.3 Andra åtgärder på jordbruksmark

Åtgärder på jordbruksmark kan inkludera åtgärder både på mineral- och organogen jord samt åtgärder som ökar kolhalten i jord och/eller ovan jord genom inbindning i växtlighet.

3.3.1 Kolbalans i mineraljord på jordbruksmark

Som beskrivits ovan i avsnittet om målkonflikter och synergier finns det synergier mellan markvård och kolinlagring. Klimatpolitiska vägvalsutredningen lyfter dock inte fram erkända åtgärder för ökad kolinlagring inom markvårdsområdet såsom minskad markpackning, växtföljder eller vallodling. Vi gör bedömningen att utredningen kommit till denna slutsats för att det dels är åtgärder som berör en stor areal och därmed kan påverka livsmedelsproduktionen i för stor utsträckning. Det kan också vara svårt att allokerera förändringar i mineraljordens kolbalans utifrån enskilda markvårdande åtgärder och det kan därför vara svårt att bedöma additionaliteten.

Utredningen inkluderar dock fång- och mellangrödor som en möjlig kompletterande åtgärd och bedöms kunna öka till 400 000 hektar. Den blir därmed den åtgärd inom jordbruket som har störst potential i deras förslag till strategi. Vi anser att det är mer lämpligt att följa jordbruksmarkens status utifrån en helhet där exempelvis mellangrödor är en av många åtgärder som kan samspela för ett ökat kolinnehåll. I detta uppdrag inkluderar vi både åtgärder för markvård och fång- och mellangrödor i avsnitt 8 där vi resonerar kring möjligheterna att inkludera detta som en kompletterande åtgärd.

En åtgärd som ofta diskuteras för att öka nettoinlagringen av kol är minskad jordbearbetning, antingen genom direktsådd (ingen jordbearbetning) eller genom minskad jordbearbetning. Vi inkluderar inte minskad jordbearbetning i detta uppdrag. Enligt studier ökar yttlig jordbearbetning inlagringen av kol i översta lagret, medan kolinnehållet i djupare lager minskar med motsvarande siffra.³² Potentialen av att öka inlagringen av kol genom minskad jordbearbetning har visat sig vara stor baserat på fältförsök i Nordamerika men potentialen bedöms vara lägre under svenska förhållanden.³³

3.3.2 Energiskog

Energiskog lyfts fram av klimatpolitiska vägvalsutredningen som en potentiell åtgärd för att öka kolsänkan. Potentialen lyfts även fram i behovsstudier som är framtagna som underlag för de europeiska klimatmålen. Dels som råvara till energiproduktion, dels till bio-CCS (avskiljning, transport och lagring av koldioxid från biomassa) och dels för förmågan att binda in kol i jordbruksmark. Även svenska behovsstudier för energiskog som råvara till förnybar energi kommer fram till en realistisk potential på 10 procent av

³² Meurer KHE, Haddaway NR, Bolinder MA, Kätterer T (2018): Tillage intensity affects total SOC stocks in boreo-temperate regions only in the topsoil – A systematic review using an ESM approach. *Earth-Science Reviews* 177, 613 – 622.

³³ Kätterer, T., Bolinder, M., Berglund, K., Kirchmann, H. (2012). Strategies for carbon Sequestration in agricultural soils in northern Europe. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A- Animal Science*, 62(4), 181-198.

jordbruksmarken.^{34 35 36} Areal som bedömdes rimlig av vägvalsutredningen är lägre och ligger på 40 000 hektar.

3.3.3 Agroforestry

Agroforestry är ett internationellt mycket omtalat odlingsbegrepp och lyfts fram av kommissionen inom carbon farming. Begreppet syftar på odling där träd och jordbruksgrödor kombineras, vilket kan vara ett sätt att öka kollagret på jordbruksmarken. En viktig utvecklingsåtgärd är att definiera begreppet. Utgångspunkten för kommissionen är troligen träd som ger någon form av skörd på jordbruksmark som går att plöja vilket är vanligt i sydeuropeiska system där träd och betesmarker är kombinerade. En viss del av de befintliga trädbeklädda betesmarkerna i Sverige kan i ett internationellt perspektiv ses som agroforestry, även om syftet med träden inte är att avverka dem. I Sverige är träden på betesmarkerna oftast för naturvård utan någon form av produktion i trädskiktet. Den klimatpolitiska vägvalsutredningen bedömer att agroforestry kan tillämpas på 50 000 hektar till 2045.

3.3.4 Biokol

I den klimatpolitiska vägvalsutredningen lyfts behovet av metod- och mätutveckling kring biokol fram som en förutsättning för att metoden ska kunna användas i större skala som klimatåtgärd. Detsamma gäller Energimyndighetens delrapport kring stödsystem för bio-CCS (M2021/00822). På grund av osäkerheter kring åtgärden saknas kvalificerade potentialbedömningar i Sverige. I den danska klimatstrategin pekas produktion av biokol ut som en tänkbart viktig klimatåtgärd.

3.3.5 Odlingståtgärder på organogen jordbruksmark

All organogen jordbruksmark är inte praktiskt möjlig att återväta.³⁷ Utsläppen från organogena jordar är dock stora och det är därför viktigt att undersöka alternativ till återvätning. Det finns i dagsläget inga indikationer på att växthusavgången från organogena jordar minskar om marken tas ur produktion. Inom uppdraget har Jordbruksverket tillsammans med Formas inlett en så kallad systematisk utvärdering av forskning kring möjliga andra åtgärder än återvätning som beräknas vara klar i april 2023.

När det gäller uppföljning och bokföring av organogena jordar på jordbruksmark inom klimatrapporteringen har vi inte gjort något särskilt arbete inom uppdraget. Detta då SMED parallellt med uppdraget har slutfört ett projekt som har haft som syfte att presentera förslag på nya beräkningsmetoder när

³⁴ European Commission (2018) In-depth analysis in support of the Commission communication COM(2018) 773 A Clean Planet for all A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy.

³⁵ Miljömålsberedningen. En klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige. Delbetänkande av Miljömålsberedningen. SOU 2016:47.

³⁶ Börjesson, Pål (2016) Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi. Lunds universitet.

³⁷ Jordbruksverket 2018. Återvätning av organogen jordbruksmark som klimatåtgärd. Rapport 2018:30.

det gäller hanteringen av organogena jordar inom Sveriges klimatrapportering baserade på uppdaterade databaser, nya datamaterial och expertbedömningar.³⁸

En odlingsåtgärd som vi inte tar upp i denna redovisning och som diskuteras allt oftare på framför allt europeisk nivå är att begränsa jordbearbetningen och låta organogen åker vara permanent bevuxen med gräs, samtidigt som grundvattenytan höjs. Denna odlingsform, där marken brukas i vått skick för ekonomisk vinning så att växthusgasutsläppen reduceras kallas paludikultur. Vissa grödor, t.ex. rörfen, kan odlas med fortsatt hög avkastning även om grundvattennivån höjs. Mer forskning behövs dock för att säkerställa att det verkligen har en positiv klimateffekt. Samtidigt har de grödor som är aktuella inom överskådlig tid mycket små förutsättningar att bli företagsekonomiskt lönsamma.

³⁸ SMED (2022). Genomgång av hantering av organogena marker inom klimatrapporteringen. SMED Rapport Nr 6 2022

4 Återvätning av dikad torvmark

Myndigheterna uppskattar att minst 100 000 hektar dikad organogen skogsmark samt runt 10 000 hektar jordbruksmark kan bli tillgänglig för en önskvärd och ur klimatsynvinkel kostnadseffektiv aktiv återvätning fram till 2045, genom återvätningssavtal med markägare, åtgärder i skyddade områden samt andra initiativ.

Aktiv återvätning i den omfattningen skattas minska utsläppen med ca en miljon ton koldioxidekvivalenter per år när den är genomförd. Därigenom minskar de totala nettoutsläppen från dikad skogsmark med runt en fjärdedel-tredjedel och utsläppen från dikad organogen jordbruksmark med några procent.

Potentialen beror bland annat på hur markägarnas intresse, behovet av jordbruksmark och samhällets värdering av pågående växthusgasutsläpp förändras över tid.

Under senare år har det byggts upp genomförandekapacitet hos såväl myndigheter som entreprenörer och konsulter för att återvätning nu ska kunna genomföras i en skala av minst fem tusen hektar per år. En förutsättning för att återvätning ska kunna genomföras i denna skala är en stabil finansiering på i storleksordning 250 miljoner kronor per år över tid.

Det är viktigt att fortsätta bygga upp kunskap om effekter av dikning och återvätning via forskning, och att följa upp de objekt där återvätning genomförs, för att kunna utvärdera effekterna allt säkrare efterhand.

Andra åtgärder som genererar minskad dikesrensning eller återvätning utan ersättning kan också bidra till ytterligare minskade utsläpp från dikad mark, men behöver utredas vidare.

4.1 Beskrivning av åtgärden

4.1.1 Hur kan återvätning ge klimatnytta?

Torvmark bildas där en hög grundvattennivå hämmar nedbrytningen så att ofullständigt nedbrutet organiskt material sakta lagras upp ovanpå mineraljorden.³⁹

Dikning som stadigvarande sänker grundvattennivån kallas markavvattning. Dikning har gjorts för att öka möjligheten att odla eller bedriva slätter eller bete på marken. På skogsmark har markavvattning utförts för att öka träd-tillväxten ökar.

³⁹ Organogen mark = torvmark (till skillnad från minerogen mark). Inom den svenska klimatrappporteringen har torvmark ett mineraljordsfritt torvskikt som är minst 40 cm tjockt. (Om torven ligger direkt på berggrund är ett torvskikt på 10 cm tillräckligt.) I skogliga sammanhang är ofta 30 cm gränsen för vad som räknas som torvmark.

När en torvmark dikas sänks grundvattenytan vilket gör att tillgången på syre ökar. Ökad tillgång på syre leder till ökad nedbrytning vilket innebär att man ofta får en nettoförlust av kol från marken, i form av koldioxid. Om marken är mer kväverik kan man också få en ökad avgång av lustgas efter dikning. Avgången av metan minskar däremot jämfört med ett odikat tillstånd. Dikningseffekten minskar sakta om diket växer igen så att grundvattenytan höjs men får förnyad fart vid dikesrensning.

Återvätning innebär att grundvattenytan på en dikad mark höjs till en nivå nära den som fanns i torvmarken före dikning. Detta leder normalt till att nettominskningen av torv genom snabbare nedbrytning upphör och därmed tydligt minskad avgång av koldioxid och lustgas. Samtidigt ökar avgången av metan.

FN:s klimatpanel rekommenderar ett hundraårsperspektiv vid denna typ av analyser. Men då koldioxiden har en genomsnittlig uppehållstid på 150 år och metan på runt 10 år förlorar metanet i betydelse om man räknar med ett längre tidsperspektiv än så.⁴⁰

En lyckad återvätning får avgången av de olika växthusgaserna att återgå till tillståndet före dikning. En återvätt torvmark blir ofta återigen en sänka för kol över tid, dvs torven växer sakta till. Detta är inräknat i klimatnyttan, men betyder mindre än effekten av att nettonedbrytningen av torv upphör.⁴¹

Återvätning skiljer sig från våtmarksskapande åtgärder på mark som aldrig varit våtmark. Sådana åtgärder syftar ofta främst till att skapa miljöer för biologisk mångfald. Ibland är huvudsyftet att minska näringsläckaget från omgivande jordbruksmark till vatten nedströms. Det kan också finnas ytterligare syften, estetiska eller praktiska. När vi idag talar om återvätning med klimatmotiv så är det i första hand återvätning av tidigare utdikad torvmark som avses.

Återvätningen kan vara aktiv i form av att dikena pluggas igen på strategiskt valda punkter eller passiv genom att dikena tillåts växa igen, där ingen dikesrensning sker. Diken med högre vattenföring som ersatt eller rätat ut och fördjupat naturliga bäckar kommer dock inte att växa igen av sig själva.

4.1.2 Hur stor klimatpåverkan har den dikade torvmarken?

För 2020 uppskattas arealen dikad organogen jordbruksmark vara ca 0,16 miljoner hektar, varav åkermark ca 0,14 miljoner hektar och betesmark ca 0,2 miljoner hektar. Enligt klimatrapporteringen som baseras på Riksskogstaxeringen finns ca 0,9 miljoner hektar dikad organogen skogsmark (jfr tabell 4-1).

⁴⁰ Vid en torvtjocklek på runt ett par decimeter väger effekterna lika. Ju tjockare torven blir desto mer väger kollagrets kylande verkan över.

⁴¹ Skogsstyrelsen 2021. Klimatpåverkan från dikad torvtäckt skogsmark – effekter av dikesunderhåll och återvätning. Kunskapssammanställning och analys. Rapport 2021/7.

Totalt sett skattas bruttoutsläppen från dikad torvmark till knappt 12 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år i Sverige, varav ca 7 från skogsmark, ca 3 från jordbruksmark och resten från övrig mark i Sveriges klimatrapporering.⁴² Det kan jämföras med de totala utsläppen på ca 48 miljoner ton koldioxidekvivalenter, när markanvändningssektorn är exkluderad. Nettoeffekten av att marken dikades är emellertid mindre än så eftersom torvmarken normalt avgav mer metan före än efter dikning.

Tabell 4-1 Areal dikad torvmark (1000 ha) på mer bördig (ört- och grästyper, mark utan fältskikt samt blåbär) och mindre bördig (magrare ristyper) mark. Data från Sveriges rapportering till FN:s klimatpanel 2022, 2015-19

	Ört, gräs, utan fältskikt, blåbär	Lingontyp, skvatram, mm
Boreal	317	257
Tempererad	295	69
Summa	612	326

Med de emissionsfaktorer och det resonemang som presenteras nedan i avsnitt 4.3.2 och arealerna i tabell 4-1 kan den ökade *nettoavgången* till följd av dikning på skogsmark, när den återskapade metanavgången räknas från, grovt skattas till mellan 3 och 4 miljoner ton koldioxidekvivalenter, att jämföra med rapporterade 7 miljoner ton för bruttoavgången.

4.1.3 Dikningens historik och nuläge

Dikning av blöta marker för ökad tillgång på mark för odling, slåtter och bete påbörjades redan för många hundra år sedan, men utfördes i hög omfattning främst under 1800-talet och under första halvan av 1900-talet. Mellan 1930 och 1990 gjordes även en hel del dikning för ökad skogsproduktion. Fortfarande sker markavvattning i skog i viss låg omfattning, främst i norra Sverige. Byggen av skogsbilvägar över torvmark sker numera med betydligt lägre avvattande effekt än tidigare.

Ju bördigare torvmark och ju längre söderut, desto större andel av den ursprungliga torvmarken har dikats ut⁴³. Absolut tillståndsplikt för all ny markavvattning kom 1986. Markavvattningsförbudet i södra Sverige trädde i kraft 1994. Motivet var främst att hindra ytterligare förluster av biologisk mångfald knuten till dessa miljöer. Risken för att dikning bidrog till klimatpåverkan började uppmärksammas i början av 1990-talet. Sedan dess har kunskapen ökat avsevärt om hur dikning i olika typer av torvmarker inverkar på klimatet i olika tidsperspektiv.

Arealen dikad organogen jordbruksmark har minskat över tid. En andel har beskogsats, passivt eller aktivt och en annan andel, okänt hur stor, av det som

⁴² Naturvårdsverket (2022). Sweden's national inventory report 2022 – Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Stockholm.

⁴³ Data från Riksskogstaxeringen

nu är dikad minerogen mark var torvmark när dikningen gjordes, men har nu förlorat så pass mycket av sitt torvlager att marken inte längre är en organogen mark (kallas ibland bortodling)⁴⁴.

Skogsdiken underhålls ofta genom dikesrensning med 20 till 40 års intervall. Det är då inte tillåtet att fördjupa dikena utöver det ursprungliga dikesdjupet. Graden av underhåll beror på markägarens inställning till åtgärden och på hur lönsam den bedöms vara. Till följd av att torven successivt bryts ned blir det på många torvmarker svårt att upprätthålla dräneringen och produktionshöjningen över tid.

4.1.4 Återvätningens nuläge

Återvätning i skogsmark och på öppna myrar (våtmarksimpediment) har utförts under ett par decennier av olika aktörer som exempelvis länsstyrelser, kommuner, Sveaskog och privata markägare, ofta med stöd från staten, EU, Svensk Våtmarksfond eller Naturskyddsföreningen. Det vanligaste motivet hittills har varit att återskapa miljöer för biologisk mångfald som minskat till följd av utdikning. Det har då dels handlat om att återväta tidigare utdikad våtmark, dels om att nyskapa våtmarksområden, ofta med inslag av grunda sjöar, på mark som inte tidigare varit våtmark. Effekterna kan skilja sig ganska mycket åt i dessa två fall och man kan därför i olika sammanhang behöva skilja på dessa olika typer av åtgärder. Ca 7 000 hektar våtmark har (åter)skapats mellan 2010 och 2021⁴⁵, varav ca 6 000 med statligt stöd⁴⁶.

Inom jordbruket har man återvätt markpartier och tillskapat nya våtmarker ofta med huvudsyftet att fånga näring och därmed förbättra kvaliteten hos det avrinnande vattnet men också för att bevara biologisk mångfald. Andra syften har varit att skapa bevattningsdammar och att dammarna är trevliga att se på. Med dammar vars utlopp går att öppna och stänga kan också över-
svämningsrisker motverkas nedströms.

På senare år har klimatomotivet tillkommit. Ett flertal forskningsrapporter och sammanställningar av forskning som gjorts i Sverige efter år 2000 har pekar på att återvätning på vissa av de dikade torvmarkerna kan ge stor klimatnytta. Internationellt har problemet med utsläpp av växthusgaser från dikad torvmark också uppmärksamats och det arbetas nu med återvätning i flera EU-länder.⁴⁷

Arbetet med att genomföra återvätning har ökat väsentligt i Sverige under de senaste åren, till följd av större statliga satsningar.

⁴⁴ Förlust av en centimeter torv på dikad mark motsvarar en nettoavgång på 10–40 ton koldioxid per hektar och år beroende på humifieringsgrad (se SKS rapp 2021:7).

⁴⁵ Sveriges miljömål. [Anlagda eller hydrologiskt restaurerade våtmarker - Sveriges miljömål \(sverigesmiljomal.se\) \(nov 2022\)](https://www.sverigesmiljomal.se)

⁴⁶ Sveriges miljömål. [Hydrologisk restaurering av torvmarker - Sveriges miljömål \(sverigesmiljomal.se\) \(nov 2022\)](https://www.sverigesmiljomal.se)

⁴⁷ Jfr Strack M. (Ed.) 2008. Peatlands and climate change. (Summary for policymakers) International Peat Society. ISBN 978-952-99401-1-0

Arbetet är samtidigt ännu i en uppstartsfas. Återvätning är en komplex verksamhet där många faktorer behöver beaktas. Det gäller exempelvis dikenas vattenföring och funktion, förekomsten av juridiskt bindande markavvattningsföretag, natur- och kulturmiljövärden, torvdjup, bördighet, grundvattennivå, hur man undviker att påverka grannfastigheter och vägar, hur man bygger hållbara pluggar, hur man undviker att orsaka slamning och körska-dor, med mera. De som arbetar med återvätning behöver ha rätt utbildning och fortbildning samt goda möjlighet att bygga erfarenhet och utveckla ett effektivt arbetssätt.

I nuläget är ett flertal myndigheter berörda av återvätning (se ytterligare beskrivningar i bilaga 1).

Naturvårdsverket delar ut medel till länsstyrelserna för åtgärder i skyddade områden, samt inom åtgärdsprogram för hotade arter (ÅGP), där våtmarksrestaurering sker för att gynna biologisk mångfald. Naturvårdsverket har även fördelat medel till länsstyrelserna inom LONA där kommunen kan söka bidrag för att anlägga och restaurera våtmarker.

Naturvårdsverket fick uppdrag 2018 att leda arbetet med våtmarkssatsningen och fick återigen uppdraget för våtmarksarbete under 2021 till 2023, denna gång inklusive den som Skogsstyrelsen genomför via återvättningsavtal. För 2022 är det som högst 325 miljoner kronor som fördelas via LONA, Skogsstyrelsens återvättningsavtal och åtgärder i skyddade områden.

Jordbruksverket administrerar stöd och ersättningar inom EU:s gemensamma jordbrukspolitik för anläggning och restaurering av våtmarker.

Skogsstyrelsen har en aktiv roll i arbetet med återvätning på skogsmark utanför reservaten, framför allt genom ett regeringsuppdrag från 2021 att arbeta med återvättningsavtal med ett uttalat klimatsyfte. Sedan december 2021 skriver Skogsstyrelsen avtal med markägare som vill låta återväta en dikad mark mot en viss ersättning för minskat markvärde. Skogsstyrelsen planerar och genomför sedan återvätningen, huvudsakligen med hjälp av lokala entreprenörer.

Denna återvättningsverksamhet har nu förutsättningar att successivt växa i omfattning tack vare utbildade medarbetare och utarbetade metoder och rutiner för myndighetssamverkan, intresseanmälning, uppsökande verksamhet, analys, planering, genomförande och uppföljning.

Skogsstyrelsen har även stött viss återvätning med mångfaldsmotiv inom stödformerna Skogens miljövärden och NOKÅS.

Länsstyrelserna planerar och genomför våtmarksrestaureringar i skyddade områden samt inom ÅGP. Här återfinns huvuddelen av hittills genomförd återvätning och våtmarksskapande fram till idag. Mellan 2018 och 2021 restaurerades 2 145 hektar torvmarker enligt uppföljningen i miljömålet Myll-

rande våtmarker⁴⁸. De är även tillsynsmyndigheter för vattenverksamhet enligt Miljöbalken och prövar anmälningspliktig vattenverksamhet samt kan medge dispens från markavvattningsförbudet. Länsstyrelserna bestämmer även vilka projekt som ska beviljas medel i LONA och LOVA och via stöd från EU.

HaV delar idag ut medel för LOVA (Lokala vattenvårdsprojekt), som främst är till för att minska övergödning.

Boverket delar ut medel i tätortsområden för anläggning av dammar och våtmarker.

4.2 Förutsättningar för åtgärden

4.2.1 Målkonflikter och synergier

För jordbruksmark finns en tydlig målkonflikt mellan återvätning och vikten av inhemsk livsmedelsproduktion. Det beror på att återvätt jordbruksmark normalt tas ur produktion. En potentiell målkonflikt för just organogena jordars jordbruksproduktion kan vara att man med färre torvjordar får mindre produktiv mark att nyttja under torra perioder då vi inte kan odla lika bra på våra torrare mineraljordar.

Anläggning av våtmarker i jordbrukslandskapet genomförs bland annat för att minska näringsbelastning i vattendrag, sjöar och hav och bidrar därmed till måluppfyllelse för vattendirektivet med att uppnå en god ekologisk och kemisk status av våra vattenförekomster.

Återvätning gör nytta för den biologiska mångfalden, och ökar därmed uppfyllandegraden i Myllrande våtmarker, Levande skogar, Art- och habitatdirektivet och Vattendirektivet. En högre grundvattennivå är positivt för flora och fauna, speciellt där en stor andel av kärren dikats ut, som i södra Sverige. Exempelvis gynnas många fågel- och insektsarter och fladdermöss i närmiljön samt groddjur och våtmarksflora inom områdena.

Vid återvätning med klimatmotiv prioriteras näringsrika dikade torvmarker i södra Sverige. Återvätning återskapar då oftast sumpskog och i vissa fall kärr. Restaurering av våtmarker i skyddade områden bidrar specifikt till Art- och habitatdirektivets mål att nå en gynnsam bevarandestatus för arter och naturtyper.

Återvätning kan, beroende på läget i landskapet, ha positiva effekter i klimatanpassningshänseende. Då klimatförändringen medför ökad risk för extremtorra somrar är återvätning även en klimatanpassningsåtgärd i naturvården. Åtgärden undanröjer även den förhöjda brandrisk som finns i torrlagd torv. Beroende på våtmarkernas utformning och läge i landskapet kan de i

⁴⁸ Sveriges miljömål. [Hydrologisk restaurering av torvmarker - Sveriges miljömål \(sverigsmiljomal.se\)](https://www.svegmiljomal.se) (nov 2022).

vissa fall vara positiva för landskapets vattenhushållning och minska riskerna för torka och översvämningar. I jordbruket kan arealer med delvis höjd grundvattennivå bli viktiga för foderproduktionen riktigt torra år, som 2018) och (åter)skapade sjöar kan bidra med bevattningsvatten.

I de flesta terrängtyper i skogen påverkar återvätning grundvattentillgången i mycket liten grad utanför påverkansområdet. Däremot kan försörjningen av vatten till bäckar nedströms jämnas ut över året. Om en torvmark ligger i anslutning till ett grundvattenmagasin i en ås kan en återvätning däremot ha en viss positiv effekt på grundvattentillgången.^{49 50}

Beroende på våtmarkernas läge i landskapet kan återvätning i vissa fall vara positivt för landskapets vattenhushållning och minska risken för torka och översvämningar.

Om återvätning genomförs på skogsmark minskar markens bärighet vilket kan påverka möjligheterna till framtida uttag av virke. Trädens tillväxt blir i många fall lägre efter återvätning. Om alla diken försvann i skogsmark på torv görs bedömningen att den årliga tillväxten skulle vara i storleksordning 1 miljon kubikmeter lägre än idag (1 procent)⁵¹. Dikenas produktionsnytta är på en stor del av arealen långsamt övergående till följd av den torvnedbrytning som sker. Återvätning bedöms inte leda till minskade virkesförråd över tid.

Marken kommer inte att kunna bära tunga maskiner annat under väl tjälade förhållanden eller efter en tids torka. Återvätning kommer troligtvis i många fall att gå bra att kombinera med ett hyggesfritt brukande med en anpassad drivningsteknik, om markägaren så önskar.

Även om återvätningen också måste utföras rätt för att inte ge miljöpåverkan minskar ändå de större miljörisker som dikesrensning medför; mineraljordsslamning, spårbildning, uttransport av organiskt material (risk för syrebrist) och tungmetaller.

Både på jordbruks- och skogsmark kan fastighetens jaktvärde påverkas i positiv riktning av en återvätning.

⁴⁹ SGU 2019. Geologins betydelse vid våtmarksåtgärder. SGU-rapport 2019:15.

⁵⁰ SGU 2022. Effekter på omgivande grundvattennivå vid våtmarksåtgärder. SGU-rapport 2022:12

⁵¹ Skogsstyrelsen 2021. Klimatpåverkan från dikad torvtäckt skogsmark – effekter av dike-sunderhåll och återvätning. Kunskapssammanställning och analys. Rapport 2021/7.

4.2.2 Areell potential för aktiv återvätning

4.2.2.1 Teoretisk potential

Rent teoretiskt är all dikad torvmark, 0,16 miljoner hektar jordbruksmark, 0,9 miljoner hektar skogsmark och övrig torvmark, återvättningsbar. Om dikenens funktion upphörde på all denna mark skulle de rapporterade utsläppen från dessa marker minska till noll.

För närmare 0,3 miljoner hektar dikad skogsmark på näringsfattig mark i sämre klimatlägen bedöms nettoutsläppen efter dikning vara obefintliga eller så låga (jfr avsnitt 4.3.2) att det inte bedöms vara kostnadseffektivt med någon form av aktiv återvätning.

I praktiken finns också en rad ytterligare faktorer som påverkar kostnadseffektiviteten i åtgärden eller intresset hos markägaren eller samhället. En viss andel av den organogena marken, främst jordbruksmark, härrör t.ex. från större sjösänkningar varav många skulle vara komplicerade och dyra att backa. För en andel av dikade marker finns andra förhållanden som gör handläggningen dyr i relation till klimatnyttan. Ytterligare andra faktorer gör själva återvätningen - dikespluggningen - dyr i relation till klimatnyttan.

Slutsatsen är att även om all torvmark är återvättningsbar i teorin finns det anledning från samhällets sida att prioritera aktiv återvätning utifrån kostnadseffektivitet och andra värden som de dikade markerna har för samhället.

I skyddade områden kan återvätning av dikad organogen mark syfta till att återställa naturliga hydrologiska förhållanden av flera skäl, främst mångfaldsnytta, klimatnytta och klimatanpassning (jfr avsnitt 4.2.1).

4.2.3 Om potentialen och hinder

4.2.3.1 Administration och regelverk

Juridiskt sett bedöms återvätning vara så kallad vattenverksamhet, då avsikten är att påverka grundvattennivåns läge, även då det handlar om ett återställande till en mer naturlig nivå.

Att anlägga våtmarker och andra förändringar av vattennivåer kan i vissa fall vara förenat med olika anmälnings- och tillståndprocesser för vattenverksamhet och beaktande av regler för biotopskydd och strandskydd. För objekt med hög vattenföring och som är större än fem hektar ökar kraven på anmälan och miljökonsekvensbeskrivning. För omställning av jordbruksmark till skogsmark, vilket blir följden i många fall av återvätning, krävs en anmälan till länsstyrelsen och sen måste man vänta med åtgärder i minst åtta månader.

Där det finns så kallade markavvattningsföretag måste dessa avvecklas innan återvätning kan genomföras. Det innebär en kostnad och en ansträngning för inblandade markägare. Komplikationsgraden ökar ju fler man är.

Där regelhanteringen blir omfattande kan handläggningskostnaden öka om inte förenklade rutiner kan utarbetas. Regelhantering och ansökningsförfaranden blir ett större hinder/problem för individer/företag som arbetar med återvätning som en engångsinsats eller sällan med lång tid emellan.

4.2.3.2 Faktorer som fördyrar återvätning

En rad faktorer som påtagligt fördyrar återvätningens kostnader per ton minskade utsläpp, framför allt i skogsmark, kan identifieras med hjälp av okulär analys av olika kartsikt. Det gäller faktorer som: *för hög* vattenföring i diket, om torvmarken är impediment, förekomst av markavvattningsföretag, om diket finns i ett för litet objekt, om diket finns i en stark sluttning och risk för skada på väg vid återvätning.

Som del i utredningsarbetet gjordes en kartanalys i Skogsstyrelsens så kallade Återvättningsapp som samlar en rad användbara kartsikt. Analysen omfattade närmare hundra ytor i ett objektivt utlagt rutnät som täckte Sverige från Mälardalen och söderut (se bilaga 2). Analysen inriktades på vilken andel av förekommande diken på torvmark (i meter) som uppvisade hindrande och fördyrande faktorer för återvätning, bedömt utifrån nuvarande koncept för Skogsstyrelsens återvättningsavtal (se bilaga 1).

Resultatet indikerade att runt en sjundedel av dikeslängden består av rätade naturliga vattendrag med ”för hög” vattenföring som kan hysa vandrande fisk och annat. Att höja grundvattenytan i sådana diken avstås som regel idag av Skogsstyrelsen. Länsstyrelserna och andra aktörer har dock kunskaper och erfarenheter som gör återvätning möjlig även här och även Skogsstyrelsen skulle kunna bredda sig i den här riktningen på sikt.

För en dryg tiondel av dikeslängden – hälften på skogsmark och hälften på jordbruksmark - krävs grannsamverkan vid en återvätning. Inte heller det är något absolut hinder, men det är juridiskt sett mer komplicerat. Vägdiken samt andra diken vars pluggning skulle kunna skada vägen stod för 12 procent och ”för små objekt” och ”för stark lutning” för ca 7 procent tillsammans. Endast ett par procent av dikeslängden utan för stora tillrinningsområden berördes av markavvattningsföretag.

Med ovan nämnda restriktioner ser ungefär halva dikeslängden ut att passa för Skogsstyrelsens återvättningsavtal utifrån det man kan se på kartan. Huvuddelen av denna dikessträcka återfanns på skogsmark och mindre än en tiondel på jordbruksmark. För jordbruksmark skulle således underlättade möjligheter till grannsamverkan återvätning betyda relativt sett mer för potentialen.

4.2.3.3 Markägarnas perspektiv

Ett annat hinder för återvättningsavtal på skogsmark än ovan nämnda kan vara att skogsbeståndet är välväxande och har olämplig ålder, vilket inte är helt lätt att utläsa av flygbilden. Även om Skogsstyrelsen gör tolkningen att ett återvättningsavtal är skäl nog att ge tillstånd till förtida avverkning kan värdetillväxten vara hög i yngre och medelålders skog. Att skogsbeståndet

är i olämplig ålder är också det vanligaste svaret Skogsstyrelsen får från markägare som myndigheten kontaktat om att de enligt kartan verkar ha lämpliga objekt för återvätning.

Då återvätningsavtalen inte ger ersättning för skog som lämnas är återvätning framför allt aktuellt på marker som redan har låga virkesförråd eller som är på gång att slutavverkas. Det innebär att i takt med att bestånd på dikad torvmark blir avverkningsmogna finns anledning för markägarna att överväga återvätning. Att erbjuda ersättning för kvarlämnade träd skulle påtagligt fördyra återvätningsåtgärden. Vissa markägare vill emellertid lämna merparten av skogen vid återvätning även utan ersättning. Vidare kan återvätt mark användas till att uppfylla certifieringskraven inom FSC (gentemot kravet på 5 procent mark med anpassad skötsel).

Hittills har det för jordbruksmarkens del framför allt handlat om att skapa våtmarker i form av dammar med vattenspegel. I en rapport⁵² skattades kostnaderna för tre typområden. Räknet per hektar varierade anläggningskostnaderna mellan 11 000 och 110 000 kr per hektar. För markägaren innebär återvätning dessutom förlorad inkomst och försämrat markvärde. Om återvätningsåtgärder skulle genomföras i större skala på nu lönsam jordbruksmark skulle man i många fall även där behöva ersätta markägaren för det minskade markvärdet i nuvärdestermer. Sannolikt kommer det då att handla om summor som påminner om hektarpriserna då jordbruksmark säljs vilket är 25 000 kr i norr till upp till det tiodubbla eller mer i söder. Kostnaden per ton minskad nettoavgång av koldioxidekvivalenter (under 40 år) kan då ligga i storleksordningen 300–1000 kr/ton. För den lönsamma jordbruksmarken finns dessutom en målkonflikt med livsmedelsproduktion.

En tidig analys av hektarkostnaden för återvätning på skogsmark via återvätningsavtal pekar mot att den för bördig mark i Mälardalen kan komma att ligga på ca 40 000–50 000 kr per hektar och för bördig mark i Halland på 60 000–70 000 kr per hektar⁵³. Om återvätning minskar nettoutsläppen med 5 respektive 15 ton koldioxidekvivalenter per hektar och år blir kostnaden runt 300 respektive 145 kr/ton undvikna utsläpp utslaget på 30 år - alltså mer kostnadseffektiv, troligtvis, i Halland än i Mälardalen trots att markersättningen är betydligt högre där.

En slutsats kan vara att det för jordbruksmarkens del framför allt handlar om att intressera markägare, som står i begrepp att ställa om en dikad torvmark till skog (eller som nyligen låtit den växa igen), för Skogsstyrelsens återvätningsavtal eller något annat återvätningsstöd. I dessa fall är regeln om att det måste gå åtta månader från anmälan om omställning (till skogsmark) ett tydligt hinder. Om någon form av undantag kunde göras för åtgärden

⁵² Jordbruksverket (2018) Återvätning av organogen jordbruksmark som klimatåtgärd. Jordbruksverket rapport 2018:30

⁵³ Planering/handläggning/uppföljning 15–20 000 kr/ha, pluggning 15–20 000 kr/ha och markägarersättning 10 500 i Mälardalen och 27 000 i Skåne.

återvätning från väntetiden på åtta månader vore mycket vunnet för dessa objekt.

Det finns ett speciellt intresse för återvätning som ger en vattenspiegel året om hos många markägare. I sådana fall måste det finnas tillräckligt med vatten i landskapet för att fylla upp våtmarken och behålla vattenspegeln även under torrperioder. Den tekniska potentialen för sådana objekt uppgår till någonstans mellan 25 och 50 procent av den totala torvmarksarealen⁵⁴.

Från sommaren 2021 och fram till sommaren 2022 litade Skogsstyrelsen främst till intresseanmälningar som initierats av markägaren. Information om återvätningens avtalen har spridits via en rad kanaler. Fram till mitten på sommaren inkom ca en intresseanmälning i veckan. Av dessa föll 70–80 procent bort för att objektet var av fel typ eller för att avtalsvillkoren inte motsvarat markägarens förväntningar. Fel typ kunde handla om att det saknade torv, lutade för mycket, var alltför magert eller att återvätning skulle påverka grannfastighet. När markägaren hoppade av kunde det bero på att man tyckt att ersättningen var för låg, att man inte vill ”belasta” fastigheten med ett så pass långt avtal eller att man hoppades att återvätning skulle innebära en större vattenspiegel via en damm.

Under sensvåren och sommaren 2022 har fastighetsägare till ca 300 objekt i stället kontaktas av Skogsstyrelsen för att myndigheten hittat till synes (på kartan) lämpliga objekt. Brev har skickats med information om var på kartan objektet hittats, om hur återvätningens avtal fungerar och om möjligheten att lämna intresseanmälan på olika sätt. För 140 av dessa skickades frakterade svarsbrev med och en noggrannare uppföljning gjordes. Sammantaget har 87 svarat. Hittills (nov 2022) har 61 markägare svarat att de inte är intresserade.

Den hälft som anger motiv till sin avsaknad av intresse svarade, med skälen i frekvensordning, att bestånden nu har olämplig ålder, att de inte vill belasta fastigheten med avtal, att dikena inte fungerar längre, att marken används till naturbete, att återvätning skulle påverka tillgängligheten till bakomliggande marker negativt, att de är passiva markägare, att man inte tror på att klimatnyttan av återvätning är större än den av virkesproduktion.

Totalt 26 svarade emellertid att de är positiva och/eller vill ha mer information.

Det här betyder att det nu finns ett fungerande arbetssätt som medger att tillräckligt många positiva markägare med bra objekt kan hittas för att motvara tilldelade medel framöver.

Fortsatt kommunikation och kunskapsspridning bör kunna ytterligare öka andelen markägare som känner till hur återvätningen ger klimatnytta och

⁵⁴ Jordbruksverket (2018) Återvätning av organogen jordbruksmark som klimatåtgärd. Jordbruksverket rapport 2018:30.

hur stöden för återvätning fungerar. Ersättningsnivåerna kan omprövas i viss utsträckning.

Det kan också finnas skogsägare, såväl små som stora, som kan tänka sig att göra återvätningsinsatser eller låta bli att dikesrensa – för klimatets skull eller med andra motiv - men som inte vill skriva avtal på 50 år.

4.2.4 Kostnadseffektiv och tillgänglig potential fram till år 2045

I den klimatpolitiska vägvalsutredningen⁵⁵ gjordes en grov skattning att ca 100 000 hektar dikad torvmark på skogsmark vore möjlig att återvätta och att detta tillsammans med återvätning av 10 000 hektar jordbruksmark skulle kunna ge en utsläppsminskning motsvarande ca 1 miljon ton koldioxidekvivalenter per år.

Runt 11 000 hektar dikad organogen skogsmark finns i skyddade områden, varav ca 9 000 ännu ej återvätta. Av dem är en stor andel är möjliga att åtgärda inom länsstyrelsernas återvätningsverksamhet i skyddade områden under kommande år.

En grov bedömning är att runt 400 000 hektar av den organogena dikade skogsmarken utanför skyddade områden har nettoutsläpp som överstiger 2 ton koldioxidekvivalenter per år och hektar, vilket bedöms vara en nedre gräns för kostnadseffektiv återvätning (se ovan). Cirka 200 000 hektar faller bort på grund av olika hinder och fördyrande faktorer – jämför med utfallet i kartanalysen (se ovan). Av den återstående arealen kan runt 50 000–60 000 hektar hysa skogsbestånd som är i fel ålder för avverkning och är dessutom för likåldriga för omställning till hyggesfritt brukande under hela perioden fram till 2045. Av de återstående lämpliga objekten kanske 40 000–50 000 hektar har markägare som inte kommer att vara intresserade av återvätningsavtal av olika andra skäl än att beståndet har fel ålder (se ovan). Detta är den osäkraste faktorn i sammanhanget.

Det finns skogsägare som kan tänkas ha ett högre intresse än genomsnittet; kommuner, stiftet, staten, med flera som tillsammans äger runt en fjärdedel av skogsmarken. Hur skogscertifieringsorganen ser på återvätt mark kan ha stor betydelse. Möjligheten att söka andra stöd, som exempelvis LONA eller från olika fonder, spelar viss roll.

Det förefaller således fortfarande sannolikt att det kommer att kunna finnas i storleksordning 100 000 hektar tillgängliga för en ur klimatsynvinkel kostnadseffektiv aktiv återvätning på organogen skogsmark under åren fram till 2045. Till det tillkommer ett tillskott från ny jordbruksmark som läggs ner av olika skäl (se nedan).

Om man utgår från nuvarande trend i den areal organogen jordbruksmark som tas ur produktion (31 000 ha fram till 2040)⁵⁶ och samma kalkyler som

⁵⁵ SOU 2020:4. Vägen till en klimatpositiv framtid.

⁵⁶ Skattning baserad på markanvändningsscenarier och SASM-modellen

för skogsmark ovan, att objekt som kräver att flera grannar går ihop är mindre sannolika, blir potentialen för återvätning på jordbruksmark runt 10 000 hektar. Potentialen för att genomföra återvätning på dessa organogena jordar är dock i praktiken bland annat avhängig hur markägarnas intresse utvecklas, samt hur behovet av jordbruksmark förändras över tid. Intresset för återvätning styrs delvis av hur stor en ersättning är kontra lönsamheten för att bruka marken. För återvätning som innebär att marken ställs om till skogsmark görs bedömningen att den ersättning som utgår för minskat markvärde för skogsproduktion är lämplig ur samhällets synvinkel även här.

Ett krav på återvätning som ligger högre än den kostnadseffektiva potentialen (t.ex. som följd av EU-kommissionens förslag till rättsakt om restaurering av natur) skulle innebära att ersättningsnivån skulle behöva höjas påtagligt för att åstadkomma en tillräckligt stor areal för återvätning. Med tanke på de höga nettoutsläppen från väldränerad jordbruksmark skulle det fortfarande kunna finnas utrymme för en viss höjning av ersättningen för sådana marker. Frågan är hur samhället värderar klimatnytta kontra matproduktion.

Det är möjligt att enbart ökad kunskap om dikningens klimatpåverkan hos skogsägare kommer att sänka arealen som dikesrensas - och som antingen avsätts för naturvårdsändamål eller sköts hyggesfritt för minskat dikesrensningsbehov. Utebliven dikesrensning har potential att påverka även all den dikade mark där aktiv pluggning och återvätningsavtal inte är något alternativ av kostnadseffektivitetsskäl.

Det kanske även finns en andel av skogsägarna som inte vill binda upp marken i avtal som gäller i 50 år men som gärna skulle bygga pluggar själva om de får veta var det går bra och hur man bär sig åt.

Potentialen för sådan alternativ återvätning i skogsmark är för närvarande svår att skatta.

4.3 Återvätningsens effekt på växthusgasbalansen

4.3.1 Effekt för olika kategorier av skogs- och jordbruksmark

På organogen jordbruksmark har man uppmätt förluster på nära en cm torv per år till följd av nedbrytning som ger koldioxidavgång.⁵⁷ På dikad skogsmark varierar förlusten snarare mellan 0 och 8 mm torv per år. På magrare torvmark i norr bedöms nettopåverkan av dikning på klimatet vara nära noll (se tabell 4–2). Sen ökar nettopåverkan ju längre söderut och ju bördigare torven är och ju mer man lyckats sänka grundvattennivån med dikningen.

⁵⁷ Berglund K 1989. Ytsänkning på mosstorvjord Sammanställning av material från Lidhult, Jönköpings län Avdelningsmeddelande 89:3. Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, SLU. ISSN 0282-6569

De allra högsta koldioxidförlusterna har uppmätts på före detta jordbruksmark i södra delen av landet. Ju mer kväverik (närringsrik) torven är, desto mer lustgas produceras dessutom vid torvnedbrytningen.⁵⁸

På torvmark med hög grundvattennivå finns en viss naturlig avgång av metan. Den minskar normalt efter dikning och återkommer efter återvätning.

Det är skillnaden mellan utsläppen i det dikade tillståndet, och utsläppen efter återvätning, som avgör klimateffekten av återvätning. Torvnedbrytningen upphör mer eller mindre i och med återvätningen. Ibland åstadkoms även en viss långsam torvtillväxt igen.

I viss utsträckning beror klimatpåverkan av dikning också på i vilken grad den extra producerade biomassan bidrar till minskad användning av cement, olja med mera i samhället.⁵⁹ För exemplet återvätningsavtal ligger emellertid den uteblivna extra tillväxten långt fram i tiden då man avverkar dagens bestånd före dikespluggningen.

Effekten av återvätning på växthusgasbalansen varierar bland annat beroende på klimat och näringsförhållanden (se tabell 4-2). Återvätningsens främsta nytta är att den utsläppsökning som dikningen medförde sänks. Den ökade metanavgången beror i hög utsträckning på den nya grundvattenytans läge. Om stor utbredning av grunda vattenspeglar under stor del av året undviks kan metanavgången hållas lägre.

I sammanställningar som gjorts av FN:s klimatpanel⁶⁰, för den svenska klimatrapporeringen, samt av Skogsstyrelsen (2021), har likartade indelningar i olika marker gjorts, baserat på det tillgängliga vetenskapliga underlaget. Gränsen mellan tempererad och boreal zon i Sverige går vid den biologiska norrlandsgränsen. I praktiken ligger en stor del av småländska höglandet över och en remsa längs norrlandskusten under denna gräns.

⁵⁸ Skogsstyrelsen 2021. Klimatpåverkan från dikad torvtäckt skogsmark – effekter av dikesunderhåll och återvätning. Kunskapssammanställning och analys. Rapport 2021/7.

⁵⁹ Skogsstyrelsen 2021. Klimatpåverkan från dikad torvtäckt skogsmark – effekter av dikesunderhåll och återvätning. Kunskapssammanställning och analys. Rapport 2021/7.

⁶⁰ IPCC (2013). Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. Hiraishi m.fl. (eds). Published: IPCC, Switzerland

Tabell 4-2. Den sammanvägda effekten av återvätning i ett 100-årsperspektiv i genomsnitt för olika torvmarker, samt för vissa marktyper en skattning av variationen inom marktypen, ton koldioxidekvivalenter per hektar och år. Källor: Lindgren och Lundblad 2014⁶¹, SKS rapp 2021:7

Marktyp	Nettoeffekt av återvätning, ton CO ₂ -ekv per hektar och år
Åkermark - både tempererad och boreal	24–31
Betesmark - tempererad näringsrik	6,4
Betesmark - tempererad näringsfattig	5,0
Betesmark - boreal näringsrik	6,0
Betesmark - boreal näringsfattig	-1,9
Skogsmark - tempererad näringsrik	6 (-26)
Skogsmark - tempererad näringsfattig	1,4
Skogsmark - boreal näringsrik	1,3 (0,3–9,3)
Skogsmark - boreal näringsfattig	0 (-0,9–0,7)

För jordbruksmark gjordes i den senaste sammanställningen en uppdelning i åkermark och betesmark. Sammanställningen innehöll emissionsfaktorer som författarna rekommenderade Sverige att använda i den svenska klimatrapporteringen. För skogsmark gjordes den senaste sammanställningen av Skogsstyrelsen⁶². De faktorer som redovisas i tabellen är sammanvägda faktorer där effekten av koldioxid, lustgas och metan före och efter återvätning av dikad mark ingår.

Hur representativa värdena är för sin grupp är osäkert, speciellt för näringsrik torvmark i hela landet och även för näringsfattig torvmark i söder. Osäkerheten gäller alla ingående växthusgaser.

Det maxvärde som anges för tempererad näringsrik mark (26 ton) är hämtat från en studie på väl-dränerad näringsrik torvmark nära Göteborg, med en tidigare historik av jordbruk. Värdet baseras på omfattande mätningar från en lokal i södra Sverige. En GIS-analys visade att minst 50 000 hektar av den dikade torvmarken i Götaland och Svealand som nu är skogsmark var jordbruksmark på 1960-talet. Utplocken hade ett antal begränsningar så troligtvis är det minst 100 000 hektar av den dikade organogena torvmarken som är före detta jordbruksmark, Norrlandskusten inräknad.

För skogsmark i tempererad zon finns hittills mätningar från ett fåtal lokaler i södra Sverige, samt från andra länder (bland annat Skottland, Estland och Kanada). För boreal zon finns mätningar från ett större antal lokaler i Fin-

⁶¹ Lindgren A & Lundblad M. 2014. Towards new reporting of drained organic soils under the UNFCCC – assessment of emission factors and areas in Sweden. Inst f Mark och miljö, SLU/Naturvårdsverket. Rapport 2014:14.

⁶² Skogsstyrelsen 2021. Klimatpåverkan från dikad torvtäckt skogsmark – effekter av dike-sunderhåll och återvätning. Kunskapssammanställning och analys. Rapport 2021/7.

land, som kan anses representativa även för norra Sverige, men extra näringsrika marker inklusive före detta jordbruksmark saknas nästan helt, förutom en väl-dränerad näringsrik torvmark i södra Finland (9,3 ton).

Som synes är det angeläget att mätningar görs på fler lokaler för att få bättre representativitet (jfr avsnitt 4.3.4). Metodiken för att modellera de flöden som inte kan mätas behöver också utvecklas.

Skogsstyrelsen⁶³ gjorde även en bedömning av effekten av återvätning på kolförrådet i trädbiomassan samt på hur biomassa från dikad mark påverkar klimatet jämfört med andra material och bränslen med negativ klimatpåverkan.

Slutsatsen var att man efter återvätning i ett 100-årsperspektiv kan förväntas återfå ett kolförråd som är i samma storleksordning som medelförrådet på den dikade marken, dvs återvätning bedöms i genomsnitt inte medföra någon förlust av kolförråd i träd. Den substitutionsnytta som den ökade skogsproduktionen till följd av dikning maximalt kan ge underskrider nettoutsläppen från marken till följd av dikning överallt utom på näringsfattiga torvmarker i boreal zon.

4.3.2 Emissionsfaktorer för effektbedömning i denna utredning

I den här utredningen använder vi den sammanvägda bedömningen att återvätning av organogen skogsmark respektive jordbruksmark med fokus på klimatnytta kommer att minska växthusgasemissionerna med runt 8 och 20 ton koldioxidekvivalenter per år och hektar, baserat på ovan nämnda rapporter.

Om den skattade potentialen för aktiv återvätning på runt 100 000 hektar organogen skogsmark och runt 10 000 hektar organogen jordbruksmark genomförs kommer nettoutsläppen att i grova drag minska med $100\,000 * 8$ och $10\,000 * 20 =$ ca en miljon ton koldioxidekvivalenter per år. Därigenom skulle de totala nettoutsläppen från dikad skogsmark minska med runt en fjärdedel-tredjedel och utsläppen från nyomställd dikad organogen jordbruksmark med runt 6 procent. En andel, skattningsvis 15–20 procent, av den återvätta skogsmarken kommer att vara tidigare omställd jordbruksmark.

⁶³ Skogsstyrelsen 2021. Klimatpåverkan från dikad torvtäckt skogsmark – effekter av dike-sunderhåll och återvätning. Kunskapssammanställning och analys. Rapport 2021/7.

4.3.3 Metod för effektberäkning inom dagens klimatrapportering

Den återvätning som skett från år 2021 ska ingå i medlemsländernas rapportering till EU⁶⁴ ⁶⁵. Det första rapporteringstillfället är 2023. Hittills har återvätning inte inkluderats i den svenska rapporteringen. Utsläpp från dikad torvmark inom olika markanvändningskategorier som exempelvis skogsmark, åker och betesmark ingår dock i rapporteringen sedan 2015, och rapporteras för år 2013 och framåt. I och med att man använder samma tabeller för inrapportering till EU och FN:s klimatpanel kommer denna åtgärd att komma med i rapporteringen till FN:s klimatpanel.

Återvätning som genomförs kommer att leda till minskade arealer dikad mark. Hittills har dock de arealer där återvätning genomförts varit så små att det är mycket låg sannolikhet att de ska fångas upp i Riksskogstaxeringens data eller i andra uppföljningar (t.ex. Nationella marktäckedata). Om återvätningen blir omfattande ökar sannolikheten att man kan se detta som en minskning i arealen dikad mark i data från t.ex. Riksskogstaxeringen⁶⁶.

För att återvätning ska kunna inkluderas i rapporteringen är det centralt att man har ett fungerande system där de arealer som återväts förs in. Idag redovisas våtmarkssatsningen (LONA och återvätning i skyddade områden) av Naturvårdsverket till regeringen och denna typ av redovisning skulle kunna ligga till grund för system där arealer som återväts kan inkluderas i klimatrapporteringen.

4.3.4 Möjligt utvecklingsarbete för effektberäkningen

Naturvårdsverket håller för närvarande på och bygger upp ett datainformationssystem.

Det vetenskapliga underlaget för att ta fram emissionsfaktorer utvecklas allt eftersom ny forskning publiceras. När underlaget utvecklas blir det möjligt att redovisa faktorerna alltmer stratifierade. Exempelvis skilde inte Lindgren

⁶⁴ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2018/841 av den 30 maj 2018 om inbegripande av utsläpp och upptag av växthusgaser från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk i ramen för klimat- och energipolitiken fram till 2030 och om ändring av förordning (EU) nr 525/2013 och beslut nr 529/2013/EU.

⁶⁵ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2018/1999 av den 11 december 2018 om styrningen av energiunionen och av klimatåtgärder samt om ändring av Europaparlamentets och rådets förordningar (EG) nr 663/2009 och (EG) nr 715/2009, Europaparlamentets och rådets direktiv 94/22/EG, 98/70/EG, 2009/31/EG, 2009/73/EG, 2010/31/EU, 2012/27/EU och 2013/30/EU samt rådets direktiv 2009/119/EG och (EU) 2015/652 och om upphävande av Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 525/2013

⁶⁶ Dock med viss eftersläpning då det är svårt att se skillnad på ett fungerande vattenfyllt dike och ett återvätt dike för taxeraren.

och Lundblad⁶⁷ mellan utsläpp av koldioxid från dikad näringsrik och näringsfattig skogsmark i tempererad zon, beroende på att dataunderlaget då bedömdes vara för litet.

Skogsstyrelsen bedömde senare att det dataunderlag som fanns tillgängligt då gav tillräckligt med stöd för att skilja på avgång av koldioxid från näringsrik och näringsfattig skogsmark i tempererad zon (jfr avsnitt 4.3.2).⁶⁸

För att få en bättre säkerhet i bedömningen av effekten av återvätning är det angeläget att det vetenskapliga underlaget utökas. För skogsmark har Skogsstyrelsen pekat på några viktiga kunskapsluckor. Detta gäller framför allt kolbalanser för dikad mark. Mätningar pågår på några lokaler i Sverige nu, men skulle behöva utökas till fler. Mer kunskap behövs också om metanavgång på de typer av torvmarker som typiskt återväts i Sverige. De flesta studier som gjorts av detta hittills är från återvätning av tidigare torvtäcker.

Det behövs också fler studier av dikningens och återvätningens inverkan i flera avseenden på andra sorters marker, exempelvis där underlaget är kalkstensberggrund som på Gotland och Öland eller glaciärra som är vanligt i vissa andra delar av landet.

På dikad skogsmark, som var dikad redan före senaste trädbeståndet anlades, kan man ofta se att träden växer på socklar. Man skulle därför också, som komplement till flödesmätningar, kunna samla in ett kompletterande större datamaterial över hur högt över nuvarande markytan som träd av olika ålder har grott (utifrån hur stubben ser ut) på olika torvmarkstyper i olika delar av landet. Det visar ungefär hur mycket torv som försvunnit sedan träden grodde eller planterades och därmed går det att skatta hur mycket koldioxid som avgått.

Ett utökat underlag innebär en successivt förbättrad förståelse för vilka faktorer som styr storleken på utsläppen. Det skulle kunna möjliggöra en differentiering av emissionsfaktorerna mellan olika marker med avseende på fler styrande faktorer. Ett exempel kan vara djupet till grundvattenytan före och efter återvätning.

För närvarande pågår ett arbete inom Svenska Miljöemissionsdata, (SMED), med att gå igenom och granska alla emissionsfaktorer för dränerad mark. Arbetet görs på uppdrag av Naturvårdsverket och involverar framför allt SMED/SLU och Naturvårdsverket.

Det finns ett antal rapporteringstillfällen för de handläggare på länsstyrelserna som arbetar med våtmarksåtgärder. För att bland annat effektivisera detta arbete har fokus lagts på att utveckla miljöinformationsförsörjning som

⁶⁷ Lindgren A & Lundblad M. 2014. Towards new reporting of drained organic soils under the UNFCCC – assessment of emission factors and areas in Sweden. Inst f Mark och miljö, SLU/Naturvårdsverket. Rapport 2014:14.

⁶⁸ Skogsstyrelsen 2021. Klimatpåverkan från dikad torvtäckt skogsmark – effekter av dike-sunderhåll och återvätning. Kunskapsammanställning och analys. Rapport 2021/7.

en del av uppdraget Våtmarkssatsningen. Vad gäller länsstyrelserna så syftar arbetet med miljöinformationen till att minska antal rapporteringstillfällena och samtidigt säkerställa att den information som skapas är korrekt, distribuerad och tillgänglig i tid för de beräkningar och rapporteringar som ingår i klimatrapportering och uppföljning av miljömål Myllrande våtmarker.

4.4 Uppföljning av åtgärden

4.4.1 Nulägesbeskrivning

Återvätning fanns indirekt med i rapporteringen genom att förändringen i dikad areal ingår i rapporteringen om dikningens klimatpåverkan⁶⁹ men ville man veta specifikt vad den aktiva återvätningen gjorde för skillnad behövdes en mer direkt metod. Under hösten 2021 tog Naturvårdsverket för första gången fram enkel metod för hur rapportering av klimat- och mångfaldsnytta av aktiv återvätning under 2021 skulle gå till. För klimatnyttan samlades sålunda geografiskt identifierade arealer med viss vidhängande information in från de aktörer som under året själva genomfört återvätning (länsstyrelserna inom skyddade områden och Skogsstyrelsens via återvättningsavtal) eller givit stöd till våtmarksåtgärder: LONA, LOVA, och Landsbygdsprogrammet.

För återvättningsavtal, åtgärder inom skyddade områden och Landsbygdsprogrammet fanns lagringssystem för geodata, där geografiskt läge och areal för respektive åtgärd rapporteras, och denna data begärdes in för dessa två stödbidrag. Gällande rapportering av LOVA och LONA fanns möjligheten att rapportera en geografisk punkt, men inte en polygon. Därför lämnade länsstyrelsen in kompletterande GIS-underlag för åtgärder som finansierats med LOVA och LONA.

Informationen som lade grunden för beräkningarna av utsläpp före och efter återvätningen var:

- klimatzon för objekt (boreal eller tempererad),
- tidigare markanvändning,
- areal,
- andel organogen mark,
- effekt (om det skapades en vattenspegel, om grundvattennivån höjdes och ungefär hur mycket),
- bördighet.

Emissionsfaktorerna som användes var dels från Sveriges klimatrapportering 2022 (för dränerad mark), Skogsstyrelsens rapport 2021:7 (för återvätt mark) och från IPCC 2019 refinement (för åtgärder med vattenspegel).

⁶⁹ Även om det kan vara svårt för en taxerare att se skillnad på ett återvätt dike och ett dike som är vattenfyllt pga hög nederbörd.

4.4.2 Möjligt utvecklingsarbete för uppföljning

Naturvårdsverket leder utvecklingsarbetet kring uppföljningen av återvätningens klimat- och mångfaldsnytta, i samråd med olika berörda parter. För närvarande diskuteras bland annat hur återvätningens effektområde ska definieras och rapporteras på ett definierat, likartat och kvalitetssäkrat sätt. Vidare diskuteras om ovan nämnda faktorer kan behöva anges i finare kategorier samt om det finns behov av att samla in ytterligare beskrivande eller påverkande ståndortsfaktorer.

Att mäta växthusgasemissioner på ett representativt sätt på en viss yta är mycket dyrt och personalkrävande, förutom att det kräver en före-period av viss längd. Det kan inte göras på de praktiska återvätningarna annat än i mycket begränsad skala och då i nära samarbete med kvalificerade forskare.

4.5 Additionalitet för olika former av återvätning

Aktiv återvätning som genomförs med klimatmotiv som huvud- eller delsyfte bör kunna alltid betraktas som en additionell åtgärd.

Den utsläppsminskning som återvätning åstadkommer är att betrakta som permanent. Den kan inte göras ogjord även om man efter t.ex. femtio år skulle välja att återigen ta upp nya diken på marken⁷⁰. Åtgärden har samma permanenta klimateffekt som när man upphör med att använda fossila bränslen för ett visst syfte.

Hur man ska se på långsam återvätning som följd av utebliven dikesrensning är svårare att säga. Det gäller således även Skogsstyrelsens så kallade B-avtal i vilka man ersätter markägare för att inte dikesrensa under femtio år, med en viss lägre summa än den som erbjuds vid dikespluggning.

4.6 Myndigheternas planering framåt

Under senare år har länsstyrelserna, med stöd av Naturvårdsverket, kunnat bygga upp en kapacitet för storskalig återvätning i skyddade områden. Sedan ett och ett halvt år har Skogsstyrelsen haft en liknande utveckling, fast då med avseende på en genomförandeverksamhet kring återvätningsavtal (bilaga 1). Insatser har gjorts när det gäller riktlinjer, kompetensuppbyggnad, utvecklade arbetssätt, regelhantering, analysverktyg, handböcker, återvätningstekniker, upphandling av entreprenörer och samverkansformer med lokala entreprenörer och i många fall konsulter. För att dessa investeringar ska ge full utdelning är det viktigt med kontinuitet i verksamheten under ett antal år framöver.

Såväl Skogsstyrelsen som länsstyrelserna har nu metoder och arbetssätt som gör att skalan sammantaget kan öka betydligt under kommande två, tre år för att därefter ligga på minst fem tusen hektar under decennier framöver.

⁷⁰ Efter femtio år kommer de flesta dikade marker att ha återfått ett ”naturtillstånd” i hydrologisk mening och då får man, enligt nuvarande lagstiftning, inte längre dikesrensa.

I planeringen siktar man mot en kostnadseffektiv klimatnytta i form av långsiktig verksamhet i enlighet med Vägvalsutredningens förslag. Det är därför önskvärt med en långsiktig och stabil finansiering.

I den pågående våtmarkssatsningen finansieras åtgärderna genom Naturvårdsverkets anslag för skötsel av värdefull natur (anslag 1:3). Minskad klimatpåverkan och stärkt biologisk mångfald är i fokus.

Återvätning i den omfattning och takt som redovisas här och som ligger i linje med vägvalsutredningens förslag förutsätter en långsiktig och stabil finansiering. Med en årlig budget på runt 250 miljoner kronor syftande mot återvätningens klimatnytta kan ca fem tusen hektar återvätas aktivt årligen.

Naturvårdsverket har fungerat som en nod i arbetet och kan fortsätta att göra så (jfr ovan). Naturvårdsverkets plattform för länsstyrelsernas våtmarkssamordnare och andra berörda myndigheter är ett viktigt forum för erfarenhetsutbyte och kompetensutveckling, bland annat med stöd från övriga involverade myndigheter såsom SMHI och SGU.

Det finns ett ganska stort antal objekt som skulle kunna vara lämpliga för återvätningssavtal men som förutsätter dämning/pluggning av diken med så pass hög vattenföring att de inte passar in i Skogsstyrelsens nuvarande arbetssätt. De kräver ofta också att fler än en markägare är med. Här skulle ett utökat samarbete mellan länsstyrelser och Skogsstyrelsen kunna vara en resurseffektiv utvecklingsväg.

Skogsstyrelsen skulle också parallellt kunna utveckla en kunskapsbaserad rådgivning kring alternativa sätt att minska nettoutsläppen från dikad mark, som inte bygger på återvätningssavtal, vilket förutsätter ett uppdrag från regeringen. Det kan handla om att markägaren själv bygger pluggar på lämpliga platser efter viss lämplighetsanalys av myndigheten. Skogsstyrelsen skulle även kunna erbjuda gratis men ersättningslös pluggning i vissa fall där sannolikheten för att återvätningen blir bestående bedöms vara god.

Det finns också en i Sverige relativt utforskad potential för åtgärder som kan medge viss höjning av grundvattennivån, t.ex. vid övergång från trakt-hyggesbruk till hyggesfritt brukande. I Finland har studier gjorts som bör vara relevanta.⁷¹ Ökad analys och kunskapsutveckling kommer kanske att visa att det finns många fall när ett sådant brukande lönar sig bättre än dagens? Om man aldrig kalavverkar marken minskar behovet påtagligt av att skapa bättre dränering av marken. Skogen håller själva grundvattennivån lägre – för varje 100 kubikmeter per hektar som beståndet innehåller hålls grundvattennivån i genomsnitt 10–15 cm lägre. Man kan skörda och hämta gallringsvirke med något lättare maskiner och man behöver inte markbereda.

⁷¹ T.ex. Juutinen m.fl. 2021. Profitability of Continuous-Cover Forestry in Norway spruce Dominated Peatland Forest and the Role of Water Table. *Can. J. For. Res.* 51, 859–870. doi:10.1139/cjfr-2020-0305

Forskning kring klimatpåverkan och annan miljöpåverkan av dikning respektive återvätning finansieras av flera olika forskningsfinansiärer, inklusive Naturvårdsverket, Formas och EU.

För jordbruksmark behövs fler studier för att undersöka åtgärder för att minska utsläppen av växthusgaser samtidigt som man behåller jordbruksmarken i produktion. Jordbruksverket har därför inom detta regeringsuppdrag gett FORMAS i uppdrag att genomföra en systematisk översikt över åtgärder (utöver återvätning) för att minska utsläpp från dikade torvmarker som ska rapporteras i mars 2023.

5 Beskogning av nedlagd jordbruksmark

Myndigheternas bedömning är att den möjliga arealen outnyttjad jordbruksmark som kan beskogas ligger i intervallet 100 000–300 000 hektar.

Konservativa skattningar visar att efter 30 år skulle målinriktade konventionella beskogningsåtgärder kunna tillföra ytterligare 5–11 miljoner ton bunden koldioxid (CO₂) vilket motsvarar en genomsnittlig ökad inbindning av cirka 200–400 kton CO₂ /år.

Markägarnas attityder spelar en nyckelroll för den praktiskt realiserbara beskogningsarealen och i vilken takt kolinlagringen kan öka. Förväntad effekt av ekonomisk stimulans och rådgivning bör utredas med hänsyn till olika markägarkategorier samt lokala produktionsförutsättningar och konsekvenser för natur- och kulturmiljövärden.

Målinriktad aktiv beskogning och skogsvård med utvalt föryngringsmaterial och uttalat syfte att snabbt bygga stor biomassa bör kunna leverera mer kolinlagring än vad de typbestånd och tillväxtdata som använts i redovisade simuleringar indikerar.

Utökade ekonomiska stöd till markägare kommer krävas för att uppnå intensifierad beskogningstakt på tidigare jordbruksmark.

Tillförlitlig och transparent registrering, uppföljning och rapportering av beskogningsåtgärder fordrar nya administrativa system samt utvecklade metoder för effektskattning som inkluderar både privata marknadsinitiativ och statliga insatser.

5.1 Beskrivning av åtgärden

5.1.1 Grundläggande principer

Genom beskogning och anpassad skötsel kan nedlagd jordbruksmark ges förstärkt kapacitet att lagra in kol och därmed minska nettoavgången av växthusgaser. Träd ackumulerar biomassa som bygger både större och mer långlivade kolförråd än jordbruksgrödor. Träd som skördas kan bidra till substitution av fossila energislag och material och om virket används i långlivade produkter fördröjs återgången av koldioxid till atmosfären. Så länge virkesuttag och naturlig avgång (självvallring) är lägre än tillväxten och givet att kolförrådet i jorden bevaras, fortsätter den beskogade marken att vara en nettosänka. Grovt räknat motsvarar en skogskubikmeter (stamvolym) trädutväxt 1,3–1,5 ton koldioxidupptag (helträd, exklusive förnafall). Högst kolbindning i det långa loppet och störst permanent klimatnytta erhålls vid återkommande beskogning med trädslag vars tillväxt är hög och uthållig och som sköts så att de kan bygga stora stående virkesförråd och samtidigt leverera långlivade träprodukter med stor substitutionsförmåga.

5.1.2 Olika varianter på åtgärdens utförande

Aktiv beskogning av jordbruksmark för virkesproduktion sker vanligen genom plantering efter mekanisk markberedning som, där fältvegetationen är ymnig, behöver kompletteras med upprepad herbicidbehandling mot konkurrens och gräsväxt som ökar sorkförekomst. I de allra flesta fall är också stängsel mot viltbetning nödvändigt.⁷²

Ju längre tid som gått sedan jordbruksmarken hävdats desto mer förvildas fältvegetationen. Därtill kommer fläckvis spontan inväxning av buskar och träd. Samspel mellan fröfall från omgivande skog och gröningsförhållanden på den övergivna marken ger stor lokal variation i naturlig återbeskognings-takt och potentiell beståndsstruktur. Närhet till frögivande skog och fårsk markbearbetning ökar chanserna att tillvarata markens virkesproducerande och kolbindande förmåga. Vid långt gången spontan igenväxning krävs intensiva skötselinsatser⁷³ för att styra beskogningen mot effektiv kolinlag-ring, vilket kan vara svårt att motivera ekonomiskt och miljömässigt. I vissa fall kan riktade röjningsinsatser forma naturligt föryngrade ungsskogar på tidigare jordbruksmark mot alternativa skötsel mål såsom natur- och kulturmiljövärden, kommersiellt gångbara virkessortiment eller hög biomassa-produktion. Där inga aktiva föryngringsåtgärder görs är det svårare att prognosticera beskogningstakt och potentiell kolfångst.

Kombinationer av trädodling och fleråriga jordbruksgrödor, vall eller bete kan ge större kolinlagring än konventionell åker och vall⁷⁴ men potentialen att binda kol och minska avgången av växthusgaser är betydligt större i slutna och välväxande skogar. På vissa organogena jordar såsom bördiga dikade torvmarker bedöms dock återvätning vara ett snabbare och effektivare sätt att minska växthusgasutsläppen än beskogning⁷⁵.

5.1.3 Tidsperspektivet och bedömd substitutionseffekt avgör klimatnyttan

Lyckad beskogning av tidigare jordbruksmark kan ge hög tillväxt och kolfångst jämfört med omgivande skogsmark på samma breddgrad. Tillväxtnivåerna som rapporterats varierar dock kraftigt beroende på trädslag, markens bördighet och läge i landet⁷⁶. Eftersom tillväxtrytm, producerade vir-

⁷² Eriksson m.fl 2011. Skog på jordbruksmark – erfarenheter från de senaste decennierna. SLU. Institutionen för skogens produkter, Uppsala. Rapport 17.

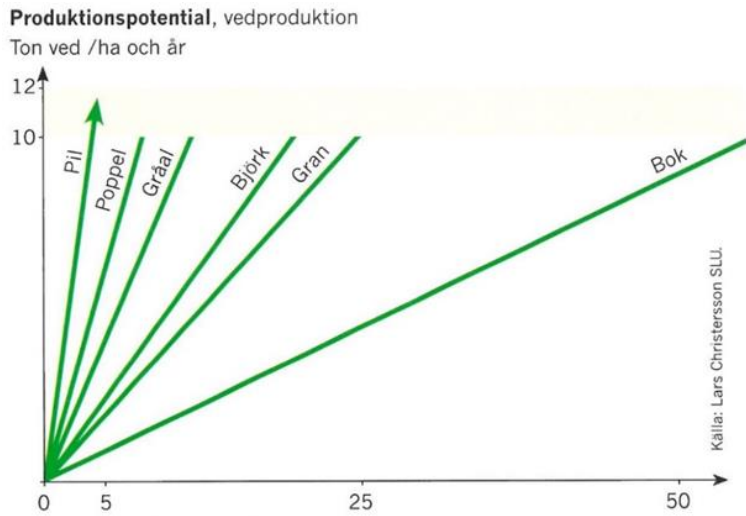
⁷³ kraftig markberedning och/eller herbicidbehandling och stora plantor

⁷⁴ Jmf Kapitel 6.

⁷⁵ Skogsstyrelsen 2021. Klimatpåverkan från dikad torvtäckt skogsmark – effekter av dike-sunderhåll och återvätning. Kunskapssammanställning och analys. Rapport 2021:7.

⁷⁶ Lundblad M., Roberge C., Mensah A.A., Petersson H., och Stendahl J. 2021. Förslag på uppföljning av åtgärder för ökad kolinlagring och minskade utsläpp i LULUCF-sektorn – Beskogning av tidigare jordbruksmark. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning. Arbetsrapport 525.

kessortiment och livslängd skiljer sig mellan olika trädslag påverkar tidsperspektivet också förväntad nettokolbindning för olika beskningsalternativ (Figur 5-1, L. Christersson SLU och Figur 5-2 från Lutter m.fl. 2021⁷⁷).



Figur 5-1. Trädslagets olika tillväxtrytm gör att det tar olika lång tid att uppnå hög medelproduktion. Långsammare start är ofta förknippat med hög uthållig tillväxt.

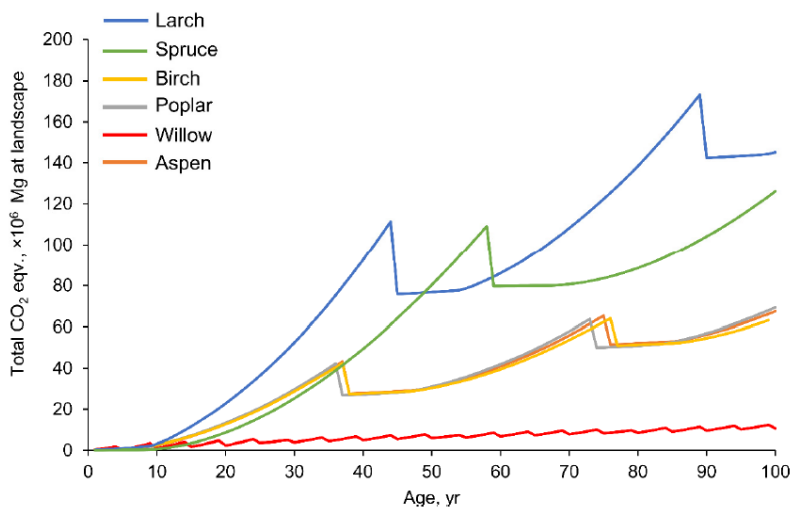


Figure 3. The development of the climate benefit at the landscape level according to the analyzed scenario expressed as the sum of removed CO₂ from the atmosphere due to increased carbon stocks and avoided CO₂-emissions related to substitution effects over 100 years for the studied tree species.

Figur 5-2 Klimatnyttans utveckling i landskapsskala enligt scenarier som inkluderar både infångad CO₂ från atmosfären i form av ackumulerad trädbiomassa (kolförråd) och CO₂-utsläpp som undvikits genom substitution under 100 år efter beskojning med fem olika trädslag. Beräkningarna avser ett nordeuropeiskt landskap där en fjärdedel av jordbruksmarken som bedömts outnyttjad för livsmedelsproduktion successivt beskojas (2% per år). Figur från Lutter et al. 2021.

⁷⁷ Lutter R., Stål G., Arnesson Ceder L., Lim H., Padari A., Tullus H., Nordin A., och Lundmark T. 2021 Climate benefit of different tree species on former agricultural land in northern Europe. *Forests* 2021, 12, 1810.

5.1.4 Pågående markanvändning sätter ramarna

Som första steg i strategisk planering för ökad kolinlagring genom beskogning av övergiven jordbruksmark behöver rådande markanvändning beaktas; är det jordbruk eller skogsbruk som bedrivs? Om markägaren gjort anmälan om att ta jordbruksmark ur produktion och länsstyrelsen godkänt detta gäller skogsvårdslagen och skyldighet att ”utan dröjsmål” anlägga skog som tillvaratar markens virkesproducerande förmåga på ett tillfredställande sätt. Åtgärd för att anlägga ny skog ska göras senast under det tredje året från det att skyldighet uppkom⁷⁸. Om markanvändningen inte officiellt ändrats till skogsbruk är förutsättningarna mer oklara och det saknas robusta rutiner för dokumentation och uppföljning av eventuell trädväxt. Plantering av snabbväxande lövträd med kort omloppstid (< 20 år) eller vård av glesa trädbestånd kan ske inom ramen för pågående markanvändning jordbruk och därmed berättiga till jordbruksstöd. Villkoren är då att marken utan större insatser ska kunna återföras till livsmedelsproduktion och/eller att åtgärden bedöms få små negativa effekter på naturmiljön. Länsstyrelsernas bedömning av anmälningar om ändrad markanvändning och för samråd.⁷⁹ varierar beroende på olika regionala rutiner och förutsättningar.^{80,81} Mest oklart är läget för de betydande arealer övergiven jordbruksmark som kan bli trädbärande utan aktiva beskogningsåtgärder eller utan att någon myndighet registrerar beskogningsobjektens areal, läge och behandling.

5.2 Förutsättningar för åtgärden

5.2.1 Areal jordbruksmark som tagits ur produktion

Avsevärda arealer jordbruksmark har tagits ur produktion under de senaste hundra åren. Rationaliseringar, konstgödsel och priskonkurrens (import) gjorde marginalmarker olönsamma att bruka och de övergavs successivt med början från mindre, svårtillgängliga och lågproduktiva objekt. Från maxnivån vid förra sekelskiftet hade jordbruksarealen år 2007 minskat med ca 1 miljon ha åker och 1 miljon ha ängs- och betesmark⁸². Minskningen har därefter fortsatt, om än i långsammare takt. Att ta fram robusta skattningar och prognoser för potentiell bruttoareal outnyttjad jordbruksmark tillgänglig för beskogning har emellertid visat sig komplicerat.

5.2.1.1 Ekonomiska kartan

Den tryckta ekonomiska kartan (EKO-kartan) där åkermarken är gulmarkerad, producerades under lång tid (1935–1978) och fungerar därför inte som stabil referensnivå i nationella förändringsanalyser. Omställning och storleksrationalisering av jordbruket satte ordentlig fart under 1960-talet med omfattande nedläggning och plantering av tidigare åker och har fortgått.

⁷⁸ Enligt 2-5 §§ skogsvårdslagen

⁷⁹ Enligt 6 kap. 6 och 9 §§ miljöbalken.

⁸⁰ Naturvårdsverket 2022. www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/samhallsplanering/

⁸¹ Sjødahl M. och Tryggvadotter I. 2022. Sammanställning av länsstyrelsernas arbete med anmälan om att ta jordbruksmark ur produktion enligt 12 kap 9 § miljöbalken. PM Länsstyrelsen Kronoberg.

⁸² Jordbruksverket 2011. [Jordbruket i siffror åren 1866-2007](#). (nov 2022)

Den åkermark som finns digitalt och som hämtats från EKO-kartans olikåldriga kartblad (1942–1988) är därför inte något bra tidsdokument. Dessutom saknas i EKO-kartan en stor del av Sveriges inland norr om Gävle samt all historisk ängs- och betesmark. Förändringsanalyser med stöd av EKO-kartan leder sannolikt till att den totala historiska arealen nedlagd jordbruksmark underskattas.

5.2.1.2 Jordbruksstatistiken

Naturvårdsverket⁸³ menar att de säkraste historiska uppgifterna om hur nedläggningen av jordbruksmark fortskridit, och därmed frigjorts för annan användning, finns i jordbruksstatistiken⁸⁴. Jordbruksstatistiken bygger på förelagda uppgifter som sedan sammanställs för nationell redovisning.

Enligt jordbruksstatistiken minskade mellan åren 1951 och 2000 åkerarealen med drygt 900 000 hektar, varav nära 80 procent fram till 1981, och betesmarken med nästan 300 000 hektar (SCB, Markanvändningen i Sverige). Arealuppgifter för betesmark är dock osäkra på grund av ändrade definitioner och osäkerhet i vad som verkligen utnyttjades för bete. De införda stöden i och med EU-inträdet och CAP har gjort att en del arealer som övergett på nytt togs in i jordbruksstatistiken. Åker (och äng) har sedan lång tid varit noga karterad medan betesmarken förr inte ansågs lika ekonomiskt värdefull och därför saknar kartering. Det är först i och med ersättningsystemet inom CAP som betesmarkerna börjat följas noga. Aktuell jordbruksstatistik anger 3,1 miljoner hektar som jordbruksmark, en genomsnittlig årlig minskning mellan år 2010 och år 2020 med drygt 7 000 hektar. Den överlägset största andelen av landets jordbruksmark finns idag i Götaland (63%) och i Svealand (27%) medan södra och norra Norrlands andelar är 6 respektive 4 procent. Dagens jordbruksstatistik bygger i mycket stor uträkning på data från Jordbruksverkets blockdatabas (se nedan) endast någon procent av arealerna kommer från andra källor.

5.2.1.3 Blockdatabasen

Det bästa underlaget för analys av var nedlagd jordbruksmark tillkommit under de senaste årtiondena är blockdatabasen. I blockdatabasen finns lägesbundna uppgifter såväl för åker- och betesarealer som erhåller stöd som för marker som tidigare erhållit stöd men inte längre gör det. De senare kan misstänkas vara nedlagda, även om vi inte kan veta i detalj hur det förhåller sig. Tidigare nedlagd jordbruksmark, före EU-inträdet, har sannolikt till största delen redan beskogsats eller exploaterats för andra ändamål.

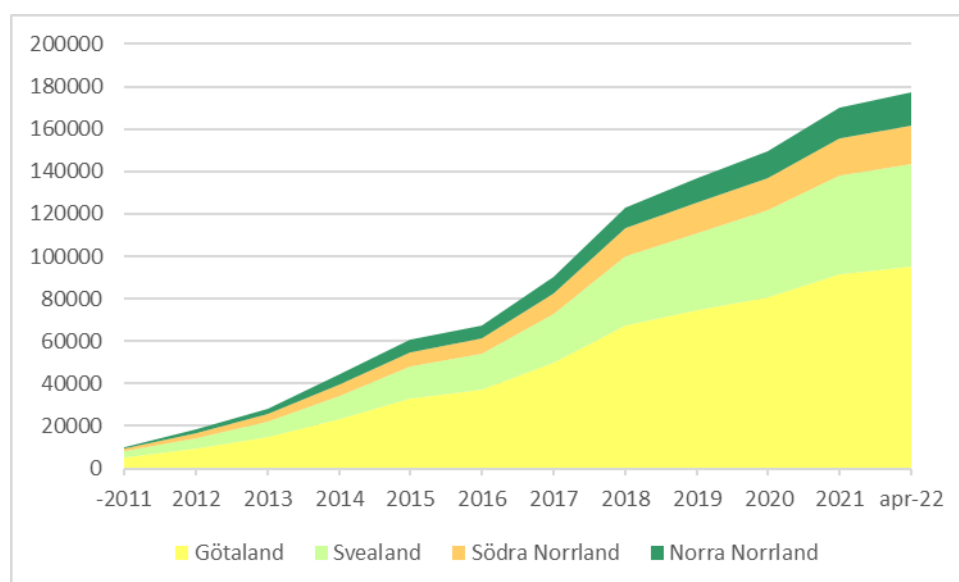
I april 2022 uppgav Jordbruksverket att marken som finns läges- och arealbestämd i blockdatabasen utgörs av 2,4 miljoner ha åker och 0,4 miljoner ha betesmark. Utöver dessa 2,8 miljoner hektar som mottar jordbruksstöd innehåller blockdatabasen sammanlagt ca 180 000 ha jordbruksmark som sedan 2011 lämnat den stödberättigade arealen (Figur 5-3 och 5-4). Där saknas en samlad bild av faktisk markanvändning. Det kan röra sig om: 1) ohävdad

⁸³ Göran Blom, Naturvårdsverket, personligt meddelande. E-post 2022-09-12.

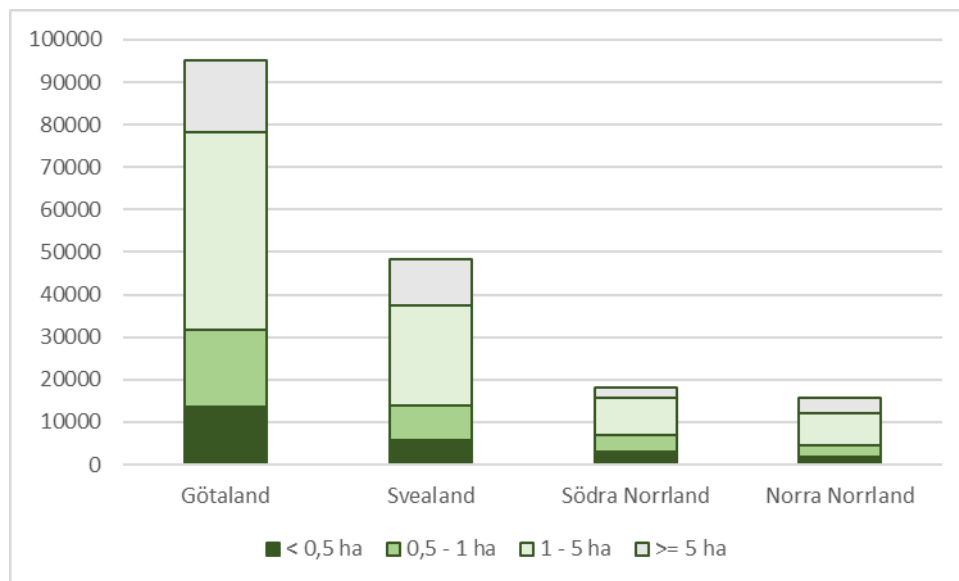
⁸⁴ SCB:s Lantbruksregister och tidigare Jordbruks-/Lantbruksräkningar

mark som därmed inte berättigar stöd, 2) mark som brukas utan att stöd söks, 3) mark på fastigheter som är för små (<4 ha) eller 4) husnära mark typ stugtomter. Sedan år 2011 till 2021 har i genomsnitt ca 15 468 ha/år övergått från mark som erhåller jordbruksstöd till mark i kategorin ”ej stödberättigad mark”. Knappt 30–40 procent av den areal som övergick till ej stödberättigad mark utgjordes av block under 1 ha, runt 50 procent kom från 1-5 ha block och återstående, ca 20 procent av arealen, fanns i block över 5 ha (Figur 5-4). Arealandelen mark i olika landsdelar som under senaste decenniet övergått till kategorin ”ej stödberättigad” är större i norra än i södra Sverige. Jämfört med den stödberättigade arealen år 2011 motsvarade minskningen 21 procent (N Norrland), 18 procent (S Norrland), 10 procent (Svealand) respektive 9 procent (Götaland).

Samtidigt finns ytterligare öppen mark utanför gårdsstöd och miljöersättningar som vi har otillräcklig kunskap om.



Figur 5-3. Ackumulerad areal (ha) av jordbruksmark i olika landsdelar som övergått till blockdatabasens kategori ”ej stödberättigad” under perioden 2011 till april 2022.



Figur 5-4. Fördelning av blockstorlek i olika landsdelar för de arealer (ha) som från år 2011 till april 2022 övergått till blockdatabasens kategori "ej stödberättigad".

5.2.2 Nationella marktäckedata

Det finns en datakälla som skulle kunna användas för att få fram en ungefärlig uppgift på besogningsbar före detta jordbruksmark och det är Nationella marktäckedata (NMD). Det är en satellitbildsbaserad kartering av marktäckte som dock inte visar markanvändningen. Ansatser från Naturvårdsverket och Jordbruksverket att urskilja de delar i NMD-klassen "övrig öppen mark" som härstammar från tidigare jordbruksmark har gett arealskattningar mellan 311 000 och 420 000 ha. Resultaten betraktas dock som mycket osäkra eftersom karteringen av historisk åker tvingas utgå från EKO-kartans olikåldriga kartblad (se ovan). Dessutom ingår många små isolerade ytor (enstaka pixlar) som inte utgör meningsfulla besogningsobjekt. Det skulle krävas omfattande analyser och förbättrad tilläggsinformation för att kunna avgränsa vad som faktiskt är tidigare jordbruksmark och inte, och som i NMD klassats som övrig öppen mark. I denna markklass ingår nämligen parker och idrottsanläggningar, villaträdgårdar och fritidshusområden, industriområden och mark kring infrastruktur, samt marker redan under igenväxning med mera. Att se hela markklassen övrig öppen mark som tillgänglig för besogning är därför inte korrekt.

5.2.3 Tidigare ansatser att bedöma potentiellt tillgängliga arealer för besogning

En samlad bedömning av hur stor kolinlagring som aktiv besogning av outnyttjad jordbruksmark kan bidra med behöver inkludera geografisk avgränsning av realiserbara arealer i olika landsdelar baserat på hänsyn till natur- och kulturmiljövärden, landskapsbild⁸⁵, regionala skillnader i bördighet och arrondering samt markägares attityder och drivkrafter⁸⁶. Gemensamt för

⁸⁵ Ökat lövinslag jämfört med omgivande skogsmark

⁸⁶ Exempelvis framtida stödformer och/eller utvecklade kolkredithandel

flertalet skattningar av potentiellt tillgänglig areal är att de utgår från stickprov och regional eller nationell uppskalning. Lägesbunden information och uppgifter om rådande lokala produktionsförutsättningarna saknas.

Lundblad m.fl. (2021) gjorde en avvägd bedömning av den potentiella arealen för ökad beskogning på tidigare jordbruksmark och fann att ytterligare 200 000 hektar skulle kunna beskogas under en 20-årsperiod. I avvägningen ingick att huvudsakligen redan nedlagd jordbruksmark utnyttjas vilket då inte väntas inkräkta på behovet av mark för livsmedelsförsörjning.

I klimatpolitiska vägvalsutredningen⁸⁷ (2020) beaktas att minskningen av aktivt brukad jordbruksareal fortsätter (-10 % sedan 1990) och att det enligt Riksskogstaxeringen tillkommit ca 140 000 hektar nedlagd åker och ca 80 000 hektar betesmark de senaste 20 åren samt att det därutöver finns drygt 100 000 hektar tidigare åkermark som övergetts för mer än 20 år sedan men som fortfarande klassas som kalmark. Den rimliga beskogningstakten med hänsyn till spontan igenväxning samt hänsyn till landskapsbild och biologisk mångfald med mera anges till 10 000 hektar per år under kommande tioårsperiod. Dessutom nämns att skogsvårdande åtgärder på ca 50 000 hektar spontant igenvuxen jordbruksmark kan bidra till att stärka kolinlagringen där.

I rapporter från Svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel och Energimyndigheten skattades den totala arealen öppen mark som inte nyttjas för livsmedelsproduktion till ca 500 000 hektar varav 478 000 hektar inom odlingszon 1-6. Därav bedömdes 25 procent (118 000 ha) som möjligt att använda för poppelodling.^{88 89}

Konkurrenskraftsutredningen (SOU 2015) väger in fler faktorer⁹⁰ och förutser att arealbehovet för jordbruksproduktion ökar med 20–30 procent eller 200 00–300 000 hektar till år 2030. Antagandet bygger på en uttalad strategi att den inhemska jordbruksproduktionen ska öka väsentligt till 2030. I samma utredning konstateras att ca 250 000 hektar i extensiv vallodling eller trädåker har tillkommit sedan 1990 och att ytterligare ca 250 000 hektar sedan tidigare tagits ur jordbruksproduktion. Med dessa förutsättningar identifieras 200 000–300 000 hektar tidigare jordbruksmark som eventuellt kan beskogas. Utöver arealen tidigare åker finns betesmark som bara delvis nyttjas för jordbruksproduktion.

En analys av den jordbruksmark som de senaste 10 åren övergått till ”ej stödberättigad areal” (ca 180 000 ha) i blockdatabasen har gjorts av Naturvårdsverket. Syftet var att se hur stor andel av dessa ytor som berörs av

⁸⁷ SOU 2020:4. Vägen till en klimatpositiv framtid.

⁸⁸ Statens energimyndighet. 2021. Snabbväxande trädslag för energi och andra ändamål. Sammanställning av dagens kunskapsläge och framtidens utmaningar. Rapport ER 2021:19

⁸⁹ Böhlenius H., Öhman M. & Persson P-O. 2022. Biodrivmedel från snabbväxande lövträd - en syntesstudie från råvara till drivmedel, Rapport nr FDOS 36:2022.

⁹⁰ Bl.a. Konsumtionsmönster, befolkningsökning, rationalisering

olika inskränkningar såsom områdesskydd, naturvårdsavtal och listade naturtyper för gräsmarker i habitatdirektivet. För de tidigare åkerytorna var det ca 3 procent, medan det var 27 procent för tidigare betesmarker. Vidare visade SLU:s markfuktighetskarta ytligt grundvatten på 10–15 procent av de 180 000 hektaren vilket kan indikera förekomst av organogen mark där minskning av växthusgasutsläpp också kan uppnås genom återvätning. Ytterligare analyser krävs för att fastställa om så är fallet.

5.2.4 Målkonflikter och synergier

5.2.4.1 Klimatnytta och biologisk mångfald

Förutom klimatnytta genom ökad kolinlagring kan genomtänkt trädplantering på tidigare jordbruksmark bidra med förstärkt konnektivitet och ge utrymme för större biologisk mångfald. Positiva effekter för biodiversiteten kan främst förväntas i ensartade jordbrukslandskap⁹¹ där skogklädda partier tillför variation i mikromiljöer dels under skogens olika utvecklingsstadier, dels genom gradienter från ljusa, torra brynmiljöer till beskuggning och högre luftfuktighet i beståndens centrala delar. Genomgående bör trädslagssval och stamantal vid plantering anpassas utifrån förutsättningarna att öka den lokala naturmiljöns variation.

Av hänsyn till grön infrastruktur, konnektivitet, landskapsbild och skydd av marker med höga naturvärden finns behov att bevara och utveckla de skogsmosaiker som kännetecknade äldre tiders beteslandskap. Ett sätt att göra detta ekonomiskt hållbart för lantbruksföretagare skulle vara att utnyttja delar av de 180 000 hektar i blockdatabasen som under de senaste 10 åren övergått till ”ej stödberättigad areal”. Naturvårdsverkets analys⁹² antyder att 20 000–40 000 hektar behövs för att omfatta och binda samman de skyddsvärda områden⁹³ som kartlagts.

5.2.4.2 Livsmedelsproduktion

Det övergripande målet med livsmedelsstrategin är bland annat en konkurrenskraftig livsmedelskedja där den totala livsmedelsproduktionen ökar. Det finns också en målsättning och ett arbete att bygga upp den civila beredskapen vilket innefattar tryggad livsmedelsförsörjning. Detta skulle kunna innebära att ytterligare arealer än de som nu är i bruk behöver tas tillbaka till livsmedelsproduktion i framtiden.

5.2.4.3 Landskapsbild

Täta snabbväxande trädodlingar är effektiva ur kolbindningssynpunkt men innebär påtaglig förändring av landskapsbilden. Särskilt negativt upplevs rena granplanteringar.⁹⁴ Gran på tidigare jordbruksmark är dock beprövat i

⁹¹ Stevens S.S. & Wagner M.R. 2007. Forest plantations and biodiversity: A fresh perspective. *Journal of Forestry*. September 2007.

⁹² Göran Blom & Annelie Mattisson, Naturvårdsverket, personligt meddelande. E-post 2022-09-12.

⁹³ Områdesskydd, naturvårdsavtal och listade naturtyper för gräsmarker enligt Natura 2000

⁹⁴ Lindhagen, A. och Hörnsten, L. 2000. Forest recreation in 1977 and 1997 in Sweden: Changes in public preferences and behaviour. *Forestry* 73 (2):143-53.

stora delar av landet och relativt lätt att etablera. Till skillnad från flertalet övriga trädslag kan granplanteringar också utvecklas väl utan stängsling mot vilt. Stängslade områden kan innebära försämrade förutsättningar för det rörliga friluftslivet.

Snabbväxande lövträd som hybridasp, poppel och al är gynnsammare för landskapsbilden och på rätt mark kan de leverera hög biomassaproduktion tidigt. På bördig mark kulminerar medeltillväxten för dessa trädslag runt 30-årsåldern. Där uthållig tillväxt och längre omloppstider eftersträvas kan andra trädslag vara att föredra. Kombinationer av snabbväxande trädslag som avverkas tidigt och mer långlivade trädslag med uthållig tillväxt skulle kunna leverera både biomassa och landskapsvärden.

5.2.4.4 Träd i jordbruk

En del av den extensivt använda eller oregistrerade jordbruksmarken används periodvis för bete eller slåttervall. Sådan ”konverteringsmark” skulle kunna beskogas med lägre stamantal än de som tillämpas i konventionellt skogsbruk och därmed leverera flera nyttor (virke, kolinbindning, livsmedel, landskapsvärden, biodiversitet).

I Sverige finns begränsad erfarenhet av agro-silvo-pastoral system på jordbruksmark där planlagd skötsel av ett trädskikt med eller utan återkommande virkesuttag kombineras med livsmedelsgrödor och foderproduktion för betande djur. En kunskapssammanställning (Kumm 2022) pekar på positiva produktionsmässiga och landskapsvårdande synergieffekter. Inte minst kan stängslingskostnaderna minska genom att slå samman små utspridda betesskiften med mellanliggande skogspartier. Rationalisering av sådant slag kräver dock samtidigt ändringar i stödsystemet. Gles plantering eller spridda dungar av björk och ek (i söder) eller tall och björk (i norr) är en intressant men oprövad modell för kolinlagring i träd på betesmark på både kort och lång sikt. En Sifo-undersökning refererad av Kumm (2022) visade att spridda grupper av gran i betesmarken värderades högre än trädlösa betesmarker när klimatnyttan inkluderades⁹⁵.

5.2.4.5 Lantbrukarnas motiv

Byte av markanvändning från jordbruk till skogsbruk innebär att gårdsstöd inte kan sökas och därmed att jordbrukaren förlorar en årlig och relativt säker intäkt. Odling av energiskog (som inte kräver byte av markanvändning) kan visserligen berättiga till gårdsstöd, men detta först sedan grödan etablerats⁹⁶. Vid odling av fleråriga grödor med lång omloppstid kan framtida intäkter också äventyras av enstaka angrepp av skadegörare. Dessutom kommer skördeintäkterna från energiskog flera år senare varför investeringsvilja och lönsamhet är beroende av ett förutsägbart och relativt högt flispris⁹⁷. I

⁹⁵ Kumm, K-I. 2022. Stora betesmarker med växande träd för ekonomiskt och klimatomkostigt hållbar köttproduktion. SLU, Inst f husdjurens miljö och hälsa, Avd f produktionssystem. Rapport 59.

⁹⁶ Jordbruksverket. Stöd till lantbrukare och verksamma på landsbygden. <https://jordbruksverket.se/stod> (hämtad 22-11-09)

⁹⁷ Bioenergisortiment eller biomassa för annan förädling

Landsbygdsprogrammet⁹⁸ har det under många år varit möjligt att söka stöd för plantering och stängsel med upp till 40 procent av kostnaderna och maximalt 5000 kr/ha men bidraget verkar hittills haft liten stimulerande effekt. Den totala arealen energiskog var år 2018 ca 10 000 hektar jämfört med ca 14 000 hektar 2005. Även om bioenergipriserna stigit kraftigt det senaste året kan nuvarande regelverk göra att energiskog upplevs som en osäker investering jämfört med fortsatt konventionellt brukande.

Skogsbruk med kort rotationstid i form av salixodlingar eller snabbväxande lövträd (hybridasp, hybridpoppel och al) som avverkas inom 20 år (såsom krävs för markanvändning jordbruk) levererar mestadels bioenergisortiment. Alternativ med skötselprogram som inkluderar gallringar skulle ge möjlighet att optimera skördetillfällena efter prisväxlingar för fler virkes-/biomassasortiment, inklusive timmerdimensioner vid omloppstidens slut. Men detta förutsätter längre omloppstider än vad som godtas inom ramen för markanvändning jordbruk. Odlingssystem som, på samma mark, kombinerar produktion av djurfoder eller livsmedel med trädodling har heller ingen given plats med dagens stödsystem och regler för pågående markanvändning. Åtgärder för att gynna trädutväxten är exempelvis inte tillåtna på betesmark som erhåller stöd.

Börjesson (2021, 2016) bedömde att markägare har avvaktande inställning till att odla energigrödor eller träd på överskottsmark av vall⁹⁹. Förväntad lönsamhet och ovilja att överge arealer som skapats av föregående generationers hårda arbete spelar in. Osäkerhet om EU:s stödsystem och livsmedelsstrategin kan också påverka hur stor buffert av outnyttjad jordbruksmark som behövs. Omställning till mer trädodling på tidigare jordbruksmark kompliceras dessutom av att betydande arealer som brukas arrenderas från andra markägare. Andelen arrenderad åkermark har ökat sedan 1950-talet och uppgick 2020 till 42 procent eller drygt 1 miljon hektar (Jordbruksverket 2022).

5.2.5 Kriterier

5.2.5.1 Mark som behövs för livsmedelsproduktion

Enligt Jordbruksverket bör de nuvarande ca 2,8 miljoner ha jordbruksmark i blockdatabasen som uppbär jordbruksstöd i huvudsak användas för livsmedelsproduktion och bör alltså inte prioriteras för åtgärder för kolfångst i träd.

⁹⁸ Jordbruksverket. Stöd för investeringar inom jordbruk, trädgård och rennäring. <https://jordbruksverket.se/stod/lantbruk-skogsbruk-och-tradgard/> (Hämtad 22-11-09).

⁹⁹ Börjesson, P. 2016. Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk bio-massa i en växande svensk bioekonomi. Rapport Nr 97, Miljö- och energisystem, Lunds universitet. Börjesson, P. 2021. Potential för ökad tillförsel av inhemsk biomassa i en växande bioekonomi – en uppdatering. Rapport Nr 121, Miljö- och energisystem, Lunds universitet.

5.2.5.2 Marker med restaureringspotential och hänsyn till natur- och kulturmiljövärden

På delar av den outnyttjade jordbruksmarken riskerar beskogning att hamna i konflikt med pågående restaureringsansatser i skogsmosaiker och övrigt naturvårdsarbete.

Outnyttjad jordbruksmark inom Natura 2000-områden, och andra skyddsformer bör undantas från aktiva beskogningsåtgärder. Likaså är det olämpligt att beskoga befintliga och före detta ängs- och betesmarker som, bedömts ha höga natur- och kulturmiljövärden i Jordbruksverkets ängs- och betesmarksinventering (TUVA-databasen) eller i länsstyrelsernas kartläggning av restaurerbar mark. Utpekade områden inom naturtyper enligt EU:s art- och habitatdirektiv¹⁰⁰ bör inte heller beskogas där detta motverkar en god nationell bevarandestatus.

Vidare ses delar av den outnyttjade jordbruksmark som idag saknar miljöersättning eller gårdsstöd som oundgänglig i strategisk landskapsplanering för större sammanhängande naturbetesfällor och betesmosaiker.

I regional skala tillkommer behov av särskild hänsyn och undantag från beskogning på outnyttjad jordbruksmark. Det gäller exempelvis platser där beskogning inkräktar på identifierade värdekärnor i odlingslandskapet eller motverkar den ekologiska funktionalitet som behövs för att utveckla landskapets gröna infrastruktur. Lokalt kan beskogning också hamna i konflikt med befintliga åtgärdsprogram för hotade arter.

En kartläggning av Naturvårdsverket indikerar att ca 3 procent av de tidigare åkerytorna och 27 procent av tidigare betesmarker behöver undantas från eventuell beskogning för att uppnå restaureringsmål för beteslandskap med skogsmosaiker¹⁰¹. Uppskattningsvis krävs 20 000–40 000 hektar av blockdatabasens ej stödberättigade block för att omfatta och binda samman skyddsvärda områden¹⁰².

5.2.5.3 Kostnadseffektivitet

Möjligheten att genomföra en lyckad beskogning behöver bedömas utifrån lokala förutsättningar. Samtidigt finns några generella principer kopplade till olika åtgärders kostnadseffektivitet.

Av den övriga öppna marken bedöms främst objekt >1ha och med begränsad naturlig igenväxning lämpa sig för aktiva beskogningsåtgärder i syfte att binda kol. Med möjligt undantag för granplantering är hägn mot betande klövvilt en grundförutsättning för att genom beskogning tillvarata jordbruksmarkens potential att binda kol.

¹⁰⁰ Rådets direktiv 92/43/EEG av den 21 maj 1992 om bevarande av livsmiljöer samt vilda djur och växter

¹⁰¹ Göran Blom & Annelie Mattisson, Naturvårdsverket, personligt meddelande. E-post 2022-09-12

¹⁰² Områdesskydd, naturvårdsavtal och listade naturtyper för gräsmarker enligt Natura 2000

Vid beskogning genom plantering som kräver stängsel bör större objekt med kompakt form prioriteras framför små objekt med utsträckt form eftersom de senare kräver fler meter stängsel per inhägnad yta. I blockdatabasen finns ungefär 121 000 hektar i objekt större än 1 ha och som överförts till kategorin ”ej stödberättigad” under senaste decenniet, det mesta i Götaland (52%) och Svealand (29%) och mindre andelar i södra och norra Norrland (11% vardera). Minst 30 procent av de objekt i blockdatabasen som under senaste 10-årsperioden övergått till ej stödberättigad mark är mindre än 1 ha stora och därför lägre prioriterade för planteringsinsatser.

Små objekt (<1ha) och smala objekt som omges av frögivande skog kan vara lämpligare att beskoga genom naturlig förnygring från lokalt förfall. Där fröfallet är rikligt kan väl utförd markberedning ge upphov till täta ungskogar som bättre står emot betande klövvilt och därmed minska behovet av stängsling.

Genomgående gynnas groning och plantöverlevnad betydligt av markbehandling i form av mekanisk markberedning och/eller herbicidbehandling som håller undan konkurrerande vegetation under etableringsfasen.

5.2.5.4 Kolbindningseffektivitet

För att tillvarata den outnyttjade jordbruksmarkens förmåga till nettokolbindning genom beskogning prioriteras:

- snabb beskogning (större årlig beskogningsareal),
- kompakta objekt större än 1 ha,
- goda odlingslägen (bördigare marker i Götaland och Svealand),
- etablering av stamtäta produktionsskogar (1500 st/ha eller mer),
- nyligen övergiven mark med låga kolförråd i jorden.

För delar av den dikade tidigare åkermarken kan återvätning ge snabbare och mer kostnadseffektiv klimatnytta än beskogning. Baserat på markfuktighetssimuleringar (SLU:s markfuktighetskarta) är det inte omöjligt att 10–15 procent av den ej stödberättigade arealen i blockdatabasen kan ges större klimatnytta genom återvätning snarare än genom beskogning¹⁰³.

5.2.5.5 Samlad bedömning möjliga arealer

Tidigare bedömningar av potentiell beskogningsareal genom uppskalning av landsdelsvisa stickprov, NMD-tolkningar och prognoser om jordbruksrationalisering samt avvägningar som tillförts under uppdragets gång antyder att den möjliga arealen ligger i intervallet 100 000–300 000 hektar.

¹⁰³ Göran Blom, Naturvårdsverket, personligt meddelande. E-post 2022-09-22.

5.3 Åtgärdens effekt på kolsänka

Den positiva nettoeffekten av aktiv beskogning är inte omedelbar och innan de nya träden vuxit ur den skadekänsliga plant- och ungskogsfasen råder stor osäkerhet om vilken koldioxidbindningskapacitet som kan uppnås. För att beskogning av övergiven jordbruksmark ska vara en meningsfull kompletterande åtgärd i klimatpolitiska ramverkets anda krävs snabb och säker etablering. Annars blir det ackumulerade kolupptaget lägre och tiden tills beskogningen ger nettokolbindning förlängs. Markstörningen som krävs för god överlevnad och tillväxt hos planterade plantor ökar inledningsvis koldioxidavgången från jorden vilket ytterligare understryker att åtgärdens effektivitet är beroende av snabb etablering. Stamtäta föryngringar av snabbväxande lövträd med kort livslängd kan vara effektiva kolsänkor på 10–20 års sikt men sett över en tidsperiod på 30–100 år förväntas det ackumulerade kolupptaget bli större i långlivade trädslag som kan bygga stora stående virkesförråd och samtidigt leverera träprodukter med stor substitutionsförmåga.

Historiskt har den huvudsakliga beskogningen av nedlagd jordbruksmark skett i form av rena granplanteringar. För alternativa trädslag, planteringsmönster och trädslagsblandningar är kunskapsunderlaget begränsat. Även om det finns en del data från trädslagsjämförelser och sammanställningar av spridda halvpraktiska försöksodlingar saknas längre tids erfarenhet av storskalig odling på övergiven jordbruksmark. Skattningar av kolbindning genom beskogning av jordbruksmark måste därför delvis bygga på antaganden om framtida träd tillväxt. Bättre underlag behövs också för att bedöma hur omsättningen av markens kolförråd påverkas av olika beskogningsvarianter och odlingsprogram som kombinerar träd med jordbruksgrödor eller bete.

De pågående klimatförändringarna kan få såväl positiva som negativa följder för produktionsförmågan vilket ställer krav på riskmedvetenhet och beredskap att hantera oväntade händelser såsom extremväder och angrepp av nya skadegörare. Framför allt i södra Sverige kan risken för torka göra att de längre växtsäsongerna inte kan utnyttjas.

Produktionsnivåerna för snabbväxande lövträdslag i biomassainriktade skötselprogram med 15–30 år omloppstid förväntas enligt Böhlenius m.fl. (2022) i norra Sverige ligga kring 11 ton CO₂ per år och hektar och nå 15,4 ton CO₂ per år och hektar i södra och mellersta Sverige¹⁰⁴. Eriksson m.fl. (2011) redovisar jämförelser av olika trädslags virkesproduktion efter ca 20 år i halvpraktiska försöksplanteringar på jordbruksmark i södra halvan av landet¹⁰⁵. Omräknat till årligt CO₂-upptag per hektar motsvarade trädslagets uppmätta tillväxt i genomsnitt 5–8 ton (björk), 4–10 ton (al), 4–5 ton (gran) respektive 17–24 ton (hybridasp och poppel). Pågående skogsträdförädling

¹⁰⁴ Avser stamved och med antagandet att kolinnehållet i biomassan är 50 procent

¹⁰⁵ Eriksson L., Bohlin F., Hörnfeldt R., Johansson T., Lindhagen A. & Woxblom L. 2011. Skog på jordbruksmark – erfarenheter från de senaste decennierna. SLU. Institutionen för skogens produkter, Uppsala. Rapport 17.

förväntas efter hand leverera plantmaterial som ger högre arealproduktion (överlevnad x tillväxt) och bättre anpassning till olika odlingslägen¹⁰⁶.

Lutter m.fl. (2021) använde data från 8–9 år gamla jämförande trädslagsförsök¹⁰⁷ som anlagts på fem platser mellan Svalöv i Skåne och Lövånger i Västerbotten med det mest högproducerande plantmaterialet som fanns att uppbringa för vardera växtplats. Författarna simulerade både kolfångst och substitutionseffekter och fann att under de första 35 åren gav björk, poppel och hybridasp högre kolinbindning än gran men sett över en hel omloppstid blev kolbindningen större vid granplantering. På de två sydligare lokalerna gav hybridlärk, redan från start, överlägset större klimatnytta än samtliga övriga trädslag. Totalt sett, i ett långsiktigt landskapsperspektiv och när även substitutionseffekten av olika virkessortiment räknades, framstod lärk och gran genom sin uthålliga tillväxt, höga genomsnittliga virkesförråd och relativt stora utbyte av långlivade träprodukter som det effektivaste sättet att binda kol i stående virkesförråd och träprodukter (Figur 5-2).¹⁰⁸

I brist på mer omfattande empiriska data om beståndsutveckling på nedlagd jordbruksmark kan en konservativ skattning av tillväxtpotentialen utgå från produktionen som uppmäts på bördig skogsmark inom samma klimatområde. Under det antagandet använde Lundblad m.fl. (2021) det skogliga beslutsstödsystemet Heureka (Planwise)¹⁰⁹ och simulerade genomsnittlig kolbindning per år och hektar med start från etablerade ungskogar fram till den beståndsålder som ger högsta ekonomiska nuvärde. Beräkningarna gjordes landsdelsvis för beståndstätheter som förekommer i skogsbruket (1000 eller 2000 stammar/ha) med tillväxtdata ur Riksskogstaxeringens databas för åtta olika trädslag. Med hjälp av markkolmodellen ICBM¹¹⁰ inkluderades att delar av kolförrådet i tidigare jordbruksmark frigörs i samband med beskogning. Rimligen bör beskogning och skogsvård med utvalt föryngringsmaterial och uttalat syfte att snabbt bygga biomassa kunna leverera mer kolinlagring än de typbestånd och tillväxtdata som använts i simuleringarna. Med möjligt undantag för granplantering är hägn mot betande klövvilt en grundförutsättning för att tillvarata jordbruksmarkens potential att binda kol.

Simuleringarna av Lundblad m.fl. (2021) visade att utfallet kan variera stort mellan olika landsändar samt beroende på trädslag och bördighet. I medeltal för olika marker och stamantal band träden i björkbestånd 3,3 ton CO₂ per

¹⁰⁶ Rytter, L., Ingerslev, M., Kilpeläinen, A., Torssonen, P., Lazdina, D., Löf, M., et al. 2016. Increased forest biomass production in the Nordic and Baltic countries – a review on current and future opportunities. *Silva Fenn.* 50, id 1660, 33 pp.

¹⁰⁷ Rytter L. & Lutter R. 2020. Early growth of different tree species on agricultural land along a latitudinal transect in Sweden. *Forestry* 93: 376-388.

¹⁰⁸ Lutter R. Stål G., Arnesson Ceder L., Lim H., Padari A., Tullus H., Nordin A., och Lundmark T. 2021. Climate benefit of different tree species on former agricultural land in northern Europe. *Forests* 2021, 12, 1810.

¹⁰⁹ Wikström P, Edenius L, Elfving B, Eriksson LO, Lämås T, Sonesson J, Öhman K, Wallerman J, Waller C, Klintebäck F. 2011. The Heureka forestry decision support system: an overview. *Math. Comput. For. Nat. Resour. Sci.* 3(2), 87-94.

¹¹⁰ Andrén, O. & Kätterer, T. 1997. ICBM: The introductory carbon balance model for exploration of carbon balances. *Ecological applications* 7(4), 1226-1236.

hektar och år och i granbestånd 8,4 ton per hektar och år under en omloppstid¹¹¹. Markens CO₂-avgång per år och hektar varierade från 0,367 (beskogning efter ettårig jordbruksgröda) till 1,1 ton (beskogning efter vallodling). Möjligen överskattar simuleringen markens kolförlust eftersom kvarvarande fältvegetation fortsätter att binda kol under skogens etableringsfas. Men särskilt i kortare tidsperspektiv (10–20 år), på mindre bördig mark och på jordar med höga kolförråd innebär koldioxidavgång från marken betydande begränsning av nettokolbindningen som kan uppnås genom beskogning.

Lundblad m.fl. (2021) simulerade¹¹² även utfallet av 10 000 ha årlig beskogning under 20 år och fann att efter 10 år uppnås relativt liten additionell kolbindning; motsvarande ca 50 kton CO₂ per år. När de etablerade skogarna växer till och ytterligare arealer beskogats stiger kolbindningskapaciteten mycket snabbt. Efter 25 år visar simuleringarna att en ordinär barrdominerad beskogning av 10 000 ha per år under 20 år kan leda till nettoupptag av ca 400 kton CO₂ per år (Figur 5-5). Används utvalda snabbväxande trädslag och högre beskogningstakt verkar kolinbindningen efter 25 år kunna fler-dubblas¹¹³.

I de scenarier som redovisas räknas eventuella gallringar och annan avgång från det ackumulerade kolförrådet som brännved vars kolinnehåll direkt återgår till atmosfären. Varken de tidiga virkesuttagens potentiella substitutionseffekt eller virkesanvändning från kommande föryngringsavverkningar ingår i den redovisade kolinbindningen. Särskilt för besogningsalternativ som kan producera industriråvara på kort tid (20–30 år) har den potentiella substitutionseffekten betydelse vid strategisk planering för ökad kolsänka (se även figur 5-2).

Även om resultaten bygger på förenklade antaganden och bör tolkas med försiktighet framgår tydligt att snabb etablering är viktigt och att de ingående trädslagens produktionsförmåga spelar stor roll för den potentiella klimatnyttan (Figur 5-5). För hybridasp eller andra snabbväxande lövträdslag och det mest produktiva föryngringsmaterial som finns att tillgå idag är det empiriska beräkningsunderlaget dock begränsat. Tillgängliga data antyder att om hälften av dagens beskogning med gran ersattes med hybridasp innebär det en fördubbling av nettoupptaget under en 30-årsperiod (Lundblad m.fl. 2021).

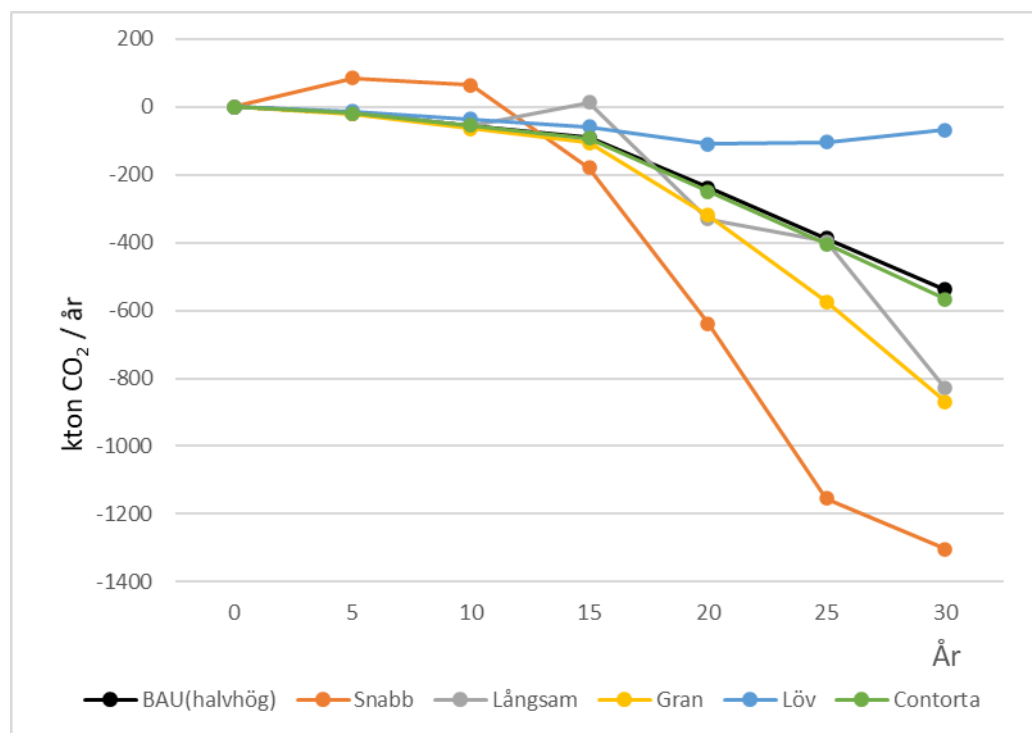
Konservativa skattningar visar alltså att efter 30 år kan intensifierad beskogning av upp till 200 000 hektar outnyttjad jordbruksmark dubbla det ackumulerade nettoupptaget jämfört med de genomsnittsskogar som idag åter-

¹¹¹ Omloppstiden baserad på högsta nuvärde

¹¹² Utgångsscenarioet var barrdominerade skogar bestående av gran, (50-65 procent) tall (10-40 procent) samt björk och asp (10-25 procent) i blandningar motsvarande de som påträffas på tidigare jordbruksmark i olika landsdelar.

¹¹³ Om 200 000 ha jordbruksmark i goda odlingslägen besogas snabbt verkar kolinbindning motsvarande 1000 kton CO₂ per år fullt möjlig efter 25 år.

finns på tidigare jordbruksmark. Målinriktade konventionella beskningsåtgärder skulle då kunna tillföra ytterligare 5–11 miljoner ton bunden koldioxid vilket motsvarar en genomsnittlig ökad inbindning av cirka 170–370 kton CO₂ per år under 30 år. I genomsnitt visar simuleringarna att effekten av 10 000 hektar beskogning per år under 20 år, efter 10 år, skulle motsvara 1,3 procent av målnivån för kompletterande åtgärder enligt Klimatpolitiska vägvalsutredningen och 9,3 procent av samma målnivå efter 25 år.



Figur 5-5. Simulerat nettoutsläpp av CO₂ under 30 år enligt olika besknings-scenarier på 200 000 ha tidigare jordbruksmark. Negativa värden innebär nettoupptag från atmosfären. För att åskådliggöra inverkan av framgångsrik aktiv beskogning jämförs här genomsnittsvärdet för dagens medelbestånd på tidigare jordbruksmark; Business as usual (BAU halvhög) med det bästa utfallet för vart och ett av fem alternativa scenarier. "Snabb" innebär dubbel besknings-takt (20 000 ha / år under 10 år), "Långsam" innebär beskogning av 10 000 ha/år i 10 år och därefter 20 000 ha/år i 5 år, "Gran" att all beskogning görs med gran, "Löv" att hälften av barrskogen i BAU ersätts med lika delar björk och asp *), "Contorta" att contortatall ersätter hälften av tallskogen i BAU. Diagrammet baseras på simuleringar av totala kolflöden enligt Tabell 7 i Lundblad m.fl. (2021).

*) Notera att beräkningarna gjorts med tillväxtdata från befintliga träd i riksskogstaxeringens databas. Lövträden där har till övervägande del uppkommit genom spontan naturlig förnyring med klart lägre tillväxt än dagens bästa plantmaterial i välskötta lövbestånd.

Simuleringsresultatens stora variation förklaras av att scenarierna innehåller flera utslagsgivande faktorer (besknings-takt, trädslag, etablerat stamantal samt markens bördighet och kollager) som förstärker varandra. Högst värdet genereras av kombinationen stor årlig beskningsareal + stamrik förnyring + hög bördighet + trädslag med hög och uthållig tillväxt + låg koldioxidavgång från marken.

5.3.1 Kolbindning efter trädetablering på jordbruksmark och alternativt brukande

Om åkermark som ingår i växtföljd ställs om till permanent vallodling eller betesmark ökar kolinlagringen under några år tills fältvegetationens assimilation på nytt hamnar i balans med respiration och nedbrytning varvid netto-upptaget åter blir noll.

Bedömning av alternativa brukningsformers förmåga att binda kol kräver skattningar som utgår från andra omloppstider, stamantal, beskogningsmönster och trädslagskombinationer än de som tillämpas i konventionella virkesinriktade skötselprogram. Som del av detta regeringsuppdrag lät vi göra kompletterande jämförelser av kolbindning dels enligt scenarier där trädväxt kan kombineras med någon typ av jordbruksproduktion, dels enligt scenarier där jordbruksmark mer eller mindre aktivt omförs till skogsbruk.¹¹⁴ I första hand beaktades utvecklingen under det närmaste halvsekle efter beskogning. Även här användes tillväxtdata från befintliga träd i riksskogstaxeringens databas. Lövträden där har till övervägande del uppkommit genom spontan naturlig förnygring med klart lägre tillväxt än dagens bästa plantmaterial i välskötta lövbestånd. Tillväxtdata för poppel kommer från försöksplanteringar med utvalt plantmaterial.

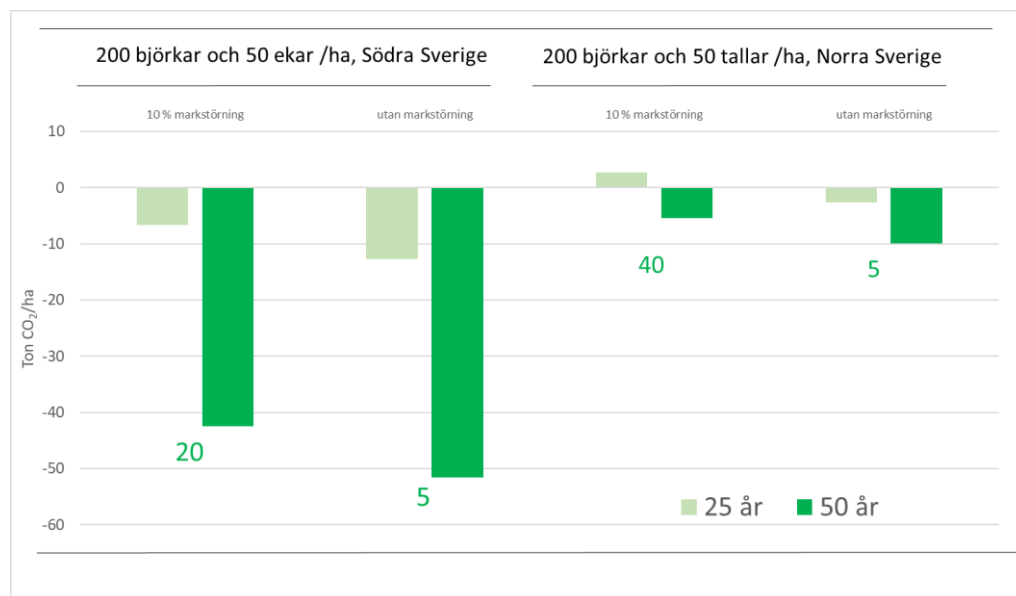
Simuleringar med eller utan markstörning (reducerad årlig kolbindning i fältskiktet) under trädens etableringsfas indikerade att markstörningen sänker jordens kolförråd och att det kan ta lång tid för träden att kompensera (Figur 5-6). Med snabbväxande lövträd, högre stamantal och gynnsamma odlingslägen i södra Sverige nåddes klimatnyttan¹¹⁵ av beskogning snabbare än vid gles plantering på svagare mark i norra Sverige eller vid plantering med gran som har relativt långsam ungdomstillväxt (Figur 5-7 och 5-8). Simuleringarna indikerade att poppel i kortrotation med stamantal motsvarande biomassainriktade skötselprogram (1100–1600 st/ha) kan ge uppåt tio gånger större koldioxidinbindning än de glesa trädplanteringar där marken samtidigt skulle kunna nyttjas för bete eller vall (Figur 5-8). Vid återkommande biomassauttag i stamtäta poppelodlingar tillkommer potentiell substitutionseffekt. Denna är inte medräknad i de redovisade resultaten. Simulering av stamtäta gran- eller blandskogar på bördiga marker i södra Sverige visade, efter 50 år, ackumulerade nettoupptag i nivå med poppel i kortrotation och gav dessutom, jämfört med poppel, ytterligare substitutionsmöjligheter tack vare grövre dimensioner på det skördade virket. För granplantering med 2000 stammar per hektar och konventionell virkesinriktad skötsel dröjde dock klimatnyttan 15–25 år längre än vid poppelplantering. Konventionell virkesinriktad skötsel förutsätter också byte av markanvändning från jordbruk till skogsbruk. Igenvuxen tidigare jordbruksmark som genom naturlig förnygring bildat stamrika ungskogar kan också erbjuda hög kolbindningspotential. Etableringstiden oräknat förväntas exempelvis, i landets

¹¹⁴ Lundblad, M., Roberge, C. och Holmström, H. 2022. Beräkningar utförda vid SLU på beställning för detta regeringsuppdrag.

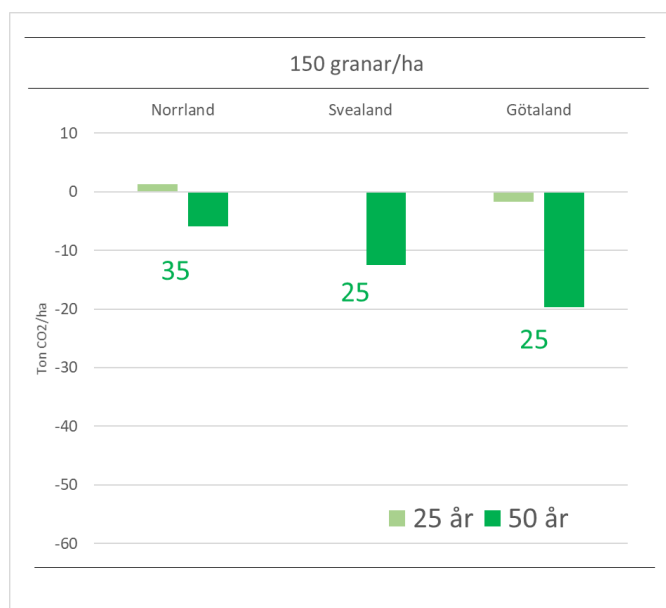
¹¹⁵ Det vill säga tid tills de planterade trädens kolbindning överstiger CO₂-avgång från marken.

bättre odlingslägen, en trädslagsblandad ungskog med runt 10 000 utvecklingsbara stammar kunna binda 5–11 ton CO₂ per år och hektar under de första 25–50 åren.

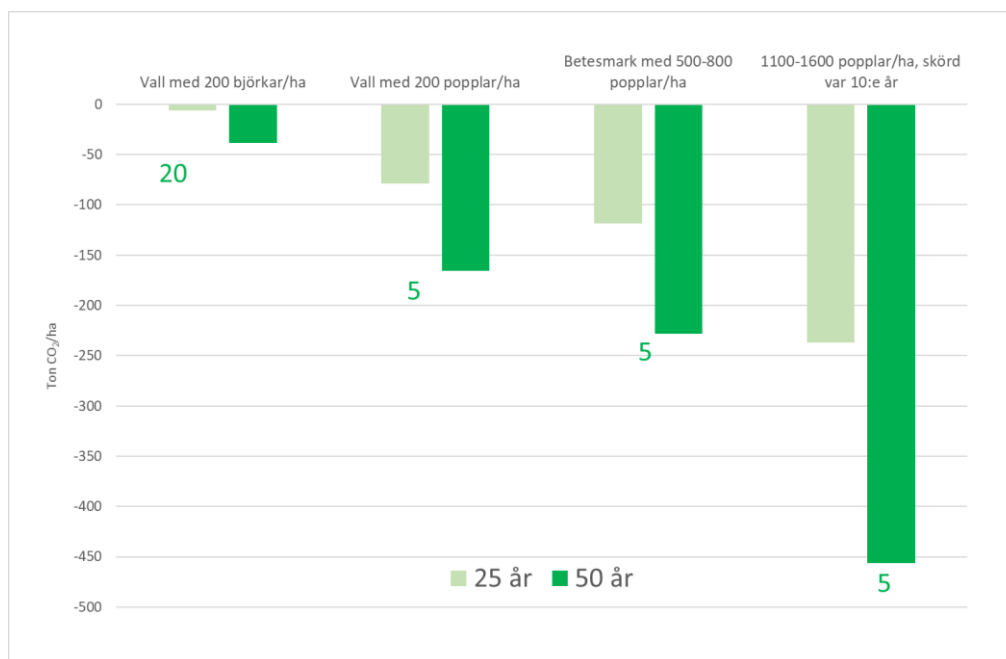
I södra Sverige kan gles trädplantering på tidigare jordbruksmark generera klimatnytta inom cirka fem år förutsatt att markstörningen minimeras och trädslagen som planteras har snabb ungdomstillväxt. Den förväntade årliga kolbindningen blir dock låg; motsvarande 0,5–1 ton CO₂ per hektar.



Figur 5-6. Simulering av ackumulerat nettoupptag (ton CO₂/ha) 25 och 50 år efter gles plantering (250 träd/ha) på störd eller intakt jordbruksmark i södra respektive norra Sverige. Gröna siffror anger antal år till klimatnytta, det vill säga innan trädens kolinbindning överstiger CO₂-avgång från marken.



Figur 5-7. Simulering av ackumulerat nettoupptag (ton CO₂/ha) 25 och 50 år efter 5 procent markstörning och plantering av 150 granar/ha på jordbruksmark i olika landsändar. Gröna siffror anger antal år till klimatnytta, det vill säga innan trädens kolinbindning överstiger CO₂-avgång från marken.



Figur 5-8. Ackumulerat nettoupptag (ton CO₂/ha) 25 och 50 år efter beskogning med 200 lövträd /ha (björk eller poppel) i vall med 5 procent markstörning eller 500–800 popplar/ha på betesmark med 50 procent markstörning alternativt poppel i kortrotation (100 procent markstörning). Gröna siffror anger antal år till klimatnytta, det vill säga innan trädens kolbindning överstiger CO₂-avgång från marken. Vid återkommande biomassauttag i stamtäta poppelodlingar tillkommer potentiell substitutionseffekt. Denna är inte medräknad i de redovisade resultaten.

5.3.2 Metod för effektberäkning inom dagens klimatrapportering

Riksskogstaxeringens uppgifter är underlag för såväl redovisningen av ändrad markanvändning som kolinlagring. Metodiken bygger på stickprov och arealskattningar som visar trender över längre tid (20 år eller mer) och fångar upp förändringar på nationell nivå. Däremot saknas idag rutiner som på ett transparent sätt redovisar årliga och positionsbestämda insatser för inlagring eller minskad avgång av växthusgaser genom beskogning av tidigare jordbruksmark.

5.3.3 Möjligt utvecklingsarbete

Dagens redovisning utgår från en förändringsanalys för markanvändning på 30 000 permanenta provytor som återbesöks av Riksskogstaxeringen i ett 5-årigt omdrev (6 000 taxerade provytor per år). Eftersom relativt få provytor i stickprovet utgör mark som övergått till skogsmark blir den uppskalade nationella skattningen osäker. Bättre bedömningar av åtgärdens potential på kort och lång sikt fordrar lägesbunden information och uppgifter om lokala produktionsförutsättningar inklusive markägarattityder.

Utvecklad uppföljning och rapportering behöver kunna hantera såväl statliga som privata marknadsinitiativ.

- Tillgängliga arealer behöver avgränsas geografiskt och klassas avseende produktionsförutsättningar. Att positions- och arealbestämma ytterligare öppen mark (utanför blockdatabasen) som eventuellt skulle kunna beskogas med syfte att binda kol kräver mer omfattande analyser än vad vi klarat av inom ramen för detta uppdrag.
- Nya administrativa system behövs för att klara uppföljning och rapportering och som underlag till riktade stöd och privata marknadsinitiativ ("carbon farming" och certifiering av kolkrediter)
- Robusta och transparenta skattningar kräver mer detaljerad kunskap om hur kolflöden över tid påverkas av alternativa beskogningsvarianter på marker med olika brukningshistorik och bördighet.
- Det behövs en fördjupad analys av nationellt möjlig kolbindning både på kort sikt (<30 år) och längre sikt (30–100 år). Skattningarna behöver omfatta kolförråd i trädbiomassa som upprätthålls i olika odlingssystem över tid, lagerförändringar i biomassa och markkol samt beakta substitutionseffekten och hur aktuella substitutionsfaktorer förändras.
- Med tanke på riskspridning och möjliga synergieffekter bör utvecklingen av nya skötselprogram och produktionsmodeller (med alternativa trädslagsblandningar och/eller planteringsmönster) uppmuntras.
- Efter hand som resultaten av skogsträdsförädling och fälttester av nya förnygringsmaterial blir tillgängliga kan tillväxtskattningarna behöva revideras.

5.4 Uppföljning av åtgärden

5.4.1 Nulägesbeskrivning

Nuvarande uppföljning och rapportering av åtgärden "Beskogning av tidigare jordbruksmark" hanteras enligt flera olika riktlinjer varav vissa är globala (Klimatkonventionen, Kyotoprotokollet och Parisavtalet) medan andra är EU-specifika (EU:s LULUCF förordning, och Styrningsförordning) eller kopplade till nationella åtaganden och regelverk (Klimatpolitiska ramverket).

I dagsläget rapporteras beskogning under Kyotoprotokollet (sista redovisningen gjordes 2022) och under EU:s LULUCF beslut¹¹⁶. Kraven på att rapportera beskogning separat finns dock inte under Klimatkonventionens och Parisavtalet men däremot ska länderna rapportera all mark som konverteras från åkermark, betesmark, bebyggd mark, våtmark och övrig mark till skogsmark (mark som beskogas) under en 20-årsperiod efter det att marken

¹¹⁶ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS BESLUT nr 529/2013/EU av den 21 maj 2013 om bokföringsregler för utsläpp och upptag av växthusgaser till följd av verksamheter i samband med markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk och om information beträffande åtgärder som rör dessa verksamheter.

beskogades. Krav på rapportering av beskogning finns däremot i EU:s Styrningsförordning¹¹⁷ genom LULUCF-förordningen¹¹⁸ och den första åtagandeperioden är 2021 – 2025. Beräkningarna ska följa IPCC:s metodriktlinjer. Från 2026 till 2030 ska EU:s medlemsländer rapportera mark som konverterats enligt samma principer som under klimatkonventionen.

5.4.1.1 Aktivitetsdata för beskogning i klimatrapporteringen

När det gäller beskogning av mark så handlar det framför allt om beskogning av Åkermark, Betesmark och Bebyggd mark. Den markanvändningsförändring som sker från Våtmark och Övrig mark till Skogsmark är obetydlig i sammanhanget och har framför allt att göra med naturliga processer (t.ex. att det tillfälligt eller permanent blir torrare och träden växer bättre). För redovisning av beskogning inom klimatrapporteringen (i.e. konvertering av annan brukad mark till skogsmark) används idag arealskattningar baserat på Riksskogstaxeringens permanenta provytor. Nettoupptag i biomassa skattas utifrån mätningar i fält på samma provytor som används för arealskattningen.

5.4.2 Möjligt utvecklingsarbete

För aktiviteter som omfattar mindre arealer inom Riksskogstaxeringen finns risk att effekten av eventuellt genomförda åtgärder inte fångas upp i klimatrapporteringen men den nuvarande redovisningsmetoden är tillräckligt robust för de krav som ställs inom ramen för klimatrapporteringen där det inte finns några specifika krav på att identifiera anledningen till att nettoupptaget ökar. Lundblad m.fl. (2021)¹¹⁹ har tagit fram faktorer för olika trädslag och marker i ton C per hektar och år för att man ska kunna uppskatta effekten av beskogning. För att använda detta underlag behövs aktivitetsdata enligt nedan.

Aktivitetsdata för att kunna följa upp besogningsaktiviteter och som behöver säkerställas är:

- Var i landet aktiviteten sker (södra, mellersta eller norra Sverige)

¹¹⁷ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2018/1999 av den 11 december 2018 om styrningen av energiunionen och av klimatåtgärder samt om ändring av Europaparlamentets och rådets förordningar (EG) nr 663/2009 och (EG) nr 715/2009, Europaparlamentets och rådets direktiv 94/22/EG, 98/70/EG, 2009/31/EG, 2009/73/EG, 2010/31/EU, 2012/27/EU och 2013/30/EU samt rådets direktiv 2009/119/EG och (EU) 2015/652 och om upphävande av Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 525/2013.

¹¹⁸ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2018/841 av den 30 maj 2018 om inbegripande av utsläpp och upptag av växthusgaser från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk i ramen för klimat- och energipolitiken fram till 2030 och om ändring av förordning (EU) nr 525/2013 och beslut nr 529/2013/EU.

¹¹⁹ Lundblad M., Roberge C., Mensah A.A., Petersson H., och Stendahl J. 2021. Förslag på uppföljning av åtgärder för ökad kolinlagring och minskade utsläpp i LULUCF-sektorn – Beskogning av tidigare jordbruksmark. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning. Arbetsrapport 525.

- Markanvändning/marktyp innan beskogning
- Areal som beskogas (ha)
- Markberedning i samband med plantering
- Trädslag/trädslagsblandning
- Antal träd/trädthet

I dagsläget finns det ingen formaliserad uppföljning på denna detaljeringsnivå som ovan. Det finns dock en öppning i 12 kap. 9 § i miljöbalken. Enligt 12 kap. 9 § miljöbalken får en åtgärd som innebär att jordbruksmark tas ur jordbruksproduktion inte vidtas utan att en anmälan har lämnats till länsstyrelsen, om inte åtgärden är av ringa betydelse för jordbruket på brukningsenheten eller för natur- och kulturmiljön. Den som har underrättat länsstyrelsen om att jordbruksmark ska tas ur jordbruksproduktion, anses enligt 6 § 2 stycket förordning (1998:904) om anmälan för samråd, även ha gjort en anmälan för samråd enligt 12 kap. 6 § miljöbalken för den verksamhet för vilken marken planeras tas i anspråk. Generellt sett bör mark som det går att ta matjord från anses vara åkermark. Planerar en brukare av mark att plantera skog på en åker som det är möjligt att ta matjord från innebär det således att markanvändningen ändras. Brukaren är därmed skyldig att anmäla till länsstyrelsen att man avser att ta jordbruksmark ur jordbruksproduktion.

Plantering av träd på åkermark och betesmark är alltså anmälningspliktig, vilket innebär att en stor del av den beskogning som sker borde anmälas till länsstyrelsen och att information bör och borde finnas för att kvantifiera beskogningseffekten samt verifiera och komplettera de arealer som idag skattas med data från Riksskogstaxeringen för att utveckla klimatrapporteringen. Länsstyrelsens undersökning av hur anmälningar om ändrad markanvändning hanteras visar emellertid att regionerna har olika rutiner och att mycket liten del av marken som i praktiken faller ur jordbruksproduktion registreras genom länsstyrelserna. System för att få ut platsbunden information om potentiellt tillgänglig mark för beskogning saknas. De inhämtade uppgifterna anger att år 2012–2021 beviljades anmälningar för 7000 hektar varav 36 procent betesmark och 64 procent åkermark. Skogsplantering var det övervägande motivet för byte av markanvändning.¹²⁰

5.5 Additionalitet

I samband med Våtmarkssatsningen har ett datainformationssystem tagits fram för att säkerställa dataflöden av aktivitetsdata för att kunna uppskatta effekten av återvätning och för kunna inkludera detta bland annat i klimatrapporteringen. Ett liknande system för beskogning som kopplar till kraven i miljöbalken skulle underlätta uppföljningen av beskogning. Att rapportera

¹²⁰ Sjö Dahl M. och Tryggvadotter I. 2022. PM. Länsstyrelsen Kronoberg

identifierade aktivitetsdata i ett datainformationssystem skulle utöka arbetsbelastningen på länsstyrelsen.

I de av SLU framtagna siffrorna över hur stor kolinlagring som kan uppnås efter olika beskogningsinsatser finns medräknat ett nollalternativ som systemen jämförs mot. Detta gör att de resultat som presenteras kan sägas vara additionella i sin helhet (Figur 5-5, 5-6, 5-7, 5-8 och tillhörande text).

När en åtgärd leder till ökad nettoinlagring av kol jämfört med om åtgärden inte gjorts kan denna betraktas som additionell. En helt invändningsfri skattning och bokföring av additionalitet inkluderar endast det tillskott av kolinlagring som uppnåtts som direkt följd av åtgärden. Det finns dock risk att ett så strikt förhållningssätt allvarligt försvårar uppföljning och sänker markägares motivation att göra aktiva insatser för att öka kolinlagringen. Vid beskogning av outnyttjad jordbruksmark skulle resonemanget innebära att kolbindningen i träd som etablerats genom spontan naturlig föryngring (vegetativt eller genom fröfall från befintliga träd och angränsande skog) inte kan räknas med. I skötselprogram med längre omloppstider blir det efterhand svårt att säkert identifiera vilka stammar som etablerats genom aktiva insatser. Åtminstone när beskogningen gjorts med lokalt förekommande trädslag och när konkurrens och skadefaktorer börjat modifiera beståndsstrukturen. I vissa fall kan aktiva beskogningsåtgärder underlätta tillkommande naturlig föryngring i form av insädd från angränsande skog.

Det grundläggande kravet för att träd på outnyttjad jordbruksmark ska kunna tillgodoräknas som additionell kolfångst är att trädväxten föregåtts av dokumenterade skötselåtgärder. En variant kan vara att den ökade nettoinlagring (skogstillväxt) som noteras vid uppföljning av dokumenterade aktiva föryngrings- och skogsvårdsåtgärder såsom 1) markberedning, 2) lämnande av fröträd, 3) inventering av föryngringsresultat som påvisar nöjaktig föryngring eller 4) beståndsvårdande utglesning räknas som additionell. Certifieringsstandarder för beräkning av kolkrediter från beskogning har exempelvis utvecklats av Verra¹²¹.

För att motivera markägare att utföra åtgärder som ökar kolinlagring i träd på outnyttjad jordbruksmark behövs troligen både ekonomiska incitament och utrymme för anpassning till individuella förutsättningar och lokala produktionsbetingelser. Alternativa brukningsformer måste framstå som företagsekonomiskt konkurrenskraftiga och åtföljas av villkor som medger långsiktig planering. Jämfört med ettåriga jordbruksgrödor som kan ge löpande intäkter eller lågintensiv hävd, som åtminstone berättigar till gårdsstöd, är beskogning ett långsiktigt åtagande med höga initialkostnader och svårförutsägbar avkastning. Det är tänkbart att fler markägare skulle överväga aktiva åtgärder för kolfångst i träd på outnyttjad jordbruksmark om det fanns garantier för avsättning till ett fastställt pris per ton CO₂ (nettoupptag).

¹²¹ Verra. Verified carbon standard. <https://verra.org/programs/verified-carbon-standard/> (Hämtad 2022-11-09)

Oprövade metoder samt osäkerhet om framtida regelverk och stödformer tillsammans med ovilja att överge jordbruksmark skapad genom föregående generationers hårda arbete gör markägare mindre benägna att satsa på beskogning av outnyttjad jordbruksmark. En del osäkerhet kan avhjälpas med ekonomisk och praktisk rådgivning men det behövs detaljerad och aktuell kunskap om olika markägares attityder och drivkrafter för att utforma verkningfulla kampanjer.

5.6 Myndigheternas planering framåt

Flera samverkande och svårbestämda faktorer avgör den realiserbara potentialen för ökad kolfångst och minskad av gång av växthusgaser genom beskogning av outnyttjad jordbruksmark. Ett utökat planeringsunderlag bör kompletteras med areal- och lägesbestämd information om lokala produktionsförutsättningar och markägarattityder. I dagsläget finns inga särskilda insatser planerade och genomförande av åtgärden förutsätter riktade satsningar.

Målgruppen för åtgärden är enskilda markägare, med en i många fall begränsad kunskap och tid för att genomföra åtgärder på frivillig väg. Det är troligen nödvändigt att jobba med attityder gällande de åtgärder som föreslås då de i många fall skiljer sig från hur markerna idag hanteras - såväl passivt som aktivt.

För att uppnå en ökad beskogning är bedömningen att det kommer att behövas ett incitament i form av ett ekonomiskt stöd. Stödets storlek och utformning behöver utredas ytterligare. Eventuellt räcker det inte med att endast betala för kolinlagringen i sig utan det kan även krävas en incitamentsbaserad del för att överbrygga attityder och för att få till åtgärden i större omfattning. Ett ekonomiskt stöd behöver utformas i enlighet med EU:s regler om statligt stöd.

För att få bäst effekt av åtgärden behöver ett kunskapsunderlag tas fram som visar på olika beskogningsåtgärders nyttor och svagheter. Detta kunskapsunderlag behöver också adressera de målkonflikter och synergier som redovisats ovan. För att få ut bästa resultat av åtgärden kommer det också behövas rådgivning kopplat till kunskapsunderlaget.

6 Agroforestry

Det har inte varit möjligt att uppskatta hur stor areal jordbruksmark som kan omföras till agroforestry. Vår bedömning är att potentialen är beroende av markägarnas intresse och vilja att investera i dessa system, vilket i sin tur är beroende av tillgång på t.ex. ekonomiska stöd och regler, kunskap samt efterfrågan på produkter.

För att omfattningen av agroforestry ska öka behövs definitioner av systemen så att det går att identifiera ökningen. Definitioner är också nödvändiga för att hantera agroforestry inom EU:s jordbrukarstöd.

Möjligheten att ge ekonomiskt stöd till agroforestry är en del som påverkar genomförandet, men även att omsätta kunskap kring skötsel och etablering från andra länder till svenska förhållanden samt kunskap om effekter är viktiga.

Begreppet agroforestry samlar flera olika system för matproduktion där vedartade växter samodlas med jordbruksgrödor eller växter som har ett sådant fodervärde att marken samtidigt kan användas för betesbaserad animalieproduktion. I Sverige finns flera möjligheter att kombinera olika sorters träd, buskar, grödor och djur till olika kategorier av agroforestry. Skogsträdgård (forest garden), trädjordbruk (silvoarable), skogsbete (silvopasture), skogsodling (forest farming) och kantzonodling (boundary systems) är kategorier som används av föreningen Agroforestry Sverige¹²². Trädjordbruk är när vedartade växter samodlas med spannmål eller andra grödor exempelvis med träd som planteras i rader s.k. alléodling. Skogsbete är när djur betar marker med träd, det kan vara antingen bete i skog, i betesmarker med spridda träd eller i en alléodling. Kantzonodling är odling i ytor mellan produktionsfält för t.ex. vindskydd.

I denna sammanställning utgår vi från befintlig jordbruksmark dvs. åkermark eller betesmark som ingår i jordbruksverksamhet. Skogsträdgård, skogsodling samt skogsbete på mark som inte är jordbruksmark ingår därför inte. Resonemang kring kolinlagring fokuserar på effekten på kolinlagring från ökningen av träd- och buskar, och inte hur jordbruksmarken i övrigt brukas eller hur träden sköts.

Den vedartade vegetationen kan odlas för ett eller flera syften

- Träd för energi-, massa- och virkesproduktion
- Djurfoder
- Frukt-, nöt och bärodling

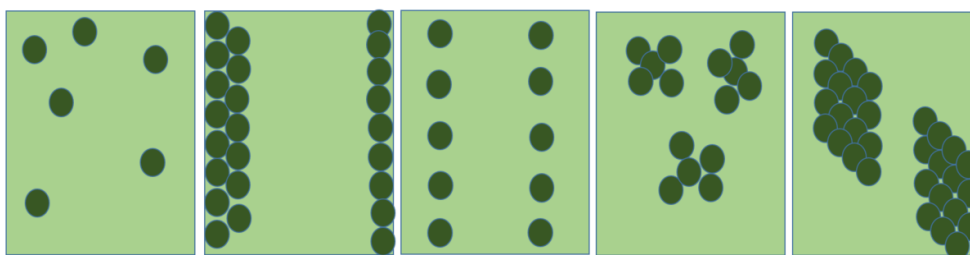
¹²² Agroforestry – en gammal jordbruksmetod som återintroduceras. <https://agroforestry.se/agroforestrysystem/> (Hämtad 2022-11-09)

- Reglerande, stödjande och kulturella ekosystemtjänster som t.ex. landskapsbild, skugga, erosionsskydd, pollinering och nyttodjur

Hur många träd och buskar, vilket planteringsmönster och vilken volym vedartad vegetation som är lämplig att sträva efter varierar utifrån platsens förutsättningar och målet med odlingen.

Träd och buskar kan planteras, eller självföryngras, och finnas i odlingslandskapet i ett antal olika mönster

- Solitärt
- Häckar, en eller flera rader breda
- Alléer
- Spridda grupper
- Planteringar (jämma förband över större yta)



Figur 6-1: Träd och buskar kan, sett från vänster i bilden, förekomma solitärt, som enkla eller dubbla rader av häckar eller alléer, spridda grupper eller i planteringar.

Agroforestry är ett begrepp som används i EU:s gemensamma jordbrukspolitik (CAP). I den svenska versionen av EU-förordning för genomförande av den gemensamma jordbrukspolitiken översätts agroforestry med trädjordbruk.¹²³ Trädjordbruk omfattar då flera av ovan nämnda kategorier så länge det är system på jordbruksmark där träd är integrerade i övrig jordbruksverksamhet.

Det finns en mängd möjliga kombinationer av trädslag och buskar med betesdjur, ett- eller fleråriga grödor. I vissa fall kommer den vedartade vegetationen att producera livsmedel och i andra exempelvis energi. Detta innebär att påverkan på livsmedelsproduktionen kommer variera beroende på syftet med de grödor man väljer.

¹²³ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2021/2115 av den 2 december 2021 om fastställande av regler om stöd för de strategiska planer som medlemsstaterna ska upprätta inom ramen för den gemensamma jordbrukspolitiken (strategiska GJP-planer) och som finansieras av Europeiska garantifonden för jordbruket (EGFJ) och Europeiska jordbruksfonden för landsbygdsutveckling (Ejflu) samt om upphävande av förordningarna (EU) nr 1305/2013 och (EU) nr 1307/2013.

6.1 Förutsättning för åtgärden

6.1.1 Teoretisk potential

Teoretiskt dvs. utan hänsyn till andra mål eller hinder, kan ovan nämnda agroforestrysystem genomföras på all jordbruksmark i Sverige. Det finns cirka tre miljoner hektar jordbruksmark i Sverige¹²⁴ varav cirka 450 000 hektar är betesmark- och slätteräng och resten är åkermark.

Eftersom ett agroforestrysystem innebär samodling av träd, buskar och ett- eller fleråriga grödor kommer en stor del av marken fortsatt kunna brukas som idag, även om allt skulle omföras. Det är dock osannolikt att all jordbruksmark i Sverige skulle omföras till ett agroforestrysystem. Detta beror på hinder som t.ex. kostnader för etablering och skötsel, tillgång på växtmaterial och kunskap samt lagstiftning och jordbrukspolitik. Sannolikheten för att investera i agroforestrysystem bör även vara lägre på arrenderad mark eftersom det kan ta många år från etablering till inkomst beroende på sortval och syfte. Strax över 40 procent av åkermarken respektive betesmarken som brukas är arrenderad.

För en ökad implementering av system på åkermark är det helt avgörande med en ömsesidig kunskapsöverföring mellan lantbrukare, rådgivare och forskare. För att detta ska vara möjligt krävs praktiska försök som studeras för t.ex. konkurrens mellan ljus och vatten, vilka trädslag som ger bäst avkastning¹²⁵. I Sverige finns det även få studier och begränsad erfarenhet av vilka kombinationer av trädslag, djurslag, marktyp och betesstrategier som är lämpliga för system med betesdjur¹²⁶.

Permanent grödor som energiskog dvs. salix, poppel och hybridasp, frukt- och bärodlingar finns på cirka 13 000 hektar av åkermarken¹²⁷ och sett ur målet att öka andel träd- och buskar på jordbruksmark bör denna areal i första hand inte vara aktuell att omföra till agroforestry.

Det är teoretiskt möjligt att öka andelen träd- och buskar på all åkermark. Idag är det en begränsad areal som har alléodling och det tyder på att det krävs insatser för att öka omföringen. Vår bedömning är att det inte är realistiskt att anta att alléodling kommer att genomföras på en större areal än den som idag finns med odling av energiskog, frukt eller bär, särskilt inte

¹²⁴ Jordbruksverket. Jordbruksmarkens användning 2020. 2021-02-03. Slutlig statistik. <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2021-02-03-jordbruksmarkens-anvandning-2020.-slutlig-statistik#h-Ovrigavaxtslag> (hämtad 2022-11-10)

¹²⁵ Hellman, J. 2017. Agroforestry på svensk åkermark-vägen mot ett resilient och mångfunktionellt jordbruk? Kandidatarbete. Sveriges Lantbruksuniversitet.

¹²⁶ Kumm, K-I. 2022. Stora betesmarker med växande träd för ekonomiskt och klimatmässigt hållbar köttproduktion. SLU, Inst f husdjurens miljö och hälsa, Avd f produktionssystem. Rapport 59.

¹²⁷ Jordbruksverket. Jordbruksmarkens användning 2021. Preliminär statistik. 2021-05-20. <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2021-05-20-jordbruksmarkens-anvandning-2021.-preliminar-statistik> (hämtad 2022-11-10).

utan extern finansiering. Kantzonodling innebär oftast en mindre förändring av produktionen än alléodling och kan därför ha en större potential att genomföras på fler marker. Kolinlagring beror av hur och vad man planterar och varierar mellan system och därför är inte arealen agroforestry avgörande för effekten.

När det gäller betesmarker är lämpliga arealer att öka antalet träd och buskar på främst betad åkermark eller naturbetesmarker med lägre natur- och kulturvärden (s.k. allmänna värden i miljöersättningen för betesmarker och slåtterängar). För att inte minska kolinlagring på naturbetesmark behöver även befintliga träd- och buskskikt kontinuerligt förnyas, så länge det inte har en negativ påverkan på natur- och kulturvärden. Den tekniska potentialen kan vara de cirka 200 000 hektar betesmarker motsvarande allmänna värden som uppskattas ha färre än 60 träd per hektar. Det är inte möjligt att uppskatta arealen där det är realistiskt att anta att andel träd- och buskar kan öka.

Uppskattningsvis är cirka 9 procent av EU:s jordbruksareal agroforestry, mestadels system med betesdjur och merparten finns i medelhavsländerna och sydöstra Europa¹²⁸.

6.1.2 Lantbrukarens incitament

Vid en omföring till agroforestry behöver flera olika val göras som påverkar företagets ekonomi och produktion på kort och lång sikt. Omloppstider för träd varierar beroende på till exempel trädslag, skötsel och avsedd användning. För energiskog som ska användas till flis eller äppelträd kan leverera en produkt för försäljning inom 10 år, medan för långsamväxande trädslag som ek kan omloppstiden överstiga 100 år.

Incitamenten för att etablera ett agroforestrysystem kan vara flera och värde kan vara knutet både till nyttor som ökad biologisk mångfald genom ett mer diversifierat landskap eller att gynna nyttodjur såväl som värdet av produkter för försäljning som spannmål, kött, frukt eller timmer. Omföring till agroforestry syftar till att skapa en ytterligare inkomst genom att systemet levererar en ny produkt eller ökad nytta för företaget jämfört med tidigare markanvändning.

I system med djur kan träd och buskar i betesmarkerna bidra med nyttor som påverkar djurhälsa och djurvälstånd som vindskydd och skugga, men kan även vara en kompletterande foderkälla eller bidra till att ta upp näring. Då anläggning kostar tid och pengar samtidigt som avkastningen är osäker att beräkna, nyttor kan ta lång tid att se och att ekonomiska ersättningar inte finns krävs till exempel att lantbrukaren tror att agroforestry kommer att ge högre eller mer stabila skördar, eller ett mer intressant jobb eller trevligare

¹²⁸ McDonald, H., Frelih-Larsen, A., Lóránt, A., Duin, L., Pyndt Andersen, S., Costa, G., and Bradley, H. 2021, Carbon farming – Making agriculture fit for 2030, Study for the committee on Environment, Public Health and Food Safety (ENVI), Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies, European Parliament, Luxembourg.

närmiljö som motiverar omföringen. De som har anlagt agroforestrysystem på åkermark i Sverige idag har ett stort personligt engagemang och intresse¹²⁹.

Studier visar att djurhälsa, djurvälstånd, landskapsbild, pollinering samt möjlighet att påverka mikroklimat är faktorer som lantbrukare i Sverige upplever som positiva med träd i landskapet. Andra faktorer som upplevs som positiva är jordförbättring och kolinlagring. Administration och regelverk men även kostnader för etablering och förlust av träd till följd av skador upplevs som hinder för att inkludera träd och buskar på jordbruksmark¹³⁰.

Andra studier visar att lantbrukare i Sverige inte är bekanta med begreppet agroforestry, varken som ord eller princip. För de som känner principerna lyfts nackdelar som t.ex. konkurrens om ljus, minskad produktion samt svårare att jordbearbeta. Samtidigt visar andra studier att den positiva attityden till agroforestry ökar ju mer information lantbruken får. Intervjuer med svenska lantbrukare som arbetar med agroforestry på hela eller delar av sina gårdar nämner att det är mer omständligt än att odla spannmål, exempelvis krävs bevattning samt att det är arbetsamt att anlägga systemen. Även teknik för att skörda grödorna kan behöva utvecklas¹³¹. Lantbrukare som har ett eller flera agroforestrysystem har flera motiv för omföring. De vanligaste är ekonomi, miljöhänsyn, landskapsvård samt klimatanpassning och kolinlagring. Intervjuer med lantbrukare med agroforestrysystem visar att de tillsammans uppger över 60 olika nyttor som systemen tillför, inte minst kulturella ekosystemtjänster kopplade till lärande. Utmaningarna är främst knutna till skötsel, tillgång på växtmaterial och kunskap om etablering av systemen¹³².

6.1.3 Definitioner, lagstiftning och EU:s gemensamma jordbrukspolitik

Lagstiftning och stödsystem inom jord- och skogsbruket anges vara ett hinder för en ökning av agroforestry i Sverige. Att agroforestry hamnar i gränslandet mellan jord- och skogsbruk och att dessa sektorer hanteras åtskilt är ett annat hinder¹³³.

I EU:s regler för den gemensamma jordbrukspolitiken finns tre typer av jordbruksmark: åkermark, permanenta grödor och permanenta gräsmarker. I

¹²⁹ Hellman, J. 2017. Agroforestry på svensk åkermark-vägen mot ett resilient och mångfunktionellt jordbruk? Kandidatarbete. Sveriges Lantbruksuniversitet.

¹³⁰ Yang, C. 2020. The potentials of agroforestry systems in Denmark and southern Sweden-a comparative study on farmers' perceptions and agroforestry related policies. Degree project. Alnarp.

¹³¹ Söderlund, F. Framtidens jordbruk? En studie om agroforestry i tempererade system. C-uppsats. Örebro Universitet.

¹³² Christina Schaffer, SLU och Stockholms universitet. Personligt meddelande 221107.

¹³³ Pasquier, L. 2020. Barriers and Bridges for Establishing Agroforestry. A qualitative study of Swedish land use policy in relation to agroforestry. Kandidatuppsats vid institutionen för naturgeografi vid Stockholm Universitet.

Sverige är de permanenta gräsmarkerna både naturbetesmarker och långliggande vallar. Träd kan ingå i jordbruksverksamhet på flera olika sätt och EU-förordningen skiljer på:

- träd och buskar som kategoriseras som landskapselement och därmed kan ingå i jordbruksarealen,
- träd som permanenta grödor t.ex. fruktodlingar och energiskog,
- träd i trädjordbruk¹³⁴.

Inom EU:s gemensamma jordbrukspolitik finns möjligheter att ge investeringsstöd för till exempel inköp och plantering av träd och buskar för frukt- och bärodling samt energiskog. Från 2023 har Sverige valt att inte längre ge investeringsstöd för fruktträd och bärbuskar. Rader eller kluster med träd i samodling med ett eller fleråriga grödor kommer i vissa fall att vara godkända för gårdsstöd från och med 2023. Häckar är ofta borttristade från jordbruksmarken i EU:s jordbrukarstöd.

Förutom regler och definitioner som är kopplade till EU:s jordbrukspolitik och Sveriges genomförande av denna kan även andra regler som exempelvis biotopskydd vara aktuella. I fortsatt arbete med agroforestry behöver dessa regler och definitioner klargöras.

6.1.4 Agroforestry i en svensk kontext: Fem typfall

Här beskriver vi vad agroforestry kan vara under svenska förhållanden. De system som vi har valt att använda och exemplifiera i denna rapport är:

System med träd, buskar och djur:

1. Betesmark: Bevara och förstärka träd- och buskskikt i befintliga betesmarker som sköts med betesdjur.
2. Åkermark: Träd, buskar och djur på åkermark.
3. Betes- och skogsmosaik: Större betesfällor med betes- och skogsmosaiker.

System med träd, buskar och odling av grödor:

4. Alléodling.
5. Kantzonodling.

¹³⁴ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2021/2115 av den 2 december 2021 om fastställande av regler om stöd för de strategiska planer som medlemsstaterna ska upprätta inom ramen för den gemensamma jordbrukspolitik (strategiska GJP-planer) och som finansieras av Europeiska garantifonden för jordbruket (EGFJ) och Europeiska jordbruksfonden för landsbygdsutveckling (Ejflu) samt om upphävande av förordningarna (EU) nr 1305/2013 och (EU) nr 1307/2013

I samband med detta uppdrag har ett antal scenarier¹³⁵ tagits fram för att ge exempel på kolinlagring om träd av olika art och täthet introduceras på jordbruksmark. Några av dessa scenarier använder vi som typfall. Beräknad kolinlagring för respektive typfall redovisas under avsnittet ”Åtgärdens effekt på kolsänka”.

6.1.4.1 System med träd, buskar och djur

Vi har valt att beskriva tre typfall med olika förutsättningar, ett utgår från betesmarker¹³⁶ som inte är lämpliga att plöja (här kallade naturbetesmarker), det andra från marker som är lämpliga att plöja (åkermark) och det tredje där betesmark, åkermark och även skogsmark kan finnas i samma fålla. Agroforestry kan vara både en rumslig blandning av träd och bete men även träd och bete i tidsföljd. De första två är en rumslig blandning medan det tredje kan vara både och.

Typfall 1: Bevara och förstärka träd- och buskskikt i befintliga naturbetesmarker som sköts med betesdjur

Typfallet är att trädgrupper planteras på betesmark med allmänna värden. Antal träd 250 stycken och de är placerade i 50 spridda trädgrupper per hektar. I södra Sverige kan trädgrupperna bestå av en ek och fyra björkar, medan i norra Sverige en tall och fyra björkar. Hälften av björkarna skördas efter 40 år, resten senare medan ek och tall blir evighetsträd. Det kan vara möjligt att tänka att träden är naturligt föryngrade och sparas vid röjning.



Figur 6-2; Plantering av 250 träd, följt av en första gallring efter 40 år och på längre sikt finns ett träd i varje trädgrupp kvar.

Detta system är främst aktuellt på naturbetesmarker där antalet träd kan öka eller bibehållas utan att definitioner i den gemensamma jordbrukspolitiken

¹³⁵ Lundblad, M., Roberge, C. och Holmström, H. 2022. CO₂- fångst med träd på outnyttjad jordbruksmark. 22-09-02. Sveriges Lantbruksuniversitet.

¹³⁶ Använder definition i Statens jordbruksverks föreskrifter (SJVFS 2020:2) om hänsyn till natur- och kulturvärden i jordbruket;

eller natur- och kulturvärden påverkas som innebär konsekvenser för lantbrukaren. Konsekvenser kan vara exempelvis att areal ritas bort eller att marken klassas om eller åtgärder som inte är tillåtna enligt författning¹³⁷.

På naturbetesmarker med träd och buskar finns oftast inte en från början planerad strategi för vilka träd som ska växa var utan det är t.ex. naturlig föryngring, betestryck och regler för jordbrukarstöd som styr förekomst av träd. Träden är framför allt evighetsträd och inte för virkesproduktion, vilket innebär en annan form av skötsel och ingen intäkt från försäljning.

Antal träd- och buskar i naturbetesmarker och betade skogar varierar stort. På vissa marker finns knappt någon vedartad vegetation alls medan i betade väl slutna skogar med hög bonitet finns exempel med över 800 skogskubikmeter per hektar¹³⁸ men mer vanligt mellan 100 och 250 skogskubikmeter per hektar.

Samtliga ängs- och betesmarker som har mer än ett visst antal träd eller krontäckning kan anses vara ett agroforestrysystem. En ökning av kolinlagring genom fler träd är dock inte lämpligt på alla marker då det kan finnas en risk att större inslag av träd och buskar påverkar markfloran negativt eller där gräsväxt påtagligt försämras. På betesmarker där biologiska värden är knutna till träd- och buskskikt är det prioriterat att bevara och bibehålla träd- och buskskikt.

Typfall 2: Träd, buskar och djur på åkermark

Detta typfall innebär att ett snabbväxande lövträdträdsdrag planteras och kombineras med betesdjur. Lämpliga trädsdrag är poppel och hybridasp men även al eller björk kan vara aktuellt. För kortare rotationstid är salix ett alternativ. Flera olika djurslag kan användas i dessa system. Vanligast är nötkreatur, får, grisar eller höns. Men även t.ex. hästar, getter och kaniner kan användas. Både träd, buskar och fältskikt kan nyttjas som foder av djuren.

Utgångspunkten kan vara en långliggande vall eller träda där 800 popplar planteras i enkla eller dubbla rader, med cirka 1 meters avstånd och med 20 meters betesremsa emellan som sedan betas med får eller nötkreatur. Antingen så behöver träden hägnas för att skyddas eller så får betesdjuren släppas först efter att träden växt till sig. I försök från Nederländerna med snabbväxande trädsdrag släpptes betesdjur först efter 4 år och sedan avverkning och flisning efter 6 år¹³⁹.

¹³⁷ Enligt 9 § Statens jordbruksverks föreskrifter (SJVFS 2020:2) om hänsyn till natur- och kulturvärden i jordbruket får nyodling eller kultivering i betesmark inte ske om natur- eller kulturvärden kan skadas av åtgärden.” Om man är osäker på om natur- och kulturvärden skadas av nyodling kan man vända sig till sin länsstyrelse. Om länsstyrelsen bedömer att det finns värden som skadas så kan man söka dispens, som dock bara beviljas om det finns särskilda skäl.

¹³⁸ Tommy Lennartsson, SLU. e-post 220617.

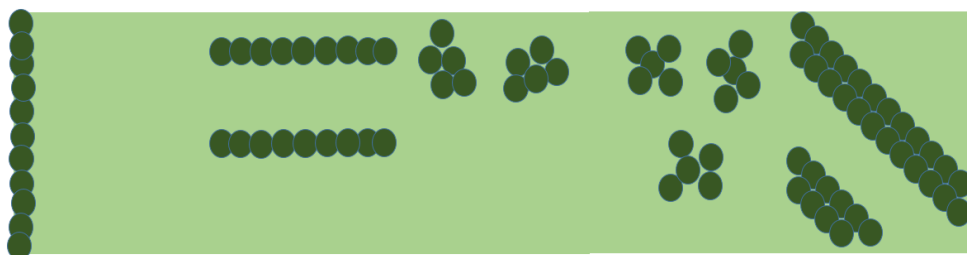
¹³⁹ Smith J, Whistance L, Costanzo A and Deremetz V. 2017. Lessons learnt: agroforestry for ruminants in England. Organic Research Centre. UK.

Typfall 3: Större betesfällor med betes- och skogsmosaiker

Sammanhängande fällor där befintliga betesmarker, skogspartier, åkermark och övrig mark däremellan hägnas in kan skapa förutsättningar för bättre lönsamhet än skötsel av mindre spridda beteshagar. Inom dessa fällor går det att planera utifrån mål för driften, till exempel kan skog avverkas för att bli betesmark, glesas ut för att öka grästillsväxt, omföras till lövskog, eller att mindre partier hägnas av för att skydda ny trädillsväxt mot betesskador.

Utmaningar med genomförande kan vara ägoförhållande och infrastruktur men även kostnader för och etablering av träd. Självsådd björk samt al och gran har större chanser att klara sig utan skydd men även dessa kan betas. Detta system omfattar inte bara jordbruksmark utan är ett exempel på lösningar som kan tillämpas på gårdsnivå.

Detta illustreras här av en kombination av olika typfall på jordbruksmark där träden planterats eller sparats för att öka i antal, i mosaiken kan också helt öppna betesvallar och skog ingå, typfallet tar inte hänsyn till dessa. Bilden visar en kombination av flera scenarier från tabell 6-1, plantering av snabbväxande trädslag, plantering av granar grupper och plantering av lövträd.



Figur 6-3: Typfallet kan illustreras med en kombination av naturligt föryngrad trädbård, snabbväxande lövträd i kort rotation, spridda grupper av granar, trädgrupper med ek/tall och björk samt lövträd som planteras i dubbla rader.

6.1.4.2 System med träd, buskar och odling av grödor

Följande avsnitt beskriver system med agroforestry där träd eller buskar kombineras med odling av grödor. Dessa system är på åkermark.

Olika träd och buskar är lämpliga i olika delar av landet. Hur de trivs beror på klimat, platsen och markförhållanden. Även möjligheter till försäljning och lagring av skörden från träd- och buskar påverkar sortval. Olika kombinationer av träd/buskar och grödor kan påverka skördeutfall. Det finns inte mycket studier i Sverige av hur olika kombinationer påverkar produktion. I Alnarp i Skåne har SLU etablerat en försöksodling med äppelträd och lähäckar i en växtföljd¹⁴⁰, inga resultat har dock publicerats därifrån än.

¹⁴⁰SITES Agroekologiska Fältexperiment (SAFE). 2021-09-28. <https://www.slu.se/institutioner/biosystem-teknologi/forsoksanlaggningar/sites-lonnstorp-research-station/sites-agroekologiska-faltexperiment-safe/> (hämtad 2022-11-10).

Däremot finns försök från andra länder som kan ge kunskap vid val av träd och grödor.

Alléodlingar och kantzoning som lähäckar och vedartade bufferzoner är relevanta för svensk åkermark om de utformas rätt. En sammanfattning av nyttorna som, vid rätt utformning, leder till att dessa system är mer mångfunktionella är ökad biologisk mångfald, erosionskontroll, motverka torka och översvämning, förbättrat näringsutnyttjande och kolinlagring.

Typfall 4: Alléodling

Plantering av träd på åkermark med spannmålsodling, grönsaksodling eller vall emellan. Det finns flera olika sätt att plantera och många olika arter att välja mellan. I länder som har liknande förhållande som Sverige används träden i alléerna oftast för energiskog, fruktträd eller ädellövträd för virke¹⁴¹. Man kan skilja på enkel och varierad alléodling. Enkel innebär odling av ett trädslag, exempelvis äpple, och mellan dem en spannmålsväxtföljd. I en varierad alléodling finns olika fruktträd blandat med bärbuskar, nötter och kvävefixerande träd eller buskar, perenna grönsaker som marktäckare.



Figur 6-4: Exempel på hur varierad alléodling kan se ut, här valnöt med klibbal som amträd, Foto: Emma Svensson

¹⁴¹ Hellman, J. 2017. Agroforestry på svensk åkermark-vägen mot ett resilient och mångfunktionellt jordbruk? Kandidatarbete. Sveriges Lantbruksuniversitet.



Figur 6-5. Alléodling bestående av äppelträd som står i en växtföljd. Odlingarna finns på en gård i Trollhättan¹⁴² i Västergötland samt på en försöksgård i Lomma i Skåne²³. På bilden till höger syns också tre olika sätt att skydda äppelträden, som ändå blivit skadade av främst sork. Skydden är dels runt stam och i form av stängsel och sedan sittplatser för rovfåglar. Foto: Linnéa Asplund

Alléodling kan också odlas med syfte på succession, det vill säga att de olika träd och buskar man planterar har olika omloppstider. Detta ger ett system med fler slutmöjligheter och produktivitet under längre tid. Särskilda amträd- eller buskar som planteras som skydd för långsamväxande arter, tas ner när frukt- och nötbärande träd uppnått en viss höjd. Amträd kan odlas som virke eller ved.

En riktlinje kan vara minst den dubbla trädlängden för ett moget träd mellan raderna¹⁴³ dvs. 20 meter om träden förväntas bli 10 meter höga.

Vårt typfall är äppelträd som odlas i en enkel alléodling på en åker med växtföljd av spannmål och baljväxter. Äppelträden odlas med 4 meters avstånd på en 4 meter bred remsa, med 16 meter mellan varje remsa för växtföljden. Det innebär att det blir 20 meter mellan varje äppelträd.

Typfall 5: Kantzonodling

Kantzonodling innebär att träd och buskar planteras eller får växa upp naturligt i zoner mellan fält eller mot andra ägoslag. Det innebär att träden och buskarna är koncentrerade i kanterna på fälten. Dessa kan fungera som vindskydd, som buffertzoner mot vattendrag eller andra gröna korridorer i landskapet. Syftet med dessa odlingar kan vara en eller flera olika. En kantzonodling kan användas på flera olika sätt, för skörd av frukt och nötter, produktion av flis som energiskog eller för att betas av djur. Som vindskydd

¹⁴² Lundens Gård. <https://www.lundenseko.se/> (hämtad 2022-11-10).

¹⁴³ Van Lerberghe, P. 2017. Agroforestry best practice 04. Planning an agroforestry project. AGFORWARD project.

kan l h acker användas som kan vara upp till 25 meter breda och med flera olika rader.



Figur 6-6: Exempel på kantzoning med träd och buskar, där en del träd och buskar hamlas regelbundet. Bilderna  r från norra Tyskland. Foto: Emma Svensson

En l h ack kan vara upphöjdt med ett matjordslager på ca 1 meter. Bredden kan vara ungefär 5 meter. Ett exempel på sådan l h ack kan ha en stomme av ek, oxel och körsbär med amträd av gråal emellan (ca 25 procent). De yttre raderna kan best a av plommon, vildapel, krikon, amerikansk häggmispel, hassel, fl der, slån,  ppelros, pimpinellros, benved, sälg, nyponros och spirea. Ett annat exempel är en h ack som är cirka 3 meter bred och består av hagtorn, sl naronia, häggmispel, slån och karolinaros. Figur 6-7 visar exempel på l h acker.



Figur 6-7. Exempel på l h acker, till vänster och överst till höger från fältförsök i Lomma i Sk ne²³ med blåbärstry, havtorn, fl der, sälg, k rsb rplommon och h ckoxel i olika kombinationer. Nederst till höger en l h ack från gården Rydeholm utanför Anderslöv i Skåne med bland annat hagtorn. Foto: Emma Svensson

Vårt typfall för kantzonodling utgår från att en naturligt förnygrad trädbård runt en ytterkant av åkern röjs till motsvarande 200 utvecklingsbara stammar per hektar och att det är lövträd som sparas. Det är en 5 meter bred remsa med dubbla rader träd längs en kant av ett fält. En utglesning görs efter 40 år då hälften av träden tas ner. Sannolikt har då stubb och rotskott växt upp så att lähäcken naturligt förnyas allteftersom.

6.1.5 Företagsekonomiska kalkyler för olika typfall

I detta avsnitt beskriver vi några skillnader som påverkar företagsekonomi i typfallen jämfört med brukande av jordbruksmark utan träd.

Agroforestrysystem på åkermark innebär att del av åkermarken blir planterad med träd eller buskar och resten av åkermarken fortsatt kan odlas med samma grödor som tidigare. Hur stor del av marken som inte längre går att odla i växtföljd på efter planteringen varierar mellan 5 och 50 procent av arealen i de olika typfallen. Kostnader för skötsel av åkermarken, framför allt när träd och buskar planteras ute i fältet, kan öka till följd av hänsyn till träd och buskar då de kan ses som odlingshinder. Kostnaden för skörd av produkter från raderna blir dyrare jämfört med till exempel vanliga äppel- eller energiskogsodlingar eftersom inte hela ytan är planterad vilket leder till mer transporttid mellan stammarna. En annan maskinpark kan också behövas, eller att den befintliga anpassas så den passar med radavstånd. Kostnader för skötsel av träden till exempel ogrärensning, underhållsbeskärning och bevattning tillkommer. Likaså behövs en planering av skördetidpunkt och skötsel så att negativ påverkan på växtföljdsgrödorna minimeras.

När det gäller avsättning av produkter från träd och buskar i agroforestrysystem finns inte ett enkelt svar, vissa produkter som äpple är mer kända av konsument, medan andra kan vara mindre kända. Lantbrukaren kan ha som syfte att förädla och använda eller sälja produkten själv på gården eller att sälja till grossist. Produkten kan också vara en nytta som inte säljs på en marknad som till exempel vindskydd för att motverka erosion.

Agroforestrysystem på betesmarker och som innebär att trädantalet ökar innebär att foderproduktionen kan minska vilken måste ersättas med annat foder till djuren. Det kan vara genom att beta mer marker eller att köpa in foder.

Kostnader som kan uppstå vid etablering av agroforestrysystem till exempel plantering och skydd av plantor framgår av avsnitt Etablering av agroforestrysystem i bilaga 3.

6.2 Åtgärdens effekt på kolsänka

Det finns inga vetenskapliga studier av hur mycket olika agroforestrysystem kan bidra till kolinlagring under svenska förhållanden. Det finns ett antal sammanställningar som alla visar på att kolinlagringen kan variera stort beroende på förutsättningar på platsen och vilka trädslag som används.

Exempel:

- I en global översiktsanalys (meta-meta-analys) av bland annat agroforestry jämfört med mindre diversifierade system var kollagret i marken cirka 19 procent större i agroforestrysystem¹⁴⁴. Effekten på växthusgasavgång var dock oklar. De största påvisade effekterna är funna i studier över system i tropiska-, subtropiska områden eller runt Medelhavet¹⁴⁵. Effekter från västra och norra Europa är mer oklara. Markkvalitet (markfysik, markkemi och kol) var cirka 13 procent högre i system med häckar och träd i kantzoner, 17 procent högre för alléodling och oklara effekter för silvopastoral system.
- Potentialen för kolinlagring varierar stort beroende på system, trädslag, densitet och lokala förutsättningar. Inom EU uppskattas potentialen för kolinlagringen i biomassa vara mellan 8 och 235 MtCO₂ekv/år, vilket motsvarar 0.03-27tCO₂ekv/ha/år. Markkol (SOC) räknas inte in i denna siffra¹⁴⁶.
- Genom agroforestry finns en potential att lagra in kol mellan 1,4 procent och 43,4 procent av det europeiska jordbrukets utsläpp av växthusgaser om de cirka 9 procent jordbruksmark som lider av ”multiple environmental pressure” i stället brukades med agroforestry¹⁴⁷.
- I en handbok för agroforestry i Storbritannien anges att den potentiella kolinlagringen kan variera mellan 1 och 4 ton C/ha/år beroende på förband och trädslag, i detta fall mellan 50 och 100 träd per hektar. Snabbväxande träd som planteras i tätare förband lagrar in mer än system med glesare och mer långsamväxande träd¹⁴⁸.

Agroforestry är en av de åtgärder som betänkandet av den Klimatpolitiska vägvalsutredningen¹⁴⁹ lyfter kan bidra till extra kolinlagring. Det finns ingen definition av agroforestry i utredningen utan det beskrivs som att inslag av

¹⁴⁴ Beillouin, D., Ben-Ari, T., Malézieux, E., Seufert, V., & Makowski, D. (2021). Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services. *Global Change Biology*, 27, 4697–4710. <https://doi.org/10.1111/gcb.15747>.

¹⁴⁵ European Academies Science Advisory Council, easac. (2022) Regenerative agriculture in Europe. A critical analysis of contributions to European Union Farm to Fork and Biodiversity Strategies.

¹⁴⁶ McDonald, H., Frelih-Larsen, A., Lóránt, A., Duin, L., Pyndt Andersen, S., Costa, G., and Bradley, H. 2021, Carbon farming – Making agriculture fit for 2030, Study for the committee on Environment, Public Health and Food Safety (ENVI), Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies, European Parliament, Luxembourg.

¹⁴⁷ Yang, C. 2020. The potentials of agroforestry systems in Denmark and southern Sweden-a comparative study on farmers` perceptions and agroforestry related policies. Degree project. Alnarp.

¹⁴⁸ The agroforestry handbook. Agroforestry for the UK. Utgiven av Soil Association och The Woodland Trust. 2019.

¹⁴⁹ Klimatpolitiska vägvalsutredningen. Vägen till en klimatpositiv framtid. SOU 2020:4. Stockholm.

träd och buskar bör successivt kunna öka på jordbruksmark. En bedömning i utredningen är att detta bör kunna ske på cirka 50 000 hektar jordbruksmark och att det skulle kunna ge en extra inlagring med 0,1 miljoner ton koldioxidkvivalenter per år 2045 om inlagringen per hektar motsvarar 25 procent av inlagringen för traditionell beskogning.

Kolinlagringen upphör när trädens biomassa inte längre ökar, men i uthållig virkesproduktion där avverkade träd ersätts med nyplantering förblir den inlagrade kolmängden konstant på lång sikt.

6.2.1 Skattad kolinlagring för typfall 1-5

6.2.1.1 Kolinlagring i biomassa

För denna rapport har SLU skattat kolinlagringen för ett antal scenarier (tabell 6-1 nedan). En mer utförlig diskussion kring scenarierna finns under rubriken ”Kolbindning efter trädetablering på jordbruksmark och alternativt brukande” i kapitel 5 Beskogning av nedlagd jordbruksmark.

Det är naturligt att kolinlagring i biomassa ökar ju större andel av jordbruksmarken som täcks av träd.

Hur stor påverkan agroforestry har på livsmedelsproduktionen är svårt att säga men klart är att det varierar från fall till fall. Etablering av agroforestry-system på åkermark leder alltid till att en del av marken inte går att använda som tidigare men samtidigt kan andra livsmedel produceras om det är frukt-, nötträd eller bärbuskar som planteras. För de system där 50 procent av marken planteras med träd eller buskar blir effekten naturligtvis större än de där endast 5 procent påverkas.

I betesmarker med över 100 träd per hektar bedöms betesproduktionen vara 60 procent jämfört med en mark utan träd. Om antalet träd ökar minskar betesproduktionen vilket innebär att de betande djuren behöver motsvarande foder från andra marker.¹⁵⁰ Samtidigt kan det vara foderproducerande träd och buskar som planteras, eller planteringar som leder till en ökad djurvälstånd vilket har en positiv påverkan på produktionen även att det kanske inte är kvantifierbart.

I slättlandskapet har träd och buskar en viktig funktion för bland annat biologisk mångfald. De kan också skapa ett bättre mikroklimat och minska vinderosion vilket kan ha en positiv effekt på grödorna som växer. Färre livsmiljöer för insekter och fåglar märks inte nödvändigtvis direkt i livsmedelsproduktionen men kan gynna pollinatörer vilka är viktiga för många jordbruksgrödor.

¹⁵⁰ Jordbruksverket (2012) Ett klimatvänligt jordbruk 2050. Rapport 2012:35

Tabell 6-1. Ackumulerat nettoupptag av CO₂ per hektar för olika typfall. Positiva värden betyder avgång av koldioxid och negativa ett upptag. Beräkningarna är fokuserade på ytorna med träd och marken mellan träden antas vara i balans. Se detaljer och ytterligare scenarier i SLU:s modelleringar i bilaga 3

System	Typfall	Scenario enligt modellering	Kolinlagring ton CO ₂ per hektar efter 25 år	Kolinlagring ton CO ₂ per hektar efter 50 år	Andel av marken som täcks av träd eller buskar
System med träd, buskar och djur	1. Bevara och förstärka träd- och buskskikt i befintliga naturbetesmarker som sköts med betesdjur	A Södra Sverige med markstörning. 250 stammar i 50 spridda trädgrupper/ha (1 ek + 4 björkar) 100 björkar skördas efter 40 år, ekarna blir evighets-träd.	-6,7	-42,5	10%
	1. Bevara och förstärka träd- och buskskikt i befintliga naturbetesmarker som sköts med betesdjur	B Norra Sverige med markstörning. 250 stammar i 50 spridda trädgrupper/ha (1 tall + 4 björkar) 100 björkar skördas efter 40 år, tallarna blir evighetsträd.	2,7	-5,5	10%
	2. Träd, buskar och djur på åkermark	G Snabbväxande lövträd i kortrotation. Täta rader (ca 1m avstånd) och 20 m betesremсор mellan. 500-800 stammar/ha. Poppel	-118,3	-227,9	50%
	3. Större betesfällor med betes- och skogsmosaiker	Kombination av lika delar av scenario A,C,D,F,G	-28,0	-73,3	16%
System med träd, buskar och odling	4. Alléodling	Fruktodling, spannmål *	Beräkning saknas	Beräkning saknas	20%
	5. Kantzonodling	D Naturligt förnygrad trädbård runt ytterkant röjd till motsvarande 200 utvecklingsbara stammar/ha betesmark, lövdominerad blandskog. Gallras till 100 stammar/ ha efter 40 år. Södra Sverige	-7,3	-37,9	5%

* Äppelträd finns inte med i modellen för scenarierna från SLU, bilaga 3 och därför kan inte kolinlagring för detta typfall beräknas.

6.2.1.2 Markkol

I SLU:s scenarier som används är utgångspunkten att planteringen orsakar en markstörning som minskar markkolet under en längre tid. Modellen har inte tagit hänsyn till effekter av exempelvis grödval, växtföljd och brukningsmetod på den övriga arealen mellan träden. Dessa scenarier kan exemplifiera vilken effekt på markkol som träd och plantering av träd har men eftersom det i de flesta fall handlar om träd och buskar på en begränsad andel av åkermarken bör man i beräkningar utgå ifrån hur växtodlingen i övrigt bedrivs för att sedan lägga till effekten från träden. Kunskap och metod för hur olika agroforestrysystem påverkar markkolet behöver utvecklas till exempel genom att jämföra samma växtföljd och brukningsmetod i system med och utan träd och buskar.

6.3 Uppföljning av åtgärden

6.3.1 Befintlig insamling av data kopplat till åtgärden

Idag finns inte agroforestrysystem på åkermark tydligt definierade inom jordbrukarstöden. De lantbrukare som har sådana system har fått söka jordbrukarstöd för att bli godkända inom ordinarie system. Alternativt har de inte sökt stöd för marken. Det är exempelvis möjligt att göra avlånga block¹⁵¹ av salix eller äppelträd blandat med spannmålsblock (minsta storlek på block är 0,1 ha) för att kunna få gårdsstöd eller stöd till ekologisk produktion för fruktodling och spannmål. Men dessa block urskiljs inte automatiskt från odlingar som inte är agroforestry och ingen ytterligare data samlas heller in om huruvida systemen är agroforestry eller ej. Det finns inte heller data på planterade lähäckar inom jordbrukarstödssystemet. Solitärträd finns registrerade i blockdatabasen i vissa områden (så kallade tvärvillkorselement).

När det gäller naturbetesmarker finns tydligt avgränsande markklasser identifierade i handläggningssystemen för de marker som ingår i stödssystemet. Villkoren för ersättningen för betesmarker och slätterängar kräver att all mark som ingår i ansökan om utbetalning ska betas och man vet därför att det under någon period finns djur på marken. På exempelvis markklassen "Betesmarker och slätterängar med allmänna värden" kan man inte veta med säkerhet att det finns träd och buskar eftersom det inte är ett krav för den markklassen och antalet träd och buskar kan variera där. På markklassen "skogsbete" ska det däremot finnas träd. Arealen markklasser av olika typer är alltså känd, men antalet träd och buskar på marken registreras inte inom stödssystemet. I tidigare programperioder har det funnits maxgränser för antal träd på marken men det är borttaget.

6.3.2 Vilka indata används och hur inom dagens klimatrapportering

För åkermark beräknas kolinlagring med ICBM-modellen som använder skördestatistik uppdelat på olika odlingsområden och då tas ingen hänsyn

¹⁵¹Jordbruksmarken är indelad i områden som kallas block. Blockets gränser är i de flesta fall fasta gränser som t.ex. vägar, stenmurar, skog, hus, diken och sjöar. Blocken används vid ansökan om jordbrukarstöd.

till odlingsmetod. Därför ingår inte agroforestrysystem på åkermark i dagens klimatrapportering.

På naturbetesmarker baseras kolinlagringen på riksskogstaxeringen och markinventeringen så om kolinlagringen ökar så bör detta fångas in i statistiken vad gäller utvecklingen av kolförråd både i träd och i mark. Men osäkerheterna i skattning av förändringen av markkolet för dessa marker är stora så förmodligen går det inte att dra några säkra slutsatser om huruvida åtgärden ger någon effekt.

6.3.3 Möjligt utvecklingsarbete

6.3.3.1 Uppföljning enligt modellen för jordbrukarstöd

En möjlig startpunkt är att utgå från modellen för rapportering av agroforestry som tagits fram av EU-kommissionen för genomförandemodellen under programperiod 2023-2027. Denna modell beskriver rapportering av åtgärder som finansieras inom CAP.

Det finns en specifik utfallsindikator för åtaganden inom agroforestry:

O.16 Antal hektar eller antal andra enheter under underhållsåtaganden som gäller beskogning och trädjordbruk.

I denna indikator redovisas de enheter som fått stöd inom agroforestry. Möjliga sätt att räkna utfallet är i hektar, antal träd eller "andra enheter" (det vill säga valfritt för medlemsstaten, grundat i vad utbetalningen baseras på). Det är också möjligt att ge stöd till agroforestry genom investeringar, men för det finns ingen specifik agroforestry-indikator.

Det finns också en specifik resultatindikator för agroforestry:

R.17 Beskogad mark: Areal som får stöd för beskogning, trädjordbruk och återställning, med uppdelningar.

Denna indikator består av olika deluppgifter och innehåller både den totala arealen agroforestry som en del och arealen för de planterade vedartade elementen separat som en annan del. I det senare fallet kan man använda koefficienter för att räkna om elementen till arealer.

Baserat på detta är en möjlig uppföljning att för det första markera upp åkermark (block eller skiften) som agroforestrysystem i jordbrukarstödssystemet. Då skulle marken både kunna ha koden för den gröda som finns på marken mellan träden och samtidigt få en taggning för agroforestry. För det andra skulle man kunna identifiera enskilda element på blocken, exempelvis lähäckar eller kantzoner, på liknande sätt som det idag görs för landskapselement. För att få med all intressant data bör man registrera alla etablerade agroforestryblock och element, oavsett om ett specifikt agroforestrystöd erhållits för att etablera dessa.

Inhämtandet av informationen skulle eventuellt kunna göras genom att lantbrukaren anger agroforestry och agroforestryelement när de gör sin ansökan (i SAMinternet¹⁵²). Exakt vad som skulle vara den bästa metoden behöver dock utredas. Beroende på utformningen skulle uppföljningen kunna öka den administrativa bördan för både lantbrukare, länsstyrelser och Jordbruksverket eftersom den skulle öka mängden information som behöver hanteras inom jordbrukarstödssystemet. Det kommer finnas en definition för agroforestry inom jordbrukspolitikerna från 2023, vilket innebär att det kan finnas skäl till att integrera uppföljningen av agroforestry med jordbrukarstödssystemet. En sådan integrering kan också underlätta om man inför en ersättning för agroforestry.

För naturbetesmarker, som i många fall har träd och buskar, är det inte lika självklart hur man skulle identifiera att antalet träd ökar i dessa. För naturbetesmarker kan det därför vara bättre att följa antalet träd med hjälp av exempelvis satellitbilder än att ta in dessa uppgifter via SAM ansökan.

6.3.3.2 Uppföljning med andra metoder

Man kan också tänka sig andra metoder för att följa upp träd i jordbrukslandskapet. Data från tolkning av satellitbilder eller foton är en metod som skulle vara möjlig. Copernicus, som är EU:s jordobservationsprogram som är baserat på bland annat satellitobservationer¹⁵³, följer exempelvis upp träd med några års mellanrum. Information om ”små vedartade element”¹⁵⁴ (small woody features) finns tillgänglig som både vektor och raster. Det identifierar exempelvis linjer och kluster av vedartad vegetation. Det gör dock inte skillnad på träd och buskar och har ingen information om höjd eller storlek på dem. Det ger bäst resultat i jordbrukslandskap med tydliga trädrader och sämre resultat för spridda träd. För mark med spridda träd passar det bättre att använda de lager som finns för trädtäckning i Copernicus¹⁵⁵. Procentandel trädtäckning anges i 1% -intervall från 0% till 100% i dessa lager. De finns också tillgängliga som förändringskartor där man kan se ökande eller minskande trädtäckning. Informationen om små vedartade element och trädtäckning är fritt tillgänglig och kräver inte att informationen synkas med jordbrukarstödssystemet.

Statistik över markanvändning och marktäckning tas också fram i LUCAS¹⁵⁶, en undersökning som genomförs av Eurostat. Statistiken tas fram för EU-länder med några års mellanrum och är baserad på ett antal punkter varav vissa får fältbesök. Träd och buskar på marken finns med som

¹⁵² Ansökan av jordbrukarstöd görs på internet via systemet SAMinternet, där lantbrukare kan ange sina grödor i kartor och söka stöd.

¹⁵³ Copernicus. Europe’s eyes on earth. Copernicus i korthet. <https://www.copernicus.eu/sv/om-copernicus/copernicus-i-korthet> (hämtad 2022-11-10).

¹⁵⁴ Copernicus. Europe’s eyes on earth. Small woody features. <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/small-woody-features> (hämtad 2022-11-10).

¹⁵⁵ Copernicus. Europe’s eyes on earth. Small woody features. <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/small-woody-features> (hämtad 2022-11-10).

¹⁵⁶ Eurostat. Land cover/use statistics. Overview. Lucas: what is it? <https://ec.europa.eu/eurostat/web/lucas/overview> (hämtad 2022-11-10).

olika typer av marktäckning. Man tittar också på landskapselement i form av vedartad vegetation som kan vara exempelvis trädrader, häckar, eller vedartad vegetation längs med vattendrag. Denna information är intressant för att följa upp förändringar i träd, men eftersom den är baserad på vissa punkter följer den alltså inte upp exakt all mark.

6.4 Additionalitet

Agroforestry, oavsett system, är en aktiv åtgärd för att öka andelen vedartad vegetation på jordbruksmark och kan därför bidra till att öka kolinlagring jämfört med tidigare markanvändning. Hur mycket varierar beroende på vilka träd, buskar och grödor man väljer samt tidigare markanvändning.

Agroforestry kan ha flera olika syften, kolinlagring är ett av dessa. Incitamenten för att genomföra åtgärden kan därför variera. Administration och regler för jordbrukarstöd har tidigare nämnts som en av de främsta hinder att åtgärden inte genomförs i större omfattning. Om de planteringar av vedartad vegetation man vill göra innebär att marken inte längre kan få gårdsstöd innebär det en minskad inkomst från marken, om marken fortsatt kan få gårdsstöd kräver omföringen ändå en kostnad för plantering som går utöver kraven för att få gårdsstöd. Eftersom det inte finns ett specifikt jordbrukar- eller investeringsstöd för agroforestry på åkermark idag går det inte att veta om och hur mycket riktade ersättningar kan bidra till en ökad areal. För naturbetesmarker finns miljöersättning där även marker med träd och buskar kan ingå, men den täcker inte kostnader för att öka andelen träd genom till exempel plantering.

Idag är det endast en mycket liten andel av åkermarken som är agroforestry. Om förutsättningarna för vilka planterade träd och buskar på åkermark som får ingå från 2023 förtydligas kan detta leda till en ökning av areal agroforestry på åkermark. Eftersom åtgärden innebär merkostnader, inte bara i form av skötsel och skörd utan även investeringar, är det rimligt att anta att genomförandet utan ytterligare stöd än gårdsstöd förblir lågt. Dyra investeringar gör att åtgärder som är lönsamma på längre sikt kanske inte alltid kommer till stånd utan stöd. Lönsamheten påverkas också av vad som odlas mellan träden, och vi har i detta arbete inte tagit hänsyn till vad som odlas mellan träden.

Energipriser och efterfrågan på andra varor från träd- och buskar kan påverka intresset för omföring men för exempelvis energiskog i agroforestry-system blir hanteringskostnad större eftersom det är lägre volym per hektar som kan avverkas.

För att beräkna den additionella effekten behöver en jämförelse av kolinlagring göras mellan tidigare markanvändning och valt agroforestrysystem på den areal som bedöms vara additionell. Om denna additionella koleffekt ska kunna räknas som kompletterande åtgärd beror på vilken vikt man lägger vid av att det finns tydliga styrmedel. Idag finns inga tydliga styrmedel för att främja agroforestry, exempelvis i form av ett stöd. De som har anlagt

agroforestrysystem på åkermark i Sverige idag har ett stort personligt engagemang och intresse.

6.5 Myndigheternas planering framåt

För att bättre förstå vilken potential agroforestry har i Sverige är första steget att klargöra vilka regler och definitioner som är kopplade till CAP och Sveriges genomförande av denna, det kan vara till exempel regler för miljöersättningar och landskapselement men även möjligheter till kompetensutveckling av lantbrukare. Förutom dessa kan även hur andra regler som till exempel biotopskydd vara kopplade till agroforestry. Det kan vara värdefullt att i detta sammanhang få överblick över hur andra EU-länder hanterar agroforestry i CAP. Ett andra steg kan vara att utreda styrmedel utifrån identifierade samhällsnyttor kopplade till agroforestry, exempelvis ekonomiska ersättningar.

För att kunna följa de arealer som räknas till agroforestry behöver det utredas hur man tar in data om agroforestry i de system som hanterar jordbrukarstöd eller genom andra metoder. Detta har vi resonerat kring i avsnittet om uppföljning av åtgärden.

Det finns mycket erfarenhet samlad från olika projekt och studier på EU-nivå, och ett steg för att planera framåt är att få en bättre översikt än detta arbete ger när det gäller olika aspekter av agroforestry. Exempel är underlag från EIP-AGRI's fokus grupp "Agroforestry: introducing woody vegetation into specialised crop and livestock systems" eller det EU-finansierade projektet "AGFORWARD- agroforestry that will advance rural development".

Schabloner för företagsekonomiska kalkyler för system som passar i Sverige bör utvecklas för att bättre se möjligheter och hinder i lönsamhet. Det finns digitala verktyg¹⁵⁷ för planering och utfall av agroforestry system som kan ge inspiration för vid framtagande av dessa schabloner. Företagsekonomiska kalkyler behöver täcka hela omloppstider för träd- och buskar i kombination med ettåriga grödor.

När det gäller energiskog och dess användning i agroforestrysystem finns samma kunskapsbehov som beskrivs i avsnitt om energiskog. Motsvarande behov finns även för andra träd och buskar som är lämpliga att använda inom agroforestry. De glesare bestånden kan dock skapa nya utmaningar kopplade till skörd jämfört med konventionell användning av träd och buskar.

Slutligen kan de scenarier vi har utgått från här vara en grund för att fortsatt utveckla typfall där effekt av olika kombinationer av träd, buskar och grödor kan beräknas och användas för att beräkna kolinlagring. I detta arbete har vi

¹⁵⁷ REGENFARMER. RegenWorks-Agroforestry Farm Management and Analytics Software. <https://regenfarmer.com/software/> (hämtad 2022-11-10).

till exempel inte inkluderat eventuella klimateffekter som kan påverkas av skötsel av träd som rot- eller grenbeskäring.

7 Energiskog

Energiskog beräknas kunna bidra med en ökning av markkolet med 450 kg C per ha/år. Potentialen i areal är svårbedömd då marknadsförutsättningarna i dagsläget är mycket svåra. Arealen salix minskar idag medan hybridasp och poppel ökar i långsam takt.

Det är fortsatt viktigt att statliga satsningar på rådgivning, demonstration och information, stöd samt FoU finns kvar för att energiskog på längre sikt ska kunna bidra till relevanta samhällsmål.

Energiskog (salix, hybridasp och poppel) odlades på 8 100 hektar 2021, varav cirka 60 procent utgörs av salix. Salix har odlats på 13 500 ha men har minskat till ca 5 000 ha. Flis från salix eldas för att ge värme och el. Merparten av dagens salixareal finns i Mälardalen, Skåne och Västra Götalands län. Salix kan bli 6-7 meter hög innan den skördas. Skörden sker vanligtvis vart tredje eller vart fjärde år. En salixodling kan brytas upp under sommaren och sedan tas i bruk för spannmålsodling redan till hösten samma år.

Intresset för plantering av hybridasp och poppel har varit svagt ökande under många år och troligtvis kommer denna utveckling att fortsätta. Den totala arealen är 3 000 ha. Virke från poppel i Sverige används framför allt som biobränsle men också till massaved. För asp och hybridasp är avsättningsmöjligheterna något större då det också går att leverera sågkubb och tändsticksvirke. Hybridasp och poppel avverkas vart 20–30 år beroende på virkets användningsområde.

I EU-sammanhang definieras salix, hybridasp och poppel som jordbruksgrödor. Enligt statsstödsreglerna är det inte tillåtet att ge stöd till sådana snabbväxande trädslag på skogsmark. Energiskogsodling på åkermark berättigar till gårdsstöd, och i nuvarande landsbygdsprogrammet samt i den strategiska planen för 2023–2027 finns också möjlighet till investeringsstöd för plantor och plantering av poppel och hybridasp.

Andra trädslag utöver dessa tre diskuteras ibland kunna ingå i kategorin snabbväxande lövträd, t.ex. björk eller gråal. Med en naturlig härdighet för kallare klimat kan gråalen bli aktuell för odling inom de nordligare delarna av landet där dagens poppel och hybridasp inte rekommenderas.¹⁵⁸

7.1 Förutsättningar för åtgärden

7.1.1 Teknisk potential

Energiskog kan odlas på i princip all åkermark, dvs 2,5 miljoner ha. Hälften av åkermarken består av vall som bedöms ha högre kolinlagringseffekt än energiskog när det gäller markkol. Om energiskog skulle ersätta ettåriga

¹⁵⁸ Energimyndigheten (2021). Snabbväxande trädslag för energi och andra ändamål Sammanställning av dagens kunskapsläge och framtidens utmaningar. ER 2021:19.

grödor på resterande hälft av åkermarken skulle det innebära en årlig inlagring motsvarande 2 Mton koldioxid.¹⁵⁹ Det är givetvis osannolikt att all åkermark i Sverige skulle planteras med energiskog. Intervallen på de många potentialbedömningar/teoretiska räkneövningar som gjorts brukar vanligtvis hamna på runt 10 procent av den befintliga marken. Se även diskussion om tillgänglig jordbruksmark i avsnitt 5 om beskogning.

7.1.2 Klimateffekt

Energiskog är en viktig beståndsdel i både nationella och europeiska klimatstrategier. I EU-kommissionens förslag till klimatstrategi anges att jordbruket efter effektiviseringar av matproduktionen skulle kunna producera energigrödor på upp till 10 procent av den totala åkerarealen inom EU. Detta bedöms som nödvändigt för att nå klimatmålen med inhemsk råvara vilket kommissionen betonar som viktigt för att uppnå en säkerhet i energiförsörjningen. Energiskog bedöms också behövas för att de svenska klimatmålen ska nås. Dels som råvara till energiproduktion samt bio-CCS (avskiljning, transport och lagring av koldioxid från biomassa) och dels för förmågan att bilda in kol i jordbruksmark. Även svenska behovsstudier för energiskog som råvara till förnybar energi kommer fram till en realistisk potential på 10 procent av jordbruksmarken.^{160 161 162} Areal som bedöms behövas för att nå det föreslagna kolinlagringsmålet är lägre och ligger på 40 000 ha.

Enligt vägvalsutredningen skulle åtgärden totalt kunna ge en ökad nettoinlagring på mellan 0,1 och 0,3 miljoner ton koldioxid 2045, om etableringen av hela arealen (40 000 hektar) sker 2020–2025. Den lägre siffran motsvarar plantering med salix på mark där det tidigare odlades vall medan den högre siffran anger plantering med poppel där marken redan lagts i träda.

7.1.3 Livsmedelsproduktion

Se i huvudsak resonemanget ovan i avsnitt x när det gäller att ta jordbruksmark i anspråk för beskogning. Att omvandla lövskog tillbaka till brukningsvärd åkermark är dock lättare än barrträd. Salix har ibland lyfts fram som en bra avbrottsgröda i markvårdande syfte eller att rena marken från kadmium. En salixodling kan brytas upp under sommaren och sedan tas i bruk för spannmålsodling redan till hösten samma år.¹⁶³ Hybridasp och pop-

¹⁵⁹ Egen beräkning utifrån att energiskog lagrar in 450 C/ha och år.

¹⁶⁰ European Commission (2018) In-depth analysis in support of the Commission communication COM(2018) 773:A Clean Planet for all A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy.

¹⁶¹ Miljömålsberedningen. En klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige. Delbetänkande av Miljömålsberedningen. SOU 2016:47.

¹⁶² Börjesson, Pål (2016) Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi. Lunds universitet.

¹⁶³ JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik (2012) Uppbrytning av en äldre salixodling - maskininsats och förfruktseffekt vid olika brytningsmetoder. JTI-Informerar JTI:s skriftserie 2012:2.

pel avverkas vart 20–30 år beroende på virkets användningsområde och ligger därmed närmare de omloppstider på 40-100 år som finns i det traditionella skogsbruket.

7.1.4 Odlingstekniska aspekter

Salix kan odlas med god tillväxt upp till södra Norrlands kustland. Salix trivs särskilt bra vid goda vatten- och ljusförhållanden samt om pH är över 6 och markens näringsstatus är god.¹⁶⁴ Odling av hybridasp och poppel är en förhållandevis ny företeelse i Sverige vilket innebär att det finns en del kunskapsluckor. Det registrerade sortmaterialet är huvudsakligen testat för södra Sverige varför rekommendationerna för både hybridasp- och poppelblandningen är att använda materialet på milda lokaler i södra Sverige upp till Mälardalen. Mineraljord rekommenderas men riktigt torra sandjordar ska undvikas. Rena torvjordar som torrlagda mossar fungerar ofta sämre som växtplats medan kärrtorvjordar som är näringsrika fungerar bra.¹⁶⁵ Vilttrycket är hårt och inhägningskostnaden kan vara ett hinder.

Det kan även finnas regelmässiga hinder för etablering på skogsmark. Hybridasp och hybridpoppel är vegetativt förökade varför det vid plantering på skogsmark ska anmälas i förväg till Skogsstyrelsen. Är skogsmarken certifierad enligt FSC får arealen främmande arter, dit poppel och hybridasp räknas, inte överstiga 5 procent. Enligt certifieringssystemet PEFC gäller Skogsstyrelsens regler.¹⁶⁶ Det kan tilläggas att i den nemorala zonen i södra Sverige finns det ur certifieringssynpunkt (FSC) inga hinder för att byta ut granarealer mot främmande trädslag, eftersom gran räknas som främmande i den nemorala zonen.¹⁶⁷

7.1.5 Natur- och kulturvärden

Energiskogens potentiella nyttor utöver råvara för energiproduktion har ofta betonats. De miljönyttor som odlingar med energiskog kan bidra med kan delas in i två kategorier. I den ena kan vi samla funktioner som består av riktade miljö tjänster. Dessa är till exempel när vi använder energigrödor som vegetationsfilter för vattenrening och omhändertagande av slam eller som läplantering och i skyddszoner. I den andra kategorin kan vi samla funktioner som består av miljö tjänster av mer generell natur. Bland dessa finner vi miljönyttor som vi så att säga får på köpet, exempelvis biologisk mångfald, ökad kolinbindning och markbördighet, kadmiumavlastning och förbättrad jaktpotential.¹⁶⁸

Det finns också bättre och sämre lägen att placera energiskog på och det finns exempel på lokala konflikter kring nyanläggning av energiskog. Om en åtgärd gör något som förändrar eller påverkar landskapsbilden behövs

¹⁶⁴ Jordbruksverket (2013). Handbok för salixodlare. OVR250.

¹⁶⁵ Jordbruksverket (2015). Handbok för odlare av poppel och hybridasp. OVR355.

¹⁶⁶ Jordbruksverket (2015). Handbok för odlare av poppel och hybridasp. OVR355.

¹⁶⁷ Energimyndigheten (2021). Snabbväxande trädslag för energi och andra ändamål Sammanställning av dagens kunskapsläge och framtidens utmaningar. ER 2021:19.

¹⁶⁸ Jordbruksverket (2013). Mer än bara energi. Miljö- och samhällsnyttor med energigrödor. OVR303.

samråd med länsstyrelsen enligt miljöbalken. Generellt behövs samråd för odling av energiskog oavsett om det är salix, poppel eller hybridasp och det gäller både åker och betesmark. Om en fast fornlämning kan påverkas behövs också samråd med länsstyrelsen enligt lagen om kulturminnen. Det är framför allt energiskogens höjd som kan få konsekvenser för den visuella upplevelsen av landskapet. Genom att arbeta med utformningen kan man anpassa den nya odlingen till det redan existerande landskapet. Det kan vara en fördel ur landskapssynpunkt om odlingen ligger i anslutning till skog. Men eftersom skogsbyn också ofta är värdefulla naturmiljöer kan det behövas en öppen kantzon där emellan. Det är inte lämpligt att plantera energiskog på marker som redan har en biologiskt rik växtlighet som till exempel ängs- och betesmarker eller på den kvarvarande åkermarken i en alltmer slutna skogsbygd. Sett till biologisk mångfald lämpar sig odling av energiskog bra i slättbygder med brist på skogliga miljöer.

7.1.6 Företagsekonomisk lönsamhet

Utan en avsevärd förbättring i lönsamhet blir alla potentiella ökningarna som diskuteras ovan osannolika.

Lönsamheten för framför allt salix är till största del beroende av utvecklingen på energimarknaden. Jordbruksverkets kalkyler för energigrödor visar att det finns viss möjlighet till lönsamhet för salix. Priserna varierar dock en hel del mellan olika köpare och i vissa områden är det svårt att få avsättning för salixflis. Den svåra marknaden är den viktigaste anledningen till att arealen sjunker kraftigt. Energiskog kan vara ett viktigt komplement till avverkningsrester från skogsbruket om priset på importerad biomassa ökar och om efterfrågan på biomassa också ökar i andra länder. För att detta ska hända behövs styrmedel i andra sektorer som leder till en ökad efterfrågan på förnybar energi eller biomassa till exempel anläggningar för bio-CCS (avskiljning, transport och lagring av koldioxid från biomassa). För närvarande pågår ett förädlingsarbete på SLU för att få fram anpassat växtmaterial för drivmedel. Det finns dock inga planerade styrmedel inom energiområdet som kan öka lönsamheten på kortare sikt.

Poppel och hybridasp har inte samma avsättnings- och lönsamhetsproblem som salix. Däremot är den befintliga arealen låg och sortmaterialet begränsat vilket gör etablering dyr samt att kompetens och erfarenhet kring odling behöver utvecklas. Eftersom skörden av en nyplanterad odling ligger långt fram i tiden kan det vara svårt att räkna på affären. Ekonomin ser olika ut för varje plats, odling och geografiskt område. Det beror på prisområdet, konkurrensen på den lokala marknaden, vilken skötsel och skördestrategi som valts och hur stor investering som gjorts.

7.2 Åtgärdens effekt på kolsänka

7.2.1 Effekt ”i verkligheten”, för olika situationer t ex geografi

Resultaten från studier om inlagring i mark varierar mellan 0 och 1600 kg C per ha och år. Eftersom åkermark med vallodling redan har en relativt hög mullhalt så blir effekten större av energiskog som etableras på åkermark

som tidigare dominerats av ettåriga grödor. Kolinlagringen är också oftast högre på jord med mycket lera. Utifrån metaanalyser samt långliggande försök i Sverige föreslår Bolinder m.fl. ett medelvärde på 450 kg C per ha och år som nyckeltal för salix och poppel. De har inte funnit några kvantitativa studier av kolinlagring i mark för hybridasp men de anser att det är rimligt att förvänta sig en kolinlagring ungefär i samma storleksordning som för salix och poppel.¹⁶⁹

7.2.2 Metod för effektberäkning inom dagens klimatrapporering

I dagens redovisningssystem, så som det tillämpas av Sverige, räknas energiskogsodling som en jordbruksgröda. Därmed inkluderas inte inlagringen i biomassa i redovisningen av utsläpp och upptag eftersom det kol som lagras in i biomassan omsätts inom något eller några år.

Modellen som används för att få fram kolbalansen i jordbruksmark utgår på åkermark från nio grödor där energiskog inte ingår. Det gör att även att den positiva effekt som uppnås för kolinlagringen i marken inte heller räknas med i dagens rapportering.

7.2.3 Möjligt utvecklingsarbete

Det är möjligt att inkludera energiskog i ICBM. Eftersom energiskogens andel av den totala åkermarksarealen är liten (<0,5%) skulle det dock vara svårt att identifiera effekten på den totala kolinlagringen även om den inkluderades. Men det går att redovisa resultat från ICBM-modellen per grödgrupp och sannolikt även för en specifik gröda om det är önskvärt.

När det gäller biomassa skulle det antagligen bli ett nollsummespel eftersom det inte byggs upp något större kolförråd långsiktigt om inte arealen kontinuerligt ökar. Om arealen inte ökar eller ökningen stannar av är det marken som kommer stå för uppbyggnaden. Enligt Bolinder m.fl. motsvarar kolinbindningen i biomassa i salix 2,0-3,6 ton C per ha och år. För hybridasp pekar tillgängliga data på ett medel på 3,5 ton C per ha och år medan poppel kan ligga något högre. Utöver en arealökning kan inlagringen i biomassa även påverkas av odlingsåtgärder och växtförädling. Det är mycket stor skillnad i avkastning på dagens sorter och de som togs fram på 1980- och 1990-talet.

7.3 Uppföljning av åtgärden

7.3.1 Befintlig insamling av data kopplat till åtgärden

För den salix, hybridasp och poppel som finns på jordbruksmark anger jordbruksföretagen en särskild grödkod i stödansökan varje år. Om energiskogen finns på skogsmark fångas den in av Riksskogstaxeringen.

¹⁶⁹ Bolinder, M., Freeman, M., Kätterer, T. (2017). Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet: Sveriges lantbruksuniversitet.

7.3.2 Vilka indata används och hur inom dagens klimatrapporering

Data finns alltså för energiskog men den används inte idag. Modellen som används för att få fram kolbalansen i jordbruksmark utgår på åkermark från nio grödor där energiskog inte ingår.

7.3.3 Möjligt utvecklingsarbete

Insamlingen av data för odlingen på jordbruksmark bedöms vara tillräcklig. Om exakt areal på skogsmark är intressant, t.ex. i syfte att bokföra energiskog som en enskild kompletterande åtgärd, är denna data idag inte tillgänglig via Riksskogstaxeringen eftersom det enbart handlar om ett fåtal ytor.

7.4 Additionalitet

Det finns exempel på markägare som anlägger energiskog av andra orsaker än de ekonomiska, exempelvis för natur- och viltvård eller vind- och erosionsskydd. Dessa incitament är troligtvis inte tillräckligt stora för att kunna bidra till en stor ökning av arealen. Det huvudsakliga incitamentet till att odla energiskog är det ekonomiska genom att använda flis för egen uppvärmning eller för att sälja vidare till större förbränningsanläggningar. Framöver kan även en mängd andra användningsområden vara aktuella, t.ex. för drivmedelsproduktion eller för framställning av textilier.

Styrmedel som kan vara aktuella när det gäller andra nyttor än energi är exempelvis villkor i jordbrukarstöden (idag är det t.ex. möjligt att använda salix för att uppfylla kravet om en viss andel miljöytor) eller ambitioner inom lokala upphandlingar (t.ex. finns det kommuner som efterfrågat lokala bränslen såsom salix samt aktivt planterat salix för att rena avloppsvatten). Det går också att utforma styrmedel för att betala en ersättning för miljönyttor, till exempel utifrån effekt på biologisk mångfald eller kolinlagring.

Den stora potentialen för en additionell effekt finns dock genom att öka de ekonomiska incitamenten för avsalu på energiområdet eller framöver inom en bredare bioekonomi. Idag har inte stöden inom jordbrukspolitiken (gårdsstöd samt investeringsstöd) en stor effekt på det slutliga ekonomiska resultatet för en energiskogsodling, utan avgörande är i stället försäljningspriset.

För att kunna fastställa den additionella effekten behöver det göras en analys där man först fastställer statens påverkan på förutsättningar för markens alternativa användning (t.ex. spannmålsodling) samt statens påverkan på flispriset genom olika styrmedel på energiområdet. Den befintliga areal energiskog som hade varit olönsam utan statliga styrmedel kan sägas bidra med en additionell effekt. I analysen bör man också beakta omvärldsfaktorer utanför regeringens rådighet (t.ex. världsmarknadspriser) samt eventuellt utsläppsläckage. Det krävs dock en mycket stor ökning av arealen innan produktionen av energiskog kan påverka marknaderna för energi och livsmedel.

7.5 Myndigheternas planering framåt

Kunskapen om energiskogsodlings påverkan på markkolet på olika djup är mycket begränsad. Övriga kunskapsbehov kopplade till energiskog är stora

och berör allt från plantmaterial för södra och norra Sverige och kunskap om etablering, odlingsteknik, viltskador, utformning av odlingssystem till förädling och ekologiska värden.¹⁷⁰

Jordbruksverket har möjlighet att arbeta med kunskapsutveckling och kunskapsspridning genom åtgärder inom CAP såsom projektstöd och kompetensutveckling. Plantering av energiskog inklusive stängsling är en investering som är stödberättigad inom den svenska strategiska planen för CAP 2023-2027. Det kan finnas en tveksamhet hos företag att satsa på odlingen vilket gör att ett investeringsstöd vid plantering är ett lämpligt styrmedel. För att arealen ska öka i någon större grad behöver dock marknadsförutsättningarna förbättras avsevärt.

¹⁷⁰ Energimyndigheten (2021). Snabbväxande trädslag för energi och andra ändamål. Sammanställning av dagens kunskapsläge och framtidens utmaningar. ER 2021:19.

8 Kolbalans i jordbruksmark på mineraljord

Potentialen för att öka kolinlagringen på jordbruksmark utan att påverka livsmedelsproduktionen skattas till 0,76 miljoner ton koldioxidkvivalenter per år 2050. En större tillgänglig areal jordbruksmark skulle leda till en ökad potential för jordbruksmarken men en minskad kolinlagringspotential totalt.

En ökad kolinlagring leder till förbättrad markbördighet vilket i sin tur leder till ökade skördar och ökad lönsamhet på lång sikt. Det finns därför starka mervärden för jordbruket med en ökad kolinlagring i mark. För åtgärder som leder till ökad produktivitet kan dessa leda till ökad lönsamhet även på kort sikt.

För att åstadkomma åtgärder för ökad kolinlagring kan det i vissa fall krävas stöd i form av investeringar (t.ex. bevattning och dränering) och i andra fall i form av ersättning för merkostnader i produktionen (t.ex. fång- och mel-langrödor). För att mer effektivt kunna styra stöd mot de åtgärder som är mest effektiva behövs ökade kunskaper om olika åtgärders effekter på kolinlagringen.

Mineraljordar har ett kolinnehåll som är mindre än 20 procent kol, och det ligger i regel under 5 procent¹⁷¹. I massa innehåller matjorden i vanlig svensk jordbruksmark på mineraljord mellan 50 och 100 ton per hektar¹⁷². Även om kolkoncentrationen är ganska låg i de djupare jordlagren (alven) så utgör mängden kol i alven ofta hälften av jordbruksmarkens totala kolförråd^{173,174}. Betesmarker innehåller mer kol än åkermarken på samma typ av jordar¹⁷⁵. Däremot ligger många naturbetesmarker på mindre bördig mark med lägre kolförråd.

Baserat på data från markinventeringen har kolinnehållet i betesmark skattats till ca 100 ton per hektar¹⁷⁶. Matjorden i betesmarkerna är redan i stort i jämvikt vilket gör att mängden ytterligare kol som kan lagras in med samma

¹⁷¹ Europeiska kommissionen. (2021). EU:s markstrategi för 2030 Frisk mark till förmån för människor, livsmedel, natur och klimat (COM(2021) 699 final).

¹⁷² Bolinder, M., Freeman, M., Kätterer, T. (2017). Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet: Sveriges lantbruksuniversitet

¹⁷³ Kätterer T., Bolinder M.A., Berglund K., Kirchmann H. 2012. *Strategies for carbon sequestration in agricultural soils in northern Europe*. Acta Agriculturae Scand A 62: 181-198.

¹⁷⁴ Paustian K., Lehmann J., Ogle S., Reay D., Robertson G.P., Smith P. 2016. *Climate - smart soils*. Nature. 532: 49-57.

¹⁷⁵ Kätterer, T., Andersson, L., Andrén, O., & Persson, J. (2008). Long-term impact of chronosequential land use change on soil carbon stocks on a Swedish farm. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 81(2), 145-155.

¹⁷⁶ Jordbruksverket (2010). Inlagring av kol i betesmark. RA10:25

markanvändning är begränsad. Fokus för betesmarkerna är därför snarare att bevara kolet i marken än att binda in mer kol.

Inom EU förlorar mineraljordarna under odlingsmark omkring 7,4 miljoner ton kol varje år¹⁷⁷, bland annat på grund av ohållbara jordbruksmetoder. Sverige har idag en stigande trend i mullhalten för mineraljordar enligt data från markinventeringen¹⁷⁸ vilket har antagits bero på en ökad areal vall^{179,180,181}. Med ökad mängd vall i växtföljden minskar förlusterna av kol från åkermarken. För en rad fältförsök med fem år vall i en sexårig växtföljd ger de två försök med lägst mullhalt vid försökens start även en ökad mullhalt över tid. I klimatrapporteringen baseras nettoflöden av kol från och till åkermark på modellsimuleringar med ICBM-modellen. För Sverige rapporteras åkermark på mineraljordar i genomsnitt vara en källa till kol motsvarande ca 600 kton CO₂ per år vilket då i stället innebär att kolhalten sjunker. Dock är osäkerheten i uppskattningar av förändringar i markens kolförråd med data från både markinventeringar och modeller inte försumbar.

I en rapport från EU-kommissionen uppskattas att koldioxidbindningen i mineraljordar är en kostnadseffektiv utsläppsminskning¹⁸² med betydande potential att binda mellan 11 och 38 Mt CO₂ekv¹⁸³ per år i Europa. Åtgärder för en ökad kolinlagring kan ske på aktivt brukad jordbruksmark eller på mark som inte längre används för produktion. De åtgärder som innebär att jordbruksmark tas ur produktion diskuteras främst i andra delar av uppdraget såsom beskogning och återvätning. Man kan också tänka sig åtgärder på åkermark som inte längre är lönsam för livsmedelsproduktion men där jordbruksmarken aktivt brukas med det primära syftet att öka inlagringen av kol. Ett exempel är odling av vall eller rörfen där syftet också kan vara att använda biomassan för energiproduktion. För detta krävs dock en ökad efterfrågan på dessa råvaror och det är svårt att se hur denna typ av produktion kan öka avsevärt i närtid. Vid avgränsning till kolinlagring så blir netto nyttan troligast störst av en aktiv skogsplantering vilket gör att den

¹⁷⁷ Europeiska kommissionen. (2021). EU:s markstrategi för 2030 Frisk mark till förmån för människor, livsmedel, natur och klimat (COM(2021) 699 final).

¹⁷⁸ Eriksson, J. (2021). Tillståndet i svensk åkermark och gröda. Data från 2011-2017. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. (Ekohydrologi, 168).

¹⁷⁹ Poeplau, C., Bolinder, M. A., Eriksson, J., Lundblad, M., & Kätterer, T. (2015). Positive trends in organic carbon storage in Swedish agricultural soils due to unexpected socio-economic drivers. *Biogeosciences*, 12(11), 3241-3251.

¹⁸⁰ Henryson K., Meurer K.H.E., Bolinder M.A., Kätterer T., Tidåker P. 2022. Higher carbon sequestration on Swedish dairy farms compared with other farm types as revealed by national soil inventories. *Carbon Management* 13:266-278.

¹⁸¹ Bolinder, M. A., Kätterer, T., Andréon, O., Ericson, L., Parent, L. E., & Kirchmann, H. (2010). Long-term soil organic carbon and nitrogen dynamics in forage-based crop rotations in Northern Sweden (63–64 N). *Agriculture, ecosystems & environment*, 138(3-4), 335-342.

¹⁸² Radley, G., Keenleyside, C., Frelüh-Larsen, A., et al., Setting up and implementing result-based carbon farming mechanisms in the EU : technical guidance handbook, Europeiska unionens publikationsbyrå, 2021.

¹⁸³ Lugato, E., Bampa, F., Panagos, P., Montanarella, L., & Jones, A. (2014). Potential carbon sequestration of European arable soils estimated by modelling a comprehensive set of management practices. *Global change biology*, 20(11), 3557-3567.

tekniska potentialen för åtgärder på brukad jordbruksmark är negativ (om man antar att alternativet är skogsplantering). Däremot finns det andra miljönyttor i form av substitution av fossila bränslen och ett bibehållet öppet landskap som gör att denna typ av produktion ändå kan ha mervärden jämfört med skogsplantering.

Förändrad efterfrågan eller ändringar i stödsystemen kan också leda till att vissa typer av odlingssystem gynnas. Till exempel kan arealen vall öka om vi får in mer grovfoderbaserad djurproduktion eller om det finns en marknad för andra ändamål av vall, t.ex. för extraktion av proteiner eller som substrat för biogas. En ökad efterfrågan av t.ex. baljväxter kan också ge effekter på kolinlagringen genom en ökad andel baljväxter i växtföljder som annars skulle bestått av spannmål. En minskad livsmedelsproduktion eller stöd alternativt krav på icke-produktiva arealer (t.ex. träda och skydds-zoner) kan också leda till ökad kolinlagring (samt minskat näringsläckage) men med minskad livsmedelsproduktion till följd.

8.1 Beskrivning av åtgärden

Fokus i detta kapitel är på åtgärder som sker på befintlig jordbruksmark. Åtgärderna kan systematiseras på flera olika sätt, dels med avseende på vilket sätt som kolinlagringen kan öka (ökad mängd ovanjordisk biomassa, ökad mängd rotbiomassa, minskat uttag av skörderester eller minskad jorderosion) eller indelat på hur åtgärden påverkar odlingssystemet (en förlängd växtsäsong, val av grödor och odlingstekniker). Vi väljer en kombination av dessa och delar in möjliga åtgärder i:

- **Mellangrödor:** gröda som etableras i eller efter att huvudgrödan skördats och som bearbetas ned innan sådd av nästa huvudgröda. Denna åtgärd kräver att växtsäsongen för en mellangröda är tillräckligt lång och åtgärden kan användas för vissa men inte alla huvudgrödor. I och med att fältet blir grönt under längre tid under säsongen ökar kolinlagringen men det finns även andra effekter såsom minskad erosion och minskat näringsläckage. Det finns dock en risk för ökat läckage av lustgas. En schablon för upptaget baserat på studier på rajgräs är att mellangrödor ökar kolinlagringen med 330 kg kol per hektar och år¹⁸⁴.
- **Åtgärder för ökade skördar:** Kolinlagringen under jord påverkas av mängden biomassa ovan jord. Genom att öka skörden ökar även biomassan totalt. Både en ökad ovanjordsbiomassa, men framför allt en ökad rotbiomassa kan alltså ge en ökad kolinlagring. Exempel på åtgärder för ökad skörd är ökad och/eller mer effektiv gödsling, bevattning, god dränering, och minskad markpackning. En uppskattning är att en intensifiering av vallodlingen, och därmed ökad skörd,

¹⁸⁴ Bolinder, M., Freeman, M., Kätterer, T. (2017). Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet: Sveriges lantbruksuniversitet.

kan leda till en ökad kolinlagring med 35 kg kol per hektar och år¹⁸⁵. Räknat på en global nivå så innebär en ökad produktivitet även att en mindre areal annan mark behöver tas i anspråk för att producera mat vilket i förlängningen leder till minskade nettoutsläpp av växthusgaser orsakad av en minskad avskogning globalt.

- **Minskad areal svartträda:** En minskad areal svartträda leder också till att kolinlagringen ökar jämfört om svartträda används. Svartträda innebär upprepad bearbetning som leder till ingen eller lite växtlighet på åkermarken. Kolinlagringen för bevuxen träda jämfört med svartträda uppskattas till 500 kg kol per hektar träda och år eller med 100 kg kol per ha och år om man antar att marken trädas vart femte år¹⁸⁶.
- **Minskad bortförsel av skörderester:** Genom att lämna skörderester i fält (t.ex. halm) kan man få ökad kolinlagring (ca 50 kg kol per hektar för stråsäd).¹⁸⁷ En minskad bortförsel av skörderester innebär alltså att mer kol kan lagras in men också att man inte kan använda skörderester till annat såsom till strömedel, uppvärmning, foder eller biogas. Ur ett strikt klimatperspektiv kan ett högt uttag av halm vara försvarbart men det får då i stället negativa konsekvenser på mullhalten. Det går också att pyrolysera skörderester och sedan återföra biokolet till åkermark och därmed minska nedbrytningen av skörderesterna. Detta diskuteras särskilt under kapitel 9.
- **Tillförsel av organiskt material:** En annan möjlighet är att tillföra organiskt material till åkermarken. Detta kan vara i form av biokol (diskuteras under kapitel 9) eller avloppsslam¹⁸⁸. Avloppsslam kan öka kolinlagringen på fältnivå men utslaget över hela Sverige är effekten på kolinlagringen begränsad¹⁸⁹. För att öka kolinlagringen på de mineraljordar med lägst mullhalt kan åtgärden dock vara effektiv. Det finns dock andra hinder (såsom höga halter av vissa föroreningar) som gör att åtgärdens potential är begränsad. Detsamma gäller för tillförsel av stallgödsel. Eftersom i princip all stallgödsel återförs till åkermarken så är den enda åtgärden för att öka tillförseln att öka animalieproduktionen. Däremot kan en bättre fördelning av

¹⁸⁵ Rydberg, I., Wikström, L., Segerborg-Fick, A., Rundqvist, J., Kätterer, T., Bodin, P., & Jewert, J. (2019). Så klarar det svenska jordbruket klimatmålen.

¹⁸⁶ Bolinder, M., Freeman, M., Kätterer, T. (2017). Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet: Sveriges lantbruksuniversitet

¹⁸⁷ Bolinder, M., Freeman, M., Kätterer, T. (2017). Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet: Sveriges lantbruksuniversitet.

¹⁸⁸ Kirchmann, H., Börjesson, G., Kätterer, T., & Cohen, Y. (2017). From agricultural use of sewage sludge to nutrient extraction: A soil science outlook. *Ambio*, 46(2), 143-154.

¹⁸⁹ Bolinder, M.A., Crotty, F., Elsen, A. *et al.* The effect of crop residues, cover crops, manures and nitrogen fertilization on soil organic carbon changes in agroecosystems: a synthesis of reviews. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 25, 929–952 (2020).

<https://doi.org/10.1007/s11027-020-09916-3>

stallgödseln göras så att den gör som mest nytta, det vill säga där mullhalten är som lägst.

- **Alternativa odlingsmetoder:** Det finns idag en rad olika koncept och odlingsmetoder med åtminstone delvis, syftet att öka kolinlagringen i mark.¹⁹⁰ Gemensamt för dessa är att de är samlingskoncept där flera olika odlingsåtgärder ingår. Eftersom flera åtgärder ingår inom varje metod är det svårt att kvantifiera effekten av en specifik metod. En åtgärd som ofta ingår i dessa koncept är reducerad jordbearbetning eller plöjningsfritt jordbruk. Plöjningsfritt jordbruk kan ha flera fördelar vad gäller ökad kolinlagring i matjorden, men nettoeffekten om man räknar in djupare kolinlagring är i genomsnitt nära netto noll¹⁹¹. Ett av dessa koncept är agroforestry vilket diskuteras i kapitel 6.
- **Val av grödor med högre kolinlagring:** Genom att öka andelen vall eller vissa baljväxter i växtföljder som domineras av spannmål kan kolinlagringen öka¹⁹². Men en förändrad produktion i form av ändrade grödor måste komma som en följd av en ändrad efterfrågan. En ökad andel vall i växtföljden för spannmålsarealen kan ge ökad kolinlagring på 520 kg kol per hektar vall och år¹⁹³ vilket är något lägre än tidigare skattningar. Det finns försök i varmare och torrare klimat där perent vete visat sig ha en hög potential för att lagra in kol¹⁹⁴ men studier krävs för att se hur stor potentialen är samt hur stora skördar som kan genereras under svenska förhållanden.

8.1.1 Avgränsning av åtgärder

Eftersom potentialen att öka kolinlagringen i marken under betesmark är låg blir fokus i detta kapitel på åtgärder på åkermark. Vi väljer också att fokusera på åtgärder där vi bedömer potentialen som tillräckligt stor och där åtgärderna inte antas minska livsmedelsproduktionen nämnvärt. Den åtgärd som lyfts i klimatpolitiska vägvalsutredningen är mellangrödor. Vi väljer att även inkludera åtgärder för ökade skördar som en åtgärd för ökad kolinlagring, I en rapport från IVA/KSLA¹⁹⁵ lyfts en ökad intensitet i vallodlingen

¹⁹⁰ Ekologiskt, regenerativt, agroekologi... - vad är skillnaden <https://ekofakta.se/ekologisk-mat-fraan-jord-till-bord/ekologiskt-regenerativt-agroekologi-vad-aer-skillnaden> (hämtad 2022-11-11)

¹⁹¹ Meurer, K. H., Haddaway, N. R., Bolinder, M. A., & Kätterer, T. (2018). Tillage intensity affects total SOC stocks in boreo-temperate regions only in the topsoil—A systematic review using an ESM approach. *Earth-Science Reviews*, 177, 613-622.

¹⁹² FORMAS 2021. Växtföljders påverkan på inlagring av organiskt kol i jordbruksmark – En systematisk översikt och samhällsekonomisk analys. Rapport: F1:2021

¹⁹³ Kätterer T. & Bolinder M.A. 2022. Agriculture practices to improve soil carbon storage in upland soil. Chapter 15 in: Rumpel C. (Ed.) Understanding and fostering soil carbon sequestration. Burleigh Dodds Scientific Publishing.

¹⁹⁴ de Oliveira, G., Brunzell, N. A., Sutherlin, C. E., Crews, T. E., & DeHaan, L. R. (2018). Energy, water and carbon exchange over a perennial Kernza wheatgrass crop. *Agricultural and Forest Meteorology*, 249, 120-137.

¹⁹⁵ Rydberg, I., Wikström, L., Segerborg-Fick, A., Rundqvist, J., Kätterer, T., Bodin, P., & Jewert, J. (2019). Så klarar det svenska jordbruket klimatmålen.

som en åtgärd som går att genomföra idag (t.ex. genom ökad bevattning). I samma rapport lyfts även en ökad areal vall i växtföljder med spannmål samt en minskad areal svarträda. En ökad areal vall behöver dock åtföljas av en ökad efterfrågan på vall till foder eller annan användning varför vi inte ser detta som en åtgärd inom detta uppdrag. En åtgärd som inte lyfts i IVA/KSLA-rapporten är åtgärder för ökade skördar inom spannmålsodlingen. Men eftersom fokus i denna rapport är åtgärder som kan genomföras fram till 2045 inkluderas även denna typ av åtgärder i detta kapitel.

De åtgärder vi inkluderar i denna analys är:

- Mellangrödor
- Övriga åtgärder: dvs åtgärder för ökade skördar samt en minskad areal svarträda

8.1.2 Omfattning av åtgärderna idag

8.1.2.1 Mellangrödor

Under åren 2019-2021 var det ungefär 73 500 hektar åkermark som miljöersättningen till fånggrödor årligen omfattade. Mellangrödor på s.k. ekologiska fokusarealer inom förgröningsstödet uppgick till i storleksordningen 1 500 hektar per år. Den faktiska arealen är större än arealen som finns inom stödsystemet, men det finns ingen kvantifiering av denna areal.

8.1.2.2 Övriga åtgärder

Övriga åtgärder omfattar till stor del ändringar i produktionsmetoder som gör att kolinlagringen ökar inom den befintliga odlingen (åtgärder för ökad produktivitet). År 2019 var den totala arealen träda 132 000 hektar. För samma år var arealen träda inom ekologiska fokusarealer 51 000 hektar. I denna areal ingår dock även stubb- och svarträda. Enligt SCB:s statistik över odlingsåtgärder var det under 2019 endast 8 procent av den totala arealen träda som klassades som "annat" (där svarträda utgör den största andelen) medan 18 procent av arealen var stubbträda¹⁹⁶. En ökad användning av rötslam diskuteras inte detta kapitel och andelen rötslam som spridits på åkermark har tidigare varit låg men har dock ökat under senare tid och ligger idag kring 40 procent¹⁹⁷.

¹⁹⁶ SCB (2019) Odlingsåtgärder i jordbruket 2019 Träda, slåttervall, jordbearbetning, fånggrödor samt spridning av kalk på åkermark. MI 30 SM 2003

¹⁹⁷ SCB (2018). Utsläpp till vatten och slamproduktion 2018 -Kommunala avloppsreningsverk, massa- och pappersindustri samt viss övrig industri. MI 22 SM 2001

8.2 Förutsättningar för åtgärden

8.2.1 Teoretisk potential

Rent teoretiskt vore den bästa åtgärden för den totala kolinlagringen att beskoga all jordbruksmark. Detta skulle innebära att all jordbruksmark omvandlades till skogsmark och bokföringstekniskt skulle kolsänkan tillföras skogen. En annan teoretisk potential vore att all existerande åkermark i Sverige blev långliggande vall. Kolinlagringen för vall jämfört med annuella grödor är 520 kg kol per hektar och år. Den totala åkerarealen (minus vall och träda) ligger på ca 1 250 000 ha. Den teoretiska potentialen för kolinlagringen är då 650 kton kol eller 2,4 miljoner ton CO₂e.

8.2.2 Teknisk potential

Ovan resonemang rör alltså vad den existerande åkerarealen teoretiskt skulle kunna binda in och blir då den övre gränsen för alla åtgärder som sätts in. Det finns dock varken någon politisk vilja eller andra incitament för att ersätta alla ettåriga grödor med vall. I stället kan man studera den tekniska potentialen, i detta fall den potential som finns för att lagra in kol och ändå behålla existerande nutida eller framtida livsmedelssystem.

I en rapport från IVA/KSLA¹⁹⁸ uppskattades den tekniska potentialen för kolinlagringen på dagens åkermark till 340 kton kol eller 1 250 kton CO₂e (Tabell 8-1). Då ingår åtgärderna: ökad andel vall, ökad areal fånggrödor, ökad intensitet i vallodlingen och slopad svartträda. Rapporten utgår från de åtgärder och arealer som finns idag. Men potentialen att lagra in kol på den existerande åkermarken kan vara större eller mindre beroende på förändrad markanvändning som i sin tur beror på förändringar i efterfrågan på olika produkter, möjligheten att aktivt bruka jorden samt utformningen av stödsystemet.

Inom den svenska klimatrapporeringen tas det vartannat år fram scenarier för jordbruksarealens utveckling med hjälp av SASM-modellen¹⁹⁹. Detta referensscenario bygger på en rad antaganden om jordbrukares beslut, nuvarande stödsystem och scenarier för prisutvecklingen av en rad jordbruksprodukter. Den innehåller alltså inte effekter på skördar av ett förändrat klimat eller kortsiktiga störningar på produktionen. Enligt det senaste referensscenariot som togs fram 2022 minskar arealen åkermark från 2 500 000 hektar idag till 2 000 000 hektar till 2050 vilket gör att den totala mängden kol på jordbruksmark minskar i detta referensscenario givet att marken helt tas ur produktion. En del av den minskade arealen är ett trendmässigt bortfall av åkermark (0,27 procent per år) där huvuddelen av bortfallet beror på att marken tas in anspråk för vägar eller bebyggelse.

¹⁹⁸ Rydberg, I., Wikström, L., Segerborg-Fick, A., Rundqvist, J., Kätterer, T., Bodin, P., & Jewert, J. (2019). Så klarar det svenska jordbruket klimatmålen.

¹⁹⁹ Naturvårdsverket. (2018). Beskrivning av SASM : En ekonomisk optimeringsmodell över jordbrukssektorn i Sverige. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:naturvardsverket:diva-9089>

Den största arealminskningen i referensscenariot står vallen för. Vallodling lagrar in mer kol än till exempel spannmål och en minskning av arealen vall innebär också att mullhalten i medeltal för jordbruksmark minskar. Potentialen för åtgärderna i denna rapport bygger på arealerna från detta referensscenario.

8.2.2.1 Mellangrödor

Den totala spannmålsarealen är i referensscenariot densamma 2050 som idag. I IVA/KSLA-studien antas att mellangrödor kan odlas på 440 000 hektar vilket skulle ge en kolinlagring på 145 kton kol eller 530 kton CO₂e²⁰⁰. SLU har givet nuvarande växtföljder och markanvändning skattat den tekniska potentialen för att odla mellangrödor idag till 468 000 hektar²⁰¹. Referensscenariot ger en ökad areal höstsäd och i storleksordningen 60 000 hektar minskad areal vårsäd fram till 2050 vilket gör att vi skattar den potentiella arealen för 2050 till ca 400 000 hektar. Det kan dock ha blivit vanligare med sådd av mellangrödor efter skörd av vissa övriga grödor där det idag inte är möjligt. Den potentiella kolinlagringen för 400 000 hektar mellangrödor blir 132 kton kol eller motsvarande **480 kton CO₂e**.

8.2.2.2 Övriga åtgärder

En ökad intensitet i vallodlingen skulle ge 35 kg mer kol per hektar. Enligt referensscenariot är arealen vall 2050 656 000 hektar. Detta ger en kolinlagring på 23 kton kol eller **80 kton CO₂e**.

I IVA/KSLA-studien antas att 32 000 hektar av total 160 000 hektar träda är svart- eller stubbträda. I referens-scenariot är 126 000 hektar träda eller gröngödsling år 2050. Om man antar att samma procentandel för denna areal skulle det 2050 finnas 25 000 hektar svartträda vilket ger en potentiell kolinlagring på 12,5 kton kol eller **45 kton CO₂e**.

I referensscenariot antas en skördeökning på 0,5 procent årligen vilket innebär en skördeökning på 15 procent för spannmål fram till 2050. Ett grovt antagande är att hektarskördarna i Sverige ligger på 5 000 kg per hektar. Detta skulle ge en ökad skörd med 750 kg per hektar till 2050. Om vi gör ytterligare ett grovt antagande att 1 tons skördeökning ger en ökad mängd markkol med 20 kg²⁰² innebär en ökad skörd på 750 kg per hektar en ökad nettoinlagring med 15 kg kol per hektar och år jämfört med idag.

Skördeökningen i referens-scenariot baseras på observerade trender och kan därför ses som ett basscenario för kolinlagring. I Lantmännens rapport

²⁰⁰ Rydberg, I., Wikström, L., Segerborg-Fick, A., Rundqvist, J., Kätterer, T., Bodin, P., & Jewert, J. (2019). Så klarar det svenska jordbruket klimatmålen.

²⁰¹ Aronsson, H., Berglund, K., Djodjic, F., Etana, A., Geranmayeh, P., Johnsson, H., & Wesström, I. (2019). Effekter av åtgärder mot fosforförluster från jordbruksmark och åtgärdsutrymme.

²⁰² 1 kg extra kväve antas ge 1 kg extra markkol; 1 kg extra kväve antas ge 50 kg ökad skörd (baserat på gödslingsrekommendationer). Detta leder till att 1 ton ökad skörd motsvarar 20 kg extra markkol.

”Framtidens jordbruk: Växtodling”²⁰³ räknar man i stället med en skördeökning på 48 procent till 2050 vilket med motsvarande beräkningar skulle ge en ökning av markkolet med 48 kg per hektar.

Differensen blir den additionella kolinlagringen räknat till insatser utöver förväntade trender, dvs 33 kg kol per hektar. Räknat på åkerarealen (minus arealen vall och träda =980 000 ha) blir kolinlagringen 40 kton kol eller **148 kton CO₂e**.

Tabell 8-1. Potentialer för kolinlagring för åtgärder på mineraljordar. Potentialer inom parentes är tagna från rapporten ”Så klarar det svenska jordbruket klimatmålen”²⁰⁴

Åtgärd	Potentiell areal (kha)	Potential för kolinlagring (kg C per ha och år)	Potential för kolinlagring(kton C)	Potential för kolinlagring (kton CO ₂)
Ökad andel vall	X (220)	520 (645)	x (142)	x (520)
Mellangrödor	400 (440)	330 (330)	132 (145)	480 (530)
Ökad intensitet i vallodlingen	656 (1 100)	35 (35)	23 (37)	80 (140)
Slopad svartträda	25 (32)	500 (500)	12,5 (16)	45 (60)
Ökade skördar i spannmålsodlingen	1 230 (x)	33 (x)	40 (x)	148 (x)
Summa			208 (340)	760 (1 250)

8.2.2.3 Sammanlagd potential

Summerat blir den totala potentialen 208 kton kol eller **760 kton CO₂e**. Detta är en något lägre potential än den som rapporteras i rapporten av IVA/KSLA²⁰⁵. Men då ingår inte en ökad areal vall i växtföljder som åtgärd i denna studie, samt att den totala arealen åkermark antas vara mindre år 2050 jämfört med idag. En ökad efterfrågan på vall kan ge ytterligare kolinlagring på 52 kton kol eller 390 kton CO₂e per 100 000 hektar. Ifall spannmålsarealen blir större än i referensscenariot kan även inlagringen av kol på jordbruksmark bli högre.

²⁰³ Lantmännen (2021) Rapport Framtidens jordbruk. [framtidens_jordbruk_webb_SV.pdf \(lantmannen.se\)](#)

²⁰⁴ Rydberg, I., Wikström, L., Segerborg-Fick, A., Rundqvist, J., Kätterer, T., Bodin, P., & Jewert, J. (2019). Så klarar det svenska jordbruket klimatmålen.

²⁰⁵ Rydberg, I., Wikström, L., Segerborg-Fick, A., Rundqvist, J., Kätterer, T., Bodin, P., & Jewert, J. (2019). Så klarar det svenska jordbruket klimatmålen.

8.2.2.4 Annan möjlig framtida markanvändning

Beräkningarna ovan enligt referensscenariot grundar sig på antagandet att markanvändningen i framtiden ser någorlunda ut som den gör idag och att utvecklingen följer redan observerade trender. Ett problem som vi har i alla potentialbedömningar är att det är svårt att bedöma hur mycket livsmedel som behöver produceras, dvs inte heller hur mycket jordbruksmark som behövs i framtiden. En större areal jordbruksmark ger större areal att genomföra potentiella åtgärder för ökad kolinlagring, men ger också en mindre areal som kan användas t.ex. återvätning, beskogning, eller energiskog. Den framtida arealen jordbruksmark beror inte endast på trender i den nationella och globala efterfrågan på jordbruksprodukter utan kan också påverkas av framtida stöd och ersättningar och av andra politiska beslut, t.ex. som rör exploatering av jordbruksmark.

I stället för att, som i denna studie anta att framtida produktionssystem ser ut som dagens system där en förändrad produktion endast styrs av förändrade världsmarknadspriser och befintliga styrmedel kan man även ta fram mer teoretiska markanvändningsscenarier för framtiden. I en sådan studie har man till exempel tittat på hur markanvändningen skulle se ut om fokus låg på bevarande av betesmarker och att minimera användningen av spannmål till foder²⁰⁶. Med ett sådant antagande skapas produktionssystem som, förutom att bevara dagens areal naturbetesmark, en minskad areal vall och i stället ger en ökad areal baljväxter samt en större areal överbliven jordbruksmark.

8.2.3 Övriga klimateffekter

8.2.3.1 Mellangrödor

Om hela den potentiella arealen mellangröda skulle användas till biogasproduktion skulle det generera 1,8 TWh biogas per år²⁰⁷ och om det genererade bränslet ersätter bensin skulle det i så fall ge en substitutionsnytta på 800 kton CO₂e per år²⁰⁸. Ifall biomassan skördas minskar dock nettoinlagringen av kol.

En ökad areal mellangrödor innebär också att näringsläckaget minskar vilket ger minskade indirekta utsläpp av lustgas. Med mellangrödor ökar också risken för direkta lustgasemissioner i alla fall för ej vinterhärdiga grödor²⁰⁹. Dessa effekter måste också räknas in i nettoeffekten av åtgärden. En global studie visade inte på någon signifikant skillnad i de direkta utsläppen av

²⁰⁶ Röös, E., Patel, M., Spångberg, J., Carlsson, G., & Rydhmer, L. (2016). Limiting livestock production to pasture and by-products in a search for sustainable diets. *Food Policy*, 58, 1-13.

²⁰⁷ Prade, T., Björnsson, L., Lantz, M., & Ahlgren, S. (2017). Can domestic production of iLUC-free feedstock from arable land supply Sweden's future demand for biofuels?. *Journal of land use science*, 12(6), 407-441.

²⁰⁸ Beräknat enligt samma metod som i Prade m.fl. (2017).

²⁰⁹ Aziz, Khadija, 2022. *Effects of cover crops on nitrous oxide (N₂O) emissions in cereal cropping*. Avancerad nivå, A2E. Uppsala: SLU, Institutionen för ekologi.

lustgas men minskade indirekta utsläpp²¹⁰. Nettoeffekten på minskade lustgasemissioner blev då motsvarande 100 kg CO₂e per hektar och år. Räknet på 400 000 hektar enligt ovan blir denna klimatnytta 40 kton CO₂e per år som då ska läggas ovanpå kolinlagringens klimatnytta.

Rätt hanterad kan också en mellangroda leda till att kvävegivan kan minskas till efterföljande gröda. Det betyder i sin tur att mängden mineralgödsel kan minskas. Framställning av mineralgödsel är en betydande del av klimatgasutsläppen från jordbruket.

8.2.3.2 Övriga åtgärder

Ökade skördar kan åstadkommas med hjälp av ökad gödsling. Med ökad skörd ökar också kolinlagringen men också de indirekta utsläppen av lustgas. Om 1 kg N ger 1 kg markkol ska detta vägas emot att 1 kg N ger 0,01 kg lustgas-N enligt dagens metodik inom klimatrapporeringen. Omräknat blir det 3,6 kg CO₂ för kolinlagringen med ökade utsläpp av lustgas motsvarande ca 4,5 kg CO₂e. Men då räknas inte effekten av att en ökad mullhalt kan ge ytterligare ökade skördar som i sin tur kan ge ökad inlagring av kol. På motsvarande sätt som för mellangrödor kan bevuxen träda minska läckaget av kväve, vilket i sin tur minskar de indirekta emissionerna av lustgas.

8.2.4 Övriga miljöeffekter

8.2.4.1 Mellangrödor

Som nämnts kan mellangrödor och ökad andel vall leda till minskade växt-näringsförluster. Studier vid SLU i Alnarp har även visat på positiva effekter för förbättrad ogräskontroll och biodiversitet²¹¹.

8.2.4.2 Övriga åtgärder

En ökad kvävegiva som överstiger kväveoptimum och som inte är behovsanpassad kan leda till ett ökat läckage av näringsämnen. En minskad areal svarträda har positiva effekter på att minska läckaget av växtnäringsämnen och kan också ha en positiv effekt på den biologiska mångfalden.

8.2.5 Livsmedelsproduktion

De åtgärder vi valt att fokusera på är sådana som antingen inte påverkar livsmedelsproduktionen nämnvärt, alternativt leder till ökad produktion. Produktivitetssökande och markförbättrande åtgärder genererar per definition ökade skördar på kort och/eller lång sikt. Mellangrödor kan i vissa fall ge en något minskad skörd²¹², samtidigt som de kan ge en viss förfruktseffekt.

²¹⁰ Abdalla, M., Hastings, A., Cheng, K., Yue, Q., Chadwick, D., Espenberg, M., ... & Smith, P. (2019). A critical review of the impacts of cover crops on nitrogen leaching, net greenhouse gas balance and crop productivity. *Global change biology*, 25(8), 2530-2543.

²¹¹ Fältförsök bekräftar klimateffekt av mellangrödor som biogassubstrat. 2022-03-02. <https://www.slu.se/ew-nyheter/2022/3/faltforsok-bekraftar-klimateffekt-av-mellangrodor-som-biogassubstrat/> (hämtad 2022-11-11)

²¹² Valkama, E., Lemola, R., Känkänen, H., & Turtola, E. (2015). Meta-analysis of the effects of undersown catch crops on nitrogen leaching loss and grain yields in the Nordic countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 203, 93-101.

8.2.6 Odlingstekniska aspekter

8.2.6.1 Mellangrödor

För mellangrödor krävs det att klimat- och odlingsförhållanden är sådana att det kan ske en tillväxt av biomassa under september till oktober. Det är avgörande att sådden av mellangrödan efter skörd av huvudgrödan kan ske tidigt i augusti. I Norrland finns inte sådana förhållanden och den angivna potentialen är inte heller beräknad till att det går att odla mellangrödor i hela landet. Det måste också vara möjligt att odla mellangrödor som inte ger ogräsproblem eller problem med växtskadegörare i huvudgrödorna. Dessa hinder för odlingen kan minimeras genom att lantbrukarna kan anpassa valet av arter i mellangrödan efter växtföljd o. dyl.

8.2.6.2 Övriga åtgärder

Vad gäller åtgärder som ökar produktiviteten så styrs även dessa av odlingsstekniska aspekter. Till exempel så behövs det en tillräcklig mängd vatten för att kunna öka graden bevattning av t.ex. vallar. Det är också viktigt med framsteg inom växtförädling.

8.2.7 Företagsekonomisk lönsamhet

Åtgärder för att öka produktiviteten är i regel lönsamma, men det kan ibland krävas stöd när investeringskostnaderna är höga för till exempel bevattning eller förbättrad dränering. Andra åtgärder såsom mellangrödor innebär merkostnader på kort sikt men ger positiva effekter i längden i form av en bättre markbördighet. För att skala upp användandet av mellangrödor finns inom den strategiska planen en ettårig miljöersättning för fånggröda och mellangröda efter 2023.

8.2.8 Prioriterade marker

Marker kan teoretiskt sett prioriteras med avseende på var en åtgärd har störst effekt. Detta skulle kunna ske genom att rikta stöd till de marker som har lägst mullhalt där den positiva effekten av en ökad mullhalt på till exempel markstrukturen är som störst.

I övrigt bör åtgärder prioriteras utifrån var klimatnyttan är som störst per investerad krona med bland annat med hänsyn till åtgärdens permanens och till övriga hållbarhetsaspekter.

8.3 Åtgärdens effekt på kolsänkan

8.3.1 Effekt ”i verkligheten”, för olika situationer t ex geografi

8.3.1.1 Mellangrödor

Kolinlagringen för en mellangröda beror på en rad olika faktorer. Men en förutsättning för kolinlagring är att grödan hinner etablera sig och bilda en

tillräckligt stor rotbiomassa. Potentialen varierar mellan olika platser och typer av fånggrödor. Sammanställningar av tidigare resultat^{213,214} ger ett medelvärde på kolinlagringen på 333 kg kol per hektar och år men där individuella studier och meta-analyser ger medelvärden mellan 270 och 410 kg kol per hektar och år.

8.3.1.2 Övriga åtgärder

För vall finns fler studier och den positiva effekten på kolinlagring är väletablerad. Potentialen skattas att ligga mellan 330 och 1 100 kg kol per hektar, och i medeltal till 520 kg kol per hektar och år²¹⁵. Till exempel var kolinlagringen i två svenska fältförsök med samma upplägg 330 respektive 820 kg kol per hektar och år²¹⁶.

Vad gäller “nya” grödor såsom flerårig spannmål visar initiala studier på en väldigt hög potential att lagra in kol (3 700 kg C per ha och år)²¹⁷ men det behövs mer forskning och försök för att utröna vad potentialen är under faktiska förhållanden, hur stor skörden blir och om eventuella andra problem som kan uppkomma om man vill skala upp produktionen. Det finns försök kring denna typ av grödor i Sverige²¹⁸ och FORMAS finansierar även ett kommande projekt kring perenna grödors potential för att lagra in kol²¹⁹.

Vall svarar bra på bevattning och äldre fältförsök visar på en ökad vallskörd på i storleksordningen 15–55 procent beroende på jordart och typ av vall²²⁰. Nyare försök visar på en ökad total vallskörd över året (fyra vallskördar) på

²¹³ Bolinder, M., Freeman, M., Kätterer, T. (2017). Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet: Sveriges lantbruksuniversitet.

²¹⁴ Bolinder, M. A., Crotty, F., Elsen, A., Frac, M., Kismányoky, T., Lipiec, J., ... & Kätterer, T. (2020). The effect of crop residues, cover crops, manures and nitrogen fertilization on soil organic carbon changes in agroecosystems: a synthesis of reviews. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 25(6), 929-952.

²¹⁵ Kätterer T. & Bolinder M.A. 2022. Agriculture practices to improve soil carbon storage in upland soil. Chapter 15 in: Rumpel C. (Ed.) Understanding and fostering soil carbon sequestration. Burleigh Dodds Scientific Publishing.

²¹⁶ Börjesson, G., Bolinder, M. A., Kirchmann, H., & Kätterer, T. (2018). Organic carbon stocks in topsoil and subsoil in long-term ley and cereal monoculture rotations. *Biology and Fertility of Soils*, 54(4), 549-558.

²¹⁷ de Oliveira, G., Brunsell, N. A., Sutherlin, C. E., Crews, T. E., & DeHaan, L. R. (2018). Energy, water and carbon exchange over a perennial Kernza wheatgrass crop. *Agricultural and Forest Meteorology*, 249, 120-137.

²¹⁸ SITES Agroekologiska Fältexperiment (SAFE), 2021-09-28 <https://www.slu.se/institutioner/biosystem-teknologi/forsoksanlaggningar/sites-lonnstorp-research-station/sites-agroekologiska-faltexperiment-safe/> (hämtad 2022-11-10).

²¹⁹ Capturing Carbon in Perennial Cropping Systems. <https://portal.research.lu.se/en/projects/capturing-carbon-in-perennial-cropping-systems> (hämtad 2022-11-16).

²²⁰ Wesström I., och Abraham, J. (2019). Bevattning av vall och majs (presentation). 2019-12-11. https://www.slu.se/globalassets/ew/org/andra-enh/ltv/partnerskap-alnarp/motesplatser/dokumentation/seminarier-och-evenemang/2019/vaxjo-mote/26-bevattning_vall_vaxjo2019.pdf (hämtad 2022-11-11)

uppemot 70 procent²²¹. Om tillväxten i rotbiomassa är proportionerlig skördeökningen blir effekten på kolinlagringen (räknat på en genomsnittlig kolinlagring på 520 kg kol per hektar) i storleksordningen uppemot 365 kg kol per hektar och år för bevattnad vall. I antagandet ovan antas en lägre realiserbar potential på lågt räknat 35 kg kol per hektar och år för ökad intensitet i vallodlingen.

En bra dränering är en förutsättning för en god skörd. Äldre försök har visat att skörden kan öka med mellan 720 och 1 460 kg jämfört med utan täckdikning för havre och korn i Vänerområdet²²². Räknat på samma omvandlingsfaktor från skörd till markkol som ovan (1 ton skörd ger 20 kg markkol) skulle täckdikning kunna leda till en ökad mängd markkol på 14-29 kg per hektar och år.

8.3.2 Metod för effektberäkning inom dagens klimatrapportering

Metoden för att beräkna utsläpp och upptag av kol på naturbetesmark är idag densamma som för skogsmark, det vill säga att man använder sig av skogsmarkinventeringen²²³ för att beräkna förändringar i kolförrådet. För betesmarken betyder denna metodik att rapporteringen fångar upp nettoeffekten av alla åtgärder som påverkar kolinlagringen. Det går därför inte, att med denna metod, se effekten av individuella åtgärder. Betesmark inom klimatrapporteringen inkluderar enbart naturbetesmark, dvs. marker som normalt inte påverkas av jordbearbetning eller andra jordbrukstekniska åtgärder.

För åkermark på mineraljordar beräknas kolinlagringen med hjälp av en modell som heter ICBM-modellen. Förändringar i kolpoolen beräknas med hjälp av klimatdata, skördestatistik och statistik för arealen för olika grödor (inklusive träda). Åtgärder som påverkar vilka grödor som odlas och var dessa odlas samt hur stor skörden blir kan därför påverka kolinlagringen enligt denna metodik. Exempel på sådana åtgärder vars effekter inkluderas i klimatrapporteringen är åtgärder för ökad produktivitet (t.ex. förbättrad dränering och bevattning), minskad areal svartträda eller val av grödor med högre kolinlagring (t.ex. en ökad andel vall). Eftersom åtgärders påverkan på kolinlagringen enligt metodiken inom klimatrapporteringen går via skördestatistiken och där kolflödena dessutom påverkas starkt av årsvariationer i klimatet går det inte att se betydelsen av enskilda åtgärder för kolinlagringen för denna metodik. Det blir därför svårt att följa upp den additionella effekten av åtgärder genom den metod som används idag.

²²¹ Abraham, J & Wesström, I. (2021). Bevattning av vall eller inte? (presentation). 2021-12-07. https://partnerskapalnarp.slu.se/ekonf/20211207/31_Bevattning_vall_2021_Joel_Wesstr%C3%B6m_Comm.pdf (hämtad 2021-11-11)

²²² Jordbruksverket (2013). Jordbrukets markavvattningsanläggningar i ett nytt klimat. RA2013:14

²²³ Markinventeringen: Miljöövervakning av skogsmark och andra naturmarker <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/markinventeringen/> (hämtad 2021-11-11)

8.3.3 Möjligt utvecklingsarbete

Mellangrödor skördas som regel inte och ingår därför inte i skördestatistiken. Det saknas även annan bra aktivitetsdata för mellangrödor vilket gör att ICBM-modellen som den ser ut idag inte heller kan räkna på mellangrödors effekt på kolinlagringen.

För att åtgärder för en ökad areal mellangröda ska kunna återspeglas i klimatrapporeringen som den ser ut idag krävs att dessa åtgärder inkluderas i ICBM-modellen. Det är framför allt är prioritet att inkludera effekten av mellangrödor på kolinlagringen, men också att förbättra effekten av svartträda kontra bevuxen träda. För att kunna göra detta krävs både bättre aktivitetsdata och kunskaper om hur kolinlagringen skiljer sig åt med avseende på olika sorter eller blandningar av mellangrödor. En avgörande faktor är hur mycket biomassa som kan produceras med mellangrödor, vilket troligtvis också varierar regionalt med klimatförhållanden.

8.4 Uppföljning av åtgärden

8.4.1 Befintlig insamling av data kopplat till åtgärden

Skördestatistik och statistik över brukad areal samlas in av Jordbruksverket och baseras på grödkoder för sökta arealer samt inrapporterade skördar från ett urval av jordbruksföretag.

För mellangrödor rapporteras endast den areal som lantbrukarna söker miljöersättning för inom CAP. Inom nuvarande programperiod handlar det om arealer inom miljöersättning för minskat kväveläckage samt ekologiska fokusarealer (EFA). Inom kommande jordbrukspolitik handlar det om arealen mellan- eller fånggröda inom ettåriga miljöersättningar.

Den totala arealen träda ingår i statistiken över den brukade arealen. Det finns idag en grödkod för träda, där svartträda är en underkod. Det är därför möjligt att följa upp åtgärden.

8.4.2 Vilka indata används och hur inom dagens klimatrapporering

Den indata som används inom dagens klimatrapporering är det som nämnts ovan kopplat till skördestatistik och statistik över brukad areal.

8.4.3 Möjligt utvecklingsarbete

Eftersom den faktiska arealen mellangröda inte rapporteras in kan det behövas andra metoder att få fram data än genom stödsystemet inom CAP. En möjlig väg fram skulle kunna vara genom satellitövervakning på (se kapitel 8.6). Det borde finnas en potential att använda den areal som finns för olika typer av träda som aktivitetsdata till ICBM-modellen.

8.5 Additionalitet

Om man vill skatta effekten av enskilda åtgärder på framtida kolinlagring behöver man jämföra kolinlagringen med och utan åtgärden. Eftersom markanvändningen och produktionen förändras över tid behöver man därför jämföra med hur stor kolinlagringen förväntas vara i ett nollscenario, där

man endast tar hänsyn till andra faktorer som påverkar kolinlagringen än den specifika åtgärden. I denna rapport har vi valt att räkna på effekten av kolinlagringen på det odlingsystem som genereras av samma modell och referensscenario som används inom klimatrapporteringen.

I den modell som används (SASM) görs antaganden om förändringar i världsmarknadspriser, stödnivåer och produktivitetsökningar. Produktivitetsökningar i SASM-modellen antas följa observerade trender. Framtida kolinlagring bör alltså helst räknas baserat på detta markanvändningsscenario. Det är också möjligt att analysera scenarion med och utan stöden i CAP.

Den kolinlagring som uppstår beror inte bara på förändrad markanvändning men också på att produktiviteten i referensscenariot antas öka. Därmed kan en additionell kolinlagring orsakad av produktivitetshöjande åtgärder till exempel genom satsningar inom livsmedelsstrategin sägas vara den som beror på skördeökningar som är större än de som antas i referensscenariot. Det finns schabloner för exempelvis tänkbar skördeökning för enskilda produktionshöjande åtgärder men beräkningar av klimatnyttan är mycket osäkra.

Åtgärder för att öka produktiviteten är i regel lönsamma men kan kräva investeringar. Dyra investeringar gör att åtgärder som är lönsamma på längre sikt kanske inte alltid kommer till stånd utan stöd. För åtgärder som är lönsamma på kort eller lång sikt är annars lämpliga styrmedel rådgivning och åtgärder för att få till en mer långsiktighet markförvaltning.

För mellangrödor kan åtgärden, i och med att det finns en ersättning, i stort sett antas vara additionell. Eftersom odling av mellangrödor innebär merkostnader är det rimligt att intresset för åtgärden utan ett ersättning är lågt. Arealen utan ersättning skulle dock inte vara noll och det är därför svårt att skatta exakt vad som är den additionella effekten av ersättningen.

För flexibla åtgärder som kraven inom grundvillkoret GAEC 8 inom CAP som bland annat innehåller bevuxen träda som åtgärd är det väldigt svårt att skatta hur stor del av arealen som är additionell. Svarträda på torvmark kommer inte att vara tillåtet utifrån grundvillkoret GAEC 2 från och med 2023. Arealen svarträda styrs dock också av hur lönsam alternativanvändningen är vilket gör att all minskning inte kan härledas till styrmedel.

8.6 Myndigheternas planering framåt

En ökad mullhalt ger mer liv i marken, större omsättning av näringsämnen och mer strukturbildande ämnen, högre kväveminerialisering och bättre vattenhållande förmåga. En höjd mullhalt ger en skördehöjande effekt upp till att markens kolhalt är omkring 3,3 procent²²⁴. Det finns därför incitament för lantbrukaren att bry sig om att öka mullhalten som inte kopplar till kolinlagring. Jordbruksverket bedriver sedan flera år tillbaka rådgivning inom

²²⁴ Greppa Näringen (2013). Praktiska råd: Satsa på högre bördighet för större skördar. Nr 20. [Praktiskt råd nr 20 Bördighet.pdf \(greppa.nu\)](#).

Greppa Näringen kopplad till mullhalt och bördighet. Detta är ett viktigt arbete för att få till åtgärder för ökad kolinlagring som även har flera andra mervärden.

Inom nuvarande programperiod för landsbygdsprogrammet finns stöd i form av miljöersättningar till fånggrödor inom nitratkänsligt område och detta stöd kommer att utökas i kommande period för CAP till att även innefatta en ersättning till mellangrödor (som då kan odlas även utanför nitratkänsligt område). Målvärdet för miljöersättningen till fång- och mellangrödor i den strategiska planen är 229 000 hektar och baseras på den areal Jordbruksverket bedömer vara realistisk till slutet av perioden för jordbrukspolitiken vilket innebär att ytterligare åtgärder behövs för att nå den tekniska potentialen på 400 000 hektar.

Det finns också flera grundvillkor som kopplar till kolinlagring i kommande programperiod, t.ex. GAEC 1 (permanenta gräsmarker), GAEC 2 (förbud mot svartträda på torvmarker), GAEC 3 (förbud mot bränning av stubbåker), GAEC 6 (minsta andel marktäckning) och GAEC 8 (icke-produktiva områden eller landskapselement).

Jordbruksverket har alltså möjlighet att arbeta med samt utveckla kunskaps-spridning, ersättningar och stöd samt villkor för ökad mullhalt.

Det finns även ett stort behov av ökad kunskap för att kunna skatta effekten av olika åtgärders effekter på kolinlagring. Dels på gårdsnivå, dels på nationell nivå. Detta kopplar bland annat till kommissionens initiativ om Carbon Farming och det certifieringssystem kolinlagringskrediter som ska presenteras i slutet av 2022. En ökad kunskap om skillnader i kolinlagring beroende på var och hur man implementerar olika åtgärder (som t.ex. mellangrödor) kan också göra att man kan utforma stöden inom CAP för att styra mot där de gör mest nytta. Det finns även anledningar att titta på effekter av att kombinera flera olika åtgärder av samma syfte. Liggande förslag inom LULUCF-förordningen, förslag till rättsakt om restaurering av natur samt EU:s markstrategi ställer alla ökade krav på markövervakning och provtagning.

Detta sammantaget gör att det finns ett stort behov för både Naturvårdsverket och Jordbruksverket att följa frågan samt att aktivt arbeta för att öka kunskapen inom detta fält genom samarbete med andra myndigheter och akademien, samt att själva utreda möjligheten att anpassa styrmedel så att de länkar till föreslagna initiativ från kommissionen.

Som exempel på detta arbete kan nämnas två uppdrag som Jordbruksverket inom detta regeringsuppdrag lämnat till SLU och som länkar till varandra:

Det första uppdraget går ut på att göra en genomgång av publicerade och opublicerade resultat från studier som svarar på frågor om mellangrödor kopplat till tillväxt av biomassa och kolinlagring. Alla relevanta svenska studier som studerar mellangrödor ska tas med men också internationellt

publicerade resultat från studier som är intressanta för de odlings- och klimatförhållanden som finns i Sverige. Data som tas fram ska om möjligt kunna användas för kalibrering av befintliga modeller för att inkludera mellangrödor i klimatrapporteringen och för att uppskatta effekter av miljöersättningen för mellangrödor i kombination med till exempel satellitdata.

Det andra uppdraget handlar om att arbeta fram en metod för att omsätta spektral-analysdata från drönare eller satelliter till uppskattningar av ovanjordisk biomassa. Dessa uppskattningar kan sedan användas för att utveckla ICBM-modellen så att denna modell även inkluderar mellangrödors effekt på kolinlagringen. Utöver ovanjordsbiomassa finns en potential till att använda satellitdata för övervakning av arealen för olika typer av markanvändning²²⁵.

²²⁵ Satellitdata för att förenkla miljöövervakning (SENSE). 2022-04-05.
<https://www.ivl.se/vart-erbjudande/forskning/miljodata/satellitdata-for-att-forenkla-miljoovervakning.html> (hämtad 2022-11-11)

9 Biokol

Potentialen för biokol är i dagsläget svår att beräkna. Liksom vägvalsutredningen bedömer vi att biokol inte i närtid kommer att bidra i någon större omfattning till kolinlagring.

Samtidigt är det många aktörer som ser möjligheter med biokol och på längre sikt är förhoppningen att biokol kan ge ett bidrag till kolinlagring samtidigt som det bidrar med andra nyttor.

För att detta ska bli verklighet krävs forskning och utveckling inom en rad olika områden, inte minst när det gäller biokolets nytta i växtodling och djurhållning.

Biokol är förkolnad biomassa som tillverkas genom upphettning av biomassa i syrefattig miljö i en process som kallas pyrolys. Resultatet blir en stabil långlivad produkt som liknar träkol. Pyrolysisprocessen gör att kolet binds mycket starkt vilket gör att det inte bryts ner till koldioxid igen genom biologiska processer.²²⁶

I princip kan all typ av biomassa användas för att producera biokol, men råvarukostnaden har stor betydelse för den totala ekonomin. Biokolets egenskaper påverkas starkt av vilken typ av ursprungsmaterial och vilken teknisk process som används för att omvandla ursprungsmaterialet till biokol. Det innebär också att den potentiella nyttan av produkten med avseende på kolinlagring varierar.²²⁷

9.1 Förutsättningar för åtgärden

9.1.1 Biokol i jordbruksmark

Internationellt finns det stor potential med biokol där det uppskattas att biokol kan höja avkastningen på skördar i tropiska klimat. I en metastudie från 2014 visades att i subsahariska Afrika kan skördar öka med från 4 upp till 25 procent. I nordvästra Europa skulle liknande åtagande ge som mest 2 till 8 procents skördeökning.²²⁸ En nyligen publicerad metastudie lyfter också fram det internationella perspektivet kring fördelen av applicering av biokol, med bland annat förbättrad avkastning på i snitt 10–15 procent. Det är dock

²²⁶Klimatpolitiska vägvalsutredningen. Vägen till en klimatpositiv framtid. SOU 2020:4. Stockholm

²²⁷ Klimatpolitiska vägvalsutredningen. Vägen till en klimatpositiv framtid. SOU 2020:4. Stockholm

²²⁸ Dickinson, D., Balduccio, L., Buysse, J., Ronsse, F., Huylenbroeck, G. & Prins, W. 2015, "Cost-benefit analysis of using biochar to improve cereals agriculture", *Global change biology*. Bioenergy, vol. 7, no. 4, pp. 850-864.

en effekt av en rad parametrar som pekar på både markförbättrande egenskaper som biokol har som leder till växtförbättrande egenskaper.²²⁹

I torrare regioner kan biokol bidra med förbättrad vattenhållningskapacitet och näringsutnyttjande vilket har gett skördeökningar i torrare regioner i till exempel Afrika. För tempererade klimat som Sverige, skulle biokol kunna vara en åtgärd vid torrare år för just dess vattenhållningskapacitet.

Det finns ytterst få publicerade studier gällande applicering av biokol inom jordbruket i Norden. Experiment i Finland har visat att marker där biokol applicerats under torka, har uppvisat högre skördar av rybs, än marker där inte biokol har applicerats.²³⁰ Dock behövs fler studier i tempererade klimat för att kunna säga säkert om biokol har en effekt på avkastning från åkrarna vid skörd.

9.1.1.1 Nyttor från applicering av biokol

Applicering av biokol kan innebära att marken blir mer porös vilket skapar mer gynnsamma förutsättningar för växter. Eftersom biokol stabiliserar organiska material som tillförs, kan det innebära minskat växtnäringsläckage vid spridning av stallgödsel. Det skapar även en markstruktur som gör att jorden får bättre vattenhållningskapacitet. Det kan även minska utsläppen av lustgas och metan från jordbruksmarken.²³¹

Ett examensarbete från KTH har genom GIS beräknat vilka marker som är lämpliga för att sprida biokol. Sammanfattningsvis kan sägas att drygt 24 procent av Sveriges jordbruksmark är mycket lämplig för biokolapplikation med hänsyn till jordförbättrande effekter.²³² Det måste dock påpekas att de parametrar som används i studien inte självklart är de enda som kan vara relevanta.

Konsultföretaget 2050 Consulting har i sin rapport ”Miljönyttomodell - Kartläggning av systemeffekter av biokol i Lantbruket”²³³ sammanställt systemeffekter av biokol. Analysen visar att biokol kan bidra positivt till både klimat och andra miljöeffekter. Bland de effekter som man lyfter finns ökad vattenhållande förmåga, ökade skördar, minskad lustgasavgång, minskad metanavgång samt bättre nyttjande av växtnäring. Man är dock tydlig med

²²⁹ Schmidt, H., Kammann, C., Hagemann, N., Leifeld, J., Bucheli, T.D., Sánchez Monedero, M.A. & Cayuela, M.L. 2021, "Biochar in agriculture – A systematic review of 26 global meta-analyses", *Global change biology. Bioenergy*, vol. 13, no. 11, pp. 1708-1730.

²³⁰ Miljo.fi, Näringsurlakningen under kontroll (RaHa), 2014

https://www.ymparisto.fi/sv-FI/Naringsurlakningen_under_kontroll/Observationsforsok

²³¹ Agnesson, S., 2020, Biokolsanvändningen i Sverige - Vad krävs för att svenska lantbruk, kommuner och trädgårdsindustrin ska börja använda eller utöka sin användning av biokol? Geografi, kandidatnivå, Linnéuniversitetet, <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:1520583/FULLTEXT01.pdf>

²³² Osslund F, 2020, Prioritising biochar application to arable land in Sweden, KTH, Royal Institute of technology.

²³³ Celander F, & Söderqvist H, 2021. Miljönyttomodell - Kartläggning av systemeffekter av biokol i Lantbruket. 2050 Consulting

att dessa effekter behöver kvantifieras och det avslutande rådet är därför ökade satsningar på forskning och fältförsök.

9.1.1.2 *Odlingstekniska aspekter*

Att applicera biokol i stora kvantiteter på jordbruksmark har visat sig ha sina utmaningar. Hur biokol ska appliceras beror helt på biokolets egenskaper. Egenskaperna varierar beroende på råvara och hur det har producerats. Variationer i pH-värde, kolmängden och andra egenskaper måste matchas med jorden den ska appliceras på. Till exempel kan vissa biokol med höga pH-värden bäst spridas på sura jordar. Hur biokolet ser ut då det appliceras kan variera, men de flesta biokolsgivor som läggs ut på fält är i form av små partiklar. Detta gör att väderförhållandena måste vara goda för applicering, och det får inte blåsa för mycket, annars riskerar biokolet blåsa i väg. Ett sätt att komma runt detta är att blöta ned biokolet innan applicering. Det finns även dokumenterat att biokolet kan gå förlorat i vattenerosion om man applicerar det i lutande terräng då det regnar kraftigt till exempel. Liknande exempel finns även från platt terräng. Men dessa studier är främst gjorda i tropiskt klimat, där regn är mer intensiva och kan komma i form av intensiva skyfall.

Att sprida biokol kan ske på flera olika sätt, bland annat genom gödselspridare men det är förknippat med stora förluster vid applicering. Genom att ”så in” biokolet direkt i jorden kan vissa av dessa förluster hindras. Det går även att tänka sig att biokolet kan blandas ut med andra ämnen för jordförbättring såsom stallgödsel, kompost eller kalk. Gödsel kan med fördel blandas med biokol för att förhindra avrinning av näringsämnen. Det ska räcka med enstaka appliceringar av biokol på jordbruksmark för att biokolet ska ge positiva effekter för flera odlingssäsonger.²³⁴

9.1.1.3 *Natur- och kulturvärden*

Enlig en dansk syntesstudie kan spridning av biokol påverka markbiologin på olika sätt och både ge positiva och negativa effekter. Beroende på en rad faktorer såsom mängd och typ av biokol som sprids har det visats ha påverkan på bland annat dagmaskar och andra markorganismer samt inte minst olika markmikroorganismer. Den danska studien avslutar med att rekommendera att långtidseffekterna på markens mikroorganismer studeras ytterligare.

9.1.1.4 *Slutsatser om biokol i jordbruksmark*

Jordbruksverket konstaterar att det i alla rapporter och utredningar efterfrågas ytterligare undersökningar och försök eftersom det saknas kunskaper om hur biokol påverkar odlingssystem i Sverige. Det saknas kunskap om vad biokol ger för odlingseffekter för svenska förhållanden. Det saknas kunskap om vilka marker som har bäst effekt av biokol och det saknas kunskap om

²³⁴ Major, J. 2010. Guidelines on Practical Aspects of Biochar Application to Field Soil in Various Soli Management Systems. International Biochar Initiative.

vilka mängder biokol som behövs för att ge eventuella positiva odlingseffekter.

9.1.2 Biokol som tillsats i djurproduktion och foder

Det finns internationell forskning som visar att biokol har positiva effekter när de tillsätts till foder. De dokumenterade effekterna handlar bland annat om ökad tillväxt, förbättrade blodprofiler, ökad äggavkastning, bättre motståndskraft mot sjukdomar samt minskad metanavgång hos idisslare. Det finns även resultat som visar att biokol kan ta bort gifter och föroreningar från både djurkroppar och stallmiljöer.²³⁵

I Sverige driver SLU försök med biokol inom ett flertal områden som beskrivs nedan.

9.1.2.1 Användning av biokol i djupströbädd

Biokol minskade ammoniakavgången vid tillsättning av 2,5 procent biokol av gödselmängden i bädden och ingen ytterligare minskning kunde påvisas vid dubbel dosering. Det gick inte att dra några slutsatser från resultatet om hur växthusgaserna påverkades av tillsättning av biokol till djupströbäddar på grund av stor variation i mätresultaten. Det var enbart små eller obetydliga effekter av biokol på bäddens torrsubstanshalt, pH och temperatur och tjurarnas tillväxt, liggtid och renhet påverkades inte av biokol. Användning av biokol i biogasproduktionen visade på ökad total gasproduktion och specifik metanpotential när tillsats av biokol i djupströbädden vid en nivå på 2,5 procent av gödselmängden användes. Dubbel dosering av biokol i djupströbädden gav ingen ytterligare ökning av biogasproduktionen. Rötad och orötad ströbädd med biokol hade högre halter av järn, mangan och zink än motsvarande ströbädd utan biokol. De ekonomiska beräkningarna visade att kostnaderna för inköp och hantering av biokol översteg intäkterna från ökad energiproduktion och kolinlagring samt minskad ammoniakemission.²³⁶

9.1.2.2 Biokol i mjölkproduktion

Ett projekt som pågår på SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård. Man tittar på följande parametrar:

- Biokoltillsats vid ensilering under hypotesen om att få en effekt liknande den vid förtorkning genom sänkt vattenaktivitet
- Våmfermentation in vitro med hypotesen om minskad produktion av metan och ammoniak från ensilage med biokoltillsats

²³⁵ Man, K. Y. et al. (2021) Use of biochar as feed supplements for animal farming. *Critical reviews in environmental science and technology*. [Online] 51 (2), 187–217.

²³⁶ Hushållningssällskapet, Slutrapport till Jordbruksverket av projektet Biokol för minskat utsläpp av ammoniak och växthusgaser på nötköttsgård med biogas, <https://hushallningssallskapet.se/wp-content/uploads/2018/12/slutrapport-jnr-2017-4257-10-biokol-i-djupstro-badd.pdf>, hämtat 2022-10-11

- Gödselkonsistens hos ungnöt med ensilage som innehåller biokol. Hypotesen är att biokol i ensilaget ger renare djur
- Bildning av metan och ammoniak vid flytgödsellagring under hypotesen att de minskar när biokol ingår i foderkedjan

För dessa studier finns ännu inte några resultat att redovisa.

9.1.2.3 Slutsatser om biokol i foder

Även när det gäller biokol som tillsats i foder finns det många förhoppningar och preliminära resultat som om de besannas är mycket positiva. Det krävs dock fler studier för att säkerställa dessa nyttor, särskilt för svenska förhållanden.

9.1.3 Företagsekonomisk lönsamhet

Ur ett företagsperspektiv, för att göra applicering av biokol mindre kostsamt för jordbrukaren, rekommenderas det idag att man använder sig att maskiner som redan finns till hands. Således undviker jordbruksföretagen nya investeringar av maskiner och utrustning för att sprida biokolet. Likaså är biokolapplicering inte någonting jordbrukaren förväntas behöva göra varje år.²³⁷ Biokol kan tillverkas småskaligt på gården, av jordbrukets egna restprodukter, eller köpas in. Applicering av biokol kan innebära bättre markstruktur och ökad avkastning från marken och åtgärden kan därför innebära långsiktig bättre lönsamhet för jordbrukaren.²³⁸

Produktion av biokol innebär också produktion av pyrolysgas, pyrolysolja och värme. Ska produktionen ske på ett ekonomiskt optimalt sätt bör även producenten hitta vägar för att kunna ta tillvara på dessa.²³⁹

Eftersom kunskapsläget idag inte är omfattande, går det inte att säga huruvida applicering av biokol är en lönsam åtgärd.

9.1.4 Övrig användning av biokol idag

Det finns redan idag en marknad för biokol med olika användningsområden där de olika nyttorna sägs ge positiva effekter som ger ett mervärde utöver kolsänka.

9.1.4.1 Rening av förorenad mark

Det finns omkring 80 000 markområden i Sverige som är förorenade med oljerester och tungmetaller. Organiska miljögifter, så kallade polycykliska aromatiska kolväten (PAH:er) som finns i bland annat eldningsolja och äldre asfalt, kan bindas av biokol. Likaså kan tungmetaller som koppar och

²³⁷ Major, J. 2010. Guidelines on Practical Aspects of Biochar Application to Field Soil in Various Soil Management Systems. International Biochar Initiative.

²³⁸ Miljöförvaltningens gemensamma webbtjänst, Näringsurlakningen under kontroll (RaHa) – Erfarenheter från jordbrukarnas åkrar, 2013-10-21, https://www.ymparisto.fi/sv-FI/Naringsurlakningen_under_kontroll/Observationsforsok (hämtad: 2022-11-10)

²³⁹ Energimyndigheten (2021) Första, andra, tredje.... Förslag på utformning av ett stödsystem för bio-CCS (ER 2021:31).

zink bindas av biokol. Redan vid en liten tillsats biokol får man effekten av att i stort sett plocka bort risken att föroreningar lakas ur och hamnar i grundvatten och vattendrag. Detta ger möjligheten att i stället för att frakta i väg jord till deponi, att kunna behandla och sanera jorden på plats. Biokol fungerar dock inte som bindande för allt avfall.

Biokol fungerar sämre för vissa ämnen med negativ elektrisk laddning. Om biokol appliceras på jord innehållandes arsenik, krom, molybden, antimon och vanadin kan spridningen av dessa ämnen öka. Dessa är ämnen som också är vanligt förekommande på gamla industriområden.²⁴⁰

Det finns även möjligheter att använda biokol som ersättare av aktivt kol i kolfilter vid rening av dagvatten, rening av avfallsvatten från läkemedelsrester men även rening av PFAS.²⁴¹

9.1.4.2 Komponent i byggnadsmaterial

Biokolets egenskaper att hålla vatten och dess låga värmeledningsförmåga möjliggör att biokol kan användas både som isolering och även som fuktregleringsmaterial. Det kan användas som additiv till puts eller betong, men kan även användas i kalk och cementbruk. En generell blandning kan bestå av ca 50 procent biokol, 30 procent sand och 20 procent lera. Biokolputs kan appliceras i tunna lager i inomhusmiljön för att reglera luftfuktighet mellan 45 till 70 procent oavsett årstid och förbättra inomhusmiljön. Dess egenskap att kunna binda lukt och toxiner lämpar sig även väl i kök. Det har även prövats i vinkällare som fukt och temperaturreglerare. Biokol kan även användas på utsidan av huset, bland annat kan appliceras på utsidan av hus, och ersätta plastmaterial såsom styrofoam för isolering.²⁴²

9.1.4.3 Fritidsodling

Genom en sökning på internet erhålls en stor mängd träffar på biokol som används inom fritidsodlingen. Försäljningsargumenten handlar om att det är en näringsrik substans som ökar mängden mikrober och ger en bra vattenhållande förmåga. Inom fritidsodlingen talas det mycket om att biokolet bör laddas innan användning vilket innebär att man låter biokolet vila i en näringslösning.²⁴³

9.1.4.4 Grönytor i staden

Biokol kan användas vid anläggning av grönytor i stadsmiljön på olika sätt. Bland annat kan biokol motstå kompression, vilket gör att en kombination

²⁴⁰ Forskning.se, Biokol renar jorden från gifter, 2021-06-10, <https://www.forskning.se/2021/06/10/biokol-renar-jorden-fran-gifter/> (hämtat 2022-09-30)

²⁴¹ Karlsson, C., 2019, Utvärdering av potential hos organiska restmaterial för avsättning i form av biokol, KTH Kungliga Tekniska Högskolan

²⁴² The Biochar Journal, The use of biochar as building material, 2014-05-12, <https://www.biochar-journal.org/en/ct/3-The-use-of-biochar-as-building-material-> (hämtad: 2022-10-10)

²⁴³ Modin O, 2021. Laddning av biokol: adsorption av ammonium, kalium, och fosfat, Chalmers Tekniska Högskola, Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Vatten Miljö Teknik.

av stenar och biokol skapar porositet i jorden som är fördelaktig för trädens rötter.²⁴⁴ Biokol kan generellt användas som jordförbättrare vid anläggningsjord i stadsmiljö men också för anläggning av gröna tak.²⁴⁵

9.1.4.5 Skogsbruk

I projektet Närskog, undersöks möjligheten att använda massabrukens restprodukter och förädla dessa till en näringsberikad biokol som sedan kan användas vid plantskolor. Tanken är att biokolet används redan i krukorna i plantskolan. Sedan när plantan planteras, planteras den med biokolet ned i jorden. Således finns ett kretslopp tillbaka till skogen av de skogsprodukter som inte används.²⁴⁶

9.2 Åtgärdens effekt på kolsänka

9.2.1 Kolinlagring

Biokolets effekt som kolsänka beräknas uppgå till omkring 2,5 ton koldioxid per ton producerad biokol ur ett hundraårsperspektiv.²⁴⁷ Effekten varierar dock beroende på tillverkningsprocess och vilket material som används i produktionen.

Klimatpolitiska vägvalsutredningen gjorde bedömningen att biokol bör kunna bidra till långvarig kolinlagring. Kolinlagringen bedöms kunna öka ytterligare upp till cirka en miljon ton koldioxid per år för mitten av detta sekel. Samtidigt behövs ytterligare insatser inom tillämpad forskning, tester och utvärdering av svenska biokolsprojekt för att avgöra i vilken utsträckning användning av biokol som kolsänka kan bidra till de kompletterande åtgärderna.²⁴⁸

Energimyndigheten har i rapporten Första, andra, tredje... Förslag på utformning av ett stödsystem för bio-CCS²⁴⁹ utrett om biokol bör ingå i ett stödsystem för bio-CSS. Slutsatserna man drar är bland annat att :

”Klimatnyttan och det negativa utsläppet per viktenhet biomassa (GROT) är cirka 50 procent lägre för biokol jämfört med bio-CCS. Biokol innebär även att utnyttjandet av biomassa blir betydligt sämre i fråga om el- och värmeproduktion och innebär således ett sämre resursutnyttjande. Ur ett system- och klimatperspektiv bedöms nyttan

²⁴⁴ The Biochar Journal, Planting Urban Trees with Biochar, 2016-04-16, <https://www.biochar-journal.org/en/ct/77-Planting-Urban-Trees-with-Biochar> (hämtat 2022-10-19)

²⁴⁵ Helsingborgs stad, Biologiska kolsänkor i Helsingborg, 2021-05-14 <https://helsingborg.se/wp-content/uploads/2021/05/biologiska-kolsankor.pdf> (hämtat 2022-10-10)

²⁴⁶ PaperProvince, NärSkog 2 gör brukets rester till gödningsmedel. <https://paperprovince.com/projekt/narskog/> (hämtat 2022-09-26)

²⁴⁷ Fransson AM, Gustafsson M, Malmberg J, Paulsson M, 2020. Biokolhandboken – för användare

²⁴⁸ SOU2020:4. Vägen till en klimatpositiv framtid.

²⁴⁹ Energimyndigheten (2021) Första, andra, tredje.... Förslag på utformning av ett stödsystem för bio-CCS (ER 2021:31).

vara större att använda biokol som substitut för fossila produkter än som kolsänka.”

SLU skriver dock i sitt svar på remissen, ”Det stämmer att stabiliteten för biokol är osäker och varierar mellan olika biokol beroende på bland annat ursprungsmaterial och tillverkningsprocess. Att det är svårt att på ett säkert sätt kvantifiera biokolets stabilitet över lång tid, betyder dock inte att det är risk att stabiliteten för alla biokol skulle vara noll. Det finns alltså en kolsänka även om vi inte kan fastställa dess storlek med stor noggrannhet.”

För att säkerställa att det inte blir dubbelräkning vad gäller klimatnyttan för biokol finns det olika frivilliga system för dokumentation och handel med kolsänkerätter. Exempel på sådana handelssystem är EBC-Guidelines for the Certification of Biochar Based Carbon Sinks. Hushållningssällskapet Sjuhärad håller på att ta fram ett svenskt system för kolsänksrätter.²⁵⁰

9.2.2 Biomassa till biokol

I vägvalsutredningen sägs att om sammanlagt 500 000 ton biokol produceras genom pyrolys med samtida energiutvinning, och biokolet sprids på i första hand jordbruksmark, kan kolsänkan komma att öka med en miljon ton koldioxid per år. För att producera denna mängd biokol beräknas cirka 5,4 TWh biomassa gå åt, främst grenar och toppar samt park och trädgårdsavfall. Vid framställningen av biokol kan också energi, främst i form av värme produceras. En översiktlig bedömning är att mellan 2–4 TWh värme kommer att kunna produceras vid samtidig tillverkning av cirka 500 000 ton biokol. Denna värmeproduktion minskar behovet av andra biobränslen i fjärrvärmesystemet. Systemlösningen kan alltså som helhet leda till en ökning av efterfrågan på biomassa i form av skogsrester och avfall av biogent ursprung på uppemot 2,5–3 TWh per år. Det krävs dock omfattande investeringar i pyrolysanläggningar och i maskiner för spridning av biokol i jordbruket om produktionen ska uppgå till 500 000 ton biokol årligen.

9.2.3 Biomassa från jordbruket till biokol

SLU har inom ramen för forskningsprojektet Mistra Food Futures precis presenterat en studie på biokol från spannmålshalm. Enligt den studien skulle tillvaratagande av halm för att skapa biokol innebära en minskning från 429 kg CO₂-ekvivalenter per ton vete till 235 kg CO₂-ekvivalenter om halmen från veteskörden genomgick pyrolys för att bli biokol och sen spridas på fälten. Detta motsvarar en 45-procentig minskning av växthusgasutsläpp från veteproduktion. Det skulle innebära markinlagring men även ett kretslopp.²⁵¹

²⁵⁰ Hushållningssällskapet, Kolsänkerätter med biokol, 2021-08-21, <https://hushallningssallskapet.se/?projekten=kolsanksratter-med-biokol> (hämtad 2022-09-15)

²⁵¹ Azzi, A., Jungfeldt, L., Karan, S., Sundberg, C., Biochar in Swedish agriculture – Straw pyrolysis as a first step to net-zero, Mistra Food Futures Report #4.

9.2.4 Metod för effektberäkning inom dagens klimatrapportering

I dagens klimatrapportering rapporteras inte klimatnyttan av tillverkning eller användning av biokol.

9.3 Uppföljning av åtgärden

I dagsläget finns det ingen offentlig insamling av uppgifter om tillverkning eller användning av biokol.

9.3.1 Möjligt utvecklingsarbete

I dagsläget är produktionen småskalig och vi bedömer att det inte är prioriterat att satsa resurser på uppföljning. Ökar produktionen i volym är ett möjligt tillvägagångssätt att samla in data om produktion samt användningsområden från de anläggningar som producerar biokol. Det skulle då kunna vara en möjlig väg att utreda om det går att rapportera den råvara som används i produktionen av biokol under ”Träprodukter” under ”Markanvändning” i klimatrapporteringen.

Ett annat möjligt alternativ är att använda data från frivilliga certifierings- och handelssystem för kolinlagring. Ett exempel är Puro²⁵². På denna typ av handelsplatser sker en frivillig och övervakad handel med certifikat kopplade till bland annat biokol.

När det gäller effektbedömning har IPCC tagit fram “Method for Estimating the Change in Mineral Soil Organic Carbon Stocks from Biochar Amendments: Basis for Future Methodological Development”²⁵³ men används inte i den svenska rapporteringen. Ett möjligt steg skulle kunna vara att ta denna vidare och skapa en metodik utifrån detta.

EU-kommissionens kommande handelssystem, carbon removal certification framework är relevant att beakta. Enligt liggande förslag ska biokol ingå i detta.

9.3.1.1 I vilken sektor skapas kolsänkan?

Det kan uppkomma diskussion kring var biokol i framtiden skulle kunna rapporteras i klimatrapporteringen. Biokol skulle kunna rapporteras på olika sätt. Eftersom det är framför allt avfall från skogsbruk och trädgårdsskötsel som utgör materialet som man tar fram biokol från, kan det argumenteras att biokol borde rapporteras in under markanvändning. Samtidigt är åtgärden en industriell produkt som annars inte skulle ha funnits i den stabila form den är i på så kort tid, utan att människor tillverkade den. Det är ett argument för att det ska anses som inlagring som sker inom industrisektorn och rapporteras som industriell inlagring.

²⁵² Puro Earth. <https://puro.earth/> (hämtad 2022-10-10)

²⁵³ IPCC, *Appendix.4*. Method for Estimating the Change in Mineral Soil Organic Carbon Stocks from Biochar Amendments: Basis for Future Methodological Development. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

Om jordbrukare applicerar biokol på sina marker, utför de en åtgärd som ökar kolinlagringen i jorden, som annars inte skulle ha skett. Åtgärden kan även avspegla sig på andra former av växthusgasutsläpp som jordbruket står för. Om jordbruksföretag dessutom använder egen utrustning för att skapa biokol från jordbrukets egna restprodukter, skulle detta troligen behöva rapporteras in som kolinlagring som sker inom jordbruk.

Detta sammantaget gör det svårt att svara på hur effekten av den här typen av kolinlagring ska rapporteras in i klimatrapporteringen, och är en fråga som måste tas upp igen om biokol börjar användas på mer storskaligt på jordbruksmark.

9.4 Additionalitet av biokol i jordbruket

Spridning av biokol på åkermark med klimatmotiv kan betraktas som additionell eftersom jorden tillförs en form av kol som är stabil över lång tid. Produktionen av biokol och appliceringen av den innebär en ökning av markens totala kolförråd i jämförelse med en jordbruksproduktion som inte applicerar biokol. Därför innebär åtgärden att sprida biokol på jordbruksmark en kolinlagring.

Idag kan inte åtgärden betraktas som lönsam, åtminstone inte inom jordbrukssektorn, och utifrån att det idag till exempel finns möjlighet till investeringsstöd för anläggningar går det att hävda att det offentliga har en roll i att produktionen sakta ökar.

I vilken utsträckning den additionella effekten av biokol ska tillgodoräknas gentemot klimatmålen behöver utredas vidare. Det är viktigt att beakta var någonstans råvaran kommer ifrån samt jämföra med alternativa användningsområden för biomassan.

9.5 Myndigheternas planering framåt

Hur effektivt det är att använda biokol som en kolsänka är i dagsläget inte möjlig att kvantifiera på grund av att det inte finns den typen av data från produktion och användning i Sverige som gör det mätbart. Därför behövs mer forskning och testverksamhet för att dels utröna vilket material som är mer fördelaktigt för att tillverka biokol, dels hur tillverkningsprocessen ska gå till för att få fram bra egenskaper för användning inom jordbruket. Om en ökning ska bli möjlig behöver hela produktions- och värdekedjan effektiviseras och utökas med fler aktörer och substrat.

9.5.1 Diskussion om möjlig styrning

Att åkermarker utarmas och förlorar dess kolinnehåll är negativt för framtida livsmedelsförsörjning. Detta i sig är ett marknadsmisslyckande. Att tillföra biokol skulle innebära att det finns ett kretslopp kring kol tillbaka till åkermarken i någon mening.

Kunskapen som finns tyder på att biokol kan vara en effektiv kolsänka, men även bidra till bättre markstruktur och vattenhållning i marken. Detta i sin

tur är bra för både år då det är torrare väder och även för att kunna förhindra växtnäringsläckage. Det finns studier som tyder på att biokol kan öka avkastningen från skördar men det behövs mer studier i nordisk klimatzon för att kunna bekräfta detta.

Eftersom biokolets kvaliteter för kolinlagring beror på materialet som används för att tillverka det och hur dess tillverkningsprocess går till, är det svårt att säga hur effektiv åtgärden är idag. Detta beror också på markstrukturen där biokolet används vilket kan variera i olika delar av landet.

Eftersom detta är en åtgärd som redan idag kan göras med befintlig utrustning på många gårdar, så behöver inte jordbruksföretagen göra större inköp för att börja med åtgärden. Det finns redan idag tankar kring tekniker för att applicera biokol som undviker för stora förluster av biokol till vind och väder vid applicering, men även minskar antalet överfarter på åkermarken.

På grund av att applicering av biokol egentligen handlar om att rätta till olika hållbarhetsproblem inom jordbruket, kan det vara möjligt att utreda styrmedel kring sådana åtgärder. Men då stora osäkerheter finns kring vilka effekter på biokol har som kolsänka, behövs fler studier som kan för att ta fram mer kunskap om hur biokol kan framställas bäst i syfte av användning inom jordbruket samt hur biokol fungerar på åkermarken i svenska förhållanden.

Redan idag är produktionen av biokol delvis subventionerad, bland annat genom att man får stöd via Klimatklivet för en anläggning som tillverkar biokol. Det i sin tur är en start för potentiellt utvecklingsarbete.²⁵⁴

²⁵⁴ Naturvårdsverket, Biokol en viktig resurs för omställning, <https://www.naturvardsverket.se/arnesomraden/klimatomstallningen/klimatklivet/biokol-ar-en-viktig-resurs-for-omstallning/> (hämtad 2022-10-03)

10 Minskad förlust av kol vid exploatering av skogs- och jordbruksmark

Det pågår ett utvecklingsarbete där man studerar olika möjligheter att kunna minska förluster av kol i samband med exploatering. Vi bedömer att detta arbete behöver fortsätta innan det går att bedöma hur stor potential som eventuellt kan finnas i åtgärden. Med dagens kunskapsläge går detta inte att svara på.

Effekterna av exploatering är komplexa och innefattar många olika värden, förutom förluster av kolförråd.

En viktig faktor är exempelvis behovet av jordbruksmark, som gör att man vill styra exploatering bort från jordbruksmarken.

10.1 Beskrivning av åtgärden

Omvandling av skogs- och jordbruksmark till bebyggd mark (byggnader och infrastruktur) kan innebära en förlust av kolförråd i träd, vegetation och mark. Hur mycket av kolförrådet som förloras är dock beroende av vilken form av exploatering som sker.

Vid byggande av kraftledningar avverkas eventuella träd och vegetationen förändras, medan förlusten av markkol på kortare sikt blir mindre. På längre sikt kan dock markkolet minska om tillförseln av förna till marken minskar när träden tagits bort och vegetationen förändrats. Vid byggande av vägar eller byggnader, tar man ofta även bort det översta skiktet i marken. Detta skikt har ofta en hög halt av kol. Om jordbruksmark exploateras kan man inte längre använda marken till jordbruksproduktion och om skogsmark exploateras kan inte längre skogsbruk bedrivas.

Det pågår flera utvecklingsprojekt om hur man kan minska förlusten av kol vid exploatering. Arbete pågår bland annat med att bättre beskriva kolförråd och kolsänkor i skog och mark i stadsnära miljöer²⁵⁵.

10.2 Förutsättningar för åtgärden

10.2.1 Potential

Sammanlagt har omvandling från skogsmark och åkermark till bebyggd mark (byggnader och infrastruktur) bedömts orsaka utsläpp motsvarande 2,5 miljoner ton CO₂e/år, enligt Sveriges klimatrapportering²⁵⁶. Av detta är 0,9

²⁵⁵ Lindahl, A. och Lundblad, M. 2022. Kolförråd och kolsänka i skog och mark inom Stockholms stad. Rapport Skog 2022:2. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå.

²⁵⁶ National inventory report Sweden 2022 – Greenhouse gas emission inventories 1990-2020 – Submitted under the United Nations framework convention on climate change and the Kyoto protocol. Swedish environmental protection agency 2022.

miljoner ton CO₂e förlust av levande biomassa, 0,3 miljoner ton CO₂e förlust av dött organiskt material och 1,3 miljoner ton CO₂e förlust av markkol²⁵⁷.

Det är svårt att göra en skattning av hur mycket utsläppen kan minskas (dvs. hur stor potential som är möjlig att realisera) genom förbättrad planering av exploatering. Att bedöma effekten av lokalisering vid exploatering är en komplex uppgift, där flera olika aspekter behöver vägas in. Det har bedrivits ett utvecklingsarbete hos bland annat Boverket med att ta fram verktyg för kommuner för att på olika sätt beskriva klimatpåverkan av olika alternativ för exploatering²⁵⁸.

10.3 Åtgärdens effekt på kolsänka

10.3.1 Effekt för olika kategorier av mark

Ett sätt att få en bild av vilken förlust av kol som exploatering kan medföra är att beskriva det genomsnittliga lagret av kol per hektar som kan förloras. Genomsnittliga kollager för olika typer av marker (baserat på data från Riksskogstaxeringen, Markinventeringen och Mark- och grödoinventeringen) visas i tabell 10-1.

Tabell 10-1. Genomsnittliga kolförråd (ton C/hektar) för olika marktyper

Marktyp	Genomsnittligt kolförråd (ton C/hektar)
Skogsmark	
Levande träd	50
Död ved	1,3
Humuslager och mineraljord (50 cm djup)	65
Jordbruksmark	
Åkermark (60 cm djup)	125
Betesmark (50 cm djup)	91
Torvjordar (all mark)	
Torvjordar (50 cm djup)	210

Förrådet av kol är större i mark än i träd, för både mineraljordar och torvjordar. Exploatering som innebär att man gräver bort den översta delen av marken kommer alltså att medföra en betydligt större förlust av kol än exploatering där endast träden avlägsnas. Det är också tydligt att förlusten av kol vid

²⁵⁷ National inventory report Sweden 2022 – Greenhouse gas emission inventories 1990-2020 – Submitted under the United Nations framework convention on climate change and the Kyoto protocol. Swedish environmental protection agency 2022.

²⁵⁸ Boverket 2021. Verktyg för minskad klimatpåverkan vid planläggning, Boverket rapport 2021:11.

exploatering av torvmark är väsentligt större än vid exploatering av mark på mineraljordar, för både skogsmark och jordbruksmark.

Med hjälp av olika tillgängliga digitala kartunderlag och data (Nationella marktäckedata, Riksskogstaxeringen, Markinventeringen mm) är det möjligt att göra en beskrivning av kolförrådet i mark, träd och vegetation för en specifik geografisk plats eller ett geografiskt område. Sådana beskrivningar har bland annat gjorts för Stockholms stad²⁵⁹ och Uppsala kommun²⁶⁰. Det totala kolförrådet i Stockholms stads skog och mark bedömdes vara ca 1,7 miljoner ton C, med drygt en tredjedel av detta inom skyddade områden. Förrådet per hektar på olika typer av marker på mineraljord varierade mellan 93-164 ton C/ha och för olika typer av organogena marker mellan 501-1026 ton C/ha²⁶¹.

Förutom att det finns ett kolförråd som förloras vid exploatering, har de flesta ekosystem som exploateras också en pågående inlagring av kol, som är olika stor för olika ekosystem. Hur man ska betrakta denna pågående kolinlagring är inte helt klarlagt, men i en del av de underlag som finns framtagna har man strävat efter att ta med och beskriva denna aspekt också. Planeringshorisonten då har varit att ta med förlorad inlagring fram till år 2050, eftersom det är den planeringshorisonten man ofta har i kommunal planering.

Troligen bör det vara olika i olika typfall vilket tidsperspektiv som är relevant och hur man kan se på den pågående inlagringen av kol.

För skogsmark och sett i ett kortare tidsperspektiv på 10-40 år finns i många fall potential för att man (beroende på trädens ålder osv) kan få en ytterligare kolinlagring i träd och mark och därmed ett ökat förråd. Sett i detta tidsperspektiv skulle det därmed kunna vara relevant att ta med förlorad kolinlagring i kalkylen.

I ett längre tidsperspektiv på 50-100 år kommer man så småningom att närma sig ett tak för hur mycket kol som kan lagras in i ekosystemet. Inlagringstakten kommer att sjunka och man kommer att närma sig ett tillstånd där kolförrådet blir mer eller mindre konstant. Om det är skogsmark som brukas med trakthyggesbruk kommer man att avverka och därmed förlora förrådet i träd. Därefter kommer detta på nytt att byggas upp osv. Sett över längre tid (50-100 år, eller ännu längre) blir det i sådana fall sannolikt därför mest korrekt att räkna med att man förlorar ett medelförråd av kol i mark och träd (som redovisats ovan) och att inte inkludera förlorande möjligheter

²⁵⁹ Lindahl, A. och Lundblad, M. 2022. Kolförråd och kolsänka i skog och mark inom Stockholms stad. Rapport Skog 2022:2. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå.

²⁶⁰ Henn, D. 2020. A framework to determine the CO₂ impact of land use change to support municipal planning – a case study in SE Uppsala. Master Thesis in Environmental Science. SLU, Institutionen för mark och miljö, 2020:07.

²⁶¹ Lindahl, A. och Lundblad, M. 2022. Kolförråd och kolsänka i skog och mark inom Stockholms stad. Rapport Skog 2022:2. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå.

till inlagring av kol. På tätortsnära marker är det dock mer vanligt än på annan mark att skogsbruket bedrivs med hyggesfria metoder. I sådana fall får man i stället ett högre och mer konstant förråd över tiden.

10.3.2 Metod för effektberäkning inom dagens klimatrapportering

Effekten av exploatering i dagens klimatrapportering beräknas baserat på Riksskogstaxeringens permanenta provytor. Ägoslagsförändringar från skogsmark, åkermark eller betesmark till bebyggd mark registreras för de ytor där en sådan förändring sker. Marken hamnar då i kategorin Skogsmark, åkermark eller betesmark som omvandlas till bebyggd mark. För mark som övergår till bebyggd mark är ansatsen att skatta förlusten av markkol och förna genom att slå ut denna över en 20-årsperiod. Enligt reglerna under klimatkonventionen övergår marken till att betraktas som permanent bebyggd mark efter 20 år.

Metoden i klimatrapporteringen har en del osäkerheter, eftersom det endast är ett mindre antal av Riksskogstaxeringens permanenta ytor som övergår till bebyggd mark. För rapportering på nationell nivå är metoden dock tillräckligt robust för att uppfylla kraven från EU och FN.

10.3.3 Möjligt utvecklingsarbete

Förutom den skattning på nationell nivå som görs inom Sveriges klimatrapportering, finns idag ingen etablerad standard för hur man ska beräkna påverkan på växthusgasbalansen vid exploatering. I de underlag som tagits fram de senaste åren^{262 263 264} har man börjat ta fram en metodik som baseras på tillgängliga digitala kartunderlag och data. Det vore en fördel om det fanns en standard som möjliggjorde jämförelse av klimatpåverkan mellan olika alternativ för exploatering. Det underlag som hittills tagits fram kan utgöra en grund för en sådan standard. Om en SIS-standard togs fram skulle detta kunna bidra till att metoderna blev mer enhetliga.

En fråga som vi bedömer inte är helt utredd är vilket tidsperspektiv man ska ha i beräkningarna. Tidsperspektivet kan variera beroende på vilken typ av exploatering som avses, t.ex. om det handlar om byggande av bostäder inom en tätort eller om det handlar om kraftledningar som ska dras genom skogs- eller jordbruksmark långt från tätorter.

Vid den slutliga bedömningen av klimatpåverkan av exploatering behöver också vägas in att valet av lokalisering vid en exploatering har andra effek-

²⁶² Lundblad M., Stendahl J, Lindahl A., Henn D. 2022. PM - Om att skapa underlag för att skatta förlust av kolförråd och växthusavgång i samband med exploatering av mark. SLU 2022.

²⁶³ Lindahl, A. och Lundblad, M. 2022. Kolförråd och kolsänka i skog och mark inom Stockholms stad. Rapport Skog 2022:2. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå.

²⁶⁴ Henn, D. 2020. A framework to determine the CO₂ impact of land use change to support municipal planning – a case study in SE Uppsala. Master Thesis in Environmental Science. SLU, Institutionen för mark och miljö, 2020:07.

ter på växthusgasbalansen, förutom att detta kan påverka storleken på kol-förlusten i träd, vegetation och mark. Lokaliseringen kan t.ex. påverka de framtida utsläppen från transporter. Boverket har tillsammans med WSP börjat utveckla ett verktyg som skulle kunna användas i den kommunala planprocessen och som även inkluderar sådana aspekter.

Vid val av lokalisering i samband med exploatering behöver slutligen även andra värden och aspekter vägas in. En uppenbar aspekt är till exempel behovet av jordbruksmark för livsmedelsförsörjning. Detta kan göra att det slutliga valet av lokalisering kan bli ett alternativ som innebär större förluster av kol, helt enkelt för att andra aspekter väger tyngre.

10.4 Uppföljning av åtgärden

10.4.1 Nulägesbeskrivning

Det görs ingen uppföljning av åtgärden att minska förlust av kol vid exploatering av skogs- och jordbruksmark. Det som rapporteras är hur mycket skogs- och jordbruksmark som övergår till bebyggd mark. Däremot pågår ett utvecklingsarbete där man studerar olika möjligheter att kunna minska förluster av kol i samband med exploatering.

Effekten av exploatering i dagens klimatrapporering beräknas baserat på Riksskogstaxeringens permanenta provytor. En effekt av eventuell reglering av exploatering av mark skulle kunna identifieras genom en minskad årlig areal som byter ägoslag inom Riksskogstaxeringen, till exempel genom att en större andel konvertering sker på annan mark än den mark som bedöms ge störst effekt på utsläppen, exempelvis en större areal redan exploaterad mark nyttjas i stället för skogsmark, åkermark eller betesmark. Däremot blir effekten på växthusgasutsläppen svårare att skatta.

10.4.2 Möjligt utvecklingsarbete

Om åtgärden att minska förlust av kol vid exploatering ska kunna följas upp behöver man kunna kvantifiera effekten av att man genom förbättrad planering minskar förlusten. Detta kräver sannolikt någon form av standard för uppföljning. Någon sådan standard finns inte idag men däremot pågår utvecklingsarbete när det gäller att beskriva hur man ska beräkna påverkan på växthusgasbalansen vid exploatering, som skulle kunna utgöra grund för en standard i framtiden.

Det arbete som påbörjats de senaste åren med att utveckla beräkningsmetoder baserat på olika tillgängliga kartunderlag och data, behöver fortsätta. En förutsättning för detta är att digitala kartunderlag fortsätter att utvecklas och uppdateras regelbundet. Detta gäller t.ex. Nationella marktäckedata och Laserskanning av skog.

10.5 Additionalitet

Om åtgärden att genom förbättrad planering minska förlust av kol vid exploatering av skogs- och jordbruksmark ska kunna betraktas som additionell, behöver man på något sätt kunna avgöra effekten av åtgärden relativt någon

typ av standard (dvs ett scenario där man inte hade planerat för att minska förlusten av kol vid exploatering). Detta kan vara möjligt på nationell nivå där en referens skulle kunna vara genomsnittlig årlig konvertering av olika markanvändningsslag och att en minskning av den arealen räknas som additionell nytta. Samtidigt kommer det vara svårt att koppla utvecklingen gentemot en sådan referens till ett specifikt styrmedel.

Om man i stället väljer att definiera additionalitet för markanvändningssektorn som helhet gentemot någon referensperiod, på liknande sätt som idag görs i den internationella klimatrapporeringen, så kan i sådana fall förändringar över tid i konvertering av olika markanvändningsslag också följas. Även då kommer det att vara svårt att koppla utvecklingen av exploatering till något styrmedel.

10.6 Myndigheternas planering framåt

Myndigheterna planerar inte några riktade insatser inom området. För att åtgärden minskad kolförlust vid exploatering av skogs- och jordbruksmark ska kunna implementeras av myndigheterna, bedöms detta i ett första skede kräva fortsatt arbete med beräkning av påverkan på växthusgasbalansen vid olika former av exploatering. Sådant utvecklingsarbete har påbörjats av bland annat SLU de senaste åren och bedöms kunna fortsätta.

Hur långt man kan och bör gå i detta arbete är svårt att bedöma idag. Effekterna av exploatering är komplexa och det kan vara många olika värden i ett område, som gör att förlusten av kol inte blir den mest avgörande faktorn. Exempelvis kan behovet av jordbruksmark för livsmedelsproduktion vara en avgörande faktor som gör att man vill styra exploatering bort från jordbruksmarken.

11 Slutsatser kring att följa och bokföra kompletterande åtgärder

I detta avsnitt redovisar vi myndigheternas bedömningar och slutsatser kring att följa, utvärdera och bokföra kompletterande åtgärder samt åtgärdernas effekt på utsläpp och upptag av växthusgaser.

11.1 Ramverk för att mäta/verifiera kolinlagring och avgång av växthusgaser

Myndigheterna bedömer att den befintliga strukturen för arbetet med klimatrapporteringen även i fortsättningen bör vara grunden för detta. Det finns samtidigt behov av att utveckla metoderna som används för att få fram data till rapporteringen och att komplettera nuvarande metodik med fler datakällor där så anses nödvändigt för att i större utsträckning fånga effekter av vidtagna åtgärder.

En viktig del av uppdraget handlar om att mäta samt utvärdera enskilda åtgärders effekter. I uppdraget ingår bland annat att *”skapa ett administrativt ramverk som bidrar till att ...kunna mäta och verifiera minskad avgång av växthusgaser från jord- och skogsbrukets organogena jordar och ökad kolinlagring i åker- och betesmark”*. När det gäller att mäta och följa kolbalansen ser vi att den befintliga strukturen för arbetet med klimatrapporteringen även i fortsättningen bör vara grunden för detta.

Vi bör fortsätta utveckla metoderna som används för att få fram data till rapporteringen och komplettera nuvarande metodik med fler datakällor där så anses nödvändigt för att i större utsträckning fånga effekter av vidtagna åtgärder.

Myndigheternas slutsatser från detta uppdrag angående mätning och uppföljning av de aktuella åtgärderna är följande.

För aktiv återvätning av dikade torvmarker finns en fungerande uppföljningsmetod på plats sedan tidigare i år, se kapitel 4. Metoden kan under kommande år komma att förfinas något med avseende på emissionsfaktorernas beroende av grundvattennivå före och efter återvätning om det vetenskapliga underlaget bedöms tillräckligt. Det finns även ett stort behov av att minska den generella osäkerheten i emissionsfaktorerna för olika bördighetsklasser i olika landsdelar. Forskning som inbegriper växthusgasmätningar på såväl dikad som återvätt mark är därför efterfrågad, speciellt i södra Sverige²⁶⁵. Passiv återvätning i form av utebliven dikesrensning bör tillsammans med aktiv återvätning (minus exploatering i form av en ökad vägdikeslängd på torvmark) på sikt även återspeglas i riksskogstaxeringens

²⁶⁵ För norra Sverige är den mer omfattande finska forskningen mer representativ, men även där behövs fler studier på bördig dikad torvmark.

insamlade data över ”dikad mark” (påverkas av fungerande dike inom 25 m).

Vad gäller beskningsåtgärder fordras det nya administrativa system samt utvecklade metoder för effektskattning för att uppnå tillförlitlig och transparent registrering, uppföljning och rapportering, se kapitel 5.

För jordbruksmark anser vi det lämpligt att även fortsättningsvis beräkna markkolet i åker- och betesmarken genom ICBM-modellen. Modellen kan med fördel utökas med fler grödor, exempelvis energiskog och mellangrödor som idag behöver hanteras separat. Helhetsperspektivet är viktigt och åkermarkens status bör följas utifrån ett nationellt perspektiv och inte utifrån enskilda åtgärder eller grödor. Inom växtodlingen kan växtföljder och odlingskoncept göra att åtgärderna ändras från år till år på en given yta. Många av åtgärderna kan inte adderas eller användas samtidigt och därför är det en fördel att följa utvecklingen med hjälp av en modell som tar hänsyn till flera parametrar samtidigt.

Genom krav inom CAP från 2023 kommer Sverige årligen att redovisa ett kartlager där markanvändningen på organogen jordbruksmark framgår vilket skapar möjlighet till en förbättrad klimatrapportering för dessa marker.

När det gäller kolinlagring i vedartad växtlighet i jordbrukslandskapet bör denna beräknas utifrån samma metoder som för biomassa i skogen. Rikskogstaxeringen är därför fortsatt lämplig för att följa utvecklingen.

11.2 Underlag för prioritering och utvärdering på förhand

Myndigheternas målsättning har varit att utveckla befintliga metoder för effektberäkning för respektive åtgärd. Myndigheterna ser inte något behov av att skapa ett nytt ramverk för effektberäkning utan det mest naturliga är att använda och utveckla metoder inom befintliga processer.

Ett annat syfte med ramverket enligt uppdraget är att det ska utformas för att möjliggöra utvärderingar i förhand av åtgärder. Härigenom kan det tjäna som underlag för prioritering mellan potentiella åtgärder. Utvärdering på förhand av åtgärder görs i huvudsak med syfte att bidra med underlag inför beslut om exempelvis målnivåer eller styrmedel.

Vår målsättning har varit att utveckla befintliga metoder för effektberäkning för respektive åtgärd och behovet av utveckling beskrivs under respektive åtgärdsavsnitt. Inte heller här ser myndigheterna något behov av att skapa ett nytt ramverk utan det mest naturliga är att använda och utveckla metoder inom befintliga processer inom miljömålssystemet samt det klimatpolitiska ramverket. Rutiner samt rollfördelning när det gäller myndigheternas arbete med kompletterande åtgärder bör dock förtydligas. Myndigheterna bedömer att förslag kring detta kan komma att ingå i miljömålsberedningens samlade strategi för hur Sverige ska leva upp till EU:s åtaganden inom biologisk

mångfald respektive nettoupptag av växthusgaser från markanvändningssektorn (LULUCF).

11.3 Tidsperspektiv, osäkerheter och effekter på andra samhällsmål

Vid utvärdering på förhand av åtgärdernas potentiella effekter är det viktigt att beakta om de kan vara bestående (permanens) samt risker för läckageeffekter. Det är även viktigt att beakta målkonflikter och synergier med andra samhällsmål som kan uppstå till följd av åtgärderna.

Vid utvärdering i förhand av åtgärder samt skattningar av potential med olika kombinationer av åtgärder är viktigt att anlägga ett helhetsperspektiv vad gäller tid och rum samt för sidoeffekter för andra samhällsmål.

Tidsperspektivet bör relateras till det klimatpolitiska ramverkets klimatmål på kort och lång sikt. Olika åtgärder kan ha potential på olika lång sikt. Åtgärder som tar längre tid innan de ger en större effekt bör således implementeras i närtid för att kunna bidra i större utsträckning till det långsiktiga klimatmålet till 2045.

Återvätning av dikad torvmark är en åtgärd som börjar ge effekt direkt, medan det tar längre tid innan exempelvis beskogning av nedlagd jordbruksmark ger effekt. Tidsperspektiven kan även ha betydelse för val av åtgärder på samma mark. Anläggning av energiskog kan ge effekt på kortare sikt, medan det tar längre tid att få effekt av beskogning. På längre sikt kan dock beskogning ge en större effekt. Det behövs en fördjupad analys av nationellt möjlig kolbindning av åtgärderna både på kort sikt (<30 år) och längre sikt (30-100 år). Skattningarna behöver omfatta kolförråd i trädbiomassa som upprätthålls i olika odlingssystem över tid, lagerförändringar i biomassa och markkol samt beakta substitutionseffekten och hur aktuella substitutionsfaktorer förändras.

Vid utvärdering på förhand bör man även beakta sannolikheten för att en viss åtgärd ska få önskad effekt och om det finns osäkerheter som påverkar den. Naturliga processer påverkar tillväxtförhållanden och utveckling av skador m.m. vilket medför att det kan uppstå variationer över tid som är inte direkt går att knyta till utförda åtgärder.

För att klimatnyttan ska bli bestående krävs att kollagren inte senare minskar igen, till exempel genom att kol återgår till atmosfären på grund av skador, som exempelvis brand, torka, storm, insektsskador eller patogener. Man bör också beakta om den önskade effekten av olika former av styrning i ett geografiskt område ger upphov till motsatt effekt i andra områden. Detta kan uppstå om avverkningsnivån minskar inom ett område eller en viss typ av skogar, för att samtidigt öka i andra skogar.

Detta innebär att man vid utvärderingar i förhand av åtgärdernas potentiella effekter bör ta hänsyn till om effekten kan vara bestående (permanens) samt

risker för läckageeffekter. De pågående klimatförändringarna kan få såväl positiva som negativa följder för produktionsförmågan vilket ställer krav på riskmedvetenhet och beredskap att hantera oväntade händelser såsom extremväder och angrepp av nya skadegörare. Framför allt i södra Sverige kan risken för torka göra att de längre växtsäsongerna inte kan utnyttjas.

Kolförrådet i träd som kan skapas vid exempelvis beskogning, bör, på grund av riskerna för skadehändelser, betraktas som ett mer osäkert lager än till exempel markkol i torvmark. Återvätning innebär därmed en möjlighet att skapa ett kollager med hög permanens. I rapporten, *Översikt av åtgärder för ökad kolsänka i skogen*²⁶⁶, har Skogsstyrelsen sammanställt ett bredare kunskapsunderlag där det även ingår skogliga åtgärder som inte omfattas av detta uppdrag och där permanens och risker för läckage tas upp.

För åtgärder för att öka markkolet i jordbruksmark är tidsperspektivet i princip alltid årligt. Det finns en ständig risk för att det befintliga markkolet minskar på grund av vädervariationer, odlingsåtgärder eller förändrad markanvändning. De potentialer som diskuteras i denna rapport utgår från scenarion på nationell nivå. Effekten av en åtgärd på en enskild yta beror av många parametrar såsom befintlig kolhalt, jordart med mera. Samtidigt som det finns stora osäkerheter är de flesta av odlingsåtgärderna för ökad kolhalt så kallade no regret-åtgärder, det vill säga det finns stora möjligheter till potentiella sidonyttor med exempelvis markvårdande åtgärder även om den slutliga kolinlagringseffekten inte blir så stor. Jordbruksmarkens status och produktionsförmåga, inklusive mullhalt, är en viktig del av uppföljningen av miljömålet Ett rikt odlingslandskap och är exempel på sidonyttor som kan uppnås.

För vissa av de åtgärder som behandlas inom uppdraget kan det uppstå målkonflikter med andra samhällsmål som livsmedelsförsörjning och biologisk mångfald, medan det för andra åtgärder finns tydliga synergier. Dessa bör också beaktas vid utvärdering på förhand. Det är inte enbart en fråga om ifall en åtgärd utförs eller inte och i vilken omfattning den i så fall utförs. Hur en åtgärd utförs kan i sig också påverka konsekvenserna för andra samhällsmål. Vad gäller beskogning av nedlagd jordbruksmark kan exempelvis val av trädslag och trädens täthet ha stor betydelse för i vilken mån det uppstår målkonflikter eller om synergier med andra samhällsmål kan uppnås.

Ibland kan det krävas avvägningar mellan olika samhällsmål och prioriteringar av vad som bedöms vara viktigast att uppnå i en viss situation. Dessa avvägningar och prioriteringar bör vara väl underbyggda, konsekvensutredda och motiverade.

²⁶⁶ Skogsstyrelsen. Översikten av åtgärder för ökad kolsänka i skogen. Rapport 2022/15.

11.4 Additionalitet

Det finns olika perspektiv på begreppet additionalitet och hur effekten av ytterligare åtgärder ska bedömas, samt hur metoder bör utvecklas för beräkning och bokföring av åtgärders effekter. Skogsstyrelsen och Jordbruksverket har identifierat två huvudsakliga synsätt. Antingen utgår man från Klimatpolitiska vägvalsutredningens förslag där krav ställs på att en specifik åtgärds additionella effekt beräknas. Detta är möjligt för vissa åtgärder, där exempelvis uppföljningsarbetet med åtgärden återvätning av dikad torvmark är väl utvecklat.

Alternativt anläggs i stället en helhetssyn på LULUCF-sektorns klimatpåverkan där klimatåtgärder, förändrat brukande och förändrad markanvändning följs upp för markbokföringskategorier som tillsammans täcker all markanvändning. Den senare ansatsen används i Sveriges rapportering enligt EU:s LULUCF-förordning och till Klimatkonventionen. Regeringen har även pekat ut denna ansats som en möjlighet i den klimatpolitiska handlingsplanen.²⁶⁷

Vi har för respektive åtgärd beskrivit möjligheter och problem med att följa upp åtgärdens effekt utifrån dessa två huvudsakliga perspektiv. Vilket alternativ som väljs bör nogt övervägas och vägledas av de fördelar och nackdelar med respektive ansats som identifierats i denna rapport. Nedan ges en utvecklad beskrivning utifrån dessa båda synsätt.

11.4.1 Marknadens påverkan gör det svårt att avgöra additionalitet

För återvätning pågår idag ett utvecklingsarbete där effekten ska kunna identifieras inom nuvarande rapportering med en heltäckande sektorsansats, men åtgärden kan även följas upp genom en striktare åtgärdsspecifik ansats. För flera andra åtgärder inom jordbruket och skogsbruket kan det däremot vara svårt att särskilja den additionella effekten av en åtgärd då det handlar om ökad kolinlagring inom en produktion som syftar till att framställa produkter till en marknad.

I de fall marknaden redan bidrar till ökad kolinlagring, eller där förbättrade marknadsvillkor uppstår som kan bidra till ökad kolinlagring, är det svårt att urskilja effekten av insatser från staten. Detta kan exempelvis röra energiskog i jordbruket. Det finns också branschstandarder, certifieringar och andra privata drivkrafter som kan leda till att miljöåtgärder genomförs.

Mellangrödor är en åtgärd som lyfts fram tydligt av den klimatpolitiska vägvalsutredningen som en möjlig kompletterande åtgärd som det nu finns ett riktat stöd till inom CAP 2023–2027. Samtidigt hade inte arealen mellangrödor varit noll utan statliga styrmedel eftersom det är en åtgärd som lyfts fram inom olika odlingskoncept för möjligheten till förbättrad markvård och därmed också ökad skörd.

²⁶⁷ Regeringen (2019). *En samlad politik för klimatet – klimatpolitisk handlingsplan*. Proposition 2019/20:65. Stockholm den 17 december 2019.

Komplexa krav för att påvisa att kolsänkan är additionell kräver mer resurser av myndigheterna. Ju högre krav desto fler åtgärder kommer också att falla bort på grund av det är inte möjligt att härleda en additionell effekt till medvetna åtgärder från staten.

11.4.2 En ansats som utgår från en helhetssyn har flera fördelar

En ansats som utgår från en helhetssyn på LULUCF-sektorn möjliggör att följa upp en ökad kolinlagring som är resultatet av marknadseffekter eller ökad lönsamhet. Om ett brukande som gynnar kolinlagring blir mer lönsamt fångas denna effekt även om det inte sker till följd av ett styrmedel eller statlig åtgärd. En sådan ansats likställer således olika antropogena utsläpp och upptag och kräver inte att den additionella effekten av en enskild klimatåtgärd kan beräknas.

Inom jordbruket respektive jordbrukspolitiken finns det en mängd åtgärder samt styrmedel som riktar sig mot en förbättrad markvård, ökad produktion och ökad lönsamhet och det är mycket svårt att definiera vilken additionell miljöeffekt en enskild åtgärd eller ett enskilt styrmedel har haft. Den indelning vi gjort genom åtgärden Kolbalans i mineraljord i kapitel 8 ligger nära ett helhetsperspektiv för jordbruksmarken.

Centralt för Sveriges politik för skog och klimat har varit att främja investeringar i skogsbruket för att åstadkomma en hög skogstillväxt. På senare år har betydande satsningar gjorts inom områdena klimatanpassning, minskade skogsskador och ökad skogsproduktion, som förstärker eller upprätthåller skogens funktion som kolsänka. Dessa åtgärder främjas av statens styrning, men hade ändå implementerats i mindre omfattning av delar av skogsbruket. Att bedöma den additionella effekten av åtgärderna, eller av statens främjande av åtgärderna genom olika styrmedel, är förenat med betydande metodproblem och antaganden.

En viktig utvärderingsuppgift för Jordbruksverket är att avgöra jordbrukspolitikens påverkan, dvs additionalitet, för användningen av jordbruksmarken. De ekonomiska modeller som används idag har en tillräcklig träffsäkerhet för att bedöma politikens additionalitet. Att inkludera kolbalansen för all jordbruksmark på mineraljord i en ”enskild åtgärd” gör det tydligt att gränsen mellan ett helhetsperspektiv och en enskild åtgärd inte är självklar.

För åtgärder på skogsmark är avgränsningen i vårt uppdrag avgörande. Vårt uppdrag har inte omfattat åtgärder på skogsmark med mineraljord. Upptag och avgång av växthusgaser på denna mark är stora jämfört med övrig mark vilket framgår av ovan nämnda översikt.²⁶⁸ När beslut fattas om lämplig ansats, exempelvis åtgärdsspecifik eller helhetssyn på LULUCF-sektorn, bör hänsyn även tas till vilka konsekvenser vald ansats får för upptag och avgång från skog på mineraljord.

²⁶⁸ Skogsstyrelsen. Översikten av åtgärder för ökad kolsänka i skogen. Rapport 2022/15.

11.4.3 Ansatsen att välja ut enstaka åtgärder kan skapa oönskade effekter

Ansatsen att välja ut enstaka åtgärder som ska bidra till Sveriges klimatmål innebär att incitament inte ges inom ramverket för att påverka väsentliga delar av de upptag och den avgång som återfinns i sektorn som helhet (gäller framför allt skog på mineraljordar). Det bör även noga övervägas hur en sådan metod påverkar förtroendet för Sveriges klimatpolitik. Även om ambitionen med den valda ansatsen är att skapa högre krav på LULUCF-sektorns bidrag till klimatmålen finns risken att det framstår som att delar som bidrar med minskade nettoutsläpp valts ut för att nå klimatmål, medan delar som motverkar valts bort.

En åtgärdsspecifik ansats skapar också anmärkningsvärda effekter genom att inte likställa klimatpåverkan från alla antropogena utsläpp/upptag, när vissa åtgärder väljs ut. Det är i realiteten omöjligt att göra en åtgärdsspecifik ansats heltäckande. Kolinlagring genom beskogning kan bedömas vara en klimatåtgärd som ska bokföras mot klimatmål. Avgång av växthusgaser när ett område avskogas för att bebyggas, kan bedömas vara en åtgärd som inte ska bokföras. I båda fallen handlar det om förändrad markanvändning.

LULUCF-sektorn kan bidra till klimatomställningen dels genom att öka kolinlagringen och minska utsläppen, dels genom att producera biomassa som kan ersätta fossila bränslen och material (cement, metall, plast m m) vars produktion ger stora utsläpp av växthusgaser. Denna substitution fångas idag genom minskade utsläpp i övriga sektorer (exempelvis transport, industri med flera). För att möjliggöra en korrekt bokföring av klimatpåverkan bör upptag och avgång från de marker där biomassan tas ut även följas upp.

11.4.4 Vad som är lämpligt beror på sammanhanget

Vikten av att följa upp effekter av specifika insatser kan se olika ut beroende på sammanhang. Även om ett helhetsperspektiv bedöms vara mer lämpligt i uppföljningen gentemot Sveriges nationella klimatmål kan en annan bedömning vara lämplig vid uppföljning av specifika styrmedel, såsom vid ekonomiska stöd eller omvänd auktion. I dessa fall kan kravet på att en specifik insats ger en additionell effekt vara högre.

11.5 Potential och urval av kompletterande åtgärder i förhållande till klimatpolitiska vägvalsutredningens förslag

Klimatpolitiska vägvalsutredningen lämnade styrmedelsförslag för ett urval av åtgärder inom LULUCF-sektorn²⁶⁹. Utredningen redovisade en bedömd realiserbar potential för ökad kolsänka och minskade utsläpp till 2030, 2040 och 2045 för de åtgärderna. En jämförelse utifrån myndigheternas slutsatser i detta uppdrag visar på skillnader både i urval av åtgärder samt bedömning av realiserbar potential, se tabell 11-1.

²⁶⁹ SOU 202:4. Vägen till en klimatpositiv framtid.

Vägvalsutredningens urval av åtgärder är ett sätt att bokföra kompletterande åtgärder. I detta avsnitt redovisar vi tre alternativa sätt att gruppera kompletterande åtgärder inom LULUCF som skulle kunna redovisas inom det klimatpolitiska ramverket. Alternativen tar sina utgångspunkter i föregående avsnitt (11.1-11.4), och jämförs med vägvalsutredningens förslag. Efter en inledande kvantitativ sammanställning gör vi en sammanfattande bedömning av de olika alternativens huvudsakliga fördelar och nackdelar.

Alternativ 1 innebär att använda sig av ansatsen utifrån en helhetssyn som beskrivits ovan i avsnittet om additionalitet. Additionalitet bestäms genom att jämföra det faktiska resultatet inom LULUCF med en referensperiod.

Alternativ 2 utgår från en strikt tolkning av uppdragets avgränsning med inriktning mot kol i marken. Skog och träd på mineraljord är exkluderade vilket medför att inte energiskog, beskogning och agroforestry ingår.

Alternativ 3 är en åtgärdsspecifik ansats och i redovisningen ingår de åtgärder som behandlats i uppdraget.

Alternativ 1. Ökat nettoupptag av växthusgaser i skog och mark jämfört med en referensperiod

Alternativet bygger på en helhetssyn på markanvändningssektorns klimatpåverkan där klimatåtgärder, förändrat brukande och förändrad markanvändning följs upp för markbokföringskategorier som tillsammans täcker all markanvändning. Ansatsen används i Sveriges rapportering enligt EU:s LULUCF-förordning och till Klimatkonventionen. Regeringen har även pekat ut denna ansats som en möjlighet i sin klimatpolitiska handlingsplan.²⁷⁰

För detta alternativ jämförs utfallet av samtliga utsläpp och upptag av växthusgaser inom LULUCF-sektorn för målåret med utfallet för en referensperiod. Det upptag som överstiger utfallet för referensperioden räknas som additionell. Detta alternativ bör inkludera en analys av förklaringar till varför det faktiska resultatet skiljer sig från referensperioden. Vi redovisar inte här någon prognos för utfallet för år 2045 och gör därför inte heller någon bedömning av vilket bidrag till måluppfyllelsen som kan förväntas då.

²⁷⁰ Regeringen (2019). En samlad politik för klimatet – klimatpolitisk handlingsplan. Proposition 2019/20:65. Stockholm den 17 december 2019.

Tabell 11-1: Potentiell effekt per år på kolsänkan av kompletterande åtgärder där tre alternativa beräkningssätt jämförs med klimatpolitiska vägvalsutredningens²⁷¹ bedömning (i den utredningens tabell 6.1)

Alternativ	Åtgärd	Berörd areal, 1000 ha	Potential 2045, Mton CO ₂ e per år	Metod för effektberäkn och upp/dok
Vägvals-utredningen	Total		2,7	
	Fång- och mellangrödor	400	0,5	
	Energiskog	40	0,1	
	Beskogning -aktiv -passiv	100 50	0,8 0,2	
	Agroforestry	50	0,1	
	Återvätning	110	1,0	
Alternativ 1	Totalt utfall jmf med referensperiod	All mark	Bedömning görs ej	Metod finns
Alternativ 2	Aktiv återvätning	110	1	Metod finns
	Kolbalans i mineraljord, jordbruksmark	1 900	0,8	Metod finns
Alternativ 3	Aktiv återvätning	110	1	Metod finns
	Kolbalans i mineraljord, jordbruksmark	1 900	0,8	Metod finns
	Fång- och mellangrödor	400	0,5	Metod finns
	Energiskog	Bedömning görs ej	Bedömning görs ej	Metod finns
	Beskogning	100-300	0,2-0,4	Fortsatt utveckling
	Agroforestry	Bedömning görs ej	Bedömning görs ej	Fortsatt utveckling
	Biokol	Bedömning görs ej	Bedömning görs ej	Fortsatt utveckling

²⁷¹ SOU 2020:4. Vägen till en klimatpositiv framtid.

Vi bedömer att alternativet sammanfattningsvis har följande huvudsakliga fördelar och nackdelar.

Fördelar:

- Ger en helhetsbild av utvecklingen inom markanvändningssektorn.
- Överensstämmer med rapporteringen inom LULUCF-förordningen och Klimatkonventionen.
- Befintliga metoder för uppföljning kan användas och styrningen blir konsistent.
- Speglar diskussionen om sektorns klimatpåverkan vilket underlättar kommunikation.

Nackdelar:

- Osäkerhet vad gäller permanens. Kolinlagring i levande biomassa utgör en stor del av skogens bidrag till kolsänkan. Åtgärder som ökar upptag av koldioxid i biomassa resulterar i ökade förråd av kol. För att klimatnyttan ska bli bestående krävs att lagren inte minskar igen i framtiden. Kolförrådet i träd bör, på grund av riskerna för skadehändelser, betraktas som ett mer osäkert lager än t.ex. markkol i torvmark.
- Risk för utsläppsläckage på internationell nivå vad gäller kol som är bundet i träd genom att avverkning sker någon annanstans i stället.
- Svårt att styra utvecklingen och koppla den till enskilda insatser i och med att naturliga processer påverkar tillväxtförhållanden i skogen under de aktuella tidsperioderna.

Alternativ 2 Åtgärder med inriktning på kol i marken utifrån uppdragets avgränsning

Alternativ 2 utgår från en strikt tolkning av uppdragets avgränsning, där skog och träd på mineraljord är exkluderad vilket medför att inte energiskog, beskogning och agroforestry ingår. Detta medför att återvätning samt det vi i denna rapport kallar kolbalans i mineraljord på jordbruksmark kan ingå som kompletterande åtgärder.

När det gäller återvätning uppskattar myndigheterna att minst 100 000 hektar dikad organogen skogsmark samt runt 10 000 hektar jordbruksmark kan bli tillgänglig för en önskvärd och ur klimatsynvinkel kostnadseffektiv aktiv återvätning fram till 2045, genom återvätningssavtal med markägare, åtgär-

der i skyddade områden samt andra initiativ. I skattningen ingår jordbruksmark på torvmark som läggs ned under perioden. Potentialen beror i praktiken av hur markägarnas intresse utvecklas, i vilken grad tekniska och juridiska hinder motverkas och hur behovet av jordbruksmark förändras över tid. Detta är i paritet med klimatpolitiska vägvalsutredningens bedömning av realiserbar potential som uppgick till 110 000 hektar till år 2045. Det finns metoder för att följa upp åtgärden samt att beräkna additionalitet. Det finns även en outredd potential för återvätning utan aktiva åtgärder i form av utebliven dikesrensning.

När det gäller kolbalans i jordbrukets mineraljord är detta inte en åtgärd som vägvalsutredningen lyft fram. Vägvalsutredningens sammanlagda potential till 2045 på aktivt brukad jordbruksmark genom åtgärderna fång- och mellangrödor, energiskog och agroforestry uppgår totalt till 0,7 Mton. Vi exkluderar energiskog och agroforestry i vår potentialsiffra men genom att inkludera ökad kolinlagring på all mineraljord inom jordbruket uppgår potentialen i stället till 0,8 Mton.

Vi bedömer att alternativet sammanfattningsvis har följande huvudsakliga fördelar och nackdelar.

Fördelar:

- Tydlighet i vilka åtgärder som omfattas och som kan påverka utfallet.
- Befintliga metoder för uppföljning kan användas.
- Hög permanens och små risker för utsläppsläckage.

Nackdelar:

- Överensstämmer inte med rapporteringen enligt LULUCF-förordningen och Klimatkonventionen.
- Helhetssyn saknas i och med att inte alla åtgärder för ökad kolsänka ingår.
- Svårt att kommunicera och motivera avgränsningen.

Alternativ 3 Åtgärdsspecifik ansats

Alternativet är en åtgärdsspecifik ansats. Vilka åtgärder som ska ingå behöver analyseras och utvärderas på förhand samt fastställas. För de åtgärderna som omfattas av uppdraget finns det slutsatser under respektive avsnitt om möjlighet till uppföljning, beräkning av kolinlagringseffekt samt analys av additionalitet.

Slutsatserna kring återvätning och kolinlagring i jordbruksmark sammanfattas under alternativ 2 ovan. Utöver dessa bedömer vi att energiskog samt fång- och mellangrödor är möjliga att bokföra redan idag som kompletterande åtgärder medan det krävs utvecklingsarbete innan beskogning av nedlagd jordbruksmark, exploatering av jord- och skogsmark, agroforestry samt biokol kan användas.

När det gäller energiskog följs den åtgärden upp genom data från stödssystem i CAP. Vägvalsutredningen föreslog en potential på 40 000 hektar. Potentialen i areal är svårbedömd då marknadsförutsättningarna i dagsläget är mycket svåra. Arealen salix minskar idag medan hybridasp och poppel ökar i långsam takt.

Fång- och mellangrödor: Åtgärden följs upp i dagsläget genom data från stödssystem i CAP. Vägvalsutredningen föreslår en potential på 400 000 hektar. Vår bedömning är att den tekniska potentialen är densamma till 2045 men det krävs ett stort utvecklingsarbete kring framför allt odlingstekniska aspekter för att närma sig potentialen.

Beskogning: Vi bedömer att beskogning av nedlagd jordbruksmark har en potential som ligger inom intervallet 100 000-300 000 hektar. Detta intervall innefattar vägvalsutredningens bedömning av realiserbar potential som totalt uppgick till 150 000 hektar direkt till år 2045, varav 100 000 hektar var direkt beskogning och 50 000 hektar passiv beskogning. Den potentiellt ökade kolinbindningen till följd av beskogning varierar mycket beroende på hur beskogningen genomförs avseende trädslag och trädens täthet. En större effekt av beskogningen uppstår först på längre sikt, upp till 25 år efter beskogningen. Det finns idag ingen uppföljning av åtgärden utan det behöver utvecklas.

Vägvalsutredningens bedömning av realiserbar potential utgick från säker etablering av uteslutande trädslagsrena granplanteringar med högre stamantal (2500 st/ha)²⁷² än de blandskogar med 1000-2000 st/ha som låg till grund för simuleringarna i föreliggande arbete. Detta förklarar vägvalsutredningens högre nivåer av inbundna koldioxidekvivalenter år 2045.

Agroforestry: Att öka andelen träd och buskar i odlingslandskapet genom agroforestry kan på rätt plats bidra med många sidonyttor. Utifrån befintligt underlag finns det dock inget som talar för att arealen kommer att öka i en sådan omfattning att åtgärden kan bidra till klimatmålet. Det finns ingen uppföljning av åtgärden idag utan det kommer att krävas ett utvecklingsarbete.

Biokol: Det är en möjlig kompletterande åtgärd då kolet kan anses vara stabilt under lång tidsperiod, inte minst i jämförelse med andra träprodukter.

²⁷² Bolinder, M., Stendahl, J. och Kätterer, T. 2019. Utredning om kolbalanser vid beskogning av jordbruksmark. Redovisning av uppdrag till Klimatpolitiska vägvalsutredningen. Sveriges lantbruksuniversitet.

Potentialen beror dock på att produkten kommer till användning och där är potentialen idag mycket osäker. För att biokol ska kunna inkluderas som en kompletterande åtgärd krävs det en ökad satsning på insamling av data.

Exploatering av mark: Om åtgärden att minska förlust av kol vid exploatering av skogs- och jordbruksmark ska kunna inkluderas som en kompletterande åtgärd behöver man kunna kvantifiera effekten av åtgärden. Det pågår ett utvecklingsarbete där man studerar olika möjligheter att kunna minska förluster av kol i samband med exploatering. Vi bedömer att detta arbete behöver fortsätta innan det går att bedöma hur stor potential som eventuellt kan finnas i åtgärden och om det är lämpligt att inkludera den som kompletterande åtgärd.

Övriga åtgärder på jordbruksmark: I potentialsiffran för kolbalans i mineraljord inkluderas ett antal åtgärder. Utöver mellangrödor ingår även minskad areal svartträda, ökad intensitet i vallodlingen samt ökade skördar i spannmålsodlingen som samtliga är möjliga att använda som enskilda kompletterande åtgärder.

Övriga åtgärder inom skogen: Även andra åtgärder i skogen som ligger utanför avgränsningen för uppdraget kan omfattas av detta alternativ. I de fall de omfattar biomassa i skogen är det särskilt viktigt att beakta osäkerheter vad gäller permanens och risker för utsläppsläckage.

Vi bedömer att alternativet sammanfattningsvis har följande huvudsakliga fördelar och nackdelar.

Fördelar:

- Tydlighet i vilka åtgärder som omfattas och som kan påverka utfallet.
- Sannolikt mindre osäkerheter vad gäller permanens och risker för utsläppsläckage än alternativ 1 beroende på vilka åtgärder som ingår.

Nackdelar:

- Överensstämmer inte med rapporteringen inom LULUCF-förordningen och Klimatkonventionen.
- Helhetssyn saknas i och med att inte alla åtgärder för ökad kolsänka ingår.
- Uppföljning av enskilda åtgärder är komplicerad och dyr, särskilt om fler åtgärder skulle inkluderas. För vissa åtgärder finns behov av att utveckla uppföljningen.
- Svårt att kommunicera och motivera avgränsningen.

11.6 Slutsatser om åtgärder som kan redovisas som kompletterande åtgärder

Med utgångspunkt från redovisningen ovan drar myndigheterna följande slutsatser om åtgärder som kan redovisas som kompletterande åtgärder inom det klimatpolitiska ramverket.

Myndigheterna anser det viktigt att de kompletterande åtgärderna sammantaget fångar sektorns effekt på avgång och upptag av växthusgaser från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF). Det ligger i linje med regelverk inom EU och Klimatkonventionen och kan underlätta omvärldens förståelse för rapporteringen. Det kan ge incitament till en bredd av klimatåtgärder i sektorn. Risken för läckage inom landet undviks, men kvarstår till andra länder. Det finns fördelar med alternativ 1 utifrån dessa utgångspunkter.

Utifrån andra utgångspunkter kan enskilda åtgärder i alternativ 2 och 3 ha fördelar, exempelvis att kunna knyta effekten till ett visst styrmedel. Enskilda åtgärder kan också användas för att utforma etappmål eller indikatorer för arbetet med att öka kolsänkan. Underlag och metoder för klimatrapportering bör vidareutvecklas för att bättre fånga effekten av vidtagna åtgärder. När styrmedel och andra insatser utformas är det viktigt att klimateffekten blir långsiktig och jämförbar med utsläppsminskningar i Sverige.

Inom ramen för uppdraget har myndigheterna analyserat ett urval av åtgärder. Ytterligare utredning kan behövas för att ta ställning till om enskilda skogliga åtgärder på mineraljord kan användas som kompletterande åtgärder. Skogsstyrelsen har tagit fram rapporten *Översikt av åtgärder för ökad kolsänka i skogen*²⁷³ som utgör ett bredare kunskapsunderlag. Den omfattar även åtgärder på mineraljord och som ligger utanför uppdragets avgränsningar. Fortsatt utredningen bör omfatta bland annat additionalitet, osäkerheter vad gäller permanens och risker för utsläppsläckage.

²⁷³ Skogsstyrelsen 2022. Översikt av åtgärder för ökad kolsänka i skogen. Rapport 2022/15.

12 Inriktning för att stärka genomförandet av åtgärder

I detta avsnitt diskuterar vi inriktningen på fortsatt arbetet för att stärka genomförandet av åtgärderna.

12.1 Styrning för kolinlagring

I kapitel 2 har vi beskrivit att markanvändningsområdet idag berörs av många olika pågående processer på internationell och europeisk nivå. Inte minst utvecklingen inom EU är särskilt viktig där frågan om kolinlagring ses som en viktig aspekt inom många olika politikområden. Vikten av åtgärder för kolinlagring och synergier med andra värden betonas oavsett om EU:s policydokument rör klimat, biologisk mångfald, energi, jordbruk, finansmarknad, cirkulär ekonomi, bioekonomi eller mark och jordhälsa.

Styrningen på europeisk nivå utvecklas snabbt och kraven på kolinlagring har höjts kontinuerligt. Eftersom samma fråga riskerar att få ny styrning utifrån olika perspektiv - som dock berör samma marker och samma markägare - är det viktigt att den sammanlagda styrningen är koherent och skapar mervärde.

Vid utveckling av nationella styrmedel inom exempelvis skogspolitiken, livsmedelsstrategin eller klimatpolitiken är det viktigt att beakta utvecklingen inom EU. Samtidigt bör den nationella styrningen vara ändamålsenlig med hänsyn till det nationella klimatpolitiska ramverket och tillgodose de krav som är relevanta att ställa inom det.

Under hösten 2022 har regeringen beslutat om det svenska genomförandet av CAP för 2023-2027 och många av de åtgärder som ingår kan bidra till en förbättrad markvård. Under 2023 ska regeringen ta beslut om en klimatbehandlingsplan för mandatperioden. Naturvårdsverket, Skogsstyrelsen och Jordbruksverket har bidragit med förslag på åtgärder inom LULUCF. Förslagen är utformade med frivillighet som utgångspunkt för att bidra till ökad acceptans hos markägarna.

12.1.1 Områdets tekniska karaktär innebär kommunikativa utmaningar

Jord- och skogsbruk bidrar till många samhällsmål och det är viktigt med ett helhetsperspektiv på markanvändningen. Kolinlagring är inte huvudsyftet med jord- och skogsbruk. Samtidigt är just kolinlagring något som under senare år tagit alltmer plats i jord- och skogsbrukets sektorsdiskussioner. Det finns engagemang och initiativ kring frågan som är viktiga att ta vara på.

Tydliga samhällsmål är inte bara ett verktyg för regering och myndigheter utan kan skapa incitament för prioritering och kraftsamling i alla delar av samhället. Ju större samsyn kring hur målen är formulerade och hur dessa ska följas upp, desto större är chansen att styrningen inom politikområdet

blir effektiv. Det finns dock flera aspekter när det gäller målkonstruktion och metoder för uppföljning och bokföring inom kolsänkeområdet som kan påverka branschernas engagemang för och möjligheterna att uppnå klimatmålet.

12.1.1.1 Målstruktur

Klimatmålet konstruktion innebär att de kompletterande åtgärderna endast kan bidra till en begränsad del (8 procent till 2030 och 2 procent 2040). Jordbruk och skogsbruk samsas med andra typer av åtgärder såsom bio-CCS och investeringar i andra länder. För en del åtgärder inom jord- och skogsbruk finns osäkerheter om permanens och risk för utsläppsläckage vilket kan göra att exempelvis bio-CCS väger tyngre inom ett klimatsammanhang. Det ligger i sakens natur att klimatmålet ska fokusera och kraftsamla mot utsläppen. Samtidigt gäller det att se till samhällsnyttan som helhet och väga in att åtgärder inom de areella näringarna bidrar till fler miljö- och samhällsmål än klimatmålet.

På EU-nivå regleras sektorns kolbalans utifrån ett helhetsperspektiv genom LULUCF-förordningen och avgränsas alltså inte till specifika åtgärder. Om de nationella vägvalen framöver kring kompletterande åtgärder innebär skarpa avgränsningar så kommer inte åtgärderna att bidra till det nationella målet och EU-målet på samma sätt. Detta kan vara svårt att förklara och upplevas som inkonsekvent.

Eftersom skogen utgör en stor del av sektorn i Sverige finns det risk att jordbruksmarkens kolflöden drunknar i skogsbrukets siffror om utfallet för jordbruksmark och skogsmark redovisas gemensamt. Det skulle kunna minska incitamenten för att öka kolinlagringen inom jordbruk. I dagsläget skapas det dock incitament på europeisk nivå genom att kolinlagring inom jordbruket är en viktig fråga inom CAP.

En målstruktur som ser till hela LULUCF-sektorn ger mindre genomslag för enskilda åtgärders effekter eftersom sektorns upptag och avgång är relativt stora. Likt resonemanget ovan kan en enskild åtgärds effekt i skogen te sig liten jämfört med skogens totala nettoupptag. Avgörande för utfallet i alternativ 1 som beskrivs i avsnitt 11.5 är avverkningsnivån och skogstillväxten. Således finns en risk att den enskilda skogsägaren inte noterar hur vidtagna åtgärder bidrar till klimatmålet. Värt att poängtera är dock att alternativ 1 möjliggör att en bredd av skogliga åtgärder bidrar, i alternativ 2 ingår endast återvätning och i alternativ 3 ingår återvätning och beskogning.

12.1.1.2 Metoder för beräkning och förhållande till andra klimatfrågor

Om avgränsningen av vilka åtgärder som kan användas som kompletterande åtgärder upplevs främmande och svår att kommunicera kan engagemanget och motivation bland markägare och sektorn i stort minska. Exempel på det är att vägvalsutredningen inte föreslog några egentliga åtgärder på skogsområdet utöver återvätning och att en ökning av markkolet i åkermark (det vi i denna rapport kallar Kolbalans i mineraljord i kapitel 8) inte togs upp som

en möjlig kompletterande åtgärd. Åtgärder på mineraljord på skogsmark ingår inte heller i denna redovisning i enlighet med regeringens uppdragsbeskrivning.

Samtidigt har ökad kolinlagring i biomassa sedan lång tid utgjort en stor del av skogens bidrag till kolsänkan inom markanvändningssektorn. På senare år har den dock minskat betydligt, sannolikt till följd en kombination av faktorer som skogsskötsel, högre avverkningsnivåer, väderbetingelser och ökade skador. Det finns trots det stora förväntningar på att skogen ska fortsätta att utgöra en stor kolsänka, såväl i den allmänna debatten som inom EU.

Även om ökad mängd kol i skoglig biomassa innebär större osäkerheter vad gäller permanens och risker för utsläppsläckage jämfört med minskad avgång från markbundet kol i organogena jordar, så kan det vara svårt att kommunicera varför kolinbindningen i växande skog avgränsas bort. Det finns en risk för minskad trovärdighet och minskat engagemang att bidra till målen om man avgränsar bort åtgärder med stor potential. Eventuella avgränsningar måste därför vara väl underbyggda och motiverade.

Additionalitet är ett viktigt begrepp vad gäller kompletterande åtgärder inom klimatpolitiken. För att få acceptans för de vägval som görs är det viktigt att begreppet tydliggörs och kommuniceras, särskilt om till exempel lönsamma åtgärder avgränsas bort trots att de bidrar med koldioxidbindning. Inbindning av koldioxid i biomassa och mark är själva grunden för jord- och skogsbruk.

I den bredare klimatdiskussionen inkluderas vanligtvis möjligheten att använda biomassa från jord och skog som substitution för fossila bränslen och produkter. Det är visserligen lämpligt att avgränsa bort den aspekten inom klimatrapporteringens för LULUCF-sektorn där metoder för kolsänkan ska vara i fokus. Men att inte räkna in LULUCF-sektorn i klimatmålen leder dock till en bild av biomassans klimatnytta som inte är helt rättvisande, när substitutionsnyttan räknas in men inte kolinlagring.

Ett ökat uttag av biomassa kan ge minskade utsläpp i energisektorn genom substitution, men att biomassan inte längre återfinns i LULUCF-sektorn noteras inte. En diskussion utifrån att stärka bioekonomins roll i klimatomställningen bör utgå ifrån ett naturvetenskapligt adekvat underlag.

Politik för kolinlagring kan ge incitament till att minska uttag av biomassa medan det av andra skäl kan vara mer prioriterat, och säkrare utifrån ett permanensperspektiv, att använda biomassan för substitution i klimatomställningen. Att väga dessa olika aspekter samtidigt är en viktig uppgift för politiken.

12.1.2 Dagens och framtida ekonomiska styrmedel

De ekonomiska styrmedel som finns idag handlar om traditionella investeringsstöd eller stöd för en viss produktion eller åtgärd. Ett första steg är givetvis att se till att dessa utnyttjas på ett så bra sätt som möjligt, exempelvis de befintliga stödmöjligheterna till återvätning, energiskog, mellangrödor och biokolsanläggningar.

Utöver att utvärdera befintliga stöd samt utveckla nya finns det också möjlighet att utveckla verksamheter utifrån den befintliga stödverksamheten.

För att markägare och andra verksamma inom sektorn ska kunna bidra till klimatmålen på ett effektivt sätt behöver insatser med ekonomiska styrmedel vara långsiktiga och förutsägbara.

Ett syfte med EU:s certifieringsarbete är att skapa förtroende, både bland köpare och säljare, för de beräkningsmetoder som ska användas på kolkreditsmarknaden.

Utöver rena marknadslösningar kan det även det offentliga upphandla kolsänkor. Naturvårdsverket, Skogsstyrelsen och Jordbruksverket har gjort en första analys av omvänd auktion på området. Det är ett styrmedel som skapar möjlighet till neutralitet när det gäller olika tekniker och åtgärder. Det har också potential att vara kostnadseffektivt då markägare behöver konkurrera med varandra, genom att erbjuda kolsänkor till lägsta pris, för att vinna auktionen.²⁷⁴

12.2 Kunskapsuppbyggnad

Det finns stora behov av kunskapsuppbyggnad genom forskning och försöksverksamhet. Jordbruksverket och Skogsstyrelsen har ingen nämnvärd rådighet över de befintliga forskningsanslagen men myndigheterna kan delta i behovsdiskussioner som dialogpartner och föra fram behovet utifrån ett kolsänkeperspektiv.

Enligt Jordbruksverket regleringsbrev för 2022 får anslag 1:19 Miljöförbättrande åtgärder i jordbruket får användas för försöks- och utvecklingsverksamhet (FoU) i syfte att bidra till uppfyllelse av för jordbruket relevanta miljö kvalitetsmål, särskilt Ett rikt odlingslandskap, Ingen övergödning, Giftfri miljö och Begränsad klimatpåverkan. Medlen kan vara ett möjligt verktyg för ökad kolinlagring men för att anslaget på allvar ska kunna ge ett bidrag i arbetet för att klara av det svenska jordbrukets hållbarhetsutmaningar behöver anslaget kraftigt förstärkas vilket både Naturvårdsverket och Jordbruksverket föreslagit.²⁷⁵

²⁷⁴ Naturvårdsverket, Skogsstyrelsen och Jordbruksverket (2022). Förslag för ökade kolsänkor i skogs- och jordbrukssektorn. Underlagsrapport om LULUCF inom regeringsuppdraget om näringslivets klimatomställning. Reviderad. Rapport 7059. Augusti 2022.

²⁷⁵ Jordbruksverket och Naturvårdsverket (2022) Jordbrukssektorns klimatomställning. Underlagsrapport om jordbrukssektorn inom regeringsuppdraget om näringslivets klimatomställning. Rapport 7060.

Projektstöden som finansieras via CAP är ett viktigt verktyg för Jordbruksverket. I nuvarande landsbygdsprogram har Jordbruksverket satsat på särskilda utlysningar kopplade till samarbetet för att gynna ökad kunskap och metodutveckling kring kolinlagring. Även EIP finansierar flera projekt inom kolinlagringsområdet. Liknande möjligheter kommer att finnas inom kommande CAP 2023-2027.

Inom skogen finns det särskilt behov av att fortsätta utveckla kunskap och metoder för klimatanpassad skogsförvaltning som upprätthåller kolsänkan och värnar den biologiska mångfalden och andra miljövärden.

Det finns ett stort behov av att minska de kvantitativa osäkerheterna i emissionsfaktorerna som används vid skattning av dikningens och återvätningens klimatpåverkan respektive -nytta via fler fältförsök med växthusgas- och torvtjockleksmätningar, speciellt i södra Sverige och på före detta jordbruksmark i norra Sverige.

Naturvårdsverket, Skogsstyrelsen och Jordbruksverket har föreslagit att Skogsstyrelsen i samverkan med Naturvårdsverket bör få i uppdrag att utveckla en ”Stödjande infrastruktur för klimatåtgärder i skogen”.²⁷⁶ Uppdraget har potential att omhänderta behovet av en rad stödjande funktioner som pågående policyutveckling skapar. Europeiska kommissionen har föreslagit målet att alla markägare senast år 2028 ska ha tillgång till data om upptag och avgång av växthusgaser och att carbon farming ska öka kolsänkan i EU med 42 MtCO₂eq till år 2030. Enligt Taxonomiförordningen ska skogsägare ta fram en klimatnyttoanalys för att uppnå kraven som ställs på att ekonomisk verksamhet ska klassificeras som hållbar enligt den delegerade akten om klimat. LULUCF-förordningen ställer krav på att Sveriges kolsänka för hela LULUCF-sektorn ska öka.

Avgränsningar och omfattning skiljer sig dels mellan rättsakterna, dels gentemot det svenska regelverket och styrmedel i sektorn, men sammantaget stärker EU:s regelverk insatser för ökad kolsänka. Skogsstyrelsen kan utveckla befintliga system för att tillhandahålla data om upptag och avgång av växthusgaser till markägare och metodstöd för klimatnyttoanalys av vidtagna åtgärder. Denna kan användas som grund för vidare kunskaps spridning och rådgivning till markägare som vill utveckla nuvarande affärsmodeller för sitt skogsinnehav.

12.3 Kunskapsförmedling

Inom befintlig jordbrukspolitik finns det stora möjligheter med de satsningar som görs inom kompetensutveckling och rådgivning. Rådgivning kan vara ett effektivt styrmedel när det gäller att lyfta platsspecifika frågor som rör

²⁷⁶ Naturvårdsverket, Skogsstyrelsen och Jordbruksverket (2022). Förslag för ökade kolsänkor i skogs- och jordbrukssektorn. Underlagsrapport om LULUCF inom regeringsuppdraget om näringslivets klimatomställning. Reviderad. Rapport 7059. Augusti 2022.

markbördighet, ökad kolinlagring och dess betydelse för markstruktur liksom dränering och minskad risk för markpackning.

Projektet Greppa Näringen är en central satsning inom jordbruksområdet. Sedan 2011 kan lantbrukarna få en analys utförd över sin gårds klimatpåverkan totalt sett och från och med 2021 även uppdelat per produkt av till exempel mjölk och kött. Ett beräkningsverktyg för hur (främst) växtodlingsgårdar kan öka sin kolinlagring är också framtaget. Greppa Näringen ska enligt sin strategiska plan för 2023-2027 utveckla dessa metoder och presentera vetenskapligt baserade fakta i klimatdebatten. Även satsningar kring energigrödor kan vara aktuella. I planen finns också ett utpekat mål som berör kolinlagring: *Lantbrukare på växtodlingsgårdar som fått rådgivning om markbördighet ska där det är möjligt öka sin gårds kolinlagring och därmed fungera som en sänka för koldioxid.*

Inom skogspolitiken har kunskapsförmedling via rådgivning och information till skogsägare och andra verksamma i skogsbruket en central roll. Även om det inte genomförs några specifika insatser för rådgivning om ökad kolsänka i skogen så finns det kopplingar till annan rådgivning. Kampanjen Smart skogsbruk ska bland annat bidra till hög och säker tillväxt och tar till exempel upp fördelarna med att använda förädlat plantmaterial.

Rådgivning om klimatanpassning, minskade skogsskador och ökad variation i skogsbruket kan bidra till resilienta skogar och att befintliga kollager i skogen bibehålls i högre grad. Detta tillsammans med tillväxtfrämjande insatser bör ha hög prioritet vid beslut om kommande satsningar på rådgivning och information. Insatserna bör samordnas så att de inriktas mot att både upprätthålla och stärka kolsänkor och värna den biologiska mångfalden och andra miljövärden. Vikten av framgångsrik skogsbrandbekämpning för att minska skogsskador bör också framhållas.

Fortsatt information och kunskapsförmedling till markägare behövs för att ge ökade kunskap och insikter om hur återvätning fungerar och ger klimatnytta samt hur stöden för återvätning fungerar. På så sätt kan intresset för återvätning bland markägare och andra verksamma i skogen öka.

Skogsstyrelsen bör också kunna utveckla sin kapacitet att ge råd om åtgärder som kan medge viss höjning av grundvattennivån utan aktiv återvätning, kanske i kombination med övergång till ett kontinuitetsskogsbruk. Det samma gäller aktiv återvätning som görs utan stöd.

För att öka intresse för beskogning av nedlagd jordbruksmark behövs kunskapsförmedling till markägare. En viktig del av sådan rådgivning är att visa på de valmöjligheter och alternativ som kan finnas vid beskogning och hur de i många fall skiljer sig från hur markerna idag hanteras, såväl passivt som aktivt. För att få god effekt behöver kunskapsunderlag tas fram som visar på olika beskogningsåtgärders nyttor och svagheter. Detta kunskapsunderlag behöver också adressera de målkonflikter och synergier med andra samhällsmål.

13 Litteratur- och källförteckning

- Abdalla, M., *et al.* (2019). A critical review of the impacts of cover crops on nitrogen leaching, net greenhouse gas balance and crop productivity. *Global change biology*, 25(8), 2530-2543.
- Agnesson, S. (2020). Biokolsanvändningen i Sverige - Vad krävs för att svenska lantbruk, kommuner och trädgårdsindustrin ska börja använda eller utöka sin användning av biokol? Geografi, kandidatnivå, Linnéuniversitetet, <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:1520583/FULLTEXT01.pdf>
- Andrén, O. & Kätterer, T. (1997). ICBM: The introductory carbon balance model for exploration of carbon balances. *Ecological applications* 7(4), 1226-1236.
- Andrén, O., Kätterer, T., & Karlsson, T. (2004). ICBM regional model for estimations of dynamics of agricultural soil carbon pools. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 70, 231-239. Andrén, O., Kätterer, T., Karlsson, T., & Eriksson, J. (2008). Soil C balances in Swedish agricultural soils 1990-2004, with preliminary projections. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 81, 129-144.
- Aronsson, H., Berglund, K., Djodjic, F., Etana, A., Geranmayeh, P., Johnsson, H., & Wesström, I. (2019). Effekter av åtgärder mot fosforförluster från jordbruksmark och åtgärdsutrymme.
- Aziz, Khadija, (2022). *Effects of cover crops on nitrous oxide (N₂O) emissions in cereal cropping*. Avancerad nivå, A2E. Uppsala: SLU, Institutionen för ekologi
- Azzi, A., Jungfeldt, L., Karan, S., Sundberg, C., Biochar in Swedish agriculture – Straw pyrolysis as a first step to net-zero, *Mistra Food Futures Report #4*.
- Beillouin, D., Ben-Ari, T., Malézieux, E., Seufert, V., & Makowski, D. (2021). Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services. *Global Change Biology*, 27, 4697–4710. <https://doi.org/10.1111/gcb.15747>
- Berglund K, (1989). Ytsänkning på mosstorvjord Sammanställning av material från Lidhult, Jönköpings län Avdelningsmeddelande 89:3. Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, SLU. ISSN 0282-6569
- Bolinder, M.A., Crotty, F., Elsen, A. *et al.* The effect of crop residues, cover crops, manures and nitrogen fertilization on soil organic carbon changes in agroecosystems: a synthesis of reviews. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 25, 929–952 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11027-020-09916-3>

- Bolinder, M., Freeman, M., Kätterer, T. (2017). Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet: Sveriges lantbruksuniversitet
- Bolinder, M. A., Kätterer, T., Andrén, O., Ericson, L., Parent, L. E., & Kirchmann, H. (2010). Long-term soil organic carbon and nitrogen dynamics in forage-based crop rotations in Northern Sweden (63–64 N). *Agriculture, ecosystems & environment*, 138(3-4), 335-342.
- Bolinder, M., Stendahl, J. och Kätterer, T. (2019). Utredning om kolbalanser vid beskogning av jordbruksmark. Redovisning av uppdrag till Klimatpolitiska vägvalsutredningen. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Boverket (2021). Verktyg för minskad klimatpåverkan vid planläggning, Boverket rapport 2021:11.
- Böhlenius H., Öhman M. & Persson P-O. 2022. Biodrivmedel från snabbväxande lövträd - en syntesstudie från råvara till drivmedel, Rapport nr FDOS 36:2022. Tillgänglig på <https://f3centre.se/sv/samverkans-program/>
- Börjesson, G., Bolinder, M. A., Kirchmann, H., & Kätterer, T. (2018). Organic carbon stocks in topsoil and subsoil in long-term ley and cereal monoculture rotations. *Biology and Fertility of Soils*, 54(4), 549-558.
- Börjesson, Pål (2016) Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi. Rapport 97. Lunds universitet.
- Börjesson, P. (2021). Potential för ökad tillförsel av inhemsk biomassa i en växande bioekonomi – en uppdatering. Rapport Nr 121, Miljö- och energisystem, Lunds universitet.
- Celander F, & Söderqvist H, (2021). Miljönyttomodell - Kartläggning av systemeffekter av biokol i Lantbruket. 2050 Consulting.
- Dickinson, D., Balduccio, L., Buysse, J., Ronsse, F., Huylensbroeck, G. & Prins, W. (2015). "Cost-benefit analysis of using biochar to improve cereals agriculture", *Global change biology. Bioenergy*, vol. 7, no. 4, pp. 850-864.
- de Oliveira, G., Brunsell, N. A., Sutherlin, C. E., Crews, T. E., & DeHaan, L. R. (2018). Energy, water and carbon exchange over a perennial Kernza wheatgrass crop. *Agricultural and Forest Meteorology*, 249, 120-137.
- Energimyndigheten (2021) Första, andra, tredje.... Förslag på utformning av ett stödsystem för bio-CCS. ER 2021:31.
- Energimyndigheten (2021). Snabbväxande trädslag för energi och andra ändamål Sammanställning av dagens kunskapsläge och framtidens utmaningar. ER 2021:19.
- Eriksson m.fl (2011). Skog på jordbruksmark – erfarenheter från de senaste decennierna. SLU. Institutionen för skogens produkter, Uppsala. Rapport 17.

- Eriksson, J. (2021). Tillståndet i svensk åkermark och gröda. Data från 2011-2017. Uppsala Sveriges lantbruksuniversitet. Ekohydrologi, 168.
- EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS BESLUT nr 529/2013/EU av den 21 maj 2013 om bokföringsregler för utsläpp och upptag av växthusgaser till följd av verksamheter i samband med markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk och om information beträffande åtgärder som rör dessa verksamheter.
- EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2018/841 av den 30 maj 2018 om inbegripande av utsläpp och upptag av växthusgaser från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk i ramen för klimat- och energipolitiken fram till 2030 och om ändring av förordning (EU) nr 525/2013 och beslut nr 529/2013/EU.
- EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2018/1999 av den 11 december 2018 om styrningen av energiunionen och av klimatåtgärder samt om ändring av Europaparlamentets och rådets förordningar (EG) nr 663/2009 och (EG) nr 715/2009, Europaparlamentets och rådets direktiv 94/22/EG, 98/70/EG, 2009/31/EG, 2009/73/EG, 2010/31/EU, 2012/27/EU och 2013/30/EU samt rådets direktiv 2009/119/EG och (EU) 2015/652 och om upphävande av Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 525/2013.
- Europaparlamentets och Rådets förordning (EU) 2018/1999 av den 11 december 2018 om styrningen av energiunionen och av klimatåtgärder samt om ändring av Europaparlamentets och rådets förordningar (EG) nr 663/2009 och (EG) nr 715/2009, Europaparlamentets och rådets direktiv 94/22/EG, 98/70/EG, 2009/31/EG, 2009/73/EG, 2010/31/EU, 2012/27/EU och 2013/30/EU samt rådets direktiv 2009/119/EG och (EU) 2015/652 och om upphävande av Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 525/2013 2018/1999/EU
- EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2021/2115 av den 2 december 2021 om fastställande av regler om stöd för de strategiska planer som medlemsstaterna ska upprätta inom ramen för den gemensamma jordbrukspolitiken (strategiska GJP-planer) och som finansieras av Europeiska garantifonden för jordbruket (EGFJ) och Europeiska jordbruksfonden för landsbygdsutveckling (Ejflu) samt om upphävande av förordningarna (EU) nr 1305/2013 och (EU) nr 1307/2013
- European Commission (2018) In-depth analysis in support of the Commission communication COM(2018) 773 A Clean Planet for all A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy.
- Europeiska kommissionen. Förslag till Europaparlamentets och Rådets förordning om restaurering av natur COM(2022) 304
- Europeiska kommissionen. Förslag till Gränsjusteringsmekanism för koldioxid (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM).

- FORMAS 2021. Växtföljers påverkan på inlagring av organiskt kol i jordbruksmark – En systematisk översikt och samhällsekonomisk analys. Rapport: F1:2021
- Fransson AM, Gustafsson M, Malmberg J, Paulsson M, (2020). Biokol-handboken – för användare
- Hellman, J. (2017). Agroforestry på svensk åkermark-vägen mot ett resilient och mångfunktionellt jordbruk? Kandidatarbete. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Henn, D. (2020). A framework to determine the CO₂ impact of land use change to support municipal planning – a case study in SE Uppsala. Master Thesis in Environmental Science. SLU, Institutionen för mark och miljö, 2020:07.
- Henryson K., Meurer K.H.E., Bolinder M.A., Kätterer T., Tidåker P. (2022). Higher carbon sequestration on Swedish dairy farms compared with other farm types as revealed by national soil inventories. *Carbon Management* 13:266-278.
<https://doi.org/10.1080/17583004.2022.2074315>
- Hushållningssällskapet, Slutrapport till Jordbruksverket av projektet Biokol för minskat utsläpp av ammoniak och växthusgaser på nötköttsgård med biogas, <https://hushallningssallskapet.se/wp-content/uploads/2018/12/slutrapport-jnr-2017-4257-10-biokol-i-djupstrobadd.pdf>, hämtat 2022-10-11
- IPCC (2013). Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. Hiraishi m.fl. (eds). Published: IPCC, Switzerland
- IPCC, *Appendix.4* . Method for Estimating the Change in Mineral Soil Organic Carbon Stocks from Biochar Amendments: Basis for Future Methodological Development. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- Jordbruksverket (2010). Inlagring av kol i betesmark. RA10:25
- Jordbruksverket (2013). Handbok för salixodlare. OVR250.
- Jordbruksverket (2013). Jordbrukets markavvattningsanläggningar i ett nytt klimat. RA2013:14
- Jordbruksverket (2013). Mer än bara energi. Miljö- och samhällsnyttor med energigrödor. OVR303.
- Jordbruksverket (2015). Handbok för odlare av poppel och hybridasp. OVR355.
- Jordbruksverket (2018). Återvätning av organogen jordbruksmark som klimatåtgärd. Rapport 2018:30.
- Jordbruksverket och Naturvårdsverket (2022) Jordbrukssektorns klimatomställning. Underlagsrapport om jordbrukssektorn inom regeringsuppdraget om näringslivets klimatomställning. Rapport 7060.

- Jordbruksverket och Naturvårdsverket (2022) Jordbrukssektorns klimatomställning. Underlagsrapport om jordbrukssektorn inom regeringsuppdraget om näringslivets klimatomställning. Rapport 7060.
- Juutinen m.fl. 2021. Profitability of Continuous-Cover Forestry in Norway spruce Dominated Peatland Forest and the Role of Water Table. *Can. J. For. Res.* 51, 859–870. doi:10.1139/cjfr-2020-0305
- Kirchmann, H., Börjesson, G., Kätterer, T., & Cohen, Y. (2017). From agricultural use of sewage sludge to nutrient extraction: A soil science outlook. *Ambio*, 46(2), 143-154.
- Karlsson, C., (2019). Utvärdering av potential hos organiska restmaterial för avsättning i form av biokol, KTH Kungliga Tekniska Högskolan Klimatpolitiska vägvalsutredningen. Vägen till en klimatpositiv framtid. SOU 2020:4. Stockholm
- Konkurrenskraftsutredningen (2015). Attraktiv, innovativ och hållbar – strategi för en konkurrenskraftig jordbruks- och trädgårdsnäring. Slutbetänkande. SOU 2015:15
- Kumm, K-I. (2022). Stora betesmarker med växande träd för ekonomiskt och klimatomständigt hållbar köttproduktion. SLU, Inst f husdjurens miljö och hälsa, Avd f produktionssystem. Rapport 59.
- Kätterer, T., Andersson, L., Andrén, O., & Persson, J. (2008). Long-term impact of chronosequential land use change on soil carbon stocks on a Swedish farm. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 81(2), 145-155.
- Kätterer T. & Bolinder M.A. (2022). Agriculture practices to improve soil carbon storage in upland soil. Chapter 15 in: Rumpel C. (Ed.) Understanding and fostering soil carbon sequestration. Burleigh Dodds Scientific Publishing. <https://bdspublishing.com/webedit/uploaded-files/All%20Files/Open%20Access/9781801463119.pdf>
- Kätterer, T., Bolinder, M., Berglund, K., Kirchmann, H. (2012). Strategies for carbon Sequestration in agricultural soils in northern Europe. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A- Animal Science*, 62(4), 181-198.
- Kätterer, Börjesson och Bolinder (2020). *Odlingssystemens effekter på kolinlagring i jordbruksmark*
- Lindahl, A. och Lundblad, M. (2022). Kolförråd och kolsänka i skog och mark inom Stockholms stad. Rapport Skog 2022:2. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå.
- Lindgren A & Lundblad M. (2014). Towards new reporting of drained organic soils under the UNFCCC – assessment of emission factors and areas in Sweden. Inst f Mark och miljö, SLU/Naturvårdsverket. Rapport 2014:14.

- Lindhagen, A. och Hörnsten, L. (2000). Forest recreation in 1977 and 1997 in Sweden: Changes in public preferences and behaviour. *Forestry* 73 (2):143-53.
- Lugato, E., Bampa, F., Panagos, P., Montanarella, L., & Jones, A. (2014). Potential carbon sequestration of European arable soils estimated by modelling a comprehensive set of management practices. *Global change biology*, 20(11), 3557-3567.
- Lundblad, M. et al. (2018). Sammanfattning av de metoder som används i Sveriges klimatrapportering av LULUCF-sektorn. Webbversion: [lulucf.pdf \(slu.se\)](#)
- Lundblad, M., Roberge, C. och Holmström, H. (2022). CO₂- fångst med träd på outnyttjad jordbruksmark. 22-09-02. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Lundblad M., Roberge C., Mensah A.A., Petersson H., och Stendahl J. (2021). Förslag på uppföljning av åtgärder för ökad kolinlagring och minskade utsläpp i LULUCF-sektorn – Beskogning av tidigare jordbruksmark. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning. Arbetsrapport 525.
- Lundblad M., Stendahl J, Lindahl A., Henn D. (2022). PM - Om att skapa underlag för att skatta förlust av kolförråd och växthusavgång i samband med exploatering av mark. SLU 2022.
- Lundmark, R. (2022) *Läckageeffekter från skog och skogsbruk.(arbetsversion)*
- Lutter R., Stål G., Arnesson Ceder L., Lim H., Padari A., Tullus H., Nordin A., och Lundmark T. 2021 Climate benefit of different tree species on former agricultural land in northern Europe. *Forests* 2021, 12, 1810.
- Major, J. 2010. Guidelines on Practical Aspects of Biochar Application to Field Soil in Various Soli Management Systems. International Biochar Initiative.
- Man, K. Y. et al. (2021) Use of biochar as feed supplements for animal farming. *Critical reviews in environmental science and technology*. [Online] 51 (2), 187–217.
- McDonald, H., Frelih-Larsen, A., Lóránt, A., Duin, L., Pyndt Andersen, S., Costa, G., and Bradley, H. 2021, Carbon farming – Making agriculture fit for 2030, Study for the committee on Environment, Public Health and Food Safety (ENVI), Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies, European Parliament, Luxembourg.
- Meurer KHE, Haddaway NR, Bolinder MA, Kätterer T (2018): Tillage intensity affects total SOC stocks in boreo-temperate regions only in the topsoil – A systematic review using an ESM approach. *Earth-Science Reviews* 177, 613 – 622
- Miljöbalken (1998:808)

- Miljömålsberedningen (2014). Med miljömålen i fokus – hållbar användning av mark och vatten. Delbetänkande av Miljömålsberedningen. SOU 2014:50. Stockholm 2014.
- Miljömålsberedningen. En klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige. Delbetänkande av Miljömålsberedningen. SOU 2016:47.
- Miljömålsberedningen (2022). Sveriges globala klimatavtryck. Regeringskansliet, Stockholm.
- Modin O, 2021. Laddning av biokol: adsorption av ammonium, kalium, och fosfat, Chalmers Tekniska Högskola, Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Vatten Miljö Teknik.
- Naturvårdsverket (2018). Beskrivning av SASM : En ekonomisk optimeringsmodell över jordbrukssektorn i Sverige. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:naturvardsverket:diva-9089>
- Naturvårdsverket (2022). Fördjupad analys av den svenska klimatomställningen 2021. Rapport 7014
- Naturvårdsverket (2022). National inventory report Sweden 2022 – Greenhouse gas emission inventories 1990-2020 – Submitted under the United Nations framework convention on climate change and the Kyoto protocol. Swedish environmental protection agency 2022.
- Naturvårdsverket och Jordbruksverket (2019). Minskade utsläpp av växthusgaser från jordbruket med ökad produktion? Scenarier till 2045 för utsläpp och upptag av växthusgaser inom jordbrukssektorn.
- Naturvårdsverket, Skogsstyrelsen och Jordbruksverket (2022). Förslag för ökade kolsänkor i skogs- och jordbrukssektorn. Underlagsrapport om LULUCF inom regeringsuppdraget om näringslivets klimatomställning. Reviderad. Rapport 7059. Augusti 2022.
- Osslund F, 2020, Prioritising biochar application to arable land in Sweden, KTH, Royal Institute of technology.
- Pasquier, L. 2020. Barriers and Bridges for Establishing Agroforestry. A qualitative study of Swedish land use policy in relation to agroforestry. Kandidatuppsats vid institutionen för naturgeografi vid Stockholm Universitet.
- Paustian K., Lehmann J., Ogle S., Reay D., Robertson G.P., Smith P. 2016. *Climate – smart soils*. Nature. 532: 49-57.
- Poeplau, C., Bolinder, M. A., Eriksson, J., Lundblad, M., & Kätterer, T. (2015). Positive trends in organic carbon storage in Swedish agricultural soils due to unexpected socio-economic drivers. *Biogeosciences*, 12(11), 3241-3251.
- Prade, T., Björnsson, L., Lantz, M., & Ahlgren, S. (2017). Can domestic production of iLUC-free feedstock from arable land supply Sweden's future demand for biofuels?. *Journal of land use science*, 12(6), 407-441.

- Radley, G., Keenleyside, C., Frelih-Larsen, A., et al., Setting up and implementing result-based carbon farming mechanisms in the EU : technical guidance handbook, Europeiska unionens publikationsbyrå, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2834/056153>
- Regeringen (2019). En samlad politik för klimatet – klimatpolitisk handlingsplan. Proposition 2019/20:65. Stockholm den 17 december 2019.
- Regeringen (2022). *Kommittédirektiv – En ny livsmedelsberedskap*. Direktiv 2022:33
- Regeringsbeslut M2021/01846. Regleringsbrev för budgetåret 2022 avseende Naturvårdsverket
- Regeringsbeslut N2021/01829 Uppdrag att strategiskt planera arbetet för ökad kolsänka, 2021-06-10
- Rydberg, I., Wikström, L., Segerborg-Fick, A., Rundqvist, J., Kätterer, T., Bodin, P., & Jewert, J. (2019). Så klarar det svenska jordbruket klimatmålen.
- Rytter, L., Ingerslev, M., Kilpeläinen, A., Torssonen, P., Lazdina, D., Löf, M., et al. 2016. Increased forest biomass production in the Nordic and Baltic countries – a review on current and future opportunities. *Silva Fenn.* 50, id 1660, 33 pp.
- Rytter L. & Lutter R. 2020. Early growth of different tree species on agricultural land along a latitudinal transect in Sweden. *Forestry* 93: 376-388.
- Rådets direktiv 92/43/EEG av den 21 maj 1992 om bevarande av livsmiljöer samt vilda djur och växter
- Röös, E., Patel, M., Spångberg, J., Carlsson, G., & Rydhmer, L. (2016). Limiting livestock production to pasture and by-products in a search for sustainable diets. *Food Policy*, 58, 1-13.
- SCB (2018). Utsläpp till vatten och slamproduktion 2018 -Kommunala avloppsreningsverk, massa- och pappersindustri samt viss övrig industri. MI 22 SM 2001
- SCB (2019) Odlingsåtgärder i jordbruket 2019 Träda, slåttervall, jordbearbetning, fånggrödor samt spridning av kalk på åkermark. MI 30 SM 2003
- Schmidt, H., Kammann, C., Hagemann, N., Leifeld, J., Bucheli, T.D., Sánchez Monedero, M.A. & Cayuela, M.L. 2021, "Biochar in agriculture – A systematic review of 26 global meta-analyses", *Global change biology*. *Bioenergy*, vol. 13, no. 11, pp. 1708-1730.
- SGU (2022). Effekter på omgivande grundvattennivå vid våtmarksåtgärder. SGU-rapport 2022:12.
- Sjödahl M. och Tryggvadotter I. 2022. Sammanställning av länsstyrelsernas arbete med anmälan om att ta jordbruksmark ur produktion enligt 12 kap 9 § miljöbalken. PM Länsstyrelsen Kronoberg.

- Skogsstyrelsen (2021). Klimatpåverkan från dikad torvtäckt skogsmark – effekter av dikesunderhåll och återvätning. Kunskapssammanställning och analys. Rapport 2021:7.
- Skogsstyrelsen (2022). Översikt av åtgärder för ökad kolsänka i skogen. Rapport 2022/15.
- Skogsvårdslagen (1979:429)
- SMED (2022) Genomgång av hantering av organogena marker inom klimatrapporteringen. SMED Rapport Nr 6 2022
- Smith J, Whistance L, Costanzo A and Deremetz V. 2017. Lessons learnt: agroforestry for ruminants in England. Organic Research Centre. UK.
- Soil Association och The Woodland Trust. 2019. The agroforestry handbook. Agroforestry for the UK.
- Statens jordbruksverks föreskrifter (SJVFS 2020.2) om hänsyn till natur- och kulturvärden i jordbruket
- Stevens S.S. & Wagner M.R. 2007. Forest plantations and biodiversity: A fresh perspective. Journal of Forestry. September 2007.
- Strack M. (Ed.) 2008. Peatlands and climate change. (Summary for policy-makers) International Peat Society. ISBN 978-952-99401-1-0
- Söderlund, F. Framtidens jordbruk? En studie om agroforestry i tempererade system. C-uppsats. Örebro Universitet.
- UNFCCC (2013) Decision 24/CP.19
- UNFCCC (2015), Paris Agreement, Article 2.1
- UNFCCC (2016) Decision 18/CMA.1
- UNFCCC (2018) Decision 1/CMA.3
- UNFCCC (2021), *Decision 1/CP.26 Glasgow Climate Pact*, p.15-17
- Valkama, E., Lemola, R., Känkänen, H., & Turtola, E. (2015). Meta-analysis of the effects of undersown catch crops on nitrogen leaching loss and grain yields in the Nordic countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 203, 93-101.
- Van Lerberghe, P. 2017. Agroforestry best practice 04. Planning an agroforestry project. AGFORWARD project.
- Wikström P, Edenius L, Elfving B, Eriksson LO, Lämås T, Sonesson J, Öhman K, Wallerman J, Waller C, Klintebäck F. 2011. The Heureka forestry decision support system: an overview. *Math. Comput. For. Nat. Resour. Sci.* 3(2), 87-94.
- Yang, C. 2020. The potentials of agroforestry systems in Denmark and southern Sweden-a comparative study on farmers` perceptions and agroforestry related policies. Degree project. Alnarp.

Källor på internet

- Abraham, J & Wesström, I. (2021). Bevattning av vall eller inte? (presentation). 2021-12-07. https://partnerskapalnarp.slu.se/ekonf/20211207/31_Bevattning_vall_2021_Joel_Wesstr%C3%B6m_Comm.pdf (hämtad 2021-11-11)
- Agroforestry – en gammal jordbruksmetod som återintroduceras. <https://agroforestry.se/agroforestrysystem/> (hämtad 2022-11-09)
- AGFORWARD. Best practice leaflets. <https://www.agforward.eu/best-practices-leaflets.html> (hämtad 2022-11-10).
- Capturing Carbon in Perennial Cropping Systems. <https://portal.research.lu.se/en/projects/capturing-carbon-in-perennial-cropping-systems> (hämtad 2022-11-16).
- Copernicus. Europe´s eyes on earth. Copernicus i korthet. <https://www.copernicus.eu/sv/om-copernicus/copernicus-i-korthet> (hämtad 2022-11-10).
- Copernicus. Europe´s eyes on earth. Small woody features. <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/small-woody-features> (hämtad 2022-11-10).
- Ekologiskt, regenerativt, agroekologi... - vad är skillnaden <https://ekofakta.se/ekologisk-mat-fraan-jord-till-bord/ekologiskt-regenerativt-agroekologi-vad-aer-skillnaden> (hämtad 2022-11-11)
- Eurostat. Land cover/use statistics. Overview. Lucas: what is it? <https://ec.europa.eu/eurostat/web/lucas/overview> (hämtad 2022-11-10).
- Forskning.se, Biokol renar jorden från gifter, 2021-06-10, <https://www.forskning.se/2021/06/10/biokol-renar-jorden-fran-gifter/> (hämtad 2022-09-30)
- Fältförsök bekräftar climateffekt av mellangrödor som biogassubstrat. 2022-03-02. <https://www.slu.se/ew-nyheter/2022/3/faltforsok-bekraftar-klimat-effekt-av-mellangrodor-som-biogassubstrat/> (hämtad 2022-11-11)
- Greppa Näringen (2013). Praktiska råd: Satsa på högre bördighet för större skördar. Nr 20. [Praktiskt rad nr 20 Bordighet.pdf \(greppa.nu\)](https://www.greppa.nu/Praktiskt_rad_nr_20_Bordighet.pdf). (hämtad 2022-11-11).
- Helsingborgs stad, Biologiska kolsänkor i Helsingborg, 2021-05-14 <https://helsingborg.se/wp-content/uploads/2021/05/biologiska-kolsankor.pdf> (hämtad 2022-10-10)
- Hushållningssällskapet, Kolsänkerätter med biokol, 2021-08-21, <https://hushallningssallskapet.se/?projekt=kolsankratter-med-biokol> (hämtad 2022-09-15)

- IPCC (2006). [2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories — IPCC](#)
- Jordbruksverket 2011. [Jordbruket i siffror åren 1866-2007](#). (nov 2022)
- Jordbruksverket. Stöd till lantbrukare och verksamma på landsbygden. <https://jordbruksverket.se/stod> (hämtad 22-11-09)
- Jordbruksverket. Stöd för investeringar inom jordbruk, trädgård och rennärning. <https://jordbruksverket.se/stod/lantbruk-skogsbruk-och-tradgard/> (Hämtad 22-11-09).
- Jordbruksverket. Jordbruksmarkens användning 2020. 2021-02-03. Slutlig statistik. <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2021-02-03-jordbruksmarkens-anvandning-2020.-slutlig-statistik#h-Ovrigavaxtslag> (hämtad 2022-11-10)
- Jordbruksverket. Jordbruksmarkens användning 2021. Preliminär statistik. 2021-05-20. <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2021-05-20-jordbruksmarkens-anvandning-2021.-preliminar-statistik> (hämtad 2022-11-10).
- Lantmännen (2021) Rapport Framtidens jordbruk. [framtidens jordbruk_webb_SV.pdf \(lantmannen.se\)](#)
- Lundens Gård. <https://www.lundenseko.se/> (hämtad 2022-11-10).
- Markinventeringen: Miljöövervakning av skogsmark och andra naturmarker <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/markinventeringen/> (hämtad 2021-11-11)
- Miljöförvaltningens gemensamma webbtjänst, Näringsurlakningen under kontroll (RaHa) – Erfarenheter från jordbrukarnas åkrar, 2013-10-21, https://www.ymparisto.fi/sv-FI/Naringsurlakningen_under_kontroll/Observationsforsok (hämtad: 2022-11-10)
- Naturvårdsverket, Biokol en viktig resurs för omställning, <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/klimatkli-vet/biokol-ar-en-viktig-resurs-for-omstallning/> (hämtad 2022-10-03)
- Naturvårdsverket 2022. www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/samhallsplanering/
- PaperProvince, NärSkog 2 gör brukets rester till gödningsmedel. <https://paperprovince.com/projekt/narskog/> (hämtat 2022-09-26)
- Puro Earth. <https://puro.earth/> (hämtad 2022-10-10)
- REGENFARMER. RegenWorks-Agroforestry Farm Management and Analytics Software. <https://regenfarmer.com/software/> (hämtad 2022-11-10).

- Satellitdata för att förenkla miljöövervakning (SENSE). 2022-04-05.
<https://www.ivl.se/vart-erbjudande/forskning/miljodata/satellitdata-for-att-forenkla-miljoovervakning.html> (hämtad 2022-11-11)
- SITES Agroekologiska Fältexperiment (SAFE). 2021-09-28.
<https://www.slu.se/institutioner/biosystem-teknologi/forsoksanlaggningar/sites-lonnstorp-research-station/sites-agroekologiska-faltexperiment-safe/> (hämtad 2022-11-10).
- Sveriges miljömål. [Anlagda eller hydrologiskt restaurerade våtmarker - Sveriges miljömål \(sverigesmiljomal.se\)](https://www.sverigesmiljomal.se) (nov 2022)
- Sveriges miljömål. [Hydrologisk restaurering av torvmarker - Sveriges miljömål \(sverigesmiljomal.se\)](https://www.sverigesmiljomal.se) (nov 2022)
- The Biochar Journal, The use of biochar as building material, 2014-05-12,
<https://www.biochar-journal.org/en/ct/3-The-use-of-biochar-as-building-material-> (hämtad: 2022-10-10)
- The Biochar Journal, Planting Urban Trees with Biochar, 2016-04-16,
<https://www.biochar-journal.org/en/ct/77-Planting-Urban-Trees-with-Biochar> (hämtad 2022-10-19)
- Verra. Verified carbon standard. <https://verra.org/programs/verified-carbon-standard/> (Hämtad 2022-11-09)
- Wesström I., och Abraham, J. (2019). Bevattning av vall och majs (presentation). 2019-12-11. https://www.slu.se/globalassets/ew/org/andra-enh/ltv/partnerskap-alnarp/motesplatser/dokumentation/seminarier-och-evenemang/2019/vaxjo-mote/26-bevattning_vall_vaxjo2019.pdf (hämtad 2022-11-11)

Bilagor

Bilaga 1: Beskrivning av olika stöd- och incitamentsverktyg för återvätning

I nuläget finns ett antal olika ekonomiska stöd som kan användas för återvätning och som administreras av olika myndigheter. En översikt av dessa ges här:

LONA

Inom ramen för den Lokala naturvårdssatsningen (LONA) kan kommuner söka stöd för att anlägga nya eller restaurera befintliga våtmarker. De våtmarksprojekt som kan få stöd är de som restaurerar eller anlägger våtmarker i syfte att stärka landskapets egen förmåga att hålla kvar och balansera vattenflöden, eller öka tillskottet till grundvattnet för att till exempel bidra till förutsättningar för en förbättrad vattenförsörjning. Men också projekt som kan leda till en minskning av växthusgasutsläpp från dikade torvmarker och en förbättring för biologisk mångfald och rekreation. Sedan 2018 har det funnits en egen våtmarkskategori inom LONA och våtmarksprojekt har ersatts med 90 procent av kostnaderna till skillnad från övriga LONA-projekt som ersatts med 50 procent av kostnaderna. Mellan 2019 och 2021 har stöd beviljats till 418 projekt. Stöd kan ges för både jordbruks- och skogsmark. Totalt har 47 hektar våtmark skapats på torvmarker mellan 2018 och 2021.

LOVA

Våtmarksbidragen inom LOVA syftar till att förbättra vattenmiljön, huvudsakligen genom att minska övergödningen. Våtmarksåtgärder som leder till minskade näringsutsläpp eller förbättrad ekologisk status har kunnat få stöd. Medel inom LOVA fördelas av länsstyrelserna och har kunnat sökas av kommuner, ideella föreningar samt icke vinstdrivande bolag och ekonomiska föreningar. Det har även varit möjligt för enskilda privatpersoner att söka LOVA-medel i samarbete med kommuner och för länsstyrelserna att söka egna LOVA-medel. Totalt har 10 hektar våtmark skapats på torvmarker mellan 2018 och 2021.

Landsbygdsprogrammet (LBP)

Inom LBP har miljöinvesteringsstöd kunnat sökas för restaurering och anläggning av våtmarker och dammar i jordbrukslandskapet. Stödet har haft två fokusområden, att gynna biologisk mångfald samt att förbättra vattenkvalitén. Miljöinvesteringsstödet har framför allt sökts av privata markägare, men har även kunnat sökas av kommuner och vattenråd. Totalt har 62 hektar våtmark skapats på torvmarker mellan 2018 och 2021. Ett problem

med stöden i dagens LBP är att kostnader ersätts först efter att de uppstått vilket gör att sökanden behöver ligga ute med pengar.

Åtgärder inom skyddade områden

Av regeringens våtmarkssatsning omfattar den största delen stöd till åtgärder inom skyddade områden och inom åtgärdsprogrammet. Regeringens våtmarkssatsning omfattar totalt 325 miljoner kronor för 2022. Av de 325 miljonerna är högst 250 miljoner avsatta för länsstyrelsernas åtgärder i skyddade områden och åtgärdsprogrammen för hotade arter och naturtyper (ÅGP). Totalt har ca 2 500 hektar våtmark skapats på torvmarker mellan 2018 och 2021.

Vidare har andra medel använts till ytterligare andra stödformer som räknas upp och vars bidrag till våtmarksrestaurering visas i tabell A nedan från redovisningen av Myllrande våtmarker.

Tabell A. Areal torvmark som restaurerats hydrologiskt 2018–2020. Data från indikatoruppföljning inom miljömålet Myllrande våtmarker, Naturvårdsverket, hektar

	2018	2019	2020	2021
Skyddade områden	543	142	919	884
LONA	0	0	7	40
LOVA	0	0	0	10
LBP	22	30	2	8
LIFE, NOKÅS, övrigt*	59	86	15	0
Totalt	623	258	944	943

* Skötselmedel, SÅP, ÅGP, Skogens miljövärden

Skogsstyrelsens återvätningsavtal

Återvätningsavtal syftar till att genomföra återvätning i större skala på så kallad produktionsmark – ej skyddad mark, där huvuddelen av objektspotentialen finns. Denna återvätningsverksamhet är den första som syftar till att nå en hög grad av kostnadseffektivitet med avseende på klimatnytta. Det innebär att objekt med sydligare klimat, högre bördighet och tjockare lager torrlagd torv, gärna före detta jordbruksmark, ges hög prioritet (jfr avsnitt om återvätnings klimatnytta).

Återvätningsavtal är juridiskt sett en form av naturvårdsavtal. De skrivs in i Lantmäteriets fastighetsregister och följer fastigheten vid ägarbyte. Avtalen löper på 50 år.

Avtalen ger Skogsstyrelsen rätt att plugga diken inom avtalsytan. Skogsstyrelsen är härigenom verksamhetsutövare och således ansvarig för att åtgärden planeras och utförs i enlighet med gällande regler. Avtalsytan avgränsas till den areal som bedöms få grundvattennivån närmare marken än 30 cm

under längre perioder under växtsäsongen och som därmed potentiellt påverkas genom lägre tillväxt. Sänkningen har bedömts kunna vara 1-2 kubikmeter per år och hektar i genomsnitt.²⁷⁷

Återvätningsavtal skrivs inte för marker som lyder under markavvattningsföretag (dikningsföretag), där naturvärdena som är kopplade till skogen är för höga, där det finns vägar eller annan infrastruktur som kan ta skada av grundvattenhöjningen eller där en grannfastighet påverkas - såvida inte grannen också är intresserad av ett eget avtal.

Avtalen är frivilliga för båda parter och kan sägas upp av markägaren mot att den andel av ersättningen som motsvarar återstoden av avtalstiden återbetalas. Föryngringsplikten är struken då det inte fungerar att markbereda en avverkad och sedan återvätt yta. Det är dock troligt att självföryngringen kan bli god i många fall. Om ägaren av marken vill avverka längre fram i tiden kommer det sannolikt att fungera bäst med hyggesfritt brukande.

Ersättningen är satt utifrån det bedömda nuvärdet av den skattade ekonomiska förlust en representativ markägare kan göra till följd av avtalet. Ersättningen är därför högre ju högre bördighetsklass marken har. Det finns emellertid svårbedömda faktorer som påverkar hur stor förlusten blir för en viss markägare, till exempel hur väl det skulle ha fungerat att dikesrensa på den aktuella marken eller hur bra det kommer att fungera att avverka och transportera ut gallrat virke från ytan i framtiden. För certifierade markägare kan förlusten i vissa fall bli liten eller ingen. Ersättningen till markägaren för B-avtal är drygt hälften av vad den är för A-avtal.

Skogsstyrelsen är verksamhetsutövare och står för planering, kontakter med andra myndigheter, planering och beställning av dikespluggningen. Den mesta pluggningen kommer att göras med grävmaskin. I en del fall där diken är små och objekten ligger så till att de är svåra att nå med grävmaskin kan manuell pluggning vara mer rationellt.

Ett fungerande uppsökande arbetssätt har nu utvecklats som verkar kunna hitta tillräckligt många intresserade markägare med lämpliga objekt för avtal. Under uppstartsperioden hösten 2021 och hittills under 2022 har drygt 60 avtal skrivits som täcker ca 190 hektar torvmark, varav närmare 60 hektar är B-avtal. Själva pluggningen ligger i en senare del av processen med i genomsnitt ca ett års eftersläpning. Närmare 20 hektar av arealen under återvätningsavtal har pluggats hittills.

²⁷⁷ Skogsstyrelsen 2021. Klimatpåverkan från dikad torvtäckt skogsmark – effekter av dikesunderhåll och återvätning. Kunskapsammanställning och analys. Rapport 2021/7.

Bilaga 2: Kartanalys av förekomst av hinder mot återvätning

En GIS-analys gjordes i syfte att undersöka hur dikeslängden på torvmark fördelar sig på återvättningsbara diken respektive diken med olika praktiska och ekonomiska hinder mot återvätning (enligt Skogsstyrelsens nuvarande koncept för återvättningsavtal).

Nära 100 stycken 36 hektar stora ytor fördelade i ett objektivt utlagt rutnät över södra Sverige upp till linjen Norrtälje – Arvika undersöktes med avseende på hur antalet meter diken på torvmark (enligt SGU) fördelade sig på följande typer:

- diken med för hög vattenföring (avrinningsområdet över 40 hektar i SV Sverige och 50 hektar i övriga landet),
- diken på impediment (om uppenbart på flygbilden – skoglöst på ”impedimentvis”),
- diken med för stark lutning eller på för små objekt (med hänsyn till det dikade området även utanför 36 ha-rutan),
- diken där pluggning skulle medföra återvätning av område inom 80 meter från boningshus eller sommarstuga där inte annan våtmark finns inom 300 meter (myggrisken, osäkert hur det fungerar men ändå) eller påverka ett kultur- eller fornminne negativt,
- diken där återvätning inte kan göras alls utan att en grannfastighet påverkas (mindre än fem decimeters höjdskillnad),
- diken där pluggning skulle påverka vägar (eller annan infrastruktur), och slutligen,
- ”återvättningsbara” diken på skogsmark, respektive
- ”återvättningsbara” diken på jordbruksmark.

Analysen gjordes med hjälp av det GIS-verktyg som utvecklats för Skogsstyrelsens återvättningsverksamhet och som samlar flygbilder, fastighetsdata, kartskikt från en laserskanning, information om markavvattningsföretag för de flesta län, ett markfuktighetsskikt som underlättar skattning av avrinningsområdets storlek, SLU:s dikesscanning, med mera. De diken som kunde urskiljas antingen på ett laserdataskikt eller på en flygbild inkluderades.

Dikena testades mot hindren i nämnd ordning och ”togs undan” från fortsatt analys om det motsvarade kriterierna i en klass. Om ett dike hade för hög vattenföring undersöktes inte om det också fanns ett dikningsföretag.

Om en del av ytan täckte hav räknades rutans areal ned i motsvarande grad. Hela det analyserade området täckte 3484 hektar. För de "återvätningsbara"²⁷⁸ dikena på skogsmark gjordes en grov skattning av vilket påverkansområde en återvätning skulle få. Därigenom kunde en grov skattning av "återvätningsbar" totalareal på skogsmark också göras för södra Sverige.

Resultatet visas i tabell 1. En grov skattning av den areal som skulle påverkas av återvätning på den "återvätningsbara" skogsmarken hamnade på 1,2 procent av den analyserade arealen, dvs ca 170 000 hektar i denna del av landet. Både för jordbruksmark och skogsmark tillkommer sedan andra hinder (se 4.2). Å andra sidan kan flera av hindren undanröjas på olika sätt.

Tabell 1. Andel av sammanlagd dikeslängd på torvmark i olika kategorier utifrån deras lämplighet för återvätning - i Götaland o Svealand söder om linjen Arvika-Norrtälje (ca 100 ytor á 36 ha)

Hinder	% av dikeslängd
För hög vattenföring (rätade naturliga vattendrag)	14
Impediment	4
För stark lutning/för små områden	7
Markavvattningsföretag	2
Återvätning kan skada väg (mest vägdiken)	12
Återvätning påverkar mer än en fastighet, skogsmark	5
Återvätning påverkar mer än en fastighet, jordbruksmark	6
Återvätningsbar torvmark*, skogsmark	47
Återvätningsbar torvmark*, jordbruksmark	3
Summa	100

*Återvätningsbar utifrån kartanalysen (visar t.ex. inte beståndsålder)

Observera att osäkerheten är hög till följd av att den sammanlagda analyserade arealen var liten. En förtätning av rutnätet med "provvytor" skulle öka säkerheten i tabellens siffror. Ju lägre siffra, desto större är den relativa osäkerheten. Analysen indikerar att över hälften av den tekniska potentialen för jordbruksmark försvinner om man inte kan inkludera fler än en markägare i återvätningsprojekten.

De nämnda hindren - markavvattningsföretag, att granssamverkan krävs eller vattenföringen i diket är hög, osv - sätter inte någon absolut gräns för möjligheten att återväta. Det är helt enkelt faktorer som idag ökar handläggnings- och/eller pluggningskostnaden påtagligt.

På skogsmarken återstår ca hälften av arealen efter att objekt med dessa hinder undvikits.

²⁷⁸ Med Skogsstyrelsens nuvarande koncept och avgränsningar för områden lämpade för återvätningsavtal

Bilaga 3: Agroforestry

I denna bilaga finns ett avsnitt om etablering av agroforestrysystem, ett med kompletterande information om några av typfallen samt en sammanfattning av medskick och lärdomar från dialog med olika aktörer.

Etablering av agroforestrysystem

Här sammanfattar vi hur etablering av agroforestrysystem kan gå till och vilka typer av kostnader som främst är förknippade med etablering och skötsel. En rekommendation är att introduktion av vedartad vegetation bör ske i dessa olika steg²⁷⁹.

1. Skapa målbild och skaffa kunskap om för- och nackdelar med olika system
2. Analysera platsens förutsättningar och val av vedartade växter
3. Välja plantor: kvalitet, pris, antal samt planteringsmönster
4. Förbereda marken och genomföra plantering
5. Skydd av plantor mot skador från vilt och betesdjur
6. Bevattning i anläggningsfas och de första åren
7. Underhålla planteringar: skydd, ogräsbekämpning, marktäckning och beskärning

Samtliga steg är förknippade med någon form av kostnad för lantbrukaren, antingen i form av tid för kunskapsinhämtning eller direkt kostnader. I platsens förutsättningar ingår även tillgång på lager och försäljningsmöjligheter.

Träd som ska växa upp kan vara naturligt föryngrade eller köpta plantor, det förra ger en lägre kostnad än om träd ska köpas in och planteras. Vissa sorter kan vara mer eller mindre svåra att få tag på i önskad omfattning, särskilt om efterfrågan är hög. Olika utmaningar för plantproduktion av de snabbväxande trädslagen poppel och hybridasp är till exempel att upprätthålla moderhäckar när efterfrågan är ojämn. Kostnader för plantor varierar beroende på storlek, härkomst och om det är täck- eller barrot. Gran- och tallplantor kan kosta från 4 kr/styck exklusive moms, lövträd är ett par kronor dyrare upp till cirka 12 kr/styck för hybridasp²⁸⁰.

När det gäller vilka fruktträd saknas kunskap i Sverige om vilka grundstammar och sorter som är lämpliga för agroforestry. Det saknas även generell kunskap om fruktodling norr om Skåne. I intensiva fruktodlingar med cirka

²⁷⁹ Bearbetat från AGFORWARD. Best practice leaflets. <https://www.agforward.eu/best-practices-leaflets.html> (hämtad 2022-11-10).

²⁸⁰ Plantprislista 2022. Södra.

2600-3000 träd per hektar måste träden vara uppbundna och ha droppbevattning samt rotbeskäras. I alléodling eller andra agroforestrysystem kan det vara lämpligt med något mer starkväxande grundstammar, därför att det är mer extensiva system. Det beror på att träden blir mer utsatta för vind och oftast binds inte varje träd upp.

I Sverige finns i princip inte produktion av plantor till yrkesodling av frukt. Det finns varken tillräcklig kvantitet eller rätt kvalitet på plantmaterialet. Oftast går odlare och lantbrukare ihop och beställer tillsammans via en producentförening eller återförsäljare från exempelvis Nederländerna, Belgien, Polen eller Finland. Kostnad för äpple som är 2,5 år är 5-7 euro/träd och päron som är 3,5 år är 9 euro. I kostnaden ingår grundstam, ympning av sort, eventuell licens för grundstam respektive sort samt kylleverans av barrotad planta²⁸¹.

Behov av dränering och bevattning är detsamma som för intensiv fruktodling. Dränering är nödvändig då fruktträd inte klarar stående vatten i markprofilen någon längre period. Bevattning är nödvändig under etableringsfasen och vid torkperioder. Det går dessutom inte att få tillräckligt bra kvalitet på frukten utan bevattning. Därför går det att utgå ifrån kostnadskalkyler för äppelodling för de fasta kostnaderna²⁸² men minska antalet träd per hektar. Fruktträdens rötter riskerar inte växa in i dräneringssystemet, men salix och kanske också björk och al gör det. Då är det bättre med öppna diken. Ofta behövs en barriär som hindrar oönskad vegetation runt planteringarna, till exempel täckning med nedbrytbar plast eller papp eller möjlighet att röja eller harva bort oönskad vegetation under träden.

Aktiv plantering på betesmarker med miljöersättning är ovanligt, men kan förekomma där markförvaltare särskilt vill ha upp ett visst trädslag. Aktiva trädplanteringar eller ökning av antalet träd i betesmarker är i första hand lämpliga på större betesmarker då de leder till en mindre kostnadsökning per djur än i en mindre betesfälla²⁸³.

Planterade träd behöver i de flesta fall skyddas mot skador av tramp, bete och fejning från både vilda och tama djur. Skydd kan vara att hägna hela eller delar av ett fält eller bete, vilket kan vara ett alternativ vid alléodling eller om man kan få upp föryngring i ett område i en betesmark. Det går också att hägna in varje rad i en alléodling eller kantzonsodling eller varje individuellt träd. Skyddsplantering är också möjligt vilket innebär att taggiga eller mindre smakliga buskar planteras runt de träd man vill skydda, slån och havtorn kan ha den funktionen. Ett alternativ till att hägna är att vänta med att släppa djuren på marken eller använda medel som gör att djuren ratar

²⁸¹ Charlott Sommarin, Ordförande i producentföreningen Sörmlandsäpplen

²⁸² Ekonomi i fruktodling. Kalkyler för äpple. Jordbruksinformation 5 – 2010 Reviderad februari 2013.

²⁸³ Kumm, K-I. 2022. Stora betesmarker med växande träd för ekonomiskt och klimatmässigt hållbar köttproduktion. SLU, Inst f husdjurens miljö och hälsa, Avd f produktionssystem. Rapport 59.

plantan. Båda dessa metoder innebär att djuren inte kan släppas på betet förän träden nått en viss storlek, vilket innebär en minskad betesareal för djuren under de åren.

Kostnader för att skydda träden varierar beroende på metod och antal träd man vill skydda. Metoderna är olika säkra. Förutom större djur som kan trampa och feja sönder träden kan även gnagare vara ett problem, de kan gnaga på både rötter och stam. Högt nätstängsel runt hela områden där träd ska skyddas kan kosta upp emot 200 kr/löpmeter, ett enklare flyttbart elstängsel är betydligt billigare men ger sämre skydd.

Kommentarer till några av typfallen

Bevara och förstärka träd- och buskskikt i befintliga naturbetesmarker som sköts med betesdjur

Experter vi samtalat med under uppdraget²⁸⁴ lyfter den pedagogiska utmaningen som det innebär att prata om att öka antalet träd i naturbetesmarker. Detta har med förändringar av och regler för jordbrukarstöd att göra. Nu finns inga regler längre som pekar ut hur många träd i antal det maximalt får finnas i en betesmark för att den ska få stöd, men tidigare inventeringar och trädräkningar som ledde till att träd togs bort för att passa i stödsystemet har gjort att det kan bli svårt att förklara att antal träd ska öka. År 2008 begränsades antal träd till 50 per hektar, och uppföljning av detta visade att kraftiga röjningar av trädklädda betesmarker ökade i samband med detta²⁸⁵. Den samlade bedömningen var att röjningarna varit övervägande negativa för naturvärdena och något positiva för kulturmiljövärdena. Reglerna har förändrats sedan dess och under programperioden 2015-2022 har reglerna i stället fokuserat på foder som markerna produceras och räknat bort areal som inte producerat tillräckligt.

I betesmarker med träd och buskar behöver lantbrukare även förhålla sig till begrepp som igenväxning, fodervärde och bortritad areal där samtliga kan leda till att lantbrukare plockar bort träd och buskar, även i de fall det inte egentligen behövs på grund av stödreglerna. Det har också funnits stöd för att restaurera eller röja betesmark^{286,287} som till stor del har gått ut på att ta bort träd och buskar. Det har alltså funnits olika incitament i stödsystemet för att minska antalet träd i betesmarkerna. Därför tror vi att en diskussion om fler träd i betesmarkerna innebär en pedagogisk utmaning, även om det

²⁸⁴ Workshop 10 december 2021: Deltagare från SLU, Naturbeteskött i Sverige, WWF, Biosfärområde Östra Vätterbranterna, Naturvårdsverket, LRF, lantbrukare samt Föreningen Agroforestry Sverige.

²⁸⁵ Jordbruksverket (2010). Nya regler kring träd och buskar i betesmarker – hur påverkas miljön genom förändrade röjningar? Rapport 2010:8.

²⁸⁶ Jordbruksverket (2022). Restaurerade betesmarker och slätterängar. En uppföljning av marker som restaurerades med stöd från landsbygdsprogrammet 2000–2013. Uppföljningsrapport 2022:2.

²⁸⁷ Jordbruksverket (2020). Restaurering och engångsröjning av betesmarker och slätterängar. En uppföljning av stöd inom landsbygdsprogrammet 2014–2020 baserad på uppgifter fram till och med augusti 2019. Uppföljningsrapport 2020:2.

inte behöver vara samma träd eller samma marker som diskussionen handlar om.

Tidigare gräns med 50 träd per hektar kan ses som en gräns där man kan uppskatta att trädäckning påverkar foderproduktion i sådan omfattning att det leder till konsekvenser i jordbrukarstöden. Det finns cirka 200 000 hektar mark som sköts med allmän skötsel²⁸⁸ inom miljöersättningen för betesmarker och slätterängar. Vi har inte haft möjlighet att få fram hur stor andel av denna mark som har förutsättning för naturlig föryngring utan att det påtagligt påverkar markvegetation.

Träd, buskar och djur på åkermark

Det är möjligt att använda grisar och höns i dessa system, men omfattningen i areal är liten. Som exempel för att bedöma potential för dessa system kan man utgå från den areal som suggor och slaktsvin i ekologisk produktion ska ha tillgång till (utifrån KRAV:s regler). Detta är uppskattningsvis 2 400 hektar i Sverige idag. Det finns exempel där grisar kombineras med energiskog på åkermark och detta kan vara aktuellt för en del av arealen med utegrisar. Motsvarande exempel för höns kan utgå från att det i rastgårdar för ekologiska höns, som ska ha tillgång till utevistelse, finns krav på att det ska finnas växtlighet som buskar och träd spridda i rastgården. Uppskattningsvis ska samtliga ekologiska höns i Sverige ha tillgång till cirka 600 hektar i rastgårdar. Ytterligare ett par procent är utgångshöns men med mindre krav på rastgården. Grönbetesagg är ett begrepp som innebär att hönsen har tillgång till gräs och att hönsen flyttas kontinuerligt mellan olika områden att beta. Detta bete kan vara under eller mellan fruktträd.

Alléodling

Eftersom äppelträd inte finns med i den modell som användes för att göra beräkningarna har detta system inte beräknats i det PM som tagits fram (bilaga x). Vi har inte heller hittat någon annan källa på kolinlagring i svenska äppelodlingar. I italienska fältförsök har man beräknat kolinlagring i äppelodling (ej agroforestrysystem) till cirka 3 ton CO₂ per hektar och år²⁸⁹. Denna siffra kan skilja sig från Sverige, men en gemensam aspekt är att en stor del av kolet förs bort vid skörd av äpplena. Hög skörd (74 ton per hektar) var till och med kopplat till att odlingen blev en kolkälla något år i de italienska försöken²³. I Sverige kan man räkna med en skörd på 40 ton per hektar i konventionell odling²⁹⁰. De vegetativa delarna är viktiga för kolinlagringen. Mer vegetativ tillväxt och exempelvis kraftigare grundstammar

²⁸⁸ Inom miljöersättningen för betesmarker och slätterängar finns olika nivåer på ersättningen beroende på markens värden och på hur lantbrukaren vill sköta marken. Marker kan ha enklare ”allmänna värden” eller högre natur- och kulturmiljövärden, vilket kallas ”särskilda värden”. Markerna kan skötas på ett enklare sätt, med ”allmän skötsel” eller med högre krav, ”särskild skötsel”.

²⁸⁹ Zanotelli, D., Vendrame, N., López-Bernal, A., & Caruso, G. (2018). Carbon sequestration in orchards and vineyards. *Italus Hortus*, 25(3), 13-28.

²⁹⁰ Ekonomi i fruktodling. Kalkyler för äpple. Jordbruksinformation 5 – 2010 Reviderad februari 2013

skulle kunna vara ett sätt att få högre kolinlagring i systemet²⁹¹ och det borde även kunna gälla svenska förhållanden.

Scenarier och typfall

Tabell 2. Beskrivning av de olika scenarier samt vilka system som de kan kopplas till. X markerar det scenario vi valt att använda, (X) visar samtliga system som scenariot kan användas för vid uppskattning av effekt.

Scenario	System med träd, buskar och djur			System med träd, buskar och odling	
	Betesmark	Åkermark	Betes- och skogsmosaiker	Alléodling	Kantzoning
A Södra Sverige. 250 stammar i 50 spridda trädgrupper/ha (1 ek + 4 björkar) 100 björkar skördas efter 40 år, ekarna blir evighetsträd.	X	(X)	X		
B Norra Sverige. 250 stammar i 50 spridda trädgrupper/ha (1 tall + 4 björkar) 100 björkar skördas efter 40 år, tallarna blir evighetsträd.	X	(X)	(X)		
C 150 granar i 30 spridda grupper/ha. Lämnas för fri utveckling	(X)	(X)	X		
D Naturligt föryngrad trädgård runt ytterkant röjd till motsvarande 200 utvecklingsbara stammar/ha betesmark, lövdominerad blandskog. Gallras till 100 stammar/ha efter 40 år.	(X)	(X)	X		X
F Vallodling med lövträd för senare bete mellan uppvuxna träd. 200 stammar/ha i dubbelrader med 3 m förband och korridorer för vallskörd mellan.		(X)	X	(X)	
G Snabbväxande lövträd i kortrotation. Täta rader (ca 1 m avstånd) och 20 m betesremсор mellan. 500-800 stammar/ha.		X	X	(X)	

²⁹¹ Zanotelli, D., Montagnani, L., Manca, G., Scandellari, F., & Tagliavini, M. (2015). Net ecosystem carbon balance of an apple orchard. *European Journal of Agronomy*, 63, 97-104.

Medskick till arbetet

I samband med detta regeringsuppdrag har Jordbruksverket ordnat två workshoppar om agroforestry, en med fokus på system på åkermark utan animalieproduktion och en i system med animalieproduktion där deltagarna fick möjlighet att ge inspel till arbetet med regeringsuppdraget²⁹².

Sammanfattning

- Naturbetesmarker, särskilt de med höga natur och kulturvärden ska inte ha fokus på träd som optimerar kolinlagring t.ex. trädslag för energiskog.
- Viktigt med kunskap och diskussion kring hur man föryngrar träd i naturbetesmarker, i många betesmarker ersätts inte de gamla träden.
- Fokusera på kommunikation kring hur olika ekosystemtjänster kan kombineras, eller blandbruk, snarare än att antal träd ska öka.
- Bör finnas potential i stubbskottsängar och hamling om man hittar lönsamma sätt att ta tillvara veden.
- Agroforestry har många olika fördelar beroende på sorter och system, kvävefixering, landskapsbild, erosionskydd, livsmiljöer för nyttodjur, ta upp föroreningar etcetera.
- Finns möjligheter att mer träd ger fler ekosystemtjänster och bidrar positivt till biologisk mångfald, men en ökning av antalet träd i naturbetesmarker får inte ske på bekostnad av biologisk mångfald.
- Stödsystem får inte fokusera på öka antalet träd utan även på att behålla befintliga system med träd och betesdjur.
- På våra breddgrader skuggar träd och buskar nästan alltid andra grödor vilket kan upplevas som negativt.
- Svårt att mäta ökad kolinlagring. Kolinlagring kan dessutom skilja mycket från fall till fall. För kolinlagring är större träd viktigt, främst för virkes- eller energiproduktion. Det kan bli komplicerat att beräkna kolinlagring när man blandar många olika arter, det måste lösas med schabloner.
- Finns andra platser i odlingslandskapet än just jordbruksmark där fler träd kan planteras t.ex. längs med vägar, områden som är svårskötta eller lågproducerade som jordbruksmark.

²⁹² 29 oktober 2021: Deltagare från Föreningen Agroforestry Sverige, Naturbruk Angereds gård, SLU samt Permakultur Stjärnsund. 10 december 2021: Deltagare från SLU, Naturbeteskött i Sverige, WWF, Biosfärområde Östra Vätterbranterna, Naturvårdsverket, LRF, lantbrukare samt Föreningen Agroforestry Sverige.

- Praktiska utmaningar kring att etablera träd, framför allt lövträd i betesmarker, på grund av skaderisk. Detta är ett område där det behövs mer praktisk forskning.
- Agroforestry behöver anpassas på gårdsnivå och platsens förutsättningar och därför finns en risk med att prata om typfall.
- Det finns mycket lämplig mark för att skapa betesmosaiker i stora fällor.
- Agroforestry kan ge en större produktion per hektar än trädlös betesmark och skogsplantering var för sig.
- Alléodling eller kantzonodling bör ha potential, då växtföljd kan fortsätta ”som vanligt” mellan trädrader.
- Agroforestry kan bidra till att öka produktion av frukt och bär i Sverige, det bör finnas en potential på extensivt betade vallar.
- Lämpligt att stimulera mer fruktodling i områden som historiskt haft mer fruktodling t.ex. Mälardalen.
- Fruktträd är sannolikt med lönsamt att föra in, äpple sannolikt mest säkert då det finns mest kunskap.
- Nötodlingen i Sverige bör kunna öka genom agroforestrysystem.
- Agroforestry kräver mer kompetens och det är en utmaning att få lönsamhet i både det som växer i trädraderna och emellan. Störst potential finns i att hitta enkla system som kan tillämpas i större skala.
- Tillgång på plantmaterial och rätt genetiskt material för att kunna skala upp är en utmaning.
- Lokalanpassade och lättföroökade träd och buskar bör vara att föredra vid kantzonodlingar.
- En utmaning för lantbrukaren är att nå ut med varorna till kundkrets som efterfrågar dem. Frukt, bär och nötter som produceras i Sverige är efterfrågade.

Den 6-8 oktober 2022 deltog Jordbruksverket i Agroforestrykonferensen 2022²⁹³. På ett diskussionspass utgick vi från frågor om vilken potential agroforestry på jordbruksmark har i Sverige samt vad Jordbruksverket kan göra.

²⁹³ Agroforestry 2022. <https://agroforestry.se/konferens-2022/> (hämtad 2022-11-10).

Sammanfattning

- Det behövs en genomgång av olika regler för att veta vad som gäller t.ex. jordbrukarstöd och gränsdragningar mellan jordbruksmark och skogsmark.
- Det behövs någon form av handbok för lämpliga system.
- Det finns ett behov av en kunskapssammanställning.
- Fördjupande analys behövs av lantbrukares behov för att etablera och sköta agroforestrysystem men också för att förstå vilka nackdelar man ser och varför man inte kan tänka sig agroforestry.
- Gemensamma informationsmaterial från t.ex. föreningen Agroforestry Sverige och Jordbruksverket om exempelvis möjligheter i stödsystemen vore önskvärt. Viktigt att information kommer från Jordbruksverket, ett ”erkännande”. Det är viktigt med tydlig information om vad som gäller.
- Nyttja forskning och erfarenheter från andra länder, det behövs utbildning från länder som redan använder systemen.
- Vissa av systemen är dock inte nya i Sverige utan utgör gamla traditioner.
- Behov av att öka kunskapen kring vilken skala som är lämplig för agroforestrysystem.
- Utbildning av rådgivare.
- Det behövs nya modeller och företagsformer för att ge möjligheter till olika aktörer att hantera olika delar i de komplexa agroforestrysystemen, exempelvis för att hyra in sig på mark. Modellerna behöver vara långsiktiga eftersom träden är det.
- Angående effekten av ett stöd till agroforestry kan man dra paralleller till hur ekologisk produktion ökade när det kom stöd för det.
- Fokuset bör vara på hur mycket mark som *behöver* ställas om, inte hur mycket som *kan* ställas om. De produktionssystem som används borde hålla sig inom de planetära gränserna.

I denna rapport redovisar Skogsstyrelsen och Jordbruksverket ett regeringsuppdrag att strategiskt planera arbetet för ökad kolsänka. Uppdraget är inriktat på att minska avgången av växthusgaser från jord- och skogsbrukets organogena jordar och öka kolinlagringen i åker- och betesmark. Myndigheterna sammanfattar de regelverk och andra förutsättningar som ramar in frågan samt beskriver och analyserar ett urval av åtgärder inom uppdragets avgränsningar.