

# Markens potential som kolsänka

*En kartläggning av de nordiska ländernas arbete  
med inlagring och utsläpp av markbundet kol*



Denna rapport har, på uppdrag av Nordiska kommittén för jordbruk och matforskning (NKJ) och Samnordisk skogsforskning (SNS), tagits fram av AB Stelacon, under seniorkonsult Dr. Maria Tunbergs projektledning.

## Sammanfattning

Att öka kolinlagringen i marken föreslås vara en av de mest kostnadseffektiva klimatåtgärderna. En åtgärd som dessutom har positiv inverkan på aspekter som biologisk mångfald och miljö. Ämnet står därför högt på agendan i de nordiska länderna och en rad olika initiativ pågår, från utveckling av beräkningsmodeller och undersökningar av olika åtgärders effekter till mer övergripande kunskapssammanställningar och politiska målformuleringar.

För forskningen återstår en rad frågor att besvara, och politiskt påverkas ämnet av olika intressen. Detta skapar stora utmaningar men visar också på behovet att utveckla kunskapen om kol i mark, både från ett naturvetenskapligt och ett samhällsvetenskapligt perspektiv. De nordiska ländernas likartade marktyper och klimat, samt närliggande målformuleringar i klimatpolitiken, bedöms skapa goda förutsättningar för ett nordiskt samarbete om kol i mark.

Den här rapporten är en del i det uppdrag som Nordiska ministerrådet ålagt Nordiska kommittén för jordbruk och matforskning (NKJ). Uppdraget går ut på att

- utveckla kunskapen om, och identifiering av, åtgärder som kan bidra till ökad kolinlagring i jordbruksmark
- utveckla kunskapen om metoder för modellerings- och utsläppsberäkningar, inklusive kalibrering och validering, samt utveckling av databaser för modeller som kan visualisera koldioxidupptagning och utsläpp i nordisk jordbruksmark.

Rapportens syfte är att ge en tydlig bild av ämnet kol i mark i Norden, och mynnar ut i ett antal rekommendationer som grund för diskussioner inom NKJ och Samnordisk skogsforskning (SNS) om potentiella framtida satsningar på kol i mark.

## Innehåll

<b>1. Kolinlagring i mark – en avgörande del i klimatarbetet? .....</b>	<b>1</b>
1.1. Uppdraget: Utveckla kunskapen om marken som kolsänka.....	1
1.2. Metod för datainhämtning .....	1
1.3. Rapportens struktur .....	2
<b>2. Klimatförändringen och klimatpolitiken – vår tids största utmaningar?.....</b>	<b>2</b>
2.1. Klimatpolitik: Kyoto och Paris .....	3
2.2. Den internationella utsläppsrapporteringens struktur.....	3
2.3. Nordisk klimatpolitik – med fokus på kol i mark.....	4
<b>3. Marken som kolkälla och kolsänka .....</b>	<b>5</b>
3.1. Kolupptag och utsläpp i de nordiska länderna.....	5
3.2. Åtgärder för ökat kolupptag.....	6
3.2.1 Torvmark som återställs till våtmark.....	6
3.2.2 Plöjningsfri odling och reducerad jordbearbetning .....	7
3.2.3 Vallodling, skydds-zoner och fånggrödor .....	7
3.2.4 Tillförsel av organiskt material .....	7
3.2.5 Beskogning och skogsbruk .....	7
<b>4. Upptag och utsläpp av kol – en kartläggning av de nordiska ländernas arbete .....</b>	<b>8</b>
4.2 Ansvariga instanser i rapporteringen.....	8
4.2 Beräkningsmodeller .....	9
4.3 Datahantering .....	11
<b>5. Kol i mark – ett ämne i tiden.....</b>	<b>12</b>
5.1 Pågående initiativ – ett urval .....	12
5.2 Många frågor kvarstår – mer forskning behövs.....	13
5.3 Komplex policystruktur skapar utmaningar .....	14
5.4 Lättillgänglig information saknas .....	14
5.5 Förslag till områden för riktade satsningar .....	14
<b>Referenser.....</b>	<b>16</b>
<b>Bilaga 1. Rapporteringsstruktur .....</b>	<b>19</b>

# 1. Kolinlagring i mark – en avgörande del i klimatarbetet?

*Det här kapitlet beskriver ämnets relevans och det uppdrag som rapporten är en del av. Därefter kommenteras kort metoden för datainhämtning och rapportens struktur.*

Att öka kolinlagringen i marken föreslås vara en av de mest kostnadseffektiva klimatåtgärderna, en åtgärd som dessutom har positiv inverkan på aspekter så som biologisk mångfald och miljö.<sup>1</sup> Ämnet står därför högt på agendan i de nordiska länderna och en rad olika initiativ pågår – från utveckling av beräkningsmodeller och undersökningar av olika åtgärders effekter till mer övergripande kunskapssammanställningar. Kolinlagring i mark är dock en komplex fråga som kantas av flera olika utmaningar som dels är relaterade till policyfrågor, dels är av vetenskaplig karaktär.

## 1.1. Uppdraget: Utveckla kunskapen om marken som kolsänka

Under det nordiska ministermötet sommaren 2017 lyftes kol i åkermark fram som ett intressant område för framtida satsningar. Detta mynnade ut i ett tvådelat uppdrag åt Nordiska kommittén för jordbruk och matforskning (NKJ):

- kunskapsutveckling om, och identifiering av, åtgärder som kan bidra till ökad kolinlagring i jordbruksmark
- kunskapsutveckling om metoder för modellerings- och utsläppsberäkningar, inklusive kalibrering och validering, samt utveckling av databaser för modeller som kan visualisera koldioxidupptagning och utsläpp i nordisk jordbruksmark.

Under våren 2018 initierade NKJ:s sekretariat arbetet med en kartläggning av hur kol i åkermark hanteras i de nordiska länderna. Kartläggningen syftar till att skapa en tydlig bild av nuläget med fokus på rapporteringsstruktur, beräkningsmodeller och datahantering. Vidare syftar kartläggningen till att identifiera specifika områden eller frågor lämpliga för eventuella samarbeten och satsningar. Kartläggningen presenteras dels i denna rapport, dels i en informationsbroschyr. Under arbetets gång har NKJ:s och Samnordisk skogsforsknings (SNS) sekretariat beslutat att även inkludera skogsmark<sup>2</sup> i kartläggningen.

## 1.2. Metod för datainhämtning

En nordisk representation har eftersträvat i allt material som inhämtats för denna rapport. Sekundärkällor utgörs av rapporter, vetenskapliga artiklar, debattartiklar och informationsmaterial om ämnet kolinlagring i mark. Sekundärkällorna redogörs för i referenslistan. Primärkällor utgörs av intervjuer med sakkunniga. Svenska experter bistod med grundläggande kunskap om ämnet samt information om det internationella arbetet med kol, vilket resulterade i viss övervikt av svenska experter bland respondenterna. I arbetet med rapporten har dialog förts med en rad olika experter, både forskare och tjänstepersoner. I tabell 1 listas de experter som författaren varit i kontakt med upprepade gånger eller som varit särskilt viktiga för informationsinhämtningen. För att kvalitetssäkra

---

<sup>1</sup> Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet; Odlingsystemets effekt på mulldjup och kolinlagring i jordbruksmark; DN Debatt, "Regeringen och LRF inser inte jordbrukets klimatnytta".

<sup>2</sup> Med skogsmark avses i denna rapport det som i engelskan benämns Forest Land (biomass dead/alive + organic layer + mineral soil + dissolved organic carbon)

rapporten har den granskats av sakkunniga, det är dock författarna som är ansvariga för innehållet och därmed eventuella felaktigheter.

*Tabell 1. Experter som varit särskilt viktiga för informationsinhämtningen, listade i alfabetisk ordning*

<b>Ingeborg Callesen</b>	University of Copenhagen
<b>Jón Guðmundsson</b>	Agricultural University of Iceland
<b>Kristiina Regina</b>	Natural Resource Institute Finland
<b>Malin Kanth</b>	Swedish Environmental Protection Agency
<b>Mattias Lundblad</b>	Swedish University of Agricultural Sciences
<b>Steen Gyldenkærne</b>	Aarhus University
<b>Thomas Kätterer</b>	Swedish University of Agricultural Sciences
<b>Vilde Fluge Lillesund</b>	Norwegian Environment Agency

### **1.3. Rapportens struktur**

Rapportens inledande beskrivning av uppdrag och metod följs av kapitel 2 med fokus på klimatpolitik och utsläppsrapportering. Kapitel 3 innehåller en kortare beskrivning av mekanismerna bakom markens kolupptagningsförmåga. Kapitel 4 fokuserar på rapporteringsstrukturen, beräkningsmodeller och datahantering i respektive nordiskt land. I kapitel 5 diskuteras avslutningsvis pågående initiativ och framtidsfrågor.

## **2. Klimatförändringen och klimatpolitiken – vår tids största utmaningar?**

*Det här kapitlet fokuserar på de politiska och organisatoriska aspekterna av kolinlagning i och utsläpp från mark. En kortfattad beskrivning av den övergripande internationella klimatpolitiken följs av en mer detaljerad beskrivning av dess struktur med avseende på kol i mark. Därefter beskrivs kortfattat de olika nordiska ländernas klimatpolitik för kol i mark.*

Klimatförändringen är en av vår tids största utmaningar, och för att bevara jordklotets ekosystem och bromsa klimatförändringen krävs en omställning till ett mer hållbart brukande av jordens resurser.<sup>3</sup> En rad växthusgaser bidrar till negativ klimatpåverkan, varav de största utsläppen utgörs av koldioxid.<sup>4</sup> Dessa utsläpp uppstår framför allt vid antropogena aktiviteter, som förbränning av fossila bränslen, skogsavverkning och till viss del brukandet av marken. Beroende på typ av mark och markanvändningsmetod kan brukandet av marken dock medföra både utsläpp och upptag av kol.

---

<sup>3</sup> Naturvårdsverket, *Agenda 2030 och de globala hållbarhetsmålen*.

<sup>4</sup> Naturskyddsföreningen, *Faktablad: växthuseffekten*.

I arbetet med att minska den negativa klimatpåverkan står koldioxid i atmosfären ofta i centrum. Globalt sett innehåller dock markytan ungefär tre gånger så mycket kol som växterna ovan jord, och dubbelt så mycket som atmosfären.<sup>5</sup> Det gör att även små förändringar i markens kolbalans kan ha stor klimatpåverkan, vilket gör det till en intressant fråga i klimatkussionen.<sup>6</sup> Ett högre kolinnehåll i marken skapar även en ökad bördighet, som förväntas bidra till att möta framtidens efterfrågan på en ökad livsmedelsproduktion.<sup>7</sup>

## 2.1. Klimatpolitik: Kyoto och Paris

Under 1980-talet växte uppmärksamheten för klimatfrågan, och FN:s klimatpanel Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC bildades.<sup>8</sup> Med målet att skapa ett internationellt samarbete om klimatförändringen skapades ramkonventionen UNFCCC, som trädde i kraft 1994. Klimatkonventionens långsiktiga mål var att stabilisera halterna av växthusgaser i atmosfären för att förhindra en skadlig klimatförändring från att äga rum. Under 1995 startade förhandlingar för att stärka samarbetet och två år senare antogs Kyotoprotokollet. Genom protokollet specificerades utsläppsmål och åtagandeperioder för de utvecklade länderna. Kyotoprotokollets första åtagandeperiod varade 2008–2012 och den andra pågår 2013–2020.

Det senaste tillägget till konventionen utgörs av Parisavtalet, som förhandlades fram under hösten 2015 när världens länder enades om ett globalt klimatavtal. Avtalet skiljer sig från Kyotoprotokollet genom att det innehåller åtaganden för alla länder, inte bara för de rikaste. En central del av Parisavtalet är att hålla den globala uppvärmningen under två grader, och helst under 1,5 grader.<sup>9</sup> Utvecklingsländerna får ett fortsatt stöd, till exempel genom tekniköverföring och klimatfinansiering. Parisavtalet innehåller även ett anpassningsmål för att stärka ekosystemens motståndsförmåga och minska samhällets sårbarhet vid klimatförändringar.<sup>10</sup> Vart femte år kommer en global översyn att ske, och målet är att ländernas åtaganden och ambition ska kunna öka efter hand.

## 2.2. Den internationella utsläppsrapporeringens struktur

Enligt FN:s klimatkonvention och Kyotoprotokollet ska länderna årligen rapportera sina utsläpp av växthusgaser genom en nationell inventeringsrapport, *National Inventory Report NIR*. Inventeringsrapporten ska bland annat innehålla en sammanställning av nationella utsläpp och upptag av växthusgaser samt beskrivningar av metoderna som använts för att ta fram statistiken. Klimatkonventionen belyser vikten av kolsänkor och ställer krav på att de utvecklade länderna ska arbeta för att mildra klimatförändringarna genom att skydda kollager och förstärka kolsänkor.<sup>11</sup>

Som en del av klimatrapporteringen redovisas förändringen av kolförråd inom sektorn *Markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (Land Use, Land-Use Change and Forestry – LULUCF)*.<sup>12</sup> Förändringen av kolförråd rapporteras för de olika kategorierna: skogsmark, åkermark, betesmark, bebyggd mark, våtmark (torvproduktion), annan mark och

---

<sup>5</sup> Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet.

<sup>6</sup> How does tillage intensity affect soil organic carbon?; SR10 Hur påverkas organiskt kol i åkermark av intensiv jordbearbetning?; Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet.

<sup>7</sup> Regeringens skrivelse 2017/18:238 - En klimatstrategi för Sverige.

<sup>8</sup> National Inventory Report Sweden 2018; UN, History of the Convention.

<sup>9</sup> UN, The Paris Agreement; Naturvårdsverket, Parisavtalet.

<sup>10</sup> Svenska FN-förbundet, Klimatförhandlingar genom åren.

<sup>11</sup> Regeringens proposition 2008/09:162 - En sammanhållen klimat- och energipolitik.

<sup>12</sup> Naturvårdsverket, Utsläpp och upptag av växthusgaser från markanvändning. (LULUCF); National Inventory Report Sweden 2018.

avverkade träprodukter. Den årliga förändringen av kolförråd redovisas för tre olika områden, baserat på om förändringen av kol skett i levande biomassa, dött organiskt material eller markkol, som inkluderar mineraljord och torvmarker. Klimatrapporteringen innehåller alltså uppgifter för kolförrådet både ovan och under jord.

IPCC har klassificerat metoder för utsläppsberäkningar i tre olika nivåer, så kallade "tiers".<sup>13</sup> Klassificeringen baseras på mängden information som metoden kräver och graden av analytisk komplexitet i metoden (IPCC, 2003, 2006). Nivå 1, "Tier 1", är den enklaste nivån och utgörs av den så kallade "gain-loss method" som beskrivs i IPCC-riktlinjerna. Standardemissionsfaktorer används och andra parametrar tillhandahålls av IPCC. I nivå 2, "Tier 2", används generellt sett samma metod som i nivå 1 med den skillnaden att i stället för standardiserade emissionsfaktorer och andra parametrar så används data specifika för landet i fråga. Nivå 3, "Tier 3", innefattar mer avancerade modeller som är utvecklade, eller anpassade, för specifika regionala förhållanden. Genom att anta en metod på en högre nivå minskar i allmänhet osäkerheten i uppskattningarna av växthusgas, men är samtidigt behäftad med utmaningar. När komplexiteten i mätprocesser och analyser ökar, kan det leda till ökade kostnader och minskad transparens.

### 2.3. Nordisk klimatpolitik – med fokus på kol i mark

Klimatpolitiken drivs även nationellt i de nordiska länderna inom ramen för exempelvis klimatlagar och strategier som beskriver hur länderna ska arbeta för att nå klimatmålen.

I Danmark röstades en klimatlag igenom under 2014.<sup>14</sup> Lagen syftar till att skapa ett ramverk och en tydlig riktning för de danska klimatmålen. Ett övergripande mål är att ställa om till förnybar energi och att minska utsläppen från andra sektorer betydligt till år 2050. Enligt lagen ska även nationella utsläppsmål etableras årligen. I landets klimatpolicy från 2013 nämns att det finns positiva synergier mellan goda jordbruksmetoder, ökad bördighet och en ökad kolinlagring i marken.<sup>15</sup> Projekt som bland annat berör kolinlagring i jordbruksmark genomförs inom det danska *Rural Development Programme (RDP)*, med stöd från EU.<sup>16</sup>

Även Finland har en nationell klimatlag, som trädde i kraft 2015.<sup>17</sup> Den innehåller bland annat bestämmelser om planering och uppföljning av klimatmålen. Ett långsiktigt mål är att minska utsläppen av växthusgaser med minst 80 procent senast till 2050, jämfört med nivåerna 1990. Som en del av lagen godkändes 2017 en klimatpolitisk plan som beskriver metoder för att minska utsläppen inom olika sektorer.<sup>18</sup> Inom jordbrukssektorn ska bland annat forsknings- och försöksverksamhet bedrivas för att främja kolinlagringen i mark.

Islands regering uttryckte 2017 att landet strävar efter att vara klimatneutralt till 2040.<sup>19</sup> Målet ska uppnås genom minskade utsläpp av växthusgaser och ett ökat upptag av kol i mark och vegetation. Marken på Island är utsatt för kraftig erosion och en särskild *Soil Conversation Service* arbetar med olika projekt för att bevara marken och dess funktion som kolsänka.<sup>20</sup>

---

<sup>13</sup> *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry IPCC/IGES; 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories IPCC/IGES.*

<sup>14</sup> *Danish Energy Agency, Danish climate policies.*

<sup>15</sup> *The Danish Climate Policy Plan – Towards a low carbon society.*

<sup>16</sup> *Factsheet on 2014–2020 Rural development Programme of Denmark.*

<sup>17</sup> *Miljöministeriet, Nationell klimatpolitik.*

<sup>18</sup> *Miljöministeriet, Vägen till en klimatsmart vardag – klimatpolitisk plan på medellång sikt fram till 2030.*

<sup>19</sup> *Government Offices of Iceland, Climate Change.*

<sup>20</sup> *Government Offices of Iceland, Soil Conversation.*



I Norge röstades en klimatlag igenom under 2017 och trädde i kraft i januari 2018.<sup>21</sup> Lagens syfte är att främja genomförandet av landets klimatmål som nu är lagstadgade. Enligt lagen förbinder sig Norge bland annat att minska sina utsläpp av växthusgaser med 80–95 procent till 2050, jämfört med utsläppsnivåerna 1990.<sup>22</sup> Vid departementet för jordbruk och livsmedel studerade en arbetsgrupp under 2016 jordbruksutmaningar med koppling till klimatförändringen.<sup>23</sup> Utredningen konstaterade bland annat att framtida forskning bör fokusera på kolinlagring i mark.

I Sverige föreslog regeringen 2017 att ett klimatpolitiskt ramverk ska inrättas.<sup>24</sup> Målet är att Sverige 2045 inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, för att sedan uppnå negativa utsläpp. En del av förslaget innehåller kompletterande åtgärder som bland annat handlar om att öka koluttaget inom markanvändningssektorn. Under våren 2018 presenterade regeringen även en klimatstrategi för Sverige som redogör för de åtgärder som hittills genomförts för att nå klimatmålen, men som också beskriver riktningen för det fortsatta arbetet.<sup>25</sup> Här föreslås till exempel en ökning av kolinnehållet i jordbruksmarken som en möjlig åtgärd för att öka både kolsänkan och jordens bördighet.

### 3. Marken som kolkälla och kolsänka

*Det här kapitlet fokuserar på de naturvetenskapliga aspekterna av marken som kolsänka. En kortfattad beskrivning av kol i marken följs av en genomgång av de nordiska ländernas koluttag i och kolutsläpp från mark. Därefter beskrivs fyra exempel på åtgärder för ökad kolinlagring i mark.*

Grundämnet kol finns i en mängd former och rör sig i ett kretslopp i atmosfären, haven, skogen, marken och i levande organismer.<sup>26</sup> De fossila bränslen som används i dag har skapats av växter och andra organismer som levde för miljoner år sedan och som, genom fotosyntesen, tagit upp koldioxid för att växa. Vid förbrukning av fossila bränslen förenas kol och syre och skapar förhöjda halter av koldioxid i atmosfären, vilket bidrar till klimatförändringen. När kol lagras i åkermark och skogsmark kan det beskrivas som så kallade kolsänkor som binder kol och därmed har en mildrande effekt på halterna av koldioxid i atmosfären.

#### 3.1. Koluttag och utsläpp i de nordiska länderna

Bland de nordiska länderna uppvisar Finland, Sverige, och Norge ett positivt nettouttag av växthusgaser inom markanvändningssektorn.<sup>27</sup> Skogsmark står här för den största källan till kolsänka, där en del av uttaget sker i mineraljorden.

I Danmark beskrivs markanvändningssektorn under de senaste åren ha stått för 3–9 procent av landets utsläpp av växthusgaser.<sup>28</sup> Fram till 2014 utgjorde skogsmark en kolsänka men till följd av skogens åldrande och en stor andel unga träd, utgör den nu en källa till utsläpp.

---

<sup>21</sup> Stortinget, *Lag om klimatmål*.

<sup>22</sup> Lovdata, *Lov om klimatmål (klimatloven)*.

<sup>23</sup> Government.no, *Agriculture and climate change*.

<sup>24</sup> Regeringens proposition 2016/17:146 – *Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige*.

<sup>25</sup> Regeringens skrivelse 2017/18:238 – *En klimatstrategi för Sverige*.

<sup>26</sup> Naturvårdsverket, *Kolets kretslopp rubbas*.

<sup>27</sup> *Greenhouse Gas Emissions in Finland 1990 to 2016; National Inventory Report Sweden 2018; Greenhouse Gas Emissions 1990-2016, National Inventory Report (Norge)*.

<sup>28</sup> *Denmark's National Inventory Report 2018*.

Förlusten av kol från åkermark uppges ha minskat under de senaste åren. Det beskrivs vara ett resultat av att jordbruksmetoderna har förändrats sedan 1990-talet och att organiskt material i dag tillförs jorden i större utsträckning. Danmark har även arbetat med att återetablera våtmarker på jordbruksmark, vilket har bidragit till att minska utsläppen.

I Finland syns en något uppåtgående trend av utsläppen från åkermark, vilket till exempel förklaras av att andelen torvmark som används för jordbruk växt sedan 1990-talet<sup>29</sup>. Samtidigt har utsläppen från betesmark minskat något, som en följd av att vissa ytor omvandlats till åkermark.

På Island är markanvändningssektorn det område som har det högsta utsläppet av växthusgaser.<sup>30</sup> Det beror till stor del på utsläppen från åkermark och betesmark på dränerade jordtytor, vilka täcker mer än 90 procent av Islands yta.

I Norge kommer de största utsläppen inom markanvändningssektorn från åkermark och bebyggd mark.<sup>31</sup> Särskilt utsläppen från bebyggd mark har ökat sedan 1990-talet, och det området står för den största mängden utsläpp inom sektorn. På landets åkermark odlas mestadels ettåriga grödor, vilket medför att kol lagras i växternas biomassa under korta tidsintervaller.

I Sverige beskrivs utsläppen av koldioxid framför allt ske från dränerade torvjordar.<sup>32</sup> Inom kategorin åkermark finns en stor variation från år till år när det gäller utsläppen av kol i mineraljord. Det beror till exempel på vilka grödor som odlas och på hur stora arealer, samt hur stor del av åkermarken som vilar.

### **3.2. Åtgärder för ökat kolupptag**

Studier visar att vissa metoder kan ha en positiv effekt för inlagring av kol i mark, se exempel på detta under avsnitt 3.2.1–3.2.4. Trots de studier som genomförts råder en osäkerhet om effektiviteten i insatserna. Den svenska regeringens klimatstrategi uppmärksammar därför att effekten av olika åtgärder behöver utredas ytterligare.<sup>33</sup>

#### **3.2.1 Torvmark som återställs till våtmark**

Dikad torvmark är en stor källa till utsläpp av växthusgaser.<sup>34</sup> För att minska mängden koldioxid som avges från sådan torvmark kan marken återställas till våtmark. Studier visar att vissa typer av torvmark avger mer koldioxid än andra och därför bör prioriteras ur ett klimatperspektiv. Till exempel avger dikad torvmark för skogsproduktion som är näringsrik och väl-dränerad mer växthusgaser än näringsfattigare och fuktigare mark. Utifrån det bör dikad skogsmark med en kol-kväve-kvot under 25 som är frisk-fuktig eller torrare prioriteras i arbetet. När naturbetesmark jämförts med åkermark har åkermark på dikad torvmark visat sig avge störst mängd koldioxid. Dessutom bör dikad åkermark med ett tjockt torvlager, som inte längre brukas, prioriteras framför mark som fortfarande är i bruk. För att den våtmark som anläggs ska avge så lite växthusgaser som möjligt bör grundvattennivån höjas till en nivå som gör att förhållandena före dikningen återskapas. Bortsett från att minska utsläppet av

---

<sup>29</sup> *Greenhouse Gas Emissions in Finland 1990 to 2016.*

<sup>30</sup> *National Inventory Report Emissions of Greenhouse Gases in Iceland from 1990–2016.*

<sup>31</sup> *Greenhouse Gas Emissions 1990-2016, National Inventory Report (Norge).*

<sup>32</sup> *National Inventory Report Sweden 2018.*

<sup>33</sup> *Regeringens skrivelse 2017/18:238 - En klimatstrategi för Sverige.*

<sup>34</sup> *Utsläpp av växthusgaser från torvmark.*

växthusgaser kan anläggningen av våtmarker även gynna biologisk mångfald och minska näringsläckaget till sjöar och vattendrag.

### 3.2.2 Plöjningsfri odling och reducerad jordbearbetning

Vid utvärdering och analys av tidigare studier har plöjningsfri odling och reducerad jordbearbetning visat sig leda till att mer kol lagras i det övre markskiktet, jämfört med vid en mer intensiv jordbearbetning.<sup>35</sup> Markens kolhalt är framför allt högre i de fall där plöjningsfri odling tillämpats, men även reducerad jordbearbetning ger en signifikant högre kolhalt än vid intensiv bearbetning av jorden. Majoriteten av de analyserade studierna fokuserar på det övre markskiktet och det är i det översta jordlagret som de högre halterna av kol har uppmätts. Det har hittills inte varit möjligt att påvisa någon förändring av kolinlagringen i hela markprofilen, vilket dock skulle kunna bero på otillräckligt dataunderlag.

### 3.2.3 Vallodling, skyddszoner och fånggrödor

Även olika former av skötselåtgärder, som vallodling, skyddszoner och fånggrödor, ser ut att ha en positiv inverkan på kolinlagringen i mark.<sup>36</sup> Vallodling innebär att fleråriga slätter-, betes- eller frövallar odlas på åkermark. Odling av fleråriga växter, som har ett mer omfattande rotsystem än ettåriga grödor har visat sig bidra till en ökad kolinlagring i mark.<sup>37</sup> Det är framför allt ett resultat av att mer växtrester, bland annat i form av rötter, lämnas kvar när marken skördas.<sup>38</sup> Skyddszoner består av områden med vall som odlas längs med vattenområden där vallgräs, eller en blandning av vallgräs och baljväxter, växer. Dessa zoner förväntas bidra till kolinlagringen på samma sätt som vid vallodling. En fånggrödas främsta tillväxt sker mellan två huvudgrödor, vilket gör att de extra växtresterna från fånggrödan ökar mängden kol som lagras i marken. När huvudgrödan är skördad minskar fånggrödan även risken för kolförluster förknippade med erosion av marken.

### 3.2.4 Tillförsel av organiskt material

Ytterligare försök som gjorts har visat på en förhöjd kolhalt i marken när vall och stallgödsel har använts för att öka jordens bördighet<sup>39</sup>. När halmrester lämnas kvar vid skörd ökar kolinlagringen i mark som en följd av tillförseln av kol från ovanjordiska växtrester.<sup>40</sup> Även organiska gödselmedel som stallgödsel, kompost, rötslam och avloppsslam kan bidra till att öka kolhalten i marken.<sup>41</sup> Däremot används stallgödsel redan i stor utsträckning i det svenska jordbruket i dag, vilket gör att det inte förväntas kunna öka kolinlagringen ytterligare. När det gäller användning av avloppsslam finns en risk för spridning av miljögifter som kommer från avloppssystemet.

### 3.2.5 Beskogning och skogsbruk

Det sätt på vilket skogen brukas kan påverka hur mycket kol som fångas in och lagras av skogen<sup>42</sup>. Vid plantering av skog eller naturlig återväxt av skogar påverkas skogens produktion av biomassa av såväl jordens kvalitet som befintliga näringsämnen i marken

---

<sup>35</sup> *How does tillage intensity affect soil organic carbon?; SR10 Hur påverkas organiskt kol i åkermark av intensiv jordbearbetning?*

<sup>36</sup> *Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet.*

<sup>37</sup> *Odlingssystemets effekt på mulfförråd och kolinlagring i jordbruksmark; Potentialer för jordbruket som kolsänka.*

<sup>38</sup> *Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet.*

<sup>39</sup> *Hur säkert kan vi mäta kol i marken? Del av seminariet "Från kolkälla till kolfälla: om framtidens klimatsmarta jordbruk".*

<sup>40</sup> *Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet.*

<sup>41</sup> *Potentialer för jordbruket som kolsänka.*

<sup>42</sup> *Do tree species influence soil carbon stocks in temperate and boreal forests?*

såsom fosfor, kväve och kalk. Även grundvattennivån kan påverkas av en förändrad markanvändning. Om befintliga dräneringsrör inte ersätts med öppna diken kan vattnets uppehållstid förlängas, vilket leder till mer kolinlagring. Det kan även leda till en ökad produktion av den starka växthusgasen metan. Därför är det idag är oklart vilken sluteffekt som en höjd grundvattennivå i skog har. Inlagringen av kol beror också på vilken skogstyp det är som växer, hur marken tidigare har använts, mängden redan inlagrat kol, trädarter i skogen, hur skogen brukas och vilken tidshorisont som effekten mäts på. Tillväxt av skogen påverkar bland annat vilken typ av kol som marken absorberar, markens mikroklimat och vattenbalansen i området. Skogens tillväxttid kan variera mellan arter som kan skördas relativt snabbt (exempelvis vide, poppel och julgranar) till semi-naturliga skogar som brukas för markskydd, ökad biodiversitet eller för produktion av högkvalitativt trä. Hur skogen brukas påverkar mängden död organisk materia som absorberas i jorden, och därmed även hur mycket kol som kan brytas ned till stabilt markkol i humus.

## 4. Upptag och utsläpp av kol – en kartläggning av de nordiska ländernas arbete

*Det här kapitlet presenterar den kartläggning som gjorts av de nordiska ländernas arbete med rapportering, beräkning och datahantering av kol i mark. Först beskrivs rådande rapporteringsstruktur i respektive land, därefter presenteras de metoder och modeller länderna använder för att beräkna upptag och utsläpp av markkol. Slutligen redogörs för hur de nordiska länderna hanterar data i relation till kolrapporteringen.*

Kartläggningen tar sin utgångspunkt i markkol, och rapporteringen, beräkningarna och datahanteringen är relaterade specifikt till detta område. Beskrivningarna nedan är därmed inte fullständiga i relation till klimatpolitiken i sin helhet, utan fokuserar på de delar som rör kol i mark. För fullständiga beskrivningar av respektive lands arbete inom ramen för den internationella klimatpolitiken hänvisas till ländernas nationella inventeringsrapporter (NIR). Referens och länk till dessa finns i referenslistan i slutet av denna rapport. För att undvika missförstånd om de olika instanserna anges samtliga institutioners namn på engelska.

### 4.2 Ansvariga instanser i rapporteringen

#### Sammanfattning

Samtliga länderna är ålagda att årligen inventera utsläpp och upptag samt rapportera in dessa till EU och i förlängningen UNFCC. Ansvarsfördelningen och rapporteringsstrukturen skiljer sig dock åt mellan länderna. Nedan beskrivs de instanser som är involverade i rapporteringen av kol i mark (schematiska figurer och tabeller över samtliga delar inom klimatrapporteringen för respektive land finns i bilaga 1).

**Danmark**<sup>43</sup> I Danmark är Aarhus University ansvariga för den nationella inventeringsrapporten (NIR), samt för både datainsamling och beräkningar. Universitetet hämtar klimatdata från Danish Meteorological Institute, samt skördestatistik och arealdata från Statistics Denmark och Danish Agricultural Agency. Skogsdata hämtas från Copenhagen University.

<sup>43</sup> Denmark's National Inventory Report 2018; intervju med expert.

- Finland**<sup>44</sup> I Finland står Statistics Finland som ansvariga för den nationella inventeringsrapportern (NIR). Natural Resource Institute Finland är ansvariga för datainsamling (inklusive jordbruksstatistik), modellering och beräkning.
- Island**<sup>45</sup> På Island är The Environment Agency of Iceland ansvariga för den nationella inventeringsrapporten (NIR). Utsläppsberäkningar av kol i mark är Agricultural University of Icelands ansvar. Universitetet inhämtar data för "revegetated" områden från Soil Conservation Service of Iceland. Data för skogsmarker inhämtas från Icelandic Forest Service. Universitetet bedömer andra markanvändningskategorier på grundval av sin egen geografiska databas (Icelandic Geographical Land Use Database) och annan tillgänglig kompletterande markanvändningsinformation. Vidare beräknar universitetet utsläpp och upptag för markanvändningssektorn och rapporterar till Environment Agency.
- Norge**<sup>46</sup> Det är Norwegian Environment Agency som är ansvariga för nationella inventeringsrapporten (NIR) i Norge. Norwegian Institute of Bioeconomy Research ansvarar för beräkningar och metodbeskrivningar för bland annat kol i mark. Klimatdata är offentligt tillgängliga via Meteorological Institute. Övriga data tillhandahålls av Norwegian Institute of Bioeconomy Research eller Statistics Norway.
- Sverige**<sup>47</sup> I Sverige har Swedish Environmental Protection Agency ansvaret för den nationella inventeringsrapporten (NIR). Swedish University of Agricultural Sciences ansvarar för datainsamling, modellering och beräkning av kol i mark. Universitetet rapporterar till Swedish Environmental Protection Agency som via konsortiet Svensk miljöemissionsdata (SMED) sammanställer Sveriges emissions- och upptagsdata. I SMED ingår förutom Swedish University of Agricultural Sciences även Statistics Sweden, Swedish Environmental Research Institute och Swedish Meteorological and Hydrological Institute.

## 4.2 Beräkningsmodeller

### Sammanfattning

Sverige, Danmark och Finland använder sig av Tier 3-metoder. Både den svenska (ICBM) och den danska (C-Tool) metoden togs fram specifikt för markanvändningssektorn. Den finska metoden (Yasso07) togs initialt fram för skogssektorn, men används i dag även för att mäta kol i andra typer av mark. I Norge används i dagsläget en Tier 2-metod, men arbete pågår vid med att utveckla en Tier 3-metod inspirerad av den svenska metoden. På Island används Tier 1- och Tier 2-metoder för samtliga markanvändningsområden, men även här pågår ett arbete med att utveckla en Tier 3-metoder.

Samtliga länderna vidareutvecklar fortgående sina metoder, bland annat genom att inkludera ny processförståelse för markens koldynamik från olika forskningsprojekt. I det arbetet kan också regionala och nationella markinventeringar ha en viktig roll.

<sup>44</sup> Greenhouse Gas Emissions in Finland 1990 to 2016; intervju med expert.

<sup>45</sup> National Inventory Report Emissions of Greenhouse Gases in Iceland from 1990–2016.

<sup>46</sup> Greenhouse Gas Emissions 1990-2016, National Inventory Report (Norge); intervju med expert.

<sup>47</sup> National Inventory Report Sweden 2018; intervju med expert.

- Danmark<sup>48</sup>** I Danmark används en Tier 3-metod vid namn "C-tool". Metoden är utvecklad vid Aarhus University och hanteras av Department of Agroecology. "C-tool" används för jordbruksmark på mineraljordar med ett kolinnehåll på upp till 6 procent. För jordar med högre kolinnehåll används modeller med fasta emissionsfaktorer. För skogsmark används 'not a source' optionen, vilken dokumenteras med monitoring.
- Finland<sup>49</sup>** I Finland används en Tier-2 metod för beräkningar av organogen mark. För mineraljordar används Tier 3-metoden "Yasso07 soil carbon model". Metoden utvecklades vid Finish Environment Insititue och Finish Meteorological Institute och används i dag av Natural Resource Institute Finland. Initialt togs den fram för skogssektorn, men används i dagsläget även för mätningar av kol i jordbruksmark. Metoden kan hantera kollager och dess förändring till ett djup av en meter. Natural Resource Institute Finland arbetar med att utveckla användningen av metoden ytterligare, bland annat för att kunna inkludera fler typer av jordförbättringsmetoder.
- Island<sup>50</sup>** På Island används Tier 3-metoder för några kolpooler, men beräkningarna baseras framför allt på Tier 1- eller Tier 2-metoder. Den markanvändningskategori som, i sin helhet, troligtvis först kommer att inkluderas i en Tier 3-metod är den så kallade "revegetation"-kategorin. När Tier 3-metoden är utvecklad är osäkert, men experter bedömer det sannolikt att det kommer att ske inom de närmaste två åren. Den vulkaniska aktiviteten på Island, i kombination med erosion orsakad av vind och vatten, bidrar till att de isländska jordarna har en annan karaktär än de i övriga nordiska länder. Metoder för beräkningar av kolupptag på Island måste därför kalibreras specifikt för de Isländsla förhållandena. Vidare kräver flera Tier 3-metoder långa tidsserier, något som saknas för de isländska markerna.
- Norge<sup>51</sup>** I Norge används, precis som på Island, i dagsläget Tier 2-metod för samtliga markanvändningskategorier. Inom Norwegian Institute of Bioeconomy Research pågår dock arbetet med att utveckla en Tier 3-metod för kol i mineraljordar. Metoden baseras på den svenska ICBM-modellen.
- Sverige<sup>52</sup>** I Sverige används en Tier 3-metod. En dynamisk kolbalansmodell, "ICBM – Introductory Carbon Balance Model", används för jordbruksmark på mineraljordar. Modellen är utvecklad vid Swedish University of Agricultural Sciences (SLU). Eftersom kolhalten i marken ändras långsamt, så behövs det långa tidsserier för modellkalibrering. De långliggande fältförsöken vid SLU används därför för att kalibrera modellen, och den återkommande nationella markinventeringen används för dess validering.

---

<sup>48</sup> Denmark's National Inventory Report 2018; intervju med expert.

<sup>49</sup> Greenhouse Gas Emissions in Finland 1990 to 2016; intervju med expert.

<sup>50</sup> National Inventory Report Emissions of Greenhouse Gases in Iceland from 1990–2016.

<sup>51</sup> Greenhouse Gas Emissions 1990-2016, National Inventory Report (Norge); intervju med expert.

<sup>52</sup> National Inventory Report Sweden 2018; intervju med expert.

### 4.3 Datahantering

#### Sammanfattning

Länderna använder sig av olika strategier och system för datahantering. I Danmark är Aarhus University ansvarig part. I Finland är Statistics Finland huvudansvariga, medan Natural Resources Institute Finland ansvarar för arkivering av de delar som rör markanvändningssektorn. I Norge däremot är datahanteringen decentraliserad och de tre huvudaktörerna involverade i rapporteringen ansvarar för hantering och lagring av sina respektive delar. I Sverige ansvarar Swedish Environmental Protection Agency för datahanteringen. Vidare arbetar länderna med olika system, på olika komplexitetsnivå, för att hantera den data som utsläppsrapporteringen genererar.

**Danmark<sup>53</sup>** Bakgrundsdata (aktivitetsdata och emissionsfaktorer) för uppskattning av de danska utsläppsinventeringarna samlas in och lagras i centrala databaser belägna vid Department of Environmental Science vid Aarhus University. Databaserna finns i Access-format. De utvecklades ursprungligen av det tidigare National Environment Research Institute, men upprätthålls och vidareutvecklas i dag av Aarhus University. Olika undermodeller används för att anpassa formatet till de centrala databaserna.

För varje rapportering fryses databaser, extraverktyg och undermodeller tillsammans med det inrapporterade så kallade Common Reporting Format. Material placeras på centrala institutionella servrar, som genomgår rutinmässig säkerhetskopiering. Material som har säkerhetskopierats arkiveras säkert. Vidare används det officiella arkivet hos Danish Centre for Environment and Energy för dokumentation och arkivering. Där registreras korrespondens, både pågående och utgående, som i detta fall innefattar inrapportering och tillhörande kommunikation till UNFCCs sekretariat, Europeiska kommissionen, granskningsgrupper etc.

**Finland<sup>54</sup>** Huvudarkiven för växthusgasinventeringen upprätthålls av Statistics Finland. Utöver huvudarkivet ansvarar Natural Resources Institute Finland för sina egna arkiv. Data från Finlands nationella skogsinventering arkiveras i ASCII-filer i ett LINUX-system. Statistik för skogs- och jordbruket publiceras på Natural Resources Institute Finlands webbplats. All aktivitetsdata, beräkningar och intern dokumentation samt resultat och rapporter arkiveras i Natural Resources Institute Finlands elektroniska arkiv VIRTa efter varje inlämning. Filerna är skrivskyddade för att förhindra oavsiktlig modifiering eller radering.

**Island<sup>55</sup>** Dokumenthanteringssystem (Gopro.net) används för att lagra e-postkommunikation i samband med inventeringen. Pappersdokument, t.ex. skrivna brev, lagras också i dokumenthanteringssystemet. Systemet körs på sin egen virtuella server och använder en MS SQL-server 2012, som körs på en separat server. Båda serverna kör Windows Server 2012 R2.

---

<sup>53</sup> Denmark's National Inventory Report 2018; intervju med expert.

<sup>54</sup> Greenhouse Gas Emissions in Finland 1990 to 2016; intervju med expert.

<sup>55</sup> National Inventory Report Emissions of Greenhouse Gases in Iceland from 1990–2016.

Varje anställd hos Environment Agency har online Office 365-prenumeration och e-postmeddelanden skickas och tas emot med hjälp av Microsoft Office 365-servrar. Numeriska data, beräkningar och andra relaterade dokument lagras på en filserver som kör Windows Server 2012 R2. Environment Agencys virtuella servrar använder VMW-program som körs på Dell Blade Servers.

**Norge**<sup>56</sup> De tre institutionerna som är involverade i inhämtning av data (Statistics Norway, Norwegian Environment Agency och Norwegian Institute of Bioeconomy) ansvarar för att arkivera de uppgifter de samlar in, uppskattar och beräknar. På grund av skillnaderna i karaktären av insamlade data har Norge valt att behålla arkiveringssystemen i de tre institutionerna, vilket innebär att inte all information är arkiverad på en enda plats. Dessa arkiveringssystem är dock konsekventa och fungerar enligt samma regler. Även om uppgifterna arkiveras separat kan alla nås effektivt om en granskning görs. Vidare har Norwegian Environment Agency inrättat ett bibliotek med de viktigaste metoderapporterna.

**Sverige**<sup>57</sup> Den svenska Environment Protection Agency ansvarar för att arkivera data och dokumentation om beräkningarna efter varje inlämning. Detta görs i myndighetens arkivsystem enligt nationella regler och föreskrifter. Ett system för hantering av utsläppsdata, Technical Production System (TPS), gör det möjligt för flera användare, som SMED-konsortiet och de nationella oberoende granskarna, att visa data, tidsserier samt göra jämförelser mellan olika år och inventeringar. Data presenteras förutom i NIR och på Swedish Environment Protection Agencys hemsida även i Statistics Swedens statistikdatabas.

## 5. Kol i mark – ett ämne i tiden

*Det här kapitlet presenterar några av de pågående initiativ inom arbetet med att utveckla kunskapen om kol i mark. Vidare beskrivs viktiga utmaningar i relation till ämnet. Slutligen läggs rekommendationer fram som syftar till att skapa diskussion inom SNS och NKJ om potentiella vägar framåt.*

Ämnet kolinlagring i, och utsläpp från, mark är en fråga i tiden. Frågan är av globalt intresse och tangerar en rad viktiga områden, som växthuseffekten, markens bördighet och därmed livsmedelsproduktionens effektivitet, samt omställningen mot en mer biobaserad ekonomi. En mängd olika initiativ pågår därför – från policyarbete till vetenskapliga studier.

### 5.1 Pågående initiativ – ett urval

Global nivå Ett initiativ på den globala arenan är det så kallade "fyra promille-initiativet".<sup>58</sup> Det lanserades av Frankrike under klimatkonferensen i Paris 2015 och förespråkarna menar att alla utsläpp av koldioxid från fossila källor skulle kunna läggas fast i marken om dess kolhalt ökade med 0,4 procent per

---

<sup>56</sup> Greenhouse Gas Emissions 1990-2016, National Inventory Report (Norge); intervju med expert.

<sup>57</sup> National Inventory Report Sweden 2018; intervju med expert.

<sup>58</sup> [www.4p1000.org/](http://www.4p1000.org/).



år. Genomförbarheten i detta förslag har ifrågasatts och syftet med initiativet kan snarare ses som en satsning för att synliggöra den potential som kolinlagring i mark har och att sätta frågan på den politiska agendan.

**Regional nivå** "Improving National forest inventory-based carbon stock change estimates for greenhouse gas inVENTories (INVENT)"<sup>59</sup>, där Sverige, Norge, Danmark och Lettland ingår, är ett exempel på ett regionalt forskningssamarbete. Projektet syftar bland annat till att öka noggrannheten i uppskattningen av kollagret i marken och förändringen i detta lager. Det pågår även bilaterala samarbeten om till exempel utveckling av beräkningsmodeller, som Sveriges och Norges kunskapsutbyte kring utvecklingen av en Tier 3-modell för norska förhållanden.

**Nationell nivå** Samtliga nordiska länder har flera nationella forskningsprojekt om kol i mark. Utöver forskning om de frågor som direkt berör klimatrapporteringen och förståelsen för olika metoders effekter, bedrivs i flera nordiska länder arbete för att utveckla visualiseringsverktyg anpassade för rådgivning på gårdsnivå. Ett annat exempel är utlysningar för kunskapssammanställningar, som den norska utlysningen där Norwegian Agricultural Agency avsatt medel för en kartläggning av kunskapsläget och befintliga metoder för att påvisa och kvantifiera effekterna av koluttag i norsk mark.

## 5.2 Många frågor kvarstår – mer forskning behövs

Det bedrivs mycket forskning på området kol i mark, men mycket kvarstår fortfarande att utforska. Som ett led i utvecklingen av fältet pågår ett akademiskt samtal där en del tidigare forskningsresultat ifrågasätts av nyare studier.

Forskare från Swedish University of Agricultural Sciences ifrågasätter till exempel kolinlagringspotentialen i direktsådd eller plöjningsfri odling.<sup>60</sup> En sammanställning av ett stort antal studier på ämnet visar att dessa metoder har betydligt lägre potential i fråga om kolinlagring än vad vissa enskilda studier visar. Forskarna menar att för att få fram ett mer realistiskt mått bör noggrannare mätningar göras och mätningar bör göras på ett större markdjup än vad som oftast sker i dag. Vidare visar en nyligen publicerad avhandling<sup>61</sup> att åkrar som låg i träda utgjorde en liten kolkälla medan den odlade marken utgjorde en liten kolsänka, även om marken angav koldioxid när den plöjdes.

Flera av de experter som intervjuats inom ramen för den här rapporten anger att mer forskning behövs om kol i mark, och att ett utökat nordiskt samarbete skulle gynna den vetenskapliga utvecklingen. Stora likheter mellan flera av de nordiska länderna när det gäller marktyper och klimatförhållanden skapar möjligheter att samarbeta om till exempel modellutveckling och datainhämtning. Respondenterna trycker på att osäkerheterna i uppskattningar av kollager och utsläpp behöver minskas. Detta kan ske dels genom förfining av befintliga beräkningsmodeller och processer för datainhämtning, dels genom utveckling av nya modeller och processer. Vidare lyfts behovet av harmonisering av olika modeller och system. Syftet med detta är att bland annat att kunna dela data för att på så sätt optimera

---

<sup>59</sup> *Improving National forest inventory-based carbon stock change estimates for greenhouse gas inVENTories.*

<sup>60</sup> [www.slu.se/ew-nyheter/2018/2/jordbearbetningens-betydelse-for-klimatet-ar-overskattad/](http://www.slu.se/ew-nyheter/2018/2/jordbearbetningens-betydelse-for-klimatet-ar-overskattad/).

<sup>61</sup> *Processes Controlling Carbon Fluxes in the Soil-Vegetation-Atmosphere System.*

beräkningsmodellerna. Ytterligare en aspekt som nämns är fördelen med att samarbeta om de delar som är extra komplexa och tidskrävande, till exempel mätning av rotmassa.

### **5.3 Komplex policystruktur skapar utmaningar**

Kol i mark angränsar till flera olika policy-områden. Klimat, livsmedelsproduktion och bioekonomi är några av de delar som berörs. Kol i mark är därmed en del i debatten om hur jordbruks- och skogsmark ska användas. Detta medför en reell risk för målkonflikter, och skapar ett komplext policy-landskap att navigera inom. Fler av de intervjuade experterna lyfter denna policy-relaterade utmaning som en viktig fråga i det framtida arbetet med marken som en källa för kolupptag och utsläpp. Vidare lyfts dels att en utökad nordisk dialog i dessa frågor kan bidra positivt till utvecklingen av effektiva målformuleringar, dels att en samlad nordisk röst i dessa frågor kan vara en fördel i dialogen med EU och FN.

### **5.4 Lättillgänglig information saknas**

Kol i mark är ett komplext och brett område under kontinuerlig utveckling. Det skapar utmaningar för framför allt lekmän men även experter att få en god förståelse för, och bra överblick över, ämnet. Komplexiteten och bredden gör det svårt att kondensera och förklara ämnet på ett effektivt sätt vilken i sin tur medför risk för att bristfälliga, eller alltför förenklade, förklaringar sprids. Komplexiteten och bredden medför också att ämnet är spritt över olika rapporter, forum och nätverk, det tangerar till exempel i flera olika policy-områden och ingår i forskningsatsningar inom en rad olika discipliner. Ämnet ingår också som en del av ett större område i klimatrapporeringen – markanvändningssektorn – vilket kan skapa utmaningar i att studera kol i mark i isolation. Vidare innebär det föränderliga kunskapsläget, vilket är en naturlig del i utvecklingen av ämnet, utmaningar för tjänstemän, beslutsfattare och praktiker som vill omsätta de nya forskningsrönen i praktiken.

### **5.5 Förslag till områden för riktade satsningar**

Det finns flera fördelar med gemensamma nordiska initiativ kring kol i mark. Ämnet är komplext och under utveckling och i samtliga länder pågår arbete inom området. Det är också troligt att samtliga länder kommer att fortsätta, och möjligen intensifiera, sitt arbete inom området. Gemensamma nordiska satsningar kan i detta skede skapa stor nytta.

De rekommendationer som lyfts nedan syftar till att skapa en diskussion inom SNS och NKJ om potentiella framtida satsningar på kol i mark. Eftersom fältet befinner sig i snabb utveckling är det viktigt att ämnen för seminarier etc. bestäms så nära inpå eventet som möjligt, men ramar och struktur för olika aktiviteter kan med fördel planeras med god framförhållning.

#### En nordisk seminarierie

Vi föreslår en seminarierie om relevanta ämnen där experter från respektive nordiskt land bjuds in att delta, som föredragshållare och som diskussionsdeltagare. Seminarierna kan förläggas till Nordens Hus i Köpenhamn, alternativt kan den fysiska platsen roteras mellan de nordiska länderna.

Nedan ges några förslag på ämnen. De ska ses som exempel eftersom det är av största vikt att ämnena sätts i dialog med experter på området, och om möjligt anknyter till redan pågående initiativ inom området.

- *Kunskapsläget – var befinner vi oss?*
  - Målgrupp: Tjänstemän inom de nordiska länderna med intresse för kol i mark.
  - Syfte: Att få en överblick av kunskapsläget, pågående initiativ och framtidsfrågor.
- *En digital samlingsplats för kunskap om kol i mark*
  - Målgrupp: Tjänstemän, forskare och praktiker inom de nordiska länderna med intresse för kol i mark.
  - Syfte: Att diskutera behovet av, och i förlängningen strukturen för, en digital samlingsplats för information kring kol i mark.
- *Effektiv policy och målkonflikter inom kol i mark*
  - Målgrupp: Tjänstemän inom de nordiska länderna med intresse för kol i mark.
  - Syfte: Att utbyta idéer och erfarenhet om hur effektiv policy kan formuleras för kol i mark.
- *Utveckling av Tier 3-metoder*
  - Målgrupp: Forskare som är aktiva inom modellering av kolupptag och utsläpp.
  - Syfte: Att utbyta idéer och kunskap om utveckling av Tier 3-metoder.
- *Visualiseringsmodeller*
  - Målgrupp: Samtliga aktörer som arbetar med denna typ av modeller, det vill säga forskare, praktiker och tjänstemän.
  - Syfte: Att utveckla modeller och strukturer för hur kunskapen om kolinlagring och utsläpp kan komma den enskilde rådgivaren eller producenten till gagn (denna typ av arbete pågår i flera nordiska länder, till exempel används den svenska modellen ICBM för visualisering i rådgivningssyfte inom organisationen Greppa Näringen och i Finland pågår arbete med att applicera modellen Yasso07 på gårdsnivå).

#### Ett nordiskt forskningsprogram

Det pågår i dag en rad samarbeten mellan nordiska forskare, och flera formella forskningsprojekt som inkluderar mer än ett nordiskt land. Flera av de experter som intervjuats har dock lyft fram behovet av ytterligare satsningar på gemensamma nordiska forskningsprojekt.

Vi föreslår därför en diskussion om SNS och NKJ kan vara intresserade av ett nordiskt forskningsprogram med fokus på kolinlagring och utsläpp från mark, samt om så är fallet hur processen framåt kan se ut.

## Referenser

- Bolinder, M. A., Freeman, M. & Kätterer, T. (2017). *Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet*. [www.jordbruksverket.se/download/18.3421fb8e1634d8e3920b1d48/1526305320843/Rapport\\_kolinlagring.pdf](http://www.jordbruksverket.se/download/18.3421fb8e1634d8e3920b1d48/1526305320843/Rapport_kolinlagring.pdf)
- Cederberg, C., Landquist, B. & Berglund, M. (2012). *Potentialer för jordbruket som kolsänka*. Naturskyddsföreningen (Sik-Rapport Nr 850 2012). [www.naturskyddsforeningen.se/sites/default/files/dokument-media/sik\\_rapport\\_850\\_snf\\_potentialer\\_for\\_jordbruket\\_som\\_kolsanka.pdf](http://www.naturskyddsforeningen.se/sites/default/files/dokument-media/sik_rapport_850_snf_potentialer_for_jordbruket_som_kolsanka.pdf)
- Dagens Nyheter. (2018-06-25). *DN Debatt: Regeringen och LRF inser inte jordbrukets klimatnytta*. [www.dn.se/debatt/regeringen-och-lrf-inser-inte-jordbrukets-klimatnytta/](http://www.dn.se/debatt/regeringen-och-lrf-inser-inte-jordbrukets-klimatnytta/)
- Danish Energy Agency. (u.å.). *Danish climate policies*. <https://ens.dk/en/our-responsibilities/energy-climate-politics/danish-climate-policies>
- DCE – Danish Centre for Environment and Energy, Aarhus University. (2018). *Denmark's National Inventory Report 2018*. Emission Inventories 1990–2016 – Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. <http://dce2.au.dk/pub/SR272.pdf>
- European Commission. (u.å.). *Factsheet on 2014–2020 Rural development Programme for Denmark*. [https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/rural-development-2014-2020/country-files/dk/factsheet\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/rural-development-2014-2020/country-files/dk/factsheet_en.pdf)
- FACCE ERA-GAS. (2018). *Improving National forest inventory-based carbon stock change estimates for greenhouse gas inventories*. [www.eragas.eu/research-projects/invent](http://www.eragas.eu/research-projects/invent)
- Government.no. (2016). *Agriculture and climate change*. [www.regjeringen.no/en/aktuelt/agriculture-and-climate-change/id2476389/](http://www.regjeringen.no/en/aktuelt/agriculture-and-climate-change/id2476389/)
- Government Offices of Iceland. (u.å.). *Climate Change*. [www.government.is/topics/environment-climate-and-nature-protection/climate-change/](http://www.government.is/topics/environment-climate-and-nature-protection/climate-change/)
- Government Offices of Iceland. (u.å.). *Soil Conversation*. [www.government.is/topics/environment-climate-and-nature-protection/soil-conservation/](http://www.government.is/topics/environment-climate-and-nature-protection/soil-conservation/)
- Haddaway, N. R., Hedlund, K., Jackson, L. E., Kätterer, T., Lugato, E., Thomsen, I. K., Jørgensen, H. B. & Isberg, P-E. (2017). *How does tillage intensity affect soil organic carbon?* Mistra EviEM (SR10). <http://eviem.se/wp-content/uploads/2018/03/SR10-report-final-for-web.pdf>
- Hadden, D. (2017). *Processes Controlling Carbon Fluxes in the Soil-Vegetation-Atmosphere System*. Doctoral Thesis 2017:4, Swedish University of Agricultural Sciences. [https://pub.epsilon.slu.se/13947/7/hadden\\_d\\_170109.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/13947/7/hadden_d_170109.pdf)
- Hjerpe, K., Eriksson, H., Kanth, M., Boström, B., Berglund, K., Berglund, Ö., Lundblad, M., Kasimir, Å., Klemmedtsson, L., Eksvärd, J., Lindgren, A., & Svensson, E. (2014). *Utsläpp av växthusgaser från torvmark*. Jordbruksverket (rapport 2014:24). [www2.jordbruksverket.se/download/18.64f2616c14acd372c5c4391c/1420810674894/ra14\\_24.pdf](http://www2.jordbruksverket.se/download/18.64f2616c14acd372c5c4391c/1420810674894/ra14_24.pdf)

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2003). Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., and Wagner, F. (Eds). *Good Practice Guidance for Land Use, land- Use Change and Forestry IPCC/IGES*, Hayama, Japan.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006). Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., and Tanabe, K.,(Eds). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories IPCC/IGES*, Hayama, Japan.

Kätterer, T. (2012). *Hur säkert kan vi mäta kol i marken? Del av seminariet "Från kolkälla till kolfälla: Om framtidens klimatsmarta jordbruk"*. [Videopresentation] Swedish International Agricultural Network Initiative. [www.siani.se/sv/slide/hur-sakert-kan-vi-mata-kol-i-marken/](http://www.siani.se/sv/slide/hur-sakert-kan-vi-mata-kol-i-marken/)

Kätterer, T. (u.å.). *Odlingssystemets effekt på mullförråd och kolinlagring i jordbruksmark*. [Power point-presentation]. Sveriges Lantbruksuniversitet. [www.greppa.nu/download/18.77344a8415a3416999361f54/1487074434625/K%C3%A4tterer\\_Greppa\\_2017-01-19-print.pdf](http://www.greppa.nu/download/18.77344a8415a3416999361f54/1487074434625/K%C3%A4tterer_Greppa_2017-01-19-print.pdf)

Lovdata. (2017). *Lov om klimatområde (klimatloven)*. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-16-60>

Miljöministeriet. (2018). *Vägen till en klimatsmart vardag – klimatpolitisk plan på medellång sikt fram till 2030*. [www.ym.fi/sv-FI/Miljo/Klimatet\\_och\\_luften/Sa\\_motverkas\\_klimatforandringen/Nationell\\_klimatpolitik/Klimatpolitisk\\_plan\\_fram\\_till\\_2030](http://www.ym.fi/sv-FI/Miljo/Klimatet_och_luften/Sa_motverkas_klimatforandringen/Nationell_klimatpolitik/Klimatpolitisk_plan_fram_till_2030)

Miljöministeriet. (2017). *Nationell klimatpolitik*. [www.ym.fi/sv-FI/Miljo/Klimatet\\_och\\_luften/Sa\\_motverkas\\_klimatforandringen/Nationell\\_klimatpolitik](http://www.ym.fi/sv-FI/Miljo/Klimatet_och_luften/Sa_motverkas_klimatforandringen/Nationell_klimatpolitik)

Miljö- och energidepartementet. (2018). *Regeringens skrivelse 2017/18:238 – En klimatstrategi för Sverige*. [www.regeringen.se/4971fa/contentassets/efa01b82b6304de8b469376fb057dda7/en-klimatstrategi-for-sverige-skr.-201718238](http://www.regeringen.se/4971fa/contentassets/efa01b82b6304de8b469376fb057dda7/en-klimatstrategi-for-sverige-skr.-201718238)

Miljö- och energidepartementet. (2017). *Regeringens proposition 2016/17:146 – Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige*. [www.regeringen.se/49fe25/contentassets/480ed767687b4b7ba6c960f9c1d4857f/ett-klimatpolitiskt-ramverk-for-sverige-prop.-201617146](http://www.regeringen.se/49fe25/contentassets/480ed767687b4b7ba6c960f9c1d4857f/ett-klimatpolitiskt-ramverk-for-sverige-prop.-201617146)

Mistra EviEM – Mistras råd för evidensbaserad miljövard. (2017). *SR10 Hur påverkas organiskt kol i åkermark av intensiv jordbearbetning?* <http://eviem.se/projekt/sr10-hur-paverkas-organiskt-kol-i-akermark-av-intensiv-jordbearbetning/>

Naturskyddsföreningen. (2017-02-27). *Faktablad: Växthuseffekten*. [www.naturskyddsforeningen.se/skola/energifallet/faktablad-vaxthuseffekten](http://www.naturskyddsforeningen.se/skola/energifallet/faktablad-vaxthuseffekten)

Naturvårdsverket. (2018-06-22). *Agenda 2030 och globala hållbarhetsmål*. [www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Agenda-2030-och-globala-hallbarhetsmalen/](http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Agenda-2030-och-globala-hallbarhetsmalen/)

Naturvårdsverket. (2018-04-24). *Parisavtalet*. [www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/EU-och-internationellt/Internationellt-miljoarbete/miljokonventioner/Klimatkonventionen/Parisavtalet/](http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/EU-och-internationellt/Internationellt-miljoarbete/miljokonventioner/Klimatkonventionen/Parisavtalet/)

- Naturvårdsverket. (2018). *National Inventory Report Sweden 2018 – Greenhouse Gas Emission Inventories 1990–2016*. Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. <https://unfccc.int/documents/65685>
- Naturvårdsverket. (2017-11-30). *Utsläpp och upptag av växthusgaser från markanvändning. (LULUCF)*. [www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-och-upptag-fran-markanvandning/](http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-och-upptag-fran-markanvandning/)
- Naturvårdsverket. (2017-11-06). *Kolets kretslopp rubbas*. [www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Klimat/Darfor-blir-det-varmare/Kolets-kretslopp-rubbas/](http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Klimat/Darfor-blir-det-varmare/Kolets-kretslopp-rubbas/)
- Norwegian Environment Agency. (2018). *Greenhouse Gas Emissions 1990-2016, National Inventory Report*. [www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M967/M967.pdf](http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M967/M967.pdf)
- Regeringskansliet. (2009). *Regeringens proposition 2008/09:162 – En sammanhållen klimat- och energipolitik – Klimat*. [www.regeringen.se/49bb9e/contentassets/cf41d449d2a047049d7a34f0e23539ee/en-sammanhallen-klimat--och-energipolitik---klimat-prop.-200809162](http://www.regeringen.se/49bb9e/contentassets/cf41d449d2a047049d7a34f0e23539ee/en-sammanhallen-klimat--och-energipolitik---klimat-prop.-200809162)
- Statistics Finland. (2018). *Greenhouse Gas Emissions in Finland 1990 to 2016 – National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol*. [www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/fi\\_nir\\_un\\_2016\\_20180415.pdf](http://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/fi_nir_un_2016_20180415.pdf)
- Stortinget. (2017). *Lag om klimatmål*. [www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Saker/Sak/?p=67735](http://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Saker/Sak/?p=67735)
- Svenska FN-förbundet. (2018). *Klimatförhandlingar genom åren*. <https://fn.se/vi-gor/vi-utbildar-och-informerar/fn-info/vad-gor-fn-2/fns-arbete-for-utveckling-och-fattigdomsbekampning/klimatforhandlingar-genom-aren/>
- The Danish Government. (2013). *The Danish Climate Policy Plan – Towards a low carbon society*. [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/danishclimatepolicyplan\\_uk.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/danishclimatepolicyplan_uk.pdf)
- The Environment Agency of Iceland. (2018). *National Inventory Report Emissions of Greenhouse Gases in Iceland from 1990–2016*. Submitted under the United Nations Framework on Climate Change and the Kyoto Protocol. <https://ust.is/library/Skrar/Atvinnulif/Loftslagsbreytingar/NIR%202018%2015%20April%20Submission.pdf>
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (2018). *The Paris Agreement*. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (2018). *History of the Convention*. <https://unfccc.int/process/the-convention/history-of-the-convention#eq-1>
- Vesterdal, L., Clarke, N., Sigurdsson, B. & Gundersen, P. (2013). Do tree species influence soil carbon stocks in temperate and boreal forests? *Forest Ecology and Management* 309: 4–18. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.01.017>

## Bilaga 1. Rapporteringsstruktur

Tabell 1. Rapporterings- och ansvarsstruktur i Danmark (NIR Denmark 2018, s. 28–29).

Project leader		Ole-Kenneth Nielsen (okn@envs.au.dk)
Sector	Sub-sector	Responsible expert(s)
Energy	Stationary combustion:	Malene Nielsen
	Transport and other mobile sources	Morten Winther
	Fugitive emissions:	Marlene Plejdrup
Industrial processes and product use		Katja Hjelgaard
Agriculture		Mette Hjorth Mikkelsen
		Rikke Albrechtsen
LULUCF	Forestry	Vivian Kvist Johannsen
	Harvested wood products	Kjell Suadicani
LULUCF	Cropland, grassland, wetlands, settlements	Steen Gyldenkærne
Waste		Marianne Thomsen
Greenland		Lene Baunbæk
Faroe Islands		Maria Gunnleivsdóttir Hansen

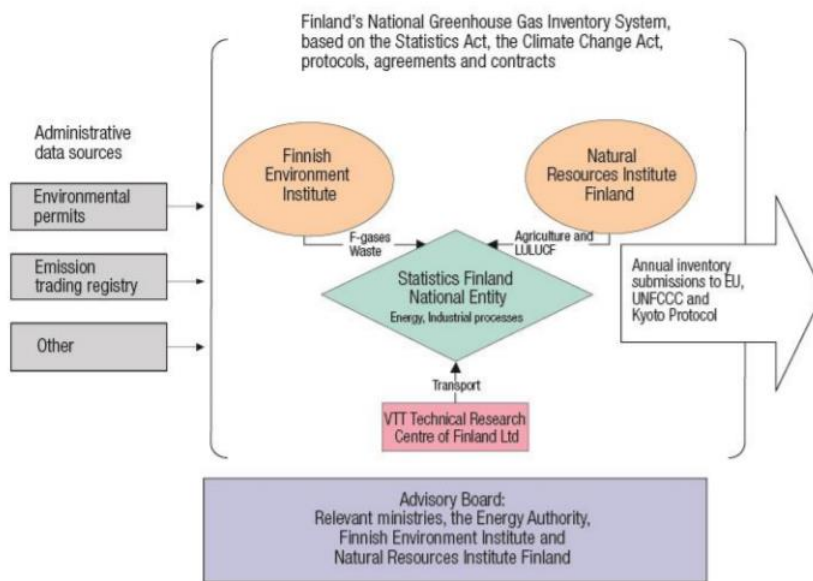
The work concerning the annual greenhouse emission inventory is carried out in cooperation with other Danish ministries, research institutes, organisations and companies:

- Danish Energy Agency, the Ministry of Energy, Utilities and Climate: Annual energy statistics in a format suitable for the emission inventory work and fuel-use data for the large combustion plants. Company reports submitted under EU ETS.
- Danish Environmental Protection Agency, the Ministry of the Environment and Food: Database on waste and emissions of F-gases.
- Danish Nature Agency, the Ministry of the Environment and Food: Database on Danish wastewater quality parameters.
- Statistics Denmark, the Ministry of Social Affairs and the Interior: Statistical yearbook, sales statistics for manufacturing industries and agricultural statistics.
- Danish Centre for Food and Agriculture (DCA), Aarhus University: Data on use of mineral fertiliser, feeding stuff consumption and nitrogen turnover in animals.
- Department of Transport, Technical University of Denmark: Number of vehicles grouped in categories corresponding to the EU classification, mileage (urban, rural, highway), trip speed (urban, rural, highway).
- Danish Centre for Forest, Landscape and Planning, University of Copenhagen: Background data for Forestry and CO<sub>2</sub> uptake by forest. Responsible for preparing estimates of emissions/removals for reporting under KP article 3.3 and for reporting FM under article 3.4.
- Civil Aviation Agency of Denmark, the Ministry of Transport and Building: City-pair flight data (aircraft type and origin and destination airports) for all flights leaving major Danish airports.
- Danish Railways, the Ministry of Transport and Building: Fuel-related emission factors for diesel locomotives.
- Danish companies: Audited green accounts and direct information gathered from producers and agency enterprises.

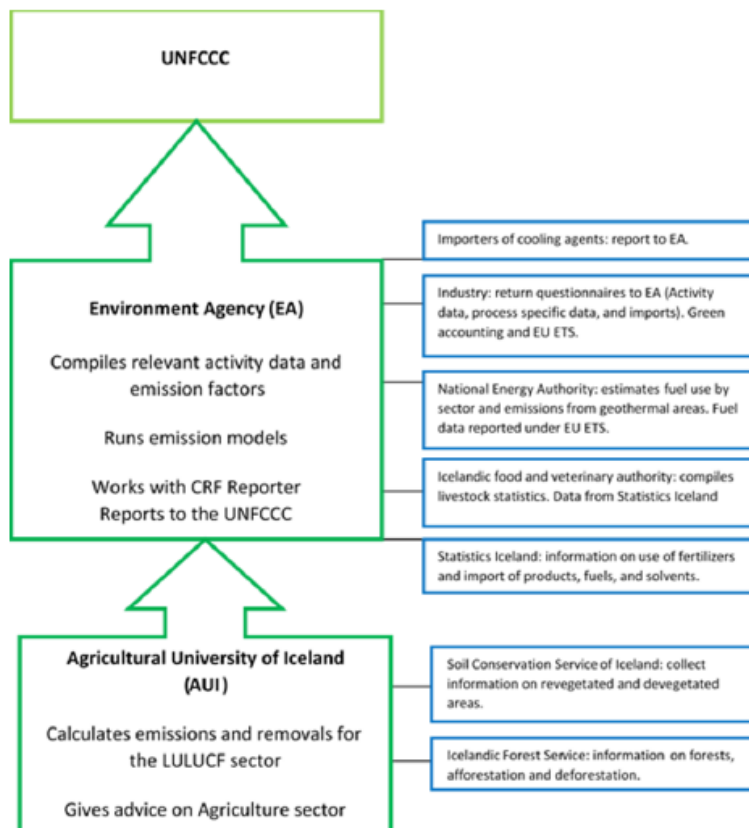
Formerly, the provision of data was on a voluntary basis, but more formal agreements are now prepared. This is the case for e.g. the Danish Energy Agency, where the data agreement specifies the data needed and the deadlines for when DCE is to receive the data.

Additionally, DCE receives data from Greenland and the Faroe Islands in order to report for the Kingdom of Denmark:

- Statistics Greenland: Complete CRF tables for Greenland and documentation for the inventory process.
- The Faroe Islands Environmental Agency: Complete CRF tables for the Faroe Islands and documentation for the inventory process.

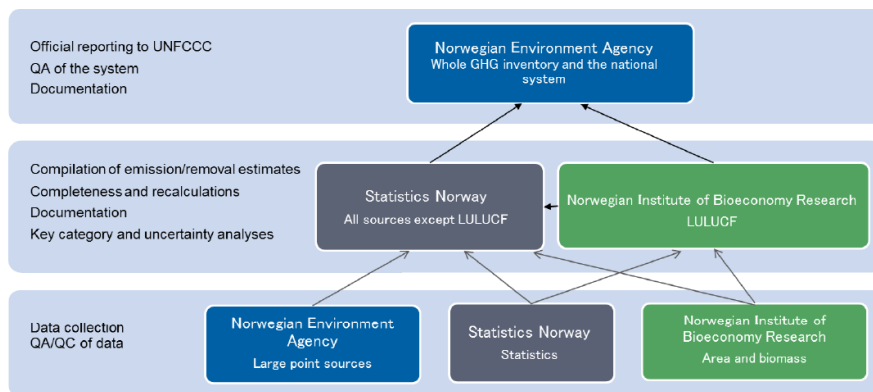


Figur 1. Rapporterings-och ansvarsstruktur i Finland (NIR Finland, 2018, s. 18).

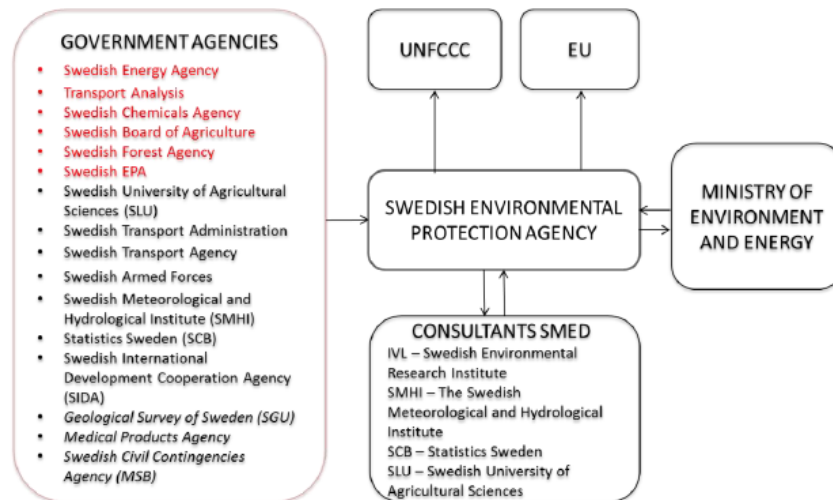


Figur 2. Rapporterings-och ansvarsstruktur i Island (NIR Island, 2018, s. 4).





Figur 3. Rapporterings-och ansvarsstruktur i Norge (NIR Norge 2018, s. 10).



Figur 4. Rapporterings-och ansvarsstruktur i Sverige (NIR Sverige, 2018, s. 48).