



Kolförråd och kolsänka i skog och mark

– inom Strängnäs kommun

Anna Lindahl & Mattias Lundblad | Inst. för mark och miljö vid SLU, 2022

Kolförråd och kolsänka i skog och mark inom Strängnäs kommun

Anna Lindahl

SLU, Institutionen för mark och miljö

Mattias Lundblad

SLU, Institutionen för mark och miljö

Utgivare:

Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för mark och miljö

Utgivningsår:

2022

Utgivningsort:

Uppsala

Omslagsfoto:

You Are Here

Nyckelord:

Koldioxidupptag, kolinlagring, markanvändning, naturreservat

Sammanfattning

Naturmarker innehåller ofta stora mängder organiskt kol i växtbiomassan och i mark. Det sker även en löpande inlagring av kol i de flesta ekosystem idag, d.v.s. de fungerar som en kolsänka som avlägsnar växthusgaser från atmosfären. Ökad kunskap om kolförråd och kolsänkor bidrar till utvecklingen av nya klimatstrategier på olika nivåer i samhället. Framförallt när det gäller hur kolförråd och kolsänkor kan bevaras eller ökas.

Denna studie syftar till att ge kunskap om bidraget från skog och mark till växthusgasbalansen inom Strängnäs kommun. Resultatet utgör ett underlag som möjliggör för ett större hänsynstagande till kolsänkan i skog och mark inom klimatarbetet i Strängnäs kommun och som ett kompletterande underlag för den översiktliga planeringen.

Kolförråd och koldioxidupptag för olika typer av marker och markanvändning i Strängnäs kommun karterades utifrån senast tillgängliga datakällor för markanvändning, jordart och trädslagsfördelning samt statistik över förändringar i kolpooler (levande biomassa, dött organiskt material och markkol).

Kolsänkan i skog och mark inom Strängnäs kommun beräknades till ca -133 kton CO₂-ekv. år⁻¹. Huvuddelen av kolsänkan utgörs av trädens upptag av koldioxid. Sjuttiosju procent (77%, 57 kha) av markerna, till huvuddelen minerogen skogsmark, fungerar som kolsänkor.

För de marker som är kolsänkor är det sammanlagda koldioxidupptaget -172 kton CO₂-ekv. år⁻¹. Sjutton procent (17%, 13 kha) av markerna fungerar som kolkällor. Dessa har ett sammanlagt årligt nettoutsläpp på 39 kton CO₂-ekv. För kolkällorna avgår majoriteten (56%) av växthusgaserna från dränerade våtmarker, där högst utsläpp per ytenhet sker på åkermark. Resterande markanvändningskategorier (6% av arealen) anses vara i balans, d.v.s. de är varken kolsänkor eller kolkällor; detta är framförallt exploaterad mark.

Det totala kolförrådet i Strängnäs kommuns skog och mark beräknades till 13 Mton kol. Majoriteten av kolförrådet finns inlagrat på trädklädda marker. Endast 2% av kolförrådet är lokaliserad inom skyddade områden (naturreservat och naturvårdsområden).

Nyckelord: Koldioxidupptag, kolinlagring, markanvändning, naturreservat

Abstract

Natural ecosystems often contain large amounts of organic carbon in the plant biomass and in the soil. There is also an ongoing sequestration of carbon in most ecosystems today, i.e. they act as a carbon sink that removes greenhouse gases from the atmosphere. Increased knowledge about carbon stocks and carbon sinks contributes to the development of new climate strategies at different parts of the society. Especially when it comes to how carbon stocks and carbon sinks can be preserved or increased.

This study aims to provide knowledge about the contribution from land use to the greenhouse gas balance within Strängnäs municipality. The results enables the possibilities to include carbon sink in forests and soil in strategic climate work and in the general planning process.

Carbon storage and uptake of greenhouse gases for different types of soil and land use in Strängnäs municipality were mapped based on the latest available data sources of land use, soil type and tree species distribution as well as statistics on changes in carbon stocks for different types of land use.

The carbon sink in forests and soil within Strängnäs municipality is estimated to about -133 ktonnes of CO₂-eq yr⁻¹. Absorption of carbon dioxide by trees accounts for the majority of the carbon sink. Seventy-seven percent (77%, 57 kha) of the land, mostly mineral forest land, acts as carbon sinks.

In total, the net absorption of the carbon sink is -172 ktonnes of CO₂-eq yr⁻¹. Seventeen percent (17%, 13 kha) of the land serves as carbon sources. These have a total annual net emission of 39 ktonnes of CO₂-eq. For carbon sources, the majority (56%) of the greenhouse gases is emitted from drained organic soil, for which the highest emission per unit area occurs on cultivated soil. The rest of the land (ca 6%) is neither a source nor a sink and is thus assumed to be in balance; this is primarily exploited land.

The total carbon stock in the forests and soil of Strängnäs municipality is 13 Mtonnes of carbon. The majority of the carbon stock is stored on tree-covered land. Only 2% of the carbon stock is located within protected areas.

Keywords: Greenhouse gas emission, carbon storage, land use, nature reserve

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	7
Figurförteckning.....	9
Ordlista.....	11
1. Inledning.....	12
1.1. Bakgrund och syfte	12
1.2. Kolbalans i skog och mark.....	13
2. Material	16
2.1. Markanvändning	16
2.1.1. Nationella Marktäckedata	16
2.1.2. Dikeskartering	20
2.1.3. Skyddade områden.....	20
2.1.4. Kompletterande markanvändningslager	20
2.2. Marktyp	20
2.2.1. SGU:s Jordartsdatabas	20
2.3. Kolförråd och kolförrådsförändringar	21
2.3.1. Markinventeringen	21
2.3.2. Riksskogstaxeringen.....	22
2.3.3. SLU Skogskarta	23
2.3.4. Skogliga grunddata	23
2.3.5. ICBM-modellen	23
2.3.6. Jordlagerföljder	24
3. Metoder	25
3.1. Markanvändning	25
3.2. Marktyp	26
3.3. Beräkning av kolförråd och koldioxidupptag.....	26
3.3.1. Levande biomassa.....	27
3.3.2. Dött organiskt material	29
3.3.3. Markkol i minerogena marker	31
3.3.4. Markkol i organogena marker	32
4. Resultat.....	37

4.1.	Skog och mark i Strängnäs kommun	37
4.1.1.	Markanvändning	37
4.2.	Marktyp	39
4.3.	Kolförrådet i skog och mark.....	42
4.4.	Kolsänkan i skog och mark.....	50
4.5.	Skyddade områden	59
5.	Felkällor som påverkar resultaten	60
6.	Diskussion och slutsatser	62
	Referenser.....	64
	Tack	67
	Bilaga 1. Expansionsfaktorer och stamtillväxt för beräkning av koldioxidupptag av levande biomassa	68
	Bilaga 2. Våtmarkers näringsstatus för olika markanvändningskategorier	70
	Bilaga 3. Kolförråd och kolsänka för Strängnäs kommuns skyddade områden.....	71

Tabellförteckning

Tabell 1. Markanvändningskategorier inom Nationella Marktäckedata.	17
Tabell 2. Beräkningsunderlag för koldioxidupptag av levande biomassa.	29
Tabell 3. Beräkningsunderlag för kolförråd hos död ved och grov förna.	29
Tabell 4. Beräkningsunderlag för koldioxidupptag av död ved och grov förna.	30
Tabell 5. Beräkningsunderlag för kolförråd för organiska humuslager och årlig förna på skogsmark.	30
Tabell 6. Beräkningsunderlag för koldioxidupptag för organiska humuslager och årlig förna på skogsmark.	31
Tabell 7. Beräkningsunderlag för kolförråd i markkol hos minerogen mark.	32
Tabell 8. Beräkningsunderlag för koldioxidupptag av markkol hos minerogen mark.	32
Tabell 9. Genomsnittlig mäktighet hos torv inom Strängnäs kommun för olika typer av marker och markanvändningskategorier.	34
Tabell 10. Emissionsfaktorer för dränerad organogen mark i den tempererade klimatzonen.	35
Tabell 11. Emissionsfaktorer för odikad och återvätt organogen mark i den tempererade klimatzonen.	36
Tabell 12. Arealer av markanvändningskategorier inom Strängnäs kommun.	37
Tabell 13. Arealer av olika marktyper inom Strängnäs kommun.	39
Tabell 14. Arealfördelning av Strängnäs kommuns markanvändning samt fördelningen av minerogen och organogen mark av olika mäktighet och näringsstatus på och utanför våtmark.	40
Tabell 15. Kolförråd i Strängnäs kommun fördelat på marktyper, markanvändningskategorier och deras kolpooler.	43
Tabell 16. Genomsnittligt koldioxidupptag i Strängnäs kommun fördelat på marktyper och markanvändningskategorier.	50
Tabell 17. Genomsnittligt koldioxidupptag i Strängnäs kommun fördelat på marktyper och markanvändningskategorier inom respektive upptagstyp.	58
Tabell 18. Olika trädslags expansionsfaktorer vid olika beståndsålder.	68
Tabell 19. Olika trädslags stamvedstillväxt på skogsmark vid olika beståndsålder.	69
Tabell 20. Olika trädslags bidrag till koldioxidupptag av levande biomassa på skogsmark vid olika beståndsålder.	69
Tabell 21. Markanvändningskategorier av våtmarkstyp och deras arealers fördelning på näringsrik respektive näringsfattig djup torv.	70

Tabell 22. Kolförråd och koldioxidupptag för skog och mark på skyddade områden inom Strängnäs kommun.	71
--	----

Figurförteckning

Figur 1. Kolets kretslopp inom kolpoolerna i skog och mark.....	15
Figur 2. Fördelning av markanvändning.....	38
Figur 3. Fördelning av marktyper inom	41
Figur 4. Totalt kolförråd i skog och mark fördelat på markanvändningsklasser och kolpooler.	44
Figur 5. Genomsnittligt kolförråd per ytenhet för minerogen mark fördelat på markanvändningsklasser och kolpooler.	45
Figur 6. Genomsnittligt kolförråd per ytenhet för organogen mark fördelat på markanvändningsklasser och kolpooler.	45
Figur 7. Totalt kolförråd i skog och mark.....	46
Figur 8. Kolförråd i levande trädbiomassa	47
Figur 9. Totalt kolförråd i dött organiskt material på marker.	48
Figur 10. Markkolets kolförråd.....	49
Figur 11. Genomsnittligt koldioxidupptag per ytenhet av minerogen mark fördelat på markanvändningsklasser och kolpooler.	51
Figur 12. Genomsnittligt koldioxidupptag per ytenhet av organogen mark fördelat på markanvändningskategorier och kolpooler.	52
Figur 13. Totalt koldioxidupptag av skog och mark.....	53
Figur 14. Koldioxidupptag av levande trädbiomassa.	54
Figur 15. Totalt koldioxidupptag av dött organiskt material på marker.	55
Figur 16. Totalt koldioxidupptag av markkol.	56

Ordlista

Kolbalans	Relationen mellan inlagring av kol och avgång genom nedbrytning, bortförel och förbränning.
Koldioxidupptag	Biosfärens upptag av koldioxid från atmosfären. Se även <i>Kolkälla</i> och <i>Kolsänka</i> nedan.
Kolförråd	Ett markområdes kolförråd omfattas av det organiska kol som där finns inlagrat som markkol, i dött organiskt material och i levande biomassa.
Kolkälla	Markområde för vilket det sker ett nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären. För dessa marker är tecknet för koldioxidupptag positivt.
Kolpool	Kolförråd kan delas upp i olika kolpooler. I denna rapport delas kolförrådet upp i de tre kolpoolerna levande biomassa, dött organiskt material och markkol.
Kolsänka	Markområde för vilket det sker ett nettoupptag av växthusgaser från atmosfären. För dessa marker är tecknet för koldioxidupptag negativt.
Minerogen mark	Mark med ett lågt kolinnehåll då den till största del består av nedkrossade eller vittrade bergarter och olika typer av mineralkorn.
Organogen mark	Torvmarker. Dessa marker har ett högt kolinnehåll då de består av dött organiskt material som är ofullständigt nedbruten på grund av syrebrist. Dessa marker bildas på våtmarker, som mossar och kärr.

1. Inledning

1.1. Bakgrund och syfte

Naturmarker innehåller ofta stora mängder organiskt kol i växtbiomassan och i mark. Dessa kolförråd har byggts upp under lång tid vilket bidragit till att koldioxid (CO₂) avlägsnats från atmosfären. Det sker även en löpande inlagring av kol i de flesta ekosystem, d.v.s. de är en kolsänka. Kolförrådet och kolsänkans storlek varierar beroende på markslag och i vilket utvecklingsstadium marken befinner sig, något som är särskilt tydligt för brukad skogsmark. En ung skog innehåller normalt mindre kol än en gammal skog men då skogen befinner sig i en tillväxtfas är kolinlagringen stor medan kolförrådet i äldre skogar går mot ett stabilt jämviktstillstånd och i dessa skogar är kolsänkan liten eller obefintlig.

Idag ingår inte bidraget från kolsänkor i markanvändningssektorn (LULUCF) i det nationella klimatmålet. Endast bidraget från kompletterande åtgärder som t.ex. åtgärder för att öka kolsänkan får inkluderas för att nå målsättningen om att uppnå netto-noll växthusgasutsläpp 2045 (Prop. 2016/17:146). Även på kommunal nivå har fokus varit att minska de fossila utsläppen och bidraget från LULUCF ingår normalt inte i kommunala strategier för klimatet.

Även om fokus fortsättningsvis ligger på att minska de fossila utsläppen kan ökad kunskap om kolförråd och kolsänkor bidra till utvecklingen av nya klimatstrategier på olika nivåer i samhället. Framförallt när det gäller hur kolförråd och kolsänkor kan bevaras eller ökas.

Sverige rapporterar årligen statistik över förändringar i olika kolpooler inom markanvändningssektorn till klimatkonventionen och EU. Statistiken bygger främst på data från *Riksskogstaxeringen* och *Markinventeringen* (båda är inventeringsprogram som bedrivs vid SLU) som sammanställs i en särskild koldatabas. Databasen innehåller den mest omfattande statistiken över kollagerförändringar, d.v.s. kolsänkor och kolkällor, för olika marktyper i Sverige. Den årliga rapporteringen avser hela Sverige, men för skogsmark och jordbruksmark skulle mer förfinade underlag uppdelade på olika geografiska regioner och skogstyper kunna tas fram.

Målsättningen med detta projekt var att (1) ta fram representativ statistik över kolförråd och kolsänka ovan och under mark för Strängnäs kommun för olika

marktyper baserat på framförallt *Riksskogstaxeringen*, *Markinventeringen*, *SGU:s jordartskartering*, *Skogliga grunddata*, *SLU Skogskarta*, *Sveriges Klimatrapportering* till EU och FN och andra identifierade underlag, samt (2) att kartlägga kolförråd och kolsänka för Strängnäs kommun med hjälp av befintliga geografiska databaser, t.ex. *Nationella Marktäckedata* och *SLU Skogskarta* och resultaten från (1). Analysen avgränsas på så sätt att inlagring i skogsprodukter (t.ex. sågat virke och pappersprodukter) inte ingår i (1) och (2) ovan. Sådana beräkningar kan inkluderas för specifika områden som planeras för exploatering.

Resultaten syftar till att öka kunskapen om bidraget till växthusgasbalansen inom Strängnäs kommun och för att skapa underlag som tar hänsyn till kolsänkan i skog och mark inom översiktlig planering.

1.2. Kolbalans i skog och mark

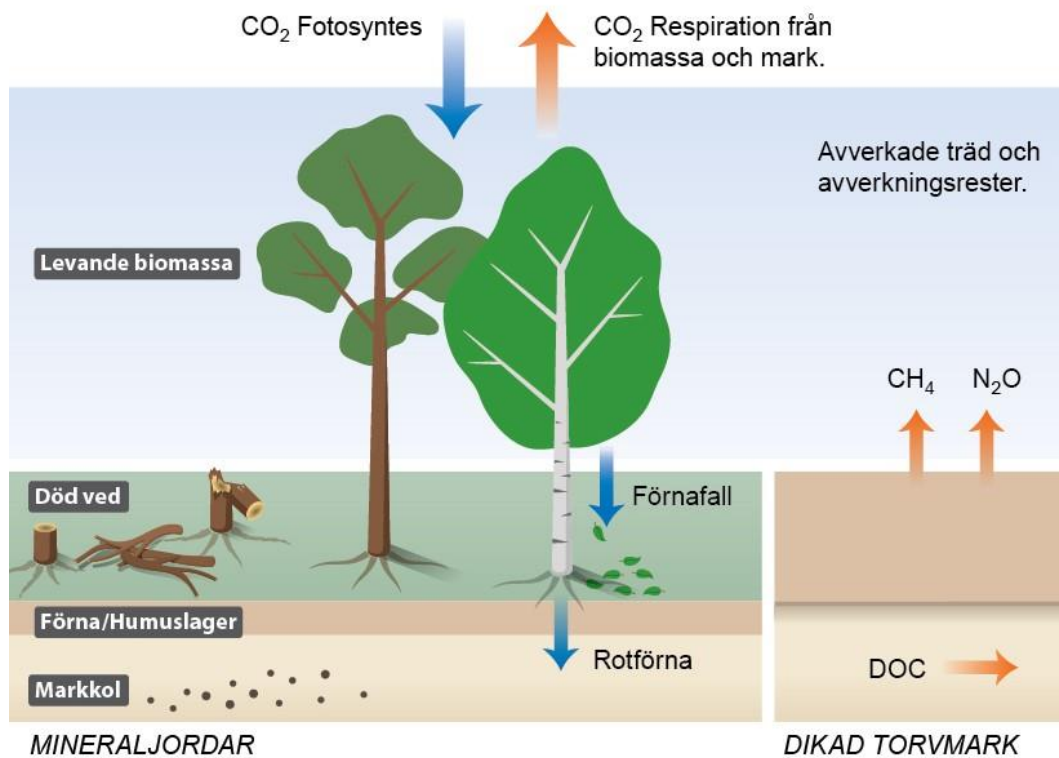
Kolbalansen i skog och mark beror på markanvändningens inverkan på växtsamhällets sammansättning, vegetationens tillväxthastighet, hur mycket biomassa som bortforslas i samband med skötselåtgärder samt skötselmetodens effekt på nedbrytningsprocesserna. En skog som används för aktivt skogsbruk med avverkning och virkesuttag kommer därmed ha en annan kolinlagring än skogsmark vars huvudsakliga syfte är naturvård. Ju högre tillväxt och ju mer vegetation som växer och får stanna kvar på markerna desto större blir kolförrådet. Till exempel kan tillväxten på gräsmattor stimuleras av att gräsmattorna klipps ofta vilket i sin tur kan leda till ett större kolförråd i marken om gräsklipppet får ligga kvar på markerna (Poeplau m.fl., 2016). Bortforsling av biomassa genom skörd eller genom att grenar och löv städas undan ger däremot ett lägre kolförråd i marken.

Olika typer av markanvändning påverkar inte enbart hur mycket kol som lagras på platsen utan också nedbrytningen av det organiska materialet. Markanvändningen kan t.ex. ha en påverkan på markens vattenmättnadsgrad, temperatur och näringsstatus, vilka samtliga är egenskaper som påverkar nedbrytningshastigheten (Oertel m.fl., 2016). Av dessa är vattenmättnadsgraden den enskilt viktigaste faktorn för växthusgasemissionernas storlek eftersom den utgör en stark kontroll på markmikrobernas aktivitet. Mark med mycket hög halt organiskt kol (s.k. torvmark) bildas under permanent vattendränkta förhållanden. Den syrefattiga miljön förhindrar fullständig nedbrytning av död biomassa varpå organiskt material ackumuleras. Därmed har dessa organogena jordar ett mycket stort kolförråd i jämförelse med andra s.k. minerogena jordar. Dränering och vissa typer av markbearbetning (som t.ex. plöjning av åkermark) resulterar i ett ökat syreinhåll i marken varpå det organiska materialet bryts ned i snabbare takt, vilket i sin tur leder till ökande kolförluster via koldioxidavgång. Viss nedbrytning av organiskt material (och därmed emission av växthusgaser) sker även under vattenmättade förhållanden. Metan (CH₄) produceras av en viss typ av bakterier

som kräver en strikt syrefattig miljö, och denitrifierande bakterier producerar växthusgasen lustgas (N₂O) i miljöer där markens porer är till mer än 50% fyllda med vatten. I artificiellt dränerade områden sker metanemissioner från vattenfyllda dräneringsdiken (Peacock m.fl., 2021). Marken fungerar dock som en sänka för metan, eftersom gasen konsumeras av metanotrofa bakterier under de syrerika förhållanden som dränering skapat i marken (Oertel m.fl., 2016). Lustgas är en stark växthusgas som kompletterar bilden av markens bidrag till atmosfärens innehåll av växthusgaser.

För vissa markanvändningskategorier, såsom t.ex. skogsmark, naturbetesmark och åkermark, finns god kunskap om markernas kolförråd och koldioxidupptag via inventeringsprogrammen *Riksskogstaxeringen* (SLU, 2021a), *Markinventeringen* (SLU, 2021b) och *Mark- och grödoinventeringen* (SLU, 2021c). Kunskapsläget är lägre vad gäller marker i urban miljö. Inom Sveriges Klimatrapportering till UNFCCC, rapporteras koldioxidemissioner på nationell nivå från sådan mark via en aggregerad markanvändningskategori kallad Bebyggd mark (Naturvårdsverket, 2021a). Denna kategori inkluderar mycket skilda marker som t.ex. vägar och järnvägar, kraftledningar inom skog, tätort, parker i anslutning till bebyggelse, industriområden, golfbanor, trädgårdar och grustag.

Inom Klimatrapporteringen delas kolförrådet i skog och mark in i tre olika kolpooler för vilka koldioxidupptaget beräknas separat (Naturvårdsverket, 2021a). Dessa kolpooler är levande biomassa, dött organiskt material samt markkol (se figur 1). Den levande biomassan utgörs av trädens levande biomassa ovan och under mark. Ovan mark ingår trädens stamved, grenar och toppar. Till levande biomassa under mark ingår biomassan under trädens stubbnivå (beräknad som 1% av trädens höjd) samt rötter ned till 2 mm i diameter. I kolpoolen dött organiskt material ingår död ved, förna och humuslagret. Död ved består av döda trädstammar och stora grenar med en diameter över 10 cm och en längd över 1,3 meter samt stubbar och rötter ned till 2 mm i diameter. Förna består av grov förna som har en diameter mellan 10 och 100 mm, årligt förnafall samt levande fina rötter som är mindre än 2 mm i diameter. För minerogena marker beräknas markkol förrådet ned till 50 cm djup. För organogena marker (torvmarker) beräknas markkolförrådet för hela den markprofilen.



Figur 1. Kolets kretslopp inom kolpoolerna i skog och mark.

Ett markområde fungerar som en kolkälla vid ett positivt nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären. Vid ett negativt nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären utgör området istället en kolsänka, eftersom det då sker ett nettoupptag av växthusgaser från atmosfären till markområdet. Systemet är i balans om områdets upptag av växthusgaser från atmosfären är lika stor som dess utsläpp av växthusgaser till atmosfären.

2. Material

2.1. Markanvändning

2.1.1. Nationella Marktäckedata

Geografisk fördelning av markanvändningen erhöles från *Nationella Marktäckedatas* ogeneraliserade basskikt (Naturvårdsverket, 2021b). Informationen ges i rasterformat med en minsta karteringsenhet på 0,01 hektar, d.v.s. ett raster med 10×10 m upplösning. Basskiktet baseras på en kombination av satellitdata (Sentinel-2) och information från Lantmäteriets laserskanning (Laserdata NH) (Naturvårdsverket, 2020). I mindre utsträckning avgränsas karteringen med stöd av befintliga kartunderlag från andra myndigheter som t.ex. Jordbruksverkets blockdatabas, SCB:s vägytor, hydrografisk data från Lantmäteriet och Hav- och Vatten myndighetens kustkartering. Karteringen genomfördes under 2017 – 2019 och planeras upprepas vart 5:e år. Aktualiteten för de mest centrala indatakällorna är 2015 – 2018 för satellitdata och 2009 – 2019 för laserdata.

Nationella Marktäckedatas basskikt innehåller information om Sveriges marktäckte och natur- och skogstyper indelat i 6 huvudkategorier, bestående av *Skog*, *Våtmark*, *Åkermark*, *Övrig öppen mark*, *Exploaterad mark* samt *Vatten*. Dessa huvudkategorier delas sedan upp i underkategorier till sammanlagt 25 markanvändningskategorier (se tabell 1). Informationen ges i rasterformat med en minsta karteringsenhet på 0,01 hektar, d.v.s. ett raster med 10×10 m upplösning.

Exploaterad mark är artificiella och vegetationsfria ytor som i hög grad är hårdgjorda. Kategorin *Exploaterad mark* delas upp i följande underkategorier: *Exploaterad mark, byggnad*, *Exploaterad mark, ej byggnad eller väg/järnväg*, samt *Exploaterad mark väg/järnväg*.

Klassificeringen för våtmark bygger på ett markfuktighetsindex baserat på två olika höjdmodeller samt jordlagrets genomsläpplighet och jorddjup. *Nationella Marktäckedata* ger en överskattning av såväl öppen våtmark samt skog på våtmark när marken dikats för jordbruk respektive skogsbruk och därmed är dränerade (Naturvårdsverket, 2020). Överskattning av öppen våtmark förekommer främst i odlingslandskapen och tätbebyggda områden i södra Sverige.

Tabell 1. Markanvändningskategoriernas hierarkiska struktur inom Nationella Marktäckedata (Naturvårdsverket, 2020).

Huvudkategori	Underkategori 1	Underkategori 2		
1 Skog	1.1 Skog utanför våtmark	111 Tallskog utanför våtmark		
		112 Granskog utanför våtmark		
		113 Barrblandskog utanför våtmark		
		114 Lövblandad barrskog utanför våtmark		
		115 Triviallövskog utanför våtmark		
		116 Ädellövskog utanför våtmark		
		117 Triviallövskog med ädellövsinslag utanför våtmark		
		118 Temporärt ej skog utanför våtmark		
	1.2 Skog på våtmark	121 Tallskog på våtmark		
		122 Granskog på våtmark		
		123 Barrblandskog på våtmark		
		124 Lövblandad barrskog på våtmark		
		125 Triviallövskog på våtmark		
		126 Ädellövskog på våtmark		
		127 Triviallövskog med ädellövsinslag på våtmark		
		128 Temporärt ej skog på våtmark		
		2 Öppen våtmark		
		3 Åkermark		
4 Övrig öppen mark	41 Övrig öppen mark utan vegetation			
	42 Övrig öppen mark med vegetation			
5 Exploaterad mark	51 Exploaterad mark, byggnad			
	52 Exploaterad mark, ej byggnad eller väg/järnväg			
	53 Exploaterad mark, väg/järnväg			
6 Vatten	61 Sjö och vattendrag			
	62 Hav			

Skog definieras som träd- och buskbeklädda områden med en vegetationshöjd på över 5 meter och en krontäckning på mer än 10%, eller mark som kan nå dessa gränsvärden (Naturvårdsverket, 2020). Måttet krontäckning beskriver hur stor del av en yta som skuggas av trädkronor. Notera att rastrets upplösning är 10 × 10 m. Detta innebär att även dungar och andra mindre samlingar av träd, alléer och enstaka träd som är av typen parkträd, träd inom bostadsområden, träd på betesmark

och gatuträd karteras som skog såvida de uppfyller kravet på trädhöjd och sammanlagd krontäckning. Dominerande trädslag avgör indelningen enligt trädslag (för mer information se Naturvårdsverket (2020)). Kategorin Temporärt ej skog innefattar öppna igenväxande hyggen, stormfällda områden eller brandfält. Även annan igenväxande övrig mark kan ingå.

Skogsområdena avgränsas genom analys av laserdata, vilken ger täckningsgrad och höjd för objekt, i kombination med analys av satellitdata som fastställer om observerade objekt är vegetation eller inte. Satellitdatabaserad förändringsinformation i kombination med Lantmäteriets fastighetskartas skogsmark och faktisk avverkning från Skogsstyrelsen används för att identifiera skogsmark på < 5 meter trädhöjd, d. v. s. temporärt ej skog. För att förhindra att skog blir överkarterat utförs en kontextuell analys inom vilka enstaka rasterceller med låg krontäckning i öppen mark och nära skogsbryn tas bort. Information om byggnader, vägar och vatten överlagras alltid skog.

Åkermark är jordbruksmark som används för växtodling eller hålls i ett sådant skick att den kan användas för växtodling utan någon särskild förberedande åtgärd. Kategorin inkluderar åkermark i växtföljd, åkermark med permanenta grödor och åkermark med permanent gräsmark.

Öppen våtmark definieras som öppen mark där vattnet under en stor del av året finns nära under, i eller strax över markytan.

Övrig öppen mark utan vegetation är övrig öppen mark som inte är våtmark, åkermark eller exploaterade vegetationsfria ytor och har mindre än 10% vegetationstäckning under vegetationsperioden. Marken kan vara moss- eller lavklädd. Kategorin inkluderar bl.a. berg i dagen, blockmarker, vegetationsfattiga hedar, dyner och slätter med sand eller grus samt även mänskligt påverkade ytor som t. ex. vägrenar.

Övrig öppen mark med vegetation är övrig öppen mark som inte är våtmark, åkermark eller exploaterade vegetationsfria ytor och har mer än 10% vegetationstäckning under vegetationsperioden. Kategorin inkluderar mänskligt skapade ytor som gräsmarker, halvnaturliga ytor som betesmark samt naturliga marker som gräshed, örtäng, hedmark och buskmark. Eventuellt träd- och buskskikt är lägre än 5 meter med spridda träd (över 5 meter men med krontäckning under 10%) kan förekomma.

Exploaterad mark är artificiella och vegetationsfria ytor som i hög grad är hårdgjorda. För att kartbildens vägar (inklusive järnvägar) ska vara sammanhängande har dessa rasterats på så sätt att samtliga rasterceller som berörs av en väg representeras som väg. Detta ger en överskattning av arealen väg och järnväg på bekostnad av omgivande marktypers arealer. För byggnader är en arealriktighet i varje cell prioriterat inom *Nationella Marktäckedata*. En byggnads vinkel och positionering jämfört med en 10 × 10 m cell avgör huruvida byggnaden (som rasteras från Lantmäteriets fastighetskarta) finns representerad i *Nationella*

Marktäckedata eller inte. Detta innebär att en byggnad strax under 0,01 ha kan komma med efter rastering samtidigt som byggnader strax över 0,01 ha riskerar att inte komma med.

2.1.2. Dikeskartering

SLU har i samarbete med Skogsstyrelsen tagit fram en rikstäckande dikeskartering (studien är ännu opublicerad) baserat på en maskininlärningsmodell. Modellen har tränats på att identifiera diken utifrån en nationell höjdmodell, baserad på Lantmäteriets nationella laserskanning, och inventerade diken (Lidberg m.fl., 2022). Dikeskartan är i rasterformat med en upplösning på 1×1 m. I denna studie används en av Skogsstyrelsen vektoriserad version av dikeskartan (Metria, 2022), i följande text refererad till som dikeskartering baserad på NHM (Nationell Höjdmodell).

2.1.3. Skyddade områden

Information om den geografiska fördelningen av skyddade områden i Strängnäs kommun, inkluderande 23 stycken naturreservat samt Tingstuhöjdens naturvårdsområde, erhöles från databaserna *Skyddade områden, naturreservat* samt *Skyddade områden, naturvårdsområden* (Naturvårdsverket, 2021b). Databaserna är i vektorformat och ägs och förvaltas av Naturvårdsverket.

2.1.4. Kompletterande markanvändningslager

För att få aktuell och mer komplett information om markanvändning än vad som ges av *Nationella Marktäckedata* nyttjades *ortofoton* över kommunen från 2021 (Lantmäteriet, 2022a) samt sju GIS-lager över exploaterade ytor, samtliga i vektorformat. Dessa GIS-lager inkluderar linjer över det befintliga vägnätet (senast uppdaterad 2022-06-15) och planerade vägar, polygoner över byggnader, bebyggelseområden och markområden som kommer att exploateras inom en snar framtid (Strängnäs kommun, 2022) samt polygoner över kommunens tätorter 2020 (SCB, 2022). Vidare erhöles data över Strängnäs kommungräns från Fastighetskartans marktäcke (Lantmäteriet, 2022b).

2.2. Marktyp

2.2.1. SGU:s Jordartsdatabas

Geografisk fördelning av torvjordar i Strängnäs kommun erhöles från *SGU:s Jordartsdatabas* i skala 1:25 000 (SGU, 2018). Databasen ger information om jordarten i form av ett grundlager vilken ger den jordartstyp som normalt kan förväntas på karteringsdjup, d.v.s. ca 0,5 meter under markytan, och som bedöms ha en mäktighet väl överstigande 0,5 meter (SGU, 2018). Vidare redovisas även områden där berggrunden endast täcks av tunna ytlager, vars mäktighet

underskrider 0,5 meter, eller osammanhängande ytliga jordlager med en uppskattad medelmäktighet på 0,5 – 1 meter.

För grundlagret redovisas torv (d.v.s. organogena jordar) uppdelat i kategorierna kärrtorv och mossetorv (SGU, 2018). Kärrtorven är näringsrik då den bildas i kärr som får sitt vatten via grundvattnet från omkringliggande områden. Mossen får sitt vatten uteslutande via nederbörden, och dess mossetorv blir därmed näringsfattig. För ytliga jordlager gör *SGU:s Jordartsdatabas* ingen uppdelning i torvtyp m.a.p. näringsinnehåll (SGU, 2018).

För Strängnäs kommun utfördes jordartskarteringen mellan 1972 och 1984. Karteringen har ett bedömt medelfel på 25 meter. Lägesfel kan dock vara upp till 50 – 70 meter orsakade framförallt av lägesfelet hos det topografiska underlaget men kan också bero på felaktiga avgränsningar, felklassningar och förbisedda geologiska objekt. Vidare är kartbilderna generaliserade vilket innebär att felaktiga avgränsningar medvetet ritats in med syfte att öka läsbarheten.

Att karteringen utfördes för flera decennier sedan medför en osäkerhet vad gäller tillförlitligheten m.a.p. yttlig torv eftersom dränering och bruk av torvjord resulterar i ett ökat syreinnehåll i marken vilket medför att torven succesivt bryts ned och på sikt kan försvinna helt.

2.3. Kolförråd och kolförrådsförändringar

Karteringar över kolförråd i minerogena skogsmarkers kolpooler av organiska humuslager och markkol har tidigare tagits fram av Hounkpatin m. fl. (2021) m h a Random Forest algoritmer och ett flertal variabler som beskriver markegenskaper, skogsbeståndets egenskaper, topografi, geokemisk data, gammastrålningsdata, historisk markanvändning och geografisk position. För övriga kolpooler nyttjades de databaser som beskrivs i nedanstående avsnitt.

2.3.1. Markinventeringen

Från *Markinventeringen* (SLU, 2021b) erhöles information om kolförrådsförändringar i kolpoolerna organiskt humuslager och markkol i minerogena marker på *Skogsmark*, kolförråd och kolförrådsförändringar i markkol i minerogena marker på *Naturbete* samt kolförråd i torvjordar.

Markinventeringen är ett utökat provtagningsprogram för ca 20 000 av *Riksskogstaxeringens* permanenta provytor och är en del av Sveriges nationella miljöövervakning som utförs vid SLU på uppdrag av Naturvårdsverket. Marken på dessa provytor inventeras och provtas en gång var tionde år och klassificeras bl.a. efter jordmånstyp, jordart och humusform. Provtagningen av marken sker både i övre delen av jordmånen, d.v.s. i humuslagret, samt på olika djup i mineraljorden.

Det utförs dessutom analyser av markkemi för jordproverna, bl.a. kol- och kväveinnehåll i jordprofilens horisonter, inklusive organoga horisonter.

Till *Markinventeringen* hör även databasen *Torvdjupssondning* innefattande 3 221 torvdjupsmätningar på 3 063 provytor med ett torvlager mäktigare än 30 cm under omdrevet 2003 – 2012. Mätningarna utfördes på de av Riksskogstaxeringens permanenta provytor som normalt inte ingår inom *Markinventeringen*. Av de 2 762 torvdjupsmätningarna som utfördes på ägoslagen produktiv skogsmark samt myr togs även torvprov för analys av torr skrymdensitet samt halten organiskt kol från torvsiktet 0 – 30 cm resp. 30 – 50 cm.

2.3.2. Riksskogstaxeringen

Från *Riksskogstaxeringen* (SLU, 2021a) erhöles information om kolförråd och kolförrådsförändringar i kolpoolerna levande biomassa, död ved, grov förna och årlig förna och förhållanden mellan biomassainnehåll ovan och under mark i Skogsmark.

Riksskogstaxeringen är ett inventeringsprogram över skog och markanvändning i Sverige. Programmet administreras av SLU och är en del av Sveriges officiella statistik. Inventeringen genomförs som en sticksprovsinventering inom cirkulära provytor av en radie på 10 m för permanenta provytor och 7 m för tillfälliga provytor (RIS, 2021). Provytorerna är rektangulärt grupperade i s.k. inventeringstrakter. Hela Sveriges areal täcks av ett systematiskt nät av dessa trakter. Eftersom landskapet är mer varierat i södra Sverige är provytetäthet samt täthet mellan trakter högre i södra och glesare i norra Sverige. Stickprovet består av en kombination av ca 30 500 permanenta och ca 23 500 tillfälliga provytor (SLU, 2021a). De permanenta provytorerna återinventeras vart femte år d.v.s. en femtedel av provytorerna inventeras varje år och alla provytor inventeras en gång under en femårsperiod. Inventeringen genomfördes första gången i sitt nuvarande format under perioden 1983 – 1987. De flesta av provytorerna inventeras vid fysiska fältbesök. Provytor inom t.ex. produktiv skogsmark och naturbete beskrivs särskilt ingående (RIS, 2021). För andra ägoslag som t.ex. *Bebyggd mark* och *Åkermark* görs dock endast en översiktlig beskrivning genom s.k. karttaxering (d.v.s. data tas från t.ex. kartor och flygbilder). Parallellt med de traditionella ägoslagen rapporteras även de tre internationella ägoslagen *Skogsmark*, *Träd- och buskmark* samt *Kalt impediment*, sedan 1998. *Skogsmark* klassificeras enligt FAO:s definition (FAO, 2004). Den svenska inventeringen beaktar dock inte permanenta skogsvägar med en bredd över 5 meter som skogsmark och anger inte heller någon minsta bredd för att området ska utgöra skogsmark (Naturvårdsverket, 2021a). Skogsmark definieras som markområden med en minsta area på 0,50 ha vars träd vid mognad kan uppnå en minsta höjd på 5 meter och en krontäckning på mer än 10%. Dessutom måste markområdets huvudsakliga markanvändning vara skogsbruk, vilket även omfattar skyddade arealer som t.ex. reservat. Skogsmark är en bredare

markanvändningskategori än produktiv skogsmark och inkluderar förutom denna även delar av de traditionella markanvändningskategorierna myrimpediment, berg och vissa andra impediment, fjällbarrskog och fjäll.

Naturbete definieras som mark som inte plöjs regelmässigt och vars huvudsakliga användningsområde är bete (RIS, 2021).

För definitioner av övriga ägoslag hänvisas till *Fältinstruktion 2021 – RIS – Riksinventeringen av skog* (RIS, 2021).

2.3.3. SLU Skogskarta

Från *SLU Skogskarta* (SLU, 2021d) erhöles geografisk information om levande trädbiomassa ovan mark, olika trädslags stamvolym och beståndsålder (d.v.s. medelåldern på träden inom ett skogsområde).

SLU Skogskarta är producerad genom sambearbetning av provytedata från *Riksskogstaxeringen*, normaliserade ytmodeller från Lantmäteriets stereomatchade flygbilder samt satellitbilder från Sentinel 2 (SLU, 2021d). Kartan är i rasterformat. I den senaste versionen från 2015 är rastercellerna av storleken $12,5 \times 12,5$ m. I produkten ingår ett flertal kartsikt, bl.a. för stamvolym uppdelat i olika trädslag och biomassa ovan mark (d.v.s. stamved plus grenar och toppar) som uttrycks i enheten ton torrs substans per hektar (ton ts ha^{-1}). För rasterceller där den grundtyevägda medelhöjden är lägre än 3 meter är biomassan satt till noll. Medelfelet i volymkattningarna är på ca 24 procent vilket är i nivå med traditionella mätningar med relaskop och höjdmätare (SLU, 2021e). Medelfelet i biomassa är 26%. I första hand nyttjades information som ges av *SLU Skogskarta 2015*. Denna saknar dock information om beståndsålder, varför *SLU Skogskarta 2010* (med en upplösning på 25×25 m) användes för denna parameter.

2.3.4. Skogliga grunddata

Karttjänsten *Skogliga grunddata*, som tillhandahålls av Skogsstyrelsen (2021), ger information om yttre gränser för utförda avverkningar och avverkningsanmälda områden.

2.3.5. ICBM-modellen

Information om kolförråd och kolförrådsförändringar i minerogen åkermark erhöles från de modelleringsresultat med ICBM-modellen som används inom Sveriges klimatrapporering (Naturvårdsverket, 2021c). Indata till ICBM-modellen är väderdata, värden över årlig avkastning och stallgödselanvändning samt data över markegenskaper, bl.a. kolhalt och textur. Markegenskaper erhålls från *Mark- och grödoinventeringen* som är ett program för yttäckande miljöövervakning på svensk åkermark vilken administreras av Sveriges lantbruksuniversitet och finansieras av Naturvårdsverket (SLU, 2021c). Markanvändningen på åkermarken inkluderar

såväl odling av ettåriga grödor som vall i rotation, gräsmark, bete och permanenta grödor (t.ex. energiskog). Inventeringen påbörjades 1988 och har utförts under tre omgångar, det senaste fullständiga s.k. omdrevet utfördes under åren 2011 – 2017. Det fjärde omdrevet har påbörjas med provtagningstillfällen fördelade över åren 2021, 2023, 2025 och 2027.

2.3.6. Jordlagerföljder

Information om mäktighet för ytliga torvlager på åkermark erhöles från SGU:s databas *Jordlagerföljder* (SGU, 2015) som innehåller uppgifter om jorddjup, jordlagrens mäktighet och egenskaper som t.ex. bildningssätt och kornstorlek. Informationen bygger borningar/sonderingar eller observationer i skärningar.

3. Metoder

Samtliga analyser (om inte annat anges i metodavsnitten nedan) utfördes med GIS-programvaran ArcGIS Pro 2.9.3 (Environmental Systems Research Institute, 2022).

3.1. Markanvändning

Då exploatering av marken skett i Strängnäs kommun sedan *Nationella Marktäckedata* skapades (åren efter 2019) kompletterades denna med ytterligare information om olika typer av exploaterade ytor som används inom Samhällsbyggnadskontoret vid Strängnäs kommun (Strängnäs kommun, 2022). De vägar inom dessa GIS-lager som inte finns representerade inom *Nationella Marktäckedata* lades till på så sätt att de celler inom *Nationella Marktäckedatas* *basskikt* som överlappas med dessa vägar ersattes med värdet för *Exploaterad mark väg/järnväg*. GIS-lagret över befintliga byggnader rasterades till celler om 10×10 m och överlappande celler inom det väg-uppdaterade lagret över markanvändning tilldelades värdet för *Exploaterad mark, byggnad*. På samma sätt rasterades och överlappade GIS-lagren med markområden som snart kommer att exploateras det väg- samt byggnads-uppdaterade markanvändningslagret. Då fördelningen av markanvändning inom dessa blivande exploaterade områden inte specificeras gavs överlappande celler värdet *Exploaterad mark, ej byggnad eller väg/järnväg*. Undantaget dock ursprungliga celler inom *Nationella Marktäckedatas* *basskikt* av markanvändningskategorin vatten. Sådana områden antas även fortsättningsvis vara vatten och ändras därför ej.

Bebyggelseområden som, enligt Samhällskontorets GIS-lager (Strängnäs kommun, 2022), antingen är stora ($\geq 4,5$ ha) eller lokaliserade inom 1 km från en tätort, enligt SCB:s GIS-lager (SCB, 2022) men samtidigt inte innehåller någon byggnad enligt *Nationella Marktäckedatas* *basskikt* kan misstänkas utgöra nyexploaterade områden. Därför jämfördes markanvändningen i dessa områden enligt *Nationella Marktäckedata* mot ortofoton (Lantmäteriet, 2022a) och ett nytt polygonlager med aktuell markanvändning skapades utifrån identifierade avvikelser. Polygonerna rasterades sedan till ett markanvändningsraster med celler om 10×10 m vars värden ersatte överlappande celler inom markanvändningslagret under bearbetning.

En hybridkarta över markanvändning skapades därefter genom att markanvändningskartan med uppdaterad markanvändning inom exploaterade områden (inklusive vägar och byggnader) kombinerades med *Dikeskarteringen baserad på NHM* med syfte att ta hänsyn till den dräneringseffekt diken ger på våtmarker, och därmed minska den överskattningen av våtmark som görs av *Nationella Marktäckedata*. Notera dock att dikeskarteringen inte är komplett. I en jämförelse mot de organogena provytor som i fält bedömts vara dränerade enligt Riksskogstaxeringen saknas dike inom dikeskarteringen för drygt 20% av provytorna (Lindahl m.fl., 2022). Inom klimatrapporeringen bedöms marker som har ett dike inom 25 m som dränerade (Naturvårdsverket, 2021a), detta samband tillämpades även i denna analys även om viss dikeseffekt kan förväntas även för längre dikesavstånd. I ett första steg konverterades samtliga rasterceller med våtmarkskategorier inom *Nationella Marktäckedatas* basskikt till polygoner. Områden inom 25 m från ett dike enligt *Dikeskarteringen baserad på NHM* klassificerades därefter om på så sätt att *Öppen våtmark* blir *Övrig öppen mark med vegetation* och *Skog på våtmark* blir *Trädklädd mark utanför våtmark*. Polygonerna rasterades sedan till ett slutgiltigt markanvändningsraster med celler om 10 × 10 m. Totalt 211 ha *Skog på våtmark* och 123 ha *Öppen våtmark* kategoriserades om p.g.a. närliggande diken.

Den nya kartan, kallad *Hybridkartan över markanvändning* i följande text, användes som underlag för kartering av kolförråd och koldioxidupptag.

3.2. Marktyp

SGU:s Jordartsdatabas rasterades till ett jordartsraster med celler om 10 × 10 m. Organogen mark definierades som torvjordar enligt *SGU:s Jordartsdatabas*. Torvlager som bedöms ha en mäktighet överstigande 0,5 meter (SGU, 2018) refereras hädanefter som djup torv, medan torvlager vars mäktighet underskrider 0,5 m, eller är osammanhängande ytliga torvlager med en medelmäktighet på 0,5 – 1 m, refereras som grund torv.

Den nya kartan, kallad *SGU-baserat torvraster* i följande text, användes som underlag för kartering av kolförråd och koldioxidupptag.

3.3. Beräkning av kolförråd och koldioxidupptag

Kolförråd samt koldioxidupptag beräknas separat för vardera rastercell om 10 × 10 m inom Strängnäs kommun, presenteras för vardera kolpool, och adderas sedan samman till ett totalt kolförråd respektive koldioxidupptag. I de fall värden för kolförråd och kolförrådsförändringar framtagna för ägoslag inom Klimatrapporeringen används (d.v.s. för död ved, grov förna samt

emissionsfaktorer för dränerad torvmark) appliceras de på de markanvändningskategorier som de överensstämmer mest med. För *Gräsmark* är detta *Övrig öppen mark med vegetation*, för *Odlingsmark* är det *Åkermark*, för *Skogsmark* är det *Trädklädd mark utanför våtmark* och för *Våtmark* är det *Öppen våtmark*.

Naturvårdsverkets databaser över naturreservat och naturvårdsområden (Naturvårdsverket, 2021b) nyttjades för att beräkna hur stora delar av kolförrådet och koldioxidupptaget som är skyddat.

Rapporteringskonventionen för kolpoolernas koldioxidupptag är att ett positivt värde innebär en nettoförlust av kol, medan ett negativt värde indikerar ett nettotillskott av kol. För ett markområdes totala koldioxidupptag innebär därmed ett positivt värde ett nettoutsläpp av växthusgaser från markområdet till atmosfären, medan ett negativt värde innebär ett nettoupptag av växthusgaser från atmosfären. I det första fallet utgör markområdet en kolkälla, i det senare en kolsänka.

3.3.1. Levande biomassa

SLU Skogskarta nyttjades för att beräkna kolförrådet i levande trädbiomassa på *Trädklädd mark* i Strängnäs kommun. Detta kolförråd omfattar därmed den levande biomassan i träd på marker med en grundtyevägd medelhöjd på minst 3 meter. Enligt ett stickprov på 752 representativa träd, inom *Riksskogstaxeringen* år 2015 till 2019, är biomassan under mark (rotdeklar och stubbe) ca 25% av den totala trädbiomassan för såväl tall som gran och lövträd. Med ett antagande om en kolhalt på 50% (Naturvårdsverket, 2021a) kan därmed det totala kolförrådet i trädbiomassa beräknas utifrån *SLU Skogskarta*.

Tillväxt

Trädens tillväxthastighet är åldersberoende och påverkas därtill av beståndets täthet p. g. a. konkurrens om ljus. Utifrån *SLU Skogskarta* över Strängnäs kommun beräknades den totala biomassan ovan mark för olika trädslag utifrån stamvolym (genom tillämpning av s.k. expansionsfaktorer) för olika beståndsåldrar med minsta kvadratmetoden. Då *SLU Skogskarta* för år 2015 saknar beståndsålder användes beståndsåldern angiven i *SLU Skogskarta* för 2010 till vilket fem år kan adderas. De områden för vilka *Skogliga grunddata* anger att avverkning skett någon gång under åren 2015 – 2021 uteslöts från analysen. Metoden upprepades för samtliga beståndsåldrar uppdelat i två tioårs-intervall för beståndsåldern 0 till 19 år, och därefter i tjugoårs-intervall upp till 79 års ålder. Skogar med en beståndsålder på 80 år eller mer slogs ihop till en gemensam åldersgrupp då åldersbestämningen för äldre träd är osäkra inom *SLU Skogskarta*. Därefter användes *Riksskogstaxeringens* data över tillväxt på Skogsmark inom Södermanlands län (2 804 st provytor, år 2001 till 2021) för att beräkna biomassatillväxt för olika trädslag vid olika

beståndsåldrar, samt även utan hänsyn till beståndsålder. För ek beräknades inga åldersberoende värden för biomassatillväxt då antalet ekar inom vardera ålderskategori som mest var 11 st. Framräknade expansionsfaktorer, stamvedstillväxt och koldioxidupptag av levande biomassa för olika trädslag vid olika beståndsåldrar presenteras i bilaga 1.

Utifrån den framtagna informationen om trädslagens bidrag till det totala koldioxidupptaget baserat på stamvolym, samt stamvedstillväxt på Skogsmark, kan årligt koldioxidupptag beräknas för varje rastercell med trädklädd mark utifrån beståndsålder och de olika trädslagens stamvolymsandel av den totala stamvolymen. Data erhöles från *SLU Skogskarta 2015* samt *SLU Skogskarta 2010* (endast beståndsålder) efter omräkning till raster med en upplösning på 10×10 m enligt metoden Nearest Neighbour för att matcha upplösningen hos de framtagna hybridkartorna för marktyp och markanvändning. Då *SLU Skogskarta* för år 2015 saknar beståndsålder så användes beståndsåldern angiven i *SLU Skogskarta* för 2010 till vilken fem år adderades. Undantaget är dock de områden som avverkats. För de områden som saknar biomassa år 2015, de områden som temporärt ej är skog enligt *Nationella Marktäckedata* samt de områden för vilka *Skogliga grunddata* anger att avverkning skett någon gång under åren 2015 – 2021 korrigeras åldern därmed ned till noll (0). Dessutom beräknades en ny beståndsålder för år 2015 utifrån avverkningsår för de områden som enligt *Skogliga grunddata* avverkats år 2010 till och med 2014 (d. v. s. till högst 5 år). För trädklädda marker utan angiven beståndsålder nyttjades de beståndsåldersoberoende resultaten för expansionsfaktorer och stamvedstillväxt.

Notera att koldioxidupptag beräknas för samtliga marker med trädhöjd över 5 meter och en krontäckning på mer än 10%, vilket motsvarar 10 m^2 markyta skuggade av trädkronor inom varje rastercell på 100 m^2 . Koldioxidupptag beräknas därmed även för bl.a. alléer, träd inom bostadsområden och enstaka gatuträd i exploaterad stadsmiljö, såvida dessa uppfyller kravet på höjd och sammanlagd krontäckning. Då *SLU Skogskarta* inte anger beståndsålder för trädbestånd av mindre arealer, beräknades koldioxidupptag för dessa utifrån de framtagna beståndsberoende värdena för aktuellt trädslag eller kombination av trädslag enligt *SLU Skogskartas* volymsangivelser. Totalt 11 % av de trädklädda markerna saknade angiven beståndsålder.

För övriga marker med en lägre trädhöjd och krontäckning sattes koldioxidupptaget av levande biomassa till noll (se tabell 2). Dessa markers ev. trädbestånd består av mindre träd med liten kolinlagring eftersom tillväxten hos små träd är låg.

Tabell 2. Beräkningsunderlag för koldioxidupptag av levande biomassa.

Markanvändningskategori	Koldioxidupptag av levande biomassa (kg CO ₂ ha ⁻¹ år ⁻¹)	Källa och geografiskt område
Trädklädd mark	Biomassatillväxt vid olika beståndsåldrar beräknade utifrån stamvedstillväxt och expansionsfaktorer	<u>Källa stamvedstillväxt:</u> Riksskogstaxeringens 932 provytor på skogsmark i Södermanlands län, 2001-2021. <u>Källa expansionsfaktorer:</u> SLU Skogskarta 2015 inom Strängnäs kommun
All övrig mark	0	

Kolförråd

SLU Skogskarta 2015 nyttjades för att beräkna kolförrådet i levande trädbiomassa i Strängnäs kommun efter omräkning till raster med en upplösning på 10 × 10 m enligt metoden Nearest Neighbour för att matcha upplösningen hos de framtagna hybridkartorna för marktyp och markanvändning. För områden med beståndsålder 0 sattes dock biomassan till 0 och för områden som avverkats år 2010 till 2014 beräknades kolförrådet fram utifrån de framtagna tillväxthastigheterna SLU Skogskartas volymsangivelser för olika trädarter samt uppdaterad beståndsålder utifrån avverkning år 2010 och framåt.

3.3.2. Dött organiskt material

Död ved och grov förna

Medelvärde för kolförrådet i död ved år 2020 uppdelat på olika typer av ägoslag inom Klimatrapporteringen beräknades utifrån Riksskogstaxeringens samtliga provytor (se tabell 3). Kolförråd i grov förna beräknades utifrån antagandet att den motsvarar 15% av den döda vedens förråd (Naturvårdsverket, 2021a). Årligt koldioxidupptag beräknades utifrån skillnader i kolförråd mellan år 2020 och 2015 (se tabell 4).

Tabell 3. Beräkningsunderlag för kolförråd hos död ved och grov förna i Sverige.

Ägoslag inom Klimatrapporteringen	Kolförråd i död ved (kg C ha ⁻¹)	Kolförråd i grov förna (kg C ha ⁻¹)
Gräsmark	99	15
Odlingsmark	13	2
Skogsmark	1 343	202
Våtmark	47	7

Tabell 4. Beräkningsunderlag för koldioxidupptag av död ved och grov förna i Sverige.

Ägoslag inom Klimatrapporteringen	Koldioxidupptag av död ved (kg CO ₂ ha ⁻¹ år ⁻¹)	Koldioxidupptag av grov förna (kg CO ₂ ha ⁻¹ år ⁻¹)
Gräsmark	-24	-4
Odlingsmark	-2	0
Skogsmark	-172	-26
Våtmark	-2	0

Organiska humuslager

För geografisk fördelning av kolförråd i trädklädda minerogena markers humuslager användes kartunderlaget för skogsmark framtaget av Hounkpatin m.fl. (2021), se tabell 5. Denna kolpool innehåller även fin förna (levande rötter <2 mm). Luckor i karteringen, d.v.s. trädklädda marker utan angivet värde på kolförråd, samt ett antal uppenbart felaktiga artefaktvärden (i slättområden) ersattes med interpolerade värden enligt Inverse Distance Weighted teknik.

Koldioxidupptag av organiska humuslager på Skogsmark beräknades utifrån skillnader i kolförråd mellan inventeringarna inom Markinventeringen utförda år 2003 till 2012 och 2013 till 2021 (se tabell 6).

Årlig förna

Medelvärdet för kolförråd och koldioxidupptag för årlig förna beräknades för både minerogen och organogen mark utifrån *Riksskogstaxeringens* provytor med Skogsmark inom Södermanlands län (se tabell 5 och 6). Antalet provytor för organogen mark är mycket få (endast nio st) men dess medelvärden för kolförråd och koldioxidupptag kan antas vara rimliga då de ligger mycket nära, men inte överskrider, dem för minerogen mark.

Tabell 5. Beräkningsunderlag för kolförråd för organiska humuslager och årlig förna på Skogsmark. Konfidensintervall (95%) anges inom parentes. N anger antal provytor.

Kolpool	Kolförråd (kg C ha ⁻¹)	Geografiskt område	Källa
Organiska humuslager	0 – 83 275	Strängnäs kommun, raster om 10 × 10 m	Hounkpatin m.fl., 2021
Årlig förna, minerogena marker	1 362 (1 274 – 1 451), N=142	Södermanlands län	Riksskogstaxeringen, 2003 – 2012
Årlig förna, organogena marker	1 093 (608 – 1 579), N=9		

Tabell 6. Beräkningsunderlag för koldioxidupptag för organiska humuslager och årlig förna på Skogsmark. Konfidensintervall (95%) anges inom parentes. N anger antal provytor.

Kolpool	Koldioxidupptag (kg CO ₂ ha ⁻¹ år ⁻¹)	Geografiskt område	Källa
Organiska humuslager	425 (-756 – 1 605), N=142	Södermanlands län	Markinventeringen 2003 – 2021
Årlig förna, minerogena marker	-31 (-72 – 19), N=142		Riksskogstaxeringen, 2003 – 2021
Årlig förna, organogena marker	-47 (-207 – 113), N=9		

3.3.3. Markkol i minerogena marker

För geografisk fördelning av kolförråd i minerogena *Trädklädda markers* markkolspool användes kartunderlaget för Skogsmark framtaget av Hounkpatin m.fl. (2021) utifrån lokala modeller. Luckor i karteringen, d. v. s. trädklädda marker utan angivet värde på kolförråd, samt ett antal uppenbart felaktiga artefaktvärden (i slättområden) ersattes med interpolerade värden enligt Inverse Distance Weighted teknik.

För *Öppen mark med vegetation* användes det värde på kolförråd som tidigare beräknats för naturbete (Ståhlberg m.fl., 2010) utifrån 222 provytor inom *Markinventeringen* perioden 1993 till 2002 (se tabell 7). Det årliga koldioxidupptaget beräknades fram utifrån skillnader i kolförråd för samtliga permanenta provytor med naturbete som blivit inventerade under pågående inventeringsperiod (2013 – 2021) och den senaste inventeringsperioden (2003 – 2012) (se tabell 8).

Inom Klimatrapporteringen simuleras kolförrådsförändringar i åkermarkens matjord (skiktet 0 – 25 cm) per produktionsområde med ICBM-modellen (Naturvårdsverket, 2021c). För *Åkermarkens* kolförråd i matjord nyttjades dessa simuleringars initiala kolförråd år 2021 för Svealands slättbygder som, förutom Södermanlands län, även omfattar Stockholms, Västmanlands och Uppsala län. För åkermarkens alv (från 25 cm ned till 50 cm djup) beräknades kolförrådet till 40 ton C ha⁻¹ utifrån svenska åkermarkers mediankolhalt på olika djup år 2003 samt den skattning av skrymdensitet utifrån kolhalt i åkerjord som tagits fram under omdrev 2 av *Mark- och grödoinventeringen* (Eriksson m.fl., 2010). Ett medelvärde för koldioxidupptaget för Svealands slättbygder beräknades utifrån simulerad

kolförrådsförändring 2012 – 2021 (se tabell 8). Kolförrådsförändringar i alven antogs vara försumbar.

Exploaterad mark antas ha ett försumbart kolinnehåll i sina eventuella jordlager genom antagandet att ursprungligt jordmaterial schaktats bort under exploatering och att eventuell ersättningsjord har en försumbar kolhalt. Även minerogena marker av kategorin *Öppen mark utan vegetation* antas ha ett försumbart kolinnehåll. Kolförrådet i den minerogen markkolspoolen sätts därmed till noll (0) för dessa typer av marker.

Tabell 7. Beräkningsunderlag för kolförråd i markkol hos minerogen mark. N anger antal provytor.

Ägoslag, djup	Kolförråd i markkol (kg C ha ⁻¹)	Geografiskt område	Källa
Naturbete, 0 – 50 cm	90 700 ¹ , N=222	Hela Sverige	Ståhlberg m.fl., 2010: tabell 6
Skogsmark, 0 – 50 cm	0 till 162 648	Strängnäs kommun, raster om 10 × 10 m	Houkpatin m.fl., 2021
Åkermark, 0 – 25 cm	80 942	Svealands slättbygder	ICBM-modellen, modellerat för 2021
Åkermark, 25 – 50 cm	40 438, N=507	Hela Sverige	Eriksson m.fl., 2010

Tabell 8. Beräkningsunderlag för koldioxidupptag av markkol hos minerogen mark. Konfidensintervall (95%) anges inom parentes. N anger antal provytor.

Ägoslag	Koldioxidupptag av markkol (kg CO ₂ -ekv. ha ⁻¹ år ⁻¹)	Geografiskt område	Källa
Naturbete	92 (- 695 – 811) ² , N=62	Hela Sverige	Markinventeringen, 2003– 2020
Skogsmark	190 (-4 870 – 5 250), N=63	Södermanlands län	Markinventeringen, 2003 – 2021
Åkermark	-322 (-2 109 – 1 837) ¹	Svealands slättbygder	ICBM-modellen, för tidsperioden 2012 – 2021

3.3.4. Markkol i organogena marker

Kolförråd i markkol för marker som inte är exploaterad mark eller åkermark och sammanfaller med torv inom GIS-lagret *SGU-baserat torvraster*, beräknades utifrån genomsnittliga värden på torvmåktighet (1,687 m), torr skrymdensitet och

¹ Konfidensintervall redovisas fördelat över olika kronräkningsgrad i Ståhlberg m.fl. (2010).

² Kompletterat intervall.

kolhalt för torv inom Södermanlands län enligt en opublicerad sammanställning av databasen *Torvdjupssondning* utförd av Nilsson m.fl. (2022). För grund torv begränsades dock mäktigheten till 50 cm, se tabell 9.

Då åkermark inte ingår i databasen *Torvdjupssondning* beräknades medeltorvmäktigheten för denna markanvändningskategori utifrån de punkter inom SGU:s databas *Jordlagerföljder* som överlappas av åkermark enligt *Nationella Marktäckedata*. Äldre mätdata från år 1900 och torvlager med en mäktighet under 30 cm uteslöts ur analysen, vilket medförde att den äldsta provtagningen som inkluderas utfördes 1993. Resulterande medeltorvmäktighet skiljde sig åt för åkermark inom den boreala (71 cm, N=52) och den tempererade klimatzonen (125 cm, N=337), som Strängnäs kommun tillhör enligt Klimatrapporteringen (Naturvårdsverket, 2021a).

Åkermark kan antas vara dränerad men har, som en effekt av kompaktering och återkommande bearbetning, en betydligt högre skrymdensitet i de övre jordskiktet än dränerade skogsmarker och myrar. För skiktet 0 – 30 cm antogs en skrymdensitet på $0,25 \text{ g cm}^{-3}$ efter en studie av över 2 000 torvprover av matjord (0 – 20 cm) på åkermark (Hjertstedt, 1948). För större djup nyttjades de torra skrymdensiteter och kolhalter för de provytor (av ägoslagen myr och skogsmark) inom databasen *Torvdjupssondning* som har ett dike inom 25 m från provytans mittpunkt för olika skiktdjup enligt sammanställningen av Nilsson m. fl. (2022). Kolförrådet i markkol för åkermark som sammanfaller med djup torv inom *hybridkartan för marktyp*, beräknades utifrån beräknad genomsnittlig torvmäktighet. För grund torv begränsades dock mäktigheten till 50 cm.

För våtmarker inom *Nationella Marktäckedata* som inte sammanfaller med torv inom *SGU-baserat torvraster* antogs en torvmäktighet på 40 cm (se tabell 9) då SGU:s jordartskarteringar tillämpar en minsta mäktighet på 50 cm för kartering av grunda torvjordar. Detta medför att samtliga våtmarker klassas som organogena även om denna markanvändningskategori även omfattar minerogena våtmarker.

Exploaterade marker antas sakna torvjord helt, även om de sammanfaller med torv enligt GIS-lagret *SGU-baserat torvraster*, genom antagandet att torvjorden schaktats bort under exploatering och eventuellt ersättningsmaterial är av minerogent ursprung (som dessutom antas ha en försumbar kolhalt).

Tabell 9. Genomsnittlig mäktighet hos torv inom Strängnäs kommun för olika typer av marker och markanvändningskategorier.

Marktyp	Markanvändning	Genomsnittlig torvmäktighet (cm)
Grund torv	Exploaterad mark	0
	All övrig markanvändning	50
Djup torv	Exploaterad mark	0
	Trädklädd mark utanför våtmark, Öppen mark med vegetation, Öppen mark utan vegetation & Våtmark	169
	Åkermark	125
Ej torv enligt SGU:s jordartskartering	Våtmark enligt <i>Nationella Marktäckedata</i>	40
	All övrig markanvändning	0

För koldioxidupptag av markkol hos dränerad organogen mark nyttjades de emissionsfaktorer och dikesfraktioner som används inom Klimatrapporteringen för dränerad mark (Naturvårdsverket, 2021a) (se tabell 10). För dränerad organogen mark inkluderas den emission av metan som sker från dräneringsdiken för vilken arealen beräknas utifrån dikesfraktionen. Andelen dike av den totala arealen dränerad mark antas vara 0,025 för skogsmark och 0,05 för gräsmark, odlingsmark och torvbrytning. Emissioner av lustgas från dränerad odlingsmark ingår inte i LULUCF utan rapporteras istället inom Klimatrapporteringens jordbrukssektor. Här inkluderas dock även denna emission då den är kopplad till markanvändning.

För koldioxidupptag av markkol hos odikad eller återvätt torvmark, d.v.s. *Öppen våtmark* och *Skog på våtmark*, användes de av Skogsstyrelsen föreslagna emissionsfaktorerna baserat på en litteraturstudie av Drott och Eriksson (2021) och IPCC:s (Intergovernmental Panel on Climate Change) schablonvärden för löst organiskt kol (DOC) (IPCC, 2014), se tabell 11.

Våtmarkernas näringsstatus har stor betydelse för koldioxidupptaget men är okänd för de torvmarker som ej ingår i SGU:s grundlager, d.v.s. för 43% av skogarna på våtmark och 80% av de öppna våtmarkerna. Dessa torvmarker antogs ha den för markanvändningen vanligaste näringsstatusen för grundtorv, för vilken denna finns angiven inom *SGU:s jordartsdatabas*. Informationen erhöles genom att *Nationella Marktäckedatas basskikt* överlappades med djup torv inom lagret *SGU-baserat torvraster*, se bilaga 2. För de flesta våtmarkstyper var rik näringsstatus vanligast, undantaget var markanvändningsklassen Tallskog och Barrblandskog som till 79% respektive 61% växer på näringsfattig djup torv. För Granskog (på våtmark) båda typerna av näringsstatus lika vanliga men antogs i beräkningarna vara näringsrik.

För omräkning av emissionsfaktorers enheter till koldioxidekvivalenter används omvandlingsfaktorerna 25 och 298 för metan respektive lustgas (Naturvårdsverket, 2021c), samt att 1 kg N₂O-N motsvarar 44/28 kg N₂O och 1 kg CO₂-C motsvarar 44/12 kg CO₂.

Tabell 10. Emissionsfaktorer för dränerad organogen mark i den tempererade klimatzonen enligt klimatrapporteringen (Naturvårdsverket, 2021a). Konfidensintervall (95%) anges inom parentes. N anger antalet lokaler som emissionsfaktorn är baserad på.

Ägoslag	Emissionsfaktorer					Effektiv emissionsfaktor (kg CO ₂ -ekv. ha ⁻¹ år ⁻¹)
	ton CO ₂ -C ha ⁻¹ år ⁻¹	kg N ₂ O-N ha ⁻¹ år ⁻¹	kg CH ₄ ha ⁻¹ år ⁻¹	Dike kg CH ₄ ha ⁻¹ år ⁻¹	DOC ¹ ton CO ₂ -C ha ⁻¹ år ⁻¹	
Gräs- mark	2,6 (2,0 – 3,3; N=8)	2,8 (-0,57 – 6,1; N=13)	2,5 (-0,6 – 5,7; N=13)	217 (41 – 393; N=11)	0,1009 (0,0814 – 0,1203; N=7)	10 984
Skogs- mark	2,6 (2,0 – 3,3; N=8)	2,8 (-0,57 – 6,1; N=13)	2,5 (-0,6 – 5,7; N=13)	217 (41 – 393; N=11)	0,0998 (0,0956 – 0,1039; N=149)	11 127
Odlings- mark	6,1 (0,8 – 8,3 ² ; N=45)	13 (8,2 – 18; N=36)	0 (-2,8 – 2,8; N=38)	1 165 (335 – 1 995; N=5)	0,12 (0,07 – 0,19)	28 906

¹ Löst organiskt kol.

² Kompletterat intervall.

Tabell 11. Emissionsfaktorer för odikad och återvätt torvmark i den tempererade klimatzonen baserat på Skogsstyrelsens litteraturstudie (Drott & Eriksson, 2021) och IPCC:s schablonvärden för löst organiskt kol (endast DOC) (IPCC, 2014).

Näringsstatus	Emissionsfaktorer				Effektiv emissionsfaktor (kg CO ₂ -ekv. ha ⁻¹ år ⁻¹)
	ton CO ₂ -C ha ⁻¹ år ⁻¹	kg N ₂ O-N ha ⁻¹ år ⁻¹	kg CH ₄ ha ⁻¹ år ⁻¹	DOC ton CO ₂ -C ha ⁻¹ år ⁻¹	
Rik	-0,49	0,064	314,7	0,26 (0.17 – 0.36; N=15)	7 054
Fattig			120,6		2 202

4. Resultat

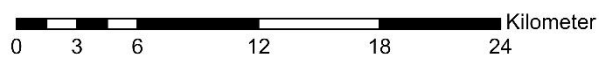
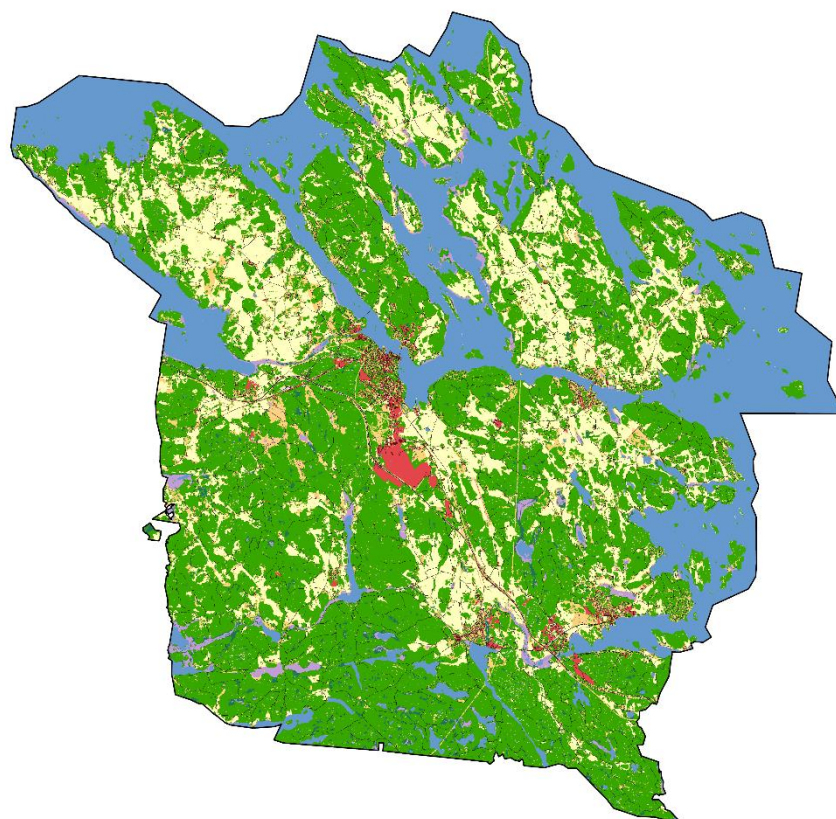
4.1. Skog och mark i Strängnäs kommun

4.1.1. Markanvändning

Enligt hybridkartan över markanvändning omfattar Strängnäs kommun en total landyta på 74 kha. Markanvändningen utgörs till största del av trädklädd mark (63%, 45 kha), främst på fastmark (d.v.s. utanför våtmark) se tabell 12 och figur 2. En stor del av kommunens landyta kategoriseras som åkermark (21%, 15 kha). Öppen mark med vegetation är den tredje största markanvändningskategorin (8%) och den exploaterade marken täcker 5% av landarealen.

Tabell 12. Arealer av markanvändningskategorier inom Strängnäs kommun enligt Hybridkartan för markanvändning.

Markanvändningskategori	Areal (ha)	Andel av landarealen (%)
Trädklädd mark utanför våtmark	45 223	61
Skog på våtmark	1 340	2
Trädklädd mark, totalt	45 562	63
Öppen våtmark	1 839	2
Övrig öppen mark med vegetation	6 065	8
Övrig öppen mark utan vegetation	456	1
Åkermark	15 346	21
Exploaterad mark	4 038	5
Strängnäs kommun totalt	74 306	100



Markanvändning

- Trädklädd mark utanför våtmark
- Skog på våtmark
- Öppen våtmark
- Övrig öppen mark med vegetation
- Övrig öppen mark utan vegetation
- Åkermark
- Exploaterad mark, byggnader
- Exploaterad mark, väg/järnväg
- Exploaterad mark, övrigt
- Vatten

Andel av landareal:



Figur 2. Fördelning av markanvändning inom Strängnäs kommun.

4.2. Marktyp

De minerogena markerna utgör 93,1% av landarealen (69 kha) resterande landareal (5 kha) är torvjordar (se tabell 13 och figur 3). Majoriteten av torvjordarna är näringsrik torv på våtmark (54%), en stor andel av torvmarken är dränerad (38%). Resterande torvmark är näringsfattig torv på våtmark (8%). Arealen djup torv (1,25 m för åkermark och 1,69 m för övrig markanvändning) är i samma storleksordning (2 kha) som övriga våtmarker med ett antaget djup på 40 cm.

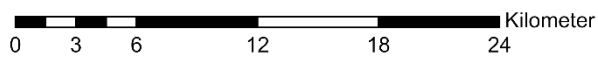
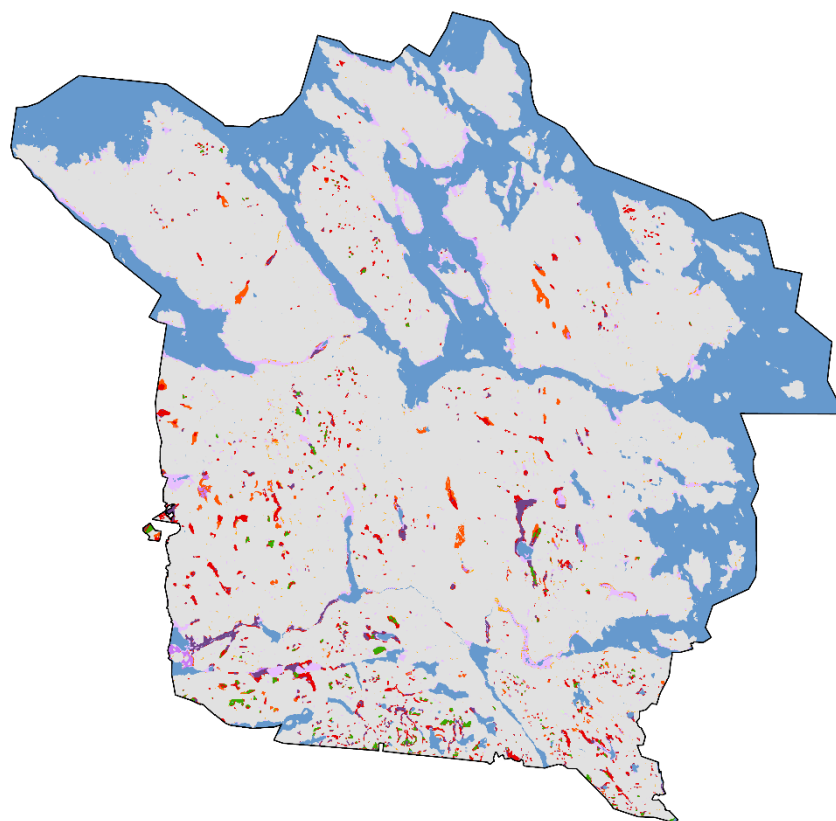
Tabell 13. Arealer av olika marktyper inom Strängnäs kommun.

Marktyp	Areal enligt beräkningsunderlag (ha)	Andel av landareal (%)	Andel av organogen mark (%)
Minerogen mark	69 144	93,1	-
Torvmark	5 162	6,9	100,0
- varav dränerad	1 983	2,7	38,4
- varav näringsfattig våtmark	387	0,5	7,5
- varav näringsrik våtmark	2 792	3,8	54,1
- varav djup torv (>1 m)	2 259	3,0	43,8
- varav grund torv (0,5 m)	834	1,1	16,2
- varav torv på våtmark eller våtmark med dike (0,4 m)	2 068	2,8	40,1

Större delen av den organogena marken utanför våtmark utgörs av *Trädklädd mark utanför våtmark* (1,3 kha, 68%) medan *Åkermark* och *Övrig öppen mark med vegetation* tillsammans utgör 32% av de dränerade torvmarkerna, vardera med arealen 0,3 kha (se tabell 14).

Tabell 14. Arealfördelning av Strängnäs kommuns markanvändning enligt Hybridkartan över markanvändning samt fördelningen av minerogen och organogen mark av olika mäktighet och näringsstatus på och utanför våtmark. Arealen, i hektar, anges inom parentes.

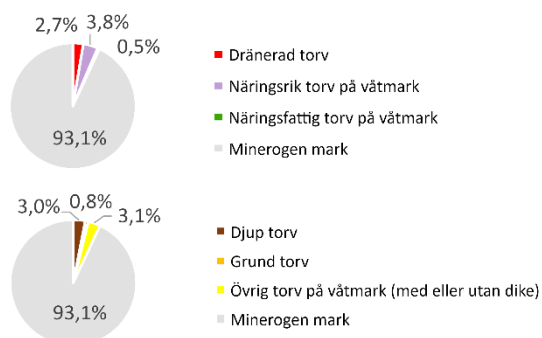
Mark- användnings- kategori enligt Hybridkartan	Andel minero- gen mark (%)	Andel organo- gen mark (%)	Andel organogen mark					
			fördelat över torvmäktighet:			fördelat över dränerings- och näringsstatus:		
			> 1 m (%)	50 cm (%)	40 cm (%)	Fast- mark (%)	Våtmark	
						Närings- fattig (%)	Närings- rik (%)	
Exploaterad mark	100,0 (4 038)	-	-	-	-	-	-	-
Skog på våtmark	-	100,0 (1 340)	47,5 (636)	4,7 (63)	47,8 (641)	-	25,3 (339)	74,7 (1 001)
Trädklädd mark utanför våtmark	97,3 (45 223)	3,0 (1 344)	2,3 (1 034)	0,4 (202)	0,2 (108)	3,0 (1 344)	-	-
Åkermark	97,8 (15 346)	2,2 (340)	0,9 (131)	1,4 (209)	-	2,2 (340)	-	-
Öppen våtmark	-	100,0 (1 839)	18,7 (343)	3,7 (68)	77,6 (1 428)	-	2,6 (49)	97,4 (1 791)
Övrig öppen mark med vegetation	95,1 (6 065)	4,9 (298)	1,9 (114)	0,8 (50)	2,2 (134)	4,9 (298)	-	-
Övrig öppen mark utan vegetation	99,6 (456)	0,4 (2)	0,2 (1)	0,2 (1)	-	0,4 (2)	-	-
Totalt av all landareal	93,1 (69 144)	6,9 (5 162)	3,0 (2 259)	0,8 (592)	3,1 (2 310)	2,7 (1 983)	0,5 (387)	3,8 (2 792)



Marktyp

- Näringsfattig, djup torv på våtmark
- Näringsfattig, grund torv på våtmark
- Övrig näringsfattig våtmark
- Näringsrik, djup torv på våtmark
- Näringsrik, grund torv på våtmark
- Övrig näringsrik våtmark
- Djup torv utanför våtmark
- Grund torv utanför våtmark
- Övrig torv på våtmark med dike
- Minerogen mark

Andel av landareal:



Figur 3. Fördelning av marktyper inom Strängnäs kommun.

4.3. Kolförrådet i skog och mark

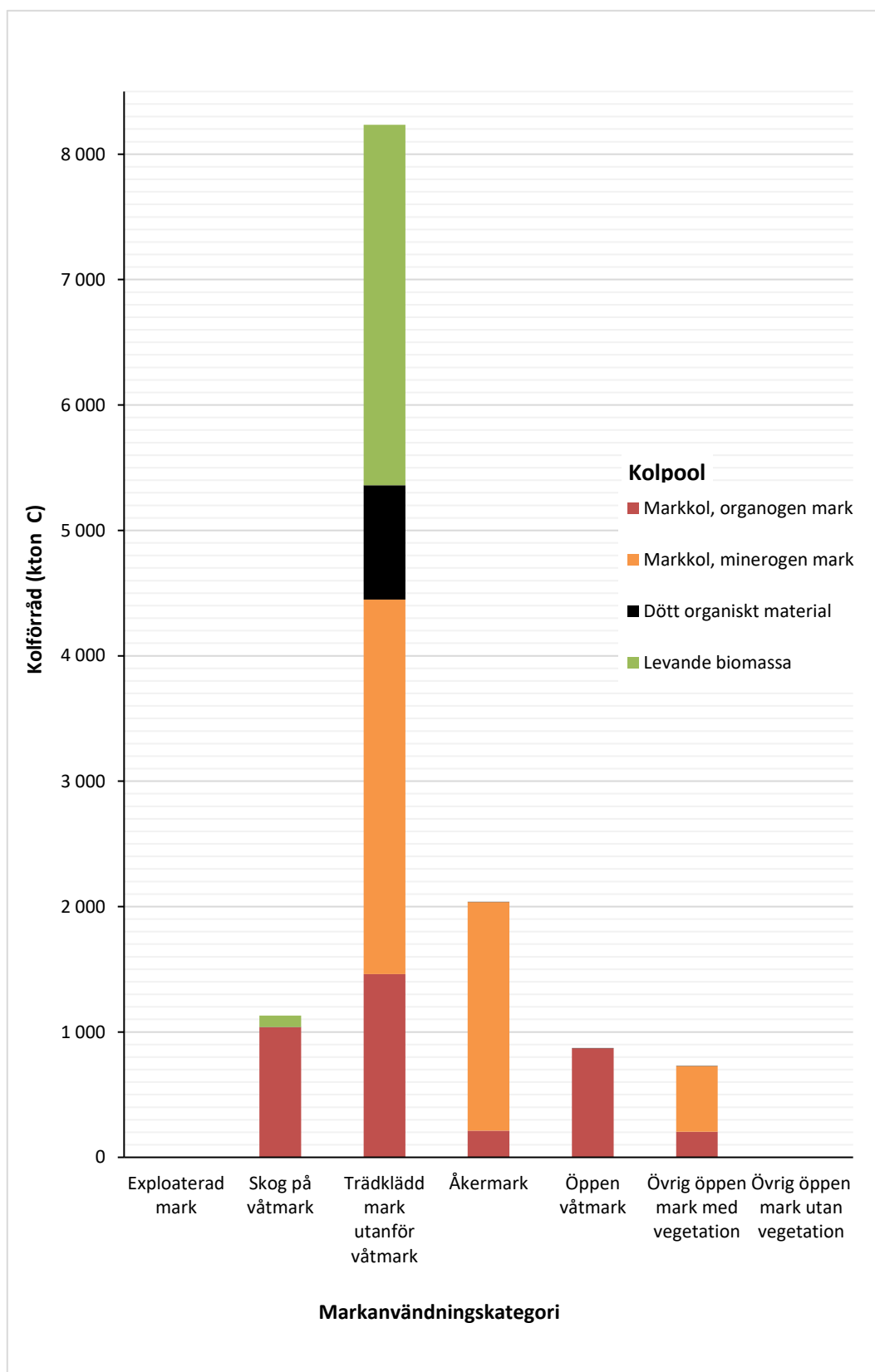
Det totala kolförrådet i Strängnäs kommuns skog och mark beräknades till 12 999 kton kol (se tabell 15 och figur 4). Majoriteten av kolförrådet finns i markkolspoolen (70%, 9 118 kton C) och i levande trädbiomassa (23%, 2 966 kton C).

Drygt hälften av kolförrådet finns på minerogen *Trädklädd mark utanför våtmark* (51%, 6 681 kton C) (se tabell 15 och figur 5), främst beroende på dess stora areal (61% av landytan) samt ett jämförelsevis högt kolförråd per ytenhet i såväl levande biomassa som dött organiskt material. Näst störst del av kolförrådet finns i markkolspoolen hos minerogen *Åkermark* (14%, 1 821 kton C) som upptar 21% av landytan. Andelen kolförråd i organogen *Trädklädd mark utanför våtmark* är nästan lika stor (12%, 1 555 kton C) trots att markanvändningskategorin endast upptar knappt 2% av landytan. Räknat per ytenhet är kolförrådsinnehållet nämligen betydligt större på organogen mark (jmf figur 5 och 6), med i genomsnitt 770 ton C ha⁻¹. Motsvarande siffra för minerogen mark är 139 ton C ha⁻¹. En torvmark av medeldjup (d.v.s. 1,7 m) innehåller t.ex. i medeltal nära 15 gånger så mycket markkol som en minerogen gräsmark. Detta medför att de organogena markernas bidrag till det totala kolförrådet är stort (31%) relativt dess andel av landytan (7%) (se tabell 15).

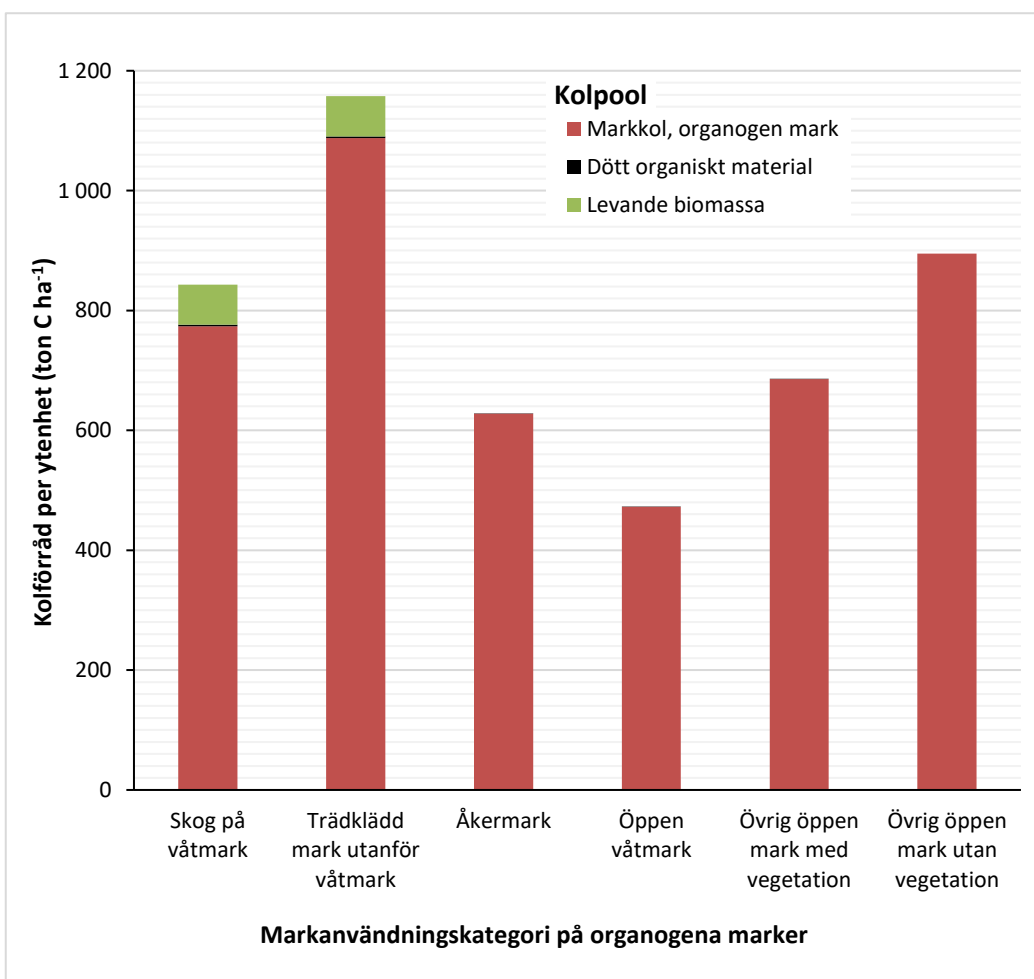
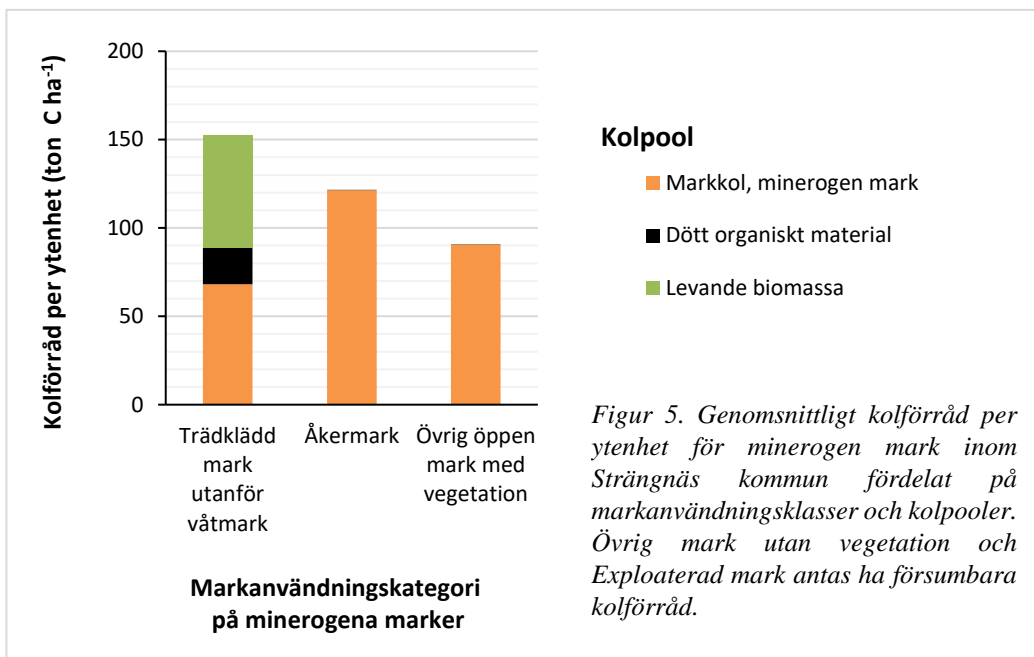
Geografisk fördelning av kolförråd per ytenhet fördelat över de olika markanvändningskategorierna totalt och uppdelat i kolpoolerna levande biomassa, dött organiskt material och markkol presenteras i figur 7 till 10. Dessa figurer visar bl.a. dominansen av markanvändningskategorierna *Trädklädd mark utanför våtmark* och *Skog på våtmark* vad gäller kolförråd per ytenhet i levande biomassa och dött organiskt material (jmf figur 8 och 9 med figur 2) och de organogena markernas stora markkolsförråd (jmf figur 10 med figur 3).

Tabell 15. Kolförråd i Strängnäs kommun fördelat på marktyper, markanvändningskategorier och deras kolpooler. Andel av totalt kolförråd (%) anges inom parentes.

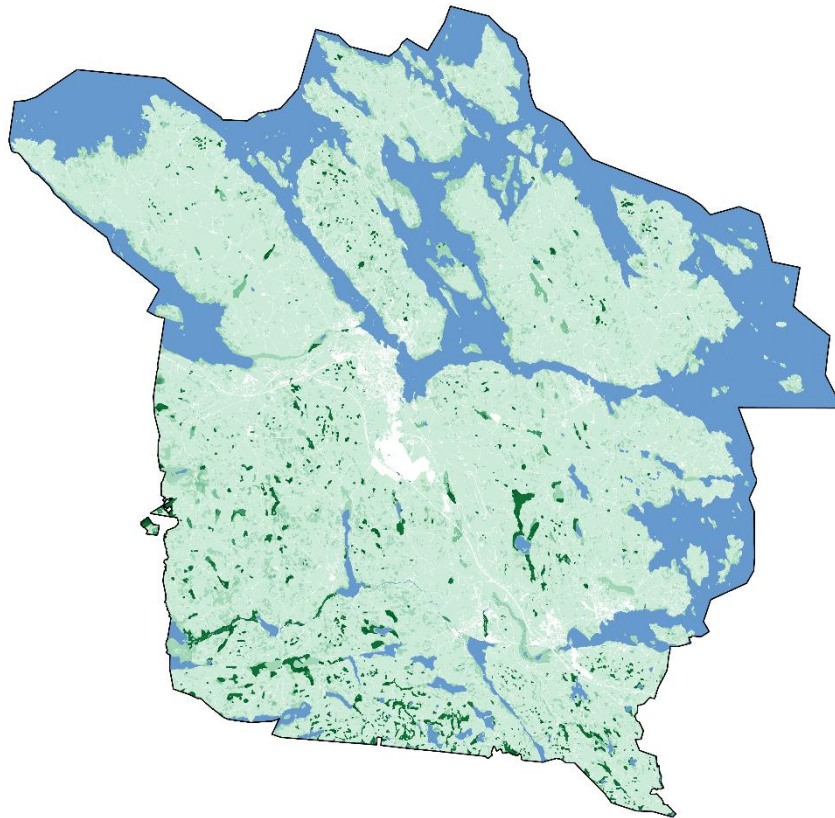
Marktyp	Markanvändningskategori	Areal (ha)	Levande biomassa (ton C)	Dött organiskt material (ton C)	Markkol (ton C)	Totalt kolförråd (kton C)	Genomsnittligt kolförråd per ytenhet (ton C ha ⁻¹)
Minerogen mark	Exploaterad mark	4 038	0	0	0	0	0
	Trädklädd mark utanför våtmark	43 879	2 786 048 (21)	907 286 (7)	2 987 277 (23)	6 681 (51)	152
	Åkermark	15 006	0 (0)	225 (0)	1 821 426 (14)	1 822 (14)	121
	Övrig öppen mark med vegetation	5 767	0 (0)	657 (0)	523 109 (4)	524 (4)	91
	Övrig öppen mark utan vegetation	454	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0
	Totalt för minerogen mark	69 144	2 786 048 (21)	908 169 (7)	5 331 811 (41)	9 026 (69)	139
Organogen mark	Trädklädd mark utanför våtmark	1 344	90 095 (1)	3 544 (0)	1 461 473 (11)	1 555 (12)	1 157
	Skog på våtmark	1 340	89 420 (1)	3 534 (0)	1 036 586 (8)	1 130 (9)	843
	Åkermark	340	0 (0)	5 (0)	213 417 (2)	213 (2)	628
	Öppen våtmark	1 839	0 (0)	99 (0)	869 458 (7)	870 (7)	473
	Övrig öppen mark med vegetation	298	0 (0)	34 (0)	203 954 (2)	204 (2)	686
	Övrig öppen mark utan vegetation	2	0 (0)	0 (0)	1 790 (0)	2 (0)	895
	Totalt för organogen mark	5 162	179 516 (1)	7 217 (0)	3 800 160 (29)	3 973 (31)	770
Totalt för samtliga marker		74 306	2 965 564 (23)	915 386 (7)	9 131 972 (70)	12 999	175



Figur 4. Totalt kolförråd i skog och mark inom Strängnäs kommun fördelat på markanvändningsklasser och kolpooler. Exploaterad mark antas ha ett försumbart kolförråd.

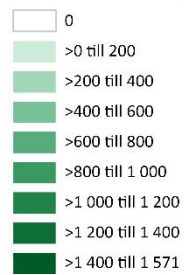


N
Strängnäs kommun



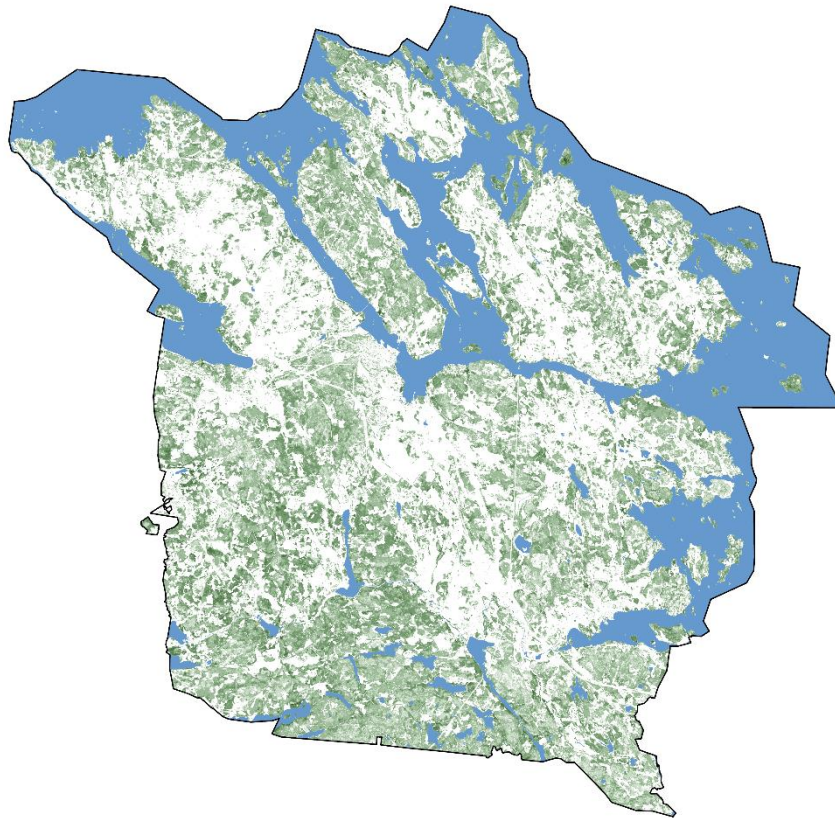
0 3 6 12 18 24 Kilometer

Kolförråd totalt (ton C ha⁻¹)



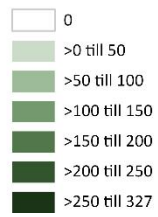
Figur 7. Totalt kolförråd i skog och mark inom Strängnäs kommun.

N
Strängnäs kommun



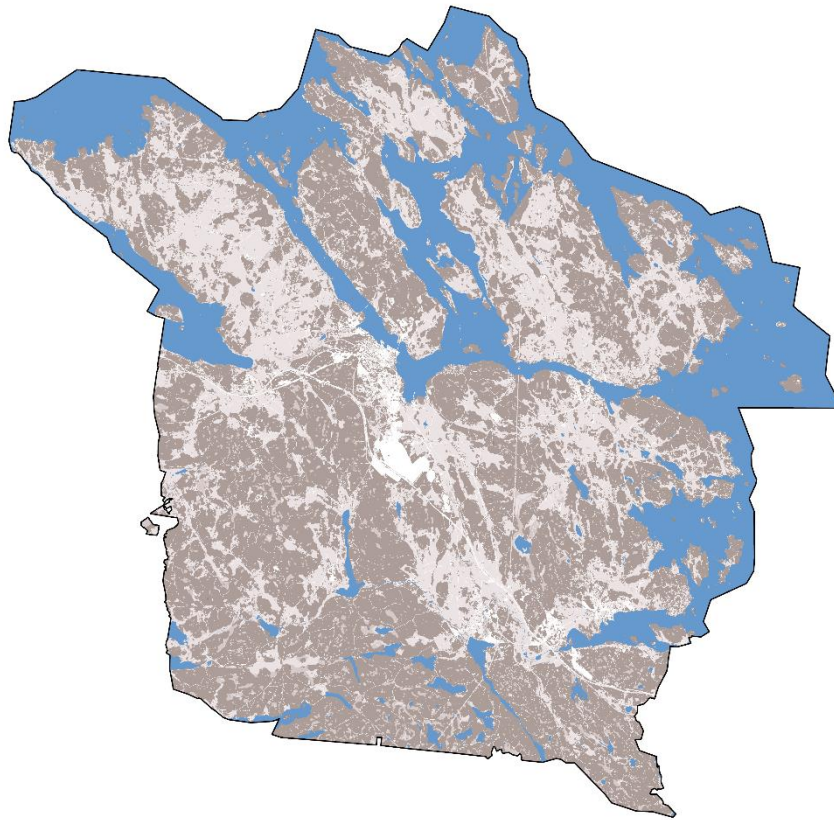
0 3 6 12 18 24 Kilometer

Kolförråd i levande biomassa (ton C ha⁻¹)



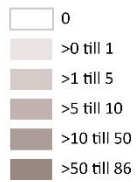
Figur 8. Kolförråd i levande trädbiomassa inom Strängnäs kommun.

N
Strängnäs kommun



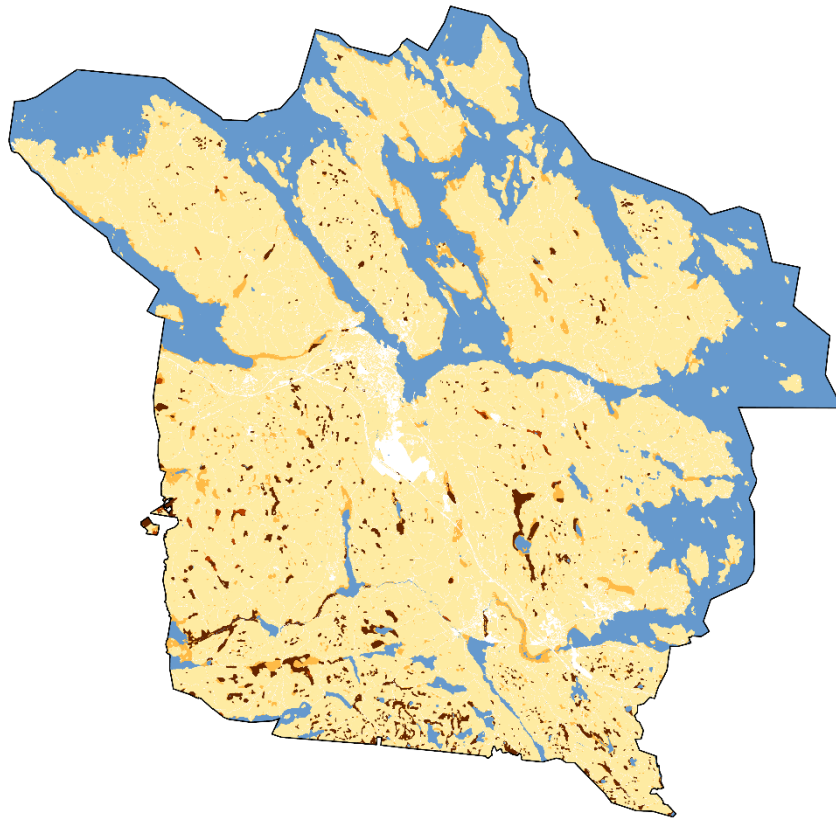
0 3 6 12 18 24 Kilometer

Kolförråd i dött organiskt material (ton C ha⁻¹)



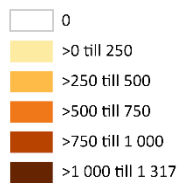
Figur 9. Totalt kolförråd i dött organiskt material (död ved, förna och organiska humuslager) på marker inom Strängnäs kommun.

N
Strängnäs kommun



0 3 6 12 18 24 Kilometer

Kolförråd i markkol (ton C ha⁻¹)



Figur 10. Markkolets kolförråd (minerogen och organogen mark) inom Strängnäs kommun.

4.4. Kolsänkan i skog och mark

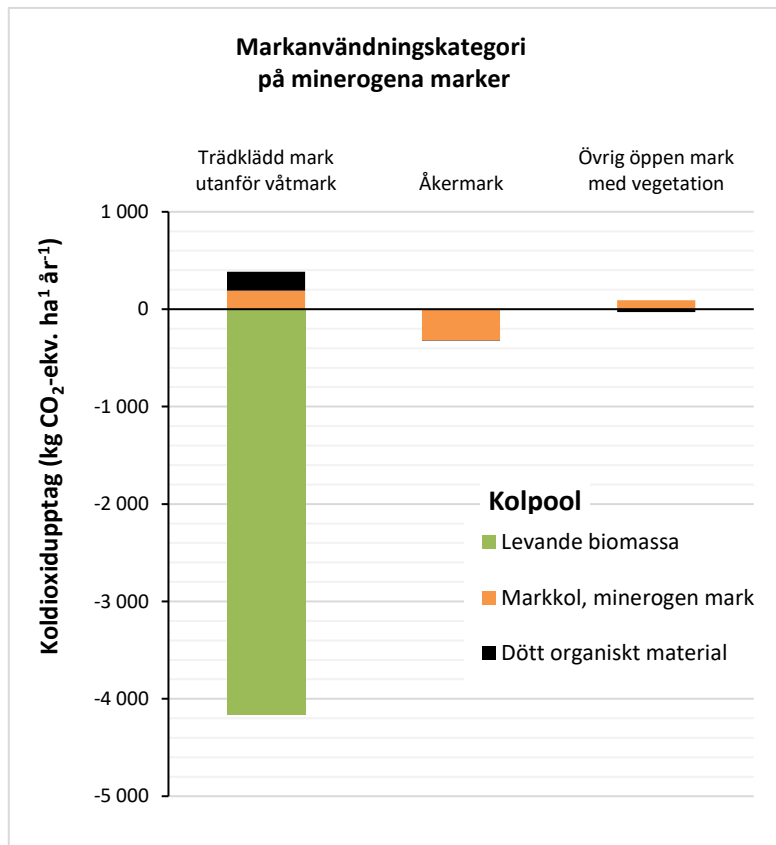
Nettoupptaget av växthusgaser i skog och mark i Strängnäs kommun beräknades totalt till -133 kton CO₂-ekv. år⁻¹. Totalt koldioxidupptag fördelat över kombinationer av marktyp och markanvändningskategorier, samt deras genomsnittliga koldioxidupptag per ytenhet presenteras i tabell 16. Trots höga koldioxidupptag per ytenhet för framförallt dränerade organogena marker är det de minerogena *Trädklädda markerna utanför våtmark* som, genom sina stora arealer, dominerar det totala nettoupptaget för kommunen.

Tabell 16. Genomsnittligt koldioxidupptag i Strängnäs kommun fördelat på marktyper och markanvändningskategorier. Markerna är färgkodade efter om de sammantaget är en kolsänka (blått), kolkälla (rött) eller antas sakna koldioxidupptag (grått).

Marktyp	Markanvändningskategori	Areal (ha)	Totalt koldioxidupptag (ton CO ₂ -ekv. år ⁻¹)	Genomsnittligt koldioxidupptag per ytenhet (kg CO ₂ -ekv. ha ⁻¹ år ⁻¹)
Minerogen mark	Exploaterad mark	4 038	0	0
	Trädklädd mark utanför våtmark	43 879	-165 618	-3 774
	Åkermark	15 006	-4 862	-324
	Övrig öppen mark med vegetation	5 767	369	64
	Övrig öppen mark utan vegetation	454	0	0
Organogen mark utanför våtmark (dränerad)	Trädklädd mark utanför våtmark	1 344	9 087	6 794
	Åkermark	340	9 828	28 904
	Övrig öppen mark med vegetation	298	3 260	10 956
	Övrig öppen mark utan vegetation	2	22	10 984
Näringsfattig organogen våtmark	Skog på våtmark	339	-816	-2 410
	Öppen våtmark	49	107	2 200
Näringsrik organogen våtmark	Skog på våtmark	1001	3 041	3 038
	Öppen våtmark	1 791	12 630	7 052
Totalt för samtliga marker		74 306	-132 953	-1 789

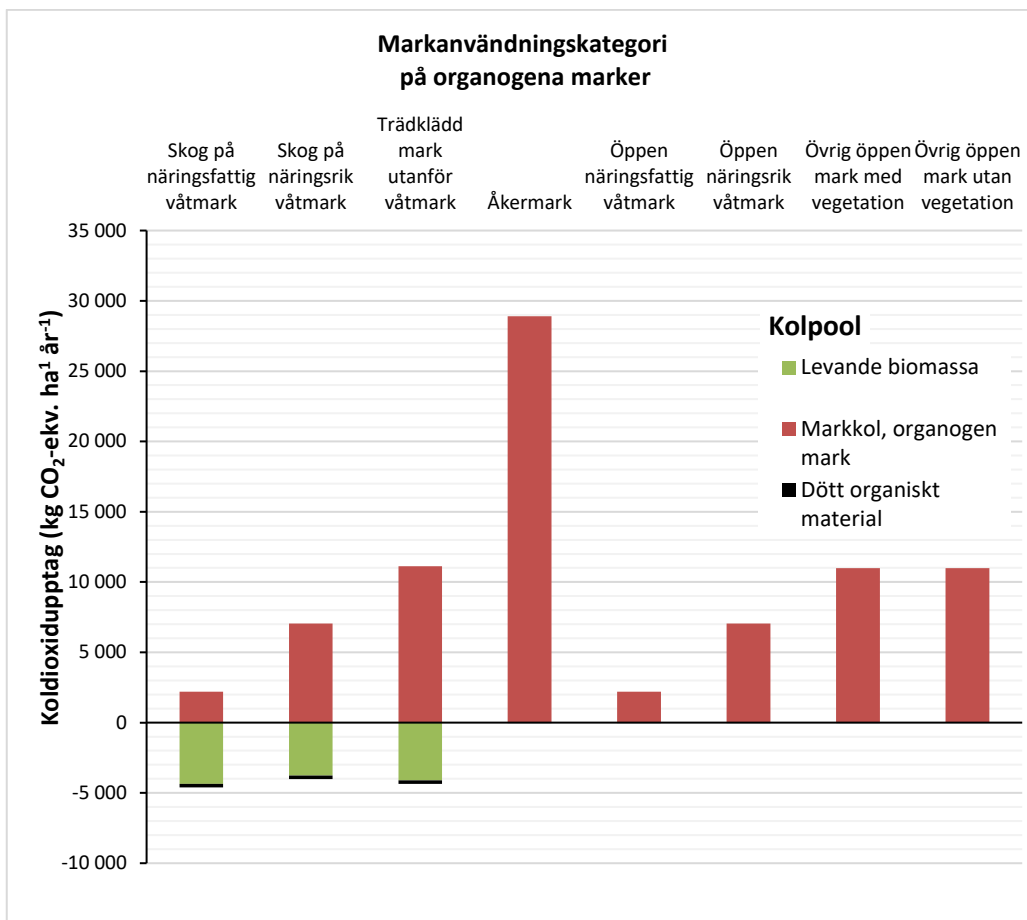
Genomsnittligt koldioxidupptag per ytenhet av olika markanvändningskategoriers kolpooler presenteras i figur 11 och 12, för minerogen respektive organogen mark.

På minerogen mark utmärker sig *Trädklädd mark utanför våtmark* totalt som en stor kolsänka tack vare inlagring i levande biomassa (se figur 11). Även minerogen *Åkermark* är att betrakta som kolsänka genom inlagringen i markkolspoolen medan minerogen *Övrig öppen mark med vegetation* är en kolkälla då avgången från markkolspoolen är högre än upptaget i det döda organiska materialet (se figur 11).



Figur 11. Genomsnittligt koldioxidupptag per ytenhet av minerogen mark i Strängnäs kommun fördelat på markanvändningsklasser och kolpooler. Övrig mark utan vegetation och Exploaterad mark antas ha försumbara koldioxidupptag.

Den mycket höga växthusavgången från organogen mark medför, med undantag för *Skog på näringsfattig våtmark*, att vardera markanvändningskategorin på organogen mark totalt sett är kolkällor (se figur 12). *Skog på näringsfattig våtmark* är sammantaget en liten kolsänka, då det sammanlagda koldioxidupptaget från dess levande biomassa är dubbelt så stort som växthusgasavgången från den organogena markkolspoolen (se figur 12).



Figur 12. Genomsnittligt koldioxidupptag per ytenhet av organogen mark i Strängnäs kommun fördelat på markanvändningskategorier och kolpooler. Exploaterad mark antas sakna organogen mark.

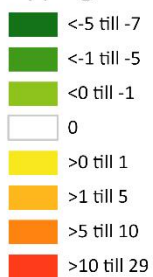
Geografisk fördelning över enskilda markers (om 10 × 10 m) koldioxidupptag per ytenhet totalt och uppdelat i kolpoolerna levande biomassa, dött organiskt material och markkol presenteras i figur 13 till 16. Koldioxidupptaget i levande biomassa varierar mellan 0 och -7 ton CO₂-ekv. ha⁻¹ år⁻¹ beroende på beståndsålder och fördelning av trädslag. Sammanlagt är upptaget i den levande biomassan -193 kton CO₂ år⁻¹ (varav 188 kton CO₂ på *Trädklädd mark utanför våtmark* och 5 kton CO₂ på *Skog på våtmark*) vilket dominerar det totala koldioxidupptaget på -133 kton CO₂ år⁻¹ (jfr figur 13 med figur 14).

N
 Strängnäs kommun

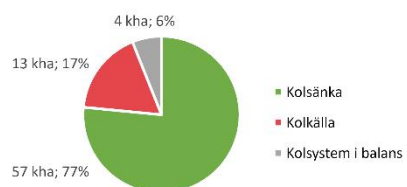


0 3 6 12 18 24 Kilometer

Upptag totalt (kg CO₂-ekv. ha⁻¹år⁻¹)

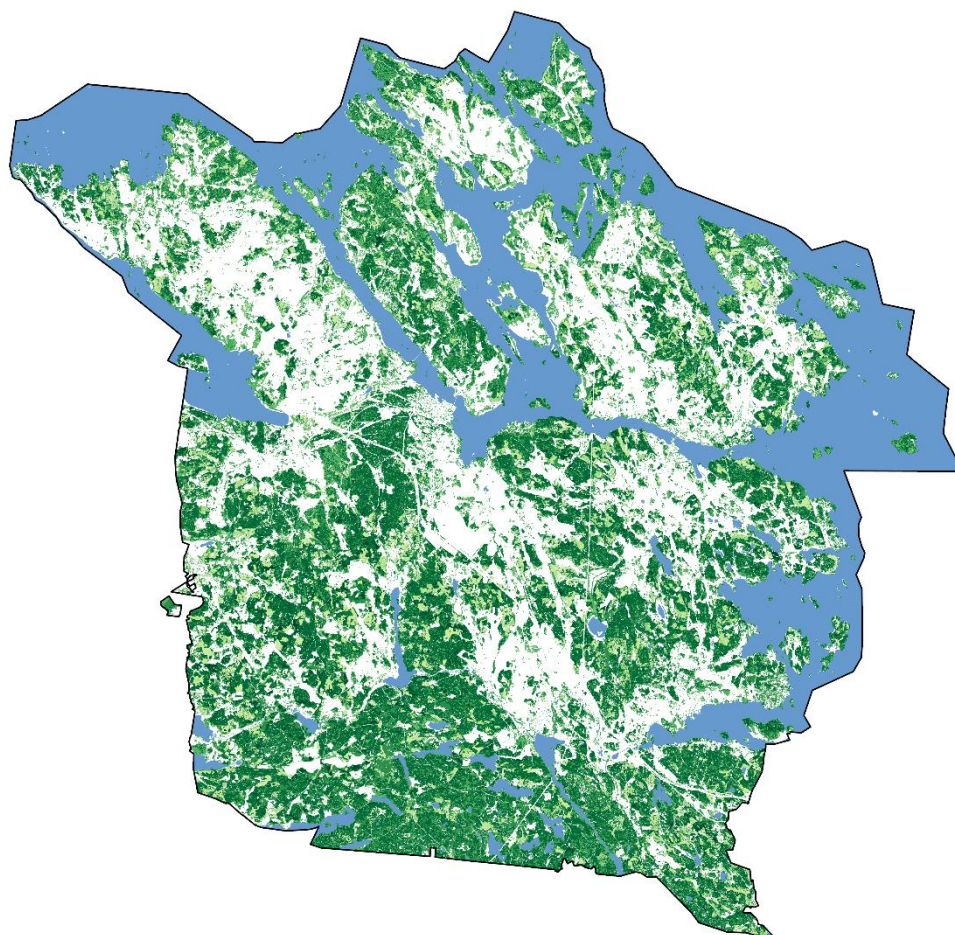


Andel upptagstyp av landareal:



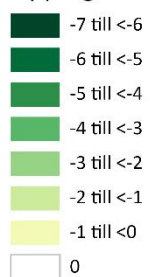
Figur 13. Totalt koldioxidupptag av skog och mark inom Strängnäs kommun.

N
Strängnäs kommun



0 3 6 12 18 24 Kilometer

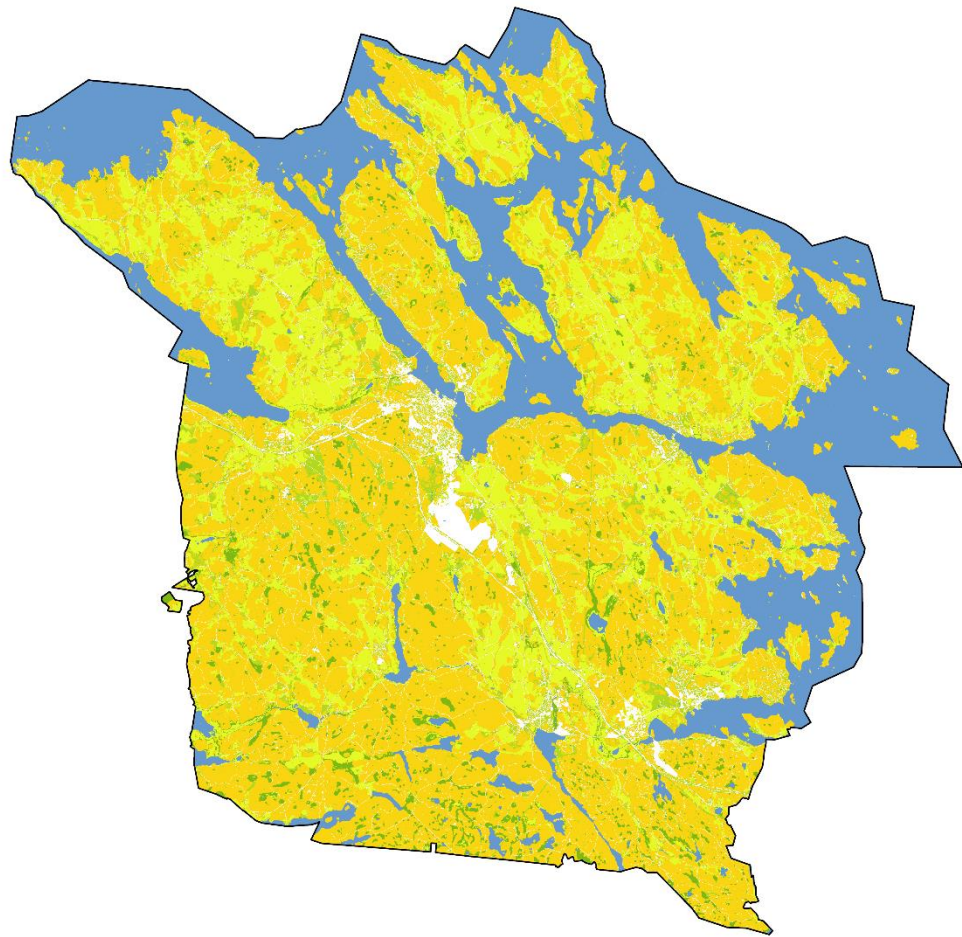
Upptag i levande biomassa (ton CO₂ hä⁻¹ år⁻¹)



Figur 14. Koldioxidupptag av levande trädbiomassa inom Strängnäs kommun.

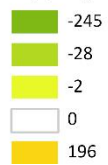


Strängnäs kommun



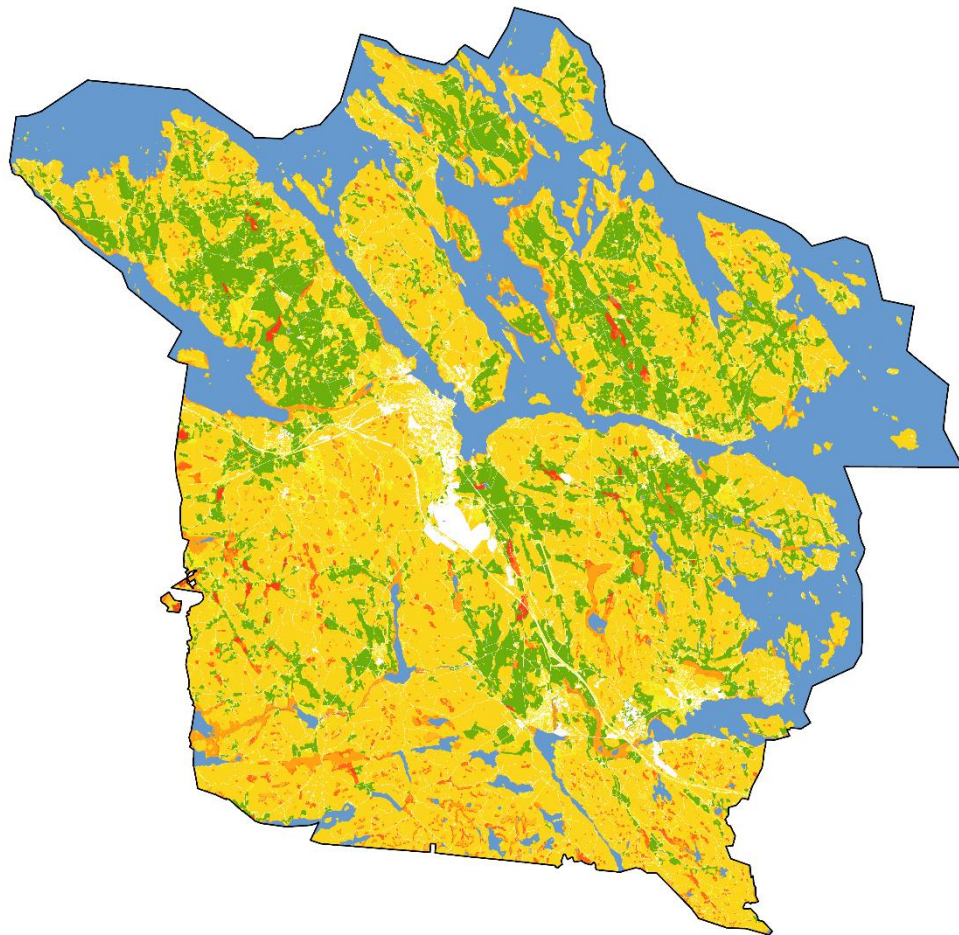
0 3 6 12 18 24 Kilometer

Upptag i dött organiskt material ($\text{kg CO}_2 \text{hä}^{-1} \text{år}^{-1}$)



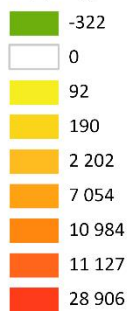
Figur 15. Totalt koldioxidupptag av dött organiskt material (död ved, förna och organiska humuslager) på marker inom Strängnäs kommun.

N
Strängnäs kommun



0 3 6 12 18 24 Kilometer

Upptag i markkol (kg CO₂-ekv. ha¹ år⁻¹)



Figur 16. Totalt koldioxidupptag av markkol (minerogen och organogen mark) inom Strängnäs kommun.

Trädbeståndet avgör om enskilda marker med *Trädklädd mark utanför våtmark* och *Skog på våtmark* är en kolkälla, kolsänka eller saknar nettoupptag (d.v.s. i de fall inlagringen av koldioxid är lika stor som växthusgasavgången). Om beståndet är mycket litet på marker med *Skog på näringsfattig våtmark* eller minerogen *Trädklädd mark utanför våtmark*, t.ex. efter en avverkning, uppträder dessa som kolkällor. Alternativt, om inlagringen i levande biomassa är mycket hög, uppträder enskilda marker av *Skog på våtmark* som kolsänkor

Majoriteten av markerna (77%, 57 kha) är kolsänkor (se tabell 17 och figur 13) med ett upptag på totalt -172 kton CO₂-ekv. år⁻¹ varav 97% (-167 kton CO₂-ekv. år⁻¹) sker på 40 kha minerogen *Trädklädd mark utanför våtmark*. Minerogen *Åkermark* (15 kha) fungerar också som kolsänka (3%, -5 kton CO₂ år⁻¹) samt även en liten yta (309 ha) *Skog på våtmark* (0,5%, -1 kton CO₂ år⁻¹).

För en mindre markareal (6%, 4 kha) är det beräknade koldioxidupptaget noll (0) vilket innebär att dessa marker bedöms vara i balans. Dessa marker utgörs främst av *Exploaterad mark*, en liten areal (454 ha) minerogen *Övrig öppen mark utan vegetation* (som t.ex. sandslätter, vägrenar och hållmarker) samt en obetydlig areal (27 rasterceller à 100 m²) *Skog på näringsfattig våtmark*.

Resterande marker om 13 kha (17%) fungerar som kolkällor med ett sammanlagt årligt nettoutsläpp på 39 kton CO₂-ekv. (se tabell 17). Arealmässigt domineras kolkällorna av minerogen mark (63%) med *Övrig öppen mark med vegetation* (6 kha) och *Trädklädd mark utanför våtmark* (2 kha) (jmf figur 13 med figur 2 och 3), men dessa bidrar endast till 3% av kolkällornas växthusgasutsläpp (1 kton CO₂-ekv. år⁻¹). Störst är bidraget från 3 kha näringsrik organogen våtmark (40%, 16 kton CO₂-ekv. år⁻¹) följt av 0,3 kha dränerad organogen *Åkermark* (25%, 10 kton CO₂-ekv. år⁻¹) och 1,3 kha dränerad organogen *Trädklädd mark utanför våtmark* (23%, 9 kton CO₂-ekv. år⁻¹). Trots att de dränerade organogena markerna endast utgör 15%, och ej dränerade våtmarker endast utgör 22%, av kolkällornas markareal svarar de för 56% (22 kton CO₂-ekv. år⁻¹) respektive 40% (16 kton CO₂-ekv. år⁻¹) av kolkällornas växthusgasutsläpp.

Om en återvätning av all dränerad organogen mark (1 983 ha) skulle kunna genomföras skulle det leda till en minskning av det beräknade årliga utsläppet med 15 kton CO₂-ekv. Den totala klimatvinsten skulle dock bli mindre eftersom upptaget i den levande biomassan på återvänt trädklädd mark (d.v.s. nuvarande organogen *Trädklädd mark utanför våtmark* på totalt 1 344 ha) kan förväntas minska när marken våtläggs. Ett alternativt sätt att, på längre sikt, minska kolkällan är beskogning. Beskogning av minerogen *Åkermark* eller minerogen *Övrig öppen mark med vegetation* skulle minska det beräknade årliga utsläppet med i genomsnitt 3,5 respektive 3,8 ton CO₂-ekv per hektar beskogad mark.

Tabell 17. Genomsnittligt koldioxidupptag i Strängnäs kommun fördelat på marktyper och markanvändningskategorier inom respektive upptagstyp. Andel av respektive upptagstyp anges inom parentes.

Upptags- typ	Marktyp	Markanvändnings- kategori	Areal (ha)	Koldioxidupptag (ton CO ₂ -ekv. år ⁻¹)
Kolsänka	Minerogen mark	Trädklädd mark utanför våtmark	41 553	-166 516 (96,7%)
		Åkermark	15 006	-4 862 (2,8%)
	Näringsfattig organogen våtmark	Skog på våtmark	309	-862 (0,5%)
	Näringsrik organogen våtmark	Skog på våtmark	0,3	-0,02 (0,0%)
	Totalt koldioxidupptag av kolsänkor			56 869
Kolkälla	Minerogen mark	Trädklädd mark utanför våtmark	2 326	898 (2,3%)
		Övrig öppen mark med vegetation	5 767	369 (0,9%)
	Organogen mark utanför våtmark (dränerad)	Trädklädd mark utanför våtmark	1 344	9 087 (23,1%)
		Åkermark	340	9 828 (25,0%)
		Övrig öppen mark med vegetation	298	3 260 (8,3%)
		Övrig öppen mark utan vegetation	2	22 (0,1%)
	Näringsfattig organogen våtmark	Skog på våtmark	29	46 (0,1%)
		Öppen våtmark	49	107 (0,3%)
	Näringsrik organogen våtmark	Skog på våtmark	1 001	3 041 (7,7%)
		Öppen våtmark	1 791	12 630 (32,1%)
	Totalt koldioxidupptag av kolkällor			12 946
Inget netto- upptag	Minerogen mark	Exploaterad mark	4 038	0
		Övrig öppen mark utan vegetation	454	0
	Näringsfattig organogen våtmark	Skog på våtmark	0,03	0
	Totalt för marker utan nettoupptag			4 492
Totalt koldioxidupptag av samtliga marker			74 306	-132 953

4.5. Skyddade områden

Skyddsområdestyperna naturreservat och naturvårdsområden inom Strängnäs kommun utgör sammanlagt 1 kha landyta, motsvarande 1,5% av all landyta i kommunen. Majoriteten av denna mark består av *Trädklädd mark utanför våtmark* (81%, 894 ha), vilket motsvarar 2,0% av den totala arealen *Trädklädd mark utanför våtmark* inom kommunen. Andelen *Skog på våtmark* och *Öppen våtmark* som ligger inom skyddade områden är också liten, 3,5% (47 ha) respektive 3,6% (67 ha). För övriga markanvändningskategorier är andelen inom skyddade områden ännu mindre. Störst andel *Skog på våtmark* inom skyddade områden (27%; 13 ha) ligger inom Gallsjömossen, väster om Bredsjön och störst andel *Öppen våtmark* inom skyddade områden (30%; 20 ha) ligger inom Tynnelsö Prästholmen på norra Tynnelsö. Av de organogena markerna ligger 2,7% (141 ha) inom skyddade områden. Andelen dränerade organogena marker är endast 19,5% (27 ha), vilket är en lägre andel än för kommunen i stort (38,4%).

Av kolförrådet och det totala koldioxidupptaget i Strängnäs kommun ligger endast 2,1% respektive 2,2%, motsvarande 272 kton C respektive -2,9 kton CO₂-ekv. år⁻¹, inom skyddade områden (se bilaga 3). Tre av de skyddade områdena har antingen en såpass hög andel dränerad organogen mark (Stampmossen, 26%) eller en mycket låg tillväxt hos levande biomassa i kombination med relativt stor andel organogen mark (Tynnelsö Prästholmen och Tynnäs) att de i sin helhet fungerar som kolkällor, med ett nettoutsläpp av växthusgaser på mellan 5 och 26 ton CO₂-ekv. år⁻¹. Övriga skyddade områden är kolsänkor, sett över varje områdes totala landareal.

5. Felkällor som påverkar resultaten

Samtliga GIS-underlag är behäftade med rumsliga osäkerheter som följd av deras upplösning i sig men också p.g.a. värdemässiga fel som följer med de indata på vilka de baseras och/ eller de metoder från vilka de framställs (t.ex. laserdata och fjärranalys av satellitdata och flygbilder).

Brister i precision p.g.a. lägesfel hos *SGU:s Jordartsdatabas* kan ge felaktiga resultat vad gäller organogena jordar. Dränerade organogena marker minskar dessutom succesivt i mäktighet då torven bryts ned. Denna torvsjunkningshastighet har under svenska förhållanden skattats till mellan 0,5 cm år⁻¹ och 2,5 cm år⁻¹ beroende på bruksintensitet (Berglund och Berglund, 2010). Då SGU:s kartering av torv inom Strängnäs kommun genomfördes för flera decennier sedan är det därför möjligt att arealen dränerade ytliga organogena marker (vilka utgör 14% av de organogena jordarna) överskattats i denna analys. På samma gång är det sannolikt att arealen dränerad organogen mark underskattas i analysen, dels genom att *SGU:s jordartsdatabas* inte omfattar torvmarker med en mäktighet under 50 cm och dels för att *Nationella Marktäckedata* överskattar såväl öppen våtmark samt skog på våtmark där marken dikats för jordbruk respektive skogsbruk. Därför är det, från tillgängliga dataunderlag, inte heller möjligt att bedöma om en våtmark är minerogen eller organogen, och därmed inte heller känna till näringsstatusen hos en ev. organogen våtmark.

De organogena jordarnas olika djup ger stora skillnader i dessa markers kolförråd. För majoriteten av de organogena markerna görs ett grovt antagande om dess djup utifrån en skattning av torvjordars medeldjup i Södermanlands län.

Vissa kolpooler har stora konfidensintervall vad gäller både kolförråd och koldioxidupptag. Särskilt stor är osäkerheten för koldioxidupptaget i markkolspoolen. För markkol i minerogena jordar, årlig förna, organiska humuslager samt vissa emissionsfaktorer för organogena jordar inkluderar konfidensintervallen såväl utsläpp som upptag av kol. Detta avspeglar svårigheterna med att kvantifiera dessa kolpooler och att variationen är mycket stor.

Oavsett storleken på arealen beräknas kolförråd och koldioxidupptag för markanvändningskategorin *Trädklädd mark utanför våtmark* utifrån värden erhållna från Skogsmark inom Riksskogstaxeringen. Gränsen för hur små arealer dessa värden är tillämpliga för är okänd eftersom Riksskogstaxeringens definition av skog har en minsta areal om 0,5 ha.

Kunskap om kolförråd och koldioxidupptag saknas för de flesta av de markanvändningstyper som omfattas av markanvändningskategorin *Övrig öppen mark med vegetation*. Dess olika kolpooler representeras i denna analys av motsvarande kolpooler hos Klimatrapporteringens ägoslag Gräsmarker, som baseras på *Riksskogstaxeringens* naturbetesmarker. Hur väl detta antagande stämmer är okänt, och resultatet för dessa marker är därmed osäkert. Däremot kan resultatet användas för att ingå i en inbördes rangordning av de olika markanvändningskategoriernas kolförråd och koldioxidupptag.

Antalet naturbetesmarker inom *Markinventeringen* är lågt, därför kan inte lokala värden för deras kolförråd och koldioxidupptag tas fram för Södermanlands län. För dessa marker är det istället nödvändigt att använda medelvärden för naturbetesmarker inom ett större geografiskt område. Detta medför en ytterligare osäkerhet i hur väl dessa marker representerar marker inom Strängnäs kommun.

6. Diskussion och slutsatser

Alla kartor som redovisas i denna studie är generaliseringar, d.v.s. förenklingar av verkligheten. Man bör därför inte använda denna kartering som ett facit över storleken på kolförråd och koldioxidupptag på specifika platser. Kartorna ger dock en bra övergripande bild över vilka marktyper och kolpooler som bidrar som kolsänka eller kolkälla och var dessa finns inom Strängnäs kommun. Trädens tillväxt står för majoriteten av nettoupptaget av växthusgaser från atmosfären och det är mängden träd som gör att skog och mark i Strängnäs kommun som helhet är att betrakta som en kolsänka. Tillväxten baseras på tillståndet 2015, givet den rapportering om minskad tillväxt p.g.a. senare års torka och granbarkborreangrepp (Fridman m.fl., 2022), är den årliga tillväxten sannolikt lägre idag än vad vi visar i denna analys.

Kartorna är visserligen generella men när man t.ex. överväger exploatering av ett visst markområde kan man använda sig av rapportens tabeller för skattning av kolförråd i, samt koldioxidupptag av, olika kolpooler (tabellerna 3 – 8, 10 och 11) och sedan kombinera dessa med bidraget från den levande biomassan utifrån en inventering av träden på den aktuella marken. Vid ev. exploatering av organogena marker bör beräkning av kolförråd i markkol utgå från den faktiska torvmäktigheten på platsen.

En exploatering av organogen mark leder till proportionerligt mycket större minskning av kolförrådet än om man exploaterar minerogen mark. Om det finns möjlighet att välja så bör man, ur ett klimatperspektiv, inte exploatera minerogen *Trädklädd mark utanför våtmark*. Denna markanvändningskategori har ett stort kolförråd i form av levande biomassa som dessutom kontinuerligt tar upp relativt stora mängder koldioxid från atmosfären. Förutom en omedelbar minskning i kolförråd, leder en avverkning av träd därmed till en förlust av dess bidrag till kolsänkan under lång tid framöver. Beroende på vad de avverkade träden används till, d.v.s. om de används till långlivade (sågtimmer) eller kortlivade produkter (papper), övergår dess inlagrade kol till koldioxid i atmosfären i olika takt när produkterna tjänat ut. Biomassa (restprodukter från skogsbruket och skogsindustrin) som används som biobränsle orsakar en omedelbar avgång av biogen koldioxid till atmosfären. Både träprodukter och användning av bioenergi kan ersätta fossilintensiva produkter och fossil energi vilket minskar de fossila utsläppen av växthusgaser.

Det koldioxidupptag som sker i skog och mark ska inte ställas mot annat klimatarbete på så sätt att inlagring i skog och mark kvittas mot verksamheter med negativ klimatpåverkan. Klimatarbetets fokus i stort ska ligga på att minska användningen av fossila bränslen (Prop. 2016/17:146). I det svenska klimatarbetet får dock bidraget från kompletterande åtgärder som t.ex. åtgärder för att öka

kolsänkan inkluderas för att nå målsättningen om att uppnå netto-noll växthusgasutsläpp 2045.

En allt vanligare åtgärd för att minska utsläppen av växthusgaser i skog och mark är att återvåta dränerad organogen mark. Markerna kommer dock även fortsättningsvis att fungera som kolkällor även om de totala utsläppen minskar. Samtidigt som utsläppen av koldioxid och lustgas minskar, ökar nämligen metanavgången till en nivå liknande den innan dikning. Metan har en stor klimatpåverkan men en kortare livslängd i atmosfären jämfört med koldioxid. När det gäller att öka markernas kolsänka och kolförråd är trädplantering en effektiv åtgärd även om den stora effekten erhålls flera decennier efter att den utförs genom att träd tillväxten är högre i medelålders skog.

I utredningen *Vägen till en klimatpositiv framtid* (SOU 2020:4) nämns även minskad exploatering som en åtgärd för att minska klimatpåverkan. Effekten på utsläpp och kolsänka kan minskas antingen genom att exploatering styrs till mark där påverkan på växthusgasbalansen blir lägre eller genom en begränsning av den areal som årligen exploateras. En förutsättning för att ta fram verktyg för att göra sådana bedömningar, och för att på sikt ta fram styrmedel för att begränsa klimatpåverkan i samband med exploatering, är att underlag om kolförråd och kolförrådsförändringar kan tas fram med lämplig rumslig upplösning så att klimatpåverkan kan beräknas för varje enskilt projekt. Denna rapport är ett exempel på hur detta kan göras men för att utveckla ett generellt verktyg behövs en diskussion om vilken detaljnivå som behövs. Behovet av sådana verktyg nämns i Boverkets rapport *Verktyg för minskad klimatpåverkan vid planläggning* (Boverket, 2021). Det finns idag ingen etablerad metod att skatta klimatpåverkan för ett planeringsobjekt, t.ex. i en översiktsplan. En idé är att skatta klimatpåverkan för hela planeringsperioden. Om planeringen t.ex. gäller en 30-årsperiod bör man inkludera dels de omedelbara (biomassa) och efterföljande (mark) utsläppen på grund av exploateringen men även de upptag som uteblir under perioden.

Referenser

- Berglund, Ö. & Berglund, K. (2010). *Distribution and cultivation intensity of agricultural peat and gyttja soils in Sweden and estimation of greenhouse gas emissions from cultivated peat soils*, *Geoderma*, 154(3-4), sid. 173-180.
- Boverket (2021). *Verktyg för minskad klimatpåverkan vid planläggning*, Rapportnummer: 2021:11 Boverket, juni, 2021. ISBN pdf: 978-91-7563-754-9 Diarienummer: 3.4.1 5257/2020.
- Drott, A. & Eriksson, H. (2021). *Klimatpåverkan från dikad torvtäckt skogsmark – effekter av dikesunderhåll och återvätning*, Skogsstyrelsen Rapport nr 7 2021, 71 sid.
- Eriksson, J., Mattsson, L. & Söderström, M. (2010). *Tillståndet i svensk åkermark och gröda, data från 2001 – 2007*, Rapport 6349, Jordbruksverket.
- Environmental Systems Research Institute (2021). ArcGIS Pro 2.9.3. Redlands, California.
- FAO (2004). *Global Forest Resources Assessment Update 2005 – Terms and Definitions*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Forestry Department, Forest Resource Assessment Programme. Working Paper 83/E, Rome 2004.
- Fridman, J., Westerlund, B., & Mensah, A.A. (2022). *Volymtillväxten för träd i Sverige under 00-talet*, Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, Arbetsrapport 540 2022, 24 sid.
- Houkpatin, K.O.L., Stendahl, J., Lundblad, M. & Karlton, E. (2021). *Predicting the spatial distribution of soil organic carbon stock in Swedish forests using a group of covariates and site-specific data*, *SOIL*, 7, sid. 377-398.
- IPCC (2014). *2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands*, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). Published: The Intergovernmental Panel on Climate Change, Switzerland.
- Jordbruksverket (2020). *Beslut: Kontrollinstruktion för arealbaserade kontroller – Stöden från och med 2015 - ÅR 2020. Process- och Kontrollsamordningsenheten*, Jordbruksverket. Diarienummer 3.4.20 – 02697/2020, 196 sid.
- Lantmäteriet (2022a). *Ortofoto Nedladdning*. Tillgänglig för nedladdning: <https://www.lantmateriet.se/sv/geodata/vara-produkter/produktlista/ortofoto-nedladdning/#qry=ortofoto> [2022-09-14].
- Lantmäteriet (2022b). *Lantmäteriets Fastighetskartas kommungränser (GIS-lagret ak_riks.shp)* [2022-08-22].
- Lindahl, A., Houkpatin, O. & Lundblad, M. (2022). *Genomgång av hantering av organogena marker inom klimatrapporteringen*, SMED Rapport nr 6 2022, 64 sid.

- Lidberg, W., Paul, S.S., Westphal, F., Richter, K.F., Lavesson, N., Melniks, R., Ivanovs, J., Cielsielski, M., Leinonen, A. och Ågren, A.M. (2022). *Mapping drainage ditches in forested landscapes using deep learning and aerial laser scanning* [Manuskript inlämnat för publicering]. Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Metria. (2022) Vektoriserad version av dikeskartan. Tillgängliga för nedladdning vid: <https://gpt.vic-metria.nu/data/land/Diken/>
- Naturvårdsverket (2020). *Nationella Marktäckedata 2018 basskikt*. Utgåva 2.2, 56 sid., Tillgänglig vid: <https://www.naturvardsverket.se/contentassets/37e8b38528774982b5840554f02a1f81/produktbeskrivning-nmd-2018-basskikt-v2-2.pdf> [2022-11-10]
- Naturvårdsverket (2021a). *National Inventory Report Sweden 2021*, 534 sid.
- Naturvårdsverket (2021b). Metadatakatalogen: *Nationella Marktäckedata 2018, Skyddade områden, naturreservat och Skyddade områden, naturvårdsområden*. Tillgängliga för nedladdning vid: <https://metadatakatalogen.naturvardsverket.se/metadatakatalogen/> [2022-08-22]
- Naturvårdsverket (2021c). *National Inventory Report Sweden 2021: Annexes*.
- Nilsson, T., Engberg Hydén C. & Stendahl, J. (2022). *Torvdjup och kolförråd i svenska torvmarker på myr- och skogsmark – data och beräkningar från främst Markinventeringen* [Manuskript under arbete]. Preliminära beräkningar, 25 maj 2022. Institutionen för mark och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Oertel, C., Matschullat, J., Zurba, K., Zimmermann, F. and Erasmi, S. (2016). *Greenhouse gas emissions from soils – A review*, *Geochemistry*, 76(3), sid. 327-352.
- Peacock, M., Audet, J., Bastviken, D., Futter, M. N., Gauci, V., Grinham, A. R., Harrison, J. A., Kent, M. S., Kosten, S. and Lovelock, C. E. (2021). *Global importance of methane emissions from drainage ditches and canals*, *Environmental Research Letters*.
- Poeplau, C., Marstorp, H., Thored, K. & Kätterer, T. (2016). *Effect of grassland cutting frequency on soil carbon storage – a case study on public lawns in three Swedish cities*, *SOIL*, sid. 175-184.
- Prop. 2016/17:146. *Ett klimatpolitiskt ramverk*. Stockholm: Miljödepartementet, Tillgänglig för nedladdning vid: <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/proposition/2017/03/prop.-201617146/> [2022-11-10]
- RIS (2021). *Fältinstruktion 2021 – RIS – Riksinventeringen av skog*, Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, 498 sid.
- SCB (2022) Öppna geodata för tätorter. Tillgänglig för nedladdning vid: <https://www.scb.se/vara-tjanster/oppna-data/oppna-geodata/tatorter/> [2022-08-22]
- SGU (2015). Produktbeskrivning: *Jordlagerföljder*. Tillgänglig vid: <https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/vara-data-per-amnesomrade/jordartsdata/jordlagerfoljder/> [2022-11-10]
- SGU (2018). Produktbeskrivning: *Jordarter 1:25 000-1:100 000*. Tillgänglig vid: <http://resource.sgu.se/dokument/produkter/jordarter-25-100000-beskrivning.pdf> [2022-11-10]
- Skogsstyrelsen (2021). Skogliga grunddata. Tillgänglig för nedladdning vid: <https://skogsstyrelsen.se/sjalvservice/karttjanster/geodatatjanster/ftp/> [2022-08-22]

- SLU (2021a). Riksskogstaxeringen – Officiell statistik om de svenska skogarna. <https://www.slu.se/riksskogstaxeringen> [2022-11-10]
- SLU (2021b). Markinventeringen – Miljöövervakning av skogsmark och andra naturmarker. <https://www.slu.se/markinventeringen> [2022-11-10]
- SLU (2021c). Datavärdskap Jordbruksmark – delprogram Mark- och grödoinventeringen. <https://www.slu.se/mark/dv/> [2022-11-10]
- SLU (2021d). SLU Skogskarta. Tillgänglig för nedladdning vid: <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/riksskogstaxeringen/statistik-om-skog/slu-skogskarta/> [2022-08-22]
- SLU (2021e). Produktbeskrivning: *SLU Skogskarta 2015*. Tillgänglig vid: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/sjalvservice/karttjanster/geodatatjanster/produktbeskrivningar/raster-slu-skogskarta---produktbeskrivning.pdf> [2022-11-10]
- SOU 2020:4. *Vägen till en klimatpositiv framtid*. Stockholm: Miljödepartementet, Tillgänglig för nedladdning vid: <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/statens-offentliga-utredningar/2020/01/sou-20204/> [2022-11-10]
- Strängnäs kommun (2022). Samhällskontorets GIS-lager över befintliga och planerade exploaterade områden inom Strängnäs kommun (*vagtrafiknat_Strangnas_220615, vagar_utvecklingsomraden, byggnader, storre_omraden & ytor_utvecklingsomraden*) [2022-11-10]
- Ståhlberg, D., Karlton, E., Jacobson, A. & Lennartsson, T. (2010). *Inlagring av kol i betesmark*, Rapport 2010:25, Jordbruksverket.

Tack

Vid SLU bidrog Johan Stendahl med uttag från *Riksskogstaxeringen* och Erik Karlton med uttag från *Markinventeringen* samt beräkningar av kolförråd och koldioxidupptag i årlig förna.

Bilaga 1. Expansionsfaktorer och stamtillväxt för beräkning av koldioxidupptag av levande biomassa

Framräknade expansionsfaktorer, stamvedstillväxt och bidrag till totalt koldioxidupptag av levande biomassa för olika träslag vid olika beståndsåldrar i Södermanlands län presenteras i tabell 18, 19 respektive 20.

Tabell 18. Olika träslags expansionsfaktorer vid olika beståndsålder för beräkning av torrsubstans (ts) levande biomassa ovan mark (BEF) från stamvolymen av olika träslag.

Beståndsåldersintervall	BEF (ton ts m ⁻³ stamved)				
	Gran	Tall	Björk	Ek	Övriga lövträd
0 – 9	0,39	0,61	0,72	0,73	0,55
10 – 19	0,46	0,65	0,72	0,66	0,49
20 – 39	0,50	0,59	0,72	0,66	0,47
40 – 59	0,47	0,57	0,71	0,65	0,46
60 – 79	0,45	0,55	0,73	0,65	0,45
80 – 231	0,45	0,55	0,73	0,65	0,47
Samtliga bestånd	0,46	0,56	0,73	0,66	0,47

Tabell 19. Olika trädslags stamvedstillväxt på skogsmark vid olika beståndsålder. Antal av Riksskogstaxeringens provytor som stamtillväxten är baserad på anges inom parentes.

Beståndsåldersintervall	Stamvedstillväxt (m ³ stamved ha ⁻¹ år ⁻¹)				
	Gran	Tall	Björk	Ek	Övriga lövträd
0 – 19	1,61 (121)	1,45 (74)	0,77 (107)	2,09 (31)	2,61 (56)
20 – 39	5,71 (210)	3,97 (130)	2,18 (162)		2,56 (74)
40 – 59	5,64 (242)	4,31 (185)	1,67 (144)		2,82 (84)
60 – 79	4,68 (175)	4,11 (173)	1,62 (110)		2,59 (82)
80 – 205	3,12 (213)	3,10 (227)	1,15 (110)		1,87 (84)
Samtliga bestånd	4,41 (961)	3,59 (789)	1,55 (633)		2,48 (390)

Tabell 20. Olika trädslags bidrag (per stamvolymsandel) till koldioxidupptag av levande biomassa (ovan och under mark) på skogsmark vid olika beståndsålder.

Beståndsåldersintervall	Koldioxidupptag av levande biomassa (kg CO ₂ ha ⁻¹ år ⁻¹)				
	Gran	Tall	Björk	Ek	Övriga lövträd
0 – 9	-1 556	-2 173	-1 349	-3 711	-3 481
10 – 19	-1 824	-2 283	-1 361	-3 383	-3 100
20 – 39	-7 050	-5 744	-3 819	-3 365	-2 913
40 – 59	-6 493	-6 001	-2 902	-3 310	-3 156
60 – 79	-5 192	-5 546	-2 901	-3 329	-2 847
≥80	-3 408	-4 183	-2 060	-3 317	-2 161
Samtliga bestånd	-4 963	-4 893	-2 762	-3 353	-2 824

Bilaga 2. Våtmarkers näringsstatus för olika markanvändningskategorier

Våtmarkers näringsstatus är okänd för 80% av de öppna våtmarkerna och 43% av skogsmarkerna. För dessa torvmarker antogs näringsstatusen ha den för markanvändningen vanligaste näringsstatusen för djup torv vilket erhöles genom att *Nationella Marktäckedatas* basskikt överlappades med *SGU-baserat torvraster*, se tabell 21. Inom Strängnäs kommun är tallskog på våtmark och barrblandsskog på våtmark på djup torv vanligast (79% respektive 61%) på näringsfattig torv medan granskog på våtmark på djup torv är lika vanlig på båda torvtyperna. Övriga skogstyper samt Öppen våtmark på djup torv är vanligast på näringsrik torv.

Tabell 21. Markanvändningskategorier av våtmarkstyp och deras arealers fördelning på näringsrik respektive näringsfattig djup torv. Andel av respektive markanvändningskategori anges inom parentes.

Markanvändningskategori på våtmark	Areal på näringsrik djup torv (ha)	Areal på näringsfattig djup torv (ha)
2 Öppen våtmark	51 (14%)	315 (86%)
121 Tallskog på våtmark	56 (21%)	206 (79%)
122 Granskog på våtmark	12 (52%)	11 (48%)
123 Barrblandskog på våtmark	13 (39%)	21 (61%)
124 Lövblandad barrskog på våtmark	101 (65%)	55 (35%)
125 Triviallövskog på våtmark	230 (88%)	31 (12%)
126 Ädellövskog på våtmark	0,1 (100%)	-
127 Triviallövskog med ädellövsinslag på våtmark	-	-
128 Temporärt ej skog på våtmark	18 (70%)	8 (30%)

Bilaga 3. Kolförråd och kolsänka för Strängnäs kommuns skyddade områden

Kolförråd och koldioxidupptag för skog och mark uppdelat på olika naturreservat samt naturvårdsområden inom Strängnäs kommun presenteras i tabell 22.

Tabell 22. Kolförråd och koldioxidupptag för skog och mark på naturreservat och naturvårdsområden (Tingstuhöjden) inom Strängnäs kommun. Procentsats inom parentes anger andel av totalen för hela kommunen. De skyddade områdena är färgkodade efter om de sammantaget är en kolsänka (blått) eller en kolkälla (rött).

Namn ¹	Landyta (ha)	Koldioxidupptag (ton CO ₂ -ekv. år ⁻¹)	Totalt kolförråd (kton C)
Bresshammars Hage	17	-47	3
Bråtön	37	-36	9
Gallsjömossen	65	-74	42
Gorsingeholm	21	-69	4
Grispholms hjorthage	49	-120	7
Götön	75	-301	14
Härnöängen	40	-20	6
Kalkbro	21	-79	4
Lenellstorpskärret	35	-60	16
Lindön	87	-126	17
Långaedet	133	-523	23
Magsjöberget	85	-373	15
Magsjötorp	23	-88	5
Norrby kyrkskog	21	-39	4
Nybble holme	43	-167	9
Stampmossen	12	10	8
Stora Härnön	106	-436	20
Svartsjömyren	21	-16	24
Tingstuhöjden	61	-208	7
Torparudden	38	-126	6
Tynnelsö Djurgård	30	-32	6
Tynnelsö Prästholmen	66	26	19
Tynäs	8	5	2
Åsbyåsen	10	-36	1
Skyddade områden totalt	1 043 (1,4%)	-2 925 (2,2%)	272 (2,1%)

¹ Notera att resultaten endast gäller för den del av de skyddade områdena som ligger inom Strängnäs kommun.