



Sollentuna kommun
Naturvård

Förstudie, 2009-10-01

Kolförråd och inlagring av kol i skogar och på andra vegetationsytor i Sollentuna kommun

Nuläge och potential för inlagring i vegetation och mark

Pär Wennman (Vascaia AB)

Sammanfattning

Skogar och andra marker har förmåga att lagra in kol. Processen styrs av växternas fotosyntes som utgör motorn i kolets kretslopp. Kol lagras in både i vegetation, som t.ex. träd men även i marken. Det är i marken de stora kolförråden ligger. Ca 4 miljoner ton kol lagras årligen in långsiktigt i Sveriges skogar vilket motsvarar ca 130 kg kol per hektar sedan man räknat bort förluster för nedbrytningen. Växtlighet, mark eller vatten som lagrar in kol kallas också för kolsänkor.

I denna studie har beräkningar genomförts på kolförråd och kapacitet för kolinlagring i skogar och andra vegetationsytor i Sollentuna kommun. Syftet med studien har varit att försöka ge svar på följande frågor: Hur mycket kol binds i det "gröna", dvs i skogar, buskmark och våtmark i Sollentuna idag? Med vilka åtgärder och på vilka marker kan vi öka inlagringen? Hur mycket kol binds i det gröna i Sollentuna med en "klimatanpassad" skötsel? Dessutom har en beskrivning och värdering gjorts av möjligheterna för kolinlagringen på kommunens sk. restmarker och andra öppna marker samt på tomtmarker.

Genom studien är vi idag närmare svaren på dessa frågor, även om vissa delar fortfarande är osäkra. Ca 370 000 ton kol beräknas ligga lagrat i Sollentunas "gröna" marker idag. Räknar man dessutom in öppna marker och tomtmark stiger siffran till ca 620 000 ton. Med åtgärder som främjar kolinlagringen utan att naturvärden och andra miljömål äventyras, dvs åtgärder riktat mot en "klimatanpassad skötsel", kan närmare 1330 ton kol årligen lagras in på kommunens grönytor, (skogar, våtmarker och buskmarker) netto, eller knappt 0,6 ton per hektar. Med dagens skötsel minskar inlagringen till 580 ton eller 0,25 ton per hektar. Kommunens värdefulla skogar beräknas ensamt kunna lagra in knappt 750 ton kol årligen eller drygt 0,3 ton per hektar och med klimatanpassning 1100 ton årligen. Den högre siffran för skogen ensamt förklaras av att våtmarkerna utgör en källa till utsläpp eftersom nedbrytningen är större än tillförsel av kol.

Räknar man in kommunens restmarker/öppna marker och tomtmarker kan den årliga inlagringen av kol öka flera gånger om, eller upp till omkring 11 000 ton med riktade insatser. De öppna markerna utgör alltså en stor resurs för möjlig kolinlagring. I valet av markanvändning och åtgärder för såväl skogsmark som övrig mark bör dock andra miljö kvalitetsmål vägas in exempelvis mål kopplade till olika naturvärden och övergödning. Exempel på åtgärder är extra plantering och gödsling.

(1) Pär Wennman, Vascaia AB

Bakgrund

De flesta forskare är idag enade om att människans utsläpp av växthusgaser, främst koldioxid, leder till ökade halter i atmosfären, och en påverkan det globala klimatet.

Enligt Kyotoprotokollet har alla länder ett ansvar för att minska utsläppen av växthusgaser. Som ett viktigt komplement till detta finns det stora möjligheter att hålla nere koldioxidhalten i atmosfären genom att binda in kol i levande biomassa, mark eller vatten i sk kolsänkor (www.miljomal.nu). Växande skogar är väldokumenterade exempel på ekosystem som lagrar stora mängder kol. Med rätt skötsel och ett energieffektivt utnyttjande av biomassan från den uttagna skogen kan stora mängder kol föras över från atmosfären till biosfären (den levande sfären). Hur man uppnår bäst effekt av detta beror alltså på vilka skötselåtgärder man vidtar och när, samt vad man gör med trädråvaran. I skogar som inte nyttjas för att producera virke mm, sk naturskogar sker inget eller ett begränsat aktivt uttag av kol ur skogen eftersom det återförs skogsmarken på sikt och alltså lagras in kontinuerligt.

Skog kan brukas för att reducera utsläpp av växthusgaser på tre sätt. Det första är att producera biomassa eller byggnadsmaterial som ersätter andra bränslen och produkter (substitution). Användning av virke som byggnadsmaterial har större effekt på koldioxidutsläppen än nyttjande till biobränsle (Lustra Årsrapport 2005). Det andra sättet är att binda in kol i biomassa och humus eller torv (lagring) från koldioxid. Den tredje möjligheten är att tillämpa en markanvändning som minimerar avgången av växthusgaser från marken (Lustra-Så kan skogsbruket påverka, 2008).

Kolinlagring i kommunen; förutsättningar, möjligheter och begränsningar.

Eftersom Sollentuna kommun är medlem i klimatkommunerna har kommunen tagit fram en klimatstrategi. Sollentuna kommun har därför antagit ett mål att reducera/kompensera för utsläpp av växthusgaser, som idag ligger på ca 2,8 ton CO₂ per person och år (Muntl. Lars Keski-Seppälä). Sollentunas 63 000 invånare släpper alltså ut 176 400 ton CO₂ eller 47 600 ton rent kol per år. Ett sätt att nå målet är att nyttja naturmarken i kommunen för att lagra kol, där den höga andelen skogsmark utgör en särskilt viktig möjlighet. All skogsmark som kommunen förvaltar, både de större naturreservaten Järvafältet, Törnskogen och Rösjönskogen, och mindre skogsområden har viktiga värden, så som biologisk mångfald, värden för friluftslivet mm. Avvägningar mellan dessa värden och kommunens klimatmål måste alltså göras.

Miljömål

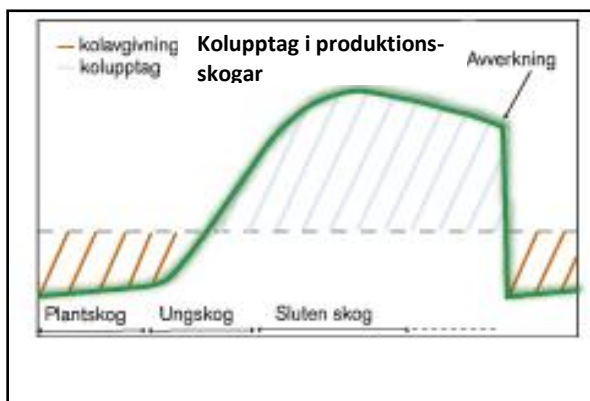
Även andra värden och miljömål ställs mot varandra när olika åtgärder skall föreslås. Flera miljömål kan dock uppnås och rymmas inom samma projekt för en viss åtgärd. För åtgärder som kan bli aktuella för skogsområdena är det främst målet "Begränsad klimatpåverkan" och målet "Levande skogar" som skall beaktas. Övriga miljömål som kan bli aktuella är, "Frisk luft", "Myllrande våtmarker", "Ingen övergödning", "Ett rikt odlingslandskap" och "God bebyggd miljö".

Skogsmarkens och andra markers roll för inlagring av kol

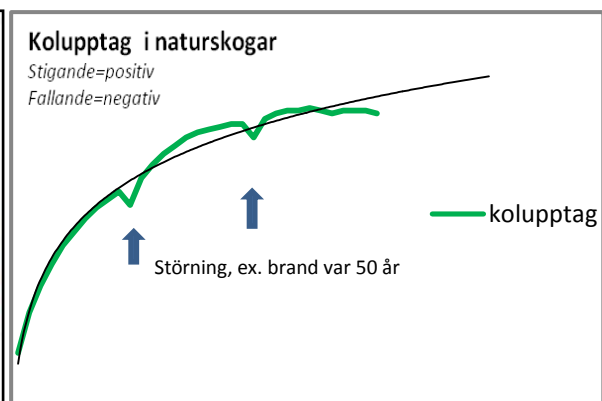
Lagren av kol i den svenska skogen är mycket stora. Ca 85 ton kol per hektar beräknas ligga lagrat i fastmarken i svenska skogar. Dessutom ligger ca hälften av detta i omlopp i den växande biomassan. Av det som cirkulerar förs en stor del av kolet bort när träden gallras eller avverkas för att ersättas med nya plantor (produktionsskogar) eller så bryts veden ned när träden dör och koldioxid frigörs (naturskogar). I båda fallen tillförs dock en viss del kol långsiktigt, vilket framgår av följande beskrivning:

Skogar liksom andra vegetationsbärande fasta marker (inklusive våtmarker) binder in kol i växande biomassa genom fotosyntesen och i marken genom tillförsel av fallföna och rotföna från växterna. Kol kan också tillföras marken genom utsöndring via rötterna, genom sk Rhizodeposition. En del av kolet som tillförs marken bryts ned mikrobiellt och avgår då som koldioxid, men en stor del lagras mycket långsiktigt i s.k. humus. Beräkningar visar att ca 4 miljoner ton kol per år (ca 130 kg per ha och år) lagras långsiktigt i de svenska skogarna, vilket motsvarar en fjärdedel av utsläppen från fossila bränslen (Miljötrender-skogsbruk och växthusgaser, 2003). I Skandinavien är det klimatet och tillgången till näring, då främst kväve från t.ex. gödsling och kvävedeposition som är de viktigaste faktorerna som styr skogens tillväxt och uppbyggnaden av kolförråd (Lustra-Så funkar det, 2007).

Produktionsskogar, som avverkas när skogen är mogen, har mindre kollager än naturskogar, men igengäld lagrar de in mer kol per tidenhet i förhållande till naturskogar (Muntl. Mats Olsson, SLU). Det beror på att produktionsskogar sköts för att uppnå maximal tillväxt vilket även gynnar kolinlagringen i mark trots att det efter varje avverkning bortförs kol ur systemet. I naturskogar är upplagringen av kol långsammare och mer kontinuerlig (Figur 1 och 2).



Figur 1. Kolupptag och kolavgivning i produktions-skogar. Schematisk figur från plantering till avverkning. (Miljötrender-Skogsbruk och växthusgaser, 2003, Pdf)



Figur 2. Kolupptag i naturskogar. Observera att stigande kurva indikerar kolupptag och fallande indikerar kolavgivning från systemet netto. (Pär Wennman, 2009)

Skog på våtmarker och torvtäckta marker har en särskild betydelse. Många av de svenska miljö kvalitetsmålen berör dessa marker. De har ofta hög skogsproduktion och i många fall höga skyddsvärden med avseende på biologisk mångfald, samt betydelse för det avrinnande vattnet och dess egenskaper. I skog på torvmark som dikats, kan det bildas lustgas och metan när döda växtdelar bryts ned. Som växthusgas är lustgas 296 och metan 23 gånger mer effektiv än koldioxid, jfr GWP-faktor. (Lustra-Så funkar det, 2007). De dikade torvmarkerna avger mer koldioxid än vad som tillförs via tillförsel av föna och nettoavger således koldioxid (Lustra-Skogsklädda, torvtäckta marker, 2007).

Öppna marker kan brukas så att de tar upp kol långsiktigt. Det kan ske genom t.ex. vallodling eller genom beskogning/trädplantering med snabbväxande trädslag ex. Poppel. Dessa marker kan vara lämpliga att gödsla under förutsättning att det genomförs på ett sätt så att det inte strider mot andra miljömål. Gödslingen är en fördel ur kolinlagringssynpunkt eftersom kvävet i gödslet hämmar nedbrytningen av det organiska materialet i marken. Dessutom tillförs betydande mängder kol till marken om man använder organiska gödselmedel. Det kan vara röt slam eller andra rötade eller komposterade produkter med tillräckligt näringsinnehåll.

Fakta - Kol eller koldioxid?

Ibland anges växthusgasflöden som mängd kol (C) och ibland som koldioxid (CO₂). Omräkningsfaktorn från kol till koldioxid är 3,7. Det betyder att 1 kg kol motsvarar 3,7 kg koldioxid, eller omvänt 1 kg koldioxid innehåller 0,27 kg kol. (Källa: Lustra-Skogsklädda, torvtäckta marker, 2007)

Denna studie

Syftet med denna studie har varit att översiktligt beskriva i vilken omfattning Sollentunas skogar och annan vegetation lagrar kol idag, och vilka möjligheter som finns att med olika åtgärder öka kolinlagringen. Naturtyper som tas upp i studien är skogar, våtmark, buskmark, öppen mark och tomtmark. Beräkningar och uppskattningar är baserade dels på kommunens egna uppgifter, så som bonitet och virkesförråd, och dels på känd vetenskap, genom LUSTRA-projektet. LUSTRA är ett forskningsprogram som är inriktat mot problemet med ökningen av växthusgaser i atmosfären (<http://www.mistra.org/lustra>). För tomtmark förs ett teoretiskt resonemang och en grov uppskattning kring möjligheterna för kolinlagring.

I uppdraget ingår att försöka ge svar på följande frågor:

- Hur mycket kol binds i *det gröna*, dvs i skogs-, busk- och våtmarker i Sollentuna idag?
- Med vilka åtgärder och på vilka marker kan vi öka inlagringen?
- Hur mycket kol binds i *det gröna* i Sollentuna med en klimatanpassad skötsel?

Uppdraget ska också kortfattat beskriva möjligheterna till kolinlagring enligt nedan:

- Hur stort tillskott kan vi få om restmarker, vägområden, parklika gräsytor och andra öppna marker brukas för ökad kolinlagring, t.ex med odling av vall och trädodlingar/beskogning?
- Hur stort tillskott kan en klimatanpassad skötsel på tomtmark ge?

Grund för beräkningar

Som underlag för beräkningarna har kommunen tillhandahållit uppgifter om naturtyper och arealer. För skogsområdena har dessutom uppgifter om åldersfördelning, virkesförråd, trädslagsfördelning, bonitet och tillväxt från 1987 års skogsbruksplan utgjort underlag. Anpassningar av indata för att få fram värden som motsvarar 2009 års förhållanden har gjorts av kommunen för att underlätta beräkningar av kolförråd och kolinlagring. För Törnskogen och annan icke taxerad skog har beräkningar genomförts från summor och medelvärden av virkesförråd respektive tillväxt, eftersom uppgifter om åldersklasser och trädslagsfördelning saknas. För beräkningar av kolförråd och kapacitet för kolinlagring i skogsmarken har LUSTRA- rapporter och vetenskapliga publikationer utgjort referenser tillsammans med muntliga referenser från bl.a. Mats Olsson (SLU), Riitta Hyvönen (SLU) och Johan Stendahl (SLU). För öppna marker har referenser utgjorts av vetenskapliga publikationer, muntliga referenser från Thomas Kätterer (SLU) och från eget publicerat material (Wennman & Kätterer, 2006).

Beräkningar och resultat för de olika naturtyperna

Tidshorisonten

Beroende på vilken tidsperiod man studerar/prognostiserar är det olika svårt att förutsäga kapacitet för kolinlagring. Under en tidsperiod på exempelvis 50 år är det lättare att förutsäga en viss inlagring som beror på en viss åtgärd, vilket är betydligt svårare över en tidsperiod över flera hundra år.

Skog

Beräkningar för skogsmarken har delats in efter område och naturtyp. Kommunens taxerade skogområden är indelade enligt följande: delområde 1) Rotsunda, Rotebro, Vaxmora, Rösjön och Tegelhagen; delområde 2) Järvafältet; delområde 3) Törnaskogen. Dessutom finns skogsmark utanför dessa områden utan geografisk tillhörighet, men som ändå räknas in i studien. Naturtyperna för skogen har delats in i tallskog, granskog, lövskog (inkl blandskog) och ädellövskog efter bestånd.

För beräkning av kolförråden, tabell 1, har virkesförrådet för varje naturtyp och åldersklasserna multiplicerats med torr volymvikt för respektive trädslag. Från densitetsvärdet har faktor för grenar, toppar, stubbe och rotsystem samt en faktor för kolhalt i levande biomassa räknats in. Hänsyn har också tagits till nedbrytningen med antagandet att 80 % respireras bort, och resterande del långsiktigt byggs in och ackumuleras i systemet. Kolförrådet har beräknats för levande biomassa, markförråd och totalt. Eftersom varje naturtyp (tallskog, granskog, lövskog och ädellövskog) inom respektive område endast täcker en del av den totala arealen inom området, erhålls ett motsvarande kolförråd för varje naturtyp och område. Dock finns en jämförande kolumn där det antas att respektive naturtyp täcker 100% av området. Dessa rader är märkta 1 respektive 2 för kolumnen ton C (kol) ha⁻¹. Övriga kolumner avser verklig utbredning. Värden är angivna i ton kol per hektar och ton kol totalt i mark och i mark och vegetation tillsammans.

För beräkning av kolinlagringen, tabell 1, har tillväxtvärdet utgjort basen för beräkningarna och analogt med beräkningarna för kolförråd har ett värde i ton kol per hektar tagits fram för mark och för mark och vegetation sammanräknat. Dessutom presenteras hur den totala kolinlagringen per hektar förändras på 50 år. Även här har en jämförande beräkning för verklig respektive 100-procentig utbredning gjorts för skogens naturtyper, men presenteras enbart i kolumnen ton C (kol) per ha⁻¹ år⁻¹.

Det bör understrykas att de framräknade värdena för kolförråd och kolinlagring inte är statistiskt säkerställda utan istället bör man räkna in en viss osäkerhet. I synnerhet gäller det för skogens kolinlagring. Förklaringar till osäkerheterna ligger dels i att provtagningar ej genomförts, utan underlagen utgörs endast av data från riksskogstaxeringen. Vidare är inte hänsyn taget till skogens individuella utvecklingsstadier i olika delområden vilket påverkar de faktiska kolinlagringen olika. Ju längre en skog går mot naturskogsstadiet desto närmare ett sorts jämviktsläge mellan kolupptag och kolavgivning brukar man räkna med, (Muntl., Peter Eliasson, SLU). För skogarna i Sollentuna har områden i Törnaskogen brukats i senare tid och är fortfarande ganska homogen, medan det finns partier på Järvafältet som kan betraktas som rena naturskogar (Muntl., Rikard Dahlen, Sollentuna kommun).

Skogens kolförråd utgör drygt hälften av kolförrådet på kommunens sammanlagda vegetationsytor, och är den naturtyp som dominerar i det avseendet (tabell 1). Tallskog är den skogstyp som dominerar och står också för de största kolförråden.

Tallskogen står för den största kolinlagringen, 0,16 ton C per hektar år⁻¹, av skogens naturtyper om man gör beräkningen utifrån den verkliga utbredningen (tabell 2). Om man istället antar full utbredning av varje skogstyp är det lövskogen som kan lagra in mest kol eller ca 0,36 ton per hektar år⁻¹, att

jämföra med tallskogens och ädellövskogens 0,33 och granskogens 0,31 ton per hektar år⁻¹. En förklaring till det kan vara den stora andelen lövsly som brukar finnas i ogallrade lövskogsbestånd, vilket ger en större tillväxt än i en sluten granskog eller i ett tallbestånd där lövet har sämre förmåga att konkurrera. Skillnaderna är dock för små för att man skall kunna dra några säkra slutsatser.

Fakta – Effekt av gödsling

Mark som gödglas binder in mer kol än ogödslad mark oavsett markanvändning. Gödsling av skogsmark, som blir allt vanligare idag, kan t.ex. ge en inlagring på mellan 1-2 ton kol per hektar och år. Det beror på att kvävet i gödslet hämmar nedbrytningen och därmed frigörelsen av kol. Gödslingen ger också ökad tillväxt och därmed mer kol i biomassan. Dessutom tillförs kol om kolrika organiska gödselmedel som rötslam eller stallgödsel används (Pär Wennman, 2009).

Våtmark

Våtmarkernas kolpool har antagits vara samma som för organogena jordar dvs. 225 ton C per hektar, på djupet 0-25 cm (Kätterer & Andrén, 2001), vilket ger 900 ton per hektar ned till 1 m djup. För vass och säv som utgör ca 3/5 av våtmarkernas totala yta har antagits ett kolförråd som är hälften av det för övriga våtmarker. Avgången av kol från våtmarkerna (ej vass och säv) har antagits vara 3,5 och 12 ton per hektar årligen för dikad respektive odikad våtmark (Skogsklädda torvtäckta marker. Pdf. Figur 1).

Våtmarkerna har trots sin begränsade areal stora kolförråd, då tillförseln av kol är större än vad som förs bort när växterna bryts ned i de syrefattiga förhållandena under vattnet. Uppskattningsvis är våtmarkernas kollager 640 ton C per hektar (tabell 1). Dessa marker är dock snarare en *källa* för koldioxid än en *sänka* pga. de stora förråden av icke nedbrutet kol och en låg tillförsel av förna. När syretillgången är begränsad är det främst metan som avgår och utsläppseffekten blir än större, se våtmarkers roll för inlagring av kol. Hur situationen ser ut för Sollentunas våtmarker är svårt att sja om men en dikad mosse t.ex. släpper ut stora mängder koldioxid när luft får tillträde och bryter ner biomassan. Dessa naturtyper har i allmänhet höga naturvärden varför man i så stor utsträckning som möjligt bör behålla eller återskapa dess naturliga förutsättningar oavsett dess påverkan på utsläpp av växthusgaser.

Tabell 1. Kolförråd

Naturtyp	Areal (ha)	Ton C (ha ⁻¹)	Ton C ^{i Mark} (ha ⁻¹)	Ton C (totalt)	Ton C ^{i Mark} (totalt)
Tallskog 1, 2		78 ¹ /174 ²	52	123 600	82 400
Granskog 1, 2		43 ¹ /114 ²	29	68 900	45 900
Lövskog 1, 2		28 ¹ /168 ²	19	44 600	29 700
Ädellövskog 1, 2		2,7 ¹ /131 ²	1,8	4 400	2 900
Skog totalt taxerad	1593	150	100	239 000	160 000
Skog totalt ej taxerad	665	150	100	99 900	66 800
Skog totalt	2258			338 900	226 800
Våtmark	38	640	-	24 300	-
Buskmark	31	80	-	2 400	-
Öppen mark	962	76	76	73 000	73 000
Tomtmark*	1002	184	92	184 300	92 100
Totalt i kommunens grönytor	4291			622 900	
Totalt i kommunens grönytor exkl tomtmark och öppen mark	2327			365 600	

*Siffrorna för tomtmark är grovt uppskattade och framräknade som ett medelvärde från förråden i skogsmarken.

1=effekt uppnådd vid verklig utbredning/täckningsgrad, 2= effekt uppnådd om respektive naturtyp antas ha 100% ig utbredning .

Buskmark

Kolpolen för buskmark är satt till 80 ton per hektar, vilket är jämförbart med en produktionsskog. Den årliga kolinlagringen för ogödslad buskmark har antagits vara i samma storleksordning som för den genomsnittliga inlagringen i vanlig svensk ogödslad skogsmark. Ett tillägg på 0,5 ton per hektar för biomassatillväxt har gjorts (tabell 2). För gödslad buskmark är inlagringen ytterligare ca 8 ton som effekt direkt via kol i gödslet (om organiskt gödselmedel används) och via ökad tillväxt och effekter på nedbrytningen.

Öppen mark

Den öppna marken har stor potential att binda kol både totalt och per ytenhet (tabell 2). Det beror på den stora arealen och att bördigheten på dessa marker förväntas vara hög. Tre olika alternativ att bruka dessa marker har valts för att ta reda på effekten på kolinlagring, nämligen vall/gräsmark, poppelplantage, och gödlat poppelplantage. Vall eller gräs på öppen mark kan lagra ca 3 ton per hektar och år om skörd återförs, kanske mer. Om skörden bortförs tar man bort 1-2 ton per kol årligen från samma yta. Kol som dock kan nyttiggöras i t.ex. energi/bränsleframställning. I denna studie antas dock den öppna markens kolförråd helt ligga i marksystemet samt att den växande vegetationen (gräs och örter) återförs till markens förråd varje år.

Tabell 2. Kolinlagring. För skogen är kolinlagringen beräknad utifrån dagens skötsel.

Naturtyp	Ton C (ha ⁻¹ år ⁻¹)	Ton C ⁱ Mark (ha ⁻¹ år ⁻¹)	Ton C (ha ⁻¹ 50år ⁻¹)	Ton C (totalt år ⁻¹)
Tallskog 1, 2	0,16 ¹ /0,33 ²	0,06	8	254
Granskog 1, 2	0,09 ¹ /0,31 ²	0,04	4,6	146
Lövskog 1, 2	0,08 ¹ /0,36 ²	0,03	3,8	122
Ädellövskog 1, 2	0,01 ¹ /0,33 ²	0	0,3	11
Skog totalt taxerad	0,33	0,13	17	532
Skog totalt ej taxerad	0,33	0,13	17	222
Våtmark				
Dikad	-1,5	-	-73	-56
Ej dikad	-5,0	-	-250	-190
Buskmark				
ogödslad	0,63	0,13	32	19
Med gödsel vart 10 år	8,83	6,33	440	270
Öppen mark				
Med Vall/gräs	3	3	150	2 840
Med Poppel	6,9	3	340	6 620
Med Poppel som gödslas vart 10 år	9,8	7	490	9 460
Tomtmark*				
Låg produktion	0,07	-	3,3	66
Hög produktion	0,13	-	6,6	132
Totalt i kommunens grönytor				
Klimatanpassad	2,5			10 900
Ej klimatanpassad	0,8			3 500

1=effekt uppnådd vid verklig utbredning/täckningsgrad, 2= effekt uppnådd om respektive naturtyp antas ha 100% ig utbredning .

Poppel som är ett snabbväxande trädslag har mer än dubbelt så hög kapacitet att binda in kol jämfört med vall. Det beror på att poppel bygger in en stor andel kol i veden under sin tillväxtperiod, som inte gräs kan göra. Kolinlagringen i marken via förnaåterförelse och rotdeposition antas dock vara likvärdig för de båda systemen (Kätterer. T, 2005). Gödslad poppel ger ytterligare inlagring i både mark och ved och är den markanvändning som ger störst möjligheter att binda in kol. Efter ca 20 år skördas en Poppelplantering och veden bortförs från systemet. Denna kolpol bör man dock kunna räkna in om man t.ex väljer att tillverka biodrivmedel, och jämföra denna energinytta eller CO₂-nytta med samma mängd drivmedel från icke förnyelsebara kolkällor.

Tomtmark

Tomtmarken har med sin utbredning sannolikt stora kolförråd, eftersom många tomter under historien lagrat in stora mängder kol i marken. Många träd har dock avverkat sedan markerna tagit i privat ägo utan att nya träd planterats i samma omfattning. Det ovanjordiska kolförrådet är därför betydligt lägre. 1/5 av skogens genomsnittliga kolförråd har antagits. För kolinlagringen har ett scenario med låg produktion (1/5 av skogens kolinlagring) och ett med hög produktion (2/5 av skogens kolinlagring) presenterats. Det lågproduktiva alternativet lagrar under dessa antaganden in ca hälften av och det högproduktiva i samma storleksklass som kommunens samlade lövskog. Även här, har i likhet med beräkningar för skogen, antagits att det som byggs upp via tillväxt bryts ned till 80% på lång sikt.

Tre scenarier för kolinlagring i Sollentuna kommun

Den öppna marken beräknas stå för den största kolinlagringen av alla naturtyper med dagens skötsel. Med en "klimatanpassad" skötsel beräknas poppel plantering på öppen mark kunna ge det största kolnettot. Den totala inlagringen av kol i kommunens vegetationsytor med åtgärder som inte främjar kolinlagringen, dvs. med dagens skötsel ger ca 3500 ton kol per år vilket motsvarar drygt 0,6 % av det samlade kolförrådet (tabell 3). En "klimatanpassad" skötsel, dvs. åtgärder som främjar kolinlagringen som t.ex. gödsling och trädplantering, skulle kunna bidra med 3 gånger så mycket i årlig kolinlagring eller 1,7%, medan värdet för ett medelsscenario kan ge motsvarande 1,2% av det samlade kolförrådet. Den klimatanpassade skötseln antar att åtgärder sätts in på 10% av skogen, företrädesvis på marker med hög bonitet och låg tillväxt. Tillväxten höjs genom att något av de trädslag som finns i omgivningen planteras på dessa marker. Åtgärderna sätts utifrån de förutsättningar som finns för bevarandet av naturvärden samt att andra miljömål beaktas. Ett sådant miljömål är slammålet* som säger att 30 % av fosfor skall återföras till produktiv mark.

Effekten av gödsling blir relativt sett större på kolförrådet i marken än på kolförrådet i de växande träden. Förutom gödsling och extra plantering kan även andra åtgärder öka inlagringen, t.ex återhållsamhet med gallring (Eriksson. E, 2006). Det som gallras bör då återföras till skogsmarken.

**Slammålet ligger som ett delmål under målet "God bebyggd miljö".*

Tabell 3. Kolförråd och kolinlagring med 3 olika scenarier, (låg, medel och hög) . Tabellen utgör inget underlag för förslag på åtgärder för ökad kolinlagring utan sammanfattar endast i vilken storleksordning kolförråden skulle kunna öka om olika åtgärder vidtas.

Naturtyp all areal	Yta (hektar)	Kolförråd (ton C)	Kolinlagring (ton C år ⁻¹)		
			Låg (Dagens skötsel)	Medel	Hög (Klimatanpassad skötsel)
Skog	2258	340 000			
Skog utan åtgärder			750		
Skog med extra plantering ¹⁾				770	
Skog extra plantering och gödsling ²⁾					1 110**
Våtmark	38	24 300			
Våtmark utan åtgärder				-56*	-56
Dikad våtmark ⁴⁾					
Odikad våtmark	31		-190		
Buskmark		2 400			
Buskmark utan åtgärder				19	
Ogödslad buskmark ²⁾			19		
Gödslad buskmark					270
Grönmark	2327	367 000	580	740	1 330
Öppen mark	962	73 000			
Vall/gräsmark			2840		
Poppelplantage ³⁾				6620	
Gödslat Poppelplantage ³⁾					9 460
Tomtmark	1002	184 300			
Tomtmark utan åtgärder				66*	
Tomtmark låg produktion ⁴⁾			66		
Tomtmark hög produktion					132
Totalt	4291	624 000	3 500	7 400	10 900
Procent av totalt			0,6 %	1,2%	1,7%

1) Antaget att 10% av skogen extraplanteras

2) Antaget att 10% av skogen extraplanteras och gödglas (även buskmark) vart 10 år med långtidsverkande organiska gödselmedel

3) Avverkas efter ca 20 år och ersätts med nytt plantage. Gödglas som skog och buskmark.

* Medelscenario för våtmark och tomtmark antas ha samma värde som för dagens situation, dvs hög respektive låg effekt på kolinlagring.

** Gränsvärdet har satt till en kvot där värdet för tillväxt/bonitet är under 0,6.

Slutsats; Var och hur bör kolinlagringen öka?

Sollentunas skogar utgör en betydande resurs för att lagra in kol under nuvarande situation, men framför allt är det kombinationen av de stora kollagren och naturvärdena man bör värna om. Den viktigaste och enklaste åtgärden för att behålla dessa värden är att låta skogen vara i så stor utsträckning som möjligt. På områden där det finns behov av att röja eller gallra bör man låta slyet ligga kvar, vilket gynnar både kolinlagringen och naturvärdena, främst den biologiska mångfalden. I vissa skogsområden kan det vara motiverat med nyplantering och varsam gödsling där naturvärdena inte äventyras samt att miljömålen beaktas.

För att öka kolinlagringen så mycket som möjligt utgör de öppna markerna den största möjligheten, där man kan nå höga värden med t.ex. gödslad Poppelplantering. Beroende på vilka värden och mål som skall vägas in kan olika alternativ föreslås, anpassade efter olika områden. Jag ser flera möjligheter:

Utifrån de kunskaper som framkommit genom denna studie ser jag möjliga åtgärderna för ökad kolinlagring i det gröna Sollentuna:

Skogsmark med busk- och våtmark

- Sparsam gödsling med lämplig organiska restprodukter/gödselmedel på högst 10% av skogens yta på vissa lämpliga områden. Gödsling kan ske under förutsättning att det inte hotar känsliga arter eller påverkar t.ex. vattenkvaliteten inom området eller annat område som påverkas via t.ex. vattendrag.
- Extraplantering med träd som växer i omgivningen i utvalda områden med hög bonitet och låg aktuell tillväxt, vilket motsvarar ca 10% av skogsarealen.
- Liten gallring och kvarlämnande av död ved, för att gynna både kolinlagring och naturvärden.
- Buskmark: Gödsling med organiska gödselmedel med hänsyn till andra miljömål.
- Våtmark: Behåll eller återskapa våtmarkernas naturvärden. (Detta ger dock troligen negativa effekter på kolinlagring, dvs. våtmarkerna utgör en *källa* istället för en *sänka* för kol).

Övrig grön mark

- Öppen mark: varsamt gödsla gräsmark med organiska gödselmedel/restprodukter vilket bevarar det öppna landskapets karaktär. Plantera poppel, gödsla med dagvatten eller organiskt gödselmedel/restprodukt vilket maximerar kolinlagringen. Poppelplantering kan vara lämpliga på marker såsom vägslänter, restmarker eller utgöra bullerskärmar mm, där det efter skörd kan ge framtida avsättning som biodrivmedel.
- Tomtmark: stimulera villaägare och bostadsrättsföreningar till klimatkompensation genom trädplantering. Utbilda dem i hur jordbearbetning påverkar frigörelse av koldioxid.

Hårdgjorda ytor

- Ställ krav på byggtreprenörer vid upphandlingar så att man endast tar in entreprenörer som aktivt jobbar med åtgärder som stimulerar kolinlagring eller minskar koldioxidutsläpp och energiåtgång. T.ex. profilering som *Gröna tak* och *Bygg i trä*.

Slutligen några ord om hur delar av den öppna marken kan förvaltas i för Sollentuna som klimatkommun. En trädplantage kan utgöra en konkret och effektiv pol mot vilken kommunen, företag eller privatpersoner kan kompensera för sina koldioxidutsläpp. En trädpark där olika arter planteras in i glesare bestånd kan vara ett annat alternativ och anläggas på någon yta där man vill locka till sig besökare för rekreation, studiesyfte mm. En sådan anläggning kan också ge ett intressant landskapsmässigt inslag.

Referenser

- Eriksson, E. 2006. The Potential for Forestry to Reduce Net CO₂ Emissions. Doctorial Thesis. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae 2006:103. ISSN 1652-6880, ISBN 91-576-7252-0. Uppsala, Sweden.
- Lustra Årsrapport 2005, Pdf.
- Lustra-Kolet, klimatet & skogen. Lustra-Skogsklädda, torvtäckta marker, Lustrarapport 2007, Pdf.
- Lustra-Kolet, klimatet & skogen. Så funkar det, Lustrarapport, Lustrarapport 2007, Pdf.
- Lustra-Kolet klimatet & skogen. Så kan skogsbruket påverka, Lustrarapport 2008, Pdf.
- Kätterer, T & Andrén, O., 2001. Basic Principles for Soil Carbon Sequestration and Calculating Dynamic Country-Level Balances Including Future Scenarios. In: Lal.R., J.M.Kimble, R.F. Follett & B.A. Stewart. 2001. *Assesment Methods for Soil Carbon*. Lewis Publishers, pp.495-511.
- Kätterer, T. 2006. Vilka förändringar av markegenskaper kan vi förvänta oss efter 15-20 års poppelplantage? Poppel Sammanfattningar från ett seminarium vid Institutionen för Lövträdsodling, SLU, Uppsala 15 mars, 2005. ISSN 1653-537, ISBN 91-576-7157-5. Uppsala, Sweden, Pdf.
- Miljötrender-Skogsbruk och växthusgaser, 2003, Pdf.
- Wennman, P. & Kätterer, T. 2006. Effects of Moisture and Temperature on Carbon and Nitrogen Mineralisation in Mine Tailings Mixed with Sewage Sludge. *Journal of Environmental Quality*, 35:1135-1141.

Ordlista

Förna: Döda växt- och djurdelar som utgör det översta lagret i marken. (Luft, mark, vatten, Kompendium i miljövård del 3, KTH, Inst f. miljöskydd och arbetsvetenskap.1992.).

GWP-faktor: Global warming potential. (LUSTRA-SkogskläddaTorvtäckta Marker 2007, Pdf).

Humus: Stabilt redan nedbrutet organiskt material från växt och djurdelar i marken under förnan. (Principles and Applications of Soil Microbiology. Red. Sylvia. D.M. mfl, 1998. Prentice Hall, New Jersey 07458, ISBN 0-13-459991-8).

Klimatanpassad: Här; "Skötsel som har i syfte att binda/lagra så mycket kol som möjligt i vegetation och mark med hänsyn taget till andra miljö kvalitetsmål, ex. Levande skogar (Förf).

Kvävedeposition: Gasformiga och partikelburna kväveföreningar som avsätts direkt, eller via nederbörd på mark, vatten eller vegetation. (Bernes C & Grundsten C. 1991. Sveriges Nationalatlas, Miljön,1991, ISBN 91-87760-09-6).

Naturskog: "Skog som varit opåverkad av mänskliga aktiviteter så länge att den till största delen återfått de egenskaper som kännetecknar urskog." (Wikipedia)

Organogen jord: Jordmån som i huvudsak är uppbyggd av organiskt material, ex torvjordar (Förf).

Respiration: Andning genom en organism eller cell varvid koldioxid, vatten och värme avgår (Förf).