

FÖRÄNDRAD MARKANVÄNDNING UR ETT KLIMATPERSPEKTIV UPPSALA SPÅRVAGNSDEPÅ



2022-12-19

wsp

FÖRÄNDRAD MARKANVÄNDNING UR ETT KLIMATPERSPEKTIV

UPPSALA SPÅRVAGNSDEPÅ

Uppdragsnamn	MKB Spårvagnsdepå-Klimat
Uppdragsnummer	10 341 421
Författare	Anna Thore, Louise Fredriksson, Elena Marchenko
Datum	2022-03-10

WSP Sverige AB

KONSULT

WSP

Box 503

391 25 Kalmar

Besök: Södra Malmgatan 10

Tel: +46 10-722 50 00

WSP Sverige AB

Org nr: 556057-4880

wsp.com

ORDLISTA

Kolbalans

Relationen mellan inlagring av kol och utsläpp genom nedbrytning, bortförel och förbränning.

Koldioxidupptag

Biosfärens upptag av koldioxid från atmosfären. Se även Kolkälla och Kolsänka 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 nettoutsäpp 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 mineral Korn.

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 myrar och mossar.

1 INLEDNING

1.1 BAKRUND & SYFTE

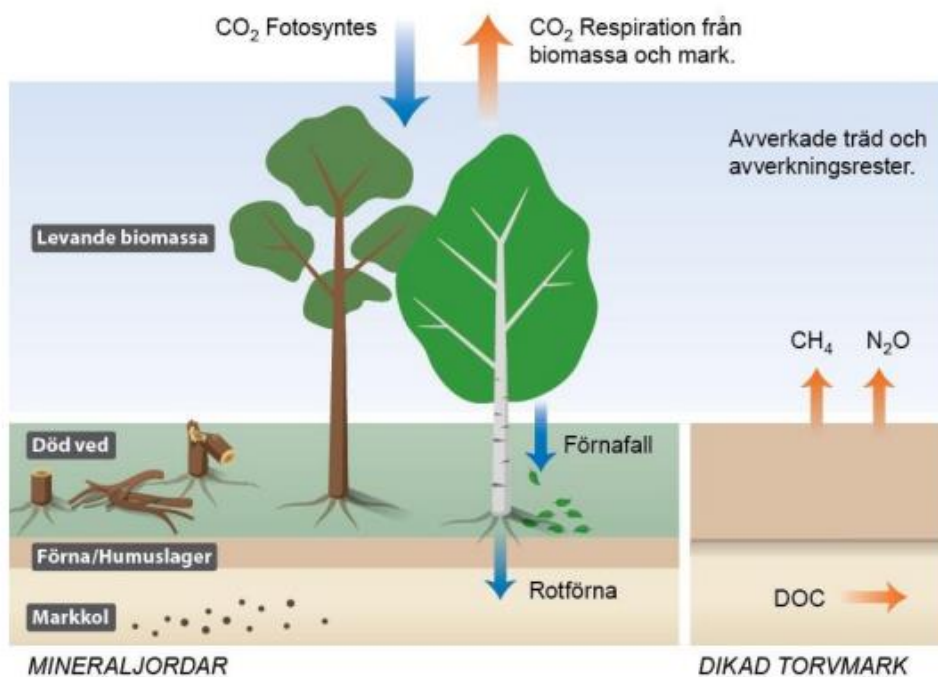
Denna rapport tillhör Uppsala kommun och Region Uppsala och utgör underlag åt miljökonsekvensbeskrivningen (MKB) för detaljplan för spårvagnsdepån, del av Nántuna 2:19 och Nántuna 3:1 (Dnr 2021–003915). Klimatpåverkan utgör en av de miljöeffekter som ska konsekvensbedömas i MKB:n. Syftet är att tydliggöra på vilket sätt detaljplanen och MKB:n kan fungera som ett verktyg för att minimera klimatpåverkan. Beräkningarna som ligger till grund för bedömningen av detaljplanens påverkan på koldioxid upptag eller utsläpp utgår från de förändringar som detaljplanen ger upphov till för den geografiska ytan. Framtida verksamhet, uppförande av byggnader och drift av dessa är inte inkluderade i denna rapport. Att utreda utsläpp eller upptag som detaljplanens förändrade markanvändning ger upphov till är mycket ovanligt och Uppsala kommun tillhör nu en av de första kommuner som utför dessa beräkningar för ett detaljplaneområde.

1.2 PROJEKTOMRÅDET

Detaljplanens område uppgår till ca 6,12 hektar, varav hela ytan idag utgörs av skogsmark. Skogen är relativt ung med en blandad ålder mellan 10–45 år. Skogen utgörs ungefär till hälften av tall, medan resterande del utgörs av björk och gran.

1.3 FAKTABAKGRUND

Naturmarker innehåller ofta stora mängder organiskt kol, både i marken och i växtbiomassan. Ett markområde kan vid ett positivt nettoutsläpp utgöra en kolkälla, och vid ett negativt nettoutsläpp utgöra en kolsänka. Kolet ingår i ett kretslopp där det tas upp av växter, för att sedan återgå till atmosfären genom mekanismer såsom växternas respiration, skogsbränder, metanutsläpp o.s.v. Systemet strävar alltid efter balans och det som utgör en kolsänka ena året kan vara en källa under nästa. Ett system i balans har ett lika stort upptag av koldioxid från atmosfären som det släpper ut (Keenan, 2018).



Figur 1: Schematisk bild över kolets kretslopp inom kolpoolerna i skog och mark. Bildkälla: (Lundblad, 2022)

Enligt IPCC:s riktlinjer för nationella växthusgasinventeringar kan skiftande processer leda till varierande upptag och utsläpp. Detta kan bero både på naturliga och antropogena faktorer (IPCC, 2019). Naturliga processer som påverkan kan vara stormar, skogsbränder eller angrepp av insekter. Sådana händelser kan resultera i temperaturförändringar, att träd dör, nederbörd med mera, vilket i sin tur har en effekt på utsläpp och upptag. Skiftande processer kan också vara en effekt av antropogena förändringar såsom förändrad markanvändning där exempelvis skogsavverkning och hårdgjorda ytor driver ut lagrad kol från ett område. Sverige rapporterar årligen statistik över förändringar i olika kolpooler inom markanvändningssektorn till klimatkonventionen och EU.

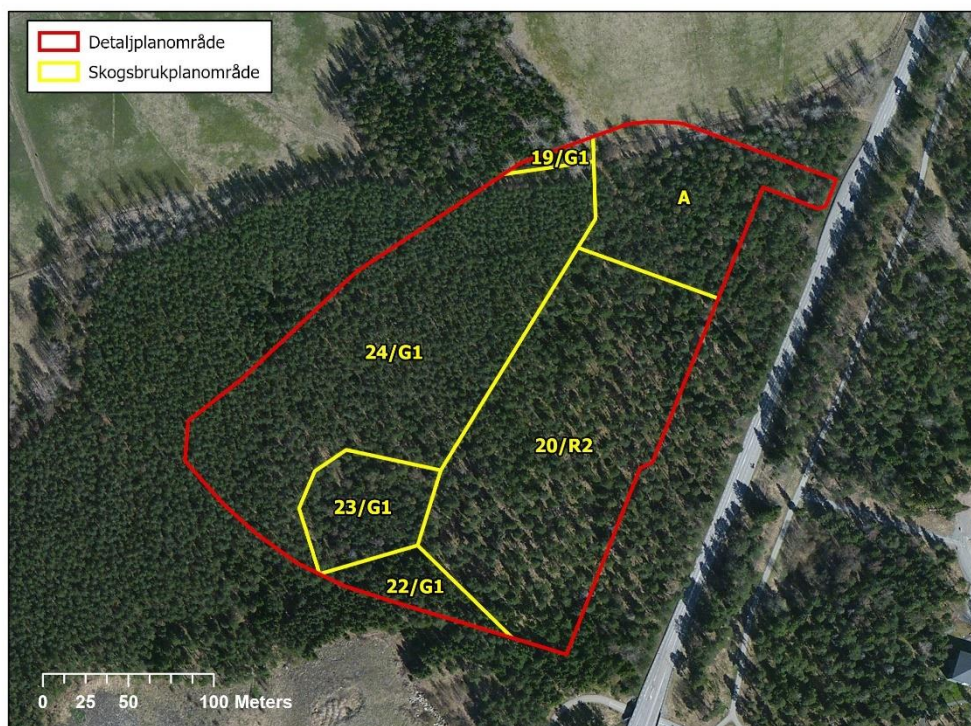
2 MATERIAL

2.1 MARKANVÄNDNING

Data om skogen och marken i det aktuella området har inhämtats från:

- Områdets skogsbruksplan
- Skogsstyrelsens skogliga grunddata
- SLU Skogskarta
- Beräkningar gjorda av Anna Lindahl - forskare vid institutionen för mark och miljö; biogeofysik på SLU
- Beräkningar gjorda Mattias Lundblad - forskare vid institutionen för mark och miljö; skogsmarkens biogeokemi på SLU

Data om den större delen av området har inhämtats från skogens skogsbruksplan. Det fanns dock ett område i skogsbruksplanen där data saknades, område A, se figur 2. För detta område inhämtades data om volym från Skogsstyrelsens skogliga grunddata och ålder från SLU Skogskarta.



Figur 2. Detaljplanens område indelat i områden enligt skogsbruksplanen.

Tabellen nedan redovisar den data som användes som underlag i beräkningarna. Genomsnittlig stamvolym i området uppskattas till 136 m³sk/ha.

Huggningsklass	Yta, ha	Ålder, år	Andel, tall	Andel, gran	Andel, björk	Volym, m ³ sk/ha
A	0.87	45	0.5	0.2	0.3	220
19/G1	0.04	40	-	0.7	0.3	190
20/R2	2.18	10	0.5	0.4	0.1	5
22/G1	0.22	40	0.3	0.7	-	210
23/G1	0.41	25	0.6	0.2	0.2	125
24/G1	2.4	45	1	-	-	220

Tabell 1: Skogsbruksplanens områden med tillhörande information.

3 METOD

3.1 KOLPOOLERNA I DENNA STUDIE

Denna rapport analyserar den geografiska ytans nuvarande, framtida (nollalternativet) och förändrade innehåll och utsläpp av koldioxid. Rapporten utgår från den kol som finns i marken samt levande och död biomassa på just denna specifika plats. Rapporten följer det upplägg som Sveriges klimatrapporteringen utgår ifrån där kolförrådet delas upp i tre olika kolpooler;

- levande biomassa
- dött organiskt material
- markkol

Beräkningarna i denna rapport beräknar förlust av kol separat för dessa tre kolpooler och adderar sedan ihop dem.

3.1.1 Kolförråd i levande biomassa

Den levande biomassan utgörs av trädens levande biomassa ovan och under mark.

I biomassan ovan mark ingår trädens stamved, grenar och toppar. Till levande biomassa under mark ingår biomassan under trädens stubbnivå och rötter. Skogliga grunddata och skogsbruksplanen redovisar bara stamvolymen. Trädslag och den åldersberoende faktorn *Biomass Conversion and Expansion Factor* (tillhandahållen av Mattias Lundblad - forskare vid institutionen för mark och miljö; skogsmarkens biogeokemi på SLU) användes för att till stamvolymen addera grenar, toppar och rötter och få fram den totala biomassan i ton.

Med ett antagande om en kolhalt på 50% (Naturvårdsverket, 2021a), kunde därmed det totala kolförrådet i biomassan inom planområdet beräknas.

Organiskt material	Storlek
Träd	Längd > 1,3m
Levande biomassa under mark, t.ex rötter	Diameter > 2 mm

Tabell 2. Specificering av levande biomassa. material Källa: (Lundblad, 2022)

3.1.2 Kolförråd i dött organiskt material och markkol

Kolvärderna för Uppsalas minerogena skogsmarker har tidigare beräknats av Anna Lindahl, (forskare på institutionen för mark och miljö, biogeofysik på SLU). Kolförrådet i dött organiskt material består av förna och död ved, ett organiskt humuslager samt årlig förna. Förna består av grov förna, årligt förnafall samt levande fina rötter. Död ved består av döda trädstammar och större grenar. Förrådet av markkol för minerogena marker beräknas utifrån ett antagande om en homogen kolhalt i jordprofilen ned till 50 cm (Lundblad, 2022). Detta antagande baseras på SLU:s forskning där det framkommer att det är ned till detta djup som det är relevant med kolinnehåll för minorogena jordarter.

Organiskt material	Storlek
Döda trädstammar & stora grenar	Diameter > 10 cm Längd > 1,3 m
Grov förna	Diameter 10–100 mm
Årligt förnafall & levande fina rötter	Diameter < 2 mm

Tabell 2. Specificering av dött organiskt material. Källa: (Lundblad, 2022)

Kolförrådet i kolpoolerna dött organiskt material och markkol i mineraljord för skogsmark i Uppsala län beräknas uppgå till 335 ton CO₂ per hektar mark. Eftersom marken inom planområdet är minerogen innehåller marken förhållandevis lite kol jämfört med om marken hade varit organogen.

4 BERÄKNINGAR & RESULTAT

Som ett första steg beräknades skogens kolförråd i nuläget. Sedan beräknades skogens potentiella kolförråd runt 2052 (nollalternativet). Som ett sista steg beräknades detaljplanens påverkan på kolförrådet genom att beräkna differensen mellan nollalternativet och detaljplanen.

4.1 Beräkning 1: Skogens kolförråd i nuläget

Inledningsvis beräknades områdets nuvarande kolförråd.

Kolförrådet i mark och dött organiskt material beräknades utifrån data som tillhandahölls av SLU. Enligt den tillhandahållna datan innehåller den aktuella marken i dagsläget 335 ton CO₂ /ha mark. Detaljplanens totala yta är ca 6.12 hektar. Detta blir totalt ca 2050 ton CO₂.

Kolförrådet i mark och dött organiskt material adderas sedan med det kol som finns i den levande biomassa. För att räkna ut kolförrådet baserat på uppgifter om volym användes information om stamvolym från skogsbruksplanen för varje delområde och beräknades sedan med hjälp av samma princip som för IPCC:s generella metod för att beräkna kolförråd. *Biomass expansions factors* användes i beräkningarna och tillhandahölls av SLU. Kolförrådet i kolpoolen levande biomassa blir totalt 1136 ton CO₂. De mer detaljerade beräkningsresultaten finns i tabell 4.

När kolförrådet i samtliga tre kolpooler adderades gav det följande resultat:

$$\text{CO}_2_{2022} = 1136 \text{ ton} + 335 \text{ ton/ha} \cdot 6.12 \text{ ha} = 3186 \text{ ton CO}_2$$

4.2 Beräkning 2: skogens potentiella kolförråd vid 2052 (nollalternativet)

Det potentiella kolförrådet beräknades för den sannolika utvecklingen för nollalternativet.

Nollalternativet visar vad kolförrådet på den valda platsen sannolikt hade varit om den hade

lämnats för tillväxt fram tills 2052. Markens kolförråd beräknades utifrån data som tillhandahölls av SLU på samma sätt som i beräkning 1.

Den aktuella skogen är en växande skog vilket innebär att den skulle ha bundit ytterligare kol över tid. För att räkna ut vad det potentiella kolförrådet sannolikt hade varit om inget gjorts, adderades det nuvarande kolförrådet med det som skulle ha bundits under de kommande 30 åren. Detta beräknades med hjälp av tillväxtfaktorer för olika trädslag och olika åldrar, specifikt framtagna för Uppsala län. Beräkningarna gjordes separat för varje delområde för 10 års intervall upp till år 2052, och summerades sedan ihop.

Age [years]	Tall	Gran	Björk	Löv
0-<10	0,840	0,770	0,699	1,531
10-<20	1,655	1,975	0,923	0,681
20-<30	3,826	5,341	2,262	0,894
30-<40	4,203	4,799	1,739	1,105
40-<50	4,137	7,159	2,214	1,873
50-<60	5,290	5,778	1,519	2,515
60-<70	3,021	4,282	0,676	0,901
70-<80	3,114	3,907	1,025	2,046
80-<90	2,142	4,627	0,525	1,001
90-<100	2,852	2,736	0,335	0,279
100-<120	4,808	3,557	0,203	2,305
120-<140	2,614	3,052	0,747	0,532
>=140	2,492	1,833	1,187	1,527

Tabell 3: tillväxtfaktorer, m³sk/år. Källa: SLU

När kolförrådet i samtliga tre kolpooler adderades gav det följande resultat:

$$\text{CO}_2\text{ 2052} = 1887 \text{ ton} + 335 \text{ ton/ha} \cdot 6.12 \text{ ha} = 3937 \text{ ton}$$

I tabellen nedan finns ett detaljerat beräkningsresultat områdesvis.

Huggningsklass	Stamvolym, m ³ sk/ha				CO ₂ , ton			
	2022	2032	2042	2052	2022	2032	2042	2052
A	220	262	305	331	278	320	371	386
19/G1	190	238	289	328	13	16	17	21
20/R2	5	18	48	90	21	67	161	285
22/G1	210	264	323	371	66	76	91	104
23/G1	125	163	201	245	81	101	117	138
24/G1	220	261	314	344	677	792	939	953
Summa	970	1206	1480	1709	1136	1372	1696	1887

Tabell 4. Detaljerat beräkningsresultat områdesvis.

4.3 Beräkning 3: Detaljplanens påverkan på kolförrådet fram till 2052

För att beräkna den förändrade markanvändningens påverkan på kolförrådet beräknades differensen mellan området potentiella kolförråd år 2052 och vad det skulle vara samma år med de förändringar som detaljplanen medför. I beräkningarna antogs att samtlig biomassa skulle tas bort och all mark schaktas. Djupet på schaktningen är i detta fall ej relevant eftersom kolförrådet i minerogen mark beräknas utifrån ett antagande om en homogen kolhalt i jordprofilen ned till 50 cm (Lundblad, 2022). Eftersom ingen biomassa kvarstår som kan binda kol, blir området därmed till en kolkälla som årligen avger koldioxid ut i atmosfären. Det är osäkert hur lång till det kommer ta innan all kol i marken har brutits ner, men sannolikt kommer nedbrytningen vara som mest intensiv i början för att sedan sakta ner, men fortsätta

under en mycket lång tid. Detta innebär att utöver de utsläpp av CO₂ som redovisas i denna rapport, kommer ytterligare koldioxid att släppas ut i atmosfären efter år 2052.

För den area som ska schaktas beräknades nedbrytningen av kolet i marken enligt data som tillhandahålls av SLU i 5 års intervall, vilket innebär en förlust på 100 ton koldioxid per hektar fram till 2052. Till detta adderas förlust av biomassa vid nedtagning av skogen. Det är möjligt att en del av biomassan blir sågtimmer (antagande: cirka 50% på stamvolym på träd över 40 år). Kol som är inbundet i trä som blir till långlivade produkter släpps inte ut i atmosfären, vilket gör att denna andel i sådant fall inte kan adderas till förlusten av kol. Denna andel utgör ungefär 387 ton koldioxid. Det är dock inte en självklarhet att denna andel blir långlivade produkter då allt biologiskt material vid exploatering i vissa fall går till förbränning. Detta är därför något som Uppsala stad måste vara uppmärksam på. I det fall som det inte kan säkerställas att denna andel blir långlivade produkter, borde denna andel (387 ton CO₂) adderas till utsläppen av växthusgaser.

I det fall som 50% av stamvolymen på träd över 40 år blir långlivade produkter får vi följande resultat:

$$\text{CO}_2\text{ detaljplan} = 387 \text{ ton CO}_2 + 235 \text{ ton CO}_2/\text{ha} \cdot 6.12 \text{ ha} = 1825 \text{ ton CO}_2$$

Differensen räknades sedan ut mellan vad kolförrådet hade varit om inget ingrepp gjorts fram 2052, samt vad differensen blir med de ingrepp som planeras enligt detaljplanen:

$$\text{CO}_2\text{ 2052} - \text{CO}_2\text{ detaljplan} = 2112 \text{ ton CO}_2$$

Detta innebär att med antaganden om att 50% av stamvolymen på träd över 40 år blir långlivade produkter, kommer det **fram till 2052 släppas ut ca 2112 ton CO₂ i atmosfären** som en följd av den förändrade markanvändningen enligt detaljplanen.

5 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

5.1 UTSLÄPPEN

Den mark som tas i anspråk vid exploatering påverkar kolförrådet och dess utsläpp. Detaljplaneområdet utgörs av minerogen mark och innehåller därför förhållandevis lite kol jämfört med om marken hade varit organogen. Skogen är en förhållandevis ung skog och har ännu inte hunnit binda så mycket kol, men på grund av sin unga ålder hade skogen kunnat fortsätta att binda kol under en lång tid framöver.

Det finns flera aspekter att beakta vid bedömning av klimatpåverkan från den förändrade markanvändningen som ett genomförande av detaljplanen medför. För att sätta de beräkningar som redovisats här ovan i perspektiv, så kan 2112 ton CO₂ jämföras med de 8 ton CO₂ (konsumtionsbaserat) som varje person i snitt ger upphov till i Sverige årligen (Naturvårdsverket, u.d.). Detaljplanen ger upphov till förändrad markanvändning vilket leder till utsläpp på 2112 ton CO₂ fram till 2052, detta motsvarar cirka 264 personers utsläpp av CO₂ under ett år.

Globalt sett står användningen av fossila bränslen för 72% av utsläppen medan förändrad markanvändning står för 6% (Center for climate and energy solutions, 2019). Således kan det konstateras att det är av stor vikt att minska de fossila utsläppen från fossila bränslen, men utan att för den skull förbise utsläppen som sker på grund av förändrad markanvändning. Detaljplanens syfte är att en depå till en spårväg ska byggas, det är troligt att anta att det i förlängningen kommer resultera i minskade utsläpp till följd av att människor i en större utsträckning väljer hållbara resval. I Uppsala står inrikes transporter årligen för 225 968 CO₂e, vilket motsvarar 37% av de totala utsläppen (SMHI, u.d.). Om dagens utsläpp hade varit konstanta fram till 2052 skulle detta innebära utsläpp på nära 7 miljoner tCO₂e. I

ljuset av detta är det fördelaktigt om detaljplanen leder till en beteendeförändring hos Uppsalaborna som sänker utsläppen av växthusgaser från transporter genom att de väljer spårvagn framför fossilbaserade transporter i en så pass hög grad att de också kompenserar för de utsläpp som detaljplanen ger upphov till.

5.2 KOMPENSERING

Utvecklingen av klimatkompensation är ännu i sin linda. EU utreder just nu hur EU-regler skulle kunna utformas för en certifiering som syftar till att avlägsna koldioxid från atmosfären. Det är därför svårt att i dagsläget svara på hur det kommer ske i framtiden. Här nedan diskuteras två förslag på metoder för klimatkompensation.

5.2.1 Biokol

Biokol är ett poröst, kolhaltigt material som framställs av pyrolys av biomassa och som appliceras på ett sätt att det kolet förblir lagrat som en långvarig kolsänka eller ersätter fossilt kol i industriell tillverkning (European Biochar Certificate, 2022). Att lagra biokol i marken är ett mycket effektivt sätt att återigen binda kol i mark. Den klimatpolitiska vägvalsutredningen bedömer att biokol som kolsänka är den utav de studerade teknikerna, utöver bio-CCS och LULUCF, som har störst potential att bidra till negativa utsläpp fram till år 2045 (Vägen till en klimatpositiv framtid, 2020).

Biokol tillverkas via pyrolys vilket är benämningen på den process då biomassa utsätts för extern hetta i en reaktor under syrefattiga förhållanden. Biokol är den fasta produkt som utvinns från en pyrolysisprocess, vars kolinnehåll varierar beroende på valet av biomassa (Weber, 2018). Det finns olika pyrolysisprocesser, vid långsam pyrolys maximeras mängden biokol och generellt binds cirka 50% av den ursprungliga kolhalten i en stabil struktur (Yu, 2017). Biokolets stabila struktur gör att kolet sedan inte bryts inte ned i marken i samma takt som biomassa, runt 89 procent av kolatomerna i biokol producerad av trä är kvar efter 100 år (IPCC, 2019).

Teoretiskt sett skulle det vara möjligt att producera biokol till exempel av det GROT (grenar och toppar) som nedtagandet av skogen ger upphov till. Biokolsproducenter menar att 2,5 ton trämaterial genererar 1 ton biokol. Studier visar att 1 ton biokol binder ca 2,5 ton koldioxid ur ett hundraårigt perspektiv (Ann-Mari Fransson, 2020). Förhållandet varierar dock utifrån substratets stabilitet och kolhalt. Dessa siffror ger en fingervisning om att ca 845 ton biokol hade behövts för att kompensera för de utsläpp som sker till följd av den förändrade markanvändningen som detaljplanen ger upphov till. Det är dock viktigt att ta hänsyn till vilken typ av biokol som används och substitutionseffekten. Detta innebär att material som har potential att ersätta fossila bränslen någon annanstans i systemet, kanske inte ger bäst miljönytta genom att omvandlas till biokol. För att få ut mest miljönytta är det fördelaktigt att välja ett biokol som tillverkats av ett restflöde som det annars inte hade funnits någon avsättning för. Ett sådant exempel kan vara biokol gjort på park- och trädgårdsavfall som annars hade gått till kompostering.

5.2.2 Solceller

Solceller kan eventuellt också ses som en typ av kompensationsåtgärd. Solceller betraktas i allmänhet som en teknik som ger minskad klimatpåverkan eftersom solceller inte ger några direkta utsläpp under drift. Majoriteten av alla solceller produceras dock i Kina med hjälp av kolkraft. För att maximera klimatnyttan ur ett livscykelperspektiv är det därför av vikt att välja solceller som tillverkas med låga utsläpp och som är optimerade för hög elproduktion och lång livslängd.

Centralt att tänka på i detta sammanhang är också att solcellerna rimligtvis inte endast ska ge upphov till att driften av anläggningen får ett bättre klimatavtryck, utan att produktionen av solel är så pass stor att den även pressar ut fossilbaserad el utanför den egna driften, och ökar på så sätt andelen fossilfri energi på marknaden. Först då tillförs ny klimatnytta till systemet och minskar inte endast klimatavtrycket från den egna driften.

Det är en stor fördel att placera solcellerna på hustak då det inte tar någon ytterligare mark i anspråk. Detta förhindrar ytterligare utsläpp av växthusgaser som en följd av förändrad markanvändning. Solcellspaneler idag ligger på ca 225 W/m² installerad effekt. I gynnsamt läge bör en kvadratmeter kunna generera ca 200 kWh/m², år.

Från tabell 5 kan vi utläsa om vi utgår från svensk elmix skulle ett överskott på 45 GWh kompensera för utsläppet från den förändrade markanvändningen vid Uppsalas spårvagnsdepå.

Elmix	Emissionsfaktor (g CO ₂ e/kWh)	År	Källa
Svensk elmix	47	2013	(Moro, 2018)
Nordisk elmix (bruttometoden)	90,4	2016-2018 (medel)	(Sandgren, 2021)
Nordeuropeisk (framtidssimulering)	Ca 125-225	2040 – 2050 (medel, olika scenarier)	(Axelsson, 2017)

Tabell 5.

6 EVENTUELL FELKÄLLA

Kolet i marken kommer att brytas ned under en mycket lång tid framöver, vilket resulterar i utsläpp av koldioxid i atmosfären. Hur lång tid detta kommer ta är dock osäkert då det i dagläget finns begränsad forskning på området. Teoretiskt sett skulle det kunna vara på så vis att om marken täcks, så kommer nedbrytningen gå något långsammare. Detta är dock inte klarlagt inom forskningen ännu. Det är dock viktigt att vara medveten om att om marken täcks av till exempel asfalt så ger materialet i sig upphov till ökade utsläpp. I väntan på mer forskning på området har WSP i samråd med SLU valt att i denna rapport att vara restriktiva och anta att nedbrytningen, trots täckning, fortsätter i ungefär samma takt som om den inte täckts.

7 REFERENSER

- Ann-Mari Fransson, A. G. (2020). Biokolhandboken -för användare. *Rest till bäst*.
- Axelsson, E. B. (2017). *Utbyggnad av solel i Sverige - Möjligheter, utmaningar och systemeffekter*.
- Center for climate and energy solutions. (2019). *Global emissions*. Hämtat från c2es.
- European Biochar Cetificate. (2022). *Guidelines for a sustainable production of biochar*.
- IPCC. (2019). *Method for Estimating the Change in Mineral Soil Organic Carbon Stocks from Biochar Amendments: Basis for Future Methodological Development*.

- IPCC. (2019). *Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.
- Keenan, C. T. (2018). The Terrestrial Carbon sink. *Annual Review of environment and resources*.
- Lundblad, L. (2022). *Kolförråd och kolsänka i skog och mark – inom Strängnäs kommun*. SLU.
- Moro, A. L. (2018). *Electricity carbon intensity in European Member States: Impacts on GHG emissions of electric vehicles*. The contribution of electric vehicles to environmental challenges in transport. WCTRS conference in summer 64 (oktober): 5–14.
- Naturvårdsverket. (u.d.). Hämtat från Sveriges utsläpp och upptag av växthusgaser: <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/sveriges-utslapp-och-upptag-av-vaxthusgaser/>
- Naturvårdsverket. (2021a). *National Inventory Report Sweden*.
- Pcskog-proffs. (2016). *Skogsbruksplan*.
- Sandgren, A. N. (2021). *Emissionsfaktor för nordisk elmix med hänsyn till import och export*.
- SMHI. (u.d.). *Nationella emissionsdatabasen*. Hämtat från <https://statics.teams.cdn.office.net/evergreen-assets/safelinks/1/atp-safelinks.html>
- Vägen till en klimatpositiv framtid, SOU 2020:4 (Klimat- och näringslivsdepartementet den 29 Januari 2020).
- Weber, K. Q. (2018). Properties of biochar. *Fuel*, 240-261.
- Yu, K. L.-H.-S. (2017). Recent developments on algal biochar production and characterization. *Bioresource Technology*, 2-11.

VI ÄR WSP

WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 55 000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Vi planerar, projekterar, designar och projektleder olika uppdrag inom transport och infrastruktur, fastigheter och byggnader, hållbarhet och miljö, energi och industri samt urban utveckling. Så tar vi ansvar för framtiden.

wsp.com

WSP Sverige AB
Box 503
391 25 Kalmar
Besök: Södra Malmgatan 10

T: +46 10-722 50 00
Org nr: 556057-4880
wsp.com

