



Carolin Wiklund

Biokol inom bygg- och anläggningsprojekt



- Användningsområden och kolsänkande potential

Examensarbete 40 YH-poäng
Miljösamordnare Hållbara Byggnader

Datum: 2020-06-11
Handledare: Petra Brinkhoff
Hanna Ljungstedt

KYH Yrkehögskola

www.kyh.se

Biokol inom bygg- och anläggningsprojekt

- Användningsområden och kolsänkande potential

Författare: Carolin Wiklund

Handledare: Petra Brinkhoff, NCC Infrastructure

Hanna Ljungstedt, Lokalförvaltningen Göteborg Stad

Examinator för KYH: Annika Embervik, Vinora Konsult

Datum: 2020-06-11

Examensarbete 40 YH-poäng

KYH Yrkeshögskola, Göteborg

Miljösamordnare Hållbara Byggnader

SAMMANFATTNING

Biokol tillverkas genom så kallad pyrolys, biomassa upphettas i syrefattig miljö och bildar då stabila kolföreningar som bryts ner väldigt långsamt i naturen. Biokol är därför av FN:s klimatorgan IPCC en godkänd teknik för att lagra koldioxid från atmosfären som beständig kolsänka, så kallade negativa utsläpp av växthusgaser, och bör därav redan nu kunna användas som detta inom projekt som stävar mot klimatneutral eller klimatpositiv byggprocess. Tyvärr saknas fortfarande standardiserade sätt för beräkning och redovisning av negativa utsläpp i form av kolinlagring, vilket bör utvecklas vidare. Användningsområdena för biokol är många och det kan bidra till fler miljönyttor än endast kolinlagring. Materialet är poröst och håller vatten och näringsämnen väldigt bra vilket gör det användbart inom olika typer av odling. Försök har visat att bäst resultat med ökad tillväxt uppnås om andelen biokol i växtsubstrat ej överstiger 20 %, med tillsats lika stor del naturgödsel. Biokolens uppsugande egenskaper gäller även föroreningar såsom PAH:er och tungmetaller osv, vilket möjliggör användning inom system för rening av dagvatten, men även vid hantering av förorenade massor. Forskning för inblandning i olika byggnadsmaterial pågår, men har än inte fått genomslag i Sverige. I detta examensarbete har fältstudier gällande beräkningar av kolsänka för biokol i växtbäddar inom två byggprojekt har utförts, som visar på en märkbar men relativt liten kolinlagring. För att få en större kolinlagring, jämförbar med den som sker inom en bärkonstruktion av trä, krävs mer material än vad som är lämpligt inom de undersökta lösningarna. Detta skulle exempelvis kunna uppnås genom lösningar med biokol i fler växtsystem, som marksaneringsåtgärd eller inblandning i byggnadsmaterial om det varit aktuellt. Inom examensarbetet genomförda intervjuer visar på ett stort intresse för ovan nämnda lösningar från flera håll inom branschen, om än dock att erfarenheten av att bygga med biokol fortfarande är begränsad. En inom examensarbetet genomförd kartläggning av inhemsk produktion visar i dagsläget en relativt låg tillgång av högkvalitativ biokol men fler och fler pyrolysanläggningar startar upp i takt med ökad efterfrågan.

ABSTRACT

Biochar in projects for construction and civil engineering - Applications and carbon reduction potential

Biochar is produced by so-called pyrolysis; biomass is heated in an oxygen-poor environment and forms stable carbon compounds that decompose very slowly in nature. Biochar is by IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) an approved technology for storing carbon dioxide from the atmosphere as a permanent carbon sink, so-called negative emissions, and can therefore be used in projects that aim for a climate neutral or climate positive construction process. Unfortunately, there are still no standardized methods for calculating and reporting negative emissions within the sector for construction, further development is needed.

The uses for biochar are many, it can contribute to more environmental benefits than just a carbon storage. The material is porous and holds water and nutrients well, which makes it advantageous in different types of cultivation. Studies have shown that the best results with increased growth are achieved if the proportion of biocarbon in plant substrates does not exceed 20%, with the addition of an equal amount of natural fertilizer. The biochar's absorbing properties also applies to pollutants such as PAHs and heavy metals, which enables use in stormwater purification systems and in the handling of polluted landfilling materials. Research about mixing biochar into building materials is ongoing but has not yet had any real impact in Sweden. In this thesis, field studies covering calculations of carbon storage caused by biochar in plant beds within two case projects have been performed, which show a noticeable but relatively small carbon sink. To obtain a larger carbon sink, comparable to e.g. wood construction, more biochar is required than what is appropriate for the investigated solutions within this study. This could be achieved, for example, by using biocarbon solutions in several plant systems, as soil decontamination measures or interference with building materials, if applicable. Interviews conducted within the thesis show a great interest in the above-mentioned solutions from several parts of the industry, although the experience of building with biocarbon is still limited. A survey of biochar production in Sweden carried out within the degree project shows a relatively low supply of high-quality biochar at present, but more production plants are starting up as demand increases.

FÖRORD

Denna rapport har tillkommit som ett resultat av ett examensarbete utfört under YH-utbildningen Miljösamordnare Hållbara Byggnader vid KYH Göteborg. Examensarbetet motsvarar 40 YH-poäng och 8 veckors studier. Examensarbetet är utfört vid Lokalförvaltningen, Göteborg Stad, samt NCC Infrastructure. Hanna Ljungstedt har agerat handledare från Lokalförvaltningens sida och bidragit med stöd och ovärderlig feedback, delgivit underlag för Hoppet fossilfri förskola och förmedlat kontakter inom övriga förvaltningar och enheter inom Göteborgs stad. Petra Brinkhoff har handlett från NCC:s sida har varit till hjälp i utformningen av rapporten samt delgivit underlag inom förstudien Klimatpositiv Cykelträbro. Bo Von Bar Kretslopp och Vatten – Göteborg Stad har med sin erfarenhet och genuina intresse inom ämnet guidat mig åt rätt håll.

Jag vill rikta ett stort tack till alla er som svarat på mina frågor och varit till hjälp under framtagandet av denna rapport, utan er vägledning, peppning och stöd hade jag inte klarat detta. Examinator vid KYH Göteborg är Annika Embervik, Vinora Konsult.

Göteborg 2020-06-11

Carolin Wiklund

ORDLISTA OCH DEFINITIONER

Agenda 2030	17 globala mål för hållbar utveckling framtagna av FN som syftar till att utrota fattigdom och hunger, förverkliga de mänskliga rättigheterna, uppnå jämställdhet samt säkerställa ett varaktigt skydd för planeten och dess naturresurser. Globala målen balanserar de tre dimensionerna av hållbar utveckling: den ekonomiska, den sociala och den miljömässiga.
LCA	Livscykelanalys - En analys av den totala miljöpåverkan som sker under en produkts eller tjänsts livscykel. Produkten eller tjänsten definieras som funktionell enhet och kan exempelvis utgöra 1 m ² yttertak. Resultatet ger företaget möjlighet att rikta insatser där de gör som störst miljömässig nytta.
EPD	Environmental Product Declaration - Tredjepartsgranskad miljövarudeklaration och är en typ av LCA. Utförs vanligen enligt standard EN 15804 eller ISO 14025.
Moduler i LCA	Uppdelningen av de olika skedena under en produkts /tjänsts livscykel, som produktion av råmaterial och komponenter (moduler A1-A3), transport till byggplats (modul A4), byggnation (modul A5), drift och underhåll (moduler B1-B7) sluthantering (moduler C1-C4) och återvinningspotential (modul D).
GWP	Global Warming Potential. Utsläppen av olika växthusgaser kan med hjälp av GWP-värden omräknas till koldioxidekvivalenter för att summera produkters klimatpåverkan och underlätta jämförelser i klimatberäkningar.
Emissionsfaktor - kg CO ₂ e/enhet	Anger storleken på utsläpp omräknat till koldioxidekvivalenter per mängd material, används inom klimatberäkningar och redovisas vanligen i kg CO ₂ e/kg, kg CO ₂ e/m ² eller kg CO ₂ e/m ³
CCS-teknik	CCS samt Bio-CCS (Bioenergy + Carbon Capture and Storage) innebär koldioxidavskiljning vid förbränning, av fossilt resp. biologiskt material. Koldioxiden transporteras till hålrum i berggrunden för permanent lagring. Tekniken finns idag, men är kostsam och infrastrukturlösningar för transport av koldioxid saknas fortfarande.
H/C _{org} -ratio	Anger förhållandet mellan väte och organiskt kol i material och används inom denna studie för beräkningar av kolförlust orsakad av nedbrytning i jord.

INNEHÅLL

1.	INLEDNING	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Fallstudier	1
1.2.1	Fallstudie 1: Hoppet	2
1.2.2	Fallstudie 2: Klimatpositiv cykelbro	2
1.3	Syfte och Målsättning	2
1.4	Avgränsningar	3
2.	METOD	3
2.1	Litteraturstudier	3
2.2	Intervjuer	3
2.3	Klimatberäkningar	4
3.	TEORI	4
3.1	Framställning	4
3.2	Råvara	5
3.3	Egenskaper	6
3.4	Möjliga användningsområden inom bygg och anläggning	7
3.4.1	Urban odling och gröna klimatskal	7
3.4.2	Hållbar dagvattenhantering	7
3.4.3	Hantering av förorenad mark	8
3.4.4	Biokol i byggnadsmaterial	8
3.5	Beräkning av kolsänka för biokol i jord	8
3.5.1	Kolhalt (K)	9
3.5.2	Nedbrytningsprocess för biokol i jord (BC ₁₀₀)	9
3.5.3	Konvertering till CO _{2e}	9
3.5.4	Verktyg och standarder om inlagring av biogent kol	9
3.6	Kartläggning av biokolsproducenter	11

4.	RESULTAT	13
4.1	Intervjuer	13
4.2	Klimatberäkningar.....	14
5.	DISKUSSION	15
1.	SLUTSATSER.....	16
2.	REFERENSER.....	19
3.	BILAGOR	21
	Bilaga 1 – Preliminär Klimatkalkyl - <i>Hoppet</i>	21
	Bilaga 2 – Preliminär Klimatkalkyl - <i>Klimatpositiv Cykelbro</i>	22

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Enligt det svenska klimatpolitiska ramverket från 2017 ska Sverige nå netto nollutsläpp av växthusgaser år 2045 och därefter endast ha negativa nettoutsläpp. (SOU, 2020:4) Under 2017 kunde utsläpp motsvarande ca 19 miljoner ton CO₂e härledas till bygg- och fastighetsbranschen. (Boverket, 2020), varav en stor del kommer från framställningen av stål och cement. Sektorns klimatpåverkan har potential att halveras till 2030 med befintlig teknik – men för att nå netto noll eller längre så måste nya innovationer och tekniker användas. (Fossilfritt Sverige, 2018). FN:s klimatpanel IPCC framställer i sin rapport från 2018 om maximalt 1,5 graders uppvärmning att det utöver omfattande utsläppsminskningar även krävs åtgärder i form av utökad kolinlagring, s.k. negativa utsläpp. Regeringen tillsatte därför en utredning som blivit klar tidigare i år, *Vägen till en klimatpositiv framtid* – vilken bygger vidare på det svenska klimatpolitiska ramverket. Biokol nämns i utredningen som en potentiell metod för utökad kolinlagring, parallellt med andra åtgärder inom skogs- och lantbruk och CCS-teknik (Carbon Capture and Storage, se ordlista). (SOU, 2020:4)

I tusentals år har biokol använts som värmekälla vid matlagning och smide, men även som jordförbättring och för att lindra magsjukdomar, en kunskap som delvis glömts bort de senaste hundra åren i och med upptäckten av fossila bränslen och industrigödsel. Det var inte förrän de senaste åren som man börjat undersöka materialets egenskaper och användningsområden närmare igen. (EBC, 2020)

Under förarbetet med den här studien blev det tydligt att det i dagsläget saknas allmän kunskap inom bygg- och anläggningsbranschen gällande biokolens egenskaper som material, möjliga användningsområden samt dess kolsänkande potential. Det behövs därav lättillgänglig information om biokol anpassad specifikt för byggprojekt som även belyser vilka möjligheter såväl som svårigheter och begränsningar som kan uppkomma på vägen.

1.2 Fallstudier

I examensarbetet har fallstudier gjorts inom två byggprojekt. Det ena är byggandet av en förskola och det andra är anläggningen av en träbro. Projekten valdes för dess ambitiösa målsättningar, där man genom ett livscykelperspektiv har valt material och metoder med så låg

klimatpåverkan som möjligt enligt dagens teknik och där noggranna beräkningar över utsläpp och inlagring av koldioxid utförs.

1.2.1 Fallstudie 1: Hoppet

Lokalförvaltningen i Göteborg stad är i sluttampen av projekteringsfasen för innovationsprojektet *Hoppet Fossilfri Förskola*. Målet är att frångå den nuvarande byggnorm som innebär en förhållandevis hög klimatbelastning genom att minimera användandet av fossila råvaror samt att välja byggmaterial och tekniker som har så liten klimatpåverkan som möjligt. Förskolan byggs mestadels i trä, på en grund av cellglas. Taket omfattar en yta på 924 m², varav ca 700 m² skall beklädas av ett vegetationslager i sedum. Inom fallstudien görs beräkning av kolsänka från biokol i sedum-matta från leverantören Veg Tech.

1.2.2 Fallstudie 2: Klimatpositiv cykelbro

Klimatpositiv Cykelbro är ett utvecklingsprojekt finansierat av SBUF (Sveriges byggindustriers utvecklingsfond) och NCC; en förstudie med syfte att undersöka möjligheterna att bygga klimatpositiv cykelinfrastruktur och ta fram förslag på hur detta skall genomföras. Förslaget består av en 22 m lång cykelbro med bärverk av trä och med en växtbädd om 1,0 x 0,3 m utefter hela bronns längd. Fallstudien innefattar en beräkning av kolsänkan för 15% biokol från Skånefrö i odlingssubstrat i växtbädden.

1.3 Syfte och Målsättning

Syftet med examensarbetet är att undersöka lösningar för klimatreducerande åtgärder med hjälp av biokol, för användning inom ambitiösa projekt med målsättning om att bli klimatneutrala alternativt klimatpositiva. Tesen är att biokol skulle kunna bidra med negativa utsläpp och samtidigt verka för att uppfylla globala hållbarhetsmål i Agenda 2030.

Inom ramen för detta examensarbete skall:

- Biokolens olika egenskaper undersöks, för att hitta fördelaktiga användningsområden inom bygg- och anläggningsprojekt som följer de globala hållbarhetsmålen.
- Biokolens potential att användas som kolsänka inom två projekt undersöks, samt att hitta en användbar metod för beräkning av storleken på denna.
- Produktionen av kvalitativ biokol i Sverige kartläggs i syfte att uppskatta tillgången.
- Möjligheter och svårigheter för användandet av biokol inom bygg- och anläggningssektor kartläggs.

Resultatet ska kunna användas inom de projekt som ingår i studien, men även av andra aktörer inom bygg- och anläggningssektorn som eftersträvar att sänka klimatpåverkan från byggnationer och anläggningsarbeten och samtidigt vill dra nytta av biokolets fördelar.

1.4 Avgränsningar

Under framtagandet av denna rapport har flera möjliga användningsområden hittats som definitivt kan undersökas närmare, men inte gör det p.g.a. tidsbrist. Fokus ligger på klimatnyttan inom valda byggprojekt. Användning inom jordbruk eller allmän hushållsnära odling hanteras ej närmare. Endast en kortare redogörelse gällande särskilda egenskaper för resp. fraktionsstorlek och råvara hanteras.

Denna rapport syftar till att redogöra för möjlig kolsänka genom material som används inom det egna projektet, dvs ej s.k. köpt klimatkompensation som biokol utanför tomtgränsen skulle innebära. Pga. avsaknaden av miljövarudeklarationer eller Environmental Product Declaration (*eng*) (EPD) har ej alla skeden som normalt räknas in i en livscykelanalys (LCA) tagits med. Fokus har legat på att endast beräkna de negativa utsläpp som biokolen i de föreslagna lösningarna skulle innebära för respektive projekt. Hela systemen för växtbädd/sedumtak har därav ej tagits med i beräkningen.

Geografisk avgränsning: Göteborg som utgångspunkt, kartläggning av biokolsproduktion inom Sveriges gränser med fokus på producenter inom en rimlig radie för att undvika långa transporter. Endast kortare redogörelse för ekonomiska incitament avhandlas.

2. METOD

2.1 Litteraturstudier

En stor del av arbetet har bestått av litteraturstudier av rapporter och vetenskapliga artiklar. Informationssökningen har dels skett genom diverse Google-sökningar, men även via personlig kommunikation med tillverkare och sakkunniga inom de områden som berörs.

2.2 Intervjuer

Tanken vid valet av intervjupersoner var att skapa en samlad bild av användandet av biokol från flera perspektiv, vilket skedde genom kontakt med både tillverkare och leverantörer, sakkunniga inom mark och landskap, miljö och klimatberäkningar.

Intervjuerna skedde via telefon eller mail och var semistrukturerade med några frågor att utgå ifrån och sedan möjliggjorde för personen att fritt berätta vidare om sina erfarenheter och idéer. Planen var initialt att intervjua fler personer med erfarenhet av biokol, men då de flesta som kontaktats endast hade begränsade kunskaper inom området fick frågorna ändras en aning vissa hanteras i denna rapport istället som *personlig kommunikation*.

2.3 Klimatberäkningar

Under litteraturstudien har det visat sig att det saknas ett standardiserat sätt att beräkna storleken på kolsänkan för biokol. - den så kallade emissionsfaktorn, som visar hur många kilo koldioxid som undviks att släppas ut i atmosfären i och med inlagring av biogent kol under en hundraårsperiod. För att få fram en bra beräkningsmodell har jag dels studerat klimatkalkylerna inom studerade projekt, biokolsanalyser och angivna emissionsfaktorer från leverantörer (Skånefrö, 2020) (Mia Frisk, Veg Tech, mailkonversation, maj 2020), samt de antaganden gällande kolförlust i jord som framkommer i den vetenskapliga artikeln *Pyrogenic carbon capture and storage* (Schmidt, 2018).

För beräkning av emissionsfaktorn för biokol, E_{biokol} ($\text{CO}_2\text{-e/m}^2$) användes följande formel:

$$E_{biokol} = K \cdot BC_{100} \cdot 3,67 \cdot A \cdot M \quad (1)$$

Där:

K = Biokolens kolhalt, % av torrsvikt (kg), enligt analysresultat från tillverkare

BC_{100} = Antagande av kolförlust enligt H/C_{org} i analysresultat, där 80–90 % av det organiska kolet är kvar i materialet efter 100 år i jord, *se kap.3.4 Teori* (Schmidt, 2018)

3,67 = konstant, viktförhållande mellan bundet biogent kol (C) och koldioxid (CO_2)

A = Andel biokol i växtsubstrat, %

M = Mängd material, (m^2 , m^3 eller kg)

3. TEORI

3.1 Framställning

Biokol är biomassa som förkolnats genom en så kallad pyrolysisprocess; organiskt material hettas upp till mellan 350 och 1000 grader med begränsad tillförsel av syre. Processen påminner om den i forntidens kolmilor men under mycket mer kontrollerade former.

Under pyrolysen förkolnas ca 50 % av biomassan, resterande del blir till gas som bör tas om hand för att inte utgöra en miljöbelastning. (EBC, 2020). Enligt den kartläggning över biokolsproducenter i Sverige som gjorts inom ramen av detta examensarbete är det vanligaste att dessa gaser förbränns och därefter värmer pyrolysen, varefter överskottsvärmen tas till vara inom verksamheten och/eller i det lokala fjärrvärmånätet. Mer energi genereras därav än som går åt till att hålla igång processen. Se *bild 1*. nedan.

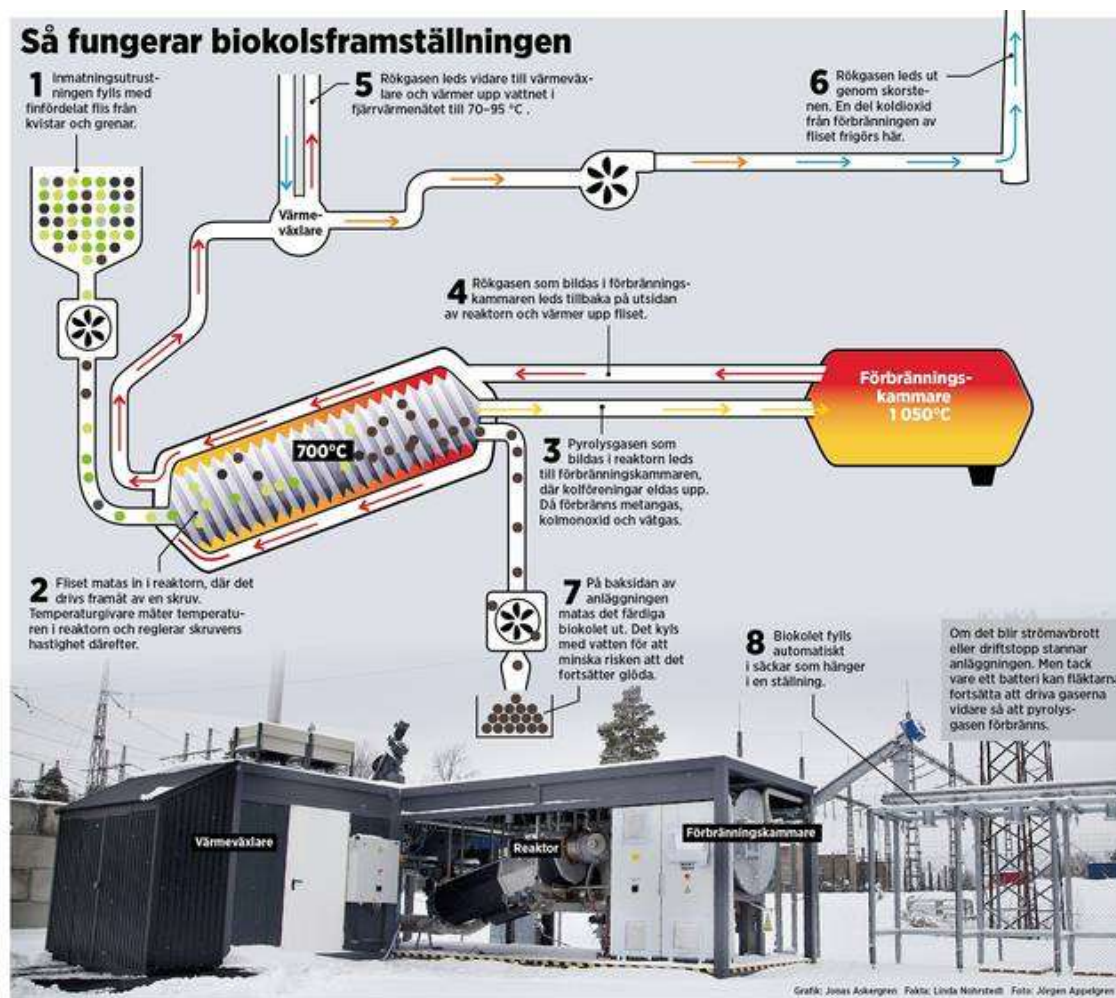


Bild 1: Pilotanläggning för biokolsframställning i Högdalen, Stockholm

Grafik: Jonas Askergrén, fakta: Linda Nohrstedt, foto: Jörgen Appelgren. 2017-03-21

3.2 Råvara

Vanligen används träråvara från spill i skogsindustrin till produktion av biokol på grund av dess höga kolhalt, men det är möjligt att göra biokol av i stort sett allt organiskt material. FN:s klimatpanel IPCC understryker i sin rapport att det är viktigt att säkerställa hållbar markanvändning, så att odlingsmark inte används till att odla skog som sedan flisas och blir

biokol istället för att säkerställa tillgången på mat och leder till så kallade negativa målkonflikter (SOU, 2020:4). Genom att välja biokol certifierad enligt European Biochar Certificate (EBC) eller International Biochar Initiative (IBI) kan en hållbar råvaruutvinning säkerställas, samt även att biokolen håller hög kvalitet, utan föroreningar eller tungmetaller över gränsvärden.

Det finns även andra sätt att säkerställa hållbar markanvändning – genom att använda biokol tillverkad av restprodukter och avfall som i dagsläget saknar annan avsättning och/eller går direkt till förbränning. Det kan exempelvis handla om restprodukter från skogsavverkning, parkavfall såsom grenar och sly, uppspolad tång från haven eller annat biologiskt avfall som uppkommer i närheten. I dessa fall är det dock extra viktigt att själv kontrollera innehållet enligt analysresultat.

3.3 Egenskaper

Biokol är ett poröst material med hög katjonbyteskapacitet (CEC) vilket innebär en god vattenhållande förmåga samt att den suger upp och binder näringsämnen och föroreningar under lång tid. Biokolens struktur är stabil, det tar hundratals till tusentals år för mikroorganismer att bryta ner materialet. FN:s Klimatpanel IPCC klassar därför biokol som en bestående kolsänka. Flera faktorer påverkar vad biokolen är bäst lämpad att användas till, beroende på råvara, pyrolysisprocess och fraktionsstorlek. Biokol har generellt sett ett högt pH värde (pH 8–10), vilket främst styrs av askhalten, som i sin tur beror på vilken råvara som använts samt temperatur på pyrolysen. Högre temperaturer ger i regel högre askhalt och pH, men samtidigt en högre innehåll av biogent kol sett till vikten. (Malmberg, Hellmann, & Bergquist, 2019)

Intresset för biokol har exploderat värden över de senaste åren och varje månad redovisas nya forskningresultat (EBC, 2020). Inom Sverige pågår det omfattande forskningsprojektet Rest till Bäst där man undersöker olika typer av pyrolysisprocesser och råvarors påverkan på egenskaper och möjliga användningsområden. Bland annat görs försök med uppspolade alger och avloppsslam. Projektet finansieras av Vinnova och utförs i samarbete med Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), RISE, Skånefrö, Ecoera, Malmö Stad, Lunds Stad och Veg Tech, m.fl. Resultaten kommer delvis presenteras i en handbok om biokol som planeras att publiceras i slutet av 2020. (Vinnova, 2020)

3.4 Möjliga användningsområden inom bygg och anläggning

3.4.1 Urban odling och gröna klimatskal

Inom nutidens städer ställs höga krav på ekosystemtjänster såsom rekreationsytor, klimatanpassning och god dagvattenhantering, men samtidigt finns ont om plats för traditionella grönytor, vilket har gjort att man nu tittar på lösningar för gröna väggar och tak som kan bidra till dessa mervärden, där biokol kommer väl in i bilden.

Biokolets porösa struktur håller näringsämnen och fukt bra, samt gynnar mikrolivet i odlingarna och gör att mindre substrat krävs för att hålla en god livsmiljö för växternas rötter, en fördel då det vanligen finns lastbegränsningar för odling på bjälklag. Växtsubstrat anpassade för bjälklag består vanligen av pimpsten, tegelkross, lera och/eller mull, som har liknande egenskaper, men som mycket väl kan blandas upp med biokol.

Mull som har en hög klimatbelastning p.g.a. utvinning från torrlagda våtmarker, bryts med tiden ner och bildar koldioxid, och är samtidigt det som används mest inom odling generellt. Mull har dock lågt pH-värde, och brukar därför förbehandlas med kalk. Inblandning av biokol ger naturligt ett högre pH-värde och skapar bättre odlingsförhållanden utan behov av kalkning. Biokolets egenskaper för att förhindra näringsläckage via dagvatten är ytterligare en fördel, såväl som dess beständighet. Försök med biokol i olika typer av lösningar för gröna klimatskal har under åren 2017–2020 visat att en inblandning av biokol i halterna 10–25% (volym), ger ökad tillväxt jämfört med traditionella lösningar, vilket då även innebär en högre tillfällig inlagring av kol inom växtligheten. (Malmberg, Hellmann, & Bergquist, 2019)

3.4.2 Hållbar dagvattenhantering

Ett område där det finns en hel del erfarenhet i dagsläget är användandet av biokol i skelettjordar som en del i s.k. blå-grön-gråa system, som både kan fördröja och rena dagvatten i städerna och samtidigt fungera som växtbädd. Björn Embrén som länge arbetat med trädplanteringar i Stockholms Stad var den som tog idén till Sverige. Efter hans framgångar med ökad trädutväxt och vilja att dela med sig av resultaten har intresset för tekniken vuxit enormt. Förtätning av städerna med hög andel hårdgjorda ytor, ökade mängder nederbörd och torrperioder till följd av klimatförändringar samt gamla och underdimensionerade dagvattensystem ställer allt högre krav på att dagvattnet fångas upp i markskiktet. Grundidén för växtbäddarna är att biokol blandas med kompost och grovt stenkross – ingen jord, för att ge plats åt växternas rötter och göra marken genomsläpplig för både vatten och gaser. Biokolets höga uppsugningsförmåga hjälper till att fördröja dagvattnet, fångar upp näring till växterna och renar vattnet från

föroreningar innan det leds vidare. Biokol kan även användas rent, exempelvis i botten av en växtbädd och fungerar då som ett filter, vilket minskar behovet av dagvattenrening inom kommunens VA-nät (Embrén & Alvem, 2017).

Genom att införa blågröngråa system med biokol uppnås synergier med flera ekosystemtjänster. Malmöbaserade företaget Edge har skapat en användbar guide; Levande gaturum – en handbok i Blågröngrå system, som riktar sig till alla som projekterar bygger och förvaltar offentliga rum. (Thynell, Fridell, Bruhn, & Fors, 2020)

3.4.3 Hantering av förorenad mark

Laboratorieförsök har visat att biokol har en förmåga att kunna dra till sig föroreningar som tungmetaller och PAH:er i jord. Användning av biokol som saneringsåtgärd för kontaminerade massor kan därav minska biotillgängligheten av föroreningarna och göra marken mindre giftig. Metoden skulle möjliggöra för återanvändning av lätt förorenade massor inom anläggningsplatsen och leda till minskad deponi. Inga faktiska försök på förorenad mark har gjorts än, dels behövs mer forskning gällande vilka förhållanden samt typer av biokol som ger bäst effekt, men även acceptans hos tillsynsmyndigheter för att lämna kvar föroreningar i marken. (Enell, Tiberg, Larsson, & Kleja, 2019)

3.4.4 Biokol i byggnadsmaterial

Forskarteamet på Ithaka Institute i Schweiz har länge varit skeptiska till att begränsa användningen av biokol till endast som kolsänka i marken och tittar på dess olika egenskaper för att användas som byggnadsmaterial. Exempelvis har man gjort lyckade försök med biokol blandat med lera som väggbeklädnad; biokolen har en isolerande effekt samtidigt som den reglerar luftfuktigheten och har en positiv effekt på luftföroreningar och dålig lukt inomhus. (Ithaka Institute, 2020) Biokol kan även tillsättas i betong och till viss del ersätta cement, vilket dels minskar klimatpåverkan från produktionen och dels skulle innebära en permanent kolsänka då betong ofta slutar som fyllnadsmassor. (Schmidt, 2018)

3.5 Beräkning av kolsänka för biokol i jord

- Beskrivning av bakgrund för framtagande av formel (1) som använts inom beräkning av kolsänka från biokol inom fallstudier.

3.5.1 Kolhalt (K)

För klimatberäkningen behövs underlag från leverantören som redogör för hur stor andel biogent kol som finns bundet i biokolen, vilket fås fram genom analys på laboratorium, exempelvis Eurofins. Andelen kan ligga mellan 35–95% beroende vilken biomassa som använts samt temperatur och tid under pyrolys. (EBC, 2020)

3.5.2 Nedbrytningsprocess för biokol i jord (BC_{100})

Förutsättningen för att tillgodoräkna sig kolsänkan inom klimatberäkningar är enligt europeiska standarder att materialet skall hållas intakt under de närmaste 100 åren. Flertalet studier för att undersöka nedbrytningstiden för biokol har gjorts, men då nuvarande pyrolysisprocesser endast använts de senaste 10 åren har man även behövt titta på biokol som använts historiskt inom Amazonas regnskogar samt inom jordanalyser i marker som härjats av skogsbränder. Studierna visar på stora variationer, men har kunnat dra slutsatser om att halveringstiden främst beror på vilken jordart biokolen ligger i, samt kolets H/C-förhållande, (H/C-ratio), vilket i huvudsak styrs av pyrolysens temperatur. Hans Peter Schmidt (Ithaka Institute) m.fl. har utifrån dessa studier tagit fram ett generellt antagande för den kolförlust som sker via nedbrytning under de första 100 åren i marken (BC_{100}). I studien anser de sig ha tagit höjd för ovanstående osäkerheter och antagandet skall därav kunna användas som norm vid beräkningar av kolsänka: Biokol med H/C_{-org} under 0,4 antas BC_{100} vara 10 % och över 0,4 antas BC_{100} vara 20%. (Schmidt, 2018)

3.5.3 Konvertering till CO_2e

Andelen biogent kol konverteras till CO_2e , genom att multiplicera med 3,67, vilket anger viktförhållande mellan bundet biogent kol (C) och koldioxid (CO_2) där viktökningen beror på de två extra syreatomerna på varje kolatom.

3.5.4 Verktyg och standarder om inlagring av biogent kol

EN 15804 är den vanligaste standarden för framtagandet av EPD:er gällande byggnadsmaterial i Europa idag. Enligt standarden är det inte tillåtet att inkludera vare sig tillfällig eller permanent kolinlagring vid beräkning av klimatpåverkan (Global Warming Potential, GWP). (CEN, 2017)

-I *EPD International (2019a)* utgår man istället från standarden ISO 14025, och i motsats till ovan stycke ska kol som lagras mer än 100 år i en produkt antas vara permanent bundet (EPD International AB, 2020), vilket kan vara en förklaring till att Svenskt Trä valt att använda denna

typ av EPD. En livscykelanalys (LCA) enligt *ISO 14000-serien* kan utföras relativt fritt och kan dock göras på olika sätt för exempelvis underhåll och byte av material under 100-årsperioden, det finns därav vissa möjligheter att redovisa utsläpp/inlagrad kol på mer fördelaktiga vis, så transparens är viktigt.

- *Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg (BM)*: Verktyg för klimatberäkningar av byggnader, förvaltas av IVL och rymmer en databas med generiska data över klimatpåverkan från olika byggnadsmaterial. Egna material kan styrkas med EPD enligt EN 15804. Verktyget är bland annat godkänt för användning inom *Miljöbyggnad 3.0*, som krävställer klimatberäkning av byggnadens stomme. (IVL, 2020)

- Påbyggnadscertifieringen *NollCO2* lanseras av Swedish Green Building Council (SGBC) under 2020 och går att kombinera med certifieringarna Miljöbyggnad, BREEAM, LEED och Svanen. Enligt remissversionen av manualen sker klimatberäkning i ett speciellt framtaget Excel-verktyg, enligt LCA-moduler A-C. Byggnadens livstid begränsas inom beräkningen till 50 år, vilket innebär att man inte räknar materialen som permanent kolsänka. Kompensering av koldioxidutsläpp kan ske enligt köp av krediter för klimatkompensering utanför projektets gränser. (SGBC, 2020)

-*Trafikverkets Klimatkalkyl* används inom infrastrukturprojekt beställda av Trafikverket. Egna material behöver styrkas med produktspecifik EPD enligt europeisk standard. Ej möjligt att redovisa negativa utsläpp. (Trafikverket, 2020)

- Inom arbetsområdena Mark och Landskap saknas fortfarande ett gemensamt klimatverktyg och det är relativt ovanligt att klimatberäkningar görs. Inom ramen för initiativet LArchitects Declare, arbetar man dock för att ta fram ett verktyg för beräkning av utsläpp och upptag under tillverkningskedje och bruksskede/förvaltning. Fortfarande uppges det dock svårt att få uppgifter från tillverkare av många material. Biokol i mark nämns som beständig kolinlagring, jämte tillfällig kolinlagring i växtlighet. Mycket arbete är dock kvar innan verktyget kan lanseras. (Pia Glaumann, webinarium för LArchitects Declare, 2020-05-28)

Branschen efterlyser en nationell databas för anläggningsmaterial inom Landskap, liknande BM och Klimatkalkyl, som en brygga mellan anläggning och hus, för att förenkla och standardisera beräkningarna. (Webbinarium för LArchitects Declare, 2020-05-28)

3.6 Kartläggning av biokolsproducenter

Naturvårdsverket ger genom initiativet Klimatklivet kommuner och företag möjlighet till statliga bidrag för investeringar som minskar utsläppen av koldioxid. För att beviljas stöd behöver insatsen innebära en betydande klimatnytta, förväntade resultat skall redovisas och följas upp. I och med det registreras de minskade utsläpp som insatserna resulterar i, vilka sedan ingår i den nationella hållbarhetsrapporteringen. Projekt som har beviljats bidrag hittills finns listade på initiativets webbplats och innefattar bland annat inköp av pyrolysanläggningar, men även projekt för dagvattenrening med hjälp av biokol. (Naturvårdsverket, 2020)

Samfundet Nordic Biochar Network har sammanställt en karta över produktionsanläggningar för biokol i Sverige. Kartan är tyvärr inte helt uppdaterad men ger en fingervisning om de anläggningar som finns, även de som inte ingått i klimatklivet. (Nordic Biochar Network, 2020)

Nedan listas de tillverkare som ligger inom södra Sverige och en rimlig transportradie från Göteborg.

Stockholm stad / Stockholm exergi: Stockholm Exergi har i samarbete med Stockholm Vatten och Avfall haft en pilotanläggning för biokol i Högdalen, som nu flyttas till Stockholm Vatten och Avfalls anläggning i Bromma. Råvaran som används består av insamlat trädgårdsavfall från Stockholm Vatten och Avfalls återvinningscentraler. I pyrolysisprocessen skapas biokol som sedan används som jordförbättring i stadens parker och trädgårdar, samt fjärrvärme som säljs som ”klimatpositiv”, i den mening att mer energi går ut än vad som behövs för att driva pyrolysen. Ungefär 15% av trädgårdsavfallet i Stockholm går till biokolsproduktion men man undersöker möjligheterna att höja den andelen. (Stockholm Exergi, 2020)

Skånefrö, Tommarp, östra Skåne: Del av Vinnovaprojektet Rest till Bäst. Biokolen tillverkas av rester från utsäde och fröskal som man gör till pellets innan de går igenom pyrolysis. Restvärmen från skånefrös två pyrolysanläggningar går ut i fjärrvärmenätet med en total kapacitet på 2000 W. Skånefrös biokol var den första i Sverige att certifieras av EBC. Biokol för större projekt säljs i storsäck och registrering för klimatkompensationen kan då erhållas av samarbetspartnern Ecoera.

Bussme Energy, Svedala: nystartad biokolsproduktion samt produktion av fjärrvärme.

Företaget har fått biokolen analyserad och har för avsikt att certifiera biokolen enligt EBC. För tillfället används stamvedsflis i produktionen men man tittar även på möjligheten att använda RT-flis. (Carna Walle, Bussme Energy, mailkonversation, 2020-05-19)

Förklaringar:

Stamvedsflis: Flis av trä som inte passar att användas till virke eller massaproduktion, exempelvis pga. rötskador eller andra defekter.

RT-flis: Flisat returträ från t.ex. spill vid ny-och ombyggnation, rivning etc. (SCA, 2020)

Hjelmsäter, Kinnekulle, Västra Götalands län: Hjelmsäter driver lantbruk med spannmåls- och fårproduktion, samt har en nystartad produktion av biokol och värme. Hjelmsäter producerar idag ca 1 m³ biokol per dygn, som tillverkas av träflis och skörderester. Biokolen finns till försäljning i storsäck (Hjelmsäters Egendom, 2020)

Telge återvinning, Södertälje: Telge Återvinning har beviljats stöd från Klimatklivet för produktion av biokol och värme (Naturvårdsverket, 2020). Produktionen väntas dra igång under sen höst 2020, med en kapacitet på 300 ton biokol/år, framställd av grenar och ris. (Fagerlund, 2020)

Lindesbergs gård, Norrköping: Mindre anläggning för uppvärmning samt produktion av biokol för användning inom den egna verksamheten samt mindre försäljning inom närområdet. (Naturvårdsverket, 2020)

Veg Tech, Småland: Produktion av biokol och värme finansierad av klimatklivet och en del av Vinnovaprojektet Rest till Bäst. Biokolen framställts av träpellets och används i sedummattor och andra lösningar för gröna klimatskal. Provdling genomförts i ett par år med fina resultat, som bland annat kan beskådas på Frölunda Kulturhus tak. I år (2020) odlas all sedumproduktion i substrat innehållande biokol, sedummattorna finns tillgängliga i större kvantiteter fr.o.m. 2021. (Veg Tech, 2020)

Renova, Göteborg: Renova har tillsammans med dess ägarkommuner genom förstudie samt samhällsekonomisk analys utrett tekniken för att omvandla trädgårdsavfall såsom ris och grenar till biokol för användning som kolsänka inom odling, men i dagsläget är inget beslut fattat huruvida anläggningen blir av eller inte. (Renova, 2020)

- Det förekommer att grillkolsproducenter säljer något de kallar biokol, men grillkol framställs vanligen vid lägre temperaturer som resulterar i att högre halter av PAH:er och dioxiner finns kvar i materialet, för att undvika risker behöver innehållet kontrolleras noga innan man överväger användning inom odling. (Malmberg, Hellmann, & Bergquist, 2019)

4. RESULTAT

4.1 Intervjuer

Ann-Mari Fransson – Docent vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), med flerårig erfarenhet av biokol i urban odling (mailkonversation, feb 2020). Ann-Marie menar att det kol som biokol av hög kvalitet innehåller är att betrakta som kolsänka helt och hållet, och att det är möjligt att beräkna storleken av denna. Vad det gäller vikten för biokol i förhållande till andra växtsubstrat är den relativt låg, och går bra att använda i växtbäddar på bjälklag. Ann-Marie anser att det är möjligt att beställa biokol av flera av de stora leverantörerna av jord i dagsläget, men poängterar vikten av att säkerställa att biokolen är certifierad samt av god kvalitet.

Bengt Syrén, säljare av växtsubstrat på Bara Mineraler - samarbetspartner inom projektet Rest till Bäst (telefonkontakt, maj 2020). Bengt är förhållandevis skeptisk till användning av biokol som odlingssubstrat, och anser att inga hittills kända forskningsresultat gett entydiga svar på att biokol skulle vara bättre i odlingar än andra växtsubstrat med liknande egenskaper. Däremot anser han att just kolsänkan är den intressanta biten, framförallt om materialet kan användas vid behandling av förorenade massor, då krävs större kvantiteter som samtidigt kan göra en stor miljömässig nytta i och med en mer hållbar masshantering.

Mats Wisén – VD i bolaget HTE, (videosamtal, maj 2020). HTE är underentreprenör för markfrågor inom projektet Hoppet och fokuserar i dagsläget sitt klimatarbete främst på att minimera användningen av fossila resurser inom byggarbetsplatsen. Mats belyser samtidigt vikten av att se till klimatpåverkan från hela livscykeln, såsom tillverkning av maskiner och dylikt. Han har ingen personlig erfarenhet av att använda biokol i markarbeten, men förespråkar idén om biokol i infiltrationssystem för dagvattenlösningar. Mats ser ett problem med att Göteborgs grundvattennivåer sänks samtidigt som dagvattnet, enligt nuvarande standard, leds via fördröjningssystem direkt ut i havet. Genom att använda biokolsfilter i infiltrationssystem bör istället dagvattnet kunna återgå till grundvattnet.

Företaget utför även saneringar av förorenade massor och Mats berättar om risken för återkontaminering som kan uppkomma genom kontakt med omkringliggande massor, han spekulerar vidare att biokol skulle kunna användas för att minimera den risken.

Jacob Lindberg, NCC Infrastructure (videosamtal, maj 2020). Jacob har lång erfarenhet att ta fram EPD:er och livscykelanalyser för konstruktionsmaterial, och har tagit fram en klimatkalkyl för cykelbron inom fallstudien. Jacob är väl insatt i problematiken kring beräkning av inlagring av kol och de förutsättningar som ges inom relevanta standarder. Inom anläggningsarbeten står produktionen av ett fåtal material såsom cement och stål för de stora utsläppen och Jacob menar att tekniker för att minska miljöpåverkan redan finns, men att det är så pass dyrt att endast hårdare ekonomiska styrmedel såsom höga straffavgifter på utsläpp skulle behövas för att skynda på omställningen, annars är det billigare för företagen att fortsätta som de alltid gjort.

4.2 Klimatberäkningar

Beräkningar för kolsänkan av biokol i två fallstudier har genomförts enligt formel (1), *se kap.2.*

Metod. Resultatet av genomförda beräkningar redovisas i *tabell 1* nedan.

Tabell 1, Resultat: Kolsänka av biokol i fallstudier

Fallstudie	Producent biokol	Kolhalt	H/C-org	BC ₁₀₀	C / CO _{2e}	biokol kg/m ²	E _{biokol} CO _{2e} /m ²	Yta, m ²	Total kg CO _{2e}
Hoppet, sedumtak	Veg Tech	93%	0,16	90%	3,67	0,41	1,26	700	881,60
Cykelbro, växtbädd	Skånefrö	78%	0,25	90%	3,67	13,1	33,74	22	742,22

Kolinlagringen för biokolslösningen inom Hoppet utgör en minskning om 0,5% av klimatpåverkan under modul A1-A3 samt A5, enligt den preliminär klimatkalkyl som redovisas i *bilaga 1, tabell 2*. Kolinlagringen från byggnadens trämaterial visas i *bilaga 1, tabell 3*.

Inom Klimatpositiv Cykelbro utgör biokolet i växtsubstratet en minskning av klimatpåverkan med 2% enligt de uppgifter som redovisas i *bilaga 2, tabell 4* och *5*.

5. DISKUSSION

Genomförda intervjuer har visat att den allmänna kunskapen och erfarenheten av biokolslösningar inom bygg- och anläggningsarbeten är väldigt begränsad. Det beror nog delvis på att området fortfarande är relativt nytt och obeprövat trots biokolens långa historia. Det saknas standardiserade sätt att räkna med negativa utsläpp i allmänhet (och för biokol i synnerhet) och klimatkompensering har haft en viss negativ klang. Det har ansetts vara ett sätt för företagen att fortsätta ”business as usual” och likställts som en typ av Greenwashing. Nu när nollvisionen närmar sig så finns det däremot en stor vinst i att både utsläppsminskningar och kolinlagring görs parallellt. Det är ur den synvinkeln bra att biokolstekniken nu jämförs med CCS-teknik (som s.k. PyCCS) som ett sätt att binda upp koldioxid ur atmosfären och rätta till de misstag som fossila bränslen ställt till med. Fördelen att pyrolystekniken är betydligt billigare och mer lättillgänglig. Det gör biokolen till en viktig pusselbit på vägen mot klimatneutralitet.

Det största hinder jag har stött på under arbetet handlar just främst om att det saknas möjlighet att tillgodoräkna sig den kolsänka som biokolen innebär. Inom de flesta av de standarder och certifieringar som studerats inkluderas fortfarande inte kolinlagring, vilket inte går ihop med det som IPCC framställer om att negativa utsläpp kommer bli nödvändiga inom snar framtid. Oftast krävs därför att klimatberäkningar görs enligt egna metoder och verktyg, och trots noggranna och transparenta beräkningar leder bristen på lämpliga standarder att resultaten mellan olika projekt blir svåra att jämföra.

Det finns även ett problem med att man i EPD:er enligt EN 15804 kan redovisa miljöpåverkan per vald enhet (vikt eller volym) men att man inom klimatkalkyler för byggnader vanligen endast utgår från vikten. Exempelvis väger sedummattor olika mycket beroende på växtlighet och vattenmättnad och för att kunna jämföras med liknande material är ”m² sedummatta” den mest rättvisa funktionella enheten att utgå från. För att få fram så klimatneutrala material som möjligt behöver (jämförelse-)LCA utföras för varje separat material, utifrån vald funktionell enhet, exempelvis 1 m² yttertak. Att sedan klistra in dessa värden direkt i klimatkalkylen för att göra en (bokförings-)LCA över klimatpåverkan från hela byggnaden gör att enheter måste räknas om, vilket inte alltid är så enkelt. Kravet om klimatdeklarationer för byggnader som träder i kraft 2022 kommer förhoppningsvis leda till större medvetenhet om systemens brister och större drivkrafter för att förbättra dem.

Har man fastställt en metod för att redovisa kolinlagring återstår att bedöma storleken på denna, vilket även det har visat sig mer avancerat än förväntat. Då andelen biogent kol i biokolet kan variera stort, samt det faktum att nedbrytningsprocessen i jord tar olika lång tid beroende kolets kvalité innebär att separata beräkning måste göras för varje enskild biokolsprodukt. Det blir då omöjligt att ta fram generiska data för biokol liknande de som finns i BM:s databas. Framtagande av produktspecifika EPD:er, (enligt ISO 14025 som inkluderar kolinlagring) för biokol skulle förenkla processen en hel del. Dock kan jag till viss del förstå tillverkarnas skepsis än så länge, pyrolystekniken är fortfarande ny och ändringar inom processen kan behövas, vilket skulle göra EPD:n snabbt blir utdaterad och en osäker investering.

1. SLUTSATSER

Studien visar att biokol har relativt goda förutsättningar att användas för dess kolinlagrande egenskaper inom bygg- och anläggningssammanhang redan i dagsläget, framförallt inom olika typer av odling. Åtgärderna ger då samtidigt synergieffekter som uppfyller flertalet kriterier inom FN:s globala hållbarhetsmål, Agenda 2030.

Marksanering och byggnadsmaterial med biokol:

Genomförda intervjuer visar på stort intresse för att använda biokol både inom både byggnadsmaterial och som åtgärd för marksanering då de stora mängderna som krävs skulle innebära en större kolinlagring. Ett återkommande problem som branschen står inför är just att ordna mer cirkulära system för masshantering för att minska antalet transporter och material som går till deponi, där biokol skulle kunna vara en del av lösningen.

Dock saknas fortfarande vissa viktiga delar för att göra teknikerna kommersiellt gångbara. Det behövs tillämpade forskningsförsök över hur förorenad mark och lakvatten påverkas av olika typer av biokolsinblandning, men även lättnader i regelverk för möjligheten att lämna kvar föroreningar i mark samt större tillgång på biokol som är speciellt lämpad för ändamålet. Fler svenska tillverkare av byggnadsmaterial bör titta närmare biokolens egenskaper och fördelar för ett gott inomhusklimat, och samtidigt minska sin klimatpåverkan.

Tillgången på biokol:

Kartläggningen visade att den svenska produktionen av biokol idag är begränsad, endast ett fåtal anläggningar kan leverera större kvantiteter. Tillgången på certifierad biokol är än lägre, med endast en tillverkare på den svenska marknaden. Efterfrågan täcks därav ej helt av svensk

produktion i dagsläget så många leverantörer av jordsubstrat importerar biokol, vilket leder till långa transporter eller att man använder biokol som inte följer samma krav på framställning, innehåll och kvalité som certifieringen innebär. I och med det ökade intresset för biokol kommer troligen även efterfrågan att öka ytterligare framöver. För att säkerställa tillgången på kvalitativ biokol och därigenom möjliggöra större kolsänkor skulle flertalet nya anläggningar med tillräcklig kapacitet behövas. Göteborg och dess kranskommuner har stora avfallsflöden av olika träfraktioner, såsom returträ, toppar, grenar och ris som idag går direkt till förbränning för energiproduktion. Pyrolys av dessa fraktioner skulle innebära hantering högre upp i avfallstrappan, mindre koldioxidutsläpp samt att vi kan komma närmare våra miljökvalitetsmål. Ett hinder verkar dock vara den osäkra möjligheten till ekonomisk vinst (försäljningspriset på biokol i relation till kostnaden för pyrolysanläggningen), därför kan politiska beslut om ekonomiska styrmedel såsom bonus-vitesystem för positiva resp. negativa utsläpp av växthusgaser öka företags och kommuners intresse för att både producera och använda biokol.

Underhåll och sluthantering:

I de fall odlingssubstraten i växtbäddar behöver avlägsnas innan 100-årsperiodens slut, vid exempelvis underhåll eller tidigarelagd rivning, behöver man för att kunna räkna biokolet som permanent kolsänka kunna förutsätta att materialet inte förbränns. Det bör därför inom ramen för skötsel och underhåll vara möjligt att krävställa markutfyllnad som sluthantering av materialet, såvida materialet ej kontaminerats över gränsvärden under dess livslängd. Förhoppningsvis kan vi i framtiden se att tillverkare av biokol även uppger denna typ av sluthantering inom miljövarudeklaration.

Klimatberäkningar

Begränsningar inom klimatberäkningsmetoder enligt branschgemensamma standarder och certifieringssystem har visat sig utgöra ett visst hinder för att tillgodoräkna projekten biokolens positiva effekter på klimatet. Förändringar inom dessa behöver ske framöver för att målbilden om negativa nettoutsläpp skall bli möjlig. Även rapporteringen av negativa utsläpp behöver utvecklas, så att klimatkompenserande åtgärder från bygg-och anläggningssektorn innefattas i den nationella klimatrapporteringen – och risken för dubbelräkning av negativa utsläpp minimeras.

Resultat av fallstudier:

Beräkningarna visar att en kolsänka kan uppnås med föreslagna lösningar inom båda projekten, under förutsättningen att materialets sluthantering innebär användning inom fyllnadsmassor eller dyl. Dock blir kolsänkan relativt liten i förhållande till utsläppen samt även den kolinlagring som redan sker inom byggnationernas respektive trästomme. Fler biokolslösningar av de som nämnts inom kap. *Teori, 3.4* skulle rekommenderas för att höja kolinlagringen ytterligare.

Förslag på biokolslösningar inom projekten:

- Biokol i odlingssubstrat:
 - För plantering av perenner och buskar inom anlagda grönytor för *Hoppet*.
 - Trädplanteringar med skelettjord innehållande biokol intill *Cykelbrons* fästen samt inom *Hoppet*
- Biokol i infiltrationsbäddar för dagvattenrening inom *Hoppet*
 - Om *cykelbron* skulle användas som viadukt över trafikerad väg finns vinster med biokol även här.
- Biokol som saneringsåtgärd för förorenade massor inom anläggningsområdet – *Båda projekten*

Förslag på styrmedel för ökat användande av biokol:

- Uppdatera standarder för klimatberäkningar till att innefatta kolinlagring/negativa utsläpp.
- Uppdatera olika typer av certifieringar för att möjliggöra inräkning av negativa utsläpp, samt expandera systemgränser för klimatkalkyler av byggnader så att hela tomtmarken innefattas.
- Ta fram specifik standard för beräkning av Biokol, för att förenkla framtagandet av EPD:er.
- Inför ekonomisk ersättning för negativa utsläpp (som en omvänd koldioxidskatt) för projekt som lyckas utöver netto noll klimatpåverkan.
- Redovisning enligt gemensamma riktlinjer inom EU, så att inte klimatreducerande åtgärder dubbelräknas och gör den totala klimatrapporteringen felaktig, -Naturvårdsverket har en viktig funktion nationellt.

2. REFERENSER

- Andreas Holmgren, L. N. (2020). *Kostnadseffektiva klimatberäkningar vid nybyggnation*. SBUF.
- Boverket. (den 11 06 2020). *Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/>
- CEN. (2017). EN 16757:2017. Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Product Category Rules for concrete and concrete elements. .
- EBC. (den 1 06 2020). *Guidelines of the European Biochar Certificate - Version 9.0E*. Hämtat från EBC foundation certificate: <http://www.european-biochar.org/en/download>
- Embrén, B., & Alvem, B.-M. (2017). *Växtbäddar i Stockholms Stad - en handbok*. Hämtat från Stockholms Stad: stockholm.se/trad
- Enell, A., Tiberg, C., Larsson, M., & Kleja, D. B. (2019). *Förädling av biokol för en effektivare användning som jordförbättrare i urban förorenad mark*. Statens Geotekniska Institut.
- EPD International AB. (den 08 06 2020). *Miljövarudeklarationer (EPD)*. Hämtat från EPD, the international EPD system: <https://www.environdec.com/sv/>
- Fagerlund, J. (den 10 03 2020). *Biokol på Telge Återvinning*. Hämtat från <https://www.youtube.com/watch?v=JUSwL2CQjAg>
- Fossilfritt Sverige. (2018). *Färdplan för fossilfri konkurrenskraft – bygg- och anläggningssektorn*. Fossilfritt Sverige.
- Hjelmsäters Egendom. (Maj 2020). *Biokol från kinnekulle*. Hämtat från Biokol.se: <http://www.biokol.se/>
- Ithaka Institute . (05 2020). *Biochar as a Building Material*. Hämtat från Ithaka Institute for carbon intelligence: <http://www.ithaka-institut.org/en/ct/97-Biochar-as-a-Building-Material>
- IVL. (den 08 06 2020). *Byggsektorns miljöberäkningsverktyg*. Hämtat från IVL Svenska miljöinstitutet: <https://www.ivl.se/sidor/vara-omraden/miljodata/byggsektorns-miljoberakningsverktyg.html>
- Malmberg, J., Hellmann, J., & Bergquist, L. (2019). *Biokol i gröna klimatskal*. Malmö: Scandinavian Green Roof Institute.
- Naturvårdsverket. (den 14 05 2020). *Klimatklivet - att söka bidrag*. Hämtat från Naturvårdsverket: www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Bidrag/Klimatklivet/

- Nordic Biochar Network. (05 2020). *Nordic Biochar Map*. Hämtat från Nordic Biochar Network: <https://www.nordicbiochar.org/about-us/map/>
- Renova. (den 28 05 2020). *Renovas Hållbarhetsredovisning 2019*. Hämtat från Renova: <https://www.renova.se/hallbarhet/>
- SCA. (den 26 05 2020). *Biobränslen*. Hämtat från SCA: <https://www.sca.com/sv/fornybar-energi/produkter/biobranslen/>
- Schmidt, H.-P. (2018). *Pyrogenic carbon capture and storage*. Wiley, GCB Bioenergy.
- SGBC. (den 08 06 2020). *Remissversion av manual 1.0 NollCO2 Ny byggnad*. Hämtat från Sweden Green Building Council: <https://www.sgbc.se/utveckling/utveckling-av-nollco2/remiss-for-nollco2/>
- Skånefrö. (2020). *Biokolsbrochyr*. Hämtat från <https://skanefro.se/wp-content/uploads/biokolbroschyr-2020.pdf>
- SOU. (2020:4). *Vägen till en klimatpositiv framtid*. Stockholm: Statens offentliga utredningar.
- Stockholm Exergi. (den 25 05 2020). *Biokol*. Hämtat från Stockholm exergi: <https://www.stockholmexergi.se/minusutslapp/biokol/>
- Thynell, A., Fridell, K., Bruhn, F., & Fors, J. (2020). *Levande Gaturum - En handbok i blågröngråa system*. Malmö.
- Trafikverket. (den 05 06 2020). *Klimatkalkyl*. Hämtat från Trafikverket: <https://www.trafikverket.se/tjanster/system-och-verktyg/Prognos--och-analysverktyg/Klimatkalkyl/>
- Veg Tech. (den 25 05 2020). *Biokol - klimatsmart nyhet*. Hämtat från Veg Tech: <https://www.vegtech.se/sedumtak---grona-tak/biokol---klimatsmart-nyhet/>
- Vinnova. (maj 2020). *Rest till Bäst*. Hämtat från <https://biokol.org/>

3. BILAGOR

Bilaga 1 – Preliminär Klimatkalkyl - *Hoppet*

Tabell 2 nedan visar de preliminära beräkningarna av klimatpåverkan för modul A1-A3 samt A5 för Hoppet förskola, utförd av projektgruppen under projektering. Än är dock inte installationer medräknade, vilket förväntas innebära en stor ökning av klimatpåverkan. Tabell 3 visar beräkning för biogen kolinlagring inom trämaterial för Hoppet. Byggnadens livslängd har fastställts till 100 år.

Tabell 2: Preliminär klimatkalkyl Hoppet

BYGGDEL	Kg CO ₂ e
Husunderbyggnad	75 124
Invändiga ytskikt (väggar, golv och tak)	10 234
Stomkomplettering/rumsbildning (icke bärande innerväggar)	14 176
Stomme (bärande iv, yv, bjälklag, balkar, pelare)	59 136
Yttertak (exkl taktäckning)	28 112
SUMMA:	186 781

Tabell 3: Kolinlagring i trä, Hoppet förskola

Material	Andel trä summa, kg	Andel trä i varan [%]	Biogent kol [kg CO ₂ -e/kg]	Livslängd [%]	Total Biogent kol [kg CO ₂ -e]
Sågad vara (furu/gran)	43 913	1	1,34	1	58 776
Fasad virke (furu/gran)	1 537	1	1,34	0,5	1 029
Spånskiva	45 181	0,86	1,34	1	52 007
OSB-Skiva	26 620	0,90	1,34	1	32 067
Organowood/ Kiseltryckt trä	136	0,97	1,34	1	176
Limträ	2 539	1	1,34	1	3 398
KL-Trä (CLT)	125 703	0,95	1,34	1	159 837
Plywood	12 370	0,95	1,34	0,5	7 864
Ytskikt					
Kubbgolv	1 679	1,0	1,34	0,25	562
Ytskikt Korkgolv	459	0,87		0,25	0
Total	-	-	-	-	315 716

Bilaga 2 – Preliminär Klimatkalkyl - *Klimatpositiv Cykelbro*

Klimatkalkylerna inom *tabell 4* och *tabell 5* nedan visar preliminär beräkning av klimatpåverkan från modul A1-A3 samt A5 för Cykelbron, utan klimatreducerande åtgärder, framtagen av projektgruppen för förunderstudien. Total klimatpåverkan från modul A1-A3 samt A5 beräknas till **37,7 ton CO₂e**

Tabell 3: Klimatkalkyl för Cykelbro inklusive grundläggning och växtbädd, modul A1-A3

Material	Mängd (ton)	Emissionsfaktor (ton CO ₂ -e/ton)	Klimatpåverkan (ton CO ₂ -e)
Betong	84,9	0,16	13,6
Armeringsstål	4,6	1,03	4,7
Limträ	35,9	0,13	4,6
Polymermodifierad bitumen	8,3	0,4	3,1
Aluminium	0,2	8,4	2,0
Rostfritt stål	0,3	4,5	1,3
Stål	0,4	1,5	0,6
Slitlager asfalt	7,9	0,044	0,3
Akrylatfärg	0,2	1,1	0,2
Konstruktionsträ	1,4	0,11	0,2
Gummi	<0,1	2,7	0,1
Trä, växtbädd	0,8	0,11	0,1
Substrat, växtbädd	12,1	0,00376	0,04
SBS modifierad bitumen	<0,01	0,04	<0,01
Polystyren	<0,01	3,4	<0,01
Asfaltprimer	<0,01	1,1	<0,01
Impregneringsfärg	<0,01	1,1	<0,01
Total	157,1	-	30,9

Tabell 5, Klimatpåverkan för cykelbro, modul A5

Material	Mängd	Enhet	Emissionsfaktor	Klimatpåverkan (ton CO ₂ e)
Diesel	1800	liter	2,88	5,2
Elektricitet	13 000	kWh	0,0973	1,3
Propan	70	kg	4,19	0,3

Total	-	-	-	6,8
--------------	---	---	---	------------