



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för skogsekonomi

# Biokol som produkt inom skogsbruket – En hållbar produkt med många fördelar

*Biochar as a product in forestry*

*– A sustainable product with many benefits*

Karl Johannesson & Richard Näslund

Kandidatarbete • 15 hp

Jägmästarprogrammet

Kandidatarbeten, Nr 10

Umeå 2019

# Biokol som produkt inom skogsbruket – En hållbar produkt med många fördelar

*Biochar as a product in forestry – A sustainable product with many benefits*

Karl Johannesson & Richard Näslund

**Handledare:** Torbjörn Andersson, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogsekonomi

**Examinator:** Camilla Widmark, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogsekonomi

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E

**Kurstitel:** Kandidatarbete i skogsvetenskap

**Kursansvarig inst.:** Institutionen för skogsekonomi

**Kurskod:** EX0886

**Program/utbildning:** Jägmästarprogrammet

**Utgivningsort:** Umeå

**Utgivningsår:** 2019

**Serietitel:** Kandidatarbeten

**Delnummer i serien:** 10

**Elektronisk publicering:** <https://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** *biokol, gödselalternativ, grön marknadsföring, jordförbättring, kolsänka, produktförbättring  
biochar, fertilizer alternative, green marketing, soil improvment, carbon storage, product development*

# Sammanfattning

Biokol är ett material som framställs genom en pyrolysisprocess, där biomassa förkolnas utan eller med väldigt låg tillgång på syre. Biomassan som används till biokolet kan vara allt ifrån GROT till kemiskt avfall från pappersbruk. Kolet innehåller en mängd makro- och mikronäringsämnen och kan verka tillväxthöjande i marken, dessutom innehåller det stora mängder bundet kol som är stabilt under längre tid. Denna aspekt gör biokolet till en kolsänka när det grävs ner i marken och kan hjälpa till att motverka klimatförändringen. Att sedan kunna använda sig av avfalls och restprodukter i tillverkningen är ytterligare en positiv miljöaspekt. Den här rapporten har analyserat resultat från tre studier som har undersökt biokolets tillväxthöjande egenskaper inom jordbruket samt intervjuer med respondenter från ett forskningsinstitut som utvecklar en biokolstillsats samt en intresserad kund i form av en plantskola. Resultaten av den tillväxthöjande effekten skiljer sig mellan studierna men de har alla fått resultat under vissa omständigheter som indikerar på en viss tillväxtökning. I den här rapporten har sedan de resultatens relevans, trovärdighet och applicerbarhet till skogsbruket diskuterats. Vidare har data från den intresserade plantskolan använts för att göra en kalkyl på vad implementeringen av biokol skulle innebära för besparingar för företaget.

*Nyckelord: biokol, gödselalternativ, grön marknadsföring, jordförbättring, kolsänka, produktförbättring*

# Abstract

Biochar is a product that's manufactured through a method called pyrolysis, where biomass char without or with a very low supply of oxygen. The biomass that's used in the process ranges from "green waste" to chemical waste. The biochar contains a variety of different micro- and macro-nutrients which can give a growth effect in the soil and additionally it contains a large amount of carbon which is stable during a long period of time. This aspect makes the biochar a carbon sink when buried in the ground and it can help counteract the environmental changes. To further be able to use disposal and waste products in the manufacturing process is another positive environmental aspect. This report has analyzed three different studies that has experimented on the growth enhancing effects of biochar in the agricultural field as well as interviews with a scientific project that is developing a biochar product and a interested customer of said product. The result of the growth enhancing effect differs between the experiments, but they have all produced results that indicates a growth increase during certain circumstances. In this report the results relevance, creditability and applicability for the forestry have been discussed. Data from the interested customer, a nursery garden, have been used to make a calculation on what the implementation of a biochar adding in the production could save the company.

**Keywords:** *biochar, fertilizer alternative, green marketing, soil improvment, carbon storage, product development*

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>1</b>
1.1	PROBLEMBAKGRUND	1
1.2	PROBLEM	1
1.3	SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR	2
1.4	DISPOSITION	2
<b>2</b>	<b>METOD</b>	<b>4</b>
2.1	FORSKNINGSANSATS	4
2.2	FORSKNINGSDESIGN	4
2.3	DATAINSAMLING	5
2.3.1	Primär datainsamling	5
2.3.2	Sekundär datainsamling	5
2.4	VAL AV FALLSTUDIE OCH UNDERSÖKNINGSENHET	5
2.5	KVALITETSSÄKRING	6
2.6	AVGRÄNSNINGAR	6
2.6.1	Metodavgränsningar	6
2.6.2	Teoriavgränsningar	6
<b>3</b>	<b>TEORI</b>	<b>7</b>
3.1	BIKOLETS EGENSKAPER	7
3.1.1	Tillsättning av biokol inom skogsbruk	7
3.2	PYROLYSPROCESSEN	8
3.3	HISTORIK	9
3.3.1	Framställningen av träkol	9
3.4	KOLSÄNKA, "CARBON CAPTURE AND STORAGE"	9
3.5	MARKNADSFÖRING	10
3.5.1	Produkt	10
3.5.2	Pris	11
3.5.3	Plats	11
3.5.4	Påverkan	12
3.5.5	Produktutveckling	12
3.5.6	Behov	12
3.5.7	Grön marknadsföring	13
<b>4</b>	<b>RESULTAT</b>	<b>14</b>
4.1	FÖRÄNDRINGAR I JORDKVALITÉ OCH PLANTTILLVÄXT PÅ GRUND AV BIKOL I ETT FÄLTFÖRSÖK UNDER TRE ÅR	15
4.2	FÄLTFÖRSÖK MED BIKOL PÅ EN KOMMERSIELL SKALA INOM JORDBRUKET I QUÉBEC, KANADA ÖVER TVÅ ÅR	15
4.3	VÄRDET AV BIKOL FRÅN "GRÖNRESTER" SOM EN JORDFÖRBÄTTRARE INOM JORDBRUKET	16
4.4	INTERVJU MED MARIA SANDBERG PÅ NÄRSKOG	17
4.5	INTERVJU MED MARGARETA PERSSON PÅ SJÖGRÄND PLANTSKOLA, BERGVIK SKOG AB	18
4.6	KALKYL PÅ BIKOLSTILLFÖRSEL PÅ SJÖGRÄND PLANTSKOLA	19
<b>5</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>21</b>
5.1	BIKOL SOM TILLVÄXTHÖJANDE PREPARAT	21

5.2	BIOKOLETS MARKNADSPOTENTIAL.....	22
<b>6</b>	<b>SLUTSATSER .....</b>	<b>24</b>
6.1	METODVALSREFLEKTION .....	24
6.2	FORTSATTAS STUDIER .....	24
<b>7</b>	<b>REFERENSER .....</b>	<b>25</b>
<b>BILAGOR</b>	<b>.....</b>	<b>27</b>

# 1 Inledning

---

*Med all tillgång på skogsråvara kan Sverige vara vägledande för nyttjande av förnyelsebar råvara från skogen (Ny teknik 2016). För att kunna fortsätta bygga vidare på den traditionen krävs en ökad tillväxt av biomassa i våra skogar. Den konventionella metoden idag för att påskynda tillväxten är att tillföra olika syntetiskt framställda kvävegödsel i samband med andra produktionsfrämjande skogsskötselåtgärder, som gallring och röjning. Kvävegödsel är bevisat tillväxthöjande (Skogsstyrelsen 2017), men gödsling kommer också med risker. Speciellt är risken för kväveutlakning stor i många områden i Södra Sverige. Här ser vi en möjlighet att istället introducera biokol som ett alternativ i den svenska skogsbranschen. Det som talar för biokol är förutom att det är tillväxthöjande också ett spännande alternativ till konventionell kollagring (International biochar initiative 2018). Det ökande intresset för miljömedvetenhet i företaget som en del i ett stärkt varumärke gör också produkten intressant som investeringsalternativ för skogsföretag (Investopedia 2018).*

---

## 1.1 Problembakgrund

Det kommersiella nyttjandet av skogen har traditionellt sett handlat om uttag av timmer och råvara till massabruk, samt råvara för framställning av bioenergi. Vårt samhälle strävar efter nya sätt att utnyttja resurser på ett hållbart sätt och att avveckla vårt beroende av fossilbaserade råvaror.

Den svenska skogsnäringen ser till exempel utvecklingen av nya biobaserade produkter och tjänster för att ersätta fossila material som en av fyra prioriterade agendor för dagens skogssverige (Skogsindustrierna 2018).

Det här engagemanget för förnyelsebara produkter skapar många nya intressenter på den svenska skogsmarknaden. Den stora utmaningen blir då att tillfredsställa alla intressenter samtidigt som skogens hållbarhetsaspekter inte riskeras. Då krävs ny innovation för att både öka skogens tillväxt och samtidigt förstärka skogens positiva ekosystemtjänster.

Förutom skogens möjligheter att förse industri med råvara har skogen andra viktiga funktioner att fylla, som ekosystemtjänster och olika samhällsnyttor. En viktig ekosystemfunktion som skogen tillhandahåller är dess förmåga att binda och lagra kol. Kolinlagring sker naturligt i skogens tillväxt, men det är inte tillräckligt för att kompensera för de koldioxidutsläpp som sker på grund av människans levnadssätt. EU finansierar i dagsläget teknologi där koldioxid fångas upp som restprodukt från fabriker och därefter lagras. Koldioxidlagringen sker därefter i geologiskt lämpliga utrymmen djupt under marken (European commission innovation fund u.å.). EU:s energi, klimat och miljöavdelning beskriver de största problemen som den höga kostnaden för att fånga och lagra koldioxiden samt den stora mängden energi som krävs för att möjliggöra processen (*ibid*).

## 1.2 Problem

År 1960 var det globala utsläppet av koldioxid 9411 megaton, 2017 var det värdet 36 153 megaton (Global carbon project, 2017). Den stora ökningen är en konsekvens av den globala industrialiseringen som innebär ett större utnyttjande av fossila bränslen och produkter. Det ökade koldioxidutsläppet leder till en förstärkt växthuseffekt som ökar den globala uppvärmningen vilket potentiellt skulle kunna få ödesdigra konsekvenser för miljön (Naturvårdsverket 2008). FN antog 2015 ett mål där syftet var att förhindra en global temperaturhöjning på mer än 1,5 grader till 2030. För att uppnå målet krävs att vi sänker

koldioxidutsläppen globalt sett, vilket ställer höga krav på omställningen till mer biobaserade samhällen. Under samma tidsperiod i Sverige gick utsläppen från 49 megaton (1960) till dagens utsläppshalt på 42 megaton, med ett högsta värde uppmätt 1970 på 92 megaton (Global carbon project 2017). De främsta anledningarna till Sveriges minskning av koldioxidutsläppen är bland annat omställningen till en omfattande förnyelsebar energisektor, en effektivare energi och resursanvändning (Ekonomifakta 2018).

En annan stor anledning till att Sverige har ett relativt lågt koldioxidavtryck trots vår höga levnadsstandard, beror på den svenska skogen. Skog som växer binder koldioxid genom fotosyntesen, alltså är en ökad tillväxt av skogen positiv ur miljösynpunkt då mer koldioxid kan bindas i skogen istället för att gå ut i atmosfären. Ett sätt att sedan bevara den kolinlagring som skogen stått för under sin livscykel är att använda råvaran till långlivade träprodukter, som exempelvis virke till byggnationer (Naturskyddsföreningen 2019).

För att möjliggöra ett större uttag och därmed en större kolsänka krävs en ökad tillväxt, vilket idag åstadkoms av bland annat kvävegödsling inom skogsbruket. Öron kring kvävegödsling handlar främst urlakning och övergödning av närliggande vattendrag, oro för försurning av skogen och oro för hur kvävenedfallet kommer förändras över tid och därmed påverka behovet av gödsling (Skogskunskap 2018). Ökade gödselgivor utöver skogsstyrelsens angivelser leder till en ökad risk för bland annat nitratutlakning efter slutavverkning (*ibid*).

Ett alternativ till kvävegödsling är spridning av biokol vilket också kan ses som en kolsänka. Projektgruppen Närskog tillsammans med Karlstads universitet, Stora Enso Skoghalls bruk, Mellanskog, Ekonova, Skogsstyrelsen och Paper Province håller på med ett projekt där de ska utvärdera biokolets potential inom skogsbruket. I arbetet ska de tillverka biokol av restprodukter från massa och pappersindustri genom en pyrolysisprocess, biokolet ska sedan grävas ned tillsammans med tallplantor under nyplantering efter avverkning. Egenskaper hos biokolet ska sedan undersökas som bland annat dess tillväxthöjande effekt, samt dess potential som jordförbättrare (Projektbeskrivning Närskog 2019).

### 1.3 Syfte och frågeställningar

Syftet med denna studie är att utvärdera biokols potential som kommersiellt tillväxthöjande preparat inom skogsbruket. Vi vill se hur biokol står sig gentemot kvävegödsel och ifall dessa två kan kombineras. Vi vill även sammanställa information från vetenskapliga källor för att ta reda på hur biokol fungerar som jordförbättrare och kolsänkealternativ.

Vi vill ytterligare undersöka vad en teoretisk implementering av biokol som produkt skulle kunna generera för besparingar för en plantskola samt hur produkten skulle kunna marknadsföras och etablera sig på marknaden.

### 1.4 Disposition

Nedan följer en kort genomgång om arbetets struktur där varje kapitel beskrivs kortfattat.

#### Kapitel 1 – Inledning

I första kapitlet beskrivs en problembakgrund och syftet med rapporten, samt vilka frågor som skall besvaras med rapporten. Följt av en disposition som förklarar rapportens översiktliga struktur.

#### Kapitel 2 – Metod

I det andra kapitlet förklaras vilka arbetsmetoder som har använts för att bland annat samla in data samt vad det är för typ av rapport.



### Kapitel 3 – *Teori*

I teoridelen finns det först grundläggande information om biokolets egenskaper och framställning, följt av teoridel med en företagsekonomisk vinkel.

### Kapitel 4 – *Resultat*

Resultatdelen består av flera delar. En analys av tre vetenskapliga försöksstudier där biokolets potential undersöks, två stycken intervjuer med ett forskningsinstitut och ett företag inom skogsbranschen samt en ekonomisk kalkyl

### Kapitel 5 – *Diskussion*

I kapitel fem diskuteras de olika resultaten och intervjuer med koppling till teorin och de frågor som tas upp i syftet.

### Kapitel 6 – *Slutsats*

I sista kapitlet följer en slutsats, metodvalsreflektion och tips på fortsatta studier.

## 2 Metod

---

*Nedan följer en sammanställning av de metodval som gjorts under arbetets gång. Metodvalen förklaras sedan i detalj i kapitlen 2.1–2.4. Därefter förklaras även hur rapporten kvalitets-säkrats samt vilka avgränsningar som vidtagits.*

---

Tabell 1. Översiktlig illustration av arbetets metod

Metodval	Metod	Anledning
Metodansats	Induktiv	För att få en fördjupad förståelse av ämnet
Forskningsansats	Kvalitativ	För att få en inblick i forskningen på biokol samt en uppfattning av hur marknaden resonerar kring produkten.
Forskningsdesign	Fallstudie	För att få en djupare förståelse av ämnet och sedan kunna formulera hypoteser.
Datansamling	Sekundär Primär	För att skapa förståelse om ämnet har sekundärdata använts som senare har förstärkts med primärdata.
Datansamlingsmetod	Litteraturstudie Intervju	Analys av vetenskapliga försök samt semistrukturerade intervjuer

---

### 2.1 Forskningsansats

Forskningsansatsen som valdes var en kvalitativ eftersom en djupare förståelse för biokol som ämne samt vad en plantskola i teorin skulle tjäna på en implementering av produkten. Vi ville även få insikter från pågående utvecklare av produkten samt hur en potentiell investerare ser på produkten. Problemet med en kvalitativ ansats är att färre antal studier och respondenter tas upp i rapporten men i och med arbetets tidsbegränsade natur ansågs det vara det mest effektiva sättet.

### 2.2 Forskningsdesign

I litteraturanalysen av biokol som material valdes tre huvudsakliga vetenskapliga försök för att då kunna sammanfatta deras resultat och därefter diskutera potentialen hos biokolet.

För att kunna göra en hypotetisk besparingsanalys av implementeringen av biokolstillförselsystem i en plantskola gjordes en kalkyl i samarbete med Sjögränd plantskola. För att få en inblick i marknadspotentialen hos produkten gjordes en intervju med både Närskog och Sjögränd plantskola för att få både en utvecklarens och en investerarens perspektiv.

## 2.3 Datainsamling

Datainsamling kan delas in i två kategorier, primärdata samt sekundärdata. I rapporten har båda typer av data använts för att ge ett kvalitativt innehåll. Den sekundära data har använts för att presentera teorier för analys och ge en bredare bild av ämnet som berörs medan det primära datat har använts för att få en djupare insikt om hur potentialen ser ut för produkten i praktiken.

### 2.3.1 Primär datainsamling

Den primära datainsamlingen valdes att utföras i form av intervjuer med personer involverade i ett biokolsprojekt Närskog. Första intervjun gjordes med projektledaren för att få deras mål och vision med projektet, alltså för att se hur ett utvecklande företag ser på produkten. Sedan utfördes en intervju med en representant från en plantskola (Sjögränd plantskola, Bergvik Skog AB) som är samarbetspartner i projektet, alltså en intresserad kund för produkten, för att ta del av deras anledning till investering i produkten. Vi har valt att intervjua personer med god kännedom av projektet både ur utvecklarnas perspektiv och ur investerarnas perspektiv.

### 2.3.2 Sekundär datainsamling

Den sekundära datainsamlingen gjordes främst på internet och då främst med söktjänster som Google Scholar, Web of Science samt SLU:s biblioteks sökmotor Primo. Söktermer som har använts för att hitta relevanta artiklar och avhandlingar är "biokol", "CCS", "kvävegödsling i skogsbruk", "kolsänka", "pyrolys", "marknadsdifferentiering", "produktlansering", "biokol inom jordbruk" och "biokol inom skogsbruk" samt motsvarande termer på engelska. Ytterligare har information hämtats från biblioteket på SLU samt Umeå stadsbibliotek. I mån det varit möjligt har gamla artiklar och rapporter undvikits som sekundärdata för att undvika att använda föråldrade data.

## 2.4 Val av fallstudie och undersökningsenhet

De artiklar vi baserade litteraturstudien på biokolets tillväxthöjande effekt valde vi utifrån främst två kriterier. Först att det skulle vara en experimentell undersökning med resultat som låg i linje med vårt syfte, alltså ett försök där de tillväxthöjande egenskaperna hos biokol undersöktes. Sedan att det skulle vara i form av vetenskapliga artiklar publicerade i trovärdiga tidskrifter. Utifrån dessa kriterier valde vi artiklarna:

- Biochar-mediated changes in soil quality in a three year field trial (Jones *et al.* 2012)
- Commercial scale agricultural biochar field trial in Quebec, Canada (Husk & Major 2010)
- Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment (Chan *et al.* 2007)

Vi ville dessutom undersöka biokolet både ur potentiella utvecklarens och investerarens perspektiv. Vi ville då ha organisationer baserade i Sverige. Det gjorde att vi kom i kontakt med Bergvik Skog AB och närmare bestämt plantskolan Sjögränd utanför Hagfors som var involverade och intressenter i ett biokolsprojekt. De refererade oss vidare till projektansvarig på Närskog på Karlstads Universitet, Maria Sandberg som har ställt upp på intervju samt delgivit oss preliminära siffror från deras försök på biokolets tillväxthöjande effekt. Vi har även intervjuat Margareta Persson som har samarbetat med Närskog som representant från Sjögränd. Sjögränd har även delat med sig av den teoretiska ekonomiska data de ser i investeringen i biokolstillförselsystem i plantskolan. Båda respondenterna har validerat användandet av intervjun i rapporten, Maria Sandberg (validerat 2019-04-14), Margareta Persson (validerat 2019-05-2).

## 2.5 Kvalitetssäkring

De stora kvalitetssäkringarna är främst att referentgranskade material har använts för analyserna. Den använda litteraturen har tagits fram från trovärdiga och vetenskapliga utgivare och inom arbetet har källtriangulering tillämpats. Källtriangulering har hjälpt oss att få olika perspektiv på problemen samt att säkerställa trovärdigheten för informationen som har inhämtats.

När det gäller intervjuerna har vi valt respondenter utifrån vilka personer inom både Närskog och Sjögränd plantskola som haft god kunskap angående projektet utifrån en utvecklarens respektive en investerarens perspektiv.

## 2.6 Avgränsningar

Under rapporten har flera avgränsningar gjorts då biokol har flera intressanta aspekter värda att skriva om. Nedan redovisas vilka avgränsningar som gjorts i hänseende till metod och teori.

### 2.6.1 Metodavgränsningar

De metodavgränsningar som gjordes var att data från enbart en plantskola användes för analysen till besparingen med hjälp av biokol. Samma sak gäller intervjuerna, det valdes att inte intervjua flera personer inom företagen utan enbart de personer som hade bäst kännedom om projektet från bägge perspektiv. Metodavgränsningarna gjordes med den tidsbegränsade aspekten av arbetet i betraktande. Telefonintervju valdes också framför att resa ned och besöka respondenterna, trots inbjudan, utifrån monetära skäl.

### 2.6.2 Teoriavgränsningar

Biokol har intressanta användningsområden förutom som tillväxthöjande preparat, främst då som jordförbättrare och kolsänka. De egenskaperna tas upp i rapporten men huvudfokus ligger på dess egenskap som tillväxthöjande preparat. I framställningen av biokol produceras även biprodukterna bio-olja samt syntesgas vilka har intressant användningsområden inom "grön energi" detta är dock något som valts att inte avhandlas i rapporten.

## 3 Teori

---

*Teoridelen av rapporten är uppbyggd med först en summering av biokol som material, dess egenskaper, produktionsprocess, användningsområden och historik.*

*Därefter följer en sammanställning av marknadsföringsprinciper.*

---

### 3.1 Biokolets egenskaper

Biokol och svartkol är träkol som genom tiderna har använts i olika former av jordbruk. Biokol produceras genom en process som kallas pyrolys, där biomassa förkolas utan tillgång till syre. Produkterna som framställs i processen är biokol eller träkol i fast form, bio-oljor i flytande form samt olika gaser (Bhattacharya *et al.* 2015). Biokolet som framställs får vanligtvis en stor yta, låg densitet och en hög andel kol varför biokol anses vara en viktig faktor inom en cirkulär ekonomi med kolinlagring (*ibid*). Biokolets porösa struktur och stora yta är karaktärer som är specifika för biokol men som är direkt beroende av den fysiska och termiska tillverkningsprocessen (*a.a*). Egenskaperna hos produkten är de som direkt möjliggör bland annat ökad vattenupptagningsförmåga och förmågan att kunna binda till sig näringsämnen (Steiner 2016). Författarna till kapitlet beskriver även att den porösa strukturen möjliggör ett utmärkt habitat för olika mikroorganismer och att de får ett skydd från olika predatorer (*ibid*).

Biokol har många positiva effekter som kan ha en direkt eller indirekt påverkan på olika mineraljordar. Tillsättning av biokol till jordar ökar och bibehåller markens förmåga att binda baskatjoner vilket är positivt då baskatjonerna kan vara viktiga näringsämnen. Den ökade katjonbyteskapaciteten leder således till att marken blir mer resistent mot utlakning av näringsämnen som bland annat olika kväveföreningar eller andra viktiga mineraler (Bhattacharya *et al.* 2015). En viktig egenskap hos biokol är dess höga innehåll av makro- och mikronäringsämnen, speciellt fosfor, kalcium, magnesium och även kväve, tack vare bildandet av kemiska ringstrukturer under pyrolysen (Lehmann & Joseph 2015).

Biokol har även andra positiva egenskaper där markens vattenhållningsförmåga förbättras, markens potentiella produktivitet ökar samt att jorden renas från skadliga ämnen då biokol har en förmåga att binda dem till sig. Den mikrobiella aktiviteten hos marken ökar även vid tillsättning av biokol och den potentiella aggregatstrukturen kan i vissa mineraljordar förbättras (*ibid*).

#### 3.1.1 Tillsättning av biokol inom skogsbruk

Inom jordbruket har gödning eller jordförbättring med biokol redan implementerats, medan användningen inom skogsbruket fortfarande är inom försöksstadiet. Projektgruppen Närskog från Karlstads Universitet har en idé där de vill undersöka möjligheten att återföra restprodukter från från massa och pappersindustri tillbaka till skogen. Restprodukterna som ska pyrolyseras i skapandet av biokol är bland annat bioslam, fiberslam, och olika askor. Den förkolade produkten ska sedan användas inom plantskolor där biokolet är tänkt att blandas ner i krukans då plantan är tillräckligt stor för att sedan planteras. De direkta och indirekta effekterna ska sedan analyseras men där hypotesen till stor del får stöd av de positiva effekter inblandning av biokol har haft inom jordbruket (Projektbeskrivning Närskog, Maria Sandberg 2019).

I rapporten “Effects of biochar application in forest ecosystems on soil properties and greenhouse gas emissions” förklarar författarna att implementering av biokol inom skogsbruk kan ha en rad positiva effekter, särskilt till skogsmark med lägre innehåll av organiskt kol och föroreningar. De förklarar även att det fortfarande finns en del osäkerheter med användandet av

biokol inom skogsbruket som behöver fortsatt forskning. Det är bevisat att biokol har en signifikant effekt för ökandet av mikrobiell aktivitet och diversiteten i skogens jordar, men att det saknas information hur biokol påverkar specifika förhållanden i jorden, som är skapade av olika mikroorganismer, eftersom olika former av biokol kan ha varierande egenskaper på olika jordar (Li *et al.* 2018).

I rapporten tar de även upp att applicering av biokol inte kommer att fungera som ett substitut till gödsel, men att framtida gödselmedel kan kombineras med biokol för att även förstärka effekten med bland annat ökad inlagring av kol som positivt resultat. Biokolets egenskaper är starkt beroende av pyrolysisprocessen och vilka ämnen som används i själva pyrolyseringen, varför det även är viktigt att analysera hur olika typer av biokol påverkar flera olika trädarter (*a.a.*).

Författarna beskriver även att kostnader och intäkter är svåra att analysera vid användningen av biokol och att det finns få ekonomiskt jämförbara analyser, men att kostnaderna vanligtvis överstiger konventionell gödsling. I kontrast till gödslingen fyller visserligen biokolet många andra viktiga faktorer som förbättrar markens förhållanden och kolinlagringen över längre sikt vilket behöver tas med i beräkningen (*a.a.*).

## 3.2 Pyrolysisprocessen

Biokol tas fram genom en pyrolysisprocess även kallad torrdestillering. Processen går ut på att upphetta biomassan i en miljö som är syrefri eller med begränsad mängd syre. Bristen eller avsaknaden av syre gör att biomassan sönderfaller utan att det förbränns vilket får flyktiga ämnen som inte kan kondenseras att avgå som gas (syntesgas) medan det som kvarstår är kol och bioolja (W. Bruun 2012)

Valet av råvara påverkar biokolets egenskaper men de tre viktigaste aspekterna under pyrolysisprocessen är upphettningshastigheten, processens maximala temperatur och hur lång tid biomassan genomgår processen. Enligt författarna av rapporten "*Heterogeneity of biochar properties as a function of feedstock sources and production temperatures*" påverkar valet av råvara förmågan att binda kol samt mineralinblandningen i det färdiga biokolet. Den maximala processtemperaturen påverkade främst biokolets ytarea och pH-värde medan motståndet mot nedbrytning beror på processtemperaturen (Zhao *et al.* 2013)

Pyrolysis för framställningen av biokol kan grovt indelas i två metoder, snabb pyrolysis samt långsam pyrolysis. Den snabba pyrolysisprocessen används främst för framställningen av bioolja och opereras under en temperatur på 450–600 grader Celsius och matas med biomassa som utsätts för värme under enbart några få millisekunder (*a.a.*).

Den långsamma pyrolysen är den effektivaste metoden för att framställa biokol, temperaturen under processen ligger närmare 400 grader Celsius och råvaran bearbetas vanligtvis under flera minuter upp till flera timmar. Ytterligare ett sätt att framställa biokol är förgasning, vilket liknar snabb och långsam pyrolysis förutom att temperaturen istället ligger på över 700 grader Celsius. Förgasningsprocessen är konkurrenskraftig för framställning av bioolja men inte lika effektiv när det gäller framställningen av biokol (*a.a.*).

Pyrolysisprocessen kan genomföras med de flesta biomaterial från råvara som ved och energigrödor till biprodukter och avfallsprodukter som avloppsslam och avfall från fabriker. Omvandlingsfrekvensen för råvara till biokol ligger runt 30–40% biokol efter pyrolysis, resterande procent är bioolja samt syntetgaser. Med en mer optimerad teknik tros omvandlingsfrekvensen öka uppemot 50% (Sohi *et al.* 2010).

Den stora variationen i potentiell råvara för framställningen är en positiv aspekt när det kommer till storskalig tillverkning av biokol, problemet som kvarstår är dock ovissheten om vad för egenskaper den slutgiltiga produkten får beroende på vilket råmaterial som använts. Det krävs därför mer forskning för att fastställa vilka egenskaper som råvaran tilldelar slutprodukten (*a.a*).

Tidigare har arbetet med pyrolys främst varit inriktat på att få fram bioolja av hög kvalitet medan kolet har främst setts som en biprodukt som kan användas till förbränning för att driva framställningsprocessen av bioolja. Inställningen till biokol har sedan ändrats tack vare dess potential som en geologisk kolsänka samt positiva jordförbättrande egenskaper (Ronsse *et al.* 2012).

### 3.3 Historik

Tillverkningen av träkol har varit känd i flera tusen år och till en början användes det producerade träkolet i framställningen av olika metaller. Kolningsprocessen påbörjades i en större skala i Sverige år 1000, för att förse en växande järnframställning med kol. Därefter ökade efterfrågan på träkol i Sverige med en ökad järnindustri och kolproduktionen hade sin höjdpunkt på 1940-talet för att sedan bytas ut mot annan teknik inom järnframställningen (Westerlund 1996).

#### 3.3.1 Framställningen av träkol

Vid förbränning av ved så brinner kolet upp fullständigt och aska blir restprodukten. De metoder som var aktuella i Sverige för framställningen av träkol under industrialiseringen var olika former av kolmilor. Vid kolning i en mila hålls förbränningen av biomassa under kontroll för att skapa den värme som behövs för att hålla processen aktiv. Luftflödet in till milan justeras för att säkerställa rätt temperatur och för att se till att kolveden inte brinner upp. Biomassan förkolas successivt i en zon som långsamt vandrar igenom kolveden, för att processen ska fungera behöver kolningsområdet en temperatur på cirka 550 grader. Där kolningen sker finns inget syre utan förkolningen sker genom värmen från de uppträngande varma gaserna. Beroende på vilken typ av kolmila som används får kolningszonen olika slutpositioner där träkol är slutprodukten (*ibid*).

Att biokolstillförsel till jorden medför ökad tillväxt är ingen modern upptäckt utan har varit känt i tusentals år. Det var urinvånarna i Amazonas djungel som började tillföra ofullkomligt förkolnad biomassa från hushållsförbränning samt från primitivt svedjebbruk. Detta skapade svarta jordar med mycket högre tillväxt än de närliggande jordarna och kallades därför terra preta (svart jord). Liknande tekniker för jordförbättring har sedan hittats i flera andra delar av Sydamerika men även i Västafrika och södra Afrika. De här bortglömda systemen har på senare tid åter väckt intresse då de kan ses som en modell för införandet av biokol i vårt nuvarande jordbruk och skogsbruk (Sohi *et al.* 2010).

### 3.4 Kolsänka, “Carbon capture and storage”

Mänskliga aktiviteter som producerar växthusgaser delar ett gemensamt ansvar till växthuseffekten och den globala uppvärmningen. Det senaste seklet har mänskliga aktiviteter höjt världens temperatur med 0,74 grader Celsius (Zhang *et al.* 2015). Om det inte sker en drastisk minskning kommer ökningen av växthusgaser leda till förödande konsekvenser för många arter och inte minst människan. Växthusgaserna som påverkar växthuseffekten mest globalt är koldioxid som står för 77%, metan (14%) och kvävgas på 8% (Zhang *et al.* 2015).

Vegetationen och växtligheten i hav är stora kolsänkor som binder koldioxid och andra växthusgaser i sin tillväxt, men den stora mänskliga utsläppsnivån är för hög för att enbart

förlita sig på naturliga faktorer. Dagens teknologi för att minska utsläppsnivån är bland annat fysiokemiska processer där nedgrävning av kol kan ske i berggrund. Som tidigare nämnts står de biologiska processerna för en stor del av bindningen av koldioxid. Vilket sker då vegetationens växer eller på teknisk väg genom användandet av biobränslen istället för fossila bränslen (Bhattacharya *et al.* 2015).

En metod för att lagra kol går ut på att genom en fysiokemisk process fånga koldioxid som produceras från industrin för att sedan omvandla den till en vätska. Vätskan kan sedan injiceras djupt under marken i geologiska formationer på land eller under havsytan (Zhang *et al.* 2015). Begränsningen i denna metod ligger i att det är en väldigt kostsam process och det krävs en passande geologisk formation för att det ska vara möjligt. Det finns även en risk för läckage, även om risken visat sig låg i flera studier så finns det begränsat om information från försök i verkligheten (Bhattacharya *et al.* 2015). Ett ekonomiskt problem med CCS är att produktionskostnaderna för kraftverket (kol och naturgaskraftverk) blir högre om det måste implementera CCS-system i sina produktionsled, vilket kommer leda till dyrare elektricitetskostnader i Europa (30–55%) (Matovic 2011).

Det som istället har hamnat i fokus är biokol, då det har flera positiva egenskaper. Biokolet ger lagringskapacitet, jordförbättring och höjer näringshalten i jorden. Enligt Matovic (2011) är den teoretiska potentialen för biokol som kolinlagringskälla tillräckligt stor för att helt neutralisera det mänskliga utsläppet. Författaren antar i sin modell att 10% av den totala nettoprimära produktionen av biomassa kan användas till framställningen av biokol. Han antar även att själva pyrolysisprocessen konverterar 50% av biomassan till biokol. Det skulle kunna möjliggöra en teoretisk kolsänka på 4,8 gigaton kol per år. Det kan jämföras med det årliga utsläppet från all mänsklig aktivitet som är 7,2 gigaton kol per år, eller alla utsläpp från fossila bränslen samt cementindustrin som motsvarar 4,1 gigaton kol per år (Matovic 2011). I praktiken är inte detta möjligt men det ger en indikation på potentialen i biokol för att motverka det globala koldioxidutsläppet.

Som nämnts ovan är förbrukandet av fossilt bränsle en av huvudfaktorerna för de stora koldioxidutsläppen till atmosfären. Innovation för nya gröna energi och bränslesystem är ett sätt att motverka och neutralisera koldioxidutsläppen. Pyrolysisprocessen framställer inte enbart biokol utan även bioolja som kan användas till skapandet av biobränsle. Med behandling kan biooljan göras till miljövänligare substitut till diesel (Woolf *et al.* 2009).

## 3.5 Marknadsföring

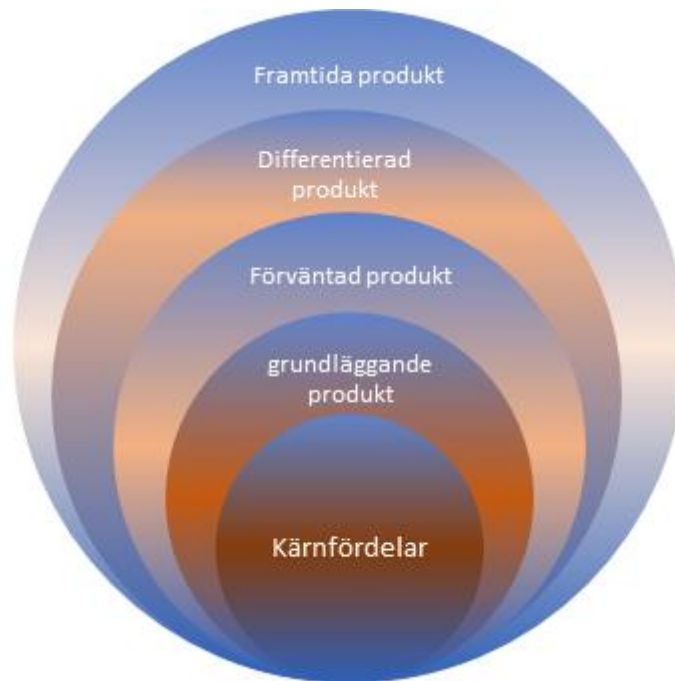
En allmänt vedertagen bild av företag i utveckling, är att företag som spenderar mycket tid på forskning och utveckling och som även är noga med att patentera sina framsteg, är företag som hör till de mest framgångsrika (Bengtsson & Pahlberg 2013). För att sedan skapa en produkt eller utveckla sin produkt för att den ska bli så framgångsrik som möjligt handlar det mycket om att differentiera sig på marknaden enligt den traditionella marknadsmixen med de fyra P:na. De fyra P:na står för produkt, pris, plats och påverkan.

### 3.5.1 Produkt

En produkt kan definieras som en fysisk vara eller tjänst som kan tillfredsställa behov hos kunden och som finns tillgänglig på marknaden för konsumtion. En produkt består av flera delar som bygger på produktens faktiska uppgift som företaget har skapat uppgiften att utföra. För produkten eller tjänsten sedan ska vara konkurrenskraftig på marknaden krävs det att produkten har många styrkor som sticker ut från konkurrenternas produkter eller tjänster. Här handlar det bland annat om produktens kvalitet eller om produktens design. Ett starkt varumärke har också



stor betydelse för konsumtionen och produktens eller tjänstens trovärdighet (Gezelius & Wildestam 2007). Det här beskriver den faktiska produkten men det är även viktigt att förstärka produkten med exempelvis garantier, villkor och service efter köpet. Dessa faktorer gör produkten mer konkurrenskraftig och förstärker produkten utan att den fysiska produkten behöver förändras.



Figur 1. De olika lager som en produkt kan tänkas ha. Kärnfördelar beskriver produktens faktiska funktion. Nästa funktion är den grundläggande säljbara produkten som finns. I den tredje nivån finns egenskaper kopplade till produkten som uppfyller kundernas förväntningar. Den förstärkta nivån handlar om att göra produkten så konkurrenskraftig som möjligt gentemot andra företag på marknaden och den sista nivån handlar och återstående utveckling och potential genom differentiering som produkten har (a.a).

### 3.5.2 Pris

Att sätta ett bra pris på sin produkt eller tjänst är kanske det som lättast går att manipulera i sin marknadsföringsmix, men det är viktigt att det blir rätt så att inte produktens konkurrenskraft riskeras då andra företag kanske har ett lägre pris. Svårast att bestämma pris är det vid lansering av nya produkter (a.a). Det finns många olika strategier ett företag kan välja mellan då det gäller att sätta ett pris. En strategi som kallas ”skumning” går ut på att företaget sätter ett högt introduktionspris eftersom förväntan är att kunderna är villiga till att betala det högre priset för att vara först med att konsumera produkten. Sedan sänks priset i nivå med att konkurrensen ökar för att bibehålla konkurrenskraften (a.a). En annan prisstrategi som motsätter sig skumning är att företaget istället sätter ett väldigt lågt introduktionspris för att snabbt kunna fånga upp hela marknaden, för att sedan öka priset till en jämn nivå (a.a). Utöver företagets egen prisstrategi så påverkar även det ekonomiska läget med efterfrågan och utbud på marknaden samt konkurrenternas priser på liknande produkter.

### 3.5.3 Plats

Platsen rör helt enkel vilken tillgänglighet och distribution företaget har gällande sina produkter eller tjänster, exempelvis lokalisering, öppettider och kommunikation för konsumenterna. Det handlar även om företaget säljer genom olika led eller om det sker direkt från företaget till konsumenterna utan mellanled. Olika distributionsalternativ kan vara passande för olika företag beroende på bland annat företagets ekonomi, kanske blir det billigare för ett nystartat företag

att sälja sina produkter genom ett företag som redan är etablerat och har en stark position på marknaden, men de viktigaste att analysera är var kunderna finns och vilket sätt som är enklast, billigast och snabbast för att nå ut till dessa kunder (a.a).

### 3.5.4 Påverkan

Här handlar det om vilket sätt företaget sprider information om sin produkt för att locka potentiella kunder till att köpa produkten eller tjänsten. Det finns mängder av sätt att marknadsföra sin produkt och det varierar beroende på vilken typ av produkt som företaget säljer. En strategi är ”direktmarknadsföring” som handlar om att samla så mycket kunskap som möjligt om konsumenterna som köper produkten vilket kan göras genom olika metoder där exempelvis svars kuponger, annonser eller olika former av intervjuer är alternativ (Expowera 2019). Det finns även olika säljstödande åtgärder som kanske främst attraherar mer trogna konsumenter i ett senare stadiet vilket handlar om att företaget kan ha olika erbjudande eller rabatter på produkter där konsumenten för mer vid större konsumtion (Gezelius & Widestam 2007). Företagets annonsering är en annan påverkansstrategi som fyller en stor funktion där internet, tidningar, tv och radio är exempel på stora plattformar som företaget kan använda för att göra konsumenterna uppmärksammade på sina produkter eller erbjudanden.

### 3.5.5 Produktutveckling

Ett sätt att se på teknisk utveckling är att det inte handlar om en helt ny produkt vilket är fallet med biokol, där tillförsel av produkten redan sker inom jordbruk, utan att den befintliga produkten förändras och förbättras för att sedan kunna appliceras inom nya sammanhang som exempelvis biokol inom skogsbruket. ”Detta synsätt kan beskrivas som ett nätverkssynsätt, där företaget inte fungerar som en enhet frikopplat från andra utan olika aktörer som kunder, leverantörer, myndigheter och forskningsinstitut är inblandade (Bengtsson & Pahlberg 2013).

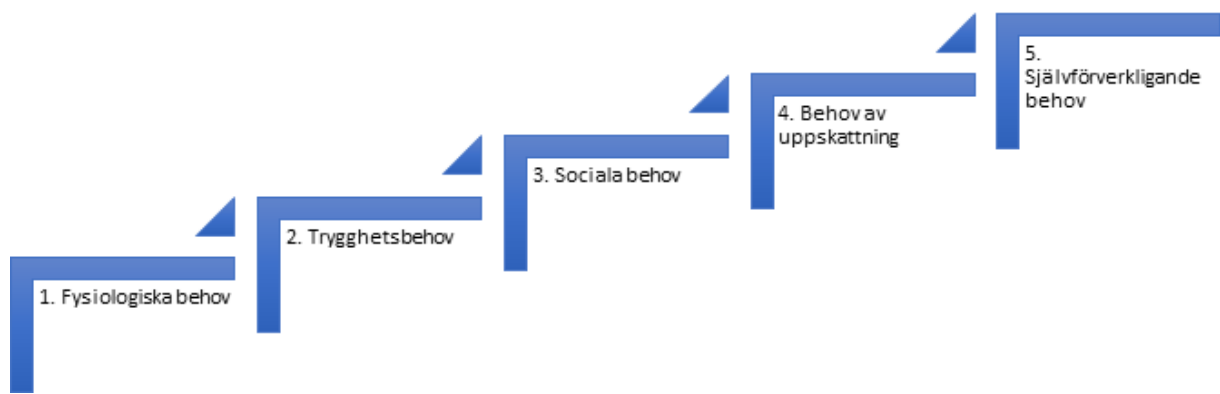
För att lanserandet av en ny produkt eller förbättring av produkt ska kunna bli lönsamt, behöver det enligt Kotler (Kotler 1999) finnas en marknadsmöjlighet. Det behöver finnas kunder och aktörer som har ett behov eller intresse som företaget sedan kan tillfredsställa med sin produkt. Enligt Kotler finns det främst tre situationer som leder till en marknadsmöjlighet. När kunderna erbjuds en alternativ det är brist på, när en befintlig produkt förändras och blir tillgänglig på ett annat eller bättre sätt och när en ny produkt eller tjänst blir tillgänglig för konsumenterna (Kotler 1999).

Kotler (Kotler 1999) nämner även tre metoder för hur ett företag kan modifiera en redan existerande produkt på ett bättre sätt. Metoderna är problemsökningsmetoden, idealmetoden och konsumtionskedjemetoden. Problemsökningsmetoden går ut på att fråga konsumenterna om de finner några brister i produkter som de redan konsumerar och med hjälp av den informationen försöka komma på nya lösningar till problemen. Idealmetoden handlar om att fråga konsumenter om de kan föreställa sig och beskriva den perfekta produkten och utifrån deras beskrivning försöka återskapa eller förbättra en redan existerande produkt. Den sista metoden går ut på att marknadsförare frågar konsumenterna och försöker kartlägga deras köpbehov eller viljan att ta bort eller förbättra en produkt, det sker en kartläggning av konsumenternas aktivitetscykel (Kotler 1999).

### 3.5.6 Behov

Som tidigare nämnt behöver det finnas ett behov hos kunden som företaget kan tillfredsställa med sin produkt eller tjänst. Behov är egentligen bara en känsla en individ kan ha att någonting saknas och produkter eller tjänster som kunden köper kan tillfredsställa dessa behov. Att skapa förståelse för dessa behov är ofta en väldigt komplicerad process vilket kräver stora satsningar

från företagets sida då människors behov är väldigt varierande och då nya behov uppstår eller förändras med tiden (Gezelius & Wildestam 2007). Det finns inte bara en form av behov, de kan variera mellan fysiska, sociala och psykologiska behov. De fysiska berör de mest grundläggande där exempelvis hunger och tak över huvudet är behov som måste uppfyllas. Sociala behov som innehåller känslan av grupptillhörighet och uppskattning. Det finns även psykologiska behov där individen och självförverkligandet kan tillfredsställas på olika sätt. Det räcker inte alltid för företaget att enbart satsa på att förstå en typ av behov, utan de som ger vägledning i hur alla olika behov kan tillfredsställas är en kombination av de olika behovsformerna (a.a). Detta stämmer överens med hur Maslow rangordnar människans olika behov. De mest grundläggande är som tidigare nämnt de fysiologiska behoven där det handlar om bland annat hunger och törst. Följande behov i rangordningen behandlar olika trygghetsbehov och behovet av lagar och ordning. Det tredje är sociala behov och de sista handlar om behov av uppskattning och självförverkligande behov (Psykologiguiden 2019).



Figur 2. Illustration om hur Abraham Maslow beskriver människans behovshierarki där behoven längst ner i "trappan" är de mest grundläggande och måste uppfyllas innan behoven i stegrande ordning kan prioriteras (Psykologiguiden 2019).

### 3.5.7 Grön marknadsföring

I dagens samhälle har medvetenheten kring hållbarhet och "gröna" lösningar fått en allt större roll. Detta speglas även inom marknadsföringen där den så kallade "gröna marknadsföringen" blivit viktig för många företag. De som använder sig av denna typen av marknadsföring är företag som tillverkar produkter som är miljövänliga, återvinningsbara, framställda på ett miljövänligt sätt eller produkter som bidrar till en minskning av koldioxidutsläppen (Lišková et al. 2016).

På detta sätt får de sina kunder att associera företaget med en miljömedvetenhet som en viktig del av varumärkesprofilen. Det leder i sin tur till ett ökat intresse från investerare då de i allt större omfattning vill investera specifikt i företag som har hållbarhet och socialt ansvar som företagspolicy (Investopedia 2018).

Slutligen handlar det dock om att kunderna ska vara villiga att betala extra för en produkt med högre pris som ger någon form av miljömässig nytta, vilket hittills har visat sig vara sant (a.a).

## 4 Resultat

Nedan följer en kortfattad sammanfattning av de tre studierna som analyserats i matrisform.

Studie	Syfte	Design	Urval	Datainsamlingsmetod	Resultat	Slutsats
Biochar-mediated changes in soil quality in a three year field trial	Att undersöka tillväxteffekten av biokolstillförsel och kvaliteten på jorden under en treårsperiod	Experimentell kvalitativ undersökning. Slumpmässig provytadesign. Replikerades	Fyra stycken provytor (6x3 meter) såddes först med majs och sedan med <i>Dactylis glomerata</i> . Provytorna gödslades med antingen inget biokol, 25 t/ha eller 50 t/ha	Under växtsäsong mättes klorofyll, knoppsprickning och höjd. Efter skörd torkades plantorna för en kemisk analys. I samband med skörd togs även jord och rot-prover.	Första året med majsplanter gav ingen signifikant tillväxtökning av biomassa. Gräset däremot fick en tydlig ökning i bladtiltväxt och ökat näringsinnehåll, både år två och tre. Biokol hade överlag ingen signifikant effekt på jordkvaliteten förutom främst en ökning i pH samt ökad "markandning" och mikrobiell tillväxt	Tillsättning av biokol till näringsrik mark ger ingen stor tillväxtökning men inga negativa effekter kunde upptäckas i försöket.
Commercial scale agricultural biochar field trial in Quebec, Canada	Att ta fram data för hur biokol påverkar jorden och tillväxten i områden med tempererat klimat	Experimentell kvalitativ undersökning. Icke slumpmässigt eller replikerad	En provyta på 0,1 hektar. Biokol motsvarande 5,6 t/ha tillsattes. Ytan såddes med sojaböna första året och därpå såddes repen, rödklöver, timotej och havre	Jordprov togs från provytan flera gånger per år och skickades för kemisk analys. Första året togs 100 planter sojaböna för individuell mätning och analys. Andra året gjordes samma mätning och analys på 32 havreplanter, medan resterande biomassa skördades och vägdes	Söjabönans tillväxtökning var på 17% med biokolstillsättning. Antalet havreplanter och dess färskvikt dubblades med biokol gentemot kontrollytan. Även den övriga skördade biomassan hade fått en ökad tillväxt med biokol. Kvävehalten i marken ökade medan fosforhalten minskade efter tillsättning av biokol	Biomassan hos sojaböna och foderväxter ökade men kvaliteten på fodret försämrades. Biokolet minskade jordens totala fosforhalt och inga noterbara förändringar uppmättes i markandning
Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment	Studiens syfte är att undersöka förändring av tillväxt och jordkvalité vid tillsättning av biokol	Experimentell kvalitativ undersökning. Slumpmässig provytadesign	Krukor planterades med rädisa inuti ett temperaturreglerat växthus. Krukorna fick sedan givor med motsvarande antingen 0, 10, 50 eller 100 t/ha biokol samt givor motsvarande 0 eller 100 kg/ha kvävegödsel	Efter sex veckor skördades rädisorna varvid de torkades för att sedan mäta torrvikten. I samband med skörden togs även jordprover från varje kruka	I krukor utan kväve gav inte biokol någon signifikant tillväxtökning. Krukorna med både biokol och kväve ger upphov till en tydlig interaktionseffekt och ökar tillväxten mer än vad enbart kvävegödsel gör. De högre givorna med biokol (50, 100 t/ha) gav en högre koncentration av flera makronäringsämnen.	Tillsättning av enbart biokol i jorden ger ingen signifikant tillväxtökning på egen hand. I kombination med kvävegödsel blir dock effekten signifikant större en vid enbart kvävegödsling utan biokol

De studier som använts till undersökningen är tre stycken vetenskapliga artiklar som berör tre stycken experimentella försök. I studierna undersöks hur olika grödor påverkas av tillsättning av biokol. Den första studien som analyserades var "Biochar-mediated changes in soil quality and plant growth in a three year field trial", som publicerades 2012 (Jones *et al.* 2012). Försöket som behandlas i studien utfördes 2009–2011 i Abergwyngregyn, Wales på breddgraden 53°14'N, 4°01'W. Den andra studien som analyserades var "Commercial scale agricultural biochar field trial in Québec, Canada over two years" (Husk & Major 2010). Studien publicerades 2010 och som titeln antyder gjordes undersökningen i Québec, Kanada närmare

bestämt i staden Saint-Xavier-de-Brompton på breddgraden 45°32,6′N, 72°02,2′W. Fältförsöken i studien utfördes mellan 2008–2009. Den tredje studien som jämfördes med de övriga var “Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment” (Chan *et al.* 2007). Den här undersökningen publicerades 2007 och utfördes under sex veckor i ett temperaturkontrollerat växthus vid universitetet “University of New South Wales”, Sydney, Australien.

Dessa studier är alla experimentella försöksstudier, två av studierna använde sig av en slumpmässig provytedesign, vilket innebär att de tillförde olika givorna i slumpmässigt utvalda provytor för att få ett kvalitativt resultat. Växthusförsöket i Sydney tillförde även kvävegödsel i kombination med biokolet i slumpmässigt utvalda provytor. Försöket i Québec bestod enbart av en provyta och en kontrollyta som inte heller replikerades. De andra två försöken hade flera replikationer, vilket betyder att de återupprepas för att få ett statistiskt validerat resultat.

Huvudsyftet i de alla tre försöken har varit att undersöka biokol som tillväxthöjande och jordförbättrande preparat, främst inom jordbruket. Att hitta liknade forskningsförsök gjorda inom skogsbruket har varit svårt då tillförsel av biokol inom agronoma sammanhang har studerats under en längre period. Ingen av studierna har huvudfokus på biokol som ett CCS alternativ, men det nämns i australiensiska studien att biokol som kolsänka är en av de två huvudaspekterna som driver det fortsatta intresset att studera biokol framåt.

#### 4.1 Förändringar i jordkvalité och planttillväxt på grund av biokol i ett fältförsök under tre år

Försöket utfördes i Wales på ett fält som hade använts till jordbruk de senaste trettio åren. Fältet plogades därefter spreds biokol på ytan för att sedan blandas med jorden genom harvning. Biokolet som tillsattes var i motsvarande mängd 25t/ha eller 50t/ha. Delar av fältet blev inte gödslat med biokol för att agera som jämförande kontrolltytor. Biokolet som användes i försöket var restprodukter från trädslagen ask (*Fraxinus excelsior* L), bok (*Fagus sylvatica* L) och ek (*Quercus robur* L) som pyrolyserats under en temperatur på 450 grader Celsius i 48 timmar. Kvävegödsel spreds även över hela försöksytan, kontrollytan inkluderad, innan majs (*Zea mays*) såddes. Ett år senare skördades majsen och det såddes istället hundäxing (*Dactylis glomerata*), i samband med sådden gödslades provytan ytterligare en gång. Sista året under försöket skördades fältet och såddes återigen med hundäxing, men denna gång utan tillförsel av kvävegödsel. Vid skörden togs plantprover som torkades och skickades iväg för kemisk analys och i samband med detta togs även jordprover som också analyserades.

Första året med sådd av majs gav inte tillsättning av biokol någon signifikant tillväxtökning, samma gällde år två med Hundäxing. Hundäxing fick under år två ett ökat kväveinnehåll i grönmassan men det gynnade inte tillväxten märkbart. Under det sista försöksåret tillsattes inget ytterligare kvävegödsel, vilket resulterade i en signifikant tillväxtökning i provytorna med biokol i jämförelse med plantorna på kontrollytorna. Tillsättningen gav ingen större skillnad i det totala kväveinnehållet i marken, det som främst påverkades var markandningen genom en ökad mikrobiell aktivitet. Även pH-värdet förändras något med en stigning på 0,32 enheter.

#### 4.2 Fältförsök med biokol på en kommersiell skala inom jordbruket i Québec, Kanada över två år

Fältstudien som utfördes i Québec tog plats i ett jordbrukslandskap med lerjord på ett fält som tidigare blivit behandlat med kalk och gödsel. Biokolet var tillverkat av diverse lövträdsrester under en snabb pyrolysisprocess. På hela försöksytan (även kontrollytan) spreds kalk med en

traktorbunden kalkspridare och därefter tillfördes biokol med samma metod. Den tilltänkta givan biokol var motsvarande 5,6t/ha, men på grund av förluster under tillsättningsprocessen, främst på grund av vindbortfall, estimerades den faktiska givan till 3,9t/ha. Första året såddes sojaböna (*Glycine max*) på fältet och en tid innan skörden gödslades fältet med kogödsel. Efter skörden tillsattes ytterligare kalk och syntetiskt gödsel, därefter såddes fältet med en blandning av rödklöver (*Trifolium pratense*), repen (*Lolium multiflorum*), timotej (*Phleum pratense*) och havre (*Avena sativa*) som skördades nästkommande år. Innan första skörden av sojaböna togs hundra plantor för individuell mätning och analys där bland annat överjordshöjd, vikt och rotlängd mättes. Under skörden användes en skördare med högprecisionsprogramvara som mätte den totala biomassan på försöksytan och kontrollytan. Nästföljande år togs 32 hela havreplantor (inklusive rötter) från fältet för liknande bedömning som för sojabönan. Därefter togs ytterligare exemplar av havreplantor som skickades för kemisk analys. På det resterande fodret gjordes en helhetsbedömning på färskvikten.

Jordprover togs upprepade gånger under hela försöksperioden och skickades för en kemisk där askhalt och innehåll av olika näringsämnen undersöktes. Proverna skickades också till en biologisk analys där bakterie och svampaktivitet mättes och utöver laboratiemätningarna utfördes även tester på markandningen ute i fält.

I första perioden med sådd av sojaböna uppmättes en tillväxtökning på 17% i provytorna med biokol. Både antalet havreplantor och dess vikt var mer än fördubblad i jämförelse med kontrollytorna. Den resterande foderblandningen uppvisade ingen signifikant ökning av biomassa. Biokolet minskade den totala mängden fosfor i jorden och gav ingen signifikant ökning av kol i jorden (exklusive biokolet). Mängden mikroorganismer i marken ökade något men ökad markandning kunde inte påvisas i försöken.

### 4.3 Värdet av biokol från "grönrester" som en jordförbättrare inom jordbruket

Den här studien genomfördes i krukor i ett växthus där temperaturen låg mellan 20–26 grader Celsius. Jorden hämtades från en plats med en lång historia av jordbruk och biokolet som användes i försöket bestod av en blandning av olika växtrester och producerades genom en långsam pyrolys. Experimentet utfördes sedan med olika givor av biokol, motsvarande 10t/ha, 50t/ha, 100t/ha eller helt utan biokol. Biokolsgivorna kombinerades sedan med eller utan tillsättning av kvävegödsel. I varje kruka såddes tio frön av rädisa (*Raphanus sativus*), det antalet gallrades sedan ned till fem stycken groddplantor. Efter sex veckor skördades och torkades plantorna för att möjliggöra en mätning av torrsvikt. Även jorden i krukorna torkades för att analyseras för bland annat pH-värde, kväveinnehåll, kolinnehåll och mikrobiell aktivitet.

Tillsättningen av biokol utan kvävegödsel gav ingen signifikant ökad torrsvikt hos rädisorna, men kombinationen av biokol tillsammans med kvävegödsel gav en större torrsviktsökning än då enbart kvävegödsel fanns i kukan. Gällande jordproverna uppmättes en ökning pH-värde, organiskt kol, ökad katjonbyteskapacitet vid givor på 50t/ha eller 100t/ha av biokol.

## 4.4 Intervju med Maria Sandberg på Närskog

Intervju med Maria Sandberg på Närskog utförd 05-04-2019 (validerat den 14-04-2019). Intervjun var utformad som en semistrukturerad intervju där några frågor var förberedda innan samtalet men följdfrågorna under samtalet uppstod utefter respondentens svar.

Under Närskogs projekt har ett odlingsförsök genomförts på plantor där biokol har blandats ned i torven i plantkrukorna. De har undersökt effekten på tallplantor och biokolet har förts ned i torven i en pelleterad form. Deras tidiga resultat tyder på att biokolet ger en positiv tillväxteffekt och att effekten av biokolet blir tydligast ju mindre tillsats av syntetiskt kvävegödsel som finns i krukan. Sandberg berättar även att de inte tänkt använda biokol som ett rakt substitut mot kvävegödsel utan att de ser en kombination av de båda preparaten som den bästa lösningen. Vidare vill de undersöka möjligheten att "ladda" biokolspelletsen med kväve för att skapa en produkt som innehåller tillräckligt mycket kväve för att tillgodose markens behov.

Materialen för biokolsframställning som Närskog undersöker i dagsläget är främst bioslam (bakterier från reningsverken), fiberslam (träfibrer och barkbitar), kem-slam (slam från reningsverk med tillsats av aluminium) samt blandningar av olika slam. De tittar även på hur olika temperaturer och tider under pyrolysisprocessen påverkar egenskaperna i biokolet samt vilken användning det skulle passa till.

Sandberg beskriver också bristen på tidigare forskning på biokolets påverkan inom skogsbruket men instämmer i att forskning inom jordbruket borde vara applicerbart på skogsbruket i viss mån. Skillnaderna ligger då främst i de mycket längre tidshorisonerna inom skogsbruket.

Angående oron om utlakning av tungmetaller ut i marken vid biokolstillförsel svarade Sandberg att det är en av de viktigaste sakerna de undersöker. Deras preliminära resultat visar på, i likhet med tidigare forskning på ämnet, att tungmetallerna binds i biokolet under pyrolysisprocessen och att det får en kemisk form som gör att det inte lakas ut under naturliga förhållanden. Trots att tungmetallerna inte lakas ut i marken blir det ändå en restriktion för en potentiell spridning av biokol i skogsbruksmark då Skogsstyrelsens regler angående tungmetaller inte tar hänsyn till huruvida det är biotillgängligt eller inte. Spridningen av biokol i skogsbruk får alltså inte överstiga en viss gräns av tungmetaller men enligt Närskogs beräkningar kan man sprida uppemot 2 t/ha biokol utan att det överstiger de värden Skogsstyrelsen satt ut. Fortsatt forskning kan därför påverka Skogsstyrelsens regler angående biokol för att få möjlighet att använda större givor. Sandberg berättar att tidigare studier tyder på att det behövs mellan 5 - 10 t/ha för att uppnå bäst effekt och hon säger att representanter från Mellanskog har kommit med idén att sprida biokolet direkt i plogfåran vid markberedning för att komma upp i tillräckligt stora givor.

Ur en marknadsföringssynpunkt svarar Sandberg att hon ser produkten som ett tillväxthöjande preparat framför dess förmåga som kolsänka. Det grundar hon i att hon inte kan garantera hur lång tid det tar innan biokolet bryts ned då tillgänglig forskning på ämnet går isär angående nedbrytningshastigheten, varierar mellan tiotals år till tusentals år. Hon vill istället fokusera på den gödande effekten och då en produkt som hjälper skogen vid tillförsel och ger kollagring som sidoeffekt snarare än att man gräver ned "skräp i skogen" bara för kolsänkans skull.

Till sist handlar det dock om huruvida produkten är ekonomiskt gångbar och Sandberg instämmer i att produkten har sina styrkor i dess miljömässiga och "hållbara" egenskaper. Både faktum att biokolet kan framställas av restprodukter som annars inte skulle kunna användas för annat än förbränning samt dess förmåga som kolsänka gör att potentiella intressenter kan tänka sig att betala mer för produkten än för det icke miljövänliga syntetiskt framställda kvävegödslet. Ytterligare kan framtida bidrag eller subventioner från regering och myndighetshåll vara en

potentiell faktor som kan öka lönsamheten för produkten då system för kollagring (CCS) är väldigt "hett" i Sverige och Europa i dagsläget.

## 4.5 Intervju med Margareta Persson på Sjögränd plantskola, Bergvik Skog AB

Intervju med Margareta Persson på Sjögränd plantskola, Bergvik Skog AB utförd 02-05-2019 (validerat 02-05-2019). Intervjun var semistrukturerad med ett antal förberedda frågor och följdfrågorna under samtalet uppstod utefter respondentens svar.

Involveringen i Närskogs biokolsprojekt grundar sig i de fördelar vi ser med en implementering av biokolstillförsel i vårt torvhanteringssystem berättar Persson. Då handlar det om de jordförbättrande egenskaperna biokolet har och de hoppas det kan hjälpa till att minska kväveutlakningen och bidra till ökad tillväxt. Produkten i sig har även tillväxthöjande egenskaper och förhoppningen är då att kunna minska andelen syntetiskt kvävegödsel som används på plantskolan.

Att råvaran som används vid framställningen av biokol är restprodukter från massaindustrin ser Persson som något väldigt positivt. Hon förklarar att om man ser hela skogsbranschen som en kedja som börjar med plantor från plantskola och slutar i färdigt papper från massaindustri, så är faktum att biokolet kan framställas av restprodukter från det sista delen i kedjan något väldigt positivt. Att branschen alltså tar hand om och gör något konstruktivt med sina restprodukter. Ytterligare en positiv miljöaspekt är biokolets kolsänkeegenskap som kan hjälpa till att sänka eller neutralisera plantskolans koldioxidavtryck. Hon förklarar även att biokol kan föras ned i skogsmarken i samband med markberedningen för att få ut större mängder biokol i skogen än vad som är möjligt vid enbart plantskolan.

Angående den praktiska implementeringen av biokolstillförsel i deras nuvarande system berättar Persson att de inte ser några problem med en sådan implementering utan de räknar med att det kommer gå relativt enkelt och att det inte skulle krävas någon extra bemanning i produktionen. Hon berättar att när produkten är klar för användning så är kan de direkt börja testa biokolstillförseln för att sedan implementera det om det överensstämmer med deras förhoppningar. När Persson får frågan om hon vet om andra plantskolor utöver Sjögränd är intresserade av att använda sig av biokol svarar hon att hon haft kontakt med några andra plantskolor angående produkten då projektet och biokol är en ny företeelse i skogsbranschen. Hon fortsätter med att hon dock tror att andra plantskolor definitivt skulle vara väldigt intresserade av produkten utifrån samma anledningar som gjort att de valt att engagera sig i projektet.

På frågan vad företag kan få för fördelar genom att använda sig av biokol eller andra liknande "gröna" lösningar i sitt arbete, svarar Persson att hon tror att det stärker ett företags varumärke om kunderna associerar företaget med ett hållbart arbetssätt och miljömedvetenhet. Hon utvecklar att det är något som hela branschen kan dra nytta av genom att försöka jobba med klimatsmarta och hållbara lösningar och försöka dra nytta av ny innovation. Det är något som skogsbranschen rent generellt varit dålig på och att det är en bransch där förändring går långsamt. Men att produkter som biokol, där man tar vara på sina restprodukter och kan sänka sitt koldioxidavtryck, eller liknande smarta lösningar med goda miljöfördelar börjar användas är jätteviktigt för framtiden i branschen.



## 4.6 Kalkyl på biokolstillförsel på Sjögränd plantskola

En av intressenterna till biokolet som Närskog försöker ta fram är plantskolan Sjögränd som ägs av Bergvik Skog AB. Utifrån siffrorna på deras årliga produktion av plantor samt användning av syntetiskt gödsel kan en kalkyl sammanställas på den teoretiska besparingen en investering i biokol skulle medföra.

Antagandena som görs för kalkylen är att råvaran är gratis då det är restprodukter från Stora Enso som skulle användas vid tillförseln i Sjögränds plantskola, ytterligare antagande som görs är att Stora Enso AB även skulle stå för transporten av råvaran. Ingen utökad bemanning skulle heller krävas på plantskolan i startskedet av implementeringen av biokolstillförseln enligt representanter från Sjögränd. De säger dock att vid en extra inblandning av biokol i torven kan arbetsbördan öka och att kalkylen då får belastas med vissa arbetskostnader.

All data i kalkylen är tagen från Sjögränd plantskola, Bergvik Skog AB.

Årsproduktion av plantor	22 000 000
Årlig användning av gödsel	20 m <sup>3</sup>
Kostnad för gödsel	9 900 kr/m <sup>3</sup>
Investering för att implementera biokolstillförsel i befintligt torvhanteringsystem	170 000 kr
Minskning av syntetiskt gödsel tack vare biokolstillförsel	40%

Besparing:

$$9\,900 \times 20 \times 0,4 = 79\,200 \text{ kr}$$

Pay-back-kalkyl:

$$(170\,000) / (79\,200) = 2,15 \text{ år}$$

Investeringen av ett system av biokolstillförsel i torvhanteringen skulle ge plantskolan en teoretisk besparing på 79 200 kr. Det betyder att investeringen har betalat av sig efter drygt två år (2 år och 55 dagar).

För att överföra beräkningen från en enskild plantskola till ett nationellt plan krävs vissa antaganden. Första antagandet är att de andra plantskolorna i landet använder samma mängd gödsel per planta för samma kostnad vilket skulle ge en liknande besparing på 40 % med biokol. Ytterligare antas att råvaran för de andra plantskolorna skulle vara gratis då de har liknande uppgörelse med klienter eller moderbolag/koncerner.

Utifrån ovan nämnda antaganden kan följande kalkyl utföras vid en total årlig plantering på 350 – 400 miljoner plantor i Sverige:

$$(350\,000\,000 / 22\,000\,000) \times 9\,900 \times 20 \times 0,4 = 1\,260\,000 \text{ kr}$$

$$(400\,000\,000 / 22\,000\,000) \times 9\,900 \times 20 \times 0,4 = 1\,440\,000 \text{ kr}$$

En implementering av biokolstillförsel i torvhanteringssystemen i landets plantskolor skulle teoretiskt ge en årlig besparing på mellan 1 260 000 kr – 1 440 000 kr.

## 5 Diskussion

---

*Följande diskussionskapitel börjar med en analys av biokolets tillväxthöjande egenskaper som grundas på litteraturstudien av de tre vetenskapliga försöken samt intervjun med Maria Sandberg på Närskog. Därefter följer en diskussion om biokolets potentiella introduktion på marknaden utifrån marknadsföringsteorin, den ekonomiska kalkylen samt intervjun med Margareta Persson på Sjögränd plantskola.*

---

### 5.1 Biokol som tillväxthöjande preparat

I försöket i Wales hade de en hypotes att den största tillväxtökningen skulle ske hos majsplantorna då de trodde att näringsämnen i biokolet skulle vara mer tillgängligt första året. Resultatet påvisade istället att ökningen var tydligast det sista året för hundäxing där inget kvävegödsel hade tillförts till skillnad från första och andra året. Forskarna spekulerade i att det kunde bero på ett längre rotsystem hos majsplantorna som inte kunde ta tillvara på biokolet närmare ytan. De menar även på att biokolet har en större påverkan då jorden är mer näringsfattig än att tillföra biokol till näringsrik jordbruksjord. Kvävegödsel i kombination med biokol har däremot en större tillväxteffekt än vad de två preparaten har var för sig men ökning är försumbar i deras försök. En viktig slutsats som framgår av experimentet är dock att inga negativa effekter av biokolet kunde påvisas vare sig i jorden eller hos plantorna (Jones *et al.* 2012).

Studien i Canada fick ett resultat som påvisade ökad biomassa vid samtliga plantförsök med tillförsel av biokol. När det gällde sojabönans tillväxt handlade ökningen främst om en ökad täthet på fältet snarare än en ökad tillväxt för enskild planta. Ytterligare uppmättes en minskning av fosfor i marken som inte kunde förklaras. Marken där fältstudien genomfördes var mättad på fosfor vilket gjorde att minskningen inte medförde några negativa effekter. De menar dock att fenomenet bör studeras ytterligare (Husk & Major 2010).

I försöket med rädisor som tog plats i ett tempererat växthus i Australien blev huvudresultatet att biokolet själv inte ger någon signifikant effekt på tillväxt, men att en kombination av biokol och gödsel fick en förstärkt tillväxteffekt än vad enbart kvävegödsling gav (Chan *et al.* 2007).

Studierna har inget entydigt resultat, utan det verkar som att skillnaderna i resultaten kan bero på hur experimenten har varit uppbyggda och vilka faktorer som har skilt dem åt. De största skillnaderna mellan experimenten är vilken mängd biokol som använts, val av gröda i försöket, jordtyp och hur de har kombinerat biokol och kvävegödsel. Skillnaden i biokolsgivor är tydliga mellan försöken där studien i Kanada använde sig av givor som var närmare en tiondel av givorna i de andra försöken. Studien i Kanada visar dock på bäst tillväxthöjning (Husk & Major 2010) vilket vi hypotiserar kan bero på att de andra försöken använder för stora givor biokol som istället leder till en hämmande tillväxteffekt. Slutsatsen författarna drar i rapporten "Biochar mediated changes in soil quality in a three year field trial" är att tillväxtökningen inte blir lika märkbar i jordar med högt näringsinnehåll som kanske ytterligare kan styrka vår hypotes att för mycket näringsämnen i marken leder att de positiva tillväxtökningarna försvinner vid för hög applicering av kväve och biokol.

Det försöket som är utfört under mest kontrollerade former, är experimentet i växthuset. Det ger ett kontrollerat resultat där vi kan se biokolets resultat utan påverkan från yttre omständigheter (Chan *et al.* 2007). Resultatet blir tydligt men det kan också ifrågasättas om studien ger tillräckliga belegg för att svara på applicering av biokol ute i fält. Även den korta tidshorisonten gör det svårt att dra några slutsatser gentemot skogsbruket.

Svagheter i studiens uppbyggnad ser vi också försöket i Kanada som i jämförelse med de andra undersökningarna inte har använt sig av vare sig replikering eller en slumpmässig försöksuppbyggnad. Detta har lett till att de inte kan analysera proverna på ett statistiskt önskat sätt vilket de själva beskriver som en svaghet (Husk & Major 2010). Utan deras resultat grundade sig då på att jämföra olika medelvärden från grödor tagna från samma försök fast mellan olika tidpunkter. I de två andra försöken har studien utförts på ett mer vetenskapligt korrekt sätt, där de kan jämföra provtagningar från olika replikationer.

Det vi anser vara den största svagheten i det walesiska experimentet är att de inte återupprepar majssåddsförsöket utan tillsättning av kvävegödsel. De två följande åren gjordes försöken med hundäxing, först med och sedan utan tillförsel av kvävegödsel, vilket gav resultat där skillnad i tillväxt kunde analyseras mellan de olika försöksvarianterna (Jones *et al.* 2012). Den här analysen kunde de inte göra det första året för majsplantorna och författarna förklarar skillnaden mellan tillväxten grunda sig i det faktum att majs har djupare rötter och således inte kunde ta upp samma mängd näringsämnen. Vi hade dock hellre sett att de utfört samma variant av studien för de båda grödorna.

Under arbetets gång har vi försökt hitta information om hur biokol kan fungera inom skogsbruket. I och med att biokol redan finns som produkt inom jordbruket är det lättare att hitta trovärdig forskning på hur biokol gynnar tillväxten och förbättrar markförhållanden i jordbruksmiljö, vilket är något vi inte kunnat hitta inom skogsbruket. De största skillnaderna anser vi vara omloppstiden och näringsinnehållet i marken, men vi tror att även om resultaten från jordbruket inte är direkt applicerbara för skogsbruket kan de ändå tänkas ge en indikation för hur biokolet skulle påverka skogsbruk. Den tanken får vi stöd av från intervjun med Maria Sandberg från Närskog som just nu bedriver ett forskningsprojekt med biokol inom skogsbruket. Deras preliminära försök tyder på en positiv tillväxteffekt ute i fält med biokol då det tillsätts direkt i plantkrukan. Sandberg säger även att deras nästa mål är att försöka ladda biokolet med mer kväve då det är av de viktigaste näringsämnena för tillväxt. Hittills i projektet har de inte heller hittat några negativa effekter av biokolstillförsel, vilket stämmer överens med studierna som vi har analyserat. En av riskerna, som kan innebära en begränsning, förklarar hon är halten tungmetaller i biokolet som inte får överskrida den av Skogsstyrelsen bestämda halt i marken. Enligt henne blir dock tungmetallerna under pyrolysen bundna i biokolet och löper låg risk att lakas ut under naturliga förhållanden men ska Skogsstyrelsen restriktiva regler angående biokolsgivor ändras behövs mer forskning på området.

## 5.2 Biokolets marknadspotential

Kalkylen som utfördes i samarbete med Sjögränds plantskola visar på en teoretisk besparing på grund av minskat behov av kvävegödsel. Enbart denna besparing i kvävegödsel är en god anledning till investering i systemet, speciellt då investeringskostnaden är låg och tiden det tar att betala tillbaka investeringen är kort. En ytterligare skogsekonomisk aspekt på investeringen är att produkten även i teorin skulle ge en större tillväxt än vad enbart kvävegödslet ger, något som då skulle kunna resultera i kortare omloppstider och ökad ekonomisk avkastning.

För att en ny produkt ska kunna hantera en lansering på marknaden krävs det att den har tydliga konkurrensfördelar gentemot liknande existerande alternativ. Det handlar då till exempel om produktens kvalitet och design (Gezelius & Wildestam 2007). Vi anser här att de största fördelarna biokol har i relation till syntetiskt kvävegödsel är att det är framställt av restprodukter och kan agera som kolsänka medan syntetiskt kvävegödsel inte är framställt av hållbar råvara och inte ger några ytterligare positiva effekter.

Med dagens fokus på hållbarhet och klimat tror vi att skogsföretag kan dra nytta av implementeringen av biokol för att stärka sitt varumärke, då potentiella kunder kan associera företaget med miljömedvetenhet och hållbart nyttjande av resurser. Detta tror vi kan leda till en större investering i skogsbolag som jobbar på liknande sätt med hållbara lösningar och med en tydlig “grön” policy. Sedan handlar det om att kunderna ska vara villiga att betala ett högre pris för de icke monetära aspekterna av produkten men det är något vi tror är rimligt på dagens marknad då det indirekt stärker företagets varumärke (Investopedia 2018).

Enligt Kotler (Kotler 1999) behöver det finnas en marknadsmöjlighet, vilket innebär ett behov eller intresse från kunder som kan tillfredsställas med företagets produkt. Utifrån vår data tror vi att produkten skulle kunna generera ett intresse från svenska skogsföretag, antingen från plantskolor som kan tillföra biokolet i sina torvhanteringsystem eller från skogsbolag som bedriver skogsbruk där de till exempel kan blanda ned biokol i samband med markberedning.

## 6 Slutsatser

---

*Syftet med arbetet var att utvärdera biokols tillväxthöjande egenskaper och se hur det kan användas som gödselalternativ inom skogsbruket. Sedan skulle även biokolet som produkt undersökas ur ett företagsperspektiv, vad produkten teoretiskt skulle kunna generera för besparingar och dess potential som ny produkt på marknaden.*

---

Utifrån den litteraturstudie som utfördes på tre vetenskapliga försök kan slutsatsen dras att biokol ger en tillväxthöjande effekt. Storleken på den tillväxthöjande effekten varierar dock beroende på olika faktorer som till exempel den tidigare näringshalten i jorden. Försöken visade även på en jordförbättrande effekt. Men kanske det viktigaste de tre experimenten visade var att biokol inte gav någon negativ effekt i något försök vilket kan vara viktigt i samtal med myndigheter angående regler vid biokolsspridning, något som även Maria Sandberg underströk med Närskogs preliminära resultat. Ytterligare en slutsats som de tre försöken och Närskogs forskning visar är att kombinationen av biokol och kvävegödsel ger den bästa tillväxthöjande effekten.

Av kalkylen som gjordes i samarbete med Sjögränd plantskola kan slutsatsen dras att biokolet skulle enligt deras data generera en reell besparing. I kalkylen antogs dock att industri i samarbete med plantskolan skulle stå för råvara och transport. Lönsamheten beror då på vilka sorters avtal som industrin kan göra med plantskolorna och företagen som framställer biokolet.

Slutligen kan ett konkret intresse från marknaden konstateras då Sjögränd plantskola vill testa och därefter implementera en biokolstillförelsemetod så fort det blir aktuellt på marknaden.

### 6.1 Metodvalsreflektion

Arbetet är en kvalitativ undersökning, både när det gäller litteraturstudien och fallstudien. Det skulle dock ha varit intressant att istället försöka sig på en kvantitativ undersökning med betydligt fler fallstudier samt fler inblandade företag och på så vis kunna generalisera resultaten. Ytterligare hade Skogsstyrelsen kunnat kontaktats för att få in ett myndighetsperspektiv på biokol som produkt.

### 6.2 Fortsatta studier

Det som behövs är studier på biokolets påverkan inom skogsbruksmiljö. De aspekterna vi främst anser behöver studeras är de långsiktiga effekterna eftersom skogsbruket har längre omloppstider än jordbruket. Även hur biokol gjort av olika råvaror och olika pyrolysprocesser passar till olika sorters jordar och trädslag. Vidare kan det vara intressant att göra mer djupgående ekonomiska analyser på biokol som produkt när och om den kommer ut på skogsmarknaden.

## 7 Referenser

- Bengtsson, A. & Pahlberg, C. (2013). *Marknadsföring - så mycket mer än reklam*. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur AB.
- Bhattacharya, I., Yadav, J.S.S., More Song Yan, T.T., Tyagi, R.D., Surampalli, R.Y. & Zhang T.C. (2015). *Biochar*. American society of civil engineers (ASCE)
- Bruun, E.B., Ambus, P., Egsgaard, H. & Hauggaard-Nielsen, H. (2012). Effects of slow and fast pyrolysis biochar on soil C and N turnover dynamics. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 46, ss. 73-79. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.11.019>
- Chan, K.Y., van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A. & Joseph, S. (2007). Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Australian Journal of Soil Research*, vol. 45, ss. 629-634.
- Ekonomifakta (2018). Växthusgaser- utveckling per sektor  
Tillgänglig: <https://www.ekonomifakta.se/Fakta/Miljo/Utslapp-i-Sverige/Vaxthusgaser-utveckling/> [2019-03-15]
- European commission (e.å). Carbon Capture and Geological Storage Tillgänglig: [https://ec.europa.eu/clima/policies/innovation-fund/ccs\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/innovation-fund/ccs_en) [2019-03-12]
- Expowera (2019). Marknadsföring Tillgänglig: <https://www.expowera.se/marknadsforing/> [2019-04-28]
- Gezelius, C. & Widestam, P. (2007). *Marknadsföring - modeller och principer*. 1. uppl. Stockholm: Bonnier Utbildning.
- Global carbon atlas (2018). Fossils fuel emmissions Tillgänglig: <http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions> [2019-03-12]
- Husk, B. & Major, J. (2010). *Commercial scale agricultural biochar field trial in Québec, Canada over two years: effects of biochar on soil fertility, biology and crop productivity and quality*. Drummondville: BlueLeaf inc. Tillgänglig: ResearchGate. [2019-03-15]
- International biochar initiative (2018). Biochar Is a Valuable Soil Amendment Tillgänglig: <https://biochar-international.org/biochar/> [2019-03-12]
- Investopedia (2018). What is green marketing Tillgänglig: <https://www.investopedia.com/terms/g/green-marketing.asp> [2019-04-27]
- Jones, D.L., Rousk, J., Edwards-Jones, G., DeLuca, T.H. & Murphy, D.V (2012). Biochar-mediated changes in soil quality and plant growth in a three year field trial. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 45, ss. 113-124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.10.012>
- Kotler, P. (1999). *Kotlers marknadsföring*. 3. uppl. Lund: Liber AB.
- Lehmann, J. & Joseph, S. (2015). *Biochar for environmental management*. New York: Routledge. Tillgänglig: Google Books. [2019-03-10]
- Li, Y., Hu, S., Chen, J. *et al.* J Soils Sediments (2018) 18: 546. <https://doi.org/10.1007/s11368-017-1906-y>
- Matovic, D. (eds) (2011). *Biochar as a viable carbon sequestration option: Global and Canadian perspective. 5th Dubrovnik Conference on Sustainable Development of Energy, Water & Environment Systems*. SDEWES Centre 29 September - 3 Oktober, 2009, Croatia.
- Naturskyddsföreningen (2019). Skogen- mycket mer än ett virkesförråd  
Tillgänglig: <https://www.naturskyddsforeningen.se/skogen-mer-an-bara-virke/> [2019-03-16]
- Naturvårdsverket (2008). *Vad händer med klimatet*. [Broschyr]. Stockholm: Naturvårdsverket.  
Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-8368-7.pdf> [2019-03-12]
- Projektbeskrivning Närskog, Karlstads Universitet. Maria Sandberg (2019). Opublicerad pdf-rapport.
- Psykologiguiden (2019). Maslow, Abraham Tillgänglig: <https://www.psykologiguiden.se/psykologilexikon?Lookup=Abraham%20Maslow> [2019-04-28]
- Redaktionen. (2016). Framtidens material kommer från skogen. *NyTeknik*, 19 oktober
- Ronsse, F., van Hecke, S., Dickinson, D. & Prins, W. (2012). Production and characterization of slow pyrolysis biochar: influence of feedstock type and pyrolysis conditions. *GCB Bioenergy*, vol. 5, ss. 104-115. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12018>
- Skogsindustrierna (2019). *För tillväxt i världens bioekonomi*. Tillgänglig: <https://www.skogsindustrierna.se/skogsindustrin/forskning-och-innovation/skogsnaringens-forskningsagenda/> [2019-03-19]
- Skogskunskap (2018). Skogsgödsling Tillgänglig: <https://www.skogskunskap.se/planera-skogsbruk/vatten-och-mark/praktiska-rad-for-hansyn-till-vatten/skogsgodsling/> [2019-03-18]
- Skogsstyrelsen (2016). *Att Gödsla*. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/bruka-skog/godsling/att-godsla/> [2019-03-10]

- Sohi, S.P., Krull, E., Lopez-Capel, E. & Bol, R. (2010). A review of biochar and its use and function in soil. *Advances in agronomy*, vol. 105, ss. 47-82. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)05002-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)05002-9)
- Steiner, C., Bayode, A.O., T. & Ralebitso-Senior, K. (2016). Feedstock and production parameters: Effects on biochar properties and microbial communities. I: T. Komang Ralebitso-Senior, Caroline H. Orr. (red), *Biochar Application*. Middlesbrough: Elsevier, ss. 41-51.
- Westerlund, M. (1996). *Träkolsframställning i kolmila*. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. Tillgänglig: [https://pub.epsilon.slu.se/4277/1/Westerlund\\_M\\_1996.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/4277/1/Westerlund_M_1996.pdf) [2019-03-18].
- Woolf, D., Amonette, J., E., Street-Perrot, F.A., Lehmann, J. & Joseph, S. Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nat. Commun.* 1:56 doi: 10.1038/ncomms1053 (2010).
- Zhang, T.C., Surampalli, R.Y., Kao, C.M. & Huang, W.S. (2015). Carbon Capture and Storage: Major Issues, Challenges, and the Path Forward. I: Surampalli, R.Y. *et al.* (red), *Carbon Capture and Storage: Physical, Chemical, and Biological Methods*. Reston: American Society of Civil Engineers, ss. 499-518.
- Zhao, L., Cao, X., Ondrej, M. & Zimmerman, A. (2013). Heterogeneity of biochar properties as a function of feedstock sources and production temperatures. *Hazardous materials*, vol. 256-257, ss. 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.04.015>



# Bilagor

## Bilaga 1. Resultattabell från “Biochar-mediated changes in soil quality and plant growth in a three year field trial”

Table 2. Influence of biochar application rate on crop growth over a 3 year agronomic period (2009–2011). *Zea mays* was grown in year 1 and *Dactylis glomerata* in Years 2 and 3.

Biochar rate (t ha <sup>-1</sup> )	Crop height (cm)	Total dry biomass (t ha <sup>-1</sup> )	Foliar N (%)	Grain N (%)	Root biomass (t ha <sup>-1</sup> )
Year 1					
0	242 ± 2	26 ± 1	2.27 ± 0.06	1.54 ± 0.02	ND
25	241 ± 1	25 ± 1	2.42 ± 0.08	1.58 ± 0.03	ND
50	242 ± 2	26 ± 1	2.40 ± 0.04	1.55 ± 0.02	ND
	NS	NS	NS	NS	
Year 2					
0	52 ± 3	4.3 ± 0.5	2.25 ± 0.19 <sup>a</sup>	2.27 ± 0.12	ND
25	52 ± 1	4.5 ± 0.5	2.74 ± 0.14 <sup>ab</sup>	2.13 ± 0.06	ND
50	55 ± 2	5.8 ± 0.4	2.97 ± 0.18 <sup>b</sup>	2.12 ± 0.11	ND
	NS	NS	*	NS	
Year 3					
0	29 ± 1 <sup>a</sup>	3.8 ± 0.7 <sup>a</sup>	2.78 ± 0.20	2.47 ± 0.15	3.48 ± 0.22
25	35 ± 3 <sup>ab</sup>	6.5 ± 0.4 <sup>b</sup>	3.39 ± 0.12	2.44 ± 0.10	3.65 ± 0.42
50	37 ± 1 <sup>b</sup>	6.8 ± 0.7 <sup>b</sup>	3.14 ± 0.30	2.54 ± 0.20	3.42 ± 0.52
	*	*	NS	NS	NS

All values represent means ± SEM ( $n = 4$ ). NS and \* indicate ANOVA results of  $P > 0.05$  and  $P < 0.05$  respectively. Different superscript letters represent significant differences between treatments at the  $P < 0.05$  level. ND indicates not determined.

**Bilaga 2. Resultattabell från “Commercial scale agricultural biochar field trial in Québec, Canada over two years”**

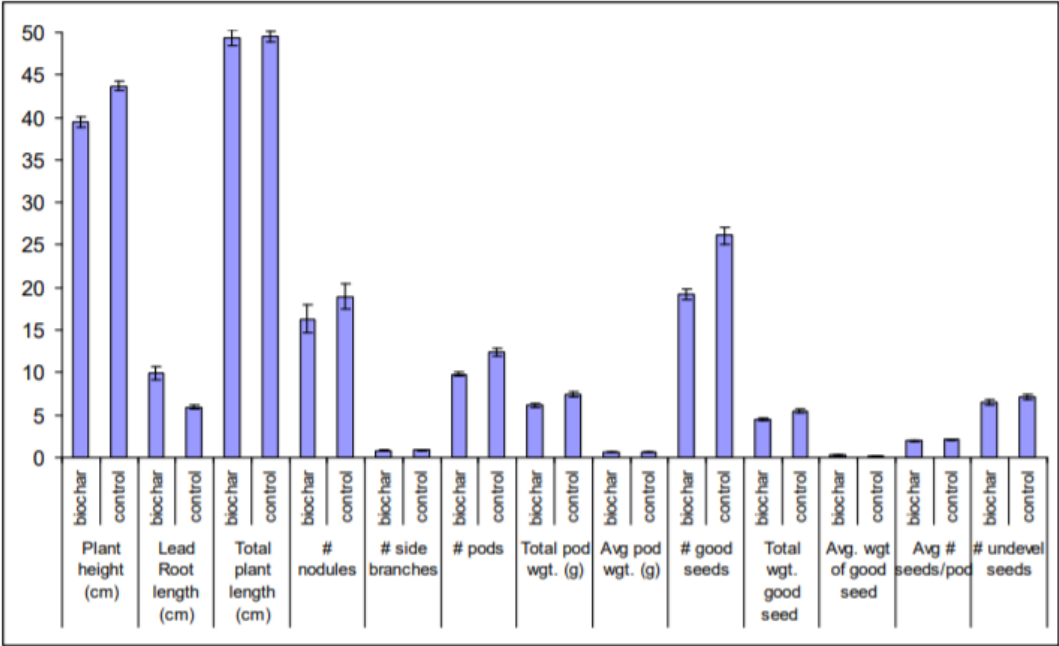


Figure 26. Soybean plant morphological parameters measured in 2008, at crop maturity. Error bars represent the standard error on means of data from 100 plants taken inside one plot of each treatment.

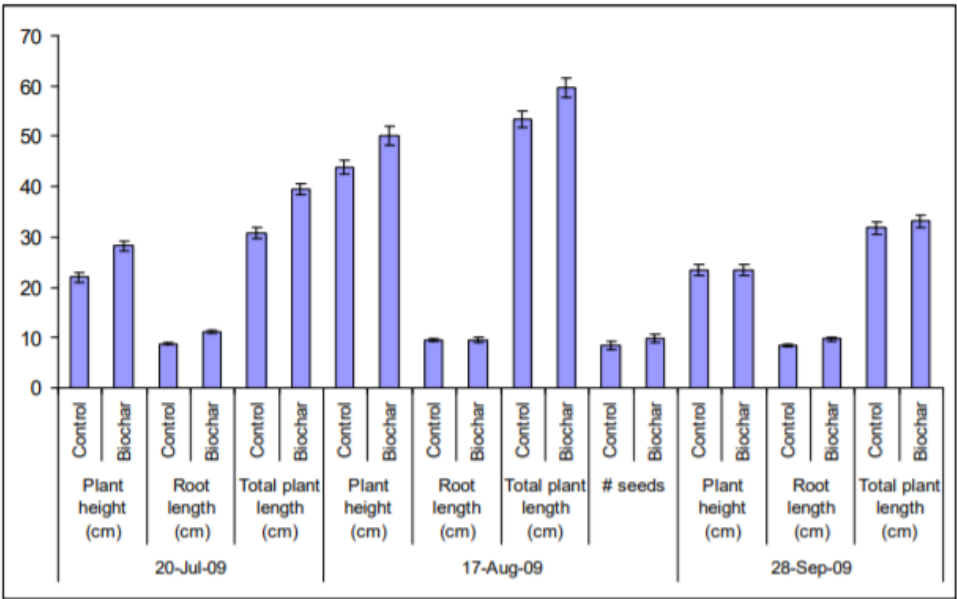


Figure 27. Oat plant morphological parameters measured in 2009. Plants were mechanically harvested on 20 August. Error bars represent the standard error on means of data from 32 plants taken inside one plot of each treatment.

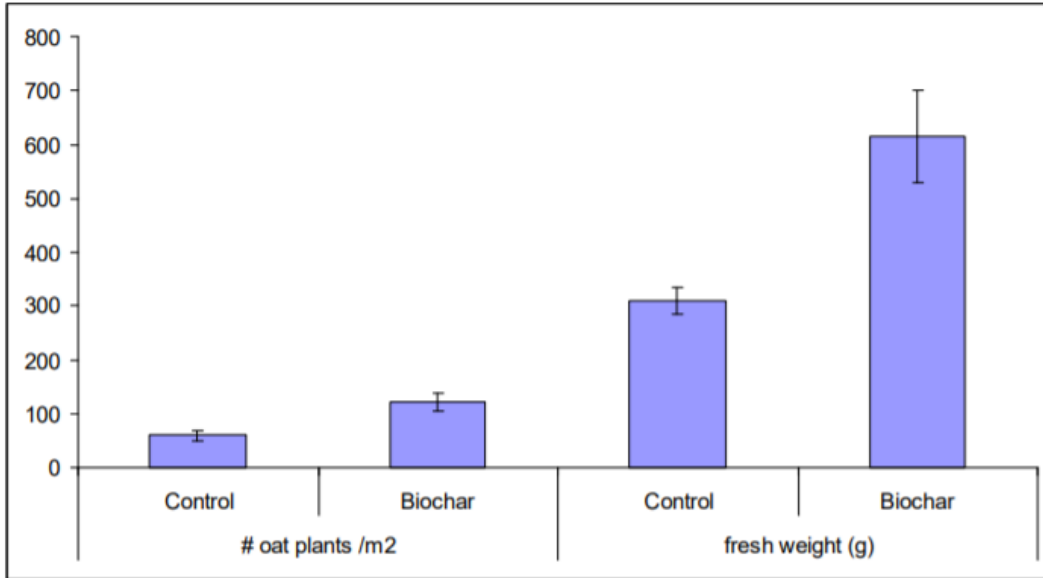
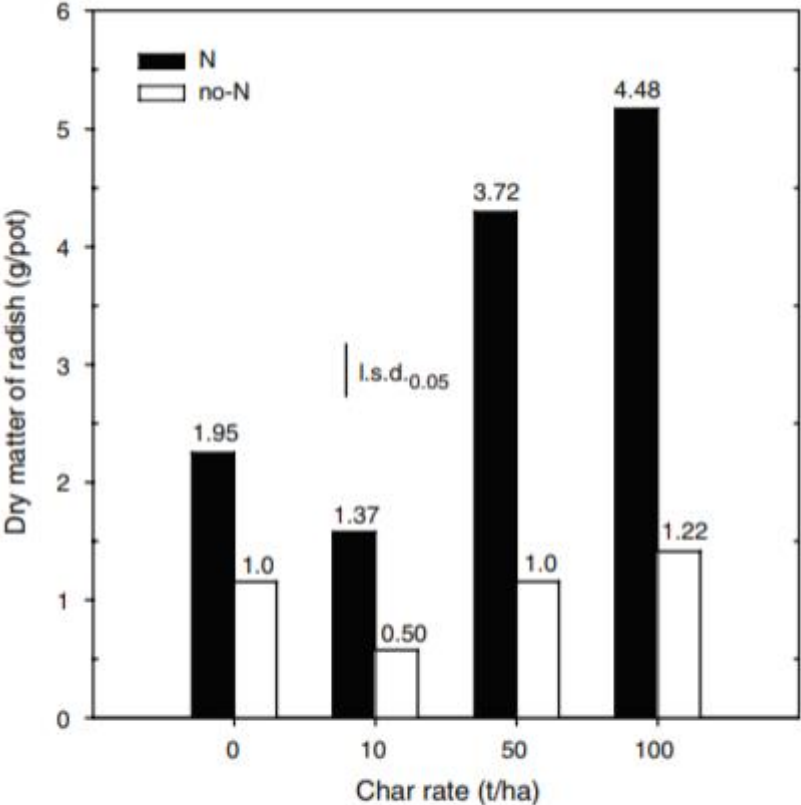


Figure 29. Number and fresh weight of oat plants in 1m<sup>2</sup> quadrats, counted on 1 August 2009. Error bars represent the standard error on means of data from 3 quadrats taken inside one plot of each treatment.

**Bilaga 3. Resultattabell från “Agronomical values of greenwaste biochar as a soil amendment”**



**Fig. 1.** Dry matter production of radish with and without nitrogen fertiliser as a function of rate of biochar. Numbers on top of bar refer to relative yield, i.e. DM of a treatment as a proportion of DM of the control (nil biochar and nil N).

Kandidatarbeten / Bachelor Thesis  
Inst. för skogsekonomi / Department of Forest Economics

1. Hallström, P. & Nylander, G. 2018. Ekonomisk analys av olika metoder att transportera flisad GROT från skogen till industrin via NLC Storuman. *An economic analysis of different methods of chipped logging residues transportation from the forest to the industry through NLC Storuman*
2. Boglind, G. & Gyllengahm, K. 2018. Lönsamhetsanalys av biomassa-fokuserad skötsel för contortatall – En ekonomisk analys av olika skötselstrategier. *Profitability analysis of biomass-focused management for lodgepole pine – An economic analysis of various silvicultural regimes*
3. Holfve, V. 2018. En analys av äganderätten och intrångsersättning. *An analysis of private ownership and compensation for intrusion*
4. Ekegren Hällgren, A. & Essebro, L. 2018. Lojalitet och engagemang för skogsägareföreningen i en ny tid – En fallstudie om medlemmar i Norra Skogsägarna. *Loyalty and engagement for forest association in a new time – A case study for members in Norra Skogsägarna*
5. Hermansson, E. & Strömwall Nyberg, T. 2019. Mot en ny framtid - en granskning av samarbeten och förbättringsmöjligheter mellan företag. *Towards a new future - a research of collaborations and improvements between companies*
6. Bertills, M. & Hilmersson, F. 2019. Gender equality in the forest sector will happen - but when? The understanding of competence and quota among board members in the forest sector - barriers or facilitators of an equal company board and organization. *Jämställdhet i skogssektorn kommer att hända - men när? Förståelsen av kompetens och kvotering bland styrelsemedlemmar i skogssektorn - barriärer eller hjälpmedel för en jämställd styrelse och organisation*
7. Billefält, B. & Olsson, M. 2019. Hållbarhet i arbetet - Fallstudie ur ett medarbetarperspektiv. *Corporate social responsibility at work - Case study from the employee perspective*
8. Söderlund, M. 2019. Hur kommuniceras klimatfördelarna med att bygga flerbostadshus i trä. *How is the climate benefits communicated by building multi-storage houses in wood*
9. Dahl, P. & Sparrevik, G. 2019. Skogslagstiftning för en ny tid - Avkastning för olika lagstiftningsscenarioer i Litauen. *Forest legislation for a new era -Rate of return for different legislation scenarios in Lithuania*
10. Johannesson, K & Näslund, R. 2019. Biokol som produkt inom skogsbruket - En hållbar produkt med många fördelar. *Biochar as a product in forestry - A sustainable product with many benefits*