



# Biokolets påverkan på dagvattenkvaliteten i regnbäddar

---

Maja Hammarstedt

Wilma Insulander

Självständigt arbete • 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Landskapsingenjörsprogrammet - Uppsala  
Uppsala 2023





# Biokolets påverkan på dagvattenkvaliteten i regnbäddar

*Biochar's impact on the stormwater quality in rain gardens*

Maja Hammarstedt, Wilma Insulander

**Handledare:** Bodil Dahlman, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för stad och land

**Examinator:** Petter Åkerblom, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för stad och land

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i landskapsarkitektur

**Kurskod:** EX1004

**Program/utbildning:** Landskapsingenjörsprogrammet - Uppsala

**Kursansvarig inst.:** Institutionen för stad och land

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2023

**Omslagsbild:** Maja Hammarstedt

**Upphovsrätt:** Alla figurer används med upphovspersonens tillstånd.  
Informanterna har givit medgivande till publicerade uppgifter.

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

**Nyckelord:** Biokol, dagvatten, regnbädd, vattenkvalitet, föroreningar, StormTac, dagvattenrening, näringsämnen, växtbädd, urban miljö.

## Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för stad och land

Avdelningen för landskapsarkitektur

## Sammanfattning

Klimatförändringar och en större andel hårdgjorda ytor i städerna bidrar till en ökning av dagvatten som måste ledas bort. För att förhindra överbelastade VA-ledningar behöver dagvattnet fördröjas inom avrinningsområdet. En stor del av dagvattnet innehåller föroreningar från bland annat vägar, parker och industriområden. För att minska föroreningsutsläpp till recipienter behöver dagvatten renas från tungmetaller och näringsämnen. Regnbäddar som innehåller biokol används i stor utsträckning till dagvattenrening, utan stöd i forskningen om biokol påverkar vattenkvaliteten.

Forskning visar att biokol har en hög närings- och vattenhållande förmåga vilket gynnar växternas etablering och tillväxt. En ökad tillväxt ger ett större rotsystem som i sin tur hjälper till att rena dagvatten från föroreningar.

Det finns många olika sorters biokol med olika egenskaper på marknaden, exempelvis laddad biokol, oladdad biokol och biokolmakadam. Biokol kan tillverkas i varierande fraktionsstorlekar, beroende på vilket material det är tillverkat av, exempelvis vedbaserat eller trädgårdsavfall. Biokol framställs genom syrefattig pyrolys där processen kan ha olika temperaturer. Beroende på vilken temperatur som används bestäms storleken på mikroporutrymmet, vilket är en av många viktiga egenskaper biokol besitter. De nämnda egenskaperna är viktiga att ha i åtanke vid användningen av biokol för dagvattenrening i regnbäddar.

Syftet har varit att hitta information om hur biokol påverkar dagvattenkvaliteten i regnbäddar. Utifrån intervjuer med experter inom området, tillsammans med vetenskapliga artiklar och rapporter, jämföra och sammanställa informationen samt diskutera kunskapsluckor för att se utveckling för framtida studier.

Arbetet har resulterat i en upptäckt av saknad forskning och att experter inom området inte är helt överens. Det finns kunskapsluckor mellan experterna som har olika synvinklar och inriktningar. Det resulterar ofta i två grupperingar, antingen att gynna växter, eller till fördel för reningseffekten av dagvatten, dock inte i kombination med varandra. Regnbäddar med biokol som är till för växternas fördel har visat god etablering men med ett näringsläckage, samtidigt som regnbäddar med biokol som är gjorda för dagvattenrening, har visat oförändrad tillväxt och dessutom ett visst näringsläckage.

*Nyckelord:* Biokol, dagvatten, regnbädd, vattenkvalitet, föroreningar, StormTac, dagvattenrening, näringsämnen, växtbädd, urban miljö.

## Abstract

Climate change, as well as an increased proportion of hard surfaces have resulted in an increased need of solutions to divert urban stormwater. One solution for this is to delay stormwater in a drainage basin to prevent that the water pipeline system gets overloaded. A large part of the stormwater contains pollution from, among other things, roads, parks and industrial areas. To reduce pollution emissions to recipients, stormwater needs to be purified of heavy metals and nutrients. Rain gardens that contain biochar are used to a large extent for stormwater treatment, despite the lack of support from research.

In fact, research shows that biochar has a high nutritional and water-holding capacity, which favors the establishment and growth of plants. Increased growth provides a larger root system and helps clean stormwater from pollutants.

There are many different types of biochar with different characteristics on the market, for example charged biochar, uncharged biochar and macadam with biochar. Biochar can be produced in different quantities, depending on the material it is made from, for example wood-based or garden waste. Biochar is produced through pyrolysis, decomposition brought about by variable high temperature under oxygen-poor conditions. Depending on the temperature, the size of the micropore space is determined, which is one of the many important properties biochar possesses. The mentioned characteristics are important to have in mind when using biochar for stormwater treatment in rain gardens.

The aim has been to find information on how biochar affects the quality of stormwater in rain gardens. This has been done through interviews with experts in the field together with scientific articles and reports. Further has the gathered material been compared, as well as analyzed to find potential knowledge gaps for future studies.

The study concluded that there is a need for further research within the area and that experts in the field do not fully agree. Additionally, it found that there are knowledge gaps among experts due to different viewpoints and orientations. Often resulting in two camps, either to benefit plants, or to the benefit of the purification of stormwater, however not in combination with each other. Finally, rain gardens with biochar which benefit plants, have shown good establishment but with a nutrient leakage, while rain gardens with biochar which are made for stormwater treatment have shown unchanged growth, as well as a certain nutrient leakage.

*Keywords:* Biochar stormwater, rain garden, water quality, pollution, StormTac, stormwater purification, nutrients, urban environment.

# Förord

På landskapsingenjörsprogrammet har biokol nämnts många gånger, både i kombination med dagvatten och med växter. Det här kandidatarbetet är en fördjupning inom dagvatten i urbana miljöer och lärdomarna har varit stora. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng.

Under arbetet har det framkommit att landskapsingenjörernas roll som brygga med kommunikation och kunskap mellan gröna frågor och dagvatten är mer behövlig nu än någonsin.

Arbetsprocessen har varit ett gott samarbete mellan två vänner, där både delaktighet och arbetsfördelning varit jämn. Intervjuerna har genomförts gemensamt med enskild transkribering. Arbetet med bakgrunden har delats upp något, men med nära stöd av den andra parten. Resultat och diskussion har skrivits gemensamt, både inledningsvis och efterföljande korrigeringar och strukturbearbetningar. Detta gör att vi båda är lika insatta i varje del och att vi tillsammans står bakom alla avsnitt i arbetet.

Vår största lärdom är att allt inte är svart på vitt, och att alla funktioner inom rening av dagvatten med regnbäddar och biokol inte går att applicera på varje situation. Det krävs att vi självständigt reflekterar över rening och framförallt fortsätter utvecklingen av forskning på regnbäddar och biokol i Sverige.

Arbetet skrevs med hjälp av Swecos avdelning VA & Vattenresurser i Uppsala, där deras roll var extra handledning och förmedling av kontakter. Ett stort tack till Sweco! Från SLU har vi haft hjälp av vår engagerade handledare Bodil Dahlman, tack! Vi vill också tacka samtliga informanter, Britt-Marie Alvem, Godecke Blecken, Thomas Larm, Fredrik Ohls, Anna Pettersson Skog och Agata Wehlin för att ni tog er tid att delta på digitala möten eller utförligt i skrift svarat på våra frågor med mycket god kunskap, egna erfarenheter och inspiration till nya källor inom vårt område. Vi hoppas att denna sammanställning/jämförelse mellan kunniga personer även kan ge er nya perspektiv.

/Maja Hammarstedt och Wilma Insulander, Uppsala, mars 2023

# Innehållsförteckning

<b>Tabellförteckning</b> .....	<b>9</b>
<b>Figurförteckning</b> .....	<b>10</b>
<b>Förkortningar</b> .....	<b>11</b>
<b>Teoretiska begrepp</b> .....	<b>12</b>
<b>1. Introduktion</b> .....	<b>13</b>
1.1 Syfte och frågeställning.....	14
1.2 Avgränsningar.....	14
<b>2. Metod och material</b> .....	<b>15</b>
<b>3. Bakgrund</b> .....	<b>17</b>
3.1 Regnbäddar .....	17
3.1.1 Erforderlig fördröjningsvolym .....	20
3.2 Biokol .....	21
3.2.1 Tillverkning av biokol genom pyrolys .....	21
3.2.2 Biokolets användningsområden.....	23
3.2.3 Biokolets reningseffekt och näringshållande förmåga .....	24
3.2.4 Certifiering av biokol .....	24
3.3 Miljö kvalitetsnormer .....	25
3.3.1 Lag om allmänna vattentjänster.....	26
3.3.2 Värdet av en god vattenkvalitet .....	26
3.3.3 Vanliga föroreningar i dagvatten.....	27
<b>4. Resultat</b> .....	<b>33</b>
4.1 Vegetation i regnbäddar med biokol .....	33
4.2 Hållbara, ekonomiska och samhällsetiska aspekter med biokol.....	34
4.3 Näringsläckage, vattenkvalitet och dagvattenrening i regnbäddar med hjälp av biokol.....	35
4.4 Att välja rätt biokol.....	37
<b>5. Diskussion och slutsats</b> .....	<b>40</b>
5.1 Resultatdiskussion .....	40
5.2 Biokolets framtid .....	42
5.3 Att välja rätt biokol.....	43

5.4	Diskussion om StormTac .....	45
5.5	Metoddiskussion .....	45
5.6	Vidare studier .....	46
5.7	Slutsats .....	47
	<b>Referenser .....</b>	<b>49</b>
	<b>Bilaga 1 .....</b>	<b>56</b>
	<b>Bilaga 2 .....</b>	<b>57</b>
	<b>Bilaga 3 .....</b>	<b>58</b>



# Tabellförteckning

Tabell 1. Svenskt Vatten (2019). P110 - Regnintensiteter för olika blockregnsvaraktigheter och återkomsttider enligt Dahlström (2010).....	20
Tabell 2. StormTac. (2023). Tabell bearbetad med information från StormTac. De vanligast förekommande föroreningarna i dagvatten enligt StormTac. [Internt material] .....	29
Tabell 3. Information som olika biokolstillverkare presenterar om sin biokol. Tomma celler betyder att det inte finns någon information.....	39

# Figurförteckning

- Figur 1. Stockholms stad (2017). *Dagvattenfördröjning - hårdgjord yta med kolmakadam, principsektion A-a*. [typritning].  
[https://leverantor.stockholm/globalassets/foretag-och-organisationer/leverantor-och-utforare/entreprenad-i-stockholms-stads-offentliga-rum/vaxtbaddshandboken/typritning\\_thvb022.pdf](https://leverantor.stockholm/globalassets/foretag-och-organisationer/leverantor-och-utforare/entreprenad-i-stockholms-stads-offentliga-rum/vaxtbaddshandboken/typritning_thvb022.pdf) [2023-03-07]..... 19
- Figur 2. Egelberg, P. & Wold, S. (u.å.). *Typsektion regnbädd Nacka kommun. [typritning]. Utvärdering av regnbäddar - testanläggningar Värmdövägen*. (Slutrapport NV-05802-20). Nacka: Nacka kommun.  
<https://www.naturvardsverket.se/globalassets/amnen/avlopp/resultat/rapport-regnbaddar.pdf> [2023-03-07] ..... 19
- Figur 3. Sylvia Kinberg (u.å.). Figur bearbetad. *Illustration för miljö kvalitetsnormer. Statusklassning, Åtgärdsbehov och Miljö kvalitetsnorm*. [digital bild].  
<https://www.vattenmyndigheterna.se/vattenforvaltning/miljokvalitetsnormer-for-vatten.html> (CC BY-SA 4.0) [2023-02-05] ..... 26
- Figur 4. StormTac Web (2023) *Reningsanläggning enligt StormTac-modell*. [modell].  
[2023-03-17] ..... 28

## Förkortningar

EBC	The European Biochar Certificate
IBI	International Biochar Initiative
MKN	Miljö kvalitetsnormer
PAH	Polycykliska aromatiska kolväten
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
VA	Vatten och avlopp

## Teoretiska begrepp

Recipient	Sjö, vattendrag eller hav dit dagvatten rinner
Grönkompost	Kompost gjord på trädgård- och parkrester exempelvis löv och trädrester
Kolkälla	Skapas mer koldioxid än vad som lagras i marken, vilket gör att koldioxidhalten ökar i atmosfären
Kolsänka	När kol lagras i markens förvar för att senare minska utsläpp av koldioxid i atmosfären och kan på så sätt hindra klimatförändringar
Diffundera	Exempelvis lösta föroreningar som sprids åt olika håll eller blandas i exempelvis vatten
Indata	Otolkade data som kommer in i ett system för att bearbetas
Partikulärt bundna	Exempelvis ämnen som binder sig till partiklar i marken

# 1. Introduktion

Med dagens klimatförändringar har dagvattenhantering blivit mer och mer aktuellt i städerna, skriver Naturvårdsverket (u.å. a). För att kunna hantera större volymer dagvatten behövs det enligt Naturvårdsverket (u.å. a) både planering och ombyggnationer av områden för att undvika översvämningar.

Från januari 2023 träder förändringar i vattentjänstlagen i kraft, vilket påverkar samtliga kommuner i Sverige (SFS 2006:412). Förändringarna innebär att varje kommun behöver ta fram en långsiktig vattentjänstplan där det tydligt ska framgå hur kommunen ska hantera dagvatten och hitta fler lösningar för att undvika överbelastning av VA-anläggningar (SFS 2006:412). Det vanligaste sättet att hantera dagvatten är genom transport i VA-ledningar, där vattnet leds antingen till närliggande recipient eller reningsverk (Klimatanpassning 2022). I takt med att städer blir mer och mer hårdgjorda skapas svårigheter för dagvatten att infiltrera ner i marken (Boverket 2019). Den minskade infiltrationen leder i sin tur till att dagvatten snabbt behöver ledas bort i ledningar, vilket kan resultera i en överbelastning i VA-ledningarna (Boverket 2019).

Biokol har under de senaste åren blivit ett eftertraktat substrat i växtbäddar och regnbäddar (Fridell & Jergmo 2015). Under utbildningen på landskapsingenjörsprogrammet har föreläsare presenterat biokolets positiva egenskaper såsom dess reningseffekter och vattenhållande förmåga. Vid studiebesök till bland annat Norra Djurgårdsstaden i Stockholm går det att se regnbäddar och växtbäddar innehållande biokol och hur frodiga perennerna och lignoserna i dessa är. I handboken om växtbäddar från Stockholms stad (2017) finns den så kallade Stockholmsmodellen, en växtbädd med skelettjord där jordsubstratet innehåller näringsberikad biokol och kompost för att gynna befintliga och nya växter i hårdgjorda miljöer. Blecken och Larm (2019:75) belyser i rapporten om dimensionering av anläggningar för rening, att ogödslat biokol kan leda till minskat näringsläckage med hjälp av biokolets förmåga att binda näringsämnen och därefter rena dagvatten.

Agata Wehlin<sup>1</sup>, dagvattenspecialist på Nacka kommun, säger att det är vanligt att använda Stockholms stads regnbäddar i andra kommuner utan att kontrollera syftet. Wehlin<sup>2</sup> fortsätter berätta att Stockholmsmodellens syfte är välmående träd

---

<sup>1</sup> Agata Wehlin, Nacka kommun, muntlig kommunikation 2023-02-03

<sup>2</sup> Agata Wehlin, Nacka kommun, muntlig kommunikation 2023-02-03

som växer fort, inte dagvattenrening, vilket kan bli problematiskt om andra kommuner använder modellen till dagvattenrening.

En intressant aspekt är huruvida biokol påverkar dagvattenkvaliteten, exempelvis föroreningshalt i regnbäddar. I branschen finns det olika sätt att betrakta biokol och dess eventuella påverkan i regnbäddar. Wehlin<sup>3</sup> berättar att de har valt att inte använda biokol i sina regnbäddar i Nacka kommun, samtidigt som Britt-Marie Alvem<sup>4</sup> som arbetar på Trafikkontoret i Stockholm, nämner att de idag använder biokol och har sett mycket goda resultat på växter, men ännu inte tagit prover på näringsläckage. Fortsättningsvis ställer Wehlin<sup>5</sup> en retorisk fråga om vad länsstyrelsen och miljötillsynen på kommuner skulle tycka om att först få en ökning i näringsläckage vid etablering av växter innan rotutveckling, för att potentiellt avstanna urlakning efter några år, fastän detaljplanerna uppger en minskad miljöbelastning.

## 1.1 Syfte och frågeställning

Syftet med arbetet är att sammanställa information angående hur biokol påverkar dagvattenkvaliteten i regnbäddar. Med hjälp av branschexperters erfarenhet, vetenskapliga artiklar och rapporter kring ämnet reflektera över kunskapsluckor och se möjlig utvecklingspotential av regnbäddar med biokol.

För att besvara syftet har tre frågeställningar formulerats:

- Hur gynnas vegetation av regnbäddar innehållande biokol?
- Hur ser experter på biokol gällande hållbarhet, ekonomi och samhällsetik?
- Hur påverkar tillsatsen av biokol kvaliteten på utgående dagvatten från regnbäddar?

## 1.2 Avgränsningar

Avgränsningen valdes för regnbäddar i Sverige, främst Stockholmsområdet eftersom det gjorts en del försök och tester där. Litteraturen är relaterad till biokol och dagvatten, en del avgränsning gällande tidsperiod har gjorts då nyare material har kommit längre i forskningen än äldre material.

---

3 Agata Wehlin, Nacka kommun, muntlig kommunikation 2023-02-03

4 Britt-Marie Alvem, Trafikkontoret Stockholm, muntlig kommunikation 2023-02-03

5 Agata Wehlin, Nacka kommun, muntlig kommunikation 2023-02-03

## 2. Metod och material

Arbetet utfördes genom semistrukturerade intervjuer och dokumentstudie. Semistrukturerad intervju utgår från ett specifikt ämne med ett centralt tema, där följdfrågorna är öppna (Dalen 2015:34). Intervjuformen tillåter att uppbyggnaden på intervjufrågorna kan variera, och följdfrågor kan ställas utifrån svar från informanterna (Bryman 2018:260). Eftersom det finns begränsad forskning inom området var det intressant att intervjua branschaktiva personer inom biokol och dagvatten för att kunna erhålla mer information. Semistrukturerade intervjuer genomfördes med anledning att få tillgå kunskap och information som är svår att hitta i databaser, men som däremot informanterna besitter. Semistrukturerade intervjuer valdes för att branschexperterna har olika bakgrund och kunskap inom ämnet, vilket öppnade för olika följdfrågor till de strukturerade frågorna.

Första steget var insamling av grundläggande data för att skriva en teoretisk bakgrund för att kunna formulera frågor till de informanter som författare och handledare på Sweco identifierat. Informanterna arbetar i Stockholm och Luleå, med olika kunskapsområden där en del har ett fokus på vegetation och andra på dagvatten, vilket var ett aktivt val för att få flera perspektiv. Informanterna som valdes var:

- Britt-Marie Alvem, trädexpert på trafikkontoret i Stockholms Stad, intervjun genomfördes 2023-02-03.
- Godecke Blecken, forskare inom urbant dagvatten på Luleå tekniska universitet, intervjun genomfördes 2023-02-15.
- Thomas Larm, dagvattenspecialist och grundare av StormTac, den skriftliga intervjun besvarades 2023-02-09.
- Fredrik Ohls, vattenexpert på Sweco i Stockholm, intervjun genomfördes 2023-02-08.
- Anna Pettersson Skog, projektledare inom hållbar dagvattenhantering på RISE, intervjun genomfördes 2023-02-13.
- Agata Wehlin, dagvattenspecialist på Nacka kommun, intervjun genomfördes 2023-02-03.

En intervjuguide med ett centralt tema skrevs enligt Dalen (2015:35–36) principer i åtanke. Dalens (2015:35) ”områdesprincip” innebär att börja med de lättaste frågorna, som i denna intervjuguide menas med yrke, studier och nuvarande roll, för att därefter ställa mer ingående frågor inom det centrala temat. Något anpassade följdfrågor efter personens bakgrund och kunskap skrevs. Samtliga personer kontaktades via mejl för att se om intresse för en intervju fanns.

I samband med att personerna tackade ja och tid för intervju bestämdes, skickades ett GDPR-formulär för samtycke och information innan intervju. Intervjuerna startade och en förfrågan om ljudinspelning fick göras. I slutet av intervjuerna ställdes frågan om informanterna ville vara anonyma, vilket ingen ville.

Transkribering från ljudfiler utfördes och information som besvarade frågeställningar sorterades ut och sammanfattades. Sammanfattningarna jämfördes sedan mot vetenskapligt granskade artiklar och rapporter som sedan diskuterades under avsnittet resultat. Under avsnitt 4, resultat, och 5, diskussion, refereras samtlig information från intervjuerna med efternamn, utan angivet årtal. Under övriga avsnitt refereras informanternas intervjusvar i fotnot. Specifika frågor som informanterna inte hade möjlighet att besvara under intervjuerna skickades ut via mejl, där informationen refereras till i fotnot.

Handledare på Sweco presenterade webbverktyget StormTac och dess funktioner för att få en förståelse för funktionen och dess komplexitet eftersom StormTac är ett ledande verktyg inom branschen.

För att få en inblick i vilken information om biokolets egenskaper som finns att tillgå för projektörer, entreprenörer och privatpersoner, gjordes sökningar efter svenska företag som säljer och tillverkar biokol. Produktblad letades upp och företagen kontaktades via mejl för kompletterande information. En tabell utformades och värden placerades in, som sedan diskuterades.



## 3. Bakgrund

I detta avsnitt beskrivs fakta angående regnbäddar och dess funktion, biokol och dess egenskaper, riktlinjer för miljö kvalitet, värdet av en god vattenkvalitet, en presentation om StormTac samt exempel på vanliga föroreningar i dagvatten, för att få en förståelse för resultat och diskussion.

### 3.1 Regnbäddar

Blågröna lösningar för dagvattenhantering blir allt vanligare när Sveriges städer blir tätare. När naturliga grönområden och parker försvinner för att ge plats till växande bostadsområden ökar risken för översvämningar, fulla VA-ledningar och varmare lokala klimat (Holmqvist & Mattsson 2022). Hårdgjorda ytor gör att vattnet inte kan infiltrera ner i marken, och måste då avledas från ytan (Boverket 2019). Holmqvist och Mattsson (2022) anser att det finns fördelar med att använda blågröna lösningar istället för VA-ledningar, som anläggs under mark. Holmqvist och Mattsson (2022) förklarar att de blågröna lösningarna lättare kan utvecklas och byggas om, i jämförelse med VA-ledningar under mark som både blir dyrare och mer avancerade att förändra. En lösning som författarna påstår ger stora effekter i urbana miljöer är regnbäddar. Holmqvist och Mattsson (2022) fortsätter att förklara hur de blågröna lösningarnas potential för expansion är stor men att kunskapen om hur effektiva de är, samt priser för både underhåll och andra regelbundna kostnader sätter stopp för en fortsatt utveckling.

I en regnbädd sker rening av dagvatten genom filtrering när vattnet passerar det valda substratet i regnbädden (VA-guiden u.å.). Regnbäddens filtermaterial har inverkan på reningsförmågan av vattnet och bör vara poröst för bästa resultat. Är materialet för kompakt minskar infiltrationskapaciteten och därmed också reningsförmågan (VA-guiden u.å.).

Utöver val av substrat spelar även växtval en stor roll i regnbäddar. Deletic et al. (2007) beskriver att alla växter inte är lika effektiva på att ta upp föroreningar. I de tester som utförts belyser de vikten att blanda arter i regnbäddar för att erhålla bästa resultat för vattenrening. Deletic et al. (2007) tillägger att en variation av arter gynnar den biologiska mångfalden, vilket dock är något som behöver ske med eftertänksamhet då arterna måste kunna interagera med varandra.

Växter hjälper till att minska erosion i regnbäddar då de binder samman jorden med sina rötter (Blecken 2016:51–52). Rötterna skapar även en kontaktpunkt mellan växter och substratet (Prendergast-Miller et al. 2014). Studier av Prendergast-Miller et al. (2014) visar att biokol påverkar rottillväxten och därmed även växtförmågan genom två principer, dels som en direkt näringskälla, dels med hjälp av inverkan på näringstillgången. Resultatet från denna studie visar att rötter dras till biokol, vilket ger en uppdelning mellan rotzon och övrig jord (Prendergast-Miller et al. 2014). För att växternas rötter ska kunna ta upp vatten måste det vara inom rotzonen och vattnet får heller inte vara för hårt bundet i marken. (Skogsencyklopedin 2000).

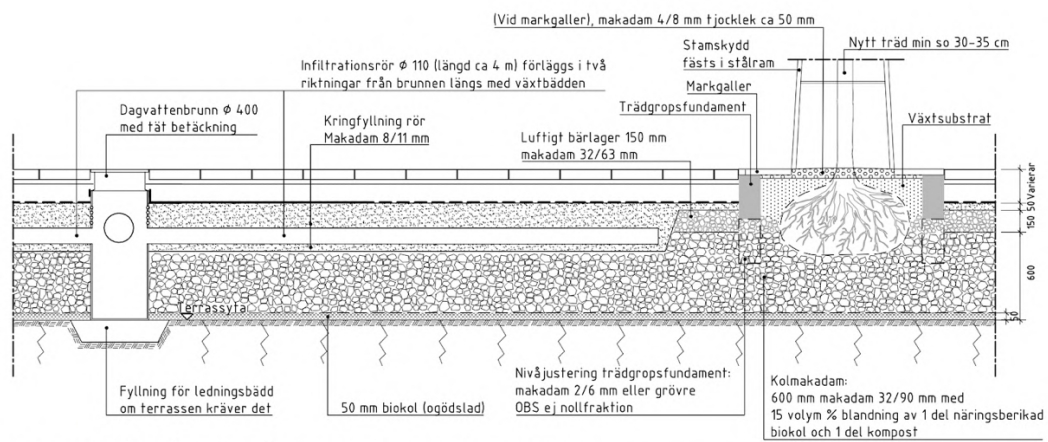
Blombäck et al. (2020) belyser att mikroorganismer bryter ner det organiska materialet i jorden, och att mycket av det omvandlas till koldioxid, näringssalter och vatten. De strukturer som är stabila omvandlas till humusämnen och bryts ned långsamt (Blombäck et al. 2020). Mikroorganismerna hjälper till att frigöra hårt bundna näringsämnen så växtrötterna kan ta upp dem (Payne et al. 2015:49; Odlå med naturen u.å.).

Blecken och Larm (2019:54) påpekar att utformningen av en regnbädd måste anpassas till platsens förutsättningar. Olika platser har olika förutsättningar där aspekter som jordmån, dagvattenledningarnas djup och position måste beaktas (Blecken & Larm 2019:54). I rapporten av Lundh (2019) förklaras också att tillrinningsområde, föroreningshalt och markanvändning måste tas hänsyn till. Tillrinningsområde är det område eller markyta där vatten uppsamlas (Nationalencyklopedin u.å. b) och markanvändning har betydelse för beräkningen av föroreningshalt (Lundh 2019:7, 22, 30). Även ståndorten har betydelse för utformning av en regnbädd, vilket innebär bland annat mängd soltimmar och hur blåsigt det är på platsen (Perenner.se 2021). Utifrån dessa ovan nämnda förutsättningar kan växter väljas platsanpassat (Blecken & Larm 2019:54).

Regnbäddar har olika sorters inlopp som leder in och reglerar både den volym och det flöde dagvatten som anläggningen ska ta emot, som sker via exempelvis ledning eller ränna (Blecken & Larm 2019:54–55). VA-guiden (u.å.) beskriver att regnbäddar vanligtvis är nedsänkta för att skapa ett ytmagasin som bidrar med extra fördröjningsvolym av vatten.

Stockholmsmodellen är en metod för skelettjord som skapats för att träd ska trivas i hårdgjorda miljöer eftersom den motverkar kompaktering med hjälp av makadam (Stockholms stad 2017). Modellen skapar utrymme och gasutbyte för trädens rötter vilket gynnar tillväxten. Figur 1 nedan visar en av stockholmsmodellens typritningar där även dagvattenfördröjning är inkluderat. I botten, ovanför den luckrade terrassen, placeras ett 50 millimeter tunt ogödslat biokolslager för eventuell rening av dagvatten (Stockholms stad 2017). Ovan biokolslagret placeras ett 600 millimeter tjockt lager innehållande makadam med fraktionen 32–90 millimeter och 15 volymprocent blandning av en del

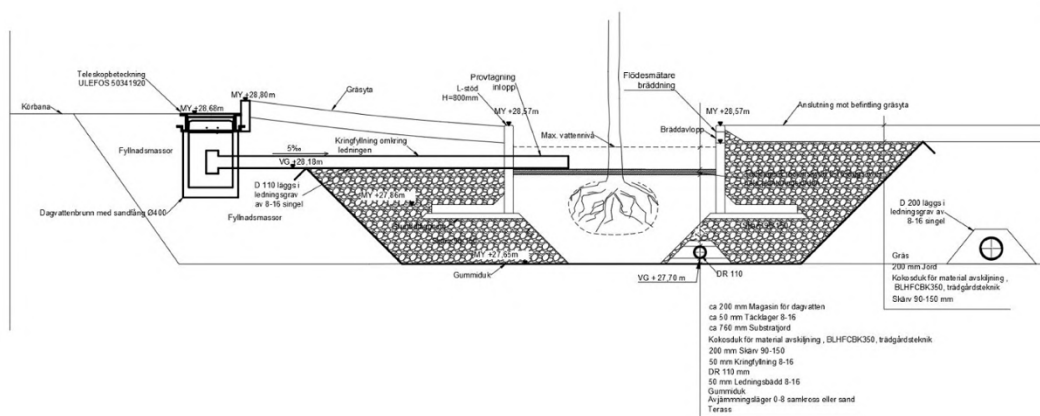
näringsberikad biokol och en del kompost för att gynna växterna (Stockholms stad 2017).



DAGVATTENFÖRDRÖJNING - HÅRDGJORD YTA MED KOLMAKADAM  
PRINCIPSEKTION A-a  
SKALA 1:20

Figur 1. Stockholms stads typritning, Stockholmsmodellen (Stockholms stad 2017). Figuren visar hur en regnbädd med en luckrad terrass kan utformas.

I en studie skriven av Egelberg och Wold (u.å.) för Nacka kommun, finns en utvärdering av regnbäddar och dess reningseffekt. I studien användes figur 2 vid anläggning av testbäddarna, både med ett biokolsbaserat substrat och ett pimpstensbaserat substrat, men med samma utformning. Regnbädden är skapad av Nacka kommun och är till för dagvattenfördröjning och dagvattenrening (Egelberg & Wold u.å.:6). I regnbädden med biokol placeras en gummiduk i botten som skapar en tät terrass, till skillnad från Stockholmsmodell i figur 1, som har en luckrad terrass. Substratet i regnbädden är makadam med 12,5% ogödsladbiokol och 12,5% hönsgödsel (Egelberg & Wold u.å.:13, 57).



Figur 2. Typsektion regnbädd Nacka kommun (Egelberg, P. & Wold, S. u.å.:9). Figuren visar hur en regnbädd med en tät terrass kan utformas.

### 3.1.1 Erforderlig fördröjningsvolym

Dimensionerna på regnbädden bestäms utifrån den dagvattenvolym som ska fördröjas på den specifika platsen den ska anpassas för. Genom en specifik regnintensitet bestäms den volym dagvatten, det dimensionerande flödet, som ska fördröjas i avrinningsområdet (Blecken 2016:12, 51). Avrinningsområde innebär ett område dit vatten rinner till samma recipient, både marken och recipienten är inkluderade i avrinningsområdet (Nationalencyklopedin u.å. a). Utifrån bland annat fördröjningsvolymen dimensioneras regnbädden (Blecken 2016:12).

Regnintensiteten, som visas i tabell 1, anges i liter per sekund och hektar, den baseras på blockregnsvaraktighet per minut och återkomsttid i enheten år. Olsson et al. (2017:15) förklarar att blockregn är regnets maximala volym eller medelintensitet för en viss tidsperiod. Tabellen med regnintensitet är baserad på en standardiserad analys som har genomförts av mätserier från regnmätare över en lång tidsperiod som sedan sammanställts i en tabell (Svenskt Vatten 2019:33).

Ett exempel på hur dagvattensystem dimensioneras kan hämtas från Norra Djurgårdsstaden. Alm et al. (2011) beskriver hur Norra Djurgårdsstaden dimensionerar anläggningar för att kunna hantera ett 10-årsregn. Genom att avläsa tabellen för återkomsttid 10 år, kan man beroende på en angiven varaktighet läsa av tabellen och få en given regnintensitet. Wehlin och Åkerman (2022:3) skriver att i Nacka kommun ska de första 10 millimetrarna dagvatten kunna omhändertas i lokala dagvattenanläggningar, exempelvis regnbäddar.

Fridell och Jergmo (2015) beskriver att ett bräddavlopp är av stor vikt för att säkerställa att överskottsvatten i regnbädden leds undan korrekt för att motverka översvämning. För att undvika att intensiva regn passerar hela regnbädden innan det leds bort, placeras bräddavloppet i anslutning till inloppet (Fridell & Jergmo 2015). Blecken och Larm (2019:57) förklarar att det renade vattnet från regnbädden antingen leds undan i ledningsnätet eller transporteras ner genom marken. En regnbädd kan ha en tätad terrass beroende på placeringen eftersom vissa platser inte tillåter utsläpp av dagvatten till grundvattnet (Blecken & Larm 2019:57). Enligt StormTac (2023) bör ogödslat biokol placeras i botten av regnbäddar då det kan binda näringsämnen och således minska läckage.

*Tabell 1. Regnintensiteter (l/s-ha) för olika blockregnsvaraktigheter (5 min-120 min) och återkomsttider (0,5 år till 100 år) enligt Dahlström (2010) (Svenskt Vatten 2019:66).*

Återkomsttid, år	Blockregnsvaraktighet, minuter									
	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
0,5	116,8	85,2	67,8	56,9	43,9	36,3	31,2	27,6	20,9	17,2
1	146,6	106,9	84,9	71,2	54,8	45,2	38,8	34,2	25,8	21,1
2	184,2	134,1	106,5	89,2	68,5	56,4	48,4	42,6	32,0	26,1
5	249,3	181,3	143,8	120,3	92,3	75,8	64,9	57,1	42,7	34,7
10	313,5	228,0	180,6	151,0	115,7	95,0	81,3	71,4	53,3	43,1
20	394,5	286,7	227,0	189,8	145,3	119,2	101,9	89,4	66,6	53,8
30	451,2	327,8	259,5	216,9	166,0	136,2	116,3	102,1	75,9	61,3
50	534,7	388,4	307,4	256,9	196,5	161,1	137,6	120,7	89,7	72,4
100	673,2	488,8	386,8	323,1	247,0	202,5	172,8	151,5	112,5	90,6

## 3.2 Biokol

Enligt Fransson et al. (2020:9) introducerades biokol i Sverige av Björn Embrén år 2009. Björn Embrén är trädspecialist och har tidigare arbetat på Trafikkontoret i Stockholms stad där han bland annat har utvecklat växtbäddskonstruktioner, den så kallade Stockholmsmodellen med biokol och makadam (Form Magazine 2017). För att göra biokol närproducerat och så miljövänligt som möjligt, har Stockholms stad en egen pyrolysanläggning där trädgårdsavfall från Stockholms befolkning används i tillverkningen av biokol till stadens växtbäddar (Fransson et al. 2020:9).

### 3.2.1 Tillverkning av biokol genom pyrolysis

Nohrstedt (2017) förklarar i NyTeknik hur tillverkning av biokol går till, genom så kallad pyrolysis. Pyrolysis är en framställning som utförs med hjälp av en värmeväxlare, en reaktor och en förbränningskammare. Vidare förklarar Nohrstedt (2017) att en behållare skapar flis i fina delar från exempelvis restprodukter från trädgårdsavfall, såsom grenar och kvistar. Fortsättningsvis används en reaktor, vars temperatur är ungefär 700°C, som transporterar in materialet med hjälp av en roterande skruv, vilken är anpassad för att justera hastigheten utefter temperaturen (Nohrstedt 2017). Från reaktorn bildas både färdigt biokol, som kyls ned med vatten, och pyrolysgas, vilken leds till en så kallad förbränningskammare som har en temperatur på cirka 1050°C. I förbränningskammaren bränns kolföreningar, samt sker en oxidering av vätgas, kolmonoxid och metangas (Nohrstedt 2017). Gasen som bildas återanvänds för att värma upp reaktorn och därmed också materialet som biokolet skapas av. Restvärmen används även för att värma upp i fjärrvärmenätet, till ungefär 70–95°C. Efter att gaserna använts för uppvärmning leds de ut genom en skorsten och koldioxid som produceras vid förbränning släpps ut (Nohrstedt 2017).

Blanco-Canqui (2019) skriver att när pyrolysis sker vid temperaturer på cirka 700°C ökar mikroporutrymmet i biokolet. Med ett ökat mikroporutrymme ökar också förmågan att absorbera näringsämnen och vatten. Om biokolet tillverkas vid lägre temperaturer än 700°C blir biokolet istället vattenavvisande (Blanco-Canqui

2019). Fransson et al. (2020:20) konstaterar att med hjälp av pyrolysens höga temperatur övergår en stor del av kadmiumföreningar, kvicksilver och en del zink och bly till gasform och dunstar på så sätt från biokolet, vilket motverkar att det förorenar marken. Fransson et al. (2020:20) lyfter fram att tester som utförts vid lägre temperaturer, 400–600°C, har givit sämre resultat på kadmiumhalten. Kadmiumhalten efter pyrolysis har ökat och blivit högre än halterna som var i ursprungsmaterialet. De ökade halterna beror på minskade syre-, kol- och vätehalter (Fransson et al. 2020:20). Vid högre temperaturer dödas bakterier, virus, kemikalier och läkemedel biokolet tidigare kan ha innehållit (Fransson et al. 2020:20). Kadmiumhaltens påverkan på bland annat växter går att läsa vidare om i avsnitt *Metaller* på sida 30.

Fransson et al. (2020:77) beskriver hur det i försök har visats att 97 procent av den fosfor som materialet innehöll innan processen bibehålls vid pyrolysis på 750°C. Vidare förklarar Fransson et al. (2020:13) hur variabler som pH och koncentration av näring avgör hur lättillgängligt detta blir för växterna. I andra försök har det visats att biokol kan innehålla en stor mängd kväve efter pyrolysis om grundmaterialet är park- och trädgårdsavfall. Immobilisering av kväve sker när biokol tillsätts i jorden och är därför vanligt att tillsätta kväve i biokolet (Fransson et al. 2020:13). Blombäck et al. (2020) förklarar att immobilisering är när näring i oorganisk form övergår till organiskt bunden form i biomassan hos mikroorganismer. Först när materialet bryts ned blir kväve växttillgänglig och därför bör kväve tillsättas som nitrat och ammonium (Blombäck et al. 2020). Även näring i flytande form är en vanlig tillsats i biokolet innan anläggning (Fransson et al. 2020:14).

Pyrolystemperaturen har även en påverkan på katjonbyteskapaciteten hos biokol. Om temperaturen är för hög kan biokol få en mindre andel negativt laddade grupper på sin yta, vilket resulterar i en minskad näringshållande förmåga (Fransson et al. 2020:13). Förmågan hos biokol att binda katjoner, det vill säga positivt laddade joner, kallas katjonbyteskapacitet och det är de negativa ytladdningarna som binder positiva joner (Blombäck et al. 2020). Den näringshållande förmågan stiger med tiden då biokol reagerar med syre och en större andel negativt laddade grupper skapas (Fransson et al. 2020:13).

Blombäck et al. (2020) belyser att förkolningen av organiskt material bidrar med en hög motståndskraft mot nedbrytning, men även med en hög motståndskraft sker det dock viss nedbrytning ändå. Fransson et al. (2020:14) beskriver nedbrytningen i tre olika steg: "1) nedbrytning av lösliga organiska föreningar, 2) nedbrytning av kolet som är exponerat på ytan och 3) nedbrytning av det inre stabila kolet" (Fransson et al. 2020:14).

### *PAH från pyrolys*

Vid biokoltillverkning genom pyrolys renas ett flertal potentiellt förorenade ämnen från biokolet, men polycykliska aromatiska kolväten (PAH) är inte ett av dem (Wang et al. 2017). Wang et al. (2017) lyfter fram att PAH:er är en typ av farliga organiska föreningar som kan skapas vid höga temperaturer och syrefattiga miljöer. Det kan därför vara svårt att undvika all form av PAH:er i biokol eftersom biokol går igenom pyrolys (Wang et al. 2017). PAH:er i pyrolyprocessen är något som har studerats sedan år 1950. Wang et al. (2017) förklarar vikten av en fortsatt forskning för ett längre tidsperspektiv innan biokol används i en ännu större utsträckning. Ett flertal tester av Wang et al. (2017) har utförts på olika material där halter av PAH:er varierat stort. Studien visar att pyrolys av gödsel, furuträ, majsstjälk och avfall från pappersbruk har PAH-halter mellan 0,07 och 3,27 milligram per kilo. En riktlinje för vad som anses vara en godkänd mängd PAH:er i biokol är 6–20 milligram per kilo (Wang et al. 2017).

Björn Embrén berättar i Vetenskapsradion Klotet (2015) att det är viktigt att ha kunskap om vilket material biokolet skapats av för att undvika PAH:er. Material som varit impregnerade, som exempelvis telefonstolpar, kan innehålla gifter som bör undvikas i naturen (Vetenskapsradion Klotet 2015). Fransson et al. (2019) påpekar att det krävs en uppehållstid på över 15 minuter i förbränningskammaren för att PAH:er möjligtvis ska avgå.

### **3.2.2 Biokolets användningsområden**

Fransson et al. (2020:14–16) förklarar när och var det är passande att använda biokol. Biokol ger störst effekt i sandjordar med lågt pH och hög porositet, då biokol bidrar med ökande vattenhållande förmåga och en kalkande effekt på grund av biokolets pH på 7–11. Ett annat sammanhang där biokol är passande är i gröna tak som kräver ett substrat som väger lite och samtidigt har en bra vatten- och näringshållande förmåga (Fransson et al. 2020:16). Biokol kan användas i skelettjordar, exempelvis Stockholmsmodellen, se figur 1, där blandas makadam tillsammans med jord, biokol och kompost. I skelettjordar är biokolets uppgift att öka den näringshållande förmågan under en längre tid i jämförelse med en jord där näring behöver tillsättas mer frekvent (Fransson et al. 2020:16).

Biokol kan också användas för att förbättra strukturer, exempelvis hos en lerjord som vanligen har en god vatten- och näringshållande förmåga, men lätt kan kompakteras vilket leder till en minskad infiltration (Fransson et al. 2020:16). För att öka infiltrationskapaciteten, aggregation och makroporererna i jorden, blandas biokolet med kompost eller stallgödsel, vilket gör att avrinningen från markytan minskar (Blanco-Canqui 2019).

Ett av de mest använda jordförbättrande materialen är torv förklarar Svensk Torv (2021). Biokol har liknande egenskaper som torv besitter, båda materialen har en god närings- och vattenhållande förmåga samtidigt som de kan användas som

strukturförbättring. Försök har gjorts för att undersöka om biokol kan ersätta torv i odlingsjordar då torv är en ändlig resurs som tar tusentals år att återskapas (Fransson et al. 2020:16, 60; Svensk Torv 2021). Fransson et al. (2020: 60–61) förklarar att testerna visade att biokol delvis skulle kunna ersätta en del av torven, men att det ska ske med en eftertänksamhet då testerna hade varierade resultat.

Fortsättningsvis skriver Fransson et al. (2020:16–17) om användningsområden där biokol inte är lika lämpligt. I organiska jordar kan resultatet bli en ökad nedbrytning och eventuell motverkan på kolsänkeeffekten, vilket följer av att biokol medför ökat pH och mikroliv. Stockholms stad (u.å.) beskriver att en kolsänka är när kol samlats i markens förvar för att minska utsläpp av koldioxid och på så sätt hindra klimatförändringar. Nedbrytningsprocessen av biokol kan ta från ett hundra- till tusental år, vilket ger en möjlighet till en långvarig kolsänka (Paulsson 2019). Enligt Sohi (2012) gör pyrolysen att biomassans kol inte bryts ned och därmed kan ge en minskad miljöpåverkan. Paulsson (2019) hävdar att 1 kilo biokol beräknas kunna binda 1,7–3,5 kilo koldioxid, samtidigt som Biokol (2023) anser att 1 kilo biokol binder 3,6 kilo koldioxid.

### 3.2.3 Biokolets reningseffekt och näringshållande förmåga

Porositeten hos biokol bidrar med en hög vatten- och näringshållande förmåga i en regnbädd (Blombäck et al. 2020). Biokol har negativa ytladdningar som binder tungmetaller, näringsämnen och PAH:er, vilket förbättrar kvaliteten på vattnet från regnbäddar innehållande biokol (Blombäck et al. 2020). PAH:er kommer inte bara från pyrolysisprocessen, som är förklarat under avsnitt *PAH från pyrolysis* på sida 23, utan även från slitage av bildäck samt från avgaser, och är därför förekommande i dagvatten i anslutning till bilvägar (LTU 2017). Fransson et al. (2020:13) berättar att joner som bundits till biokolet kan frigöras, vilket gör att växterna kan ta upp dessa näringshållande joner. Om växterna däremot inte binder den näring som frigjorts kan det resultera i näringsläckage. Med tiden ökar katjonbyteskapaciteten hos biokol, vilket leder till att biokolets förmåga att binda föroreningar ökar med tiden (Fransson et al. 2020:13).

### 3.2.4 Certifiering av biokol

En av de största svårigheterna med biokol idag är att certifieringen inte fungerar korrekt, det vill säga, den idag existerande certifieringen visar inte vad en viss produkt står för (Fransson et al. 2020:68). European Biochar Certificate (EBC) och EcoTopic AB har en checklista över krav som ska uppfyllas för att kunna få biokol EBC-certifierad (Gustafsson 2020). Kraven gäller biomassa, produktion, regelverk, provtagning och analys samt förpackningsinformation (Gustafsson 2020). Exempelvis förklarar Gustafsson (2020) att det finns krav på pyrolystemperatur mellan 350°C–1000°C, fukthalten i biokolet ska vara 30%, att föroreningshalten i



grundmaterialet inte får innehålla bland annat elektronikskrot, färg, lösningsämnen och plast, och att minst 70% av värmen som skapas vid pyrolys ska nyttjas.

European Biochar Certificate (u.å.) skriver om hur deras certifikat är skapat för att göra biokol säkrare och för att minimera hälsorisker och miljöfaror vid både produktion och under användning. Med hjälp av ett flertal riktlinjer inom juridik, ekonomi och praktisk genomförbarhet kommer EBC säkerställa en hållbar försäljning, produktion samt bearbetning av biokol. European Biochar Certificate (u.å.) berättar att deras certifikat är till för att gynna både konsument och producent. Certifikatet är dock inte ett krav och är fortfarande valfritt att använda i Europa, förutom i Schweiz (European Biochar Certificate u.å.).

Fransson et al. (2020:75) tillägger tre ytterligare former av certifiering, IBI, EU Ecolabel och KRAV. IBI används i Kanada och USA och är därmed inte relevant för detta arbete. EU Ecolabel är en miljömärkning som används över hela världen och är i Sverige administrerad av Svanen (Fransson et al. 2020:75). EU Ecolabel är Typ 1-märkning, det vill säga en märkning som är oberoende och baseras på hela produktens miljöpåverkan och har en strävan att alltid utvecklas till det bättre (Svanen u.å.). KRAV ställer krav på vilka ämnen som biokol får innehålla, dock är den vanligaste certifieringen för biokol som används i Sverige är EBC (Fransson et al. 2020:75).

### 3.3 Miljökvalitetsnormer

Svenskt vatten (2022) och Vattenmyndigheterna (u.å.) informerar kring innebörden av miljökvalitetsnormer (MKN) som handlar om vatten och hav. Bestämmelserna säger att det är förbjudet att försämra vattenkvaliteten för all typ av vatten, inkluderande vattendrag, kustvatten, grundvatten och sjöar då det ska ha en strävan mot en förbättrad kvalitet (Vattenmyndigheterna u.å.). Vatten ska uppnå en god kemisk status, både gällande yt- och grundvatten, samt en god ekologisk status. Fortsättningsvis går det att läsa på Vattenmyndigheterna (u.å.) att normerna är till för att skydda vattenkvaliteten i Sverige. Figur 3 nedan visar förenklat vilka steg som ska ingå för att nå målet och MKN. För att nå miljökvalitetsmålet kan följande frågor ställas, "Vilken status ska vattnet ha i framtiden? Och när ska målet vara uppnått?" (Vattenmyndigheterna u.å. under rubrik Miljökvalitetsnormer för vatten) och med hjälp av att jämföra med dagens status, ta fram information om vad som kan ändras för en förbättring på vattenkvaliteten. Genom att använda biokol i dagvattenlösningar skapas möjligheten att MKN kan uppnås (Uppsala kommun 2021).



Figur 3. Illustration för miljö kvalitetsnormer. Statusklassning, Åtgärdsbehov och Miljö kvalitetsnorm. Statusklassning av vattenförekomster i Sverige (Sylvia Kinberg) (CC BY-SA 4.0)

### 3.3.1 Lag om allmänna vattentjänster

För att skydda människors hälsa och miljö finns lagen om allmänna vattentjänster. Lagen (SFS 2006:412) inkluderar vattenförsörjningen och avlopp. Lagen säkerställer att avlopp och försörjning av vatten organiseras i en helhet. Det som är relevant för detta arbete är förändringar i 6 §, vattentjänstplan, som trädde i kraft den första januari 2023. Lagförändringen innebär att varje kommun ska ha en aktuell vattentjänstplan som innehåller den långsiktiga planeringen av allmänna vattentjänster och hur dessa ska tillgodoseas (SFS 2006:412).

Kommunerna behöver ha en plan för att VA-anläggningar ska kunna hantera den ökade belastningen som skyfall medför (SFS 2006:412). För att undvika överbelastning av VA-ledningarna kan exempelvis regnbäddar anläggas (Holmqvist & Mattsson 2022).

### 3.3.2 Värdet av en god vattenkvalitet

SGU (u.å. b) förklarar vikten av en god vattenkvalitet då vatten är det viktigaste livsmedlet och vår viktigaste naturtillgång. Vatten är en cirkulär resurs då det vatten som avdunstar återkommer som nederbörd som i sin tur kan bli grundvatten (Sveriges miljömål 2022). SGU (u.å. c) förklarar hur klimatförändringarna kommer påverka grundvattnet negativt. Med temperaturökningarna förändras både nederbörds- och avdunstningsmönstret vilket påverkar det hydrologiska kretsloppet. Högre nederbördsfrekvens kan medföra översvämningar som höjer vattennivåerna vilket i sin tur kan påverka grundvattnet negativt eftersom föroreningarna i dagvattnet kan nå grundvattnet (SGU u.å. c). SGU (u.å. a) beskriver att högre grundvatten leder till att föroreningar transporteras med vattnets flöden i takt med att både partikelbundna och lösta föroreningar diffunderar i marken. Föroreningar hamnar i grundvatten och kan även, ofta via dagvattenledningar, hamna i ytvatten för att slutligen landa i hav och sjöar (SGU u.å. a). Efter utförda kontroller av fisk och andra djur som äter fisk, hittades höga halter av först kvicksilver och därefter polyklorerade bifenyler (Rena sediment

u.å.). Upptäckten resulterade i att föroreningar i sediment uppmärksammades och mer noggranna kontroller utfördes på varifrån läckaget kom. Föroreningarna förflyttas i näringskedjor och påverkar därmed allt från vattenlevande djur och organismer till djur och människor på land (Rena sediment u.å.).

### 3.3.3 Vanliga föroreningar i dagvatten

Vanliga orsaker till föroreningar i dagvatten är från trafikerade vägar, industriområden, material från byggen, parker och trädgårdar (Yapoga et al. 2013; Liu et al. 2015:5; LTU 2017).

LTU (2017) skriver att från trafikerade vägar är några av de vanliga källorna till föroreningar avgaser, direkt från motorer och bromsar, däck och vägsaltning. Vanliga föroreningar som släpps ut via avgaser är PAH:er, bensen, alkylfenoler och kalium. LTU (2017) fortsätter berätta att från motorer är de vanliga föroreningarna krom, nickel och koppar. Vanliga föroreningar från bromsar är koppar, antimon, zink, bly och kadmium. Vanliga föroreningar från bildäck är zink, bly, krom, koppar, PAH:er, alkylfenoler, partiklar och ftalater. Vid vägsaltning är det framförallt natriumklorid som förorenar dagvatten (LTU 2017).

Från industriområden och byggnadsmaterial är de vanliga föroreningarna zink, nickel, aluminium, krom, koppar, bly, PAH:er, nonylfenol, per- och polyfluorerade alkylsubstanser, kalium och partiklar från tegel och cement. I vilken grad föroreningarna förekommer beror på typ av industri och omfattning (LTU 2017).

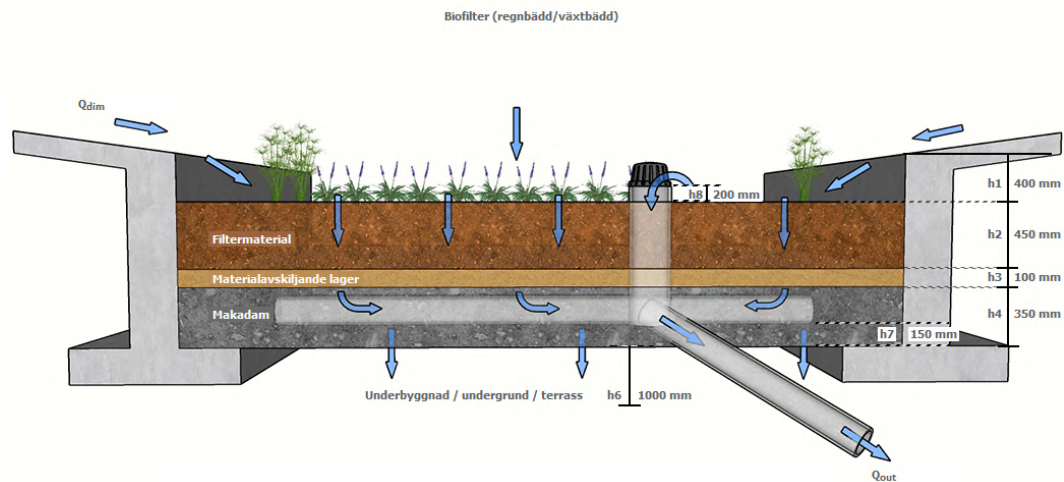
Från parker och trädgårdar är det vanligt att växtrester förorenar med näringsämnen kväve och fosfor (LTU 2017).

#### *Föroreningar i StormTac*

StormTac är ett webbverktyg som används för utformning och uträkning av föroreningar i dagvatten och påföljder på recipienten. Verktöget ger också förslag på utformning av dagvattenanläggningar, exempelvis regnbäddar, och används av såväl bygg- och konsultföretag som universitet och kommuner (StormTac 2023). Figur 4 visar ett exempel på hur en regnbädd kan utformas i StormTac Web. I detta exempel är varken inflödet,  $Q_{dim}$ , eller utflödet,  $Q_{out}$ , specificerat vilket gör denna modell mer generell. Utformningen av modeller varierar utifrån platsernas egenskaper.

Verktöget innehåller beräkningsmetoder för exempelvis flöde, kemisk påverkan på recipient och föroreningstransport för att underlätta skapande av dagvattenanläggningar (StormTac 2023). Modellen är anpassad till indata som ofta finns tillgänglig i exploateringsprojekt, allt mellan dimensionering och planering. För att använda verktöget i dagvattenutredningar behöver StormTac Web följande indata: markanvändning, avrinningsområde och den årliga nederbörden i millimeter per år (StormTac 2023). Vid beräkning av acceptabel belastning på recipienten samt dess behov av rening, behövs också recipientens volym och area. För att få ett mer

korrekt resultat kan lokala mätningar utföras på bland annat nederbörd och föroreningar för sedan att läggas in i modellen (StormTac 2023).



Figur 4. Reningsanläggning enligt StormTac-modell (StormTac Web 2023). Blå pilar visar vattenflödets riktning.

Grundaren av StormTac, Thomas Larm<sup>6</sup> informerar att beräkning av positiv eller negativ årlig reningseffekt av näringsämnen kan göras med StormTac Web. Ekvationer som StormTac tagit fram är baserade på olika uppgifter såsom inloppshalt, anläggningsarea och minsta utloppshalt. Enligt Larm<sup>7</sup> finns idag dock relativt stora ovissheter kring formlerna, men det kommer troligen minska i samband med mer information och ändrade empiriska funktioner.

Larm<sup>8</sup> berättar om ett sätt att få mer korrekta beräkningar i StormTac, genom att beräkna reningseffekten för in- och utloppshalten eller mängden. Annars baseras beräkningar på tabeller med statistiska värden på reningseffekt utan hänsyn till bland annat storleken på anläggning, eventuell gödning och andra orsaker som kan påverka reningseffekten. Beräkning av reningseffekt baserat på statistiska värden ger inte en platsanpassad formel och därmed inte lika säkert berättar Larm<sup>9</sup>.

I StormTac Web är vissa ämnen förvalda som standard, se tabell 2 nedan. Anledningen till att dessa ämnen är utvalda är på grund av att det finns mycket underlagsdata som är viktig för dagvattenutredningar men även att det finns riktvärden för dem i recipienten och som därmed kan skapa reningskrav för i Vattendirektivet<sup>10</sup>. I StormTac Web bedöms mer än 70 aspekter för vattenkvalitet inkluderande tungmetaller, näringsämnen, suspenderad substans och organiska föreningar, vilka inkluderas vid beräkningar av föroreningar och utformningar (StormTac 2023). För typiska halter finns data på över 100 olika typer av

6 Thomas Larm, StormTac, skriftlig kommunikation 2023-02-09

7 Thomas Larm, StormTac, skriftlig kommunikation 2023-02-09

8 Thomas Larm, StormTac, skriftlig kommunikation 2023-02-09

9 Thomas Larm, StormTac, skriftlig kommunikation 2023-02-09

10 Anna, StormTac support, mejl, 2023-02-01

markanvändning såsom villaområde, vägar (med möjlighet att välja trafikintensitet), flerfamiljshusområde, industriområde, park och andra typer av urbana miljöer. Standardkoncentrationens säkerhet anges med ett mått: hög, medel eller låg (StormTac 2023). Enligt Allard et al. (2018:21) är säkerheten för näringsämnen och metaller högre än säkerheten för organiska föroreningar. Detta eftersom det finns fler referensvärden för metaller och näringsämnen än för organiska föroreningar. Allard et al. (2018:21) tillägger att olika typer av markanvändningar gör att detta varierar.

Tabell 2. De vanligast förekommande föroreningarna i dagvatten enligt StormTac (StormTac 2023). Tabellen visar ämne och dess beteckning samt typ av förorening.

Notation	Ämne	Typ
4-NP	4-nonylfenol	Organisk förening
4-tret-OP	4-tert-oktylfenol	Organisk förening
Alachl	Alaklor	Herbucid
ANT	Antracen	Org. förorening (PAH16)
As	Arsenik	Metalloid
Atraz	Atrazin	Herbucid
BaP	Benso(a)pyren	Org. förorening (PAH16)
Benz	Bensen	Olja
Cd	Kadmium	Metall
Chlorf	Klorfenvinfos	Insekticid
Cr	Krom	Metall
Cu	Koppar	Metall
DEHP	Di(2-etylhexyl)ftalat	Ftalat, mjukningsmedel
DichE	1,2Dikloroetan	Klorerat kolväte
Diur	Diuron	Herbucid
Endosu	Endosulfan	Insekticid
FLUO	Fluoranten	Org. förorening (PAH16)
HCB	Hexaklorbensen	Fungicid
HCH	Hexaklorcyklohexan*2	Halogen, bekämpningsmedel
Isopro	Isoproturon	Herbucid
MCPA	4-klor-2- metylfenoxylättiksyra	Herbucid
NAP	Naftalen	Org. förorening (PAH16)
Ni	Nickel	Metall
P	Fosfor	Näringsämne
Pb	Bly	Metall
PCP	Pentaklorfenol	Insekticid
PYR	Pyren	Org. förorening (PAH16)
Simaz	Simazin	Herbucid
TBT	Tributyltenn	Biocid
Trichl	Triklormetan	Kylmedel
Trifl	Trifluralin	Herbucid
Zn	Zink	Metall

Allard et al. (2018:20–22) belyser att typiska halter av metaller i StormTac-databasen varierar. Det har gjorts nya mätningar där en tydlig skillnad upptäcktes mellan medianvärdet och det nya värdet. Allard et al. (2018:22) förklarar att skillnaden kan bero på platsen provtagningen skett då typiska halten kan vara

baserad på större vattendrag samtidigt som provtagningen skett på mindre vattendrag. Små vattendrag kan innehålla en högre halt metaller då det vanligtvis kan vara mer humus, organiskt material, i vattendraget samt att de har ett lägre pH (Allard et al. 2018:21–22). Björkvald et al. (2009:3) förklarar att sjöar som har lågt pH och hög humushalt oftast har högre grundhalter av metaller.

### *Vägsalt*

Billberger (2018) skriver i Trafikverkets rapport om vägsalt, att salt som används till halkbekämpning av vägar främst består av natriumklorid (minst 97%). Fortsättningsvis står det i rapporten, skriven av LTU (2017), att på kommunala vägar i Sverige saltas det mellan 50 000–70 000 ton vägsalt per år. Natriumklorid är ett vattenlösligt ämne som lätt transporteras långa avstånd. På grund av att natriumklorid är vattenlösligt, går det inte att bryta ned (LTU 2017). Trots att vägsalt kan leda till syrebrist i sjöar, frätning på fordon och spridning till grund- och ytvatten, påstås saltning ändå vara det bästa halkbekämpningsmedlet (Billberger 2018; LTU 2017).

### *Näringsämnen*

Enligt LTU (2017) är gödselämnen, gårdsavfall, industrier och även trafik vanliga källor till att näringsämnen förorenar dagvattnet. Det är framför allt kväve och fosfor som är de vanliga ämnena. När näringsämnena når recipienten kan det leda till exempelvis algblomning som försämrar ekosystemen i recipienten (LTU 2017). När kväve och fosfor lakas ur bidrar det till en övergödning, även kallat eutrofiering, i vattendragen. Eutrofieringen bidrar till en ökning av växtplankton och alger, som i sin tur gör att vattnet blir grumligt (Havs och Vattenmyndigheten 2019; LTU 2017). När vattnet blir grumligt kan det leda till att exempelvis rovfiskar, som är beroende av sin syn för jakt, inte kan lokalisera sitt byte. Det kan även leda till att vattnet blir syrefattigt och bottenlevande djur dör (Klimatanpassning 2019; Havs och Vattenmyndigheten 2019). Övergödning kan också bidra till algblomning som uppkommer när det blir en kraftig tillväxt på cyanobakterier. Cyanobakterier gynnas av syrefattiga vattenmiljöer eftersom fosfat frigörs från sediment som i sin tur transporteras till vattenytan (Klimatanpassning 2019).

### *Metaller*

I rapporten skriven av Allard et al. (2018:22) beskrivs hur en stor del av de partikulärt bundna metallerna är naturligt existerande i omgivningen. Yapoga et al. (2013) skriver att tungmetaller ett stort miljöproblem skapat av människan. Exempelvis kan tungmetaller nå vattendrag i både löst form och i partikelbunden form (Yapoga et al. 2013).

Kadmium kommer till grundvattnet från berggrunden, och kan vara skadligt för växter då metallen bromsar tillväxten och påverkar växters förmåga att bilda klorofyll (Allard et al. 2018:27; Bian et al. 2018). En del växter hjälper dock till att rena vattnet från kadmium med hjälp av sina rötter (Bian et al. 2018). Djur och andra organismer skadas av kadmium genom att reproduktionsförmågan försämras. Kadmium förekommer vanligtvis löst i jonform i dagvatten och är vanligt i avloppsvatten (Allard et al. 2018:28). Röttslam som gödselmedel bidrar till högre kadmiumhalter i jorden. När jorden har lågt pH lakar kadmium lättare ur vilket kan bidra till föroreningar i närliggande vattendrag (Allard et al. 2018:27–28).

I regnbäddar anslutande till trafikerade vägar är det vanligt att zink förekommer i dagvattnet då det som tidigare nämnt uppstår från bilars däck och bromsar (Allard et al. 2018:34–35; LTU 2017). Likt kadmium lakas zink enklare ur jorden vid lågt pH och kan skada vattenlevande organismer (Naturvårdsverket u.å. b).

Nickel i en för hög dos kan enligt Ahmad och Ashraf (2011:127) påverka växternas rötter och dess fotosyntes. Rötterna kan få en nedsatt förmåga att ta upp näringsämnen vilket leder till en lägre tillväxt. Nickel lakas även det ur lättare vid ett lågt pH (Ahmad & Ashraf 2011:129).

Bly skadar det mikrobiella livet och har en negativ påverkan på utvecklingen hos växter (Fatemi et al. 2021). När bly samlas i vattendrag kan det ha en skadande effekt på växtplankton och andra vattenorganismer. Även mycket små koncentrationer har en påverkan på vattenlivet på grund av den höga toxiciteten (Kayhanian 2011).

Krom och koppar är giftigt för vattenlevande organismer (Allard et al. 2018:33–34). Krom skadar den reproduktiva förmågan (Allard et al. 2018:34). Enligt Morais et al. (2021) och Takamura-Enya och Tokutake (2016) är däggdjur och vattenlevande ryggradslösa djur mer tåliga mot koppar än fiskar och vattenlevande ryggradsdjur. Takamura-Enya och Tokutake (2016) skriver även att koppar i vattendrag kan påverka tillväxten hos mikroorganismer och alger.

### *PAH*

Inom gruppen för PAH:er ingår över hundra olika ämnen. Användningen av fossila bränslen är en vanlig källa till PAH:er, men även produkter med olja spelar en bidragande roll (Allard et al. 2018:35–36). PAH:er kan också spridas från skogsbränder samt vulkanutbrott (Naturvårdsverket u.å. c). Vattenlevande organismer tar skada av PAH:er eftersom nedbrytningen av PAH:er tar lång tid i vattendrag (Allard et al. 2018:35).

En grupp av PAH:er som samlas i miljön är antracen som finns i exempelvis färg, gummidäck och impregnerat trä (Allard et al. 2018:35–36). Antracen sprids lätt till dagvatten genom reningsverk och binds till partiklar i vatten som sedimenterar (Naturvårdsverket u.å. c). Ämnet är skadligt för vattenlevande djur då det försämrar reproduktionsförmågan (Tilghman & Oris 1991).

En annan vanlig grupp är naftalen som förorenar vatten då det finns i exempelvis bekämpningsmedel mot skadedjur och i tillverkningen av motorolja, lösningsmedel med mera. Naftalen är också skadligt för vattenlevande organismer (Allard et al. 2018:36).

Nonylfenol är skadligt för vattenlevande organismer då ämnet kan störa den hormonella produktionen och fertiliteten. Föroreningar från nonylfenoler i dagvatten kommer som tidigare nämnt främst industrier (Hale et al. 2000). Enligt Stockholms stad (2022) är föroreningar av nonylfenol inte ett stort problem i just Sverige då importen av textilier som innehåller nonylfenoler är förbjudet av EU sedan år 2021.



## 4. Resultat

Resultatet baseras på svar från sex informanter med olika bakgrunder och utbildningar men som idag arbetar med dagvatten eller biokol i någon form. Vetenskapliga artiklar och rapporter användes för att kunna styrka eller jämföra svaren från intervjuerna med informanterna. Den fullständiga intervjuguiden går att läsa i bilaga 1.

I avsnitt 4.1 diskuteras frågeställningen:

- “Hur gynnas vegetation av regnbäddar innehållande biokol?”.

I avsnitt 4.2 diskuteras frågeställningen:

- ”Hur ser experter på biokol gällande hållbarhet, ekonomi och samhällsetik?”.

I avsnitt 4.3 diskuteras frågeställningen:

- “Hur påverkar tillsatsen av biokol kvaliteten på utgående dagvatten från regnbäddar?”.

I avsnitt 4.4 presenteras ett resultat och en sammanställning över den information som tillverkare av biokol tilldelar allmänheten.

### 4.1 Vegetation i regnbäddar med biokol

Blecken, disputerad forskare på urbant dagvatten, har, tillsammans med Naturvårdsverket och Luleå tekniska universitet, utfört vetenskapliga studier på biokol och dagvatten i bland annat Växjö. Han har jämfört regnbäddar med och utan biokol.

”Vi har inte specifikt tittat på växtligheten, och utan att ha gjort en vetenskaplig bedömning av växtligheten ser man ingen skillnad. Jag kan inte säga mer om hur växterna påverkas utifrån denna studie” (Blecken).

I denna studie av Blecken har fokuset varit på rening av dagvatten och i andra hand växtlighet.

Alvem arbetar på Trafikkontoret i Stockholm och ansvarar för hela stadens alla gatuträd. Hon har observerat en skillnad mellan träden på två gator i Norra Djurgårdsstaden, där vanligtvis Stockholmsmodellen används, se figur 1. Den ena gatans träd är planterade i en biokolblandning med kompost, till skillnad från den andra gatan som inte innehåller något biokol. Alvem anser att gatan med biokolblandningen är grönare. I en artikel av Ghosh et al. (2015) har två tropiska träddarter från Singapore planterats i biokol och kompost i urban miljö där de sett liknande resultat som Alvem gjort. Ghosh et al. (2015) menar att biokol och kompost medför högre koncentrationer av kväve, fosfor och kalium i jorden vilket återspeglas i halterna av ämnena i bladen vid provtagning. Ghosh et al. (2015) belyser dock att biokolets påverkan på vegetation är något som behöver fortsätta undersökas.

Biokol bidrar med en ökad produktivitet i jordar anser Pettersson Skog, projektledare för hållbar dagvattenhantering, och Larm, dagvattenspecialist och grundare av StormTac, vilket även går att läsa om i artiklarna skrivna av Lorenz och Lal (2014) samt Jeffery et al. (2011). I dessa artiklar skriver författarna att efter genomförda tester har de konstaterat hur en ökning av mikroorganismer har en direkt koppling till tillsatsen av biokol i jordar. Som tidigare nämnt bidrar en ökning av mikroorganismer till att växtrötterna lättare kan ta upp näringsämnen (Payne et al. 2015:49; Odlå med naturen u.å.).

Sammanfattningsvis har informanterna delade åsikter angående huruvida biokol påverkar vegetation i regnbäddar. Exempelvis menar Alvem att träden i Norra Djurgårdsstaden visar en större tillväxt i växtbäddarna med biokol, samtidigt som Blecken menar att det inte går att se en skillnad på tillväxt.

## 4.2 Hållbara, ekonomiska och samhällsetiska aspekter med biokol

En såväl ekonomisk som samhällsetisk aspekt som vattenexperten Ohls, Pettersson Skog och Alvem alla är överens om är risken att billig skog från andra länder kan börja skövlas för produktion av biokol. Detta är något som inte är hållbart eller etiskt försvarbart då det medför långa transporter och skogen som skövlas antagligen är viktig för landets biologiska mångfald. Blir efterfrågan av biokol för hög kan det uppstå en problematik med import av icke-certifierade material från andra länder. Dagvattenspecialisten Wehlin från Nacka kommun och Ohls tror båda att biokol i framtiden kommer bli billigare.

En fördel som Alvem påpekar är att biokol underlättar för anläggningen av regnbäddar, det går att anlägga med färdigblandat material. Det förlänger

anläggningssäsongen eftersom vatten inte behöver spolas ner tillsammans med makadamen, vilket behövs när regnbäddarna anläggs med jord.

Alvem och Ohls påpekar att det är väldigt viktigt med en fungerade certifiering av biokol då det, som tidigare nämnt i avsnitt 3.2.4, säkerställer att den är korrekt tillverkad. Wehlin tillägger ett etiskt problem: återvinningscentraler tar betalt när företag och privatpersoner lämnar trädgårdsavfall. Trädgårdsavfallet används sedan för att skapa biokol, som återvinningscentralen säljer. Detta resulterar i att de tar betalt två gånger. Biokol som skapas av restmaterial och används som en förnybar resurs är en fördel tycker Wehlin och Pettersson Skog. Däremot kan det bli en konkurrens om restmaterialen tillägger Pettersson Skog.

Alvem och Wehlin berättar om biokol som är tillverkat av andra material, exempelvis avloppsslam. Det kan bli en framtid för biokol att återanvända sådana material, även om det inte är optimalt i just regnbäddar kan det vara ett alternativ för jordbruk. Pettersson Skog, Ohls, Wehlin och Larm är alla eniga om att kolsänkan som biokol bidrar med är en fördel som även Sohi (2012) hävdar. Ohls berättar om pyrolyprocessen ur en både ekonomisk- och hållbarhetsaspekt då den ger värme som går ta vara på i form av uppvärmning.

Sammanfattningsvis är informanterna överens om att det är positivt med biokol som skapas av restmaterial och således används som en förnybar resurs. Många av informanterna påpekar risken att billig skog från andra länder kan börja skövlas till biokolproduktion. Om efterfrågan av biokol blir för hög kan det bli en problematik med import av icke-certifierade material.

### 4.3 Näringsläckage, vattenkvalitet och dagvattenrening i regnbäddar med hjälp av biokol

Pettersson Skog har, tillsammans med Wehlin, genomfört tester i Nacka kommuns studie (Egelberg & Wold u.å.) för utvärdering av regnbäddar och bland annat regnbäddarnas reningseffekt. Testerna visar ett stort läckage av näring från regnbäddarna, se figur 2, med gödslade biokolbaserade makadamfraktioner, även kallat biokolmakadam. Blecken belyser också problemet med näringsläckage i Nacka med gödslad biokol och att dessa anläggningar inte är anpassade för rening av dagvatten utan är till förmån för växterna. Pettersson Skog förklarar att biokolmakadam har hög genomsläpplighet, eller hydraulisk konduktivitet, på minst 2000 millimeter per timme samtidigt som handböcker för dagvattenhantering rekommenderar en hydraulisk konduktivitet på 100–300 millimeter per timme för dagvattenrening. Dessa rekommendationer på hydraulisk konduktivitet går även att läsa i boken *Adoption, Guidelines for Stormwater Biofiltration Systems* (Payne et al. 2015:133). Med en hastighet på 2000 millimeter per timme blir det stort läckage av näring från biokolbaserade substrat i jämförelse med andra substrat, exempelvis

har fin sand hydraulisk konduktivitet på 50–150 millimeter per timme och grov sand och välstrukturerad lera 300–400 millimeter per timme (Blombäck et al. 2020). Karin Blombäck<sup>11</sup>, lärare på SLU, menar att biokolets hydrauliska konduktivitet varierar beroende på materialets partikelstorlek. Har biokolet i huvudsak stora partiklar kommer även porerna mellan partiklarna att vara stora, vilket ger hög mättad hydraulisk konduktivitet. Om biokolet består av i huvudsak små partiklar kommer porsystemet att bestå av små porer, som ger låg mättad hydraulisk konduktivitet. Det är därför svårt att ge ett generellt värde som kan gälla för samtliga typer av biokol<sup>12</sup>.

I lakteter med biokol och kompost som Pettersson Skog genomfört noterades att det främst är komposten som lakar ur näring, men även att biokol släpper ifrån sig en del näring. Tester visar att vedbaserad biokol lakar ur minst mängd näring när den jämförts med biokol gjord på fröskalspellets och trädgårdskompost. Detta framgår också i en rapport skriven av Mohanty et al. (2018) där även de nämner vikten att använda vedbaserad biokol i dagvattensystem för att minska bakterier. Mukherjee et al. (2011) skriver, utifrån en jämförelse mellan gräs, ek och tall att biokol baserad på gräs har en högre katjonbyteskapacitet än vad ek och tall har. Alvem samt Larm pratar däremot om att fraktionen inte får vara för liten, exempelvis biokol gjort på gräs, för att få växttillgängligt vatten. Larm har inte uppmätt näringsläckage specifikt från regnbäddar men tillägger att i StormTacs databas finns fallstudier med andra anläggningar. De har i dessa noterat näringsläckage av totalfosfor från biokol, biokol och kompost samt biokol och torv. Ohls har heller inte har uppmätt eller observerat näringsläckage från regnbäddar, men påpekar vikten av att använda oladdad biokol då dagvatten i sig innehåller mycket näring. Ohls har observerat att dagvattnet i Norra Djurgårdsstaden var klart efter ett stort regn då vattnet hade passerat en dagvattenanläggning.

”När jag designar tänker jag att det ska vara näringsfattigt, egentligen borde det inte vara laddad biokol. Man borde ändra receptet och minska mängden näring. Jag tror det kommer ändras då vi kan dra ner på näringen rejält och ha oladdad biokol” (Ohls).

Blecken observerade ökade halter av fosfor i dagvattnet från regnbäddarna med enbart oladdad biokol i Växjö, detta går att läsa vidare om i rapporten av Blecken och Viklander (2022). Fosfat-fosfor och löst fosfor renades varken i anläggningen med biokol eller i den utan biokol, däremot var halterna signifikant högre i utgående dagvatten, än halterna i ingående dagvatten, i anläggningen med biokol. Det vill säga, testet visar att oladdad biokol lakar ur fosfor utan att fosfor har tillkommit genom näringstillförsel, eftersom biokolet i sig innehåller fosfor. Larm har från StormTacs databas för andra anläggningar med tillägg av biokol dock noterat

---

11 Karin Blombäck, lärare, SLU, skriftlig kommunikation 2023-02-20

12 Karin Blombäck, lärare, SLU, skriftlig kommunikation 2023-02-20

mycket positiva reningseffekter av fosfor i två olika materialblandningar varav den första innehåller makadam med biokol och den andra sand, biokol, torv och grus.

Blecken har märkt en rening av metaller och förklarar att regnbäddar generellt renar dagvatten måttligt från de flesta föroreningar. I rapporten av Blecken och Viklander (2022) står det att biokol inte har en stor effekt på metallreningen, halterna för bland annat koppar, bly och zink är liknande i anläggningen med biokol som i den utan biokol. Dock går det inte att utesluta att annan sorts biokol kan förhöja reningseffekten (Blecken & Viklander 2022). Mohanty et al. (2018) menar dock att biokol kan öka reningsgraden av metaller då biokol ökar pH och absorptionsförmågan. Flödeshastigheten har också en påverkan på metallreningen eftersom längre uppehållstid i en dagvattenanläggning ger större reningseffekt (Vilvanathan & Shanthakumar 2017).

Wehlin har sett en bra rening av mikroplaster, organiska ämnen och tungmetaller. Wehlin tillägger att studien för Nacka kommun visat läckage av fosfor och kväve från regnbäddar med laddad biokol. Wehlin förklarar dock vikten att undersöka om det är biokolet eller tillsatt näring som påverkar dagvattenkvaliteten. Larm tillägger att det är av stor vikt att inte tillsätta kompost eller laddat biokol i regnbäddar samt att växtbäddarna bör innehålla näringsfattig jord i kombination med makadam eller sand för att få en hög reningseffekt. Även material, inloppshalter och anläggningsytans storlek gentemot den reducerade avrinningsytan har stor betydelse på effekten av rening.

Pettersson Skog, Ohls, Wehlin och Larm är överens om att biokol hjälper jorden att hålla kvar både näring och fukt, vilket även står att läsa i artikeln av Lorenz och Lal (2014).

Sammanfattningsvis visar studien från Nacka kommun ett stort näringsläckage från regnbäddar med laddad biokol. Även Bleckens tester med oladdad biokol visar ett näringsläckage, där framgick det att biokolet i sig innehåller en viss mängd näring. Biokolmakadamets höga hydrauliska konduktivitet och biokolets ursprungsmaterial är bidragande faktorer till att föroreningar inte hinner eller kan bindas till biokolet.

#### 4.4 Att välja rätt biokol

Det finns många olika sorters biokol på marknaden från olika tillverkare. I tabell 3 presenteras en sammanställning över den information som finns att tillgå på tillverkares respektive webbplatser, med en viss komplettering genom mejlkontakt. Kolumnerna i tabellen innehåller information som är viktig att ta hänsyn till för att uppnå önskad funktion i regnbädden. Informationen är insamlad från sex olika återförsäljare.

Enligt Alvem<sup>13</sup> är Stockholms stads rekommenderade maximala halt för aska 20% för biokol tillverkat av park- och trädgårdsavfall, och för biokol gjort på vedbaserade material är maxhalten 7,5%. Alvem<sup>14</sup> berättar om Stockholms stads riktlinjer för kolhalt. Kolhalten bör vara minst 65% för biokol gjord av park- och trädgårdsavfall, och minst 80% för biokol gjord på vedbaserade material. Tomczyk et al. (2020) menar att en högre kolhalt gör att biokolet blir mer resistent mot mikrobiell nedbrytning. EBC (2022:12) skriver att endast Tyskland har rekommenderade värden för kolhalt (minst 80%), medan Sveriges uppgifter är svåra att hitta. Enligt EBC (2022:23) ska fukthalten vara 30% i biokol för att motverka damm och medföljande hälsofaror som uppstår vid anläggning. En annan anledning till riktlinjerna för fukthalt är att materialet kan självantända när det är tillräckligt torrt (EBC 2022:23). Näringshalten beror på ursprungsmaterialet skriver EBC (2022:21) och finns därför finns inga specifika riktlinjer för vad som är en godkänd halt. Det finns heller inga riktlinjer från EBC om fraktionsstorlek, då storleken beror på biokolets användningsområde.

Biokolprodukter Global AB har fyra olika EBC-certifierade produkter innehållande biokol, oladdad biokol, laddad biokol och kolmakadam där samtliga finns att köpa i olika fraktionsstorlekar. Beroende på makadamens fraktion är det olika mängd tillsatt näring i form av grönkompost och organisk gödning. Biokolprodukters laddade och oladdade biokol har en kolhalt på över 80%. Det laddade biokolet laddas med önskad näringshalt.

Sand- och grusaktiebolaget Jehander har tre olika produkter med ett biokolsinnehåll. En produkt kallas för Citymakadam Bas, en annan för Citymakadam EBK och den sista för Citymakadam EBK+. Skillnaden mellan dem är innehållet, där biokol och kompost fördelas olika. Jehanders produkter Bas och EBK innehåller båda biokol med kompost, men med olika procentuella mängder, medan deras EBK+ har ett innehåll med endast biokol och ingen kompost. Fraktionerna är densamma för samtliga produkter och alla har samma kolhalt, 75–100%.

Hasselfors Garden AB har tre olika sorters produkter med biokol där samtliga är EBC-certifierade, citykross och oladdad biokol. Citykross innehåller biokol, makadam och grönkompost och de erbjuder produkterna i olika fraktionsstorlekar, beroende på makadamens fraktionsstorlek är det olika mängd tillsatt näring. Den oladdade biokolen har en fraktion på 0–5 millimeter, är gjord på trä och innehåller små mängder näring samt har en kolhalt på 84,60%.

Skånefrö AB har en EBC-certifierad biokolprodukt tillverkat av bioagropellets. Kolhalten i det oladdade biokolet är ungefär 70% och det har en fukthalt på cirka 20–25%. Eftersom Skånefrös biokol är skapad från bioagropellets får den en naturlig fraktionsstorlek på cirka 4–8 millimeter.

---

13 Britt-Marie Alvem, Trafikkontoret Stockholm, skriftlig kommunikation 2023-02-08

14 Britt-Marie Alvem, Trafikkontoret Stockholm, skriftlig kommunikation 2023-02-08

Skogens Kol AB har två sorters biokol, laddad och oladdad. Båda sorternas ursprungsmaterial är lövträd och har en kolhalt på 65–92%. Den laddade biokolen är laddad med grönkompost och den oladdade biokolen innehåller små mängder näring. Båda sorterna av biokol har samma fraktion, 0–3 millimeter.

Rölunda Produkter AB har enbart en biokolprodukt och det är EBC-certifierat biokol tillverkat av träkol som är laddat med höns gödselkompost och har en kolhalt på 90–95%.

Tabell 3. Information som olika biokolstillverkare presenterar om sin biokol. Tomma celler betyder att det inte finns någon information.

Försäljare	Typ	Kolhalt	Fukthalt	Innehåll	Fraktionsstorlek (mm)	EBC certifierat
Biokolprodukter	Oladdat biokol	> 80%	Ca 30%		0-5, 0-10, 0-20	Ja
Biokolprodukter	Laddat biokol	> 80%		Näringshalt efter önskemål	0-5, 0-10, 0-20	Ja
Biokolprodukter	Kolmakadam cirkulär			75 volym% återvunnen makadam, 12,5 volym% biokol, 12,5 volym% grönkompost och organisk gödning	4-8, 2-8	Ja
Biokolprodukter	Kolmakadam cirkulär			85 volym% återvunnen makadam, 7,5 volym% biokol, 7,5 volym% grönkompost och organisk gödning	32-90, 32-64	Ja
Jehander	Citymakadam Bas	75-100%		7,5% biokol, 7,5% kompost	2-6, 4-8, 8-16, 16-32, 32-63, 32-90	
Jehander	Citymakadam EBK	75-100%		12,5% biokol, 12,5% kompost	2-6, 4-8, 8-16, 16-32, 32-63, 32-90	
Jehander	Citymakadam EBK+	75-100%		25% biokol	2-6, 4-8, 8-16, 16-32, 32-63, 32-90	
Hasselfors	Citykross			Makadam, ca 15 volym% biokol och grönkompost	8-16, 16-32, 32-63, 32-90	Ja
Hasselfors	Citykross			Makadam, ca 20-25 volym% biokol och grönkompost	2-6, 4-8	Ja
Hasselfors	Oladdat biokol	84,60%	25,10%	Gjord av trä, små mängder näring*	0-5	Ja
Skånefrö	Oladdat biokol	Ca 70%	Ca 20-25%	Bioagropelletts	Ca 4-8	Ja
Skogens	Oladdat biokol	65-92%	21,90%	Lövträd, små mängder näring*	0-3	
Skogens	Laddat biokol	65-92%		50% lövträd, 50% grönkompost	0-3	
Rölunda	Laddat biokol	90-95 %		Träkol och höns gödselkompost		Ja

\*De små mängderna näring går att läsa om i bilaga 2 och 3. Där finns även mer information om de olika egenskaperna respektive biokol erhåller.

## 5. Diskussion och slutsats

I följande avsnitt besvaras syftet med arbetet som var att ta reda på hur biokol påverkar dagvattenkvaliteten från regnbäddar utifrån olika aspekter.

- I avsnitt 5.1 diskuteras resultatet från avsnitt 4.
- I avsnitt 5.2 diskuteras framtidsperspektiv kring biokol.
- I avsnitt 5.3 diskuteras vikten av att välja rätt biokol.
- I avsnitt 5.4 diskuteras StormTac och verktygets pålitlighet gällande rening av dagvatten.
- I avsnitt 5.5 går det att läsa en diskussion om metoden.
- I avsnitt 5.6 redogörs för eventuella framtida studier kring ämnet.

### 5.1 Resultatdiskussion

Studien resulterade i varierande åsikter och observationer om biokol.

Biokol för växter anses av vissa ge goda resultat i form av att jordar får ökad produktivitet eftersom det blir en ökning av mikroorganismer i jorden, vilket leder till ökad vegetation. När biokol och kompost blandats har de ökade halterna av kväve, fosfor och kalium återspeglats i växternas blad. Observationer i Stockholm visar att tillsatsen av biokol och kompost i regnbäddar ger en ökad vegetativ tillväxt. I andra tester där näring inte varit tillsatt i biokolet har det däremot inte visats någon signifikant skillnad på växternas tillväxt. Utifrån vetenskapliga källor kan vi dock konstatera att växternas roll är betydande i regnbäddar, exempelvis binder rötterna jord och på så vis minskar de erosion. Resultaten från informanterna har inte alltid varit vetenskapligt prövade. Informanterna anses samtidigt vara ledande inom branschen i Sverige. Hur kan resultaten ändå vara så olika?

Biokol som är tillverkad av lokala restmaterial anses vara ett hållbart alternativ i regnbäddar. Med hjälp av en certifiering går det att motverka att billig skog från andra länder används till biokol. Trädgårdsavfall som lämnas till återvinningscentraler och sedan används för att tillverka biokol är enligt oss positivt. Dock är det problematiskt när återvinningscentralen tar betalt för både inlämningen av trädgårdsavfall och för biokolet. Vi anser dock att detta är en mer



lokal fråga som berör specifika återvinningscentraler. Det vi menar är problematiskt är att återvinningscentralerna ser en ekonomisk fördel, istället för en vision om att rädda klimatförändringarna och se biokolets fördel som kolsänka. Ett framtida alternativ är att som tack för inlämning av trädgårdsavfall få köpa biokol till ett rabatterat pris.

En majoritet av informanterna berättade att tillsatsen av näring i regnbäddar med biokol gör att näring lakar. Nackastudien visade ett läckage av näring från gödslat biokolmakadam i regnbäddar, men är något som kan bero på materialets höga genomsläpplighet. Näringsläckage kan även bero på att dagvatten oftast innehåller näring som tillkommit från exempelvis vägar, industrier och parker (LTU 2017). I regnbäddar med ogödslad biokol har det även där uppmätts näringsläckage av fosfor. Blecken påstår att det är biokolen i sig själv som lakar fosfor, men en felkälla är att biokolets ursprung inte konstaterats. Samtidigt har Larm noterat en rening av fosfor i liknande typer av anläggningar med ogödslad biokol, vilket indikerar behov av mer forskning för att kunna säga om biokol renar fosfor eller inte. Även när det gäller biokolets förmåga att rena metaller finns olika åsikter, och vi tror att det kan bero på vilken sorts biokol som används i anläggningen. Tester visar att vedbaserad biokol lakar minst, och att fraktionen på biokolet spelar stor roll. I intervjuerna tar ingen av informanterna upp hur viktigt det är att pyrolyprocessen sker på rätt sätt, se avsnitt 3.2.1 för vidare information, vilket vi anser är problematiskt då en stor del av biokolets egenskaper såsom ökat mikroporutrymme för närings- och vattenupptagning, bestäms i den processen.

Enligt några av informanterna är biokol mer hållbart än exempelvis pimpsten, som också är ett väldigt poröst material och populärt i regnbäddar. Pimpsten måste fraktas från Island medan biokol kan tillverkas i Sverige, Ohls påpekar även att pimpsten är dyrt. Biokol som tillverkas från exempelvis trädgårdsavfall bör vara ekonomiskt hållbart. Biokol som är tillverkat av billig skog från andra länder anser både vi och informanter är varken etiskt hållbart eller hållbart från ett miljöperspektiv.

Användningen av regnbäddar för dagvattenrening kan gynna den biologiska mångfalden med hjälp av växter och kan enligt oss bli ett trevligt inslag i en annars ganska hårdgjord miljö. Växterna i regnbäddar hjälper också till med att rena luften och bidrar med bullerdämpning. Regnbäddarna kan därför vara ett alternativ istället för exempelvis infiltrationsytor, med enbart lågt gräs (Stockholms stad 2019:18). Regnbäddar anläggs ofta i anslutning till gator, där de utöver sin reningsfunktion, även kan användas som farthinder. De kan också användas som avgränsning av trafiken och skydda gående från bilar. Regnbäddar är alltså ett multifunktionellt inslag i städerna (Structor 2019:14).

Regnbäddar kan vara försvarbart ur ett politiskt perspektiv med utgångspunkt i den nya lagändringen som finns för att skydda människors hälsa och miljö, se avsnitt 3.3.1. Som tidigare nämnt i avsnitt 3.1 är det, i områden där det är

möjligt, billigare och mer effektivt att flödesfördröja och rena dagvatten lokalt, i jämförelse med ombyggnation av befintliga VA-system. Det är viktigt att tänka på driften för att regnbäddar ska behållas i samma skick som när de anlades då det är vanligt att stora budgetar finns för projektering och anläggning, men att kostnaden för drift ofta faller bort.

Ur ett hållbarhetsperspektiv är växtvalet viktigt för att inte behöva ersätta döda växter med nya. Ståndorten i en regnbädd kan vara komplex och varierande. Vanligt är att en regnbädd är väldigt torr, samt i perioder med höga nederbörds mängder, innehåller mycket vatten. En del platser har dessutom större problem med salt från vägar som kan visas i form av bland annat skador på barken och minskad tillväxt på grund av att rötterna inte kan ta upp tillräcklig mängd icke förorenat vatten. Växtvalet behöver alltså väljas med eftertänksamhet utifrån dessa aspekter.

Något som informanterna inte tar upp är begreppet miljö kvalitetsnormer som är till för att förbättra landets vatten, det går att läsa mer om i avsnitt 3.3. Däremot ser vi att informanterna indirekt strävar mot en god vattenkvalitet genom att fortsätta framtida studier inom dagvattenkvalitet. Med den nya lagändringen ska VA-anläggningar kunna hantera skyfall, för att undvika översvämningar. Detta kan vi relatera till värdet av en god vattenkvalitet i form av att försöka minska föroreningar och förhöjda vattennivåer i grundvattnet som översvämningar medför. Dock kan den ökade nederbörden bidra med föroreningar om dagvattnet inte har renats innan transport till recipient (SGU u.å. a). Indirekt tolkar vi att informanterna menar, att både lagen och MKN är viktiga faktorer i dagvattenhantering.

## 5.2 Biokolets framtid

Samtliga informanter förutom Blecken är överens om att framtiden för biokolsanvändningen är ljus och efterfrågan kommer att öka. Både Blecken och Larm lyfter fram att det behövs mer forskning innan biokol används i större utsträckning och att användningen sker "realistiskt" i relation till exempelvis reningseffekt, växtval och risk för näringsläckage.

Till framtida studier lyfter Wehlin fram frågor såsom:

- "Ska vi använda biokol i anläggningar avsedda för dagvattenrening?"
- Hur mycket biokol?"
- Hur mycket näring ska användas?"
- Hur optimeras dagvattenreningen?" (Wehlin).

Tester måste även göras på tolerans av halkbekämpning. Det ska dessutom finnas en balans mellan skötselnivå, kostnad och politiken som anser att växtbäddar ska vara estetiskt tilltalande. Wehlin resonerar kring hur miljötillsynen på kommunen

och länsstyrelsen skulle reagera på ett tillfälligt ökat näringsläckage när det står i detaljplanerna att det ska minska. Under etableringsfasen har rötterna inte utvecklats och kan inte ta upp överskottsnäringen, näringsläckaget skulle avta i takt med rotutvecklingen förklarar Wehlin.

Samtliga informanter förutom Ohls tycker inte att det idag finns ett optimalt substrat. Substratet måste anpassas efter om platsen är exempelvis torr, har mycket överskottsvatten, hur ofta det är minusgrader, mängd näringsämnen och föroreningar i inkommande dagvatten, dimensioner på regnbädden, ha en hög vattenhållande förmåga samtidigt som anläggningen ska vara estetiskt tilltalande. Wehlin tillägger att sand har visat goda resultat på reningen, men att vegetationen får sämre tillväxt på grund av saknaden av kompost. Wehlin lägger till att organiskt material i form av kompost är vattenhållande, när mängden kompost minskas resulterar det i att jorden blir torrare, vilket också är en faktor för minskad tillväxt. Vår fundering blir då, är sand ett hållbart och cirkulärt alternativ?

Ohls menar istället att biokol med små fraktioner tillsammans med bokashi, möjligen är ett optimalt substrat, även pimpsten. Möller (2022) förklarar att bokashi är kompost gjord på organiskt avfall som med hjälp av mikroorganismer i form av jäst och bakterier, jäser avfallet i en syrefri process, till skillnad från kompost som kräver syretillförsel.

Blecken informerar om att det finns en del optimala substrat för olika typer av syften. Exempelvis vid rening av kväve krävs en kolkälla och att sågspån eller tidningspapper kan vara en sådan. Dock är kväve inte något som prioriteras i Sverige för dagvattenrening enligt Blecken.

För att förlänga anläggningssäsongen berättar Pettersson Skog att biokol släpper tjäle relativt fort utifrån ett ovetenskapligt test hon utfört med ett antal krukor innehållande olika jordsubstrat. Huruvida biokol som tillsats i jorden gör att den tinar snabbare, hittade vi ingen vidare information på. I Stockholms stad och Nacka kommun ska fler tester på dagvattenkvaliteten från regnbäddar med biokol genomföras för att säkerställa en korrekt användning av biokol i framtiden.

Vi reflekterar över hur användningen av Stockholmsmodellen kommer se ut eftersom både vi och Wehlin sett andra kommuner kopiera modellen utan eftertanke på anläggningens syfte eller funktion. De lokala förutsättningarna är varierande och utformningen behöver nästan alltid platsanpassas. Modellen är som tidigare nämnt framtagen för välmående vegetation och inte för dagvattenrening.

### 5.3 Att välja rätt biokol

Tabell 3 visar att en del informationsluckor finns, framför allt på fukt- och kolhalt. Luckorna tror vi kan bero på kunskapsbrist hos tillverkare, men även att efterfrågan av informationen från företag och privatpersoner inte finns. Kolumnen för certifiering i tabellen visar också tomma luckor för Jehander och Skogens. Det tror

vi beror på att biokolet inte är certifierat och därmed vill företaget inte skylta med den informationen.

I vetenskapliga artiklar som vi läst har det gjorts tester på biokol skapad av olika material som har olika egenskaper. Bland annat ger en del material ifrån sig en lägre halt PAH:er i pyrolyprocessen, exempelvis är PAH-värdet för pappersbruksavfall tillräckligt lågt för att anses som en godkänd mängd. Jämförelsevis har vi lärt oss att vi behöver vara försiktiga med användningen av restmaterial från exempelvis byggen, eftersom materialet kan vara impregnerat och innehålla gifter. Det är därför viktigt att återförsäljare specificerar ursprunget, vilket Biokolprodukter och Jehander inte gjort. Hasselfors har märkt ut ursprungsmaterialet för deras oladdade biokol, men inte för deras Citykross. Vi kan dock dra slutsatsen att biokolen är densamma, men att informationen borde vara utskrivet i produktbladet.

Efter intervju med Alvem har vi förstått att även askhalt har en betydelse, men eftersom endast Hasselfors (3,0%) och Skogens (8,6%) har data på detta att tillgå, är det inte inkluderande i tabellen. Om dessa tillverkare håller sig inom Alvems rekommenderade askhalter är svårt att säga eftersom innehållet är så generellt. Skogens biokol består av lövträd, är det då inom kategorin park-och trädgårdsavfall som bör ha en maximal halt på 20% eller vedbaserat som bör ha en maximal halt på 7,5%? Om de använder i huvudsak löv och grenar är biokolen inom den maximala askhalten, men om de använder stammen är de över den maximala halten. Hasselfors har en lägre askhalt och deras vedbaserade biokol är därmed inom ramen.

Enligt den information vi hittat från återförsäljare håller sig de flesta inom riktlinjerna för kolhalt som Alvem tilldelade oss, dock inte inom Tysklands rekommendationer (minst 80%).

Fukthalten ska enligt EBC vara 30% i certifierad biokol, vilket enbart biokolprodukter håller sig inom. Både Hasselfors och Skånefrö har en lägre fukthalt i sin certifierade biokol, vilket får oss att undra hur höga kraven egentligen är för att få biokolen certifierad.

Näringshalten skiljer sig en del mellan produkterna och enbart Biokolprodukter erbjuder näringshalt efter önskemål, vilket är en viktig del vid platsanpassning av en regnbädd. Det går också att se att både Hasselfors och Skogens oladdade biokol båda innehåller små mängder näring även utan tillsatsen av näring. Detta kan förklara testet av Blecken och Viklander (2022), där de såg ett fosforläckage i regnbäddar med biokol utan tillsatt näring. Det styrker deras tes om att biokol i sig innehåller näring. I bilaga 2 och 3 går det att läsa mer om Hasselfors och Skogens näringsinnehåll, exempelvis att biokolet, utöver fosfor, innehåller bland annat kväve, kalium, magnesium och kalcium. Näringshalten Skogens laddade biokol innehåller är väldigt hög. Vår tanke är då att biokolsblandningen passar bättre för växtbäddar med en tätad botten och inte till en regnbädd, som är till för dagvattenrening, för att undvika näringsläckage.

Under arbetets gång har vikten av pyrolystemperaturen blivit tydlig, där det endast är Hasselfors och Skogens som har information om det, av de tillverkare vi jämfört, se bilaga 2 och 3. Hasselfors använder en temperatur på 700°C i jämförelse med Skogens som använder en temperatur på 850°C. Som tidigare nämnt i avsnitt 3.2.1 är det fördelaktigt när pyrolysens temperatur är cirka 700°C för att mikroporutrymmet ska bli så stort som möjligt (Blanco-Canqui 2019), vilket båda håller sig inom.

## 5.4 Diskussion om StormTac

StormTac Web är ett verktyg för att modellera föroreningar i dagvatten och effekter på recipient. Eftersom verktyget är det enda på marknaden som idag används för denna typ av beräkningar, kan det leda till att folk förlitar sig på det utan att reflektera över komplexiteten, vilket är något som Blecken tar upp i sin intervju. Blecken nämner också svårigheten att beräkna rening eftersom det är många faktorer som påverkar. Ekvationen för total reningsgrad som StormTac Web använder kanske fungerar, men med en stor osäkerhet eftersom det inte går att göra en generell beräkning av dagvattenrening. Dessutom är databasen inte uppdaterad med referenser för dagvattenkvalitet. Den innehåller många referenser från runt år 2009 och från andra länder som har annat klimat än Sverige, med andra typer av anläggningar än vad Sverige använder. För framtiden tror vi att StormTac behöver utvecklas mer för att minimera felkällorna.

Det står i StormTacs handbok hur viktigt det är att använda egna data från lokala provtagningar, vilket även Wehlin berättar om. I Nackastudien jämförs de verkliga mätningar med StormTacs schablonsiffror. Föroreningsbelastningen i ingående data stämmer relativt bra överens med de verkliga mätningarna, medan föroreningsbelastning efter rening och beräknad reningseffekt visade på en stor skillnad i jämförelse med det verkliga resultatet. Den godkända differensen för Nackastudien får vara 25 %.

## 5.5 Metoddiskussion

För att detta arbete skulle ge en rättvis bild över biokolets påverkan på dagvattenkvaliteten, skulle variationen av informanter kunnat vara större och, om möjligt, omfatta fler personer inom forskning och vetenskapliga studier. De personer som valts för studien anses, av oss i samråd med handledare på Sweco, vara de som anses ha mest kunskap på området i Sverige. Utifrån material och källor har det identifierats ett större forskningsintresse på biokol utomlands, därför hade det varit en god idé att leta informanter även utanför Sverige. På grund av den begränsade tiden som funnits tillgänglig inom ramen för arbetet tog vi beslutet att

detta inte skulle vara möjligt. Enligt informanterna är det endast Blecken som forskat på ämnet i Sverige, men bara i ett fåtal försök.

För att analysera och styrka informanternas information har den jämförts mot resultat i vetenskapligt granskade artiklar och rapporter, som dessvärre sällan är utifrån ett svenskt perspektiv. Det kan vara en möjlig felkälla att jämföra växtlighet i olika länder och klimatzoner med Sverige, men det finns även många likheter. Växter fungerar generellt på samma sätt med rotutveckling, erosionskydd och näringsupptagning, vilket gör att det ändå går att jämföra och se likheter.

Frågeställningarna formulerades om utifrån svaren från informanterna. Från en början hade vi enbart en frågeställning, men eftersom informanterna har olika bakgrund och erfarenheter, uppkom nya följdfrågor och vi fick fler synvinklar och nya perspektiv på användningen av biokol. Med nya perspektiv skapades fler frågeställningar som vi anser är relevanta för ämnet. Inom landskapsarkitektur är det viktigt att ta hänsyn till både vegetation samt dagvattenhantering. Många av informanterna reflekterade över aspekter för hållbarhet, ekonomi och samhällsetik, vilket fick oss att formulera en frågeställning om detta. Dock var informanterna osäkra över frågan och hade möjligtvis behövt reflektera en längre tid än vad som var möjligt under intervjun för att ge ett mer utförligt svar.

## 5.6 Vidare studier

Utifrån vår analys av informanternas konstateranden, kan vi fastställa att det finns flera vägar för framtida studier inom området. Det hade varit intressant att göra lokala vetenskapliga tester på jämförelser mellan olika typer av biokol:

- Är det vedbaserade alternativet det bästa ur ett lakningsperspektiv i Sverige?

Ett annat alternativ skulle vara att göra en jämförelse mellan olika biokolsframställningar för att ta reda på om det finns tillverkningsmetoder som inte lakar ur fosfor, och för att säkerställa lakningen som identifierats i tidigare analyser. Från slamindustrin sägs det kunna framställas ett mer hydrofilt biokol. I teorin borde ett mer hydrofilt biokol ge en ännu bättre rening av dagvatten, men finns idag mycket begränsad information kring ämnet. Biokol tillverkad av slam kan dock innehålla en hög fosforhalt, vilket kan vara problematiskt för dagvattenrening, men positivt ur ett växtperspektiv. Vidare forskning på ämnet skulle ge oss mer information om hur det praktiskt kan appliceras i olika regnbäddar:

- Går det att tillverka biokol från slam för rening av dagvatten?

Ytterligare något som skulle behöva undersökas och som ett flertal informanter även undrat över är om biokol blir mättat i anläggningar, och på grund av det med tiden behöver bytas ut:

- Blir biokol närings-, vatten- och föroreningsmättat över tiden, och behöver det bytas ut i regnbäddar?

Det hade varit intressant att kontakta olika kommuner och konsultbolag som använder sig av Stockholmsmodellen och undersöka huruvida de anpassas utifrån syfte och plats:

- I vilken utsträckning används Stockholmsmodellen till dagvattenrening i Sverige, finns det möjlighet till förbättring?

Med tanke på den stora ökade användningen av biokolsbaserade växtsubstrat, skulle det också vara intressant att undersöka om de som projekterar regnbäddar med biokol specificerar biokolets ursprung och funktion, eller om beställare och entreprenörer bara väljer det billigaste alternativet på marknaden:

- Hur mycket information har beställare och entreprenörer till sitt förfogade vid anläggning av regnbäddar?

## 5.7 Slutsats

Utifrån våra resultat har vi förstått att både dagvatten och biokol innehåller en viss mängd näring, och att tillsatt näring troligen inte behövs i en regnbädd med växter. Det krävs att växter väljs utifrån platsens förutsättningar såsom föroreningar, näringshalt och ståndort. För bästa reningseffekt i regnbäddar bör biokolen vara en oladdad vedbaserad biokol och växterna ska tåla näringsfattiga förhållanden.

Näringsläckage är ett stort miljöproblem som orsakar att vattenkvaliteten försämras. När det tillsätts för stor mängd näring i regnbäddar kan det resultera i försämrad vattenkvalitet på recipienten, dock gynnar näringen växterna men inte dagvattnet. När en regnbädd har en stor genomsläpplighet hinner inte föroreningarna bindas till biokolet vilket gör att vattnet inte renas. Den höga pyrolystemperaturen påverkar biokolets positiva egenskaper att binda näring samt rena och binda vatten.

Okunskapen kring biokol är stor, det saknas forskning och kunskap på och om den svenska marknaden vilket sannolikt leder till att biokol ibland används på fel sätt och med fel syfte. Efter intervjuer med bransch-kunniga personer har vikten av att välja "rätt" typ av biokol framgått. Ogödslad eller gödslad, stora fraktioner eller små fraktioner. Vilka val man gör beror på vad syftet med användningen av biokol

är i varje enskilt fall. Genom att använda biokol på rätt sätt finns det potential att minska koldioxidutsläpp, få ett bättre stadsklimat och en god vattenkvalitet.



## Referenser

- Ahmad, M.S.A. & Ashraf, M. (2011). Essential Roles and Hazardous Effects of Nickel in Plants. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 125–167. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0668-6\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0668-6_6)
- Allard, A.S., Hansson, K., Ejhed, H., Hållén, J., Jutterström, S., Lind, E., Olshammar, M., Nguyen, M. & Stadmark, J. (2018). *Belastning och påverkan från dagvatten - Källor till föroreningar i dagvatten, potentiell effekt, och jämförelser med belastning från andra källor*. (12). Norrköping: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut. <https://www.naturvardsverket.se/contentassets/34e231a6ea91468ba0168816d8e3abd1/belastning-och-paverkan-fran-dagvatten-smed-underlagsrapport.pdf>
- Alm, H., Fagerberg, J., Olsson, G., Pettersson Skog, A., Ståhl, Ö. & Yman, A. (2011). *Norra Djurgårdsstaden dagvattenstrategi - Riktlinjer och principlösningar*. Stockholm: Sweco & Stockholms Stad. <https://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/tema/klimat/dagvatten/Dagvat tenstrategi-Norra-Djurg%C3%A5rdsstaden-2011.pdf>
- Bian, H., Deng, J., Ding, X., Li, Y., Ma, F., Niu, Y., Yao, X. & Zou, D. (2018). Effect of water cadmium concentration and water level on the growth performance of *Salix triandroides* cuttings. *Environmental science and pollution research international*, 25 (8), 8002–8011. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-1158-9>
- Biokol (2023). *Klimatpositiv jordförbättring*. <https://www.biokol.se/> [2023-02-27]
- Björkvald, L., Herbert, R., Johansson, K. & Wällstedt, T. (2009). *Bakgrundshalter av metaller i Svenska inlands- och kustvatten*. (2009:12). Uppsala: SLU Institutionen för vatten och miljö. [https://pub.epsilon.slu.se/12590/7/herbert\\_r\\_etal\\_gamla\\_pb\\_150908.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/12590/7/herbert_r_etal_gamla_pb_150908.pdf)
- Blanco-Canqui, H. (2019). Biochar and Water Quality. *Journal of environmental quality*, 48 (1), 2–15. <https://doi.org/10.2134/jeq2018.06.0248>
- Blecken, G. & Viklander, M. (2022). *Rening av dagvatten i biofilter: Effekt av biokol som tillsats i filtermaterialet*. (Slutrapport Projekt NV-06919-21). Luleå: Luleå tekniska universitet. [https://www.ltu.se/cms\\_fs/1.215914!/file/Rapport%20Biokol-biofilter\\_NV-06919-21.pdf](https://www.ltu.se/cms_fs/1.215914!/file/Rapport%20Biokol-biofilter_NV-06919-21.pdf)
- Blecken, G-T. (2016). *Kunskapssammanställning dagvattenrening*. 2016-05. Bromma: Svenskt Vatten AB. [https://www.svensktvatten.se/contentassets/979b8e35d47147ff87ef80a1a3c0b999/svu-rapport\\_2016-05.pdf](https://www.svensktvatten.se/contentassets/979b8e35d47147ff87ef80a1a3c0b999/svu-rapport_2016-05.pdf)

- Blecken, G-T. & Larm, T. (2019). *Utveckling Utformning och dimensionering av anläggningar för rening och flödesutjämning av dagvatten*. (Nr 2019-20). Bromma: Svenskt Vatten Utveckling.  
<https://www.svensktvatten.se/contentassets/c8abaf832f154888aa018c23752bf5a9/svu-920.pdf>
- Billberger, M. (2018). *Vägsalt*. (2018). Borlänge: Trafikverket.  
[https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/57375/Ineko.Product.RelatedFiles/2018\\_210\\_Vagsalt\\_inriktning\\_for\\_optimering\\_av\\_nyttor\\_och\\_samtidig\\_minimering\\_av\\_miljoeffekter\\_.pdf](https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/57375/Ineko.Product.RelatedFiles/2018_210_Vagsalt_inriktning_for_optimering_av_nyttor_och_samtidig_minimering_av_miljoeffekter_.pdf) [2023-02-01]
- Blombäck, K., Dahlin, S. & Eriksson, J. (2020). *Markvetenskap för landskapsingenjörsutbildningarna i Uppsala*. [Internt material]. Uppsala: Institutionen för mark och miljö, SLU.
- Boverket (2019). *Vad kan man göra för att bevara, utveckla eller skapa ekosystemtjänster på hårdgjorda ytor?*. [https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/platser/hardgjorda/starka\\_hardgjort/](https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/platser/hardgjorda/starka_hardgjort/) [2023-01-25]
- Bryman, A. (2018). *Samhällsvetenskapliga metoder*. 3 uppl., Stockholm: Liber.
- Dalen, M. (2015). *Intervju som metod*. 2 uppl., Malmö: Gleerups.
- Deletic, A., Fletcher, T. Read, J., & Wevill, T. (2007). Variation among plant species in pollutant removal from stormwater in biofiltration systems. *Water research*. 42 (4), 893–902. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.08.036>
- EBC (2022). *Guidelines for a sustainable production of biochar*. [Broschyr]. 10.1. Arbaz: European Biochar Foundation. [https://www.european-biochar.org/media/doc/2/version\\_en\\_10\\_1.pdf](https://www.european-biochar.org/media/doc/2/version_en_10_1.pdf) [2023-03-01]
- European Biochar Certificate (u.å.). *The European Biochar Certificate (EBC)*. <https://www.european-biochar.org/en> [2023-01-26]
- Egelberg, P. & Wold, S. (u.å.). *Utvärdering av regnbäddar - testanläggningar Värmdövägen*. (Slutrapport NV-05802-20). Nacka: Nacka kommun.  
<https://www.naturvardsverket.se/globalassets/amnen/avlopp/resultat/rapport-regnbaddar.pdf>
- Fatemi, H., Esmail Pour, B. & Rizwan, M. (2021). Foliar application of silicon nanoparticles affected the growth, vitamin C, flavonoid, and antioxidant enzyme activities of coriander (*Coriandrum sativum* L.) plants grown in lead (Pb)-spiked soil. *Environmental science and pollution research international*. 28 (2), 1417–1425. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10549-x>
- Form Magazine (2017). *Alla föreläsare från symposium*. [Broschyr].  
<http://www.formmagazine.com/app/uploads/2017/01/Alla-forelasare-Form-Symposium.pdf> [2023-03-07]
- Fransson, A.M., Gustafsson, M., Malmberg, J. & Paulsson, M. (2020). *Biokolhandboken – för användare*. [Handbok]. Rest till Bäst. <https://klimatkommunerna.se/wp-content/uploads/2021/01/handbok-biokol-2020-lacc8agupplocc88st.pdf> [2023-01-26]
- Fransson, A.M., Jönsson Belyazid U., Malmberg, J. & Paulsson, M. (2019). Biokol - det nya svarta i gröna klimatskal. *Bygg & Teknik*, 2019-05-23.

- <https://byggteknikforlaget.se/biokol-det-nya-svarta-i-grona-klimatskal/> [2023-02-14]
- Fridell, K. & Jergmo, F. (2015). *Regnbäddar - biofilter för behandling av dagvatten*. [Faktablad]. Alnarp: Movium. #2 - 2015.  
[http://godaexempel.dagvattenguiden.se/wp-content/uploads/2016/12/%C3%96reingev%C3%A4gen\\_movium\\_fakta\\_2-2015\\_rangbaddar-slutlig.pdf](http://godaexempel.dagvattenguiden.se/wp-content/uploads/2016/12/%C3%96reingev%C3%A4gen_movium_fakta_2-2015_rangbaddar-slutlig.pdf) [2023-01-25]
- Ghosh, S., Ow, L.F. & Wilson, B. (2015). Influence of biochar and compost on soil properties and tree growth in a tropical urban environment. *International journal of environmental science and technology*. 12 (4), 1303–1310.  
<https://doi.org/10.1007/s13762-014-0508-0>
- Gustafsson, M. (2020). *Checklista EBC: Stöd vis certifiering av biokolproduktion enligt European Biochar Certificate*. EcoTopic AB. <https://www.biokol.se/wp-content/uploads/2021/03/biokol-se-ebc-checklista.pdf>
- Hale, R.C., Smith, C.L., de Fur, P.O., Harvey, E., Bush, E.O., La Guardia, M.J. & Vadas, G.G. (2000). Nonylphenols in sediments and effluents associated with diverse wastewater outfalls. *Environmental toxicology and chemistry*, 19 (4), 946–952.  
<https://doi.org/10.1002/etc.5620190423>
- Havs och Vattenmyndigheten. (2019). *Övergödning*.  
<https://www.google.com/url?q=https://www.havochvatten.se/miljopaverkan-och-atgarder/miljopaverkan/overgodning.html&sa=D&source=docs&ust=1677062791332075&usg=AOvVaw2AJP7fqNqxxz9UYi67FpNK> [2023-02-22]
- Holmqvist, J. & Mattsson, E. (2022). *Naturbaserade lösningar i urbana miljöer*. (Nr C 660). Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1647936/FULLTEXT01.pdf>
- Jeffery, S., Verheijen, F. G. A., van der Velde, M. & Bastos, A. C. (2011). A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 144, 175–187.  
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.08.015>
- Kayhanian, M. (2011). Trend and concentrations of legacy lead (Pb) in highway runoff. *Environmental Pollution*, 160, 169–177.  
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.09.009>
- Klimatanpassning (2019). *Algblomning*. <https://www.klimatanpassning.se/hur-samhallet-paverkas/naturmiljo-och-ekosystem/algblomning-1.151155> [2023-02-22]
- Klimatanpassning (2022). *Dagvatten och spillvatten*.  
<https://www.klimatanpassning.se/hur-samhallet-paverkas/vatten-och-avlopp/dagvatten-och-spillvatten-1.107468> [2023-01-25]
- Liu, A., Goonetilleke, A. & Egodawatta, P. (2015). *Role of Rainfall and Catchment Characteristics on Urban Stormwater Quality*. 1 uppl., Singapore: Springer Singapore.
- Lorenz, K. & Lal, R. (2014). Biochar application to soil for climate change mitigation by soil organic carbon sequestration. *Journal of plant nutrition and soil science*. 177 (5), 651–670. <https://doi.org/10.1002/jpln.201400058>

- LTU - Luleå tekniska universitet (2017). *Föroreningar i dagvatten*. Naturvårdsverket.  
<https://www.naturvardsverket.se/globalassets/om-miljoarbetet/forskning/fororeningar-i-dagvatten.pdf>
- Lundh, J. (2019). *Dagvattenutredning Bälunge 1:51*. (1.0). Uppsala: Geosigma.  
[https://bygg.uppsala.se/globalassets/upsala-vaxer/dokument/stadsplanering--utveckling/detaljplanering/samrad\\_granskning/balunge-151-samrad/4b-dagvattenutredning-2019-06-10.pdf](https://bygg.uppsala.se/globalassets/upsala-vaxer/dokument/stadsplanering--utveckling/detaljplanering/samrad_granskning/balunge-151-samrad/4b-dagvattenutredning-2019-06-10.pdf)
- Mohanty, S. K., Valenca, R., Berger, A. W., Yu, I. K. M., Xiong, X., Saunders, T. M., & Tsang, D. C. W. (2018). Plenty of room for carbon on the ground: Potential applications of biochar for stormwater treatment. *Science of the Total Environment*. 625, 1644-1658. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.037>
- Morais, S., Fonseca, H.M.A.C., Oliveira, S.M.R., Oliveira, H., Gupta, V.K., Sharma, B. & Pereira, M. de L. (2021). Environmental and health hazards of chromated copper arsenate-treated wood: A review. *International journal of environmental research and public health*. 18 (11), 5518.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph18115518>
- Mukherjee, A., Zimmerman, A.R. & Harris, W. (2011). Surface chemistry variations among a series of laboratory-produced biochars. *Geoderma*. 163, 247–255.  
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.04.021>
- Möller, V. (2022). Bokashi eller kompost – vad är bäst för klimatet?. *Landets Fria Tidning*, 17 maj. <https://landetsfria.nu/2022/nummer-323/bokashi-eller-kompost-vad-ar-bast-for-klimatet/> [2023-03-03]
- Nationalencyklopedin (u.å. a). *Avrinningsområde*.  
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/avrinningsomrade> [2023-03-06]
- Nationalencyklopedin (u.å. b). *Tillrinningsområde*.  
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/tillrinningsomrade> [2023-03-06]
- Naturvårdsverket (u.å. a). *Dagvatten i ett förändrat klimat*.  
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/avlopp/dagvatten/dagvatten-i-ett-forandrat-klimat/> [2023-01-25]
- Naturvårdsverket (u.å. b). *Fakta om zink*.  
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/miljoforooreningar/metaller/fakta-om-zink/> [2023-02-21]
- Naturvårdsverket (u.å. c). *Utsläpp i siffror- Antracen*.  
<https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/sv/Amnen/Ovriga-organiska-amnen/Antracen/> [2023-02-27]
- Nohrstedt, L. (2017). *Klimatnyttan med biokolen granskas*. NyTeknik, 21 mars.  
<https://www.nyteknik.se/energi/klimatnyttan-med-biokolen-granskas-6832218>  
 [2023-01-23]
- Odla med naturen (u.å.). *Mikrolivet*. <https://odlamednaturen.se/kunskapsbank/mikrolivet/>  
 [2023-03-03]
- Olsson, J., Berg, P., Eronn, A., Simonsson, L., Södling, J., Wern, L. & Yang, W. (2017). Extremregn i nuvarande och framtida klimat – Analyser av observationer och

- framtidsscenarier. (47). Norrköping: SMHI.  
[https://www.smhi.se/polopoly\\_fs/1.133265!/klimatologi\\_47\\_3.pdf](https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.133265!/klimatologi_47_3.pdf)
- Paulsson, M. (2019). *Biokol - mer än en kolsänka*. [PowerPoint]. Lunds kommun.  
<https://klimatkommunerna.se/wp-content/uploads/2019/11/rest-till-bast-kolsankor-2019-09-26.pdf> [2023-02-03]
- Payne, E.G.I., Hatt, B.E., Deletic, A., Dobbie, M.F., McCarthy, D.T. & Chandrasena, G.I. (2015). *Adoption, Guidelines for Stormwater Biofiltration Systems*. 2 uppl., Melbourne: Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities.
- Perenner.se (2021). *Ståndort - Välj perenner efter växtplats*. <https://perenner.se/standort-valj-perenner-efter-vaxtplats/> [2023-03-06]
- Prendergast-Miller, M.T., Duvall, M. & Sohi, S.P. (2014). Biochar–root interactions are mediated by biochar nutrient content and impacts on soil nutrient availability. *European journal of soil science*. 65 (1), 173–185.  
<https://doi.org/10.1111/ejss.12079>
- Rena sediment (u.å.). *Förorenade sediment i Sverige - hur ser det ut?*.  
<https://www.renasediment.se/om-foroenade-sediment/foroenade-sediment-i-sverige/> [2023-02-22]
- SFS 2006:412. *Lag om allmänna vattentjänster*. Stockholm: Klimat- och näringslivsdepartementet
- SGU (u.å. a). *Effekter på föroreningar i mark och vatten av ett förändrat klimat*.  
<https://www.sgu.se/samhallsplanering/planering-och-markanvandning/grundvatten-i-planeringen/klimatforandringar/klimatforandringar-effekter/> [2023-02-22]
- SGU (u.å. b). *Grundvatten*. <https://www.sgu.se/grundvatten/> [2023-02-22]
- SGU (u.å. c). *Så påverkar klimatförändringarna grundvattnet*.  
<https://www.sgu.se/grundvatten/paverkan-grundvatten/> [2023-02-22]
- Skogsencyklopedin (2000). *Markvatten*. <https://www.skogen.se/glossary/markvatten> [2023-03-03]
- Sohi, S.P. (2012). Carbon Storage with Benefits. *Science*. 338 (6110), 1034–1035.  
<https://doi.org/10.1126/science.1225987>
- Stockholms stad (u.å.). *Biokol*. <https://parker.stockholm/vaxter-djur/trad/biokol/> [2023-03-01]
- Stockholms stad (2017). *Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok*. [Handbok]. Stockholm: Stockholms stad. 3:e uppl. 2017. [https://leverantor.stockholm/globalassets/foretag-och-organisationer/leverantor-och-utforare/entreprenad-i-stockholms-stads-offentliga-rum/vaxtbaddshandboken/vaxtbaddar\\_i\\_stockholm\\_2017.pdf](https://leverantor.stockholm/globalassets/foretag-och-organisationer/leverantor-och-utforare/entreprenad-i-stockholms-stads-offentliga-rum/vaxtbaddshandboken/vaxtbaddar_i_stockholm_2017.pdf) [2023-01-25]
- Stockholms stad (2019). *Gröna lösningar för en bättre ljudmiljö*. [Handbok]. Stockholm: Stockholms stad.  
<https://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/tema/buller/Grona-losningar-for-en-battare-ljudmiljo.pdf> [2023-03-03]

- Stockholms stad (2022). *Nonylfenoler i rötslam*. <https://miljobarometern.stockholm.se/miljogifter/nonyl-och-oktylfenol/nonylfenol-i-rotslam/> [2023-02-27]
- StormTac (2023). *Guide StormTac Web*. [Internt material].
- Structor (2019). *Dagvattenutredning - Centrala Vallentuna*. Vallentuna: Vallentuna kommun  
<https://dok.vallentuna.se/file/bo%20och%20bygga%2Fdetaljplaner%2Fp%C3%A5g%C3%A5ende%2Fsamr%C3%A5d%2Fsamr%C3%A5d%20gamla%20polis-huset%2FDagvattenutredning%20Centrala%20Vallentuna%202019-04-02.pdf>
- Svanen (u.å.). *Om EU-Blomman*. <https://www.svanen.se/Om-EU-Blomman/> [2023-01-26]
- Svensk Torv (2021). *Torv - bästa basen för odlingsjord*. <https://svensktorv.se/torv-basta-basen-for-odlingsjord/> [2023-03-04]
- Svenskt Vatten (2019). *P110 - Avledning av dag-, drän- och spillvatten - Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem*. 2 uppl., Bromma.
- Svenskt Vatten (2022). *Miljö kvalitetsnormer för vatten och hav*.  
<https://www.svensktvatten.se/vattentjanster/avlopp-och-miljo/utslapp-och-recipient/miljokvalitetsnormer/> [2023-01-30]
- Sveriges miljömål (2022). *Grundvatten av god kvalitet*.  
<https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/grundvatten-av-god-kvalitet/> [2023-02-22]
- Takamura-Enya, T. & Tokutake, M. (2016). Novel speciation analysis of copper in river water: observation of soluble anionic copper–ligand complexes. *Limnology*. 17(2), 117–125. <https://doi.org/10.1007/s10201-015-0468-1>
- Tilghman, A. & Oris, J.T. (1991). Anthracene reduces reproductive potential is maternally transferred during long-term exposure in fathead minnows. *Aquatic Toxicology*. 19(3), 249-64. [https://doi.org/10.1016/0166-445X\(91\)90022-2](https://doi.org/10.1016/0166-445X(91)90022-2)
- Tomczyk, A., Sokołowska, Z. & Boguta, P. (2020). Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Reviews in environmental science and biotechnology*, 19 (1), 191–215. <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09523-3>
- Uppsala kommun (2021). *Yttrande över detaljplan Västra Librobäck, samråd*. (2019-3483-PL rev MHN AU 2021-02-03). Uppsala: Miljöförvaltningen
- VA-guiden (u.å.). *Nedsänkta växtbäddar*.  
<https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/nedsankt-vaxtbadd/> [2023-01-30]
- Vattenmyndigheterna (u.å.). *Miljö kvalitetsnormer för vatten*.  
<https://www.vattenmyndigheterna.se/vattenforvaltning/miljokvalitetsnormer-for-vatten.html> [2023-01-30]
- Vetenskapsradion Klotet* (2015). Biokol- den nya svarta guldet. [Radioprogram]. Sveriges Radio, P1 1 april. <https://sverigesradio.se/avsnitt/522884> [2023-02-14]
- Vilvanathan, S. & Shanthakumar, S. (2017). Column adsorption studies on nickel and cobalt removal from aqueous solution using native and biochar form of *Tectona*

- grandis*. *Environmental Progress & Sustainable Energy*. 36, 1030-1038.  
<https://doi.org/10.1002/ep.12567>
- Wang, C., Wang, Y. & Herath, H.M.S.K. (2017). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in biochar – Their formation, occurrence and analysis: A review. *Organic geochemistry*. 114, 1–11.  
<https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2017.09.001>
- Wehlin, A. & Åkerman, S. (2022). *Anvisningar och principlösningar för dagvattenhantering på kvarterersmark och allmän plats*. (4). Nacka: Nacka kommun. [https://www.nacka.se/4aacda/globalassets/underwebbar/teknisk-handbok/aktuella-bilagor/del-8-vatten-och-avfall/anvisningar-for-dagvattenhantering\\_version4.0-2022-10-12.pdf](https://www.nacka.se/4aacda/globalassets/underwebbar/teknisk-handbok/aktuella-bilagor/del-8-vatten-och-avfall/anvisningar-for-dagvattenhantering_version4.0-2022-10-12.pdf)
- Yapoga, S., Ossey, Y.B. & Kouamé, V. (2013). Phytoremediation of Zinc, Cadmium, Copper and Chrome from Industrial Wastewater by *Eichhornia Crassipes*. *International journal of conservation science*. 4 (1), 81–86.  
<https://doaj.org/article/d306b8e293924746a2ec36494e1cf28c>

## Bilaga 1

1. Vad har du studerat? Var arbetar du? Vad är din nuvarande roll?
2. Har du observerat att växter påverkas av biokolsanvändning i regnbäddar?
  - Om ja: På vilket sätt?
3. Har du observerat att vattenkvaliteten påverkas av biokolsanvändning i regnbäddar?
  - Om ja: På vilket sätt?
4. Har du reflekterat över eller uppmätt näringsläckage från växtbäddar med biokol?
  - Om ja: Har det åtgärdats? Har det gjorts några tekniska förändringar, vilka? Hur påverkade det växterna/dagvattnet?
5. I regnbäddar med biokol, har du reflekterat över eller uppmätt om vattnet renas från föroreningar och/eller näringsämnen?
6. Vilka fördelar och nackdelar har du upplevt med biokol?
7. Hur tror du framtiden kommer se ut för användningen av biokol?
8. Hur tänker du kring ekonomiska och samhällsetiska aspekter för biokol?
9. Tycker du det finns ett optimalt substrat?
10. Om ja: Vilket? Varför? I vilket sammanhang?



## Bilaga 2



HASSELFORS  
GARDEN

### Biokol - EBC ogödsblad

#### Beskrivning

Biokol är organiskt material, vedflis, som hettats upp i hög temperatur utan syre. Vätska och gaser förångas och kvar blir den svarta porösa cellstrukturen av råvaran. Biokol har stor specifik yta och porositet. Biokol i sig är inte gödsel, men bidrar till markens funktioner som frigör näringsämnen och förhindrar dem att läcka till grundvatten.

Det EBC certifierade biokolet har genom certifieringsorganet kontrollerats ur miljö- och hälsoperspektiv, allt från råvara, pyrolysisprocess till renhet av färdigt material.

#### Användning

Biokol används främst som jordförbättringsmedel, inblandat i jorden eller som tillsats i odlingssubstrat. I biokolets porösa struktur kan det lagras stora mängder vatten och näring och den stora ytarealen ger markens mikroliv bra förutsättningar att etablera sig. Största nyttan av biokolets otroliga egenskaper får man i svåra växtförhållanden. Antingen i sandiga magra jordar eller leriga och tunga.

När ogödsblad biokol används som jordförbättring är det en god ide att gödsla jorden med organiskt gödsel samtidigt. Det kallas för att ladda kolet. När biokol blandas i jorden binds en del näringsämnen på dess ytor och blir tillfälligt otillgängliga för växterna.

Biokol används med 5-20 volym% inblandning i jorden. Biokolets pH värde är högt vilket bör tas i beaktande gällande växtval och mängden biokol. Rent biokol används ibland under växtbädden för att filtrera vattnet som rinner ner för att undvika läckage av näringsämnen till grundvatten. Vanliga lagertjockleken är då 50 mm.

Biokol är mycket beständigt och förmultnar inte. Användning av biokol i jord räknas som en kolsänka.

#### Varudeklaration

Råvara: Obehandlad trä från flisproduktion  
Classificering: EBC AgroBio  
Fraktion: 0-20 mm  
Processstemperatur: 700°C  
Färg: Svart

#### Analysresultat:

Kol: 84,6% (DMB)  
H/C<sub>org</sub>: 0,41  
Specifik yta: 300m<sup>2</sup>/g (BET)  
Askhalt: 3,0%  
Densitet: ca 200 kg/m<sup>3</sup>  
Fukthalt: 25,1%  
Torrsubstans 74,9%  
pH 7,9

#### Näringsämnen:

Kväve	0,36 %	Fosfor	<0,1 %
Kalium	0,3 %	Kalcium	0,5 %
Magnesium	<0,1%		

#### Hantering:

Biokol är svart finfördelat material och smutsar ner verktyg vid användning. Undvik att använda vid starkt blåsiga förhållanden. Använd skyddskåder, andningsfilter, skyddshanskar och skyddsglasögon.

**Lagras:** Torrt och med god ventilation

#### Leveransfakta

Volymvikt: 200 kg/m<sup>3</sup>  
Art nr: 50392  
Leveranssätt: storsäck 1,86 m<sup>3</sup>/st

Upplaga 21- 01

Hasselfors Garden AB  
tel 020 - 50 50 70, mark@hasselforsgarden.se  
Box 1813, 701 18 Örebro  
hasselforsgarden.se/landscaping

# Bilaga 3



**Vi lever på ett sätt som hotar vår jord.** Klimatförändringarna är en direkt effekt av våra egna utsläpp. Med skogens biokol kan vi tillsammans binda ner koldioxid i marken och samtidigt skapa extremt bra förutsättningar för att bli självförsörjande av vårt egna grönsaksbehov eller extremt bördiga jordar för utsatta träd i våra städer.

## Vad är då Skogens biokol?

### *Skogens Biokol "Oladdad"*

En del träkol (0-3mm) från lövskog, träkol kan hålla fukt 5 gånger sin egen vikt. Träkol har en porös struktur vilket mikroberna älskar att bosätta sig i. Träkol fungerar som ett filter och stoppar mineraler och organiska ämnen att lämna jorden.

### *Skogens Biokol "Laddad"*

En del träkol (0-3mm) från lövskog, träkol kan hålla fukt 5 gånger sin egen vikt. Träkol har en porös struktur vilket mikroberna älskar att bosätta sig i. Träkol fungerar som ett filter och stoppar mineraler och organiska ämnen att lämna jorden.  
En del komposterad, mogen, sorterad grönkompost gjord av trädgårdsavfall bidrar som organiskt gödningsmedel med högt kväve.

### *Skogens Biokol "Högeffektiv"*

En del träkol (0-3mm) från lövskog, träkol kan hålla fukt 5 gånger sin egen vikt. Träkol har en porös struktur vilket mikroberna älskar att bosätta sig i. Träkol fungerar som ett filter och stoppar mineraler och organiska ämnen att lämna jorden.  
En del komposterad, mogen, sorterad grönkompost gjord av trädgårdsavfall bidrar som organiskt gödningsmedel med högt kväve.  
En del stenmjöl, bidrar mineraler från land.  
En del alger från Island, mineraler från hav.  
En del torv för struktur och bättre luft flöde.  
En del aktiva mikrober (EM1 / mjölksyra) samt slutligen fermenterat i värme 25-30 grader i 2 veckor eller mer.

## Några korta fördelar med Skogens biokol:

Ökar mängden mikrober i jorden.

Luckrar jorden och förenklar rötternas utbredning.

Kol har en porös struktur vilket gör att det kan hålla vatten fem gånger sin egen vikt till dess att växten behöver det.

Träkol har en hög CEC vilket gör att det kan hålla vatten, näring och organisk massa. Det hindrar avrinningar av mineraler och allt detta tillsammans skapar väldigt näringsrika jordar.

Begreppet terra preta som på portugisiska betyder svart jord, har på senare tid blivit en populär benämning för en extremt bördig jord innehållande en hög halt träkol. Terra preta har sitt ursprung från amazonas indianer som för tusen år sedan visade sina otroliga jordbrukskunskaper och efterlämnade en av världens bördigaste jordar.

I vårt fall är biokol en restprodukt från vår grillkol produktion som vi tar till vara på och återanvänder för jordförbättring. Så länge folk grillar kommer vi ha återvänt träkol som fungerar utmärkt som biokol.

## Skogens Biokol "oladdat"

Sida 2

<b>Handelsvara "oladdat" :</b>	100% Skogens träkol producerat i ugn eller retorte (upp till 850 grader) av lövträd. Storlek 0-3mm		
<b>Varudeklaration träkol:</b>	<i>Namn</i>	<i>Cons. w%</i>	<i>Klass</i>
	Fix carbon	65 - 92%	Brännbar
	Flyktiga ämnen	20 - 20%	
	Aska	0,5 - 20 %	
	Optimerad sammansättning för dammfri hantering		
<b>Förpackning:</b>	<i>Namn</i>	<i>Storlek</i>	
	Skogens Biokol BigBag	BigBag 1,5m <sup>3</sup> cirka 750kg	
	Skogens Biokol Bulk	1m <sup>3</sup> cirka 500kg	
<b>Klass:</b>	Enligt lag måste all grill- och biokol som importeras och tillverkas till/i Sverige 2015 och framåt vara REACH certifierat! Vårt registreringsnummer YE548046-31		



Hälsinge Kol & Trä AB  
 Andreas Wengelin  
 Stationsgatan 31  
 823 30 KILAFORS

**AR-19-SL-215517-01**
**EUSELI2-00679104**

Kundnummer: SL7652877

 Uppdragsmärkn.  
 Biochar 01

## Analysrapport

Provnummer:	177-2019-09241157				
Provbeskrivning:					
Matris:	Kol				
Provet ankom:	2019-09-24				
Utskriftsdatum:	2019-10-07				
Analysema påbörjades:	2019-09-24				
Provmärkning:	Biochar 01				
Analys	Resultat	Enhet	Måto.	Metod/ref	
Provberedning	<b>1.00</b>			ISO 18283:2006	b)
Total fukt	<b>21.9</b>	%	6%	ISO589:2008 mod/ASTM-D5142:2009	b)
pH	<b>8.8</b>			Skogsstyrelsen 2-2008	b)*
Askhalt	<b>8.6</b>	% Ts	5%	ISO 1171:2010/ASTM-D5142:2009	b)
Askhalt lev.tillstånd	<b>6.7</b>	%	5%	ISO 1171:2010/ASTM-D5142:2009	b)
Flykthalt	<b>21.6</b>	% Ts	5%	ISO 562:2008 mod / ASTM-D5142:2009	b)
Flykthalt lev.tillstånd	<b>16.9</b>	%	5%	ISO 562:2008 mod / ASTM-D5142:2009	b)
C-fix (beräknat)	<b>69.8</b>	% Ts	7%	ISO 562/ASTM-D5142 mod	b)*
C-fix lev.tillstånd (beräknat)	<b>54.5</b>	%	7%	ISO 562/ASTM-D5142 mod	b)*
Svavel S	<b>0.105</b>	% Ts	10%	ASTM-D4239:17	b)
Svavel S lev.tillstånd	<b>0.082</b>	%	10%	ASTM-D4239:17	b)
Klor	<b>0.196</b>	% Ts	15%	ASTM-D4208:2013	c)
Klor Cl lev.tillstånd	<b>0.153</b>	%	15%	ASTM-D4208:2013	c)
Kol C	<b>79.0</b>	% Ts	5%	ASTM-D5373:2016	b)
Kol C lev.tillstånd	<b>61.7</b>	%	5%	ASTM-D5373:2016	b)
Väte H	<b>2.2</b>	% Ts	10%	ASTM-D5373:2016	b)
Väte H Lev.tillstånd	<b>4.2</b>	%	10%	ASTM-D5373:2016	b)
Kväve-N	<b>0.85</b>	% Ts	10%	ASTM-D5373:2016	b)
Kväve N Lev.tillstånd	<b>0.66</b>	%	10%	ASTM-D5373:2016	b)
Syre O (beräknat)	<b>9.1</b>	% Ts		EN 14918:2010 annex E/EN	b)
Syre O Lev.tillstånd (beräknat)	<b>26.6</b>	%		15400:2011 annex E/ASTM-D	b)
				EN 14918:2010 annex E/EN	b)
				15400:2011 annex E/ASTM-D	b)
Emissionsfaktor (beräknat)	<b>103.3</b>	t CO2/TJ			b)*
Volymvikt	<b>304</b>	kg/m <sup>3</sup>	5%	EN 15103:2010 mod/CEN/TS	b)
				15401:2014 mod	
Aluminium Al	<b>6600</b>	mg/kg Ts	25%	EN 13656 mod. / ICP-AES	a)*
Fosfor P	<b>800</b>	mg/kg Ts	20%	EN 13656 mod. / ICP-AES	a)*
Järn Fe	<b>3000</b>	mg/kg Ts	25%	EN 13656 mod. / ICP-AES	a)*
Kadmium Cd	<b>&lt; 1.1</b>	mg/kg Ts	30%	EN 13656 mod. / ICP-MS	a)*
Kalcium Ca	<b>19000</b>	mg/kg Ts	30%	EN 13656 mod. / ICP-AES	a)*
Kalium K	<b>8800</b>	mg/kg Ts	25%	EN 13656 mod. / ICP-AES	a)*
Kisel Si	<b>31000</b>	mg/kg Ts	20%	EN 14385 / ICP-AES	a)*
Magnesium Mg	<b>2700</b>	mg/kg Ts	25%	EN 13656 mod. / ICP-AES	a)*

Denna rapport är elektroniskt signerad.

### Förklaringar

Laboratoriet/laboratorierna är ackrediterade av respektive lands ackrediteringsorgan. Ej ackrediterade analyser är markerade med \*

Mätosäkerheten, om inget annat anges, redovisas som utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktor 2. Undantag relaterat till analyser utförda utanför Sverige kan förekomma. Ytterligare upplysningar samt mätosäkerhet och detektionsnivåer för mikrobiologiska analyser lämnas på begäran.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utförande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten relaterar endast till det insända provet.

AR-007v26

Sida 1 av 3

Provnnummer:	177-2019-09241157				
Provbeskrivning:					
Matris:	Kol				
Provet ankom:	2019-09-24				
Utskriftsdatum:	2019-10-07				
Analyserna påbörjades:	2019-09-24				
Provmärkning:	Biochar 01				
Analys	Resultat	Enhet	Måto.	Metod/ref	
Mangan Mn	220	mg/kg Ts	20%	EN 13656 mod. / ICP-AES	a)*
Natrium Na	3500	mg/kg Ts	20%	EN 13656 mod. / ICP-AES	a)*
Titan Ti	1000	mg/kg Ts	20%	EN 13656 mod. / ICP-AES	a)*
Arsenik As	< 5.3	mg/kg Ts	25%	EN 13656 mod. / ICP-MS	a)*
Antimon Sb	< 5.3	mg/kg Ts	15%	EN 13656 mod. / ICP-MS	a)*
Barium Ba	140	mg/kg Ts	30%	EN 13656 mod. / ICP-AES	a)*
Beryllium Be	< 5.3	mg/kg Ts	30%	EN 13656 mod. / ICP-MS	a)*
Bly Pb	2.9	mg/kg Ts	20%	EN 13656 mod. / ICP-MS	a)*
Kobolt Co	< 5.3	mg/kg Ts	30%	EN 13656 mod. / ICP-MS	a)*
Koppar Cu	55	mg/kg Ts	20%	EN 13656 mod. / ICP-AES	a)*
Krom Cr	20	mg/kg Ts	25%	EN 13656 mod. / ICP-MS	a)*
Molybden Mo	< 42	mg/kg Ts	25%	EN 13656 mod. / ICP-AES	a)*
Nickel Ni	< 5.3	mg/kg Ts	35%	EN 13656 mod. / ICP-MS	a)*
Tenn Sn	< 5.3	mg/kg Ts	20%	EN 13656 mod. / ICP-MS	a)*
Vanadin V	< 5.3	mg/kg Ts	25%	EN 13656 mod. / ICP-MS	a)*
Zink Zn	1300	mg/kg Ts	25%	EN 13656 mod. / ICP-AES	a)*
Bor B	8.7	mg/kg Ts	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028150, utg 2	a)*
Kvicksilver Hg	< 0.047	mg/kg Ts	25%	SS028150mod/SS-EN ISO17852mod	a)*
Kemisk kommentar					
Höjd rapporteringsgräns för metaller i aska på grund av svår matris.					

b)		MJ/kg	kcal/kg	MWh/ton
Kalorimetriskt värmevärde	Leverans tillstånd	22.233	5310	6.174
	Torr prov	28.484	6803	7.910
Effektivt värmevärde	Konstant volym Lev.tillstånd	21.374	5105	5.936
	Konstant volym Torr prov	28.030	6695	7.784
	Konstant volym tp askfritt	30.667	7325	8.516
	Konstant tryck Lev.tillstånd	21.326	5094	5.922
	Konstant tryck Torr prov	28.008	6690	7.778
	Konstant tryck tp askfritt	30.644	7319	8.510

1) Mätosäkerhet 5%

Denna rapport är elektroniskt signerad.

**Förklaringar**

Laboratorier/Laboratorierna är ackrediterade av respektive lands ackrediteringsorgan. Ej ackrediterade analyser är markerade med \*

AR-007v26

Mätosäkerheten, om inget annat anges, redovisas som utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktor 2. Undantag relaterat till analyser utförda utanför Sverige kan förekomma. Ytterligare upplysningar samt mätosäkerhet och detektionsnivåer för mikrobiologiska analyser lämnas på begäran. Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utförande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten relaterar endast till det insända provet.

Sida 2 av 3

## Skogens Biokol "laddat"

Sida 5

**Handelsvara "laddat" Grönkompost:** 50% Skogens träkol producerat i ugn eller retorte (upp till 850 grader) av lövträd. Storlek 0-3mm.  
50% Grönkompost.

<b>Varudeklaration träkol:</b>	<i>Namn</i>	<i>Cons. w%</i>	<i>Klass</i>
	Fix carbon	65 - 92%	Brännbar
	Flyktiga ämnen	20 - 20%	
	Aska	0,5 - 20 %	

<b>Varudeklaration kompost:</b>	<i>Namn</i>	<i>Vikt%</i>
	Varutyp	Jordförbättringsmedel
	Siktning	20 mm
	pH	6-8
	Ledningstal	2-6
	Volymvikt	ca 800 kg/m <sup>3</sup>

### *Sammansättning*

Komposterad, mogen, sorterad grönkompost gjord av trädgårdsavfall. Innehåller inte rötslam, gödsel från djur, hushållsavfall eller rester från livsmedels- industin.

<b>Förpackning:</b>	<i>Namn</i>	<i>Storlek</i>
	Skogens Biokol BigBag	BigBag 1,5m <sup>3</sup> cirka 750kg
	Skogens Biokol Bulk	1m <sup>3</sup> cirka 500kg

**Klass:** Enligt lag måste all grill- och biokol som importeras och tillverkas till/i Sverige 2015 och framåt vara REACH certifierat! Vårt registreringsnummer YE548046-31

<b>Handelsvara högeffektiv biokol :</b>	<p>70% - Europeisk träkol av lövträd producerat i ugn eller retorte (upp till 850 grader). Storlek 0-3mm.          20% - Grönkompost från gräsklipp (organiskt gödningsmedel med högt kväve).          5% - Torv (för struktur och bättre luft flöde).          2,5% - Stenmjöl (mineraler från land).          2,5% - Alger från Island (mineraler från hav).</p> <p>Aktiva mikrober - Laddat med aktiva mikrober (EM1 / mjölksyra) samt slutligen fermenterat i värme 25-30 gardar i 2 veckor eller mer.</p>		
<b>Varudeklaration träkol:</b>	<i>Namn</i>	<i>Cons. w%</i>	<i>Klass</i>
	Fix carbon	65 - 92%	Brännbar
	Flyktiga ämnen	20 - 20%	
	Aska	0,5 - 20 %	
<b>Varudeklaration kompost:</b>	<i>Namn</i>	<i>Vikt%</i>	
	Varutyp	Jordförbättringsmedel	
	Siktning	20 mm	
	pH	6-8	
	Ledningstal	2-6	
	Volymvikt	ca 800 kg/m3	
	<i>Sammansättning</i>		
	Komposterad, mogen, sorterad grönkompost gjord av trädgårdsavfall. Innehåller inte rötslam, gödsel från djur, hushållsavfall eller rester från livsmedels- industin.		
<b>Förpackning:</b>	<i>Namn</i>	<i>Mängd</i>	
	Skogens högeffektiva biokol	25 L	
	Private label	15 L	
<b>Klass:</b>	Enligt lag måste all grill- och biokol som importeras och tillverkas till/i Sverige 2015 och framåt vara REACH certifierat! Vårt registreringsnummer YE548046-31		

Hälsinge Kol & Trä AB  
Hälsinge Kol & Trä AB  
Stationsgatan 31  
823 30 KILAFORS

**AR-20-LT-006011-01**  
**EUSEKR-00053830**  
Kundnummer: LT3008271

## Analysrapport

Provnnummer:	528-2020-05220019	Gödseltyper	Fastgödsel
Provmärkning:	Biokol högeffektiv 01, 18/5		
Provet ankom:	2020-05-22		
Analyserna påbörjades:	2020-05-22 10:35:34		
Analysrapport klar:	2020-05-28		

Analys	Resultat	Enhet	Måto.	Metod/ref	Lab
DR109 Torrsubstans	72.6	%		EU 152/2009, mod.	EUDKHO2
DHN13 Totalkväve (Kjeldahl+dewardas)	15.90	kg/ton		EC 152/2009 mod.	EUDKHL
DHA07 Ammoniumkväve	4.5	kg/ton		EC 152/2009 mod.	EUDKHL
CA503 Foster, total	2.9	kg/ton		DS 259:2003, DS/EN ISO 11885:2009	EUDKVE
CA504 Kalium K	9.4	kg/ton		DS 259:2003, DS/EN ISO 11885:2009	EUDKVE
CA506 Magnesium Mg	2.9	kg/ton		DS 259:2003, DS/EN ISO 11885:2009	EUDKVE
CA507 Natrium Na	2.6	kg/ton		DS 259:2003, DS/EN ISO 11885:2009	EUDKVE
CA508 Svavel S	3.3	kg/ton		DS 259:2003, DS/EN ISO 11885:2009	EUDKVE

Filippa Larsson, Rapportansvarig

Denna rapport är elektroniskt signerad.

### Utförande Laboratorium

EUDKHL Eurofins Steins Laboratorium (Vejen - Food)  
EUDKHO2 Eurofins Agro Testing Denmark A/S (Vejen)  
EUDKVE Eurofins Miljø, Vejen

Laboratoriet/laboratorierna är ackrediterade av respektive lands ackrediteringsorgan. Ej ackrediterade analyser är markerade med \*

Förklaringar:  
\* Ej ackrediterad analys

\*AR-003 v11  
1.67.130516

Måto: Mätosäkerhet

Mätosäkerheten, om inget annat anges, redovisas som utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktor 2. Undantag relaterat till analyser utförda utanför Sverige kan förekomma. Ytterligare upplysningar kan lämnas på begäran. Upplysning om mätosäkerhet och detektionsnivåer för mikrobiologiska analyser lämnas på begäran.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utförande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten relaterar endast till det insända provet.

Sida 1 av 1



## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.