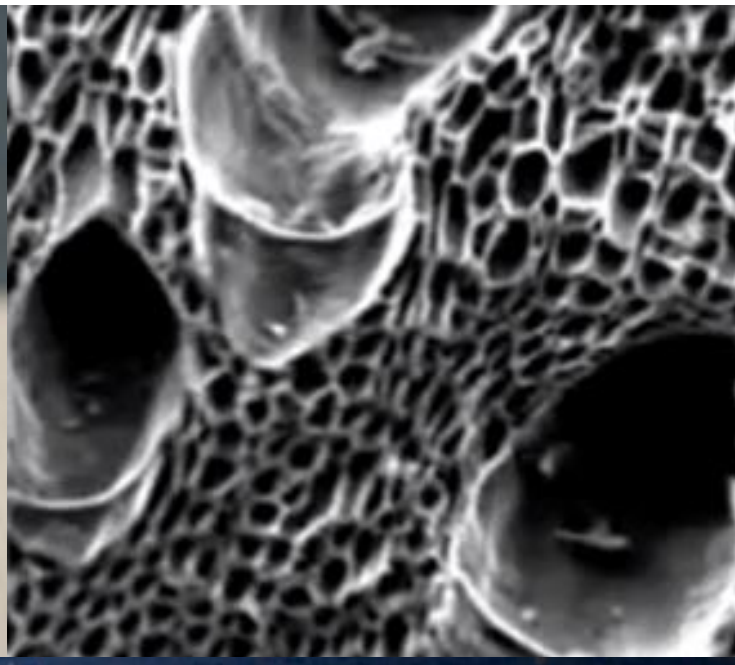
# Biokol i Jönköping – för naturen, klimatet och människorna



Rapportens namn: Biokol i Jönköping – för naturen, klimatet och människorna
April 2020
Referens:  Kimberly Berglöf, Refarm Linné
Webbplats: www.refarmlinne.se
Finansiering: Jönköping Energi, Länsförsäkringar Jönköping, LRF Jönköping, Vätterhem
Författare: Stefan Lundvall, 070 58 99 516 och Claes Hellsten, 076 11 98 462
Fotografier: Fotografier på omslaget är av okända författare och licensieras av https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/. Fotografier från Tammerfors i Finland: Claes Hellsten. Övriga fotografier: Stefan Lundvall.

# Biokol i Jönköping – för naturen, klimatet och människorna

## Innehåll


Inledning ... 1
1. Erfarenheter av biokoltillverkning och klimatkompensering ... 3
Lida ... 3
Stockholm ... 4
Katrineholm ... 6
Tammerfors, Finland ... 7
2. Investerings- och driftkostnader för anläggningar av olika storlek och typ ... 13
Leverantörer med anläggningar i Sverige och Finland ... 13
Fler leverantörer ... 14
Kringkostnader ... 15
Driftskostnader ... 15
3. Anläggningens placering och storlek ... 15
4. Vilken teknik passar bäst? ... 16
5. Kan en mobil anläggning vara ett alternativ? ... 17
6 Vilka hållbarhetskriterier bör användas och hur ska efterlevnad kontrolleras? ... 17
Certifieringssystem ... 17
Hållbarhetskriterier för Jönköpingsmodellen ... 19
7. Tillgång till råvara ... 24
Naturvårdsinsatser ... 24
Trädgårdar och parker ... 29
Tätortsnära skog med friluftsliv och naturvård som skötselmål ... 30
Hästanläggningar ... 30
Restprodukter från jordbruk ... 30
Energiskog i tätorten ... 30
Potentiella råvarukällor som inte undersökts ... 30
8. Logistik och råvarupriser ... 31
9. Användningsområden för biokol och metoder för spridning ... 34
Biokol i jordbruket ... 34
10. Organisering av verksamheten ... 40
A. Kommunalt ägd anläggning, produktion huvudsakligen för eget behov ... 40
B. Privatägt bolag äger anläggningen ... 41
C. Kombination av A och B - två anläggningar med olika ägare ... 41
11. Betalningslösningar ... 41

Inköp av råvara ..... 41
Värme ..... 42
Försäljning av biokol och klimatkompensation/klimatsänka ..... 42
12. Marknadsföring inklusive webblansering ..... 42
13 Ekonomiska kalkyler ..... 42
14. Bidragsmöjligheter ..... 47
15. Diskussion ..... 48
A. Kommunalt ägd anläggning ..... 48
B. Privat bolag äger anläggningen ..... 49
C. Kombination av A och B - två anläggningar med olika ägare ..... 51
Bilagor ..... 52

# Inledning

Denna rapport redovisar resultatet av förstudien "Biokol i Jönköping – för naturen, klimatet och människorna". Syftet med förstudien har varit att undersöka möjligheterna att genom biokoltillverkning bidra till att hejda klimatförändringarna, förbättra jordarnas bördighet, öka biologisk mångfald och förbättra den lokala ekonomin i Jönköping. I global skala kan biokol ge ett stort bidrag till att minska halten koldioxid i atmosfären. Lokalt i Jönköping kan biokol bidra till flera positiva lokala effekter. Denna bild bekräftas av den Klimatpolitiska Vägvalsutredningen som presenterades i januari 2020: "Utredningen bedömer att användning av biokol som jordförbättringsmedel är den teknik som har störst realiserbar potential att bidra till negativa utsläpp i Sverige i mitten av detta sekel".[1]

Förstudien har finansierats av Jönköping Energi, LRF, Länsförsäkringar och Vätterhem. Övriga parter i projektet har varit Refarm Linné och Biosfärområde Östra Vätterbranterna.

Enligt projektplanen skulle följande koncept i första hand studeras

- En biokolanläggning i Biosfärområdet Östra Vätterbranterna som kopplas till en värmecentral för att nyttiggöra värmeenergin
- Bönder och boende i närområdet levererar råvaran mot ersättning
- Biokol sprids på jordbruksmark i biosfärsområdet, i första hand till markägare som levererat biomassan
- Klimatkompensation med tydlig hållbarhetsprofil säljs för att täcka kostnader
- Hållbarhetskriterier för råvaran sätter klimat- och naturvårdskrav
- Spårsystem byggs upp så att den som klimatkompenserat kan spåra var biokolet hamnar
- Lokal och internationell marknadsföring av klimatkompensationen

Under projektet har en utveckling skett som innebär att även andra alternativ har studerats, till exempel när det gäller upptagningsområde, avsättning av biokol och anläggningens placering.

I projektets styrgrupp har följande personer ingått: Anders Friberg - LRF, Claes Hellsten - Biosfärområde Östra Vätterbranterna, Ida Severin - Länsförsäkringar, Kimberly Berglöv - Refarm Linné, Mats Palmérus - Jönköping Energi och Stina Engberg - Vätterhem. I projektgruppen har ingått Stefan Lundvall - Refarm Linné (projektledare), Claes Hellsten - Biosfärområde Östra Vätterbranterna samt Patric Jönnervik och Christoffer Ohlander - Jönköping Energi. Rapportförfattare är Stefan Lundvall och Claes Hellsten.

**Vad är biokol?**

Biokol är en form av träkol. Det finns olika definitioner av biokol men den grundläggande skillnaden mellan träkol i allmänhet och biokol är att syftet med biokol är att användas som jordförbättring och kolsänka. Man kan jämföra med grillkol som också är en form av träkol men som är tillverkad för att fungera som bränsle för grillning. För att kallas biokol bör vissa krav uppfyllas som handlar om miljömässig hållbarhet och beständighet mot omvandling till koldioxid. Kolet ska vara tillverkat så att det kommer att finnas kvar länge i jorden, minst flera decennier. The European Biochar Certificate Foundation använder följande definition av biokol (översatt från engelska[2]):
"Biokol är en heterogen substans som är rik på kol och mineraler. Biokol produceras genom pyrolys av hållbart erhållen biomassa under kontrollerade förhållanden med ren teknik och används för alla ändamål som inte involverar snabb mineralisering till CO2 och kan slutligen användas för jordförbättring".
Till definitionen finns följande förtydligande: "Biokol produceras genom pyrolys av biomassa, en process där organiska ämnen bryts ned vid temperaturer från 350 ° C till 1000 ° C i en process med

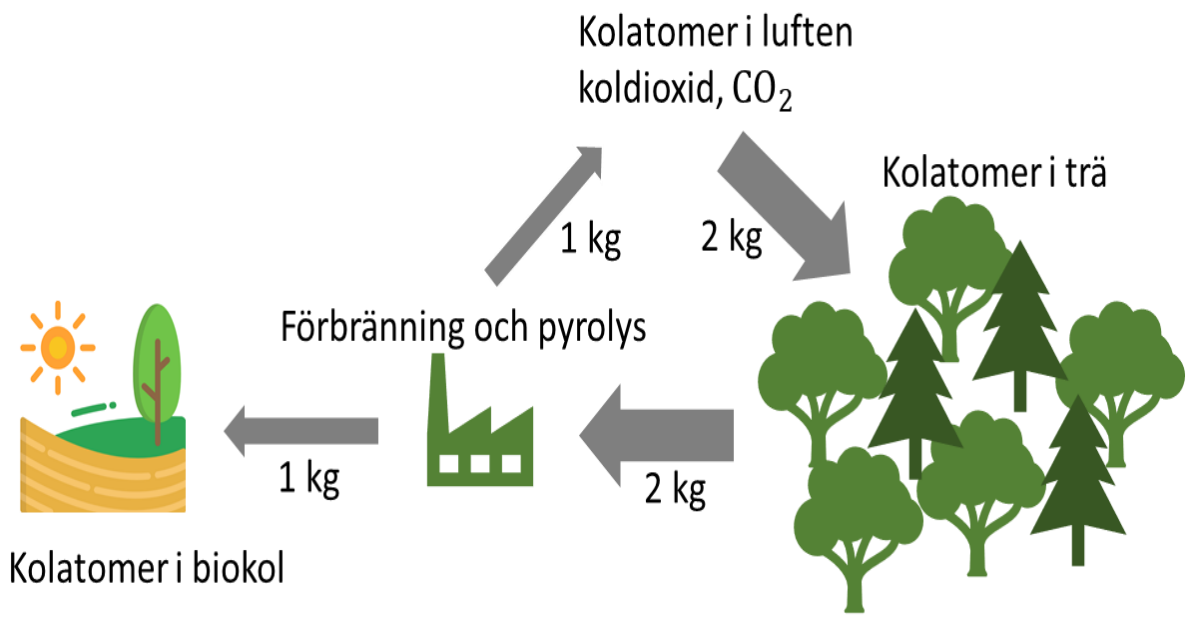
[1] http://www.sou.gov.se/wp-content/uploads/2020/01/SOU-2020_4_webb.pdf
[2] http://www.european-biochar.org/biochar/media/doc/ebc-guidelines.pdf, sid 6

låg syrehalt. Torrefraktion, hydrotermisk karbonisering och koksproduktion är ytterligare karboniseringsprocesser vars slutprodukter dock inte kan kallas biokol enligt ovanstående definition. Biokol är därför specifika pyrolyskol som kännetecknas av deras ytterligare miljömässigt hållbara produktions-, kvalitets- och användningsfunktioner. Förgasning förstås vara en del av pyrolysteknologispektrumet och kan, om den är optimerad för biokolproduktion, vara certifierad enligt EBC".

Biokol kan göras av all form av biomassa. Vid pyrolysen hettas biomassan upp i syrefri miljö. Molekyler som cellulosa och lignin sönderdelas då till gaser och biokol. I biokolet finns förutom kolatomer även aska och bundna kväveatomer. Gaserna förbränns vanligen genom att luft får komma till vilket ger värme som driver pyrolysen vidare. Värmen kan användas i till exempel fjärrvärme.

Som exemplet i figur 1 visar omvandlas ungefär hälften av kolatomerna i biomassan till biokol och hälften förbränns. Biokolet som sedan sprids på åker eller i skogsmark är stabilt och omvandlas inte på tusentals år – kolatomerna återgår alltså inte till atmosfären. Om vi gör 1 kg biokol så gör vi det av trä som tagit upp 2 kg kolatomer får luften. Endast 1 kg går tillbaka till luften. Vi gör tvärtemot vad energibolag med kolgruvor gör. De gräver upp kol som efter förbränning ökar koldioxidhalten i atmosfären.

Biokolprocessen tar alltså bort koldioxid från atmosfären och lagrar kol i jorden. 1 kg biokol i jorden motsvarar ungefär 3,5 kg koldioxid i luften (eftersom koldioxid förutom kolatomer även innehåller syreatomer). Men för att det ska vara klimatsmart måste råvaran tas från en hållbar förvaltning av naturresursen. Idag växer svenska skogen mer än vad som avverkas. Så har det varit i många år och så behöver det förbli många år framöver så att skogstillväxten kan fortsätta att motverka ökad koldioxidhalt. Biokoltillverkningen får inte bidra till att det förhållandet ändras, för då är det ingen poäng från klimatsynpunkt. Utgångspunkten för den här förstudien är en biokoltillverkning som är positiv för både klimat och biologisk mångfald.




Figur 1. Figuren visar hur biokol fungerar som kolsänka genom att för varje kg biokol som lagras i marken minskar mängden kolatomer i atmosfären med 1 kg, vilket motsvarar 3,6 kg koldioxid.

## 1. Erfarenheter av biokoltillverkning och klimatkompensering

Den 21 oktober 2019 genomfördes studiebesök vid tre av Sveriges anläggningar, placerade i Lida utanför Nyköping, i Stockholm och i Katrineholm. Alla anläggningarna är ganska nya, högst några år gamla.

### Lida

I Lida utanför Nyköping ligger konferensanläggningen Lindeborgs i en ombyggd lada[3]. Deras biokolpanna värmer konferensanläggningen och körs vid behov. Vid besöket pågick byggnation av ett växthus i anslutning till biokolpannan. Där ska mer av värmen från biokolpannan tas om hand.

Bild 1. Byggnad där biokolpannan hos Lindeborgs inryms.

**Teknik**

Anläggningen är en Biomacon med en 6 $m^3$ ackumulatortank. Deras anläggning kräver i dagsläget pellets, men den går att bygga om för flis och skal.[1] Pellets köps och levereras med lastbil. Värmeeffekten är 60-100 kW vilket är den minsta anläggningen (effekten varierar beroende på vilket material som den körs på). Vattnet blir 90 grader. Det tar tre timmar för flisen att gå genom anläggningen. Det blir mycket rena rökgaser och ingen tjära.

**Biokolet**

De gör 10-15 ton biokol/år vilket innebär att pannan endast är i drift ett litet antal av årets dagar. De använder 20 procent av biokolet själva och säljer resten. De lägger vatten på biokolet och bokashi för att ladda med näring. Biokolet är inte certifierat. I lerjord ger biokol ökad dränering och ersätter strukturkalkning. Det är mycket mindre kadmium i biokol än i vedaska.

**Ekonomi**

Investeringskostnaden var 700 000 kr. De kör anläggningen vid behov och värmer sin konferensanläggning men håller också på att bygga till ett växthus. Biokolförsäljningen betalar pelletskostnaden. De säljer en kubik för 2 400 kr exkl moms. 1 m3 = 400 kg biokol laddad med vatten och bokashi. Vikten varierar beroende på tex luftfuktighet för biokolet tar åt sig fukt och därför är det bättre sälja per volym.

**Erfarenheter**

Det har varit många barnsjukdomar. Anläggningen i Lida var den andra anläggningen i Sverige och den sjunde som producerades och problemen är troligen lösta i nya anläggningar.

[3] https://www.lindeborgs.com/

## Stockholm

Stockholm vatten har en anläggning i anslutning till en sortergård för trädgårdsavfall. I samband med ombyggnad av sortergården kommer anläggningen flyttas.

Bilderna 2-4. Projektledare Mattias Gustafsson framför biokolpannan i Stockholm och två informationsskyltar på plats.

### Teknik

Pyreg är leverantör. Anläggningen är på 150 kW värme och producerar 250 ton biokol om året. Jämfört med anläggningen i Lida skiljer sig inte effekten så mycket men det skiljer ungefär ca 20-falt i produktion. Den stora skillnaden beror på antalet driftstimmar. I Lida är inte behovet så stort att anläggningen utnyttjas fullt. Stockholmarna lämnar totalt 8 000 ton kvistar och grenar som trädgårdsavfall varje år. 2 500 ton lämnas till sortergården ÅVC trädgård. Av detta flisas 1300 ton till biokolanläggningen. Av bränslet blir hälften gaser och hälften kol.
De har service varje vecka plus att Pyreg kommer var tredje månad.
Anläggningen är gjord för rötslam och därför är temperaturen ca 700 grader. Det är lite för högt om man vill få ut max med biokol.
Utsläppen är låga trots att de inte har någon rökgasrening. Nya krav på NOX kommer 2020, vilket man behöver uppmärksamma.

Energiinnehållet ska vara minst 10 MJ per kg i biomassan som ska in i anläggningen. De levererar 85 grader till fjärrvärmen, det skulle vara enklare om de kunde ge 120 grader. Nya anläggningar från Pyreg ger 120 grader. Biokolen vattnas för att släcka glöden och minska dammet.

**Biokolet**
De tillsätter ingen näring till biokolet. Analys på kolet bör göras en gång om året eller när man byter förutsättningarna tex ny biomassa. De är inte certifierade eftersom de bara säljer internt, men de använder de europeiska certifieringen EBC som grund för sin provtagning.

**Ekonomi**
8 000 ton kvistar och grenar är en kostnad för staden för priserna på flis är dåliga. Därför är det ekonomiskt bra att göra biokol. Ekonomin ligger i kolet som säljs internt. Allmänhet som lämnar trädgårdsavfall får också ta med sig biokol.
Deras kalkyl visar återbetalning på 8 år. Med bidragen kommer det att gå fortare. De fick en miljon euro i projektstöd.
Anläggningen kostade fyra miljoner. Max driftstid är 7 500 timmar per år.
En fyra gånger så stor anläggning kostar 9 miljoner kr.
De säljer biokolet för 4-5 kr kilot (Jämför Lida: 6 kr /kg, men de tillsätter bokashi)
Biokol importeras från Finland för 15 000kr/ton (15 kr/kg). Man säljer på volym och har ett mycket lätt biokol, därav högre kilopris (lågt vatteninnehåll).

**Erfarenheter**
De har haft problem med fel fraktioner, det vill säga för stora flisbitar. De har haft produktionsstopp främst på grund av långa pinnar som kommit med flisen. Det kan vara mycket sten och glas i avfallet. Det är väldigt personberoende, om personalen är noggrann eller inte.
Det finns en 90 graders böj i matning där det ofta blir stopp. Där bör konstruktionen förbättras. Det fungerar för slam men inte för flis som är för stor eller för fuktig. Regn på flis ger problem, nu har de en torkanläggning. Sommar har funkat bra, höst och vinter har varit problem.
Inmatningsutrustning kommer från Tyskland. Projektledaren rekommenderade köp från Sverige för god kvalitet. Idag samlar de biokolet i storsäckar, men container vore en bättre lösning. En lista över projektets lärdomar finns[4]. ***Listan är viktig att ta del av innan satsning genomförs i Jönköping.***

**Övrig information från besöket**
- Största anläggningen i Kina gör 50 000 ton från rishalm. De gör granulat med NPK iblandad som funkar i vanliga spridare.
- Målet för Stockholm är två megawattanläggningar för att hantera sina 8 000 ton biomassa per år. Fortum planerar för 5 MW på långs sikt.
- Certifiering av biokol på gång i Sverige genom svenskt sigill
- Idag importeras mycket biokol till Sverige från Ryssland via Estland. Kvalitén på det biokolet kan ifrågasättas och hur råvaran tas. Rölunda köper bra kol, övriga oklart.

[4] https://mayorschallenge.bloomberg.org/wp-content/uploads/2017/04/Replicating-in-Stockholm-booklet-manual.pdf

## Katrineholm

Anläggning i Katrineholm drivs av ETC-företagen som har energiföretag, byggföretag och driver web-varuhus med mera.

Bilderna 5-8. Nedre bilden till höger visar värmeledningen över till växthuset och i dammen kylrör till generatorn vilket kan behövas på sommaren.

**Teknik**

ETC har en Biomacon på 150 kW värme som värmer två ganska stora växthus.
De köper flis av blandade träslag från Norrköping. Det ska helst vara förtorkning så att man kommer ner till 18 procent i fukthalt (eller ännu lägre). De tar två timmar att köra materialet genom pannan. Det var 682 grader förbränningstemperatur under studiebesöket, men det bör vara över 700 grader C. Som värmeväxlare använder de en Osby Parca flispanna utan brännare.
De har kört ett år utan underhåll och inte haft några stopp. De stänger ner en gång i månaden en halvdag för underhåll av växlaren.
De har även en elgenerator. Till den har de en 9 kubikmeter ackumulatortank. När den kommer upp i 120 grader startar elgeneratorn och går ner till 90 grader i tanken som då behöver värmas igen.

Generatorlösningen kommer från ett Norrköpingsföretag som heter Againity. Anläggningen kan ge 25 kW el men är inte optimerad för el. Solfångare för vatten förvärmer vattnet.
Temperaturen i avgaserna i skorstenen är 100-150 grader i skorsten

**Biokolet**
ETC producerar en kubikmeter biokol per dygn. De har inte analyserat kolet ännu. De säljer biokol genom Ecotopic och som klimatkompensation/klimatinvestering i ETC-varuhuset. Den senare delen blandar de med Bokashi och gräver ner i odlingar. De säljer alltså biokol och klimatkompensation som två olika produkter. Biokolet är en av tre delar i den klimatkompensation som de säljer. De andra två delarna är investering i solceller och fermenterad näring som också grävs ner i jord.

**Ekonomi**
Normalt kräver biokolpannan 2 timmar arbete per dag. De har tillsyn 3 ggr/dag. Johan Ehrenberg som ligger bakom deras biokolsatsning uppger att verksamheten är ekonomiskt lönsam, både försäljningen av biokol och försäljningen av klimatkompensation. De planerar att köpa en till biokolanläggning. De säljer biokolet för mellan 2 000 kr och 5 000 kr per $m^3$, beroende på om det säljs direkt eller som klimatkompensation med inblandning av bokashi. Det motsvarar ungefär 10 – 25 kr/kg.

**Erfarenheter**
Fuktig flis gav problem i början. Flisen bör förtorkas med värme från biokolpannan.

## Tammerfors, Finland
Studiebesök av Claes Hellsten som träffade hela personalstyrkan på företaget Carbofex. Fem personer driver biokolproduktionen och tillverkning av anläggningar samt utvecklar tekniker för användning av biokol inom nya områden.

Bild 9. Carbofex i Tammerfors

Bild 10. Carbofex i Tammerfors

Carbofex anläggning är monterad i en äldre industribyggnad och alltså helt inomhus. Företaget rekommenderar att någon form av väderskydd byggs upp, exempelvis tak och väggar i plåt.

Bil 11. Sampo Tukiainen – vd för Carbofex och den som utvecklat tekniken för anläggningen.

Företaget har under 3 år drivit och utvecklat sin anläggning som har flera patent på tekniska lösningar som de har identifierat som problem i produktionen. Bland annat är en teknik för inmatning av flis under tryck och genom större hål i Carbofexpannan enligt egen utsago unik. Vid studiebesöket i Högdalen hörde vi om upprepade produktionsstopp på Pyreganläggningen som orsakats av pinnar som följer med fliset och täpper till transporten.

Företagets ambition är huvudsakligen att bli försäljare av biokolanläggningar men de driver också sin egen biokolproduktion sedan tre år tillbaka. Huvuddelen av kolet säljs till Sverige (Rölunda) men för att utveckla användningen av biokol i Finland reserveras ca 20 % för den finska marknaden som än så länge visar liten efterfrågan även om intresset växer och en rad försök med användning av biokol pågår.

**Teknik**

Anläggningen är kopplad till Tammerfors fjärrvärmenät och levererar ca 5 000 MWh ren energi. Den beräknas ha ca 7500 driftstimmar/år och producerar då ca 1000 ton kol. Som råvara används nästan uteslutande gran, ca 3 500 ton, från förstagallringar. Inköpsområdet ligger inom 8 mil från anläggningen. Virket flisas på plats av underentreprenör. Pyrolysprocessen sker i ett temperaturintervall mellan 500 och 700 grader (600 grader vanligtvis) och uppehållstiden för materialet är mellan 5-10 minuter. Transporten av flis in i pannan styrs automatisk så att exempelvis blötare råvara får längre uppehållstid. En del av energiinnehållet förbrukas i sådana fall för torkning.

Bild 12. Carbofex.

Carbofex producerar som en bioprodukt även olja. Denna kan eldas direkt eller sparas för framtida bruk. Anläggningen är inte optimerad för oljeproduktion i standardutförande men ger ändå 600 ton/år (25% av energiinnehållet i råvaran). Oljan minskar inte utbytet av biokol utan bildas från de gaser som annars förbränns för att ge värme. Oljan kan eldas direkt eller lagras för användning exempelvis vintertid då värmebehovet är större eller i en anläggning på en annan plats. Om den skall användas som ersättning för diesel krävs raffinering, vatteninnehållet är ca 20 %.

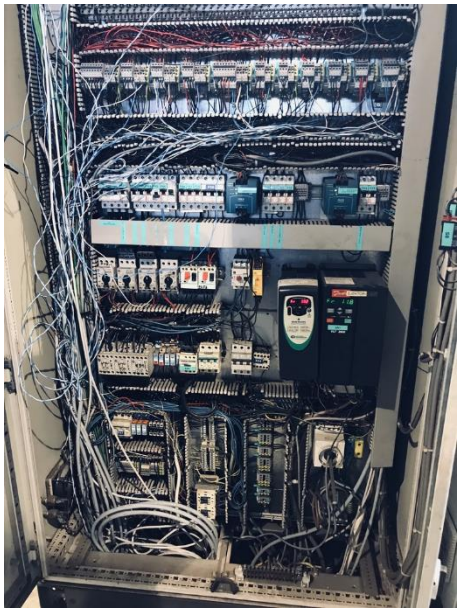


Bild 13. Elektronikskåp för styrning

Hela anläggningen är fjärrstyrd vilket innebär att det manuella arbetet kan begränsas till flisning, påfyllning av spån till tork samt byte av kolsäckar och oljetank. Ljudvolymen inne i byggnaden var vid studiebesöket ganska hög, man kunde nätt och jämnt föra ett samtal utanför kontoret. Detta beroende på att torkanläggningen ligger i direkt anslutning till pannan. Fläktarna som driver torkningen genererar bullret och på baksidan av byggnaden, utomhus, finns den nya torken som både har större kapacitet (3-5 $m^3$/h) och kommer att minska bullret väsentligt.

Antal påfyllningar per vecka styrs av storleken på den silo som automatisk fyller på torken. Den nya silo som byggs har ännu inte dimensionerats och det är denna som avgör hur ofta man manuellt måste hantera flis. Företaget som levererat tork till Carbofex STtec uppger ett ca pris på 200 000 euro för en anläggning som levererar 3-5$m^3$ flis i timmen[5].

[5] https://www.sftec.fi/new/news-en/sftec-and-carbofex-make-an-agreement-on-delivery-of-a-dryer/?lang=en

Bild 14. Torkning

Den luft som används för torkning kommer från ventilationsluft i byggnaden och rökgaser från skorstenen. Torkprocessen minskar alltså inte mängden energi som levereras till fjärrvärmenätet. Carbofex tillverkar inte torkanläggningar men rekommenderar kunder att ändå köpa via dem så att torken avpassas till hela systemet. Råvarans fukthalt bör understiga 36% vid kolning, helst under 20%.

Bild 15.

Den byggnad som används upptar 400 $m^2$ och hela anläggningen inklusive lagringsutrymme för virke uppgår till ca 6 000 $m^2$.

**Biokolet**
Det biokol som produceras har hög kvalitet i flera avseenden. Så är exempelvis sammanvägda halterna av 16 EPA-PAH (polyaromatiska kolväten) 1,7 mg/kg, gränsvärdet i Finland är 4 mg/kg. Dioxin förekommer inte i biokolet då pyrolys sker i syrefri miljö.

Vad gäller kolets kemiska egenskaper tillhandahölls i protokoll från Eurofin, ett företag med verksamhet även i Sverige (och Jönköping). Eurofin är ackrediterade av Swedac enligt SS-EN ISO/IEC 17025 samt certifierade enligt SS-EN ISO 9001(kvalitet) och SS-EN ISO 14001 (miljö).
Carbofex innehar European Biochhar Certificate.

Carbofex har just utvecklat och sökt patent för en metod för att rena eutrofa (övergödda) sjöar genom att "ladda" biokol. Metoden bygger på flytande kassar med kol till vilket näringsrikt bottenvatten pumpas (solcellsdriven anläggning) och passerar kolet som renar vatten från kväve och fosfor (från 500 µg/l till 40 µg/l fosfor) samtidigt som det syresätts. Mättat kol kan sedan användas eller säljas som "laddat" biokol. Man söker en samarbetspartner i Sverige för att testa metoden i större skala (se vidare under "Användningsområde").

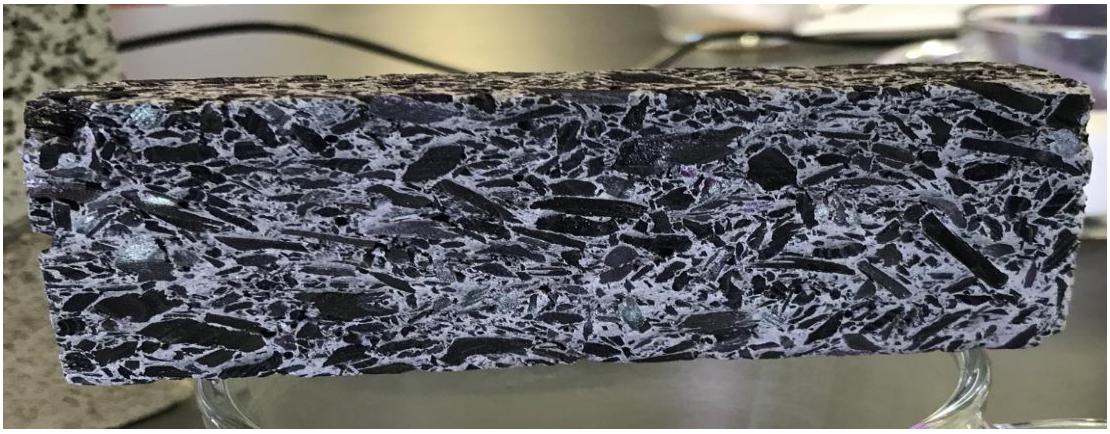


Bild 16. Byggskiva med biokol

En annan produkt som förevisades var byggskivor där sand ersatts med träkol vid betongtillverkning. Slutprodukten består av 80% kol och 20% cement vilket ger skivor med låg vikt vilka andas på samma sätt som trä men till skillnad från trä kan de inte mögla. Skivorna kan också, om de används i byggnader, bidra till att minska halten av skadliga ämnen i inomhusluft samt ta bort behovet av tätskikt (ångspärr).

**Ekonomi**
En anläggning som omfattar allt (även skorsten, styr och reglerutrustning m.m.) från flisinmatning till värme- och kolproduktion kostar 1 500 000 euro (16,3 miljoner SEK).

För enhet som kopplar anläggningen till fjärrvärmenätet tillkommer kostnad på ytterligare ca 5,4 miljoner SEK[6]

Carbofex upplever en mycket stor efterfrågan på kol, de skulle kunna sälja mycket mer till Sverige men deras nuvarande kapacitet täcker bara en del av det Rölunda önskar köpa. Kolet står för ca 90 % av intäkterna som idag uppgår till ca 700 000 euro/år. Målet för 2020 är att komma upp i produktion

[6] Denna kostnad är betydligt högre än vad Jönköping Energi erfar att det vanligen kostar i deras nät.

och försäljning på 1 miljon euro (10,8 milj. SEK). De menar, baserat på sin försäljning till Sverige (och råvaruinköp i Finland), att återbetalningstiden för en investering i en Carbofexanläggning är 2-3 år.

Biokol säljs idag med pris per $m^3$ men Carbofex skulle önska att även kolinnehåll värdesattes (93,6 % i deras produkt) då denna halt kan variera mellan olika tillverkare. Ju högre grad av förkolning desto högre kvalitet på biokolet.

**Erfarenheter**
Som redan nämnts har anläggningen modifierats under de år den varit i drift och exempelvis inmatning av flis görs på annat sätt än vad som annars är brukligt i värmeverk och biokolanläggningar.

Ett stort missöde var när en last med kol som skulle skeppas till Sverige självantände i hamnen. Företaget riskerade att få förbud för transport med båt och idag kyls all kol med vatten under uttransporten från pannan till säckarna. En hög förkolningsgrad (93,6 %) minskar också brandrisken.

Kvaliteten på den flismaskin som används är viktig för att undvika driftsstopp.

## 2. Investerings- och driftkostnader för anläggningar av olika storlek och typ

Att göra träkol är en urgammal teknik men att göra det energieffektivt utan skadliga utsläpp kräver modern teknik. I det här avsnittet har vi sammanställt kortfattad information från några leverantörer av biokolanläggningar som vi hittat under arbetet med förstudien. Först beskriver vi lite närmare några leverantörer som har levererat till Sverige och en leverantör i Finland, därefter en lista på övriga aktörer.

### Leverantörer med anläggningar i Sverige och Finland

**Biomacon**, Tyskland https://www.biomacon.com/kopie-von-farm-edition?lang=en
Företaget levererar anläggningar med värmeeffekt mellan 35 och 500 kW. Nedan ges exempel på tre anläggningar. Enligt de källor som vi varit i kontakt med är pannorna gediget byggda och flexibla så att de gå att reglera för att ta vara på så mycket värme som möjligt eller för att optimera produktionen av kol. Alla bränslen kan köras. Biomacon har återförsäljare i Sverige: Edward Hamilton, eh@biomacon.com . Anläggningar som säljs i Sverige produceras numera i Västergötland.

**Pyreg,** Tyskland https://www.pyreg.de/?lang=en
Företaget levererar två biokolanläggningar med värmeeffekt 500 respektive 1500 kW. Pyreg byggde först en anläggning för att tillverka fosforgödning från avloppsslam men har nu även två modeller utvecklade för biokol. Anläggningen i Stockholm är den tidigare modellen som egentligen tillverkats för slam. I tidningen Bioenergi nr 1-2018 finns en artikel med mer information om Pyreg med anledning av Skånefrös anläggning i Hammenhög[7]. I ett examensarbete från Högskolan i Gävle 2013 finns mer uppgifter om Pyreg[8].

**Carbofex**, Finland, https://www.carbofex.fi/biochar
Företaget tillverkar endast en typ av anläggning och driver egen biokolproduktion i Tammerfors. Anläggningen producerar ca 600 ton bioolja/år och kan byggas om till optimering av oljeproduktionen. Anläggningen är utförligt beskriven på sidorna 7-13.

[7] https://bioenergitidningen.se/biovarme/22-anlaggningar-for-biokol-i-drift

[8] http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:655188/FULLTEXT01.pdf

**Earth systems,** Australien https://www.esenergy.com.au/
Earth systems levererar en mobil containerlösning där man kör in råvaran i korgar istället för transportskruvar vilket innebär att råvaran inte behöver flisas. Den stora fördelen med Earth systems teknik är att anläggningarna kan ta emot kvistar och grenar. Nackdelar är att värmen inte tas tillvara och att råvaran inte kan matas in kontinuerligt. Enligt Mattias Gustafsson, som är konsult inom området och var projektledare för Stockholmsanläggningen, är konceptet på grund av sina fördelar intressant att titta på även för applikation i fjärrvärmesystem. Telge i Södertälje upphandlade i december 2019 direkt från Earthsystems i Australien en anläggning till ett värde av 8 500 000 kr. De har fått bidrag från Klimatklivet.

I tabell 1 finns en sammanställning av inköpspris och bränsleförbrukning för biokolanläggningar från tre leverantörer. Även biokolproduktion, värmeproduktion och leveranstid anges. Alla exempel utgår från en driftstid på 7 500 timmar per år. Uppgifter för mängd producerat kol gäller torrsubstans. Uppgifterna gäller maximal produktion under driftstiden. Det är inte sannolikt att maximal produktion kan upprätthållas hela tiden i verkligheten.

Råvaran är flis från gallringsvirke av gran med energiinnehållet 10 MJ/kg och 40% relativ fuktighet. Alla anläggningar kan ta emot råvara med fukthalter upp till 40% men det minskar effekten då energi går till att driva undan fukten och risken för driftsproblem ökar. Fukthalter under 20 % rekommenderas vilket innebär att anläggningarna behöver kompletteras med någon form av flistork. I inköpspriserna ingår inte kostnader för flistork, skorsten eller anslutning till fjärrvärme. Angivna priser gällde januari 2020. Se vidare kapitel 13 om ekonomiska kalkyler för mer om ekonomin.

Tabell 1. Kostnader och produktion för några anläggningar från Biomacon, Pyreg och Carbofex.

| | **Biomacon160** | **Biomacon250** | **Biomacon400** | **Pyreg500** | **Pyreg1500** | **Carbofex** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kol/år i ton | 180 | 280 | 450 | 220 | 680 | 1000 |
| Värmeeffekt, kW | 160 | 250 | 400 | 150 | 600 | 667 |
| Årsproduktion av värme, MWh | 1 200 | 1 875 | 3 000 | 1 125 | 4 500 | 5 000 |
| Flis/år i $m^3$ s | 3920 | 6120 | 9780 | 3410 | 10 460 | 17 680 |
| Flis/år i ton ts | 780 | 1210 | 1940 | 675 | 2070 | 3500 |
| Inköpspris, kr | 1 850 000 | 2 600 000 | 3 200 000 | 4 500 000 | 12 000 000 | 16 100 000 |
| Leveranstid, år | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 1 | 1 |

Siffrorna i tabellen anger leverantörernas uppgivna maxproduktion med stamved av gran som råvara. Jämförelser mellan de olika fabrikaten är översiktlig och skall tolkas med försiktighet då det är många parametrar som kan påverka utfallet utan att det framgår i en redovisning som ovanstående.

För alla fabrikaten krävs förmodligen en inkörningstid med lägre produktion. Vad som ingår i priset för anläggningarna varierar också (skorsten, transport, installation etc.) och bör vara föremål för förhandling vid en eventuell upphandling.

## Fler leverantörer

**Syncraft,** Österrike, http://www.syncraft.at/index.php/en/menu-products-en/menu-holzgaskraftwerk-en
Detta företag säljer anläggningar som ger el, värme och biokol. Minsta modellen ger 200 kW el, 300-500 kW värme och 2 $m^3$ biokol/timme med en materialåtgång på 140 kg/h. Största modellen ger 500 kW el.
**Carbon Terra,** Tyskland**,** https://www.carbon-terra.eu/en/schottdorf-meiler/schottdorf_anlage

Caron Terra beskrivs i examensarbetet från Högskolan i Gävle 2013[9] som även beskriver Pyreg.
**Biogreen,** Frankrike http://www.biogreen-energy.com/pyrolysis-biomass/
Här finns en broschyr som beskriver deras teknik: http://www.biogreen-energy.com/wp-content/uploads/2017/07/pyroGREEN-brochure-a3@.pdf

Biogreen har flera modeller, bland annat en mobil anläggning inrymd i en drygt 12 meter lång container: http://www.biogreen-energy.com/wp-content/uploads/2013/03/Biogreen-Product-BiogreenCM600-en.pdf

**Pyrocal,** Australien https://www.pyrocal.com.au/system-options

**Beston,** Kina https://bestonpyrolysisplant.com/biochar-production-equipment-sale/

**3Ragrocarbon,** Ungern https://www.3ragrocarbon.com/

### Kringkostnader

Utöver biokolpannan tillkommer kostnader som blir av olika storlek beroende på platsens förutsättningar och anläggningens storlek. Över anläggningen behövs ett tak eller att den placeras i en byggnad. Det tillkommer kostnader för anslutning till fjärrvärme och skorsten, plats för lagring och mottagning av råvara, elanslutning, lagring av biokol samt torkning av flis och maskiner för flisning eller betalning för tjänst att flisa.

Exempel på kostnader är 80 000 kr för Big-bag system med 8 säckar för lagring av biokol och 150 000 kr för fordonsvåg + ramper. En torkanläggning av den typ som används i Stockholm (Akron med 16m$^3$ volym) kostar mellan 300 000 – 400 000 kr beroende på storlek. I detta pris ingår även varmvattenbatteri, fläkt, anslutningar och växelriktare. Carbofex i Finland har en betydligt större tork på 3-5 m3/timme som tillsammans med en flissilo kostar ca 3 000 000 kr.

För anslutning mot fjärrvärmenätet behovs två huvudkomponenter. Värmeväxlare med tillhörande komponenter som pumpar, ventiler, styr mm. Kostnaden är beroende av pannans effekt och kan handla om 900 000 kr för en panna på 600 kW (tex Pyreg 1500) om man inte tar med byggnadsdelar. Utöver det tillkommer själva anslutningen mot distributionsnätet. Att gräva upp och koppla på nätet kostar sällan under 100 000 kr. Dimension, avstånd och marktyp styr resten och 2 500 kr/meter kan vara ett rimligt medelvärde.

### Driftskostnader

Inköp av råvara blir största posten bland driftkostnaderna under förutsättning att anläggningen inte kan ta emot gratis avfall. I och med att trädgårdsavfallet i kommunen framöver kommer att gå till biogasanläggningen, finns troligen inte gratis trädgårdsavfall att tillgå. I kapitel 7, som handlar om tillgång till råvara redovisas priser på flis och andra möjliga råvaror. Näst största driftkostnaden är personal. Se vidare kapitel 13 om ekonomiska kalkyler.

## 3. Anläggningens placering och storlek

Den lämpligaste placeringen av anläggningen påverkas av sammansättningen av produkter som produceras och logistiken kring råvaruförsörjningen. På samma sätt påverkar olika parametrar vilken storlek som är lämpligast.

[9] http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:655188/FULLTEXT01.pdf

För att optimera nyttan för fjärrvärmeproduktionen bör anläggningen placeras i ett fjärrvärmenät med så höga andra bränslekostnader som möjligt, samtidigt som nätet är tillräckligt stort för att kunna hantera all den värme som produceras. I Jönköping Energis fall har nätet i Gränna högre produktionskostnader än nätet i Jönköping samtidigt som det är större än andra smånät som Jönköping Energi driver och som troligtvis kommer byggas ihop med större nät eller inte kan ta emot all värme. Det finns även biokol-teknik som kan producera, helt eller delvis, fraktioner av bioolja istället för fjärrvärme vilket kan påverka behovet av att optimera för fjärrvärme.

Gällande råvaruförsörjningen finns det främst två aspekter som påverkar placeringen av anläggningen. Dels närheten till själva råvarorna (om det till exempel blir Östra vätterbranterna som förser stor del av råvaran), dels möjligheten att utnyttja redan existerande infrastruktur kring logistik (där det på Jönköping Energis anläggning på Torsvik redan idag finns våg, bemanning och ledig yta).

Det som framförallt bör avgöra storlek på anläggningen är i första hand hur mycket råvara som kan förväntas erhållas och i andra hand dimensionering efter att den producerade värmen ska kunna tas omhand på ett bra sätt. Efterfrågan på biokol bedöms vara så stor att den inte påverkar dimensioneringen. Generellt bör större anläggningar ge ökad effektivitet genom stordriftsfördelar samt mer produktionskapacitet per investerad krona, än mindre anläggningar.

## 4. Vilken teknik passar bäst?

Det finns ett antal leverantörer av biokolpannor som alla har sina specifika tekniska lösningar. I en framtida upphandling behöver krav på en anläggning preciseras som stämmer överens med önskemålen. Det kommer begränsa antalet möjliga leverantörer. Ett exempel är Telge i Södertälje som valt en teknik där enda leverantören finns i Australien (Earth Systems). Det finns en mängd olika tekniska lösningar i varje biokolanläggning. I den här studien har vi begränsat oss till att belysa frågorna: 1. Vilka produkter ska komma ut? och 2. Vilken slags råvara kan anläggningen ta emot?

**Produktperspektivet**

Sett utifrån vad som produceras i en biokolanläggning finns fem olika möjligheter tillgängliga på marknaden idag

1. Biokol
2. Biokol och värme
3. Biokol, värme och el
4. Biokol, värme och bioolja
5. Biokol, värme, bioolja och gaser

Att bara tillverka biokol utan att ta vara på överskottsenergin bedömer vi vara slöseri med resurser. Därför faller första alternativet bort. Jönköping Energi bedömer utifrån tidigare erfarenheter att det inte är sannolikt att elproduktion blir kostnadseffektivt i anläggningar av mindre skala. Vi förväntar oss inte att en första biokolanläggning i Jönköping kan vara av större skala än de som leverantörer erbjuder idag. Alternativet som innefattar utvinning av gaser (bland annat metan och vätgas) kräver extra investeringar och ingår inte i denna förstudie. Därför faller alternativen tre och fem bort, varför endast 2 och 4 återstår.

**Råvaruperspektivet**

Biokolanläggningar kan vara mer eller mindre flexibla avseende råvarans storlek, form och vatteninnehåll. Flis är det vanligaste alternativet. Earth Systems i Australien har en anläggning som kan behandla grenar och kvistar genom att materialet läggs i burar som rullas in i en container där pyrolysen sker. En nackdel med deras anläggning är att den inte tillvaratar värmen. En anpassning

och tillbyggnad för överföring till fjärrvärme skulle därför krävas. En annan nackdel är att den inte har teknik för automatisk inmatning vilket ger ojämn effekt och ökade personalkostnader.

Alternativet med biokol och värme är grundalternativet i förstudien, men alternativet där även bioolja produceras är intressant eftersom det ger bättre möjlighet att lagra överskottsenergin. Av undersökta modeller är det endast Carbofex som har oljeseparering (25% av energin) i grundutförande. Produktionen av biokol påverkas inte av oljesepareringen. För kvalitet på oljan se bilaga 1.

## 5. Kan en mobil anläggning vara ett alternativ?

Jönköping Energi har små utbyggnadsnät som behöver försörjas i väntan på anslutning till fjärrvärmesystemet. Eventuellt skulle de kunna försörjas av en biokolpanna som flyttas till ett nytt utbyggnadsnät när anslutning till det stora nätet sker. Som framgått av föregående avsnitt har Earth Systems i Australien en mobil panna, men vi har valt bort den tekniken (kapitel 4). Även Biogreen i Frankrike har en mobil variant. Den kan vara mer intressant eftersom den matar in råvaran löpande, men alternativet har inte studerats närmare. Vi kan också konstatera att det kan vara ett realistiskt alternativ att flytta anläggningar som inte är tillverkade för att vara mobila, särskilt om de är mindre modeller.

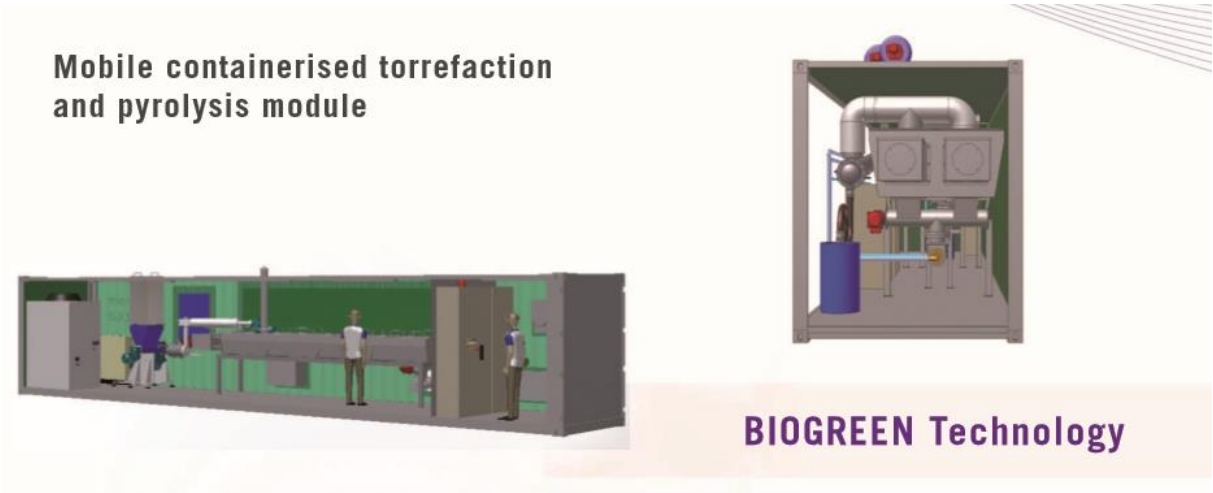



Bild 17 Exempel på mobil modell

## 6 Vilka hållbarhetskriterier bör användas och hur ska efterlevnad kontrolleras?

En del i det koncept som studeras är försäljning av klimatkompensation med hållbarhetsprofil. Verksamheten ska både ge tydlig klimatnytta och tydlig naturvårdsnytta. För att säkerställa detta behövs hållbarhetskriterier och system för att säkerställa att de följs. I detta avsnitt beskrivs det europeiska certifieringssystem för biokol som finns idag och hur hållbarhetskriterier kan se ut för att uppfylla projektplanens syfte.

### Certifieringssystem

Det finns ett europeiskt certifieringssystem för biokol som kallas The European Biochar Certificate (EBC)[10]. Certifieringen drivs av European Biochar Foundation, med säte i Holland. Det finns också riktlinjer (IBI-guidelines/IBI Biochar Standards) utgivna av den världsomspännande organisationen

[10] www.european-biochar.org/

International Biochar Initiative[11]. Systemen är mycket lika varandra och den huvudsakliga skillnaden består i att EBC innehåller en kontroll på plats medan IBI baseras på frivilliga tester (de har certifiering för USA och Kanada). EBC ställer krav på råvaran, det framställda biokolets egenskaper, framställningsprocessen och hälsa-säkerhet[12]. Därutöver finns särskilda krav om certifieringen ska gälla för biokol i djurfoder. Certifieringen kan erhållas på en bas-nivå och en premium-nivå samt särskild certifiering för foder.

På råvaran ställs följande krav

1. Endast organiska ämnen som listas i en positiv-lista[13] får användas för produktion av biokol. I denna ingår en stor mängd material med biologiskt ursprung, tex matavfall, textilier, rötrester från biogasproduktion, trädgårdsavfall och trä.
2. Det måste säkerställas att icke-organiskt avfall som plast, gummi eller elektroniskt skrot avlägsnas tillräckligt.
3. Råvaror måste vara fria från färg, lösningsmedel och andra organiska eller icke-organiska föroreningar.
4. När man använder primärproduktion från jordbruket måste det garanteras att dessa odlats på ett hållbart sätt.
5. Biokol får endast tillverkas av skogsråvara om lämpliga standarder, lagar eller certifikat (t.ex. PEFC eller FSC) kan bevisa hållbar skogsförvaltning.
6. Endast biomassa som har odlats i Europa tillåts.
7. Fullständiga register över råvaror måste föras.

På det framställda biokolets egenskaper ställs följande krav

1. Kolinnehållet måste vara högre än 50%. Pyroliserad hönsgödsel innehållet till exempel endast 25% kol.
2. Väte/kol-kvoten måste vara under 0,7.
3. Syre/kol-kvoten måste vara under 0,4.
4. Halten VOC (flyktiga organiska ämnen) som är en del av biokolet ska redovisas eftersom den påverkar biokolets funktioner.
5. Halterna av kväve, fosfor, kalium, magnesium och kalcium ska redovisas. Dessa halter av närsalter (innan biokolet laddas med närsalter från annan källa) är endast delvis tillgängliga för växter. Tillgängligheten av fosfor är till exempel 15 % första året, för kväve endast 1 % medan tillgängligheten av kalium kan vara 50 %.
6. Gränsvärden för tungmetaller ska hållas. Certifieringen innehåller här olika nivåer för bas-nivån och premium-nivån.
7. Följande värden ska redovisas: pH, densitet, vattenhalt, vattenhållande förmåga och specifik yta.
8. Halten PAH (polyaromatiska kolväten) måste vara under 12 mg/kg för bas-nivån och 4 mg/kg för premium-nivån (torrvikt).
9. PCB-halten måste vara under 0,2 mg/kg och halten av dioxiner och furan under 20 ng/kg (torrvikt).

På framställningsprocessen ställs följande krav

1. Fossila bränslen får inte användas för att värma processen, med undantag för förvärmning av reaktorn. Om uppvärmning görs med el ska denna vara förnybar eller överskott bevisas.
2. Pyrolysgaserna måste omhändertas eller förbrännas

[11] https://biochar-international.org/
[12] http://www.european-biochar.org/biochar/media/doc/ebc-guidelines.pdf
[13] http://www.european-biochar.org/biochar/media/doc/feedstock.pdf

3. Förbränningen av pyrolysgaser måste uppfylla nationella miljökrav
4. Värmen som bildas vid pyrolysen måste användas. Småskaliga anläggningar på mindre än 50 ton per år är undantagna från kravet.

För hälsa-säkerhet ställs följande krav

1. Brand- och dammskyddsbestämmelser ska följas i hela produktions-, transport- och användarkedjan.
2. Alla arbetare måste informeras skriftligen om möjliga risker och faror i och runt produktionsanläggningen och underteckna dokumentet. I synnerhet gäller detta möjlig självantändning hos koldamm, andningsskydd, kontakt med bioolja och tjäror och eventuellt gasläckage.
3. Under transport och bulköverföringar måste uppmärksammas att biokolet är tillräckligt fuktigt för att förhindra dammbildning eller dammexplosioner.
4. Arbetare måste vara utrustade med lämpliga skyddskläder och andningsmasker vid behov.

Utöver ovanstående krav finns särskilda krav för certifiering av foder och krav på hur prover ska tas och analyser genomföras. Certifieringen enligt EBC kostar ca 11 000 SEK/år.

## Hållbarhetskriterier för Jönköpingsmodellen

Tanken är att kunna producera biokol och sälja klimatkompensation[14] med högsta möjliga trovärdighet avseende klimatnytta och naturvårdsnytta. Det är därför lämpligt att basen i hållbarhetskriterierna utgörs av premium-nivån i den europeiska certifieringen EBC. Därutöver behövs krav som garanterar att kompensationen både gör klimatnytta och naturvårdsnytta. Det innebär utöver krav på råvara och process krav på additionalitet, det vill säga att biokolet inte skulle ha producerats utan köpet av klimatkompensation.

### Klimatnytta

Det är få organisationer och certifieringar som hunnit anpassa regler och policys till det klimatnödläge som mänskligheten befinner sig i, vilket även gäller EBC. Därför behövs en komplettering med mer långtgående krav. Den globala koldioxidbudgeten för att med 66 % chans klara 1,5 gradersmålet är slut inom 8 år med nuvarande utsläppstakt. För att det ska finnas en chans att klara 1,5 gradersmålet bör utsläppen från fossila bränslen i stort sett halveras under de närmaste 10 åren. Annars kommer mycket stora “negativa utsläpp” behövas framöver och ingen vet idag om det är möjligt. Med “negativa utsläpp" menas processer som tar bort koldioxid från atmosfären. Att göra biokol är en sådan process. En annan är att inte släppa ut koldioxiden från förbränning av biobränslen utan istället skicka ner den i gamla oljeborrhål eller på havsbotten (BECCS).

De stora förändringar som krävs är svåra för oss alla att förstå och de ställer nya hållbarhetskrav även på biokol. Med en unik Jönköpingsmodell har vi möjlighet att bli en global förebild genom att använda hållbarhetskriterier som är i linje med Parisavtalet.

Figur 2 är från IPCC:s rapport om 1,5 grader och visar fyra möjliga vägar att klara högst 1,5 graders uppvärmning. Den gröna linjen beskriver nettoutsläppen som är skillnaden mellan utsläpp och upptag. De behöver minska kraftigt fram till 2050 och vara negativa under andra halvan av seklet i

[14] Det pågår en samhällsdebatt där begreppet klimatkompensation ifrågasätts. ETC, som är en av de två svenska aktörer som hittills sålt biokol som klimatkompensation har under hösten 2019 slutat att kalla sin produkt för klimatkompensation, för att istället använda ordet klimatinvestering. I denna rapport använder vi begreppet klimatkompensation utan att vara låsta vid att det måste användas i en kommande verksamhet.

alla fyra alternativen. Den grå ytan är utsläpp av fossila bränslen, den bruna är nettot från jordbruk, skogsbruk och annan markanvändning (AFOLU) och den gula är negativa utsläpp genom BECCS. Globalt är utsläppen större än upptagen från AFOLU idag, bland annat eftersom avskogningen är stor. Detta gäller inte Sverige där vi fortfarande har ett upptag i skogen som är större än utsläpp från avverkningarna. För att klara 1,5 gradersmålet behöver den globala utvecklingen ändras så att det blir ett nettoupptag även globalt. I tre av de vägar som beskrivs behöver detta ske före 2040.

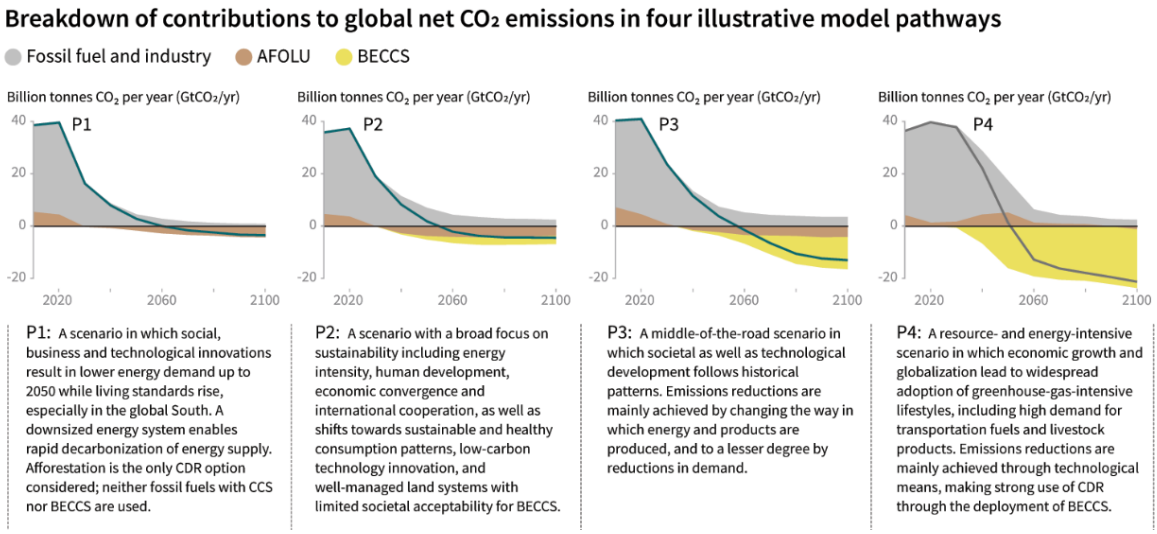



Fig 2. Kurvor som beskriver fyra möjliga vägar för att jordens medeltemperatur inte ska öka mer än högst 1,5 grader. Källa: IPCC, https://www.ipcc.ch/sr15/graphics/#cid_6333

Biokol är en del i den bruna ytan i diagrammen. IPCC konstaterar i sin rapport att det finns vetenskapliga artiklar som kommer fram till att potentialen att ta bort CO2 från atmosfären med biokol är upp till 35 Gton per år kring år 2050 (jämför nuvarande årliga utsläpp på ca 40 Gton), men dessa resultat är inte allmänt accepterade och osäkerheterna stora. IPCC bedömer att en potential på 0,3 - 2 Gton/år kan försvaras med god säkerhet. IPCC bedömer också att kostnaden för att använda biokol som kolsänka ligger mellan 30 och 120 dollar/ton vilket är lägre än för BECCS.

Som framgår att ovanstående kan det förväntas en stor efterfrågan biokol som klimatåtgärd framöver. Samtidigt är risken mycket stor (sannolik) att de utsläppsminskningar från fossila bränslen som krävs inte kommer att genomföras i tillräcklig utsträckning. Risken är också stor att effekterna av klimatförändringarna kommer att inträda tidigare än vad forskningen hittills kunnat bedöma. Därför kommer det bli ett allt större politiskt tryck på att bevara växande skog för att ta upp mesta möjliga koldioxid. I det perspektivet kan även biokol komma att ifrågasättas trots att vi vet att biokol långsiktigt ger en kolsänka eftersom biokol i det kortsiktiga perspektivet kan bidra till avverkning av skog som annars kan ta upp koldioxid ytterligare några tiotalet år med god tillväxt. Detta är en pågående debatt som inte kommer avstanna.

En högsta trovärdighet för biokol som klimatsänka skulle innebära att biokolet inte ska kunna anklagas för att försämra kolinbindning i växande skog och annan växtlighet jämfört med idag. Krav på att råvaran till biokolet tas ut på ett sådant sätt att nettot från åtgärden är noll inom 10 år borde rimligen ge så hög trovärdighet att kompensationen inte utsätts för någon kritik. Efter dessa (högst) 10 år träder sänkan in. Ett så högt ställt krav utesluter dock flera naturvårdsinsatser, till exempel skapande av betesmarker på granskogsmark. Ett alternativt synsätt är då att betrakta material från sådana insatser som en restprodukt från insatser för att skapa biologisk mångfald.

Ett annat angreppssätt är krav på att åtgärden ska vara en del i en förvaltningsplan/skogsbruksplan/naturvårdsplan där inbindningen av koldioxid årligen ökar i minst samma genomsnittstakt som i Sverige de senast 20 åren. I det senare fallet ses åtgärden i ett större sammanhang där inbindningen i skog och mark hela tiden ökar och biokolet är en del i detta som garanterar kolsänkan på lång sikt genom sin stabilitet i marken. Även ett sådant krav kan vara starkt begränsande av möjligheterna eftersom det är svårt att garantera en långsiktig utveckling för mindre skogsägare.

För råvara som kommer från trädgårdar och parker är omloppstiden oftast kort och därför normalt inget problem i förhållande till ovanstående resonemang. Klippning, beskärning och röjning ökar oftast produktiviteten redan nästkommande år. Råvara som kommer från omgörning i samband med asfaltering och stenläggning bör däremot inte tas emot eftersom det ger nettoutsläpp till atmosfären motsvarande avskogning och dessutom hindrar klimatanpassningen av samhället genom att minska ytorna för omhändertagande av vatten från skyfall.

Med utgångspunkt i ovanstående resonemang identifieras nedan fyra olika vägar att gå beträffande råvara från skog.

1. Allt certifierat
I detta alternativ säljs klimatkompensation för all skogsråvara som är certifierad enligt FSC/PEFC. Vi vet att biokol från certifierat skogsbruk ger en långsiktig kolsänka, men risken med detta alternativ är att trovärdigheten kan ifrågasättas med argumentet att verksamheten bidrar till att kortsiktigt (under en kritisk period) minska kollagren i skogen.

2. Endast omloppstid 10 år eller del i plan där skogsinnehavet kontinuerligt ökar
I detta alternativ siktar vi på en klimatkompensation som inte kan mötas av kritik från ett klimatkrisperspektiv. Innebörden är att råvara endast tas från åtgärder där nytt kol bundits in i ny växtlighet inom 10 år eller att råvaran kommer från ett skogsbruk där skogsinnehavet ökar kontinuerligt. Exempel på material med kort omloppstid kan vara från trädgårdar och parker samt energiskogsodling, röjningar och vissa naturvårdsinsatser. Varianten där man ser uttaget av råvara som en del i en större skogsbruksplan är svår att följa upp, särskilt gällande skogsägare. Synsättet ger en kraftig begränsning och innebär att endast en liten del av tänkta naturvårdsinsatser skulle platsa.

3. Restprodukt från naturvård
I detta alternativ säljs klimatkompensation baserad skogsråvara endast om den kommer från naturvårdsinsatser (vilket var huvudinriktning i förstudiens projektplan). Det innebär att vi ser råvaran som en restprodukt från naturvårdsåtgärder och att tillvaratagande av restprodukten i inte driver på åtgärder som ger minskat kollager i skogen. Åtgärderna behövs för att skydda biologisk mångfald.

4. Restprodukt från allt certifierat
I detta alternativ säljs klimatkompensation baserad på all certifierad skogsråvara som kan ses som restprodukter, till exempel material från röjningar och GROT. Liksom i alternativ 3 innebär det ett synsätt att tillvaratagande av restprodukten inte driver på åtgärder som kan kritiseras för att ge minskat kollager i skogen.

Av de fyra alternativen ovan är alternativ 2 troligen inte en framkomlig väg om tillräckliga mängder ska finnas att tillgå eftersom konkurrensen om material från trädgårdar och parker är stor i Jönköpings kommun på grund av den nya biogasanläggningens behov. Alternativ 1 innehåller inget krav utöver vad som redan finns i EBC-certifieringen och försvårar därför en marknadsföring som högsta möjliga trovärdighet för klimatkompensationen. Vi kan förvänta oss att alternativet kommer att utsättas för kritik och negativ publicitet, dock oklart i vilken utsträckning.

Sammanfattning av hållbarhetskriterier för klimatnytta.
Lämplig nivå på kriterier kan vara

- Råvara från skog bör tas emot om den är en restprodukt från naturvårdsinsatser, till exempel skötsel och återskapande av naturbetesmarker eller är en del i kommunens tätortsnära skogsbruk där kalhyggesbruk inte förekommer.
- För att garantera tillgång på råvara bör även all certifierad skogsråvara (FSC/PEFC) som kan ses som restprodukter kunna tas emot, till exempel material från röjningar och GROT.
- Råvara från trädgårdar/parker och som kommer från omgörning i samband med asfaltering och stenläggning bör inte tas emot eftersom det ger nettoutsläpp till atmosfären motsvarande avskogning och dessutom hindrar klimatanpassningen av samhället genom att minska ytorna för omhändertagande av vatten från skyfall.

## Naturvårdsnytta

Förstudiens utgångspunkt är att i första hand använda råvara från naturvårdsinsatser och trädgårdar. Vilka kriterier är då görliga för att sätta en godkänd nivå för naturvårdsnytta? Följande förslag är ett försök att hålla kriterierna på en övergripande nivå.
Åtgärderna för att ta fram råvaran

- ska vara sådana som berättigar till miljöersättning från EU:s jordbruksprogram, svenska myndigheter eller naturvårdsorganisationer (även om ansökan om stöd inte har gjorts), eller
- ingå som en del i naturvårdsplan/skötselplan eller motsvarande för någon form av naturskydd, eller
- vara en del i kommunens tätortsnära skogsbruk med särskild hänsyn.
- travar med virke som ligger för torkning skall täckas för att minska risken att fungera som fångstvirke för insekter i området. Alternativt lämnas den översta delen av travarna kvar på avverkningsplatsen som död ved.

Om åtgärden inte uppfyller ovanstående ska leverantören redovisa vilka åtgärder som gjorts och motivera naturvårdsnytta. Det är då upp till företaget som säljer biokol att godkänna leveransen eller inte. Vid bedömningen ska ovanstående punkter vara vägledande. Redovisning och bedömning ska dokumenteras. Ovanstående gäller råvara från skogsbruk. Vi föreslår inga ytterligare kriterier för trädgård/park utöver de som föreslås för klimatnytta.

## Additionalitet

I klimatsammanhang innebär additionalitet att en utsläppsminskning är additionell om den inte hade skett utan att klimatkompensationen köpts in. När det gäller biokol innebär det att biokolet inte hade producerats utan köpet av klimatkompensation. För att garantera additionalitet ser vi två olika vägar att gå.

1. Försäljning av klimatkompensation för att verksamheten inte ska gå med förlust
   I detta alternativ sker försäljning av klimatsänka för allt biokol som uppfyller hållbarhetskriterierna. För en anläggning som producerar x ton biokol per år kan klimatsänka säljas motsvarande cirka 3x ton koldioxid. Priset sätts så att nollresultat uppnås när inkomsten från försäljning av klimatsänka läggs till inkomster från försäljning av biokol. Priset kan också sättas så att ett överskott uppkommer som används till att investera i nya anläggningar eller andra klimatsänkor. Trovärdigheten i detta alternativ säkras genom en öppen ekonomisk redovisning. Om vissa råvaror ger lönsamhet men inte andra är en variant på detta alternativ att klimatkompensation endast säljs för de olönsamma delarna.
2. Försäljning av biokol och klimatkompensation som två olika produkter
   I detta alternativ säljs en del av biokolet på biokolmarknaden och en annan del på kompensationsmarknaden. En fördel är att det är lättare att göra kolsänkan spårbar. Biokolet skänks då bort eller säljs för underpris till markägare som biokolföretaget samarbetar med. En nackdel är att priset för klimatsänkan blir högt (mer än 2 000 kr/ton koldioxid) om det inte ska leda till intäktsbortfall jämfört med att sälja biokolet på marknaden. Marknadspriset på biokol är vid denna rapports tryckning betydligt högre än vanliga priser på klimatkompensation.

## Kontroll av efterlevnad

EBC:s krav bör vara en grund för hållbarhetskriterierna i Jönköpingsmodellen. Därutöver bör finnas tillägg för att öka trovärdigheten både avseende naturvårdsnytta och klimatnytta. För kontroll av EBC:s krav bör deras regler följas och verksamheten bör certifieras. För kontroll av tilläggskraven behöver verksamheten ha ett visst mått av naturvårdskompetens och kompetens om klimatbedömning av åtgärder. De naturvårdsåtgärder som det handlar om är oftast väl beprövade med kända effekter vilket innebär att det normalt ska räcka med schablonartad bedömning utan behov av uppföljning på plats eller andra utredningar. Alla leveranser av råvara bör dokumenteras på ett sådant sätt att källan vid behov kan kontrolleras på plats, även till exempel enskilda villaägare som bidrar med trädgårdsavfall. Detta kan ske genom legitimeringen och uppgivande av adress. Fotodokumentation kan användas. Generellt bör verksamheten ha en god leverantörskännedom.

För att köpare av klimatkompensation ska kunna kontrollera verksamheten bör ekonomin och källorna till biokolet redovisas på webbsida.

För att genomföra ovanstående kontrollverksamhet krävs ett visst mått av naturvårdskompetens och kompetens om klimatbedömning av åtgärder. De åtgärder som det handlar om är oftast väl beprövade med kända effekter vilket innebär att det normalt ska räcka med schablonartad bedömning utan behov av uppföljning på plats eller andra utredningar.

Om några år kan det finnas en svensk tredjepartscertifiering för biokol. Hushållningssällskapet i Sjuhärad driver ett projekt med det syftet. I så fall blir ett alternativ att ansluta verksamheten till den.

## 7. Tillgång till råvara

En biokolanläggning som kan drivas med råvaror från naturvårdsåtgärder (ingrepp som syftar till ökad biologisk mångfald i landskapet) och/eller restprodukter som annars utgör ett avfallsproblem (exv. trädgårdsavfall), skulle ge ett starkt försäljningsargument gentemot miljöintresserad allmänhet och företag. En råvara som ger positiv effekt på både klimat och biologisk mångfald skulle göra biokolproduktionen unik (se föregående avsnitt för kriterier).

### Naturvårdsinsatser

Naturvårdsåtgärder kan vara hamling (lövtäkt från träd i hagmarker), röjning och restaurering av betesmarker, kontinuerligt uttag ur skogsbeten, avverkning av gran vid överföring till betesmark samt naturvårdande huggningar i reservat, biotopskydd, tätortsnära skog och liknande.

### Exempel på restaurering och återskapande samt kontinuerlig skötsel av naturbetesmarker och skogsbeten

Det är mycket svårt att få fram exakta siffror på tillgången av virke som uppfyller kriteriet att ”komma från marker där avverkning direkt bidrar till ökad biologisk mångfald”. Nedan följer några exempel från fastigheter med naturbetesmarker och deras uttag av virke under senare år.

#### Månsabola, Ödeshög – skogsbete

Fastigheten Månsabola i Östergötland restaurerade 2017 ett ca 8 ha stort skogsbete där äldre tall och löv sparades medan större delen av granarna som vuxit upp under senaste årtiondena avverkades. Skogsbetet är nu aktivt och ger markägaren rätt till miljöersättningar och en årlig intäkt på 28 000 kr (3 500 kr/ha och år) vilket gjorde restaureringen till en god ekonomisk investering. Kontinuerligt uttag av virke är en förutsättning för fortsatt skogsbete varför volymen av kvarstående träd har sitt virkesvärde kvar. Vid restaureringen togs ca 1 000 $m^3$s (stjälpt mått) ut som massaved och nästan lika mycket levererades som brännved[15].

Bild 18. Skogsbete i Månsabola i Östergötland.

[15] Sten Dalhög, e-post och muntligen 2019

**Säby, Skärstad – naturbetesmarker**

Stora delar av Säby gårds 65 ha egna naturbetesmarker (Säby har även sidoarrenden på ca 80 ha) och skogsbeten genomgick för tretton år sedan en restaurering då stora volymer virke och grot togs ut. Därefter har enbart underhållshuggningar skett och volymen massaved uppskattas till ca 20 $m^3$s/år och brännved (flis) uppgår till ca 50 $m^3$s/år.

På de år som gått sedan restaureringen har träden i betena vuxit till och det finns ett behov av en ny genomgång och uttag av virke för att upprätthålla naturvärdena. Kanske kan gården långsiktigt leverera ca 1 $m^3$s/ha och år dvs totalt 150 $m^3$s/år[16].

Bild 19. Naturbete på Säby gård.

**Ravelsmark, Gränna – restaurering av naturbetesmark**

Markägarna på Ravelsmark restaurerade år 2011 en ca 6 ha kraftigt igenvuxen betesmark. I stort sett hela volymen av de småträd som avverkades, ca 1 000 $m^{3s}$, bestod av klen gråal som såldes som brännved. Efter restaureringen har betestrycket på marken varit bra och inga ytterligare uttag har gjorts, även framöver saknas behov av röjning då allt sly betas av amkor och kalvar[17].

[16] Bosse Bäck muntligen 2019

[17] Fredrik Lundwall, e-post 2020

Bild 20. Ravelsmark. Under restaureringen

**Öland, Ölmstad - naturbetesmark**

Fastigheten omfattar ca 30 ha naturbetesmarker med återkommande behov av slyröjning eftersom markerna numera betas enbart av hästar. När gården hade nötkreatur var röjningsbehovet betydligt mindre. Liksom på de flesta gårdar så har markägarna svårt att uppskatta volymerna brännved som tas ut enbart från naturbetesmarker då virket oftast läggs på högar med grot från skoglig produktion. En mycket grov skattning av gårdens virkesuttag från beten under de senaste tio åren är minst 10 $m^{3s}$/år, dvs knappt en halv $m^{3s}$/ha och år i snitt[18].

**Björnaryd/Väderberg**

En större genomhuggning gjordes i betesmarkerna under 2018. Detta resulterade i ca 120 m3fub (3st - 40 m3 containrar flis)[19].

**Ånaryd**

Restaurering av naturbetesmarker 2018 levererade ca 1 000 m3 från de ca 3 ha som tidigare var kraftigt igenväxta[20].

## Naturbetesmarker

En betesmark eller skog som tidigare varit betad och sedan lämnas för fri tillväxt av buskar och träd kommer efter något eller några årtionden att behöva restaureras om de biologiska och kulturella värdena ska upprätthållas eller återskapas. Inom biosfärområde Östra Vätterbranterna är de flesta av de biologiskt mest värdefulla miljöerna kopplade till betesdrift av något slag, marker som kräver naturvårdande skötsel. Utmaningen för en hållbar utveckling är alltså att bibehålla eller helst öka lönsamheten för djurhållning baserad på naturbetesdrift, biokol kan bidra till detta.

Arealen naturbetesmark inom Östra Vätterbranterna är år 2020 knappt 7 000 ha, till detta kommer mindre arealer skogsbeten och restaureringsmarker.

[18] Åsa och Gert Linnér muntligen 2020
[19] Niclas Björnlinger muntligen 2019
[20] Niclas Björnlinger muntligen 2019

Arealen stödberättigade skogsbeten, dvs skogsmark där kontinuerligt uttag av virke kombineras med betesdrift uppgår idag till drygt 70 ha. Ett projekt som pågår inom biosfärområdet under 2020-2021 syftar till att öka arealerna skogsbetesmark. Idag är denna typ av markanvändning klart ekonomiskt bärkraftigt då miljöersättningar utgår med 3 500 kr/ha och år så länge betesdriften pågår. Under tiden tillämpas hyggesfritt skogsbruk i syfte att upprätthålla karaktären samt natur- och kulturvärden. I framtiden kan alltså skogsbeten och särskilt restaurering av sådana att tillföra betydande mängd ”naturvårdsvirke”.

Betesmarksrestaureringar sker kontinuerligt inom Östra Vätterbranterna. Länsstyrelsen har i år ca 55 ha sådana objekt som ger miljöstöd. Normalt är det då fråga om relativt stora volymer virke vid ett tillfälle. Vid vanlig röjning, som sker regelbundet, blir det mest klent ris och sly som ofta eldas eller läggs på plats för nedbrytning. Undantag är marker med lågt betestryck eller enbart hästbete, där det krävs regelbundna röjningar där större uttag görs[21].

Utifrån exemplen ovan samt intervjuer med ytterligare några markägare går det att göra en mycket grov uppskattning att i genomsnitt ca 0,5 - 1 $m^3$ s virke tas ut från befintliga naturbetesmarker varje år.
Räknat på biosfärområdets arealer skulle detta motsvara ca 3 500 –7 000 $m^3$ s flis per år totalt. Om inköpsområdet utvidgas till 3 mils radie (se karta) kanske den potentiella virkesvolymen är 5 000 - 10 000 $m^3$ s.

Utöver fortlöpande underhåll pågår restaurering av igenvuxna beten på många håll, dessa åtgärder ger betydligt större volymer per ytenhet. Kanske kan 2 000 – 4 000 $m^3$ s tillkomma årligen, alltså totalt 7 000 – 12 000 $m^3$ s /år. Omvandlat till flis uppgår denna volym till ca 3 500-6 000 $m^3$ s eller ca 1 200-4 000 ton flis/år.

Om inköpsområdet för en anläggnings råvara utvidgas till ca tre mil i alla riktningar (alltså utanför biosfärområdets gränser) så tillkommer alltså flera tusen ha naturbetesmarker i Ödeshög samt delar av Aneby och Tranås kommuner.

För att ta hand om den typ av råvara som här diskuteras behöver en egen inköpsorganisation byggas upp alternativt skapas i samverkan med andra aktörer på marknaden. En förutsättning för att markägare ska leverera råvara till biokol blir att detta genererar lika hög ersättning som andra köpare erbjuder, särskilt om det kopplas speciella naturvårdskriterier till leveransen.

Den vänstra kartan nedan visar ett tänkbart upptagningsområde för inköp av råvara, linjen markerar ett avstånd på 3 mil till fjärrvärmeanläggningen i Gränna. Det är en stor fördel både ekonomiskt och miljömässigt om transportsträckor hålls så korta som möjligt. Andra biokoltillverkare och bioenergiproducenter uppger att de har avstånd mellan 4 och ända upp till 8 mil (Carbofex i Finland) från anläggningen. Mängden tillgänglig råvara ökar exponentiellt om de yttre gränserna flyttas ut. I kartan till höger visar linjen ett avstånd på ca 4 mil från Gränna.

[21] Källa: Jordbruksverket via e-post till Lena Dahlström, Länsstyrelsen Jönköping 2020

Bild 21 Blå linje visar ett område 3 mil från Gränna

Bild 22 Blå linje visar ett område 3 mil från Gränna

### Granplanteringar som omförs till betesmark

Många betesmarker planterades med skog under det sena 1900-talet och en liten del av dessa har under senare år återskapats som naturbetesmarker. I Skogsstyrelsens statistik återfinns dessa marker under rubriken "avverkning för annat ändamål". Under den rubriken ingår också mark som tas i anspråk för bebyggelse och infrastruktur m.m. Totalt för Jönköpings län rör det sig om 250 - 300 ha/år av vilket alltså en liten del utgörs av granplanteringar som återgår till betesmark. Arealer och volymer virke från denna kategori inom biosfärområdet är svåra att uppskatta men kan utgöra en råvarukälla[22].

## Andra naturvårdsåtgärder som möjliga råvarukällor

### Områden skyddade av Länsstyrelsen

Naturvårdande skötsel med uttag av virke görs på skyddade områden i Länsstyrelsens regi. Oftast handlar det om engångsåtgärder, exempelvis restaureringshuggningar där granplanteringar avvecklas. Uttag av granbarkborreskadat virke har gjorts i flera reservat under senare år men ofta lämnas skadade träd på plats efter att de barkats av. Den volym som finns att tillgå här är begränsad samt varierar kraftigt från år till år och är därför svår att uppskatta. I hela länet säljer Länsstyrelsen virke motsvarande 300 - 500 $m^3$fub/år. Några reservat inom biosfärområdet innehåller granplanteringar som skall avvecklas, dessa kan ge några tusen $m^3$fub virke som engångsåtgärd[23].

### Områden skyddade av Skogsstyrelsen

Naturvårdande skötsel inom Skogsstyrelsens uppdrag för skyddad natur skulle kunna utgöra en källa då ca 70% av Vätterbranternas skogliga nyckelbiotoper är i behov av naturvårdande skötsel. Myndighetens anslag för åtgärder har ökat i år men utgör ändå en liten summa (350 000 kr för hela

[22] Thomas Wallertz, skogsstyrelsen muntligt 2020
[23] Kjell Molin, Länsstyrelsen muntligen 2020

länet). Ofta avverkas och transporteras gran bort i lövdominerade bestånd men det är vanligt att virket av naturvårdsskäl får ligga kvar på plats som död ved[24].

**NS-områden i skogsbruksplaner**
Skötsel av naturvårdsområden inom privatskogsbruket (Naturvårdande Skötsel; NS-områden i skogsbruksplaner) skulle kunna bidra. Många NS-områden sköts inte alls idag då detta oftast innebär en hög kostnad för markägaren och bestånden växer ofta igen med gran[25].

**Hamling och lövtäkt**
Hamling och lövtäkt har stora kulturella och biologiska värden. Detta sätt att producera vinterfoder till djur var mycket vanligt fram till 1940-talet. Idag utgör dessa träd ett biologiskt kulturarv och insatser har gjorts för att återskapa bruket att hamla. Miljöersättningar utgår med 100 kr/träd och år och ett par tusen träd finns idag i hävd inom biosfärområdet (ytterligare ungefär lika många finns i Ödeshögs kommun). Restaureringshuggningar kan ge relativt stora volymer virke (upp till 0,5 $m^3$/träd) medan kontinuerlig hamling (vart tredje-femte år) kräver många träd för att ge volymer värda att ta vara på.

I nuläget kan ved från hamling bidra på marginalen men på längre sikt kan rationella metoder att skörda många träd samtidigt bli intressanta som råvarukälla. Biokol kan därför komma att bidra till att denna verksamhet blir mer intressant för markägare. Ett stort antal träd samlade på till exempel åkerholmar, längs vägar och i åkerkanter skulle kunna ge en större produktion och rationell hantering med moderna flergreppsaggregat på skördare.

## Trädgårdar och parker

I Jönköping finns en stor kompostanläggning vid Klämmestorp. Där tar de emot 10 000 ton trädgårdsavfall per år. Övervägande delen, uppskattningsvis 90 %, är trädgårdsavfall som lämnas till kommunens sortergårdar. En mindre del kommer från kommunens parkskötsel. Den nya biogasanläggningen som håller på att byggas i kommunen kommer vid full produktion behöva minst denna mängd[26]. Eftersom Jönköpings kommun genom avtal har förbundit sig att lämna avfallet biogasanläggningen är materialet inte tillgängligt för biokoltillverkning. Om biokolanläggningen kan betala för biomassa från trädgårdar och parker kan det stimulera en del till att öka produktionen av biomassa i dessa miljöer vilket vore gynnsamt för klimat och lokal ekonomi. Detta kan ge till exempel ske genom plantering av snabbväxande träd och buskar som beskärs varje år. Det räcker med ca 10 % av det som tas emot på anläggningen i Klämmestorp för att driva en biokolpanna av den storlek som finns i Stockholm. Att öka produktionen av biomassa med 10 % borde vara en möjlig målsättning.

Av det som kommer till Klämmestorp lämnar kommunens största fastighetsägare Vätterhem ca 50 ton, de har därtill två större kompostanläggningar. Råslätts kompostanläggning hanterade omkring 300 $m^3$ trädgårdsavfall förra året, Öxnehagas har lite mindre volymer.

I Stockholm har det varit problem med inblandning av sten i trädgårdsavfallet och problemet har även rapporterats från andra håll. Enligt arbetsledaren på Klämmestorp är det endast en liten inblandning av sten i det trädgårdsavfall som kommer dit och den som finns krossas av en stor kross till ganska fint material. De använder också såll.

[24] Thomas Wallertz Skogsstyrelsen, Jönköping muntligen 2020
[25] Samuel Johnsson, Södra muntligen 2019
[26] Tore Svensson, arbetsledare på Klämmestorp och Gunnar Holmstedt, vd HZ-Inoza

## Tätortsnära skog med friluftsliv och naturvård som skötselmål

Från det tätortsnära skogsbruket tar Jönköpings kommun ut 14 000 $m^3$ sk totalt varav 6 000-7 000 $m^3$ s är flis från GROT och sly. Ca 3 000 $m^3$ flis skulle räcka till en anläggning som producerar ca 200 ton biokol per år. Att använda denna resurs kan innebära en minskad intäkt för förvaltningen. Möjligen skulle den kunna finansieras av klimatväxlingssystemet. En annan potentiell lösning är att denna råvara köps in av biokolverksamheten utan mellanhänder. Kommunen har idag ett avtal med Sydved som snart löper ut.

## Hästanläggningar

Hästanläggningars avfall i form av strö och gödsel är i storstadsregionerna en kostnad för verksamheten. I Jönköpings kommun ingår detta i ett vanligt kretslopp på jordbruksmark, dvs körs ut som gödsel på åkermark[27].

## Restprodukter från jordbruk

På vissa platser (till exempel Skåne) är restprodukter från jordbruk en råvara för kolning. Inom jordbruksverksamheter i vår trakt uppstår inga avfallsprodukter. Halm och andra tänkbara biprodukter utnyttjas på gårdarna som foder, strö eller jordförbättring.

## Energiskog i tätorten

Energiskog har mycket kort omloppstid. Om energiskog odlas på gräsytor på ett sådant sätt att andra intressen inte motverkas skulle det vara en idealisk råvara från ett klimatperspektiv. Ytor som tidigare inte bundit särskilt mycket koldioxid skulle binda mer samtidigt som värme och biokol produceras. Idén är då att odlingarna utformas så att de ses som en tillgång.

En enkel och översiktlig kartanalys har gjorts i förstudien för att få initial bild av potentialen. Analysen ringade in ca 5 ha gräsytor (som var delar av större gräsytor). I detta ingår inte bara kommunens mark utan även tex Trafikverkets ytor vid trafikanläggningar. Den största enskilda yta som identifierades var Kabeland som ägs av Tosito. Cirka 5 ha energiskog borde kunna odlas där. Här kan förorenad mark komplicera bilden.

Energiskog kan ge 10 ton ts per ha. Det innebär att potentialen tycks vara mycket liten i förhållande till exempelvis material från kommunens tätortsnära skogsbruk (även om en noggrannare analys kommer kunna visa större potential), men inte i förhållande till den mängd parkavfall som Vätterhem lämnar. Ytorna ger idag en kostnad på i genomsnitt 5,25 kr per $m^2$ som istället kan bli en intäkt. Energiskog har kort omloppstid och idén skulle om den förverkligas ge snabb koldioxidsänka på ytor som idag har liten bunden biomassa. Sammantaget kan idén vara intressant att belysa närmare. Examensarbete är en möjlighet.

## Potentiella råvarukällor som inte undersökts

- Skörd av vass i övergödda sjöar (Landsjön m.fl.) skulle reducera näringshalten i vattnet och samtidigt kunna vara en råvara biokol.
- Vi har inte heller undersökt förekomsten av råvaror i form av restprodukter från jordbruket i de områden med slättlandskap som finns i Östergötland.

[27] Åsa Linnér muntligen 2020

## Sammanfattning av råvarutillgång

För att driva den minsta av anläggningarna som beskrivs ovan “BioMacon 150 kW” krävs 500 ton flis/år, för “Pyreg 500” ca 1250 ton, för “Pyreg 1500” 2500 ton medan Carbofex kan processa ca 3 500 ton/år.

Exemplen och de mycket grova skattningarna ovan visar alltså att de mindre anläggningarna teoretiskt skulle kunna drivas av virke från enbart naturbetesmarker. I praktiken blir det nog svårt att få tillgång till hela volymen. Antingen får upptagningsområdet utvidgas samtidigt som virke från andra områden än naturbetesmarker (se ovan) används.

Eftersom tillgången på virke från naturvårdsåtgärder är svår att förutsäga bör biokolanläggningen ha möjlighet att (åtminstone inledningsvis) också använda annat bränsle. Antagligen kommer det att ta tid att bygga upp inköpskanaler, avsätta lager samt skapa bra affärsrelationer med säljarna. Likaså kan det initialt bli nödvändigt att ta emot leveranser även utanför 3-milsgränsen. Det viktiga blir i vilket fall som helst att de faktiska förhållandena redovisas öppet för biokolkunderna tillsammans med den långsiktiga ambitionen. Se vidare under “logistik - skogsentreprenörer”.

GROT och sly från kommunens tätortsnära skogsbruk skulle också ensamt kunna försörja en anläggning, liksom 10 -15 % av materialet från park och trädgård i kommunen. Om det senare materialet finns konkurrens med biogasproduktion, men kanske är det möjligt att öka mängden sådant material med informationsinsatser och ekonomisk stimulans till villaägare. Det finns studier som visat på kraftigt ökat utbyte av biogas om biokol tillsätts substratet. Möjligen kan det vara en utgångspunkt för samverkan mellan biokolproduktion och biogasproduktion framöver. Ytterligare material skulle kunna komma fram genom energiskogsodling på vissa gräsytor,

Sammanfattningsvis kan konstateras att det på några års sikt bör finnas tillgång till material från naturvårdsinsatser, tätortsnära skogsbruk samt park- och trädgård som räcker till två biokolanläggningar, utan att behöva använda material från övrigt skogsbruk.
För alla anläggningarna gäller förmodligen att olika typer av råvara kommer att behövas användas, särskilt inledningsvis.

## 8. Logistik och råvarupriser

Inköp av råvara till en anläggning kan ske på flera sätt. Den lösning Jönköpings Energi har för anläggningen i Torsvik innebär att virke köps in antingen som flis eller stamved som flisas på plats.

För flis omräknas bland annat vikt och fukthalt till energiinnehåll och betalas med ca 200 kr/MWh, olika biobränslen betalas därmed olika i förhållande till volym/vikt. För några år sedan var inköpspriserna nere runt 120 kr MWh.
Stamved flisas i Torsvik genom en entreprenör och betalas efter volym brännved med ca 400 kr/ $m^3$fub (fast under bark), räknat som flisvolym blir det ca 200 kr/m3.
För de flesta kvaliteter av råvara behöver ris, grenar och klenare material flisas före transport då volymerna och transportkostnaderna annars blir för höga.

Kostnaderna för möjlig råvara till en biokolanläggning beror delvis på vilka kvalitetskrav som ställs på virket. På marknaden finns idag dels massaved som används av industrin samt bränsleved. Den

senare består av GROT (ris, grenar och toppar samt rötskadat virke). IKEA:s spånskivetillverkning och fjärrvärmepannor är stora konsumenter.

Södra skogsägarna är idag leverantör av ca 25-30 % av biobränslet i Götaland och en stor aktör inom området. Runt hälften av alla markägare är anslutna till Södra. Sydved är en annan som bland annat sköter en stor del av Jönköpings kommuns avverkningar samt levererar virke till Torsvikspannan.

Priserna på brännved fluktuerar kraftigt beroende på tillgång och efterfrågan. Just nu (hösten 2019-våren 2020) är bekämpning av barkborre en orsak till stora uttag av denna virkeskvalitet. Priset till slutkund är i nu ca 400 SEK/ $m^3$fub eller 200 kr/ $m^3$ för flis. På grund av det stora utbudet kommer priserna troligen att sjunka ner mot 300 SEK/$m^3$fub (150 kr/m3 flis). Listpriset för skogsägare som säljer till Södra är vintern 2020 ca 210 SEK/$m^3$fub. Omräknat till volym flis, stjälpt mått, blir detta ca 105 kr/m3 flis.

Kostnader för flisning och transport är ca 40-45 kr/$m^3$s (stjälpt mått) om virket ligger vid bilväg. För ved som hämtas i terrängen blir kostnaden ca 50-55 kr/$m^3$s. Små vedhögar ute i terrängen medför en ytterligare kostnad på ca 30 kronor/$m^3$s. Volymen flis bör uppgå till minst ett par containrar alltså närmare 100 m3 per uppställningsplats för att komma ner i rimliga kostnader.

## Skogsentreprenörer - flisning

**Tranås skogsentreprenad**
Företaget är verksamt i området och utför såväl flisning som, vid behov, skotning. För flisning vid bilväg debiteras kunden 46 kr/m3. Om skotning tillkommer blir priset 51 kr/m3. Företaget säljer också flis för 180 kr/m3 (lövflis) resp 151 kr/m3 (stamvedsflis). (muntligen 2020)

**Werninger skog – Vrigstad**
Verksamhetsområdet för flisning sträcker sig upp mot Gränna. Werninger debiterar 65 kr/m3 flis, då ingår transport “inom rimligt avstånd”. Enbart flisning kostar ca 50 kr/m3. De säljer också flis i mindre omfattning för ca 180 kr/m3. Skotning utförs i förekommande fall av underentreprenörer. Tilläggas kan att Werninger har ansökt om stöd från klimatklivet för att installera en egen biokolanläggning (Bio Macon).

**Svensons energiflis - Vetlanda**
Betesmarksrestaurering är en del av verksamheten där även skotning, flisning och övriga uppdrag utförs. Kostnad för flisning vid bilväg är ca 50 kr/m3 flis. Flisning och transport ligger på ca 70-75 kr/$m^3$. Företaget lagrar själva ca 30.000 m3 som stackas i högar. Flis säljs efter energiinnehåll per MWh. Våren 2020 är priset 180 kr/MWh vilket motsvarar ett m3-pris på (180 kr) x 0,9 = 162 kr/MWh.

Alla tre företagen poängterar att framkörningskostnaderna blir stora om det handlar om små volymer, alla tre anser också att högar under 100 $m^3$s är olönsamma. Möjligen kan mindre volymer vara intressanta om de ligger på nära avstånd från varandra.

Som jämförelse kan nämnas Sveaskog som uppger att de kan leverera flis från certifierat skogsbruk och att leveranser med ytterligare naturvårdskriterier (ursprung i naturvårdsåtgärder) förmodligen kommer att bli betydligt dyrare, kanske dubbla priset.

Då skillnaden mellan inköpspris för råvaran och priset för färdig flis skiljer sig markant bör en djupare kostnadsanalys göras av för och nackdelar med att köpa färdig flis eller råvara som flisas av entreprenör.

### Upphandling

Hur virket upphandlas behöver utredas vidare men mycket talar för att en biokolanläggning inriktad på att kommunicera sin verksamhet och sälja biokol med klimat, biologisk mångfald, landskapsekologi och lokal hållbar utveckling som argument behöver bygga upp en egen inköpsorganisation för virke och anlita entreprenörer för flisning och transport. Detta för att säkra en lokal råvara som uppfyller högt ställda kriterier.

Ett alternativ kan vara att sluta avtal med en tredje part (skogsentreprenör eller skogsföretag) som ansvarar för inköp enligt kriterierna samt flisning och transport till upplag/anläggning.

### Torkning av flis

För en biokolanläggning är kravet på låg fukthalt högre än vid större värmekraftanläggningar med rökgaskondensering. De senare vill ha råvara med fukthalt runt 40-45 % medan flis i biokolanläggning bör torkas betydligt mer och helst ha en fukthalt på max 30, helst under 20% när den matas in i pyrolysanläggningen.

En väl utförd täckning av energiråvaran gör att fukthalten kan vara mellan 5-10 procentenheter lägre jämfört med material utan täckning. En råvara utan täckning kan ha en fukthalt på 35-45%, medan en täckt råvara efter samma torkperiod har en fukthalt på 30-35%. Vid optimala lagrings- och täckningsförhållanden kan fukthalten till och med komma under 30%.

För att erhålla en bra kvalité på fliset bör man nyttja den naturliga torkningen så långt det är möjligt. Den bästa torkperioden är sommarmånaderna med hög temperatur och lägre luftfuktighet. Den sämsta perioden är de regniga höstarna när luftfuktigheten är hög, då sker ofta en uppfuktning av redan torkat virke. I viss mån kan detta problem minskas genom att högarna täcks. För detta ändamål används olika typer av material, allt från presenningar som kan användas under flera år, till täckmaterial av kraftpapper som är av engångsnatur och som också kan matas in i flishuggen vid flisningen.

Torkning på avverkningsplatsen minst en sommar har identifierats som ett problem ur naturvårdssynpunkt. Virkeshögarna kan, särskilt i områden med rik insektsfauna, fungera som fångstvirke där framförallt skalbaggar lägger ägg i de översta soluppvärmda delarna. Rätt hanterat går detta att undvika genom att högarna täcks med papp och en del material kan också läggas över högen för att hålla den på plats. Vid flisning lämnas det utanpåliggande virket kvar som död ved för biologisk mångfald. Se vidare under avsnittet kriterier.

### Flislagring på öppen plan yta

Företag som hanterar stora mängder flis torkar utomhus utan täckning. Uppbyggnaden av högarna är ett kritiskt moment, dels krävs relativt torr råvara, dels behöver de byggas upp “som sockertoppar”. I en väl upplagd hög kommer regn och snö att tränga ner ca 30 cm i materialet. Risken med spån och flis som lagras på detta sätt är att fukthalten ändå kan bli för hög med mögelbildning och påbörjad nedbrytning (vilket medför mindre mängd råvara) men framförallt finns risk för självantändning.

### Torkning under tak

På en del gårdar finns sedan tidigare anläggningar som använts för t.ex. spannmål eller hö. En möjlighet kan därför vara att hyra ladugårdsutrymme för mellantorkning/lagring. Kapaciteten för detta är ganska stor då höskörd som tidigare skett på alla gårdar numera nästan helt ersatts av ensilage och många lador står därför tomma. Dock sker torkningen i detta alternativ mycket ojämnt med början underifrån.

### Flexibla torkalternativ

Speciellt för torkning av mindre volymer kan en körbar planbottentork användas, dessa torkvagnar kan också användas för transport med traktor till biokolanläggningen.

Bild 23

Företaget Akron säljer mobila flistorkar (som också kan placeras stationärt vid en anläggning) i två storlekar; med 16 respektive 32 $m^3$ volym. Torkning sker genom att varm eller kall luft blåses genom ett golv med perforerad stålplåt och passerar genom ett upp till 1200 mm tjockt flislager. Flisen flyttas bakåt över torken av kedjedrivna medbringare. Den större torkmodellen har hjul i bakkant och dragstång i framkant för enkel placering och flyttning. Den mindre modellen kan förses med hjul och dragstång som tillbehör.
För alla alternativ till torkning kommer det att krävas en viss mängd energi, mellan 5 % och 10 % av råvarans ursprungliga energiinnehåll.

### Torkning vid anläggning

Det mest realistiska alternativet är troligen att sluttorkning (från 40% till 20% fuktighet) utförs i direkt anslutning till biokolsanläggningen. På marknaden finns idag flisförrådslösningar som ursprungligen är utvecklade för användning som dagförråd till flispannor. Dessa förråd kan byggas i flera olika höjder och varianter. I Stockholmsanläggningen finns en tork med 16 $m^3$ volym men nyare modeller från samma torktillverkare (Akron) kan byggas på till önskad volym. Flisförrådet är utrustat med ett golv med 15 grader lutning samt en kraftig omrörare som sörjer för materialflödet ner i utmatningstråget. Utmatning sker sedan med en kraftig spira och klarar olika typer av bränsle.

Storleken på virkestork är en avvägning mellan arbetstiden för skötsel och inköpspris. En påfyllning och tillsyn två gånger per vecka är kanske en rimlig nivå för tillsyn och driftsarbetstid. Att torka material för en halv veckas förbrukning skulle då för en Carbofex-anläggning behöva vara 80 m3, en Pyreg 1500 kräver ca 60 m3 och för Biomacon 400 räcker troligen en tork på 30 m3. En 16 m3 Akronanläggning kostar ca 400 000 kr, en dubbelt så stor, 30m3, kostar ca 800 000 kr. Den torkanläggning Carbofex använder kostar med lagringssilo ca 3 300 000 kr.

## 9. Användningsområden för biokol och metoder för spridning

### Biokol i jordbruket

Inom biosfärområdet finns (i förhållande till landet i övrigt) många djurhållare och en förhållandevis stor andel av de traditionella hagmarkerna betas ännu. Till största delen består djuren av amkor och ungdjur, mjölkbesättningarna har minskat kraftigt i antal medan gårdar med hästar för fritidsbruk ökat kraftigt under senare årtionden.

Arealen brukad åkermark har stor lokal variation på jordmån. De västra delarna (Skärstaddalen, Uppgrenna) består till stor del av lerjordar medan mer sandiga marker generellt

återfinns österut. På lerjordarna är effekten av biokol troligen störst vad gäller minskad förlust av näringsämnen (särskilt intressant för Landsjön samt Huskvarnaåns och Röttleåns biflöden) och jordstruktur medan det på magrare jordar kan få större effekt i form av produktionsökning.

Att sprida biokol på åkermark i trakten bör alltså inte vara något som helst problem. Brukarna har redan redskapen i sin maskinpark och den maximala mängden att sprida uppges till 50 ton per hektar åker.

### Ströbäddar

Under vintern hålls nötkreatur och får till största delen i lösdriftsladugårdar på ströbäddar bestående av halm, sågspån och/eller torv. Inblandning av träkol i ströet är oproblematiskt och enkelt att hantera i samband med den vanliga påfyllningen av bäddarna. Fördelen jämfört med många andra spridningssätt av biokol är att dimensionen på kolfraktionerna är mindre viktig. Såväl pulver som större bitar försvinner i bädden, anrikas med urin och gödsel och kan sedan spridas som biokol på åkrarna utan att särskild utrustning behöver anskaffas.

Biokol kan ge 30 - 50 procent minskade kväveförluster från djupströ enligt försök som gjorts av Elisabet Nadeau, Hushållningssällskapet i Sjuhärad. Denna aspekt är klart intressant för alla lantbruk och särskilt för de som är ekologiskt certifierade och inte använder konstgödsel. För gårdar som ligger tätortsnära är det en stor fördel att kol blandas i gödseln och därmed ger kraftigt minskad lukt vid spridning. Kvävet som annars skulle förångats som ammoniak binds istället till kol och stannar kvar i gårdens näringskretslopp.

### Flytgödsel

På större gårdar samlas urin och avföring oftast upp i flytgödseltankar. Även i hantering av denna typ av gödsel är det en liten
förändring för brukaren att blanda träkol direkt i tanken och sedan sprida med befintliga redskap. Dimensionen på kolpartiklarna bör inte vara en kritisk faktor. Moderna gödselspridare klarar utan problem partiklar upp till 1 cm diameter, alltså behövs inga större anpassningar av kolproduktionen för att produkten ska passa gårdarnas utrustning.

För både ströbäddar och flytgödsel är troligen kol levererat i storsäck på 1 eller 2 $m^3$ ett praktiskt alternativ där lastningen går att lösa med den maskinpark som redan finns på gårdarna.

Biokol i ekologisk produktion är godkänt i ströbäddar och som jordförbättring men ännu inte i foder (KRAV och EUregler).

### Biokol som näringsfällor

Läckage av näringsämnen från åkerjord till sjöar och vattendrag är ett stort problem bland annat i Landsjön och Lyckåsån i Skärstaddalen samt i Åskebäcken ett biflöde till Röttleån i Ölmstad . Användning av biokol i odlingen skulle kraftigt minska läckaget från åkerjordar till vattensamlingar p.g.a. långsam avgivning av näring.

Anläggning av våtmarker som fångar upp näringen har diskuterats och i mindre skala anlagts på några platser. Praktiskt och i stor skala har det dock varit svårt att lösa då de flesta åkrar har täckdiken vilka mynnar helt nära Landsjön respektive Åskebäcken.

Bild 24

Ett mindre försök med biokol som filtermaterial för övergött vatten har genomförts i Sverige med nedslående resultat – halten av fosfor var större efter att vattnet passerat filtren än innan. Kolets fosforinneåll läckte alltså ut. "*Biokol som filtermaterial i anslutning till dränering av åkermarksdiken" Malin Mellhorn SLU 2015*

Vid studiebesöket hos Carbofex talade vi om dessa resultat med Sampo Tukiainen som menade att fel typ av råvara (troligen björk) använts för framställning av kolet i SLU:s försök. Carbofex egna tester visar på en mycket kraftig reduktion av fosforhalten i vattnet (från 500 ugram/l till under 40 ug/l). Skillnaden i resultat beror delvis på att i de finska försöken användes gran som råvara samt att reningen skedde i aneorob (syrefri) miljö.

En metod som vore värd att testa är att anlägga mindre filter där rören från täckdikena mynnar ut. Dessa fylls delvis med träkol genom vilket vattnet filtreras innan det går vidare. När kolet blir "mättat" tas det upp och säljs eller sprids som aktiverat biokol på åkrarna. Hur stora filtren behöver vara, hur de utformas och hur ofta de behöver tömmas måste testas i praktiska försök.
Se vidare under kapitel Studiebesök/Carbofex angående rening av övergödda sjöar.

## Biokol i djurfoder

Biokol som tillsats i foder för såväl höns, grisar som nötboskap tillämpas på flera håll i Europa i stor skala (i Tyskland, Österrike och Polen bland annat) framförallt som produktionshöjande åtgärd. Sommaren 2019 publicerades en vetenskaplig sammanställning av 112 forskningsrapporter om biokol i djurfoder. Mer forskning behövs för att säga något säkert om vilka effekter biokol ger i djurfoder men sammanställningen pekar på att tillsats av kol i foder har potential att förbättra djurhälsa, öka fodrets näringsvärde, minska förluster av kväve samt avgång av växthusgaser från idisslare. I kombination med annan praktik för god djurhållning kan biokol därför bidra till ökad hållbarhet i uppfödning av djur.

De få studier som gjorts angående metanavgång från idisslare tyder på en kraftig minskning, i någon studie upp mot 50% medan andra visade på mindre reduktion[28]**.**

Nötkött producerat från djur som betar i naturbetesmarker anses idag vara mindre miljöbelastande än annan djurhållning. I WWF:s rådgivning är detta kött det enda som får grönt ljus, bland annat för

[28] PeerJ. 2019; 7: e7373. The use of biochar in animal feeding Hans-Peter Schmidt, Nikolas Hagemann, Kathleen Draper, and Claudia Kammann

sin positiva betydelse för biologisk mångfald och begränsade effekt på klimatet. Om dessa djur dessutom vinterforas med tillsats av biokol skulle det kunna säljas som det mest klimatsmarta alternativet för köttätare. KRAV-certifiering godkänner biokol som strömedel eller inblandat i gödsel men ännu inte som tillsats i foder.

## Markägare/brukare med intresse för att testa biokol

Säby gård är kravcertifierad med naturbeteskött från får och nöt som inriktning. Åkerarealen med sidoarrenden uppgår till ca 65 ha. Brukarna Maria och Göran Roman är mycket intresserade att testa biokol i sin produktion, både för att binda kväve som annars avgår till atmosfären (kravcertifierade gårdar har särskilt behov att bevara näringskretsloppet på gården) och för att struktur. De har ca 90 amkor (totalt ca 175 nöt) och ett femtiotal tackor som går på lösdrift eller djupströbädd under vintrarna. Lösdriften genererar flytgödsel vilken enkelt kan berikas med kol. I ströbäddarna är det

struktur. De har ca 90 amkor (totalt ca 175 nöt) och ett femtiotal tackor som går på lösdrift eller djupströbädd under vintrarna. Lösdriften genererar flytgödsel vilken enkelt kan berikasmed kol. I ströbäddarna är det

likaså enkelt att blanda in kol i halmen. Göran vill också testa att ge korna kol i ensilaget vilket ev. skulle kunna kunna öka kväveinnehållet i avföringen (kväve som annars avgår som metan när djuren idisslar).

En möjlighet för denna gård är att sälja sitt kött som “Sveriges mest klimatsmarta”, vilket jämte naturbetesargumentet och god djurhållning kan göra deras kött än mer attraktivt på marknaden. Redan idag säljs i stort sett allt kött direkt till konsument, utan mellanhänder.

Rent teoretiskt skulle gårdens åkerareal räcka till att “begrava” 65 (ha)x50 (ton) = 3 250 ton biokol, dvs 5 års biokolproduktion från en Pyreg 1500-anläggning eller 3,5 år från en Carbofex.
Flera andra jordbrukare i området har också visat intresse för att testa biokol i sina odlingar. Säby gård skulle kunna bli en försöks- och demonstrationsgård där studiebesök och informationsspridning kan ske. De har också kapacitet att producera råvara i utbyte mot kol. Säby är redan idag ett i många kretsar välkänt varumärke.

Flera andra markägare har också informerats om biokol och är intresserade av att testa på sina åkrar. Lantbruksföretag har dock i dagsläget begränsade möjligheter att betala för biokol i odling, en sådan användning förutsätter antagligen att någon annan betalar för klimatkompensation/klimatsänka så att biokol kan säljas till lantbruk långt under marknadspris.

<u>Jönköpings kommunen</u>
Av jordbruksmark finns några 100 ha i kommunens ägo. I Bankeryd tex finns 150 ha. En biokolanläggning som ägs av kommunen med syfte att kompensera kommunens utsläpp skulle kunna avsätta biokolet på den egna jordbruksmarken. På sikt kan det ge framtida ökningar av arrendeintäkter när arrendatorerna ser en positiv effekt av biokolet. Troligen kan kommunens jordbruksmark ensam ta emot biokol som motiverar en anläggning på 500 kW, som ger ca 200 ton biokol per år, även en större anläggning som ger 500 ton per år om man räknar en avskrivningstid på tex 10 år.

## Biokol i trädgårdsodling

Intresset för biokol inom trädgårdskretsar har ökat kraftigt under senare år medan tillgången varit begränsad. Små påsar på några liter finns att köpa på Granngården m.fl. butiker i branschen, priset i

butik ligger på ca 20 kr/l (!). I växtbäddar kan man ha upp till 25 % biokol, något som tillämpas i exempelvis stadsodlingar med pallkragar.

Ebe Plant i Gränna har för avsikt att börja sälja biokol under kommande växtsäsong, detta på grund av stor efterfrågan från kunder. De har själva ännu inga direkta planer på att använda det i stor skala, men begreppet är ganska nytt och de kommer nog att börja testa i sina egna odlingar för att utvärdera nyttan[29].

### Biokol i kommersiell odling

Rudenstams bär och fruktodling i Skärstad har planer på att testa biokol vid nyanläggning av fruktodlingar. Idén har väckts efter att ett företag som levererar Havtorn till dem har odlingsbäddar med kol i sin produktion. Kontakter med konsult har tagits och om planerna blir verklighet så är 1-2 ha/år med nyplanteringar aktuella varje år. Hur stora volymer kol som kommer att behövas för detta är ännu oklart. Uppskattningsvis kan det röra sig om 1 000 träd per år i genomsnitt som får 10 l biokol var vilket skulle ge en efterfrågan på 10 $m^3$/år [30].

### Biokol och träkol i städer och byggnader

Biokol ger växterna bättre förutsättningar att klara stadsklimatets påfrestningar, speciellt under varma sommardagar eftersom det har en mycket god vattenhållande kapacitet (motsvarande lerans). Den vattenhållande förmågan hos biokol är också till stor nytta i växtbäddar i gröna tak och gröna överbyggnader på betongbjälklag, eftersom det begränsade substratdjupet i växtbäddarna leder till att de lätt torkar. Jordar med hög ler- och mullhalt håller mycket vatten, men blir oftast för täta i tunna växtbäddar (<500 mm) med syrebrist för växternas rötter som följd. Därför används ofta porösa substrat som pimpsten eller tegelkross, som släpper in luft samtidigt som de har interna porer som kan hålla vatten. Biokolets porösa struktur fungerar på samma sätt.

Andra fördelar med biokol i gröna klimatskal (s.k. gröna väggar och gröna tak) är dess lätta vikt, stabilitet och näringshållande förmåga. Biokol har en hög porositet och stor ytarea och därmed en hög katjonutbyteskapacitet, det vill säga god förmåga att binda positiva joner såsom näringsämnen och tungmetaller. Hur stor katjonutbyteskapaciteten är varierar, men den är jämförbar med andra organiska material, till exempel kompost. En hög katjonutbyteskapacitet är positiv ur växtodlingssynpunkt, men även när det gäller att rena vatten. Biokolets förmåga att binda näringsämnen gör att risken för att näring förs bort med avrinningsvattnet minskar. Kvaliteten på det vatten som lämnar gröna tak, och andra planteringar blir därför bättre om de innehåller biokol och risken för förorening av sjöar, hav och andra vattendrag minskar. Förorenat dagvatten från asfalterade parkeringsytor kan användas för bevattning och biokolbäddarna bidrar i sådana fall också till minskade utsläpp av skadliga ämnen till sjöar och vattendrag.

### Biokol i stadsplanering och parkskötsel

Stockholms stads energibolags satsning på biokol, beskriven i inledningen av denna rapport, startade till stor del på grund av problem med trädens sviktande livskraft i staden. I Sverige introducerades biokol som en lösning för att förbättra växtbäddar i stadsmiljöer redan år 2009 av Björn Embrén, verksam på trafikkontoret i Stockholm. Under flera år hade så kallade skelettjordar med en stor andel makadam testats, med målet att skapa långsiktigt hållbara växtbäddar som inte går att kompaktera. Problemet var att när makadam blandades med vanlig jord blev växtbäddarna för täta. Men när det

[29] Steffie Eberts Reinisch, Ebe plant muntligen 2020
[30] Jonas Rudenstam och David Rudenstam, muntligen 2020

mer porösa biokolet tillsattes nådde skelettjordarna sin fulla, eller åtminstone sin hittills största, potential. Idag är biokol en självklar del i de skelettjordar som används för trädplantering, och även i övriga växtbäddar, i Stockholm[31].

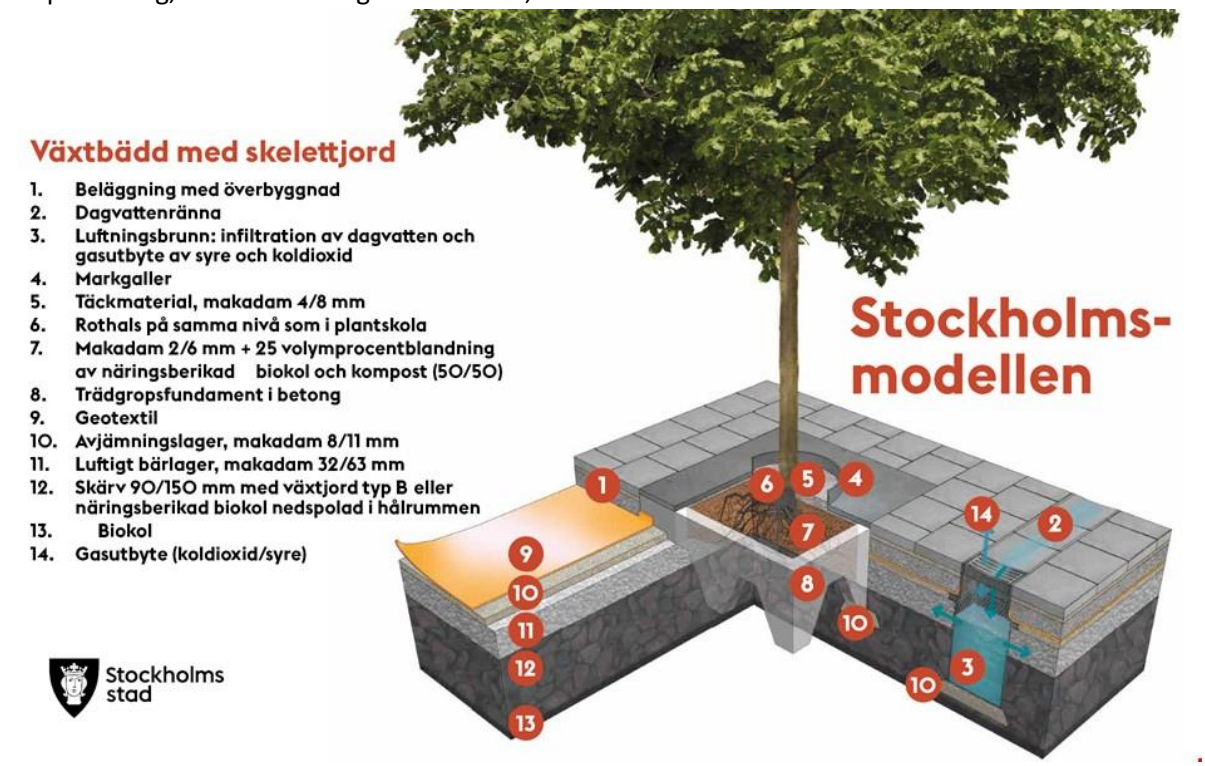



Bild 25. Hur Stockholms stad anlägger växtbäddar med biokol

Stockholmsmodellen är en metod för att anlägga och förbättra växtbäddar. Metoden skapar hålrum i växtbädden genom så kallad skelettjord av biokol och makadam. Illustration: Stockholms stad.

Jönköpings kommun planterar årligen ca 100-200 träd. Det är en liten potential för biokolanvändning i jämförelse med jordbruket och kommersiell trädgårdsodling.

## Biokol i sanering av f.d. industrimark

På andra platser i landet har kol använts i samband med marksanering av f.d. industrimark, detta då träkol har förmågan att ta upp och binda en mängd olika typer av föroreningar och gifter.
I Jönköping har denna metod ännu inte prövats.

## Stålindustri och kol

Stora forskningsinsatser och praktiska försök görs i syfte att minska användandet av fossilt kol inom stålindustrin i Sverige. Företaget SSAB har som långsiktigt mål att helt ersätta det fossila kolet med väte och att få ner koldioxidutsläppen till noll år 2045. I avvaktan på den nya tekniken verkar dock användning av träkol vara ett potentiellt sätt att minska utsläppen. Dessutom kommer det att behövas kol i stålproduktionen även när den nya tekniken är i bruk.

[31] https://parker.stockholm/vaxter-djur/trad/vaxtbaddar/

SSABs egna laboratorieprov har visat att man med nuvarande tekniska lösningar skulle kunna ersätta upp till 20 procent av det fossila kolet med träkol. Rent tekniskt har detta visat sig fungera utmärkt, företaget beskriver själva att den stora svårigheten ligger i att skaffa tillräckligt med träkol. Enbart för det andra testet på en av företagets anläggningar i Finland framställdes träkol i tre månaders tid, och fortlöpande användning av kol med en andel på bara tio procent av totala kolmängden skulle kräva en årsproduktion av cirka 35 000 ton träkol[32]. Om framtaget kol används till förbränning är det inte biokol enligt vedertagna definitioner.

### Användning av biokol i framtiden

Det finns många sätt på vilka träkol kan komma att integreras i infrastruktur och industri. Det kan exempelvis blandas i byggmaterial, vägar och hårdgjorda markytor. Kol kan exempelvis nyttjas i betongtillverkning, något som idag kräver stora sandresurser, men troligen kommer även nya tekniker för isolerings- och fyllnadsmaterial och att utvecklas.

I framtiden skulle därför volymen av biokol kunna vida överstiga de mängder biokol som används i odling. Kol som tillsats kommer att värderas inte bara för direkt bindning av koldioxid, men också för dess bidrag till önskade egenskaper hos betong och asfalt.

Redan innan detta blir vardagsmat, kommer vi sannolikt att få se biokol användas i avloppsrening. Den använda biokolen från vattenrening kan fortsätta att binda kol när det används i sekundära tillämpningar som jordar, deponilock eller byggmaterial.

## 10. Organisering av verksamheten

Biokolproduktion i anslutning till någon av Jönköping Energis fjärrvärmeanläggningar kan administreras på en rad olika sätt och med olika ägarkonstellationer. Här redovisas de tre huvudalternativ som kommit fram under arbetet med förstudien.

### A. Kommunalt ägd anläggning, produktion huvudsakligen för eget behov

Jönköping Energi äger anläggningen och större delen av råvaruflödet och biokolen hålls inom kommunkoncernen. Anläggningen dimensioneras efter den avsättning som finns inom kommunkoncernen. Anläggningen kan även vara en tillgång för att möta ett kommande behov av klimatkompensation för kommunen.

Av logistikskäl är Torsvik en lämplig placering. Där finns både utrustning och personal på plats liksom erfarenhet att hantera inflöde av biomassa/flis. Fjärrvärmenätets kapacitet att ta hand om överskottsenergi från biokolproduktion är också stort. En alternativ placering är Fagerslätt i Huskvarna för försörjning av ett mindre fristående nät. Årsvolym för fjärrvärmebehovet i Fagerslätt är grovt uppskattat 700-800 MWh vilket innebär att en av de mindre biokolpannorna i så fall kan vara lämplig. Användare av biokolet i detta alternativ är främst Tekniska kontoret, Vätterhem och arrendatorer på kommunalt ägd jordbruksmark. Den absolut största mängden används på jordbruksmarken. Störst potential för råvaran är flis från kommunens tätortsnära skogsbruk. Material från trädgårdar och parker kan vara möjligt om det går i linje med kommunens ambitioner kring biogastillverkningen. Idéer som diskuterats är att stimulera villaägare till ökat biomassaproduktion i trädgårdarna och att anlägga energiskogsodlingar på en del av i tätortens gräsytor. I det senare fallet är en del av de intressanta ytorna i trafikverkets ägo.

[32] https://www.ssab.se/nyheter/2019/08/07/11/07/ssab-brahestad-testade-framgngsrikt-att-erstta-fossilt-kol-med-biokol

### B. Privatägt bolag äger anläggningen

Ett privat bolag äger och driver anläggningen samt säljer värmen till Jönköping Energi. Detta alternativ kan jämföras med den nya biogasanläggningen som har avtal med kommunen om leverans av råvara och restprodukt. Biokol och klimatkompensation/klimatsänka säljs på marknaden.

Det privata bolaget är icke vinstdrivande och eventuellt överskott investeras i nya anläggningar och åtgärder för att säkra framtida leverans av naturvårdsvirke som råvara. Därigenom kan försäljningen av klimatkompensation/klimatkompensering erhålla hög trovärdighet.

En plats som lämpar sig för detta alternativ är fjärrvärmeanläggningen i Gränna - en relativt stor anläggning som inte kommer att anslutas till andra fjärrvärmenät i framtiden. Minsta effektbehovet i Gränna (sommartid) är ca 300 kW. Idag transporteras flis från Torsvik, vilket medför transportarbete som skulle minska om råvaran hämtades i närområdet. Även i detta alternativ är Fagerslätt i Huskvarna en möjlig placering.

Verksamheten har stark koppling till Biosfärområde Östra Vätterbranterna och siktar på att huvudsakligen använda restprodukter från naturvårdande åtgärder som råvara.
Producerad kol säljs huvudsakligen till en öppen marknad för användning som biokol i trädgårdar, kommersiella odlingar samt till privatpersoner och företag som önskar köpa klimatkompensation/klimatsänka. En möjlighet i det senare fallet är att markägare som önskar testa biokol i odlingar får köpa detta till starkt subventionerat pris, mellanskillnaden (marknadspris-lantbrukspris) betalas som klimatkompensation/klimatsänka. Biokol kan med denna affärsmodell introduceras i det lokala jordbruket och bidra till ökad lönsamhet och ett långsiktigt hållbart jordbruk. En företagsform som denna kan alltså både erbjuda biokol till försäljning i mindre påsar, storsäck (1-2m$^3$) eller annan form men också som klimatkompensation/klimatsänka av kunder som aldrig kommer i fysisk kontakt med produkten.

### C. Kombination av A och B - två anläggningar med olika ägare

I detta alternativ byggs två anläggningar enligt ovan beskrivna alternativ, A och B. Råvaran i alternativen har olika upptagningsområden och vi bedömer att underlaget är tillräckligt både från råvaruperspektivet och användningsperspektivet.

## 11. Betalningslösningar

Förstudien har belyst relationen mellan säljare och köpare i flera olika perspektiv vilka beskrivs kortfattat nedan.

### Inköp av råvara

I Stockholm tar anläggningen emot trädgårdsavfall utan kostnad från allmänheten, som även får ta med sig säckar av biokol när de lämnar sitt avfall. Det kan troligen inte bli aktuellt i Jönköping. Trädgårdsavfall kan eventuellt komma att köpas in från allmänheten. En lämplig betalningsmetod i det fallet kan vara Swish.

Flis kan, särskilt inledningsvis, komma att behövas köpas in på öppna marknaden. En variant är GROT och röjningsvirke köps in och flisas på plats.

Om det byggs en anläggning som ägs av kommunkoncernen med huvudsakligt syfte att tillmötesgå kommunens behov av klimatkompensation blir det tekniska kontoret och fastighetsbolagen som bidrar med råvaran. Klimatkompensationen kan däremot gälla hela kommunkoncernen. Hur ersättningen för råvaran i detta fall ska gå till ligger utanför ramen för den här förstudien.

### Värme

I det fall Jönköping Energi äger biokolanläggningen och verksamheten huvudsakligen drivs inom kommunkoncernen, sker ingen försäljning, men om en privat aktör äger anläggningen behövs ett avtal som innebär att Jönköping Energi köper värmen (fler frågor kommer att behöva avtalas för att reglera tillgång till mark med mera).

### Försäljning av biokol och klimatkompensation/klimatsänka

I det fall Jönköping Energi äger biokolanläggningen sker transaktionerna av biokol och klimatkompensation/klimatsänka huvudsakligen inom kommunkoncernen. I fallet med privat bolag som ägare sker detta på marknaden.

## 12. Marknadsföring inklusive webblansering

Som framgår av tidigare kapitel föreslås två huvudalternativ där båda kan genomföras oberoende av varandra. I det ena alternativet sker biokolverksamheten huvudsakligen inom kommunkoncernen. I det alternativet är behovet av information huvudsakligen internt men även gentemot kommuninvånarna generellt och jordbruksarrendatorerna som förväntas ta emot biokol i sitt jordbruk.

I alternativet med en privatägd anläggning behövs både marknadsföring av biokolet och klimatkompensation/klimatsänka. I nuläget är efterfrågan på biokol större än utbudet vilket kan begränsa behovet av marknadsföring, men ska försäljning av klimatkompensation/klimatsänka bli framgångsrik behövs marknadsföring för att nå ut och slå genom i konkurrens med andra alternativ. Marknaden för klimatkompensation är global. Stora delar är reglerad genom FN men biokol ingår inte i det systemet. En liten aktör behöver en smart marknadsföring för att nå ut globalt. Samarbete med etablerade aktörer som säljer klimatkompensation kan vara en väg eller med större bolag som vill ha en trovärdig klimatkompensation inom Sverige. Samarbete med klimatrådets medlemmar kan också vara en väg, men att endast sälja klimatkompensation/klimatsänka lokalt kommer troligen inte ge några större volymer jämfört med den efterfrågan på biokol som finns på marknaden för trädgård och park.

Så länge som efterfrågan på biokol är större än utbudet kan försäljning av klimatkompensation främst ses som en möjlighet att öka intresset och kunskapen om biokol i jordbruket och därigenom bidra till en fortsatt ökande marknad för biokol i framtiden.

Om några år kan det finnas en svensk tredjepartscertifiering för biokol. Hushållningssällskapet i Sjuhärad driver ett projekt med det syftet. Att ansluta sig till den kan vara en del i en marknadsföringsplan.

Exempel på nyckelord i en marknadsföringsstrategi kan vara klimatinvestering på riktigt, naturvård-ekologisk hållbarhet, biosfärområde, lokal ekonomi – koppling till landskapet, unik lösning, icke vinstdrivande.

Webben, inte minst sociala medier, kommer vara en viktig kanal för att nå ut globalt och för att lyckas med det behöver extern kompetens anlitas.

## 13 Ekonomiska kalkyler

Översiktliga och förenklade ekonomiska kalkyler har gjorts för anläggningar från flera leverantörer och anläggningar av olika storlek. På intäktssidan finns försäljning av värme och biokol. Biokol står för cirka 90 procent av intäkterna. Försäljning av klimatkompensation/klimatsänka kan vara en del i

verksamheten men för att förenkla kalkylerna har vi räknat med att allt biokol säljs. Försäljning av biokol kommer utgöra den ekonomiska grunden om ett privat företag äger biokolanläggningen. Vi har inte räknat med max produktion utan cirka 80 % av de produktionsuppgifter som leverantörerna lämnat. Det finns många osäkerhetsfaktorer som gör att det är svårt att uppnå maxproduktion, särskild de första åren. Vi har räknat med ett försäljningspris på 10 kr/kg biokol vilket är ett vanligt pris idag på biokol som inte har laddats med näring.

För alternativet där verksamheten drivs inom kommunkoncernen har inga intäktskalkyler gjorts. Intäkterna kan bestå av försäljning av värme, ökade arrendeintäkter från kommunens jordbruksmark, försäljning av biokol inom kommunkoncernen, försäljning av klimatkompensation och till en mindre del extern försäljning av biokol. I kommunens nuvarande klimatväxlingssystem är koldioxidavgiften cirka 1 000 kr per ton. Räknat som biokol blir det ungefär 330 kr per ton, dvs 3,3 kr per kg, vilket är ungefär en tredjedel av marknadspriset för biokol idag. I klimatväxlingssystemet finns 1,7 mkr idag och det gäller endast transporter. Summan kan jämföras med att försäljning av 220 ton biokol till ett pris av 8 kr skulle inbringa 1,76 mkr. 220 ton är vad en av de mindre anläggningarna som vi tittat på i förstudien har som maxproduktion.

På kostnadssidan har vi räknat med följande poster i kalkylerna:

- Flis från stamved av gran
- Arbetskraft för daglig drift
- El
- Administration
- Marknadsföring
- Myndighetskostnader och certifiering
- Avfallskostnad
- Avskrivning och räntor (=uppdelad investeringskostnad)
- Underhåll och diverse

Kostnaden för råvaran är generellt sett den överlägset största kostnaden. Priserna på flis varierar kraftigt vilket gör kalkylerna osäkra. Osäkerheten späds på av att flisen kan vara av olika kvalitet, trädslag, fuktkvot eller komma från GROT (istället för stamved som vi har räknat med). I alternativet med en anläggning som drivs inom kommunkoncernen kan fliskostnaden komma att bli lägre då leveranser eventuellt kan ske utan mellanhänder (flis från kommunens skogsbruk). Eventuellt kan även material från trädgårdar och parker användas vilket då innebär en intäkt för biokolverksamheten alternativt en minskad kostnad för de som lämnar materialet.

Kostnaden för arbetskraft varierar från 30-70 % av fliskostnaden och har större betydelse ju mindre anläggningen är. Det motsatta gäller för avskrivningar och räntor, som har större betydelse för större anläggningar med höga investeringskostnader.

Generellt visar kalkylerna bättre lönsamhet för större anläggningar. Nedan ges 3 exempel på kalkyler. Avgörande för kalkylernas utfall är främst priset på råvaran. Vi har i exemplen räknat med ett ganska högt flispris, 200 kr/$m^3$ s (stjälpt kubikmeter). Observera att bidrag inte ingår i kalkylerna. Erhålls bidrag kan alltså återbetalningstiden förkortas. Avskrivningstiden har i exemplen satts till så många år som krävs för att kalkylen ska visa positivt resultat. Detta för att ge en förenklad bild av återbetalningstiden utan att göra en fullständig lönsamhetskalkyl.

**Exempel på liten anläggning, 150 kW värme, avskrivningstid 10 år, total investering 6 miljoner kr.**

| **Intäkter** | SEK |
|---|---|
| Värme | 180 000 kr |
| Biokol | 1 760 000 kr |
| **Totalt** | 1 940 000 kr |
| | |
| **Kostnader** | |
| Flis på öppna marknaden från cert skogsbruk | 545 600 kr |
| Skötsel av biokolpanna | 365 000 kr |
| El | 22 500 kr |
| Administration | 100 000 kr |
| Marknadsföring | 100 000 kr |
| Myndighetskostnader och certifiering | 15 000 kr |
| Avfallskostnad | 5 000 kr |
| Avskrivningar & Räntor | 625 210 kr |
| **Totala kostnader exkl. underhåll & övrigt** | 1 778 310 kr |
| Underhåll & diverse övriga kostnader | 121 331 kr |
| **Totalt** | 1 899 641 kr |
| | |
| **Resultat** | 40 359 kr |

**Exempel på mellanstor anläggning, 400 kW värme, avskrivningstid 6 år, total investering 6,5 miljoner kr.**

| **Intäkter** | SEK |
|---|---|
| Värme | 480 000 kr |
| Biokol | 3 600 000 kr |
| **Totalt** | 4 080 000 kr |
| | |
| **Kostnader** | |
| Flis på öppna marknaden från cert skogsbruk | 1 567 200 kr |
| Skötsel av biokolpanna | 730 000 kr |
| El | 11 250 kr |
| Administration | 100 000 kr |
| Marknadsföring | 100 000 kr |
| Myndighetskostnader och certifiering | 15 000 kr |
| Avfallskostnad | 5 000 kr |
| Avskrivningar & Räntor | 1 112 915 kr |
| **Totala kostnader exkl. underhåll & övrigt** | 3 641 365 kr |
| Underhåll & diverse övriga kostnader | 271 137 kr |
| **Totalt** | 3 912 502 kr |
| | |
| **Resultat** | 167 499 kr |

**Exempel på anläggning, 670 kW, avskrivningstid 7 år, total investering 24 miljoner kr.**

| **Intäkter** | SEK |
|---|---|
| Värme | 800 000 kr |
| Biokol | 8 000 000 kr |
| **Totalt** | 8 800 000 kr |
| | |
| **Kostnader** | |
| Flis på öppna marknaden från cert skogsbruk | 2 832 000 kr |
| Skötsel av biokolpanna | 912 500 kr |
| El | 67 500 kr |
| Administration | 100 000 kr |
| Marknadsföring | 100 000 kr |
| Myndighetskostnader och certifiering | 15 000 kr |
| Avfallskostnad | 5 000 kr |
| Avskrivningar & Räntor | 3 516 052 kr |
| **Totala kostnader exkl. underhåll & övrigt** | 7 548 052 kr |
| Underhåll & diverse övriga kostnader | 643 555 kr |
| **Totalt** | 8 191 607 kr |
| | |
| **Resultat** | 608 393 kr |

## 14. Bidragsmöjligheter

Båda de huvudalternativ som diskuteras i förstudien, ett med privat ägande och ett med kommunalt ägande, har möjlighet att söka bidrag till biokolanläggningar genom Klimatklivet. Hittills har 14 ansökningar om biokol beviljats i landet varav 2 projekt inte kommer att genomföras. Som framgår av tabell 2 har ganska stora summor delats ut och höga bidragsandelar. Viktigt att notera är att bidrag inte delas ut till investeringar med återbetalningstider under fem år. Reglerna för Klimatklivet har ändrats sedan starten vilket talar för att det inte är sannolikt att lika stora bidragsandelar kommer att beviljas framöver.

Det finns tre ansökningsomgångar för Klimatklivet 2020: 10 februari–10 mars, 5–28 maj och 27 augusti–24 september.

För alternativet med privatägande kan finnas andra möjligheter till bidrag, till exempel genom crowdfunding och avtal med företag som vill medverka i klimatkompensation.

Tabell 2. Biokolprojekt som fått bidrag från Klimatklivet.

| **Rubrik** | **Ärendenummer** | **Organisation** | **Län** | **Belopp (andel)** |
|---|---|---|---|---|
| Skånefrö Klimatpositiv Fjärrvärme från pyrolys | KKL-05776-2018 | Skånefrö Förvaltnings AB | Skåne län | 16 073 051 kr (48%) |
| Anläggning för produktion av biokol | KKL-05603-2018 | Nordvästra Skånes Renhållnings AB | Skåne län | 12 500 000 kr (50%) |
| Biokolsanläggning | KKL-04072-2018 | Swerock AB | Skåne län | 3 118 500 kr (45%) |
| Biokolsanläggning Bjursätters ladugård | KKL-02915-2017 | Fräkentops gård, Tomas von Heideken | Södermanlands län | 507 000 kr (50%) |
| Biokolsproduktion | KKL-02547-2017 | Henrik Falck | Västra Götalands län | 763 200 kr (60%) |
| Klimatpositiv fjärrvärme med biokolproduktion | KKL-01499-2016 | Skånefrö Förvaltnings AB | Skåne län | 17 183 400 kr (65%) |
| Klimatpositiv värme och biokol på Hjelmsäter | KKL-00962-2016 | Hjelmsäters Egendom | Västra Götalands län | 1 808 625 kr (50%) |
| Klimatpositiv fjärrvärme, skogens restprodukter | KKL-03764-2018 | Skellefteå Carbon AB | Västerbottens län | 22 346 289 kr (50%) |
| Energikonvertering VegTech | KKL-03288-2018 | Veg Tech AB | Kronobergs län | 3 575 000 kr (55%) |
| Från Avfall till Biokol | KKL-06151-2019 | Telge Återvinning | Stockholms län | 4 494 821 kr (40%) |
| Klimatpositiv uppvärmning för Ekoladan o Lida Gård | NV-07657-15 | Lindeborg Development AB | Södermanlands län | 700 000 kr (50%) |
| CO2 Optimal Klimatkliv Hasta Eco | KKL-06215-2019 | Hasta Gård | Västmanlands län | Ingen uppgift |

## 15. Diskussion

Vi kan konstatera att det finns råvara med hög hållbarhetsprofil, att behovet av klimatsänkor är skriande, att marknaden för biokol är växande och att bidrag finns att söka. Det finns alltså ingen anledning att vänta med att gå vidare i ett fördjupat arbete för att investera i minst en biokolanläggning i Jönköpings kommun.

Vi har kommit fram till två huvudalternativ. I ena alternativet äger Jönköping Energi anläggningen. Verksamheten med dess råvaruflöden och användning av biokol, sker främst inom kommunens förvaltningar och bolag. I andra alternativet ägs anläggningen av ett privat icke-vinstdrivande bolag som säljer värmen till Jönköpings Energi och biokol samt klimatkompensation/klimatsänka säljs på öppna marknaden.

De två alternativen har olika förutsättningar både vad gäller råvaruinköp och avsättning av biokol värme. Det ena alternativet utesluter inte det andra. Om båda alternativen förverkligas kan Jönköpings kommun inom några år bli en internationell förebild inom biokol, klimatarbete och samverkan med naturvård.

Förutsättningarna för de två alternativen är olika på många sätt. Därför behandlas de fortsättningsvis var för sig, fast med samma rubriker.

## A. Kommunalt ägd anläggning

Huvudsyftet med en kommunalt ägd biokolanläggning är att bidra till kommunens klimatarbete och att Jönköpings kommun därigenom blir en förebild när det gäller att utveckla system för trovärdig klimatkompensation i kombination med kraftigt minskade utsläpp. Därutöver tillkommer positiva effekter av biokolets användning på mark som i huvudsak ägs av kommunen.

### Hållbarhetskriterier

I detta alternativ kommer klimatkompensation/klimatsänka inte säljas externt. Därför är det inte så viktigt att erhålla en tredjepartscertifiering av biokolet. Det är ändå lämplig att, som till exempel Stockholm Vatten gör för sin anläggning, följa kriterierna för den europeiska certifieringen EBC.

På motsvarande sätt är det inte lika avgörande att kommunicera kriterier för klimatnytta och naturvårdsnytta, men det är ändå väsentligt med god information till kommuninvånarna. Innehållsligt bör hållbarhetskriterierna för klimatnytta och naturvårdsnytta vara samma som för alternativet där ett privat bolag äger anläggningen, se sida 22 för en sammanfattning av dessa (rubrikerna ”Sammanfattning av hållbarhetskriterier för klimatnytta” och ”Naturvårdsnytta”).

### Former för klimatkompensationen

Biokolanläggningen kommer i detta fall möjliggöra för kommunen att klimatkompensera för utsläpp som är större en de mål som satts upp för utsläppsminskning. Det innebär att kompensera för ett misslyckande att nå målen. Eventuellt kan biokolets klimatsänka ses som negativa utsläpp och därmed som en åtgärd som minskar utsläppen och bidrar till att nå målen. Det ligger inte inom ramen för denna förstudie att närmare utreda formerna för kommunens klimatkompensation. Klimatkompensaton bör även kunna säljas externt till andra aktörer.

### Platsval

Torsvik är ett bra alternativ för en biokolpanna som ägs av Jönköping Energi. Där finns en infrastruktur som ger effektivitet åt satsningen och sänker kostnaderna. Ett alternativ kan vara placering vid mindre närvärmenät som inte kommer att byggas ihop med fjärrvärmenätet eller

kommer göra det på sikt, till exempel Fagerslätt i Huskvarna. I sådana fall är det en liten biokolpanna som kan vara aktuell.

### Råvaror

Största potentialen för råvaran är i detta fall material från kommunens tätortsnära skogsbruk, se sidan 29. Om hela volymen av flis används för biokol skulle det räcka till en anläggning som producerar mer än 400 ton per år, vilket är ungefär dubbelt så mycket som anläggningen i Stockholm. Det är angeläget att studera detta alternativ vidare. Material från skötsel av parkytor kan eventuellt tillkomma från tekniska kontoret och kommunala fastighetsbolag.

Dialog bör föras med biogasbolaget om möjligheterna att samverka för att öka tillgången på råvara från trädgårdar, liksom möjligheten att öka biogasutbytet genom tillförsel av biokol i processen. Det räcker med ca 10 % av det material som tas emot på anläggningen i Klämmestorp för att driva en anläggning av den storlek som finns i Stockholm (Pyreg 500). Att öka produktionen av biomassa med 10 % borde vara en möjlig målsättning.

Idén att anlägga energiskogsodlingar på en del av i tätortens gräsytor bör studeras vidare i samverkan med Trafikverket som äger en del av de intressanta ytorna. Om energiskog odlas på gräsytor på ett sådant sätt att andra intressen inte motverkas skulle det vara en idealisk råvara från ett klimatperspektiv. Ytor som tidigare inte bundit särskilt mycket koldioxid skulle binda mer samtidigt som värme och biokol produceras. Idén är då att odlingarna utformas så att de ses som ett positivt inslag i stadsbilden av kommuninvånarna.

### Användning av biokolet

Störst potential för avsättning är på kommunens jordbruksmark. Troligen kan kommunens jordbruksmark ensam ta emot biokol som motiverar en anläggning på 500 kW, som ger ca 200 ton biokol per år, även en större anläggning som ger 500 ton per år om man räknar en avskrivningstid på tex 10 år. Förhållandevis mindre mängder förväntas användas i stadsplanering och parkförvaltning.

Det är angeläget att utreda vidare hur det praktiskt kan gå till att öka biokolanvändningen på kommunens jordbruksmark. Användning i stadsplanering och parkförvaltning bör utvecklas.

Ytterligare användningsområden kan utvecklas genom projekt, till exempel filter som näringsfälla.

### Nästa steg

För att komma vidare med detta alternativ behöver bland annat följande frågor beredas närmare

- Avtalslösningar för tillgång till råvaran
- Storlek på biokolpanna och budget
- Ekonomiska lösningar inom kommunkoncernen
- Inriktningsbeslut i respektive bolag/förvaltning
- Beslut om att ansöka om bidrag från Klimatklivet

## B. Privat bolag äger anläggningen

Ett privatägt, icke vinstdrivande bolag, vars ambition är att producera biokol som bidrar till en kolsänka samtidigt som verksamheten gynnar den biologiska mångfalden i landskapet kommer att bidra till uppfyllande av flera miljömål.

Lokalisering i Gränna och samverkan med Biosfärområde Östra Vätterbranterna ger möjlighet att både säkra tillgång till lokal råvara (exempelvis från restaurering av betesmarker och skogsbeten) och stödja projekt som gynnar den lokala ekonomin såsom utveckling av naturbetesmarker och lokala

produkter som naturbeteskött eller virke från kontinuitetsskogsbruk. Biosfärområdet ingår i ett internationellt nätverk (över 600 områden i världen) med uppdrag att skapa modeller för hållbar utveckling. Att vara en del i detta kan ge trovärdighet åt företagets marknadsföring och erbjuda en part att samverka med i naturvårdsåtgärder samt ge kontakter med en nationell och internationell marknad för klimatinvestering.

### Hållbarhetskriterier

Grunden bör vara en tredjepartcertifiering av verksamheten genom den europeiska certifiering EBC. Se därutöver förslag till hållbarhetskriterier på sidorna 22-23 för en sammanfattning av dessa (rubrikerna ”Sammanfattning av hållbarhetskriterier för klimatnytta”, ”Naturvårdsnytta”, ”Additionalitet” och ”Kontroll av efterlevnad”).

### Former för klimatkompensationen

Under rubriken Additionalitet på sid 22 beskrivs två olika vägar att gå för försäljning av klimatkompensation/klimatsänka. Den ena vägen innebär att klimatkompensation/klimatsänka säljs för allt biokol som tillverkas. Priset sätts så att verksamheten inte ska gå med förlust. Priset kan också sättas så att ett överskott uppkommer som används till att investera i nya anläggningar eller andra klimatsänkor. Trovärdigheten i detta alternativ säkras genom en öppen ekonomisk redovisning. Om vissa råvaror ger lönsamhet men inte andra är en variant på detta alternativ att klimatkompensation endast säljs för de olönsamma delarna.

Den andra vägen innebär försäljning av biokol och klimatkompensation som två olika produkter, en del av biokolet säljs alltså på biokolmarknaden och en annan del på kompensationsmarknaden. En fördel är att det är lättare att göra kolsänkan spårbar. Biokolet skänks då bort eller säljs för underpris till markägare som biokolföretaget samarbetar med. En nackdel är att priset för klimatsänkan blir högt (mer än 2 000 kr/ton koldioxid) om det inte ska leda till intäktsbortfall jämfört med att sälja biokolet på marknaden. Marknadspriset på biokol är vid denna rapports tryckning betydligt högre än vanliga priser på klimatkompensation.

Vi har inte tagit ställning till vilken av ovanstående vägar som är att föredra.

### Ordval

En av utgångspunkterna för förstudien har varit att klimatkompensation ska säljas. Begreppet klimatkompensation har länge varit kritiserat och inte minst under år 2019 i samband med en artikelserie i Dagens Nyheter. Klimatkompensation är inget tydligt begrepp eftersom olika avgränsningar kan göras för vilka utsläpp som ska kompenseras i tid och rum. Vi har under förstudien kommit fram till att klimatsänka är ett tydligare och mindre komplicerat begrepp och att det kan vara att föredra att marknadsföra försäljning av klimatsänka istället för klimatkompensation. Detta hindrar inte att köparen betraktar köpet som klimatkompensation.

### Platsval

Två platser som diskuterats är fjärrvärmenätet i Gränna och Fagerslätt i Huskvarna som båda är fristående och ingår i biosfärområdet. Gränna har fördelen att fjärrvärmenätet är större och därmed finns underlag för en större biokolanläggning och de ekonomiska fördelar som det innebär. Fagerslätt har fördelen att en biokolanläggning skulle göra mer nytta från ett värmeperspektiv eftersom det ändå behövs en ny panna där. Gränna kommer inte heller i framtiden att anslutas till fjärrvärmenätet i Huskvarna varför behovet av energiproduktion där kommer att kvarstå. Bättre placering för en privatägd anläggning än dessa två har inte kommit fram under förstudien, även om det är möjligt att sådana finns.

En privatägd anläggning i biosfärområdet skulle minska kommunens kostnader för råvara och transport av flis.

### Råvaror

Förstudien har visat att vi kan vänta oss att det finns tillräckliga mängder råvara att tillgå från naturvårdsåtgärder i biosfärområdet, eller åtminstone i ett område med fyra mils radie från Gränna. Det kan dock ta tid att bygga upp en fungerande leverantörskedja till rimlig kostnad vilket innebär att verksamheten åtminstone till en början bör vara öppen för att ta emot restprodukter från certifierad skogsbruk (till exempel flis från röjningar och GROT)

### Användning av biokolet

Biokolet säljs på marknaden. Största efterfrågan är som jordförbättring i parker och trädgård, samt anläggningsjord i städer. Delar av biokolet skänks bort eller säljs till underpris till jordbruk i närområdet med projektfinansiering eller finansiering genom försäljning av klimatkompensation/klimatsänka. Ytterligare användningsområden kan utvecklas genom projekt, till exempel filter som näringsfälla.

### Nästa steg

Etablering av ett privat biokolföretag förutsätter samverkan med Jönköping energi för försäljning av fjärrvärme. Nästa steg är ett inriktningsbeslut inom Jönköpings Energi som öppnar vägen för en sådan samverkan.

## C. Kombination av A och B - två anläggningar med olika ägare

De båda alternativen med en kommunal anläggning och en privatägd anläggning är möjliga att kombinera. Marknaden för biokol är stor och råvaruförsörjningen till de båda alternativen är delvis olika. I båda fallen är det möjligt att söka bidrag från Klimatklivet.

# Bilagor

## Bilaga 1. Kemisk analys av olja från Carbofex anläggning

SGS

PRESECO OY

Laboratory Report Nr: P 49692(L 912-10)

ANALYSIS CERTIFICATE Report/Analysis date: June 9, 2010

S * Product : CLIENT SAMPLE
A * Location :
M * Sampled : . . |Sampled by :
P * Sample Nr: B2139 |Seal : OPEN
L * Sample- : 1 x 1000 ml sample received by us on 3.6.2010.
E * descrip- : sample marked: Pyrolyysiöljy / terva
* tion :

| Method | Analysis | Analysis Result | |
|---|---|---|---|
| D4868 | Calorific value (Net) | 30.0 | MJ/kg |
| D4868 | Calorific value (Gross) | 31.8 | MJ/kg |
| D445 | Viscosity at 20°C * | 45.6 | mm2/s |
| D445 | Viscosity at 80°C * | 5.1 | mm2/s |
| D664 | Acid number | 76 | mg KOH/g |
| D482 | Ash | 0.031 | wt-% |
| D5453 | Sulphur | 0.003 | wt-% |
| D473 | Sediment by extraction | 3.38 | wt-% |
| D95 | Water by distillation | 19.5 | wt-% |

* Due to nature of the product Viscosity results should condisered as approximately value only.

Precision parameters apply in the determination of the above results. Also refer to ASTM D 3244 and IP367 and Appendix E of IP Standard Methods for Analysis and Testing, for utilization of test data to determine conformance with specifications.

Oil, Gas & Chemicals Laboratory - KOTKA

SGS Inspection Services Oy,

This report is issued by the Company under its General Conditions of Service (printed overleaf). The issuance of this report/certificate does not exonerate buyers or sellers from exercising all their rights and discharging all their liabilities under the Contract of Sale. Stipulations to the contrary are not binding on the Company. The Company's responsibility under this report/certificate is limited to proven negligence and will in no case be more than ten times the amount of the fees or commission. Except by special arrangement, samples if drawn, will not be retained by the Company for more than three months.

SGS Inspection Services Oy | Sörnäisenrantie 3, P.O Box 128 FI-00211 Helsinki Finland
t. +358 9 0863 577 (0863 701), f. +358 9 621 0344 (092 4873)

Member of the SGS Group (SGS SA)
Business ID 0634247-4