



Nr B 2420
Juni 2021

Hästgödsel och hampapellets för energiutvinning

Anton Fagerström, Anton Rydstedt



I samarbete med Eksta Bostads AB

Författare: Anton Fagerström, Anton Rydstedt

Medel från: Stiftelsen IVL

Rapportnummer B 2420

ISBN 978-91-7883-295-8

Upplaga Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© **IVL Svenska Miljöinstitutet 2021**

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Förord

Denna rapport redovisar resultaten från projektet Hästgödsel och hampapallets för energiutvinning. Projektet är en kartlägningsstudie för att genomlysna möjligheter och hinder med energiutvinning från pellets av hästgödsel och hampa. Studien är helt baserad på litteratur och muntliga källor, inga försök har genomförts. För att säkerställa att det är möjligt att erbjuda hästbönder en hållbar lösning på deras gödselproblematik och samtidigt bidra till att lösa Ekstas behov av pellets för fjärrvärme i framtiden så har detta projekt besvarat en rad frågeställningar.

Innehållsförteckning

Ordlista.....	6
Sammanfattning.....	7
Summary	8
1 Inledning och problemformulering	9
2 Bakgrund.....	9
2.1 Hästgödsel.....	9
2.1.1 Hästgödsel och miljö.....	10
2.2 Hampa	11
2.3 Cirkularitet.....	11
2.4 Tidigare försök med konceptet	12
3 Lagstiftning och regler	12
3.1 Klassning av hästgödsel.....	12
3.2 Krav på hantering av hästgödsel	13
3.3 Tillstånd för förbränning.....	13
3.3.1 Tillstånd och krav hos Jordbruksverket.....	14
3.3.2 Tillstånd och krav hos Naturvårdsverket	14
3.4 Markanvändning och hampa.....	16
3.5 Spridning av aska.....	17
4 Tekniska frågor	18
4.1 Råvaran Hampa	18
4.1.1 Kartläggning av hampa för energiutvinning.....	18
4.1.2 Sammanfattning av hampa för energiutvinning	21
4.2 Grundläggande överväganden vid förbränning av hästgödsel.....	22
4.2.1 Kemisk sammansättning hästgödsel.....	22
4.2.2 Bränsleblandning för ökat energiinnehåll.....	23
4.2.3 Utmaningar vid förbränning av hästgödsel.....	23
4.3 Pellets, Hampa resp. gödsel för energiutvinning	24
4.3.1 Träpellets	24
4.3.2 Hampa.....	24
4.3.3 Gödsel	25
4.3.4 Jämförelse av förbränningsparametrar	26
4.3.5 Emissioner till luft	26
4.4 Aska	26
4.4.1 Påverkan på förbränningsanläggning	26
4.4.2 Askåterföring	28
4.5 Samlade erfarenheter och riskhantering	29
4.5.1 Hampa.....	29
4.5.2 Hästgödsel	30

5	Cirkularitet, miljö och ekonomi	32
5.1	Hampans användning som högvärdig produkt	32
5.2	Cirkulära vinster med förbränning av hästgödsel	32
5.3	Hållbar odling av hampa.....	33
5.3.1	Näringsämnesåterföring, återvinning och cirkularitet.....	33
5.3.2	Användning av bekämpningsmedel	33
5.3.3	Växtrotation och dess effekter vid hampaodling.....	34
5.3.4	Odlingsekonomi	34
5.3.5	Miljöpåverkan från hampaodling.....	34
5.3.6	Alternativet biogasproduktion.....	35
6	Slutsats och sammanfattande bedömning.....	35
7	Referenser.....	37

Ordlista

P:	Fosfor
N:	Kväve
ABP:	Animalisk biprodukt
BAT:	Bästa tillgängliga teknologi
TOC:	Totalt organiskt kol
HCl:	Saltsyra
HF:	Väteflourid
SO ₂ :	Svaveldioxid
NO _x :	Kväveoxider
DLUC:	Direkt markanvändningsförändring
ILUC:	Indirekt markanvändningsförändring
HVO:	Hydrogenerad växtolja
BEY:	Biomassa-energiutbyte
GCV:	Bruttovärmevärde
MC:	Fukttinhåll
HHV:	Högre värmevärde
LHV:	Lägre värmevärde
CEY:	Förbränningsenergiutbytet
NEY:	Nettovärmevärde
IDT:	Initial deformeringsstemperatur
CO:	Kolmonoxid
FB:	Fluidiserad bädd
GWP:	Global uppvärmningspotential
CO ₂ :	Koldioxid

Sammanfattning

Denna rapport redovisar resultaten från projektet Hästgödsel och hampapellets för energiutvinning. Projektet är en kartläggningsstudie för att genomlysna möjligheter och hinder med energiutvinning från pellets av hästgödsel och hampa. Studien är helt baserad på litteratur och muntliga källor, inga försök har genomförts. För att säkerställa att det är möjligt att erbjuda hästbönder en hållbar lösning på deras gödselproblematik och samtidigt bidra till att lösa Ekstas behov av pellets för fjärrvärme i framtiden så har detta projekt besvarat en rad frågeställningar.

Rapporten inleds med en utförlig bakgrund kring hästgödsel och relaterade problem, en beskrivning av växten hampa och dess användningsområden, cirkularitet som koncept, dvs. "minskad brytning av ändliga resurser och/eller ökad resursåterföring" och dess implementering relaterat till denna studie, samt tidigare försök med hästgödsel och hampa för förbränning.

En betydande del av arbetet med detta projekt har handlat om att försöka bringa klarhet kring regelverket och vilken offentlig instans som äger rådighet i frågor avgörande för genomförande energiutvinning från hästgödsel och hampapellets. Utförarna till projektet har i samråd med myndigheter lyckats rätta ut de frågetecken som finns och berett vägen framåt för konceptet med hästgödsel och hampapellets för energiutvinning.

I rapporten läggs också stor vikt vid tekniska frågor kring konceptet. Dessa innefattar detaljer kring hampa som råvara, viktiga överväganden vid förbränning av hästgödsel, energiutvinning ur gödsel, hampa och pellets, frågor relaterade till aska samt en erfarenhetssammanställning från tidigare försök med liknande koncept.

Rapportens avslutande stycke innehåller en beskrivning av hur ett cirkulärt system baserat på konceptet hade kunnat se ut och vilka fördelar detta hade fört med sig.

I projektets sammanfattande slutsatser beskrivs en möjlig fortsättning på projektet och hur konceptet som tagits fram i samarbete mellan IVL, Eksta och övriga parter i detta projekt hade kunnat implementeras i en inte alltför avlägsen framtid.

Summary

This report presents the results from the project Horse Manure and the hemp pellets for energy recovery. The project is a feasibility study to shed light on opportunities and obstacles with energy recovery from pellets of horse manure and hemp. The study is entirely based on literature and oral sources, no trials have been conducted. To ensure that it is possible to offer horse farmers a sustainable solution to their manure problems and at the same time contribute to solving Eksta's need for pellets for district heating in the future, this project has answered several questions.

The report begins with a detailed background on horse manure and related problems, a description of the plant hemp and its uses, circularity as a concept and its implementation related to this study, and previous experiments with horse manure and hemp for incineration.

A significant part of the work with this project has been about trying to bring clarity about what applies on a legal level and which public body has access to issues crucial to the implementation of the concept. The executors of the project have, in consultation with the relevant authorities, succeeded in straightening out the question marks that exist and paved the way forward for the concept of Horse Manure and hemp pellets for energy recovery.

The report also places great emphasis on technical issues surrounding the concept. These include details about hemp as a raw material, important considerations when burning horse manure, energy recovery from manure, hemp and pellets, questions related to ash and a compilation of experience from previous experiments with similar concepts.

The final paragraph of the report body contains a description of what a circular system based on the concept could have looked like and what benefits this would have brought.

The project's summary conclusions describe a possible continuation of the project and how the concept developed in collaboration between IVL, Eksta and other parties in this project could be implemented in the not too distant future.

1 Inledning och problemformulering

Hästar hålls i Sverige idag främst för att uppfylla mänskliga önskemål snarare än behov. Fritidshästar ger många en värdefull hobby och ridsport var Sveriges tredje största ungdomsidrott år 2018 (Ridsport, 2018). Både fritidshästar och de hästar som hålls inom trav- och galoppsporten producerar oundvikligen gödsel. Hästgödseln släpper vid förmultning ut växthusgaser som påverkar vårt klimat globalt. Dessutom läcker de näringsämnen som gödseln innehåller ofta ut i närliggande mark och vattendrag där de orsakar övergödning. Övergödning är ett stort miljöproblem och enligt miljömålsuppföljningen från 2020 kommer inte miljökvalitetsmålet "Ingen övergödning" att uppnås. Näringsläckage från jordbruk och djurhållning lyfts som bidragande faktorer till detta.

Miljöproblematiken kring hästgödsel och hur den hanteras i Sverige har både lokala och globala aspekter och vinsterna med ett förändrat, mer miljömedvetet och cirkulärt synsätt är potentiellt stora. Hästgödsel som resurs är oklart hanterad i Sverige idag trots att möjligheterna är flera. En möjlighet att både lösa den kvittblivningsproblematik som existerar samt att minska miljöproblemen kopplade till hästgödsel är att använda det som bränsle för fjärrvärme via förbränning. Det här projektet syftar till att ge en bild av varför hästgödsel skulle kunna ses som en resurs och att förbränning skulle kunna vara ett sätt att bidra till ett mer hållbart samhälle.

Projektet är en kartlägningsstudie för att genomlysna möjligheter och hinder med energiutvinning från pellets av hästgödsel och hampa. För att säkerställa att det är möjligt att erbjuda hästbönder en hållbar lösning på deras gödselproblematik och samtidigt bidra till att lösa Ekstas behov av pellets för fjärrvärme i framtiden så belyser detta projekt en rad frågeställningar.

2 Bakgrund

Konkurrensen om skogsråvara ökar och priset på pellets är långsiktigt stigande. Fastighetsbolaget Eksta vill säkra tillgången till hållbara energialternativ i form av pellets för sin värmeproduktion för uppvärmning av bostäder. Visionen för Eksta är att finna en lösning för detta som bygger på ett lokalt kretslopp och som samtidigt är gynnsam för miljön och klimatet.

2.1 Hästgödsel

Den senaste undersökningen från Jordbruksverket 2016 (JO 24 SM 1701) visar att det finns 355 500 hästar i Sverige. Det är ungefär lika många som 2010 då undersökningen gjordes förra gången. Antalet hästar är fler än mjölkkor som 2016 var 330 810. 2004, då undersökning genomfördes första gången, var antalet mjölkkor betydligt fler än antalet hästar. Då uppskattade Statistiska centralbyrån (SCB) på uppdrag av Jordbruksverket att antalet hästar var 303 100 – 328 100. Samma år var antalet mjölkkor 403 702. 2016 fanns flest hästar i Skåne, 58 100, följt av Västra Götalands län med 56 400. Halland har totalt 18 600 hästar spridda på runt 2 600 anläggningar enligt samma statistik. Dessa anläggningar varierar givetvis stort i storlek och hur många hästar de

innehåller, från enskilda hushåll med enstaka djur till ridskolor och dylikt med över hundra enskilda djur.

Jordbruksverket redovisar även statistik på kommunnivå och enligt den fanns det 2020 935 hästar i Kungsbacka kommun (Jordbruksverket, 2021a). Mängden hästgödsel i Kungsbacka kommun uppskattas till 3000 ton årligen (Tecnofarm, 2013). De stora mängderna gör att hästägare får svårt att bli av med allt gödsel och många saknar dessutom bra möjligheter för detta.

2.1.1 Hästgödsel och miljö

Eftersom hästägare har svårt att göra sig av med gödsel riskerar det att bli liggande och lämnat orört är det en källa till diffusa klimatutsläpp och övergödningsproblematik genom läckage av näringsämnen, främst P och N, till vattendrag och sjöar. Hästnäringen upplever en ökande press genom förslag på strängare miljöregler kring gödsel. Samtidigt är hästgödsel en potentiell resurs som energibärare i pannor för (kraft-)värmeproduktion och skulle potentiellt kunna tillgodose en del av värmebehovet i Ekstas fastighetsbestånd. Det har genomförts försök med eldning av pellets av hästgödsel för ett 10-tal år sedan i Ekstas pannor och tekniskt är det oproblematiskt. Dock föreligger en rad andra utmaningar, se nedan för detaljer, vilka stoppade de tidigare försöken.

Nuvarande krav på lagring och spridning av stallgödsel gäller jordbruksföretag men eftersom endast ungefär en tredjedel av alla hästar i Sverige hålls av jordbruksföretag, omfattas få hästhållare av dessa krav. Hantering av gödsel från övriga hästar, som ägs och hålls utanför jordbruksföretag, hamnar istället under Miljöbalkens allmänna hänsynregler. I de allmänna hänsynsreglerna ingår bland annat försiktighetsprincipen som ålägger att en verksamhetsutövare har skyldighet att vidta de skyddsåtgärder som behövs för att undvika olägenhet eller skada för människors hälsa eller för miljön. En prövning enligt allmänna hänsynsreglerna måste innehålla en skälighetsbedömning, i praktiken innebär det ofta att det anses som oskäligt att kräva att små hästgårdar ska vidta kostsamma skyddsåtgärder. Med detta som bakgrund har därför utredningen Stärkt lokalt åtgärdsarbete - att nå målet Ingen övergödning (SOU 2020:10), tagit fram underlag till en ny förordning om miljöhänsyn vid hästhållning. I underlaget presenteras strängare krav på hanteringen av gödsel som exempelvis mockning av hagarna och insamling av lakvatten från gödsellagringsutrymmen. Krav som om de beivras med stor sannolikhet skapar en än större kvittblivningsproblematik.

Hästgödsel har ett värde i jordbruket tack vare sitt innehåll av näringsämnen, men i dagsläget är priset på andra gödningsmedel som mineralgödsel för lågt för att det ska vara ekonomiskt lönsamt att byta det mot hästgödsel. Ett annat problem är att en stor andel av stallen ligger i eller nära storstäderna, år 2016 fanns 76 procent av hästarna inom större tätorter eller i tätortsnära områden (SOU 2020:10). Om hästgödsel ska transporteras från tätorter till områden där jordbruk bedrivs blir både den logistiska utmaningen och transportkostnaderna stora för både hästhållare och jordbrukare. Hästgödsel kan i regel bara i liten utsträckning användas av hästägaren själv utan behöver transporteras iväg till annan plats. Den här transporten ger extrakostnader för hästägaren. Uppskattningsvis kostar bortforsling av gödsel med lastbil och växelflakscontainer 100 kr/ton. Om en häst antas producera 10 ton gödsel per år innebär det en kostnad på 1000 kr/ häst och år, endast i transportkostnader (Tecnofarm, 2013). Om gödseln istället kan komma till användning genom exempelvis förbränning kan kvittblivningsproblematiken minska och möjligheterna att få minskade kostnader för hästägare bör bli större.

2.2 Hampa

Hampan hör till nässelväxternas ordning och familjen Cannabaceae, det latinska namnet är *Cannabis Sativa*. Det är en ettårig, högvuxen växt med karakteristiska blad med sågade småblad. Blommorna är oansenliga, frukten är en liten nöt. Hampan är anpassningsbar till olika slags miljöer och klimat, och de främsta användningsområdena har traditionellt sett varit textilier, rep och papper. Hampan har en liknande celluppbyggnad som lin, och växterna har ofta använts på samma sätt. På grund av att hampan började betraktas som en drog, förbjöds odling i Sverige under perioden 1965–2003, varför hampa i Sverige idag är ett relativt outforskat och ovanligt material. Det är tillåtet att odla av Jordbruksverket listade sorter. Ett krav är att odlaren har stödberättigad areal. Jämförd med många andra grödor så är hampan lätt att odla men relativt svår att skörda och processa. Hampan kan användas på flera sätt, och växtens olika delar passar för olika ändamål. Industrihampa odlas framför allt för fibrernas skull, som i långa tider har använts till rep, papper och textilier. Idag används materialet även som plastarmering inom bilindustrin. Hampaströ används som fågelmat men kan också pressas till olja som kan användas både i matlagning och till kosmetiska produkter. Hampaprotein kan processas till ett mjöl och går att blanda i vanliga matbröd. Bladen kan användas till så kallad CBD-olja som säljs i hälsokostaffärer. Av restprodukten, vedämnen (skävorna) kan göras djurströ eller byggnadsmaterial. Användningen av hampafibrer som byggnadsmaterial (isolering) är exempelvis kommersialiserad i Sverige av företaget Ekolution AB. Det finns även kommersiell tillgång till hampaströ för djurstallar även om användningen inte är lika utbredd som andra material, exempelvis kutterspån eller halm.

2.3 Cirkularitet

Cirkularitet kan i vid bemärkelse definieras som: "minskad brytning av ändliga resurser och/eller ökad resursåterföring" (Kunskapsstyret: Samhällsekonomisk analys av förnybara drivmedel och drivlinor, IVL, 2019), och det är också denna definition som används i aktuellt projekt. Det blir därmed en jämförelse av produktionssystem som tekniskt sett är linjära och produktionssystem som är cirkulära och den potentiellt minskade miljöpåverkan som det innebär när systemet är cirkulärt. Cirkularitet anses både i Sverige och internationellt vara en hörnsten för hållbar utveckling. Europeiska kommissionen slår fast att "övergången till en mer cirkulär ekonomi, där värdet på produkter, material och resurser behålls i ekonomin så länge som möjligt och avfallsgenereringen minimeras, [...] är en nödvändig del i EUs arbete för att utveckla en hållbar, koldioxidsnål, resurseffektiv och konkurrenskraftig ekonomi." Till skillnad från linjär ekonomi som producerar avfall från nya råvaror så är den cirkulära ekonomin resurseffektiv och skapar kretslopp. I betänkandet från utredningen om cirkulär ekonomi slås det fast att det grundläggande problemet med den linjära ekonomin är att naturresurserna sprids ut. Det blandas upp och späds ut till dess ekonomiska värde försvinner. Förbränning av biomassa kan vara cirkulär i varierande grad redan idag men detta projekt har som vision att skapa en kedja av ökad cirkularitet kring hästgödsel och hampa som råvara för energiutvinning. Tanken är att både odling, gödselinsamling, pelletering och förbränning sker lokalt. Förutsättningarna för näringsåtervinning genom återföring av askan till hampaodling eller annan produktiv mark kommer undersökas. Eksta ser potential i projektet att bli åtminstone delvis självförsörjande på bränsle till sina (kraft-)värmepannor genom att använda pellets av hästgödsel och hampa.

2.4 Tidigare försök med konceptet

Hösten 2011 tog Eksta Bostads AB fram ett samrådsunderlag ihop med konsultföretaget Lindome konsult. Ärendet gällde tillståndsprövning av ny anläggning för pelletering av hästgödsel avsedd för förbränning - Barnamossens avfallsanläggning i Kungsbacka kommun. Bakgrunden var då, liksom nu för detta projekt, en uppenbar kvittblivningsproblematik med stora mängder hästgödsel i kommunen. I dokumentet beskrivs den planerade verksamheten utförligt genom att processen går igenom i detalj och en miljökonsekvensbeskrivning finns upprättad. Konceptet var 2011 inriktad på att pelletera hästgödsel från stallar innehållande träck och strömmaterial bestående av halm, torvströ, kutterspån, sågspån och tidningspapper. Alltså inte hampa. Anledningen att ärendet inte drevs vidare mot förverkligande upplevdes vara otydlighet kring ansvarig myndighet och gällande lagrum, trots att upprepade kontakter genomfördes med kommun, länsstyrelse och Jordbruksverket. Under de tio år som förlöpt sedan det tidigare försöket med konceptet har lagrum förtydligats och utvecklade EU-riktlinjer börjat tillämpas i Sverige samt ansvariga myndigheter, Jordbruksverket respektive Naturvårdsverket, upplevs ta frågor som detta koncept relaterar till på ett större allvar och se nyttan och möjligheterna med dem. Det föranleder aktuellt projekt att med ett vidareutvecklat koncept återigen försöka driva uppdraget med Hästgödsel och hampapellets för energiutvinning mot förverkligande i Kungsbacka kommun.

Under en period drev energiföretaget Fortum projektet Horsepower i Stockholmsområdet. Idén var att leverera hästgödsel från stall till ett kraftvärmeverk i Nynäshamn där gödseln blandades ut med sågspån eller liknande för att därefter förbrännas. Projektet lades dock ner i Sverige sommaren 2019 på grund av "regleringen av miljötillstånd". Enligt de som drev projektet Horsepower var de springande punkterna bland annat att allt gödsel måste stå under tak vid lagring och att det krävs spårbarhet för varje gödselleverans genom hela kedjan. Det var alltså inte tillåtet att blanda obehandlad gödsel från olika stall i samma hög och därför krävdes just-in-time leverans till värmekraftverket för att undvika lagring. Detta blev ohållbart och projektet fick alltså läggas ner. Horsepower fortsätter dock i Finland där det bland annat inte finns något krav på tak vid lagring (Fortum, 2020).

3 Lagstiftning och regler

3.1 Klassning av hästgödsel

Hur en blandning av hästgödsel och strömmaterial (hampa i aktuellt fall) klassas har en stor betydelse för hur nedströms hantering och användning, som exempelvis förbränning, behöver ske. Gödsel från häst definieras som naturgödsel vilket i sin tur klassas som animalisk biprodukt (ABP) av kategori 2 (Jordbruksverket, 2015). Naturgödsel omfattas av en EU-lagstiftning som är direkt tillämplig i hela EU inklusive Sverige. Styrande förordning vad gäller klassning och hantering är EU-kommissionens förordning 142/2011. Definitionen av naturgödsel finns att läsa på Jordbruksverkets hemsida:

"Definitionen på naturgödsel är alla slags ekskrementer och urin från produktionsdjur, utom från odlad fisk, med eller utan strö. Med produktionsdjur menas här alla djur som hålls, göds eller föds upp av människor och används för framställning av livsmedel, ull, päls, fjädrar, hudar och skinn

eller andra produkter som fås från djur eller används för annat ändamål inom jordbruket. Även hästar räknas som produktionsdjur.” (Jordbruksverket, 2020a).

Det innebär alltså att andelen gödsel och strö inte spelar någon roll för hur obehandlad blandning klassas. Den definieras alltid som naturgödsel, vilket alltid klassas som avfall.

3.2 Krav på hantering av hästgödsel

Hur kraven på en anläggning som hanterar animaliska biprodukter eller produkter framställda från sådana ser ut finns beskrivet i EUs förordning nr 142/2011 (Jordbruksverket, 2020). Kraven vid insamling och transport av hästgödsel listas i Jordbruksverkets dokument *Insamling, Transport, Spårbarhet* (Jordbruksverket, 2020a). Där finns bland annat krav på att de animaliska biprodukterna transporteras i säkra, läckagefria behållare eller fordon. Samt att avsändare, transportör och mottagare av animaliska biprodukter behöver diarieföra datum då materialet transporterades bort från anläggningen, materialets ursprungsort som det avsänds från, mottagarens namn, adress och eventuella godkännande- eller registreringsnummer.

För att minska kraven på hantering av hästgödsel kan det bearbetas i en hygieniseringsprocess. Hygieniseringen minskar halten av patogener i gödseln och därmed även de förenliga smittoriskerna. Processen måste ske i en bearbetningsanläggning som uppfyller kraven i kapitel 1 i bilaga IV i förordning 142/2011. Vidare måste hygieniseringsprocessen uppfylla villkoren som listas i bilaga XI i förordning (EU) nr 142/2011 avsnitt 2. Ett villkor gällande hygienisering är 2b där det står att:

”De ska ha värmebehandlats vid minst 70 °C i minst 60 minuter, och de ska ha behandlats för att minska halten sporbildande bakterier och produktionen av toxiner, i de fall då de identifieras som en relevant fara”

Uppfyller anläggningen och hanteringen av hästgödseln dessa krav kan alltså produkten släppas ut på marknaden och där vara klassningsmässigt likvärdig andra gödselprodukter som säljs kommersiellt i trädgårdsbutiker (med ursprung från exempelvis nötkreatur). Efter att gödseln bearbetats ska produkten lagras och transporteras i bulk under lämpliga förhållanden som förhindrar kontaminering, alternativt vara förpackad i väl förslutna storsäckar, innan den når sin slutanvändare.

3.3 Tillstånd för förbränning

Utsläppskrav och hantering vid förbränning av animaliska biprodukter täcks av lagstiftning från EUs förordning nr 142/2011 som tillsyns-vägleds av Jordbruksverket. Därutöver tillkommer lagstiftning kring bland annat utsläppskrav som Naturvårdsverket har ansvaret för. Eftersom båda dessa lagstiftningar gäller samtidigt är det alltså både Jordbruksverket och Naturvårdsverket som har ansvar i frågan. Hos Jordbruksverket ligger frågor om hantering, transport, bearbetning och utsläppskrav. Naturvårdsverket äger dels frågan om bearbetad hästgödsel enligt beskrivningen i kapitel 3.2 ska klassas som ett avfall eller ett icke-avfall, vilket i sin tur har en betydelse för vilken lagstiftning som gäller vid mottagandet vid förbränningsanläggningen. Naturvårdsverket ansvarar även för frågor som rör förbränning och utsläpp från värmepannor för aktuellt fall (Naturvårdsverket, 2021c).

3.3.1 Tillstånd och krav hos Jordbruksverket

Enligt Jordbruksverkets hemsida kan hästgödsel förbrännas som avfall i värmepannor som är miljögodkända för avfallsförbränning. Vilken myndighet som utför miljögodkännandet beror på pannans storlek och om hästgödseln är behandlad innan det kommer till pannan eller inte, pannor över 50 MW måste exempelvis godkännas av Naturvårdsverket medan mindre pannor kan godkännas av kommunens avdelning för miljö och hälsa. Oavsett storlek måste pannor för denna typ av förbränning alltid registreras av Jordbruksverket.

Om gödseln hygieniseras och bearbetas enligt beskrivningen i kapitel 3.2 räcker det enligt Jordbruksverkets enhet Foder- och djurprodukter att avsedd värmepanna registreras, ingen anmälan behövs. Om gödseln inte hygieniseras kan Jordbruksverket komma att kräva att värmepannan anmäls (Jordbruksverket, 2021b), detta gäller alltså utöver ovan nämnda godkännande av pannor för avfallsförbränning hos Naturvårdsverket.

Förbränningslagstiftningen som Jordbruksverket är tillsynsvägledande för är anpassad efter eldning av gödsel från fjäderfä (främst höns- och kycklinguppfödning) och därför är den inte utformad för förbränning av hästgödsel. Utsläppsgränsvärden för en förbränningsanläggning redovisas i punkt 4a i avsnitt B, kapitel V, bilaga III i EU förordning 142/2011:

”Utsläppen av svaveldioxid, kväveoxider (dvs. summan av kvävemonoxid och kvävedioxid, uttryckt som kvävedioxid) och partiklar får inte överstiga följande gränsvärden, uttryckta i mg/Nm³ vid en temperatur på 273,15 K, ett tryck på 101,3 kPa och en syrehalt på 11 %, efter korrigering för innehållet av vattenånga i rökgaserna:

Tabell 1. Gränsvärden vid förbränning av gödsel enligt EU förordning 142/2011.

Förorening	Gränsvärde för utsläpp i mg/Nm ³
Svaveldioxid	50
Kväveoxider (NO ₂)	200
Partiklar	10

Värt att nämna är att det finns särskilda krav vid forskning i bilaga VI i EUs förordning nr 142/2011 som heter Särskilda regler för forskning, utfordring samt insamling och bortskaffande. Vad detta skulle innebära för fortsatt forskning inom detta ämne behöver utredas vidare.

3.3.2 Tillstånd och krav hos Naturvårdsverket

Naturvårdsverket äger frågan om den bearbetade hästgödseln ska klassas som avfall eller inte. Klassningen har stor betydelse eftersom den styr vilken lagstiftning som gäller vid förbränningen. Klassas den bearbetade hästgödseln som avfall måste värmepannan som ska elda produkten också vara avfallsklassad. Om en värmepanna som tidigare inte förbränt material klassat som avfall men börjar göra det kommer verksamheten att omfattas av Förordningen (2013:253) om förbränning av avfall. Därmed behöver verksamheten vanligtvis genomgå en tillståndsprövning enligt miljöbalkens kapitel 9. Avfallsförbränningsanläggningar lyder under flera olika regelverk och därför kommer verksamheten behöva prövas mot samtliga av dessa. På Naturvårdsverkets hemsida beskrivs den lagstiftning som reglerar avfallsförbränningsanläggningar:

”Förbränningsanläggningar som förbränner avfall klassificeras som antingen en avfallsförbränningsanläggning eller en samförbränningsanläggning. Vid förbränning av de flesta

avfallsslag i avfallsförbränningsanläggningar och samförbränningsanläggningar gäller förordningen (2013:253) om förbränning av avfall (FFA). För avfallsförbränningsanläggningar samt i vissa fall samförbränningsanläggningar, t.ex. då enbart avfall förbränns, gäller BAT-slutsatser för avfallsförbränning (WI BATC). De flesta samförbränningsanläggningarna omfattas av LCP BATC.” (Naturvårdsverket, 2021a)

LCP BATC= BAT (Best Available Techniques) är ett slutsatsdokument för stora förbränningsanläggningar.

Exempel på krav som ställs vid en sådan prövning finns i Naturvårdsverket dokument Vägledning om avfallsförbränning, där följande parametrar är reglerade som begränsningsvärden vid utsläpp (Naturvårdsverket, 2021b):

- Stoff
- TOC, totalt organiskt kol
- HCl
- HF
- SO₂
- NO_x
- Kadmium och tallium
- Kvicksilver
- Antimon, arsenik, bly, krom, kobolt, koppar, mangan, nickel och vanadin
- Kolmonoxid

Begränsningsvärdena för dessa parametrar finns i 56–66 §§ förordningen (2013:253) om förbränning av avfall. Dessutom regleras mottagandet av avfall till en avfallsförbränningsanläggning i samma förordning.

Om den bearbetade hästgödseln (eller likvärdigt för blandningen av hästgödsel och strömateriäl) inte klassas som avfall räcker det med en ändring av miljötilståndet för värmepannan, men pannan behöver alltså inte klassas om. Värmepannor med en effekt mellan 500 kW och 20 MW (som de flesta av Ekstas värmepannor) klassas som C-anläggningar och är anmälningspliktiga. Om bränslet för en sådan värmepanna ändras behöver dess miljöpåverkan beskrivas och skickas till kommunens avdelning för miljö och hälsa (Naturvårdsverkets, 2021c).

Naturvårdsverket är tydliga att påpeka att de inte kan uttala sig i enskilda fall men bedömer att utgångspunkten är att hästgödsel (oavsett blandning med annat) ses som avfall enligt 15 kap. 1 § miljöbalken. De påtalar dock att avfall kan upphöra att vara avfall genom att en återvinningsåtgärd vidtas, se 15 kap. 9 a-c §§ miljöbalken. En sådan åtgärd kan behöva anmälas eller sökas tillstånd för enligt 29 kap. miljöprövningsförordningen. I vissa fall kan även åtgärden i sig (dvs. själva pelleteringsanläggningen i sig) kräva godkännande av Jordbruksverket. Hygienisering i samband med pelletering bedöms vara en sådan verksamhet. Efter denna process bedöms produkten inte längre vara ett avfall. Verksamhetsutövaren behöver då säkerställa att det lever upp till eventuella produktkrav som kan finnas då de sätter en produkt på marknaden. (Naturvårdsverket 2021d)

Naturvårdsverket ger även rådet att ta kontakt med den aktuella tillsynsmyndigheten (vilket i aktuellt fall är den kommunala miljö- och hälsoskyddsnämnden eller länsstyrelsen) som får göra den samlade bedömningen utifrån miljöbalken och dess förordningar. Naturvårdsverket och Jordbruksverket har nu etablerat kontakt och kommer att diskutera de parallella lagstiftningarna under första halvåret 2021.

Sammantaget innebär alltså Naturvårdsverkets bedömning att en hygienisering och pelleteringsrutin omvandlar avfallet hästgödsel och hampaströ till en produkt. Effekten blir att det ställs hygienkrav på hanteringen uppströms pelleteringsprocessen men inte därefter. Vidare så behöver aktuella pannor inte avfallsklassas utan endast anmälas till Jordbruksverket samt att bränslemixen ändras i gällande miljötillstånd.

3.4 Markanvändning och hampa

Förändrad användning av odlingsmark har effekter, dels så kallad direkt markanvändningsförändring (DLUC) och dels så kallad indirekt dito (ILUC) (Ahlgren, S., & Börjesson, P. 2011). Exempel på DLUC är förändrad biomassetäthet på en odlingsmark eller förändrad kolinbindning i marken som en följd av att marken tas i anspråk för odling av en ny gröda. Dessa effekter kan vara både positiva och negativa beroende på vilken gröda som ersätts av vilken. Indirekta effekter är mer komplexa och svåröverblickbara och handlar om att förändrad markanvändning på ett ställe får följd effekter på ett annat. Ett exempel på det senare är effekterna av ökad användning av HVO-diesel i Norden vilket har lett till förändrad markanvändning för odling av palmolja i Sydostasien. Dessa odlingar har ofta trängt undan mindre lönsam matproduktion till mindre produktiv mark eller ny-röjd mark i tidigare regnskog.

Frågorna kring DLUC och ILUC är dock bara intressanta på marginalen för konceptet i denna studie då hampastjälkarna är att betrakta som en restprodukt och därmed inte omfattas av det s.k. ILUC-direktivet.

Svebio menar att det inte är någon brist på mark som kan användas för odling av energigrödor i Sverige idag (Andersson, K 2017). Den svenska jordbruksmarken omfattar drygt 3 miljoner hektar, varav knappt 2,6 miljoner hektar är åkermark och cirka 450 000 hektar är betesmark. Spannmål odlas på 1 miljon hektar, vallfoder på drygt 1 miljon hektar och i övrigt används marken för främst raps, potatis och sockerbeter. Den odlade arealen minskar år för år i takt med att avkastningen ökar och den svenska självförsörjningen med livsmedel minskar. Som mest odlades i Sverige ca 50 procent mer åkermark än vad som sker i dag. Av åkermarken är 170 000 hektar i träda, dvs icke odlad åker. Dessutom måste alla lantbrukare i jordbruksbygderna i södra och mellersta Sverige avsätta upp till 5 procent av marken som "ekologiska fokusområden" (s.k. förgröning), till exempel som icke odlade åkerkanter.

Den största reserven för ökad odling av energigrödor är emellertid de arealer som odlas med låg avkastning, främst som gräsvall, för att hållas öppna så att markägaren kan få markersättningar och arealstöd från EU. Den arealen kan uppskattas till flera hundra tusen hektar av vallarealen på 1,1 miljon hektar. Utanför den redovisade åkerarealen finns redan tidigare nedlagd åkermark. Sedan 1970 handlar det om cirka 400 000 hektar, varav en hel del växt igen som skog och en del bebyggts. En stor del av denna mark har låg avkastning, men kan lämpa sig för plantering av träd som på sikt ger energiproduktion. Slutligen tillkommer ny areal som kan användas för energigrödor genom att skördenivåerna ökar på den befintliga arealen, och genom att efterfrågan på foderväxter inom landet minskar genom fortgående avveckling av boskapsuppfödning.

Svebio sammanfattar potentialen för odling av energigrödor på följande sätt:

"Det finns i Sverige en potential att öka odlingen av energigrödor på 500 000 hektar eller mer, med oförändrad inriktning på jordbruksproduktionen i övrigt, vilket kan jämföras med att den odlade åkerarealen i dag är drygt 2,5 miljoner hektar. För en medelstor etanolfabrik krävs cirka 100 000 hektar odlingsmark. Odling av fleråriga energigrödor kan dessutom ge andra miljövärden, som

förbättrad vattenkvalitet, ökat skydd för djurlivet i odlingslandskapet, viss kolinlagring i marken, ökad inhemsk produktion av proteinfoder med mera.” (Andersson, K 2017).

Sammantaget bedöms det inte finnas några betydande hinder kopplad till DLUC eller ILUC för ökad odling av hampa i Sverige.

3.5 Spridning av aska

Att sprida aska på åkermark kan vara ett önskvärt alternativ för att tillföra näringsämnen, framför allt fosfor (P) och kalium (K). Ibland handlar det om återföring av aska från en gårdspanna för halm, men det kan även handla om att sprida aska från andra värmepannor, till exempel kommunala värmeverk där olika bränslen används. Askans ursprung har stor betydelse för vilken näring den innehåller och på vilken mark det är lämpligt att sprida den. Exempelvis är det stora skillnader i näringsvärde och tungmetallhalter på aska från spannmål, halm och gräs jämfört med aska från skogsbränsle. (Jordbruksverket, 2017)

Spridning av aska från skogsbränslen på skogsmark är en etablerad metod och där finns rekommendationer framtagna av Skogsstyrelsen. Den askan är däremot inte lika lämplig att använda på åkermark eftersom den innehåller höga halter av tungmetaller i förhållande till näringsinnehållet. Det finns idag ingen preciserad lagstiftning som reglerar spridning av aska på åkermark. Däremot måste den som sprider aska på åkermark följa de allmänna hänsynsreglerna i miljöbalken. De allmänna hänsynsreglerna ställer krav på att man ska väga miljöriskerna med spridningen mot de vinster spridning ger, det vill säga näringstillförseln. Mängden fosfor som man får tillföra åkermarken via aska är inte reglerat i Jordbruksverkets föreskrifter om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring (SJVFS 2004:62) eftersom aska inte är ett organiskt gödselmedel. För att uppfylla de allmänna hänsynsreglerna måste man dock kunna redogöra för hur man har kommit fram till den mängd aska som tänker tillföras åkermarken. Det näringsämne som man främst bör ta hänsyn till är fosfor. (Jordbruksverket, 2017)

Innehållet av tungmetaller i gödselmedel är inte reglerat förutom för slam. För att kunna uppfylla hänsynsreglerna är det lämpligt att man följer de gränsvärden för tillförsel av tungmetaller som gäller vid spridning av avloppsslam på åkermark, se tabell 2 nedan. (Jordbruksverket, 2017)

Tabell 2. Gränsvärden för tillförsel av tungmetaller vid spridning av avloppsslam, reproducerad från (Jordbruksverket, 2017).

Tungmetall	Gränsvärde, som genomsnitt under en 7-årsperiod (g/ha och år)
Bly	25
Kadmium	0,75
Koppa	300
Krom	40
Nickel	25
Kvicksilver	1,5
Zink	600

4 Tekniska frågor

4.1 Råvaran Hampa

4.1.1 Kartläggning av hampa för energiutvinning

Hampa kan generellt vara en passande gröda vid de latituder Sverige befinner sig. Medium till sent mognande varianter, så som kultivaren Futura 75, anses ha en längre tillväxtsäsong vilket leder till större biomassautbyte, då endast marginell tillväxt kan förväntas efter blomning. För att hampa ska gå i blom krävs en genomsnittlig maximal längd av 14 h dagsljus vilket inträffar i början av hösten (början av september) och sammanfaller med maximalt utbyte av skördad hampa. Lite längre norr ut (>60°N) infaller detta 2-3 veckor senare vilket förlänger växtens tillväxtperiod fram i tid. Dock så är odlings säsongen längre norr ut ändock kortare än i södra Sverige på grund av en senare sådd och tillväxtstart. Trots detta så kan relativt höga utbyten av hampa även fås i de norra delarna av Sverige och i ex. Finland. Utbyten i södra delarna av Sverige är omkring 10-35% högre än i landets norra delar. Odling i de södra delarna av Sverige kan även kräva mindre mängd kvävegödning än längre norr ut. (Prade, T. 2011)

Gödning med kväve behövs vid odling av grödor för att öka odlingsutbytet och växtens innehåll av protein. För hampa har svenska studier visat att mängden kvävegödning har ingen till marginell effekt på biomassautbytet för skörd till biogas eller biobränsleproduktion. Kväve var alltså inte den begränsande tillväxtfaktorn för hampaodling på markerna undersökta i den studien. Dock har tidigare studier visat att det uppstår en betydande minskning i biomassautbyte om kvävegödning utesluts helt (<80 kg/ha). (Prade, T. 2011)

Biomassavkastningen varierar ofta med väderförhållandena under odling. Viktiga parametrar som påverkar biomassautbytet är ackumulerad temperatur och nederbörd, vilka är beroende av t.ex. geografisk plats och datum för sådd. Skillnader i så-datum i fältförsök har lett till skillnader i ackumulerad temperatur och nederbörd. Dessa parametrar kan delvis förklara att senare så-datum resulterar i lägre DM-avkastning. (Prade, T. 2011)

Hampa skördad på hösten har ett biomassa-energiutbyte (BEY) liknande det från andra högavkastande grödor såsom majs och sockerbeta. För biogasproduktion är kombinationen av högt BEY per hektar och högt specifikt metanutbyte avgörande för en grödas konkurrenskraft. Hampa skördad på hösten har ett BEY som är dubbelt så stort som hö från sädesslag. Hö från sädesslag är en tydlig restprodukt från mat och foderproduktion och tas därför tillvara för energiproduktion trots den låga specifika arealavkastningen för detta som energigröda. Energiskog med kort odlingsrotation har ungefär 50% högre BEY än hampa. När det gäller biomassautbyte per hektar är hampa därför konkurrenskraftig med de vanligaste befintliga samt nya energigrödor aktuella för odling i norra Europa. (Prade, T. 2011)

4.1.1.1 Energipotential hos hampa

Bruttovärmevärde (GCV) är den totala mängden värme som frigörs när ett bränsle förbränns. När fossila eller förnybara primärt kolvätebaserade bränslen förbränns kombineras kolet och vätet i dessa bränslen med syre i luften för att producera koldioxid och vatten.

På hösten är växternas fukttinnehåll relativt hög, liksom produktionen av biomassa i sig. På våren är avkastningen lägre och luftfuktigheten minskar också avsevärt. GCV-värdena var lägre på hösten än på våren. Experiment har visat en signifikant ökning från 17,5 MJ kg⁻¹ i juli till ett genomsnitt på 18,4 MJ kg⁻¹ under perioden från augusti till december och en ytterligare ökning till ett genomsnitt på 19,1 MJ kg⁻¹ under januari - april. Kolarikova, M., 2013)

4.1.1.2 Hampa som fast biobränsle

Hampa som odlas i Sverige för direkt förbränning lämnas stående på fältet under vintern för att minska fukttinnehållet (MC). I slutet av september eller början av oktober börjar åldrandet av växterna vilket i slutändan leder till förlust av löv, blommor och frön. När de skördas på våren är det bara hampstammarna som är kvar att skörda. Detta koncept för vårskörd tillämpas vanligtvis för produktion av fast biobränsle från hampa. Det finns dock inga vetenskapliga studier som visar om detta driftsätt resulterar i det högsta energiutbytet per hektar, på grund av en lägre MC eller om förluster av biomassa leder till minskat energiutbyte på våren jämfört med skörden på hösten. Om hampa ska skördas på våren är det därför nödvändigt att maximera stamavkastningen för att maximera energiutbytet per hektar.

Om blomningen är försenad omdirigeras växten till utsädesproduktion senare och biomassans ackumuleringsperiod förlängs. Stamutbytet kan därför ökas genom val av en sent mognande sort som Futura 75. Blomning av hampväxter försenas också med långa dagar och rapporteras börja först när dagslängden är kortare än 14 timmar. Detta händer omkring 18 augusti, 28 augusti och 8 september på odlingsplatser på breddgrader 45, 55 respektive 65 ° N. Om biomassa torkas helt före förbränningen eller om allt vatten i rökgasen kondenseras och den latent värmen i ångan utnyttjas, är biomassans energiutbyte (BEY), baserat på det högre värmevärdet, (HHV), relevant. För användning av hampa som fast biobränsle är emellertid förbränningsenergiutbytet (CEY) också relevant eftersom detta vanligtvis är grunden för bränslepriset. CEY är baserat på det lägre värmevärdet (LHV) och beskriver den maximala återvinningsbara energin med förbränning, om energin i rökgasen inte återvinns, t.ex. i småskalig förbränning som hushållspannor eller eldstäder. LHV är negativt korrelerad med fukttinnehållet i biomassan, som vanligtvis innehåller mycket färsk, grön biomassa. (Prade, T. 2011)

Förutom energiutbytet påverkar de fysiska och kemiska bränsleegenskaperna hos en energigröda dess lämplighet och därför dess konkurrenskraft som ett fast biobränsle. Fysiska egenskaper, t.ex. partikelstorlek, bulkdensitet och överbryggnings-tendens, kan justeras genom fysisk behandling, t.ex. slipning, malning eller komprimering. Eftersom kemiska bränsleegenskaper är inneboende så är de svåra att förändras när skörden väl skördats. Biomassans kemiska bränsleegenskaper spelar en viktig roll i förbränningsprocessen, särskilt innehållet av alkalimetaller och jordalkalimetaller, dvs. natrium (Na), kalium (K), magnesium (Mg) och kalcium (Ca), samt av kisel (Si) och klor (Cl), aluminium (Al), svavel (S) och fosfor (P). Dessa element och deras innehåll i askan som härrör från förbränning kan orsaka problem i förbränningskammaren, t.ex. slagg, nedsmutsning och korrosion.

Slaggning är en högttemperatur (> 800 ° C) askavlagringsprocess i pannan, där askpartiklar smälter samman till större partiklar och bildar avsättningar, t.ex. på pannväggar, vilket kan störa förbränningsprocessen. Fouling är en lågttemperaturprocess som involverar mestadels alkalimetaller och förekommer vid kylda ytor på pannan, t.ex. värmeväxlare. Alkalimetaller avsätts på dessa ytor och fungerar som ett bindemedel mellan ytan och icke-flyktiga askpartiklar. Växande avlagringar minskar värmeöverföringen från rökgas till värmeväxlare och sänker därmed energiutbytet. Korrosion är en process där metallytor i pannan förstörs, vilket minskar pannans livslängd. Korrosion orsakas av gasformiga eller alkalistödda klorater. Alkalimetaller och klor är de viktigaste föreningarna i biomassan som orsakar skador på pannor. Andra element kan dock

påverka tillgängligheten av skadliga ämnen, t.ex. svavelhalten påverkar starkt mängden klorföreningar som är tillgängliga för att orsaka korrosion. Därför är det viktigt att beakta innehållet i grupper av element för att uppskatta potentiella förbränningsproblem. (Prade, T. 2011)

4.1.1.3 Energiutbyte för hampa som fast bibränsle

Förbränningsenergiutbytet (CEY) för höstskördad hampa ligger i spannet mellan 135 och 170 GJ per hektar. Det går att öka detta ytterligare 10-20% med odlingsförbättringar. Om rökgaskondensering inte tillämpas innebär det att latent värme från vattenförångning vid förbränning inte används, och då kan 8-12% mindre energi produceras från hampa. Därför är ett lågt fuktinnehåll (MC) gynnsamt för denna applikation, eftersom MC påverkar energiutbytet som uttryckt av materialets LHV. För hampa minskar MC med senare skördedatum, vilket alltså ökar energiutbytet. Parallellt går biomassa förlorad, t.ex. genom åldrande blad, vilket minskar energiutbytet. De två faktorerna motverkar med andra ord varandra, vilket leder till ett relativt oförändrat energiutbyte i form av CEY per hektar mellan september och april. Detta ger utrymme för att optimera skördedatumet enligt andra parametrar, t.ex. lagring av biomassa, tillgång på maskiner och kemiska förbränningsegenskaper. (Prade, T. 2011)

Hampa har ett högt netto energiutbyte (NEY) som är lika eller högre än de flesta andra högavkastande energigrödor som är vanliga i norra Europa. Dessutom är hampa en relativt ny energigrödan med stor potential för avkastningsförbättringar, t.ex. på god jord. Hampa har liknande värme- och kraftvärmeproduktion som kanariegräs men lägre än energiskog. Hampa har lägre utbyte vid biogasproduktion än exempelvis majs och sockerbeta pga. det högre metanutbytet hos dessa grödor. Hampans biogaspotential ligger i spannet 100 – 150 Nm³ CH₄ per Ton TS. (Prade, T. 2011)

4.1.1.4 Förbrännings och askegenskaper hos hampa

Askegenskaper för hampa skördad på våren är betydligt bättre än för höstskördad hampa. Försenad skörd av hampa tills våren minskar klornivåer i biomassan till en nivå som indikerar att risken för klorstödd alkali-nedsmutsning är låg. S / Cl-förhållandet var över 2 för vårskördad hampa, vilket indikerar låg risk för korrosion under förbränning av hampbiomassa. Detta skiljer från andra halmbränslen och jordbruksmassarester, som vanligtvis har S / Cl-förhållanden under 2. Pannor kan trots detta utformas för bränslen som är kända för att ha högt alkali och klorinnehåll. (Prade, T. 2011)

Hampa skördad på våren har ett Miles-index under 0,34 kg / GJ, vilket indikerar en låg risk för slagg och nedsmutsning (av pannan). Miles-index och S / Cl-förhållandet på hampa liknar det för träartade material och halmliknande biomassakällor som spannmål, miscanthus och kanariegräs. Halm kan potentiellt ha ett Miles-index under 0,34 kg / GJ och ett S / Cl-förhållande över 2, men litteraturen rapporterar också intervall för dessa två index som indikerar en hög risk för korrosion vid förbränning. Initial deformationstemperatur (IDT) för hampa liknar den för träbark och kanariegräs men är högre än för pil, stråsäd, spannmål och miscanthus, vilket indikerar en låg risk för slagg och nedsmutsning. (Prade, T. 2011)

Hampa som fast bibränsle har askegenskaper liknande de hos träbaserade bränslen. Detta är visat tydligt i de tertiära CaO-SiO₂-K₂O-kopplingen, där vårskördad hampa klustrar ihop med träbränslen som pil, barrträd och trärester (grenar, toppar, bark och sågspån). Placeringen av detta kluster i relevanta diagram indikerar en låg risk för betydande sintringsproblem och hög IDT. Däremot miscanthus, kanariegräs och halm från spannmål grupperade i ett område som kännetecknas av låg IDT och har därmed hög risk för betydande sintringsproblem. Gränserna som

markerar riskzonen för sintring har härletts från analys av ett utvalt antal fasta biobränslen och ska därför endast som en indikation på hampans bränslekvalitet. (Prade, T. 2011)

En stor konkurrent till hampa, spannmålsstrå, orsakar ofta problem med korrosion och sintring, även om dessa effekter kan minskas genom att tvätta halmen. Hampans höga IDT indikerar att hampa som förbränns vid normala temperaturer för biomassapannor (800-900 ° C) sannolikt inte orsakar slagg och nedsmutsning. Dessutom måste det noteras att vikten av dessa asksmältningsegenskaper beror starkt på typen av förbränningsenhet och värmväxlare som används. (Prade, T. 2011)

4.1.1.5 Hantering och förbränningsteknologi

Hampa som ett fast biobränsle har ett antal fungerande hanteringsalternativ och tekniska förbränningsalternativ. Örtartade bränslen, såsom halm, miscanthus, kanariegräs och industrihampa, som hackas till partikelbränslen, har former och storlekar på partiklarna som ger dem dåliga bulkhanteringsegenskaper, dvs. en låg bulkdensitet, dåliga flödesegenskaper och en hög tendens att överbrygga över öppningar. Istället för att sådana bränslen hanteras i bulk är de ofta aggregerade till balar eller komprimerade till briketter eller pellets innan vidare hantering, transport och förbränning. (Prade, T. 2011)

Användning av hampa som fast biobränsle är genomförbart i flera olika pannsystem. För det första kan hampa förbrännas i pannor byggda för träartad biomassa. Dessa pannor är ofta baserad på fluidiserad bäddteknik, som normalt inte är lämplig för halm på grund av dess IDT. Även om det är möjligt så kommer hampa förmodligen inte förbrännas som enda bränsle i sådana pannor, eftersom dessa ofta är designade för en MC som är högre än för vårskördad hampa. Blandningar av hampbiomassa med t.ex. färsk träflis har förbränts framgångsrikt i en flispanna. Hampa kan även förbrännas i pannor som är byggda för eldning av halmlänkande fasta biobränslen, t.ex. pannor med rörliga eller vibrerande galler. Den höga flexibiliteten hos hampabaserat fast biobränsle kan vara attraktivt för både jordbrukare och potentiella bränslekunder. (Prade, T. 2011)

4.1.1.6 Variationer i bränsleegenskaper hos hampa

Vårskördad hampa har över genomsnittliga bränsleegenskaper som är - i huvudsakliga aspekter - oberoende av odlingsplats och sort (kultivar). De viktigaste bränsleegenskaperna hos hampa påverkades inte signifikant av olika hampkulturer, försöksplatser och provår. Innehållet i de viktigaste askformande elementen, HHV, IDT, S / Cl-förhållande, Milesindex och total askhalt i hampbiomassa varierar inte alls särskilt mycket. Detta indikerar att de viktigaste bränsleegenskaperna är stabila inom ett brett fönster för odlingsområdesparametrar och för ett stort antal olika sorter. Eftersom jordtypen kan påverka innehållet och sammansättningen av aska i grödor, t.ex. kanariegräs måste dessa resultat analyseras med utgångspunkt för aktuell odlingsplats. (Prade, T. 2011)

4.1.2 Sammanfattning av hampa för energiutvinning

Industriell hampa har ett högt energiutbyte per hektar för både fast biobränsle och biogasproduktion som är lika eller överlägsen den för de flesta energigrödor som är vanliga i norra Europa. Energiutbytet per hektar industriell hampa för användning som fast biobränsle är högst på hösten när biomassautbytet är högst. Viktiga förbränningsrelaterade bränsleegenskaper, såsom halten alkalimetaller och klor, asksmältningstemperatur och askinnehåll, förbättras dock avsevärt när industrihampa skördas på våren istället för på hösten. De viktigaste bränsleegenskaperna hos hampa påverkas inte av valet av sorter eller skillnader i latitud mellan odlingsplatser. Bränsleegenskaperna hos hampa liknar de hos trä och pil och är överlägsna de hos halm,

miscanthus och kanariegräs. Trots lägre energiutbyte per hektar när vårenhampan skördas konkurrerar hampa bra med produkter från skogsbruk (t.ex. flis) och jordbruk, t.ex. halm, miscanthus, vasst kanariegräs, pil) för värme, kraft och kraftvärmeproduktion (kraftvärme). (Prade, T. 2011)

Industriell hampa har ett bra nettoenergiutbyte per hektar i de flesta applikationer, utom elproduktion från biogas. Dessutom har hampa goda energiproduktions egenskaper och är därför en energigröda över genomsnittet. Användning av hampa som fast biobränsle har det högsta nettoenergiutbytet per hektar och energiförbrukning / insatsförhållande. Användning av hampa som biogasunderlag lider av högre energiintag och lägre omvandlingseffektivitet, men ger ett högkvalitativt fordonsbränsle. Fördelar jämfört med andra energigrödor finns också utanför energibalansen, t.ex. låga bekämpningsmedelsbehov, god ogräskonkurrens och lämplighet för växelbruk. Framtida förbättringar av hampbiomassa och energiutbyte kan stärka dess konkurrenskraft mot majs och sockerbetor för biogasproduktion och mot fleråriga energigrödor för produktion av fast biobränsle. (Prade, T. 2011)

4.2 Grundläggande överväganden vid förbränning av hästgödsel

4.2.1 Kemisk sammansättning hästgödsel

Eftersom förbränningsprocessen i en panna starkt beror på bränslekvaliteten, så är uppsamling av tillförlitliga data viktig för att överväga utmaningarna vid förbränning av hästgödsel. De viktigaste värdena är värmevärde och fukttinnehåll samt ask-innehåll och sammansättning. För att undvika energiförluster på grund av aeroba reaktioner bör obehandlad gödsel förbrännas färsk, inte efter lagring. Viktigt är att själva gödseln alltid blandas oskiljaktigt med strö. Mängden strömmaterial varierar beroende på geografiskt läge (tillgång till material) och typ av hästhållning. Typiska strömmaterial är halm, torv eller träspån. Mängden producerad gödsel per häst och år kan också variera betydligt. Alla dessa variabler bidrar till den stora variationen i bränslekvaliteten hos hästgödsel som finns på olika platser och tillfällen. Några rapporterade data visas i tabell 3, nedan. Värmevärdet för askfri torrsbstans i hästgödsel skiljer sig inte mycket som funktion av strömmaterial. Därför bestäms värmevärdet i huvudsak av fukttinnehållet. (Edström, M., 2011)

Tabell 3. Kemisk sammansättning av hästgödsel. LHV = lägre värmevärde (MJ / kg torrbränsle, fri från aska), HHV = högre värmevärde (MJ / kg torrbränsle, fri från aska). Reproducerad från Edström et. Al.

Strömmaterial	Halm	Halm	Torv	Torv	Sågspån	Sågspån	N/A	N/A	N/A
Torrhalt (TS, kg/t)	300	329	270	312	315	301	272	310-330	300
Volatile solids (VS, kg/t)	252	-	-	257	-	292	-	240-260	240
Total-N (TKN, kg/t)	-	2.6	3.2	-	2.6	-	6.9	4-6	-
Ammonium, NH ₄ -N (kg/t)	-	0.7	2.0	-	1.0	-	0.7	-	-
Fosfor (kg/t)	-	0.8	0.6	-	0.8	-	1.6	8-10	-
Kalium (kg/t)	-	8.5	4.3	-	3.7	-	9.9	3-5	-
Kol	-	153	128	-	148	-	-	-	-
HHV	-	-	-	20.6	-	20.4	-	-	-
LHV	-	-	-	19.1	-	19.1	-	-	-

Biometanpotential (m ³ CH ₄ / t VS)	180	-	-	-	-	-	-	-	170
Metanhalt i biogas (%)	43	-	-	-	-	-	-	-	-

4.2.2 Bränsleblandning för ökat energiinnehåll

Hästgödsel har högt fukttinnehåll vilket gör dess energiinnehåll för lågt för enskild kontrollerad och effektiv förbränning. Ett sätt att förbättra bränsleegenskaperna är att torka hästgödsel till minst 50% torrsubstanshalt innan användning som bränsle i en värmeanläggning. Ett annat sätt är att blanda hästgödseln med ett bränsle med högre energiinnehåll, såsom trä, torv eller hampa (tabell 4). (Edström, M., 2011)

Tabell 4. Exempel på kemisk sammansättning och egenskaper för sambränslen för förbränning av hästgödsel. LHV= lägre värmevärde (MJ / kg torrbränsle, fri från aska). HHV = högre värmevärde (MJ / kg torrbränsle, fri från aska). Reproducerad från Edström et. Al.

Sambränsle	Träpellets	Träflis	Sågspån	Torv	Halm
Torrhalt (% w/w)	90.6	45-65	92.3	51.1	87.6
VS (% of DM)	99.4	-	99.5	94.8	95.1
HHV	20.4	19-21	20.1	22.4	18.9
LHV	19.1	18-20	18.6	21.2	17.6

4.2.3 Utmaningar vid förbränning av hästgödsel

Eftersom sammansättningen av hästgödsel som presenteras i tabell 3 visar likhet med mer kända bränslen, kan erfarenheter med dessa bränslen användas för att bestämma förbränningsutmaningar för gödsel. Några av dessa frågor diskuteras här. Vid förbränning av biomassa bestäms halten av kväveoxider (NO_x) i rökgasen främst av kvävehalten i bränslet. Därför kommer hög kvävehalt i gödselbränsleblandningen (jämfört med trä) att leda till betydande NO_x-utsläpp. Om dessa värden inte matchar befintliga utsläppsgränser, så måste primära (som modifiering av lufttillförseln) och / eller sekundära åtgärder (som katalytiska) genomföras. Ett vanligt problem med icke-träbiomassa är asksmältning, vilket betyder smältning / sintring av aska vid lägre temperaturer. För att undvika sådant beteende behöver temperaturen inuti förbränningsbädden begränsas. Tillämpbar förbränningstemperatur beror på både askmängden och askans sammansättning, särskilt kalium- och kiselinnehåll. Tyvärr kommer minskad förbränningstemperatur även att leda till en ökning av utsläppen av kolmonoxid (CO) om inga adekvata konstruktionsjusteringar också görs. Ett annat problem som har visats vid förbränning av bränslen med högt askinnehåll är ett högt partikelinnehåll i rökgasen. Dessa höga partikelvärden ökar nedsmutsningen av ytor för värmeväxling. Dessutom kan det orsaka problem att uppfylla utsläppsgränserna och därför kräva ytterligare åtgärder, t.ex. filter. (Edström, M., 2011)

Hög klorhalt i bränslet genererar också korrosionsrisker inuti förbränningskammaren som på värmeväxlarytorna. Dessutom leder hög vattenhalt i bränslet till ett otillräckligt bränsleuppvärmningsvärde för att bibehålla förbränning av god kvalitet. I värsta fall kommer det att resultera i ett obrännbart bränsle. Som nämnts tidigare är dessa problem inte unika för förbränning av gödsel. Den största utmaningen vid förbränning av gödsel är kanske förändringen i bränslekvälitet. Förändringarna i bränslets storlek på partiklar (t.ex. genom förändringar i bäddmaterialet) kan orsaka mekaniska problem. En annan askkomposition eller mängd liksom olika fukttinnehållet kan kräva ändringar i driften som kanske inte är möjliga med den faktiska

anläggningsdesignen. I allmänhet finns det två möjligheter för att lösa dessa problem. Den första är att utforma en anläggning som kan modifieras enligt själva bränslekvalitetsvariationen. Den andra är att standardisera bränslet vid intaget, exempelvis genom kontrollerad pelletering ihop med ett annat material. (Edström, M., 2011)

4.3 Pellets, Hampa resp. gödsel för energiutvinning

I detta avsnitt finns en jämförelse mellan pellets, hampa och gödsel för förbränning. Relevanta nyckeltal redovisas vilka kan ligga till grund för nya recept på pellets, exempelvis sådana från hästgödsel och hampa. Vidare så beskrivs tidigare erfarenheter för aktuella material (hampa resp. hästgödsel).

4.3.1 Träpellets

För att tillverka pellets så används normalt sågspån direkt från sågverken som råvara i processen. Spånet torkas, mals och siktas för att därefter pressas till pellets, vilket oftast sker i plan- eller ringmatrispressar. Den friktionsvärme som uppstår när spånet pressas till pellets får en av träets beståndsdelar, lignin, att smälta och på så sätt binda ihop den färdiga pelleten. Ligninet gör också att inga tillsatser för att "limma samman" pelleten behöver tillsättas utan det är helt och hållet en naturlig produkt. Blandningen av tall och gran samt inblandningsgraden av lövträd påverkar askhalten i den slutliga produkten. Även hanteringen av råvarorna innan pelletering kan ge en förändrad askhalt och asksammansättning. Kostnaderna för att producera pellets är något högre än vid brikett-tillverkning, då verktygskostnader i kvarnar och pressar är högre. Sammansättningen hos pellets har hos vissa tillverkare visats sig ha betydelse för hållfastheten hos pellets. Andelen gran/tall bör ligga i ett snävt intervall runt 50/50 (48/52 - 52/48). (Strömberg, 2012)

Träpellets är ett av flera standardbränslen för (kraft-)värmeanläggningar i Sverige. På sidan 41 i Bränslehandboken 2012 finns en utförlig tabell som redovisar innehållet samt förbränningsbetingelserna hos vanliga träpellets.

4.3.2 Hampa

Hampa som odlas för energiändamål är av en art som har mycket låg andel gröna blad och ger en mycket hög avkastning/ha. Odlingar i Närke och på Gotland har redovisat avkastningar på 20-25 ton ts/ha. Hampa behöver liten mängd gödningsmedel och förhållandevis liten mängd vatten. Vinterskördad hampa förlorar mycket av de besvärliga elementen som kalium, klor och svavel. Bulkdensiteten hos hampa är låg, vilket medför utrymmeskrävande bränslehantering. (Strömberg, 2012)

Hampa är ett relativt oprövat bränsle för (kraft-)värmeanläggningar i Sverige. På sidan 145 i Bränslehandboken 2012 finns en utförlig tabell som redovisar innehållet samt förbränningsbetingelserna hos svenskodlad industrihampa.

Förbränning av hampa samt halm och rörflen i fluidiserad bädd har utförts för att undersöka risk för bäddagglomering. Fyra olika bäddmaterial (olivin, kvarts, plagioklas och K-fältspat) användes i laboratorieskala. Testerna visar att agglomereringstemperatur för hampa var i området

830-870 °C. Endast vinter/vårskördad hampa bör användas för att minska risker för saltsmältor och/eller påslag och korrosion. Sameldning med svavelrika bränslen som torv kan förbättra egenskaperna hos hampa. (Strömberg, 2012)

4.3.3 Gödsel

Med gödsel menas oftast djurspillning inklusive strö, som kan bestå av papper, torv eller spån. I Sverige produceras årligen drygt 20 miljoner ton stallgödsel (2011). Merparten kommer från nötkreatur (84%). Två tredjedelar av stallgödseln hanteras som pumpbar gödsel (flytgödsel och urin) och en tredjedel som fastgödsel. Hästgödsel som hanteras som fastgödsel kan ha ett begränsat värde som gödning på åkermark då det finns risk för spridning av flyghavre. Flyghavre är det enda ogräs som är reglerat enligt lag och lantbrukare är skyldiga att se till att inte flyghavre sprids. Flyghavren överlever hästarnas magar men klarar inte förbränning. Energiproduktion från gödsel sker ofta genom rötning till biogas med efterföljande förbränning av biogasen.

En definierad mängd gödsel från nötkreatur såsom 1 ton torrs substans ger mindre biogas i en röttningsprocess än likvärdig mängd gödsel från svin och fjäderfä. Det beror på att fodret redan brutits ner anaerobt i idisslarnas magar. Förbränning av fastgödsel kan genomföras, men man rekommenderar inte att använda gödsel i ren form i biobränsleanläggningar. Det finns risk för både sintring/påslag och korrosion då gödsel förutom hög fukthalt också har höga halter svavel och klor. Beroende på vilket strö som används kan det också finnas höga halter av alkali. Gödsel skiljer sig beroende på djurslag och även på hur djurhållningen sker. Allmänt gäller dock att färsk gödsel innehåller höga halter fukt och aska. Kväve, svavel och klorhalterna kan vara betydande. (Strömberg, 2012)

I tabell 5 finns en sammanställning av innehållet i fuktig gödsel från olika djur.

Tabell 5. Sammansättning hos färsk gödsel från olika djurslag. Reproducerad från (Strömberg, 2012)

Djurslag	Ko	Gris	Häst	Höns	Kalkon	Mink
Torrs substans (kg/ton)	210-250	220-240	310-330	570-600	430-460	320-330
Organiskt (kg/ton)	120-160	150-180	240-260	350-400	340-360	170-200
Kväve (kg/ton)	4-7	6-8	4-6	22-27	15-19	8-10
Fosfor (kg/ton)	3-5	8-10	4-6	25-30	18-20	30-35
Kalium (kg/ton)	3-5	3-5	5-7	20-25	15-18	2-3
Kalcium (kg/ton)	2-4	8-10	2-4	40-48	23-27	32-36
Magnesium (kg/ton)	1-2	2-3	2	3-4	4-6	1,5-2,5
Natrium (kg/ton)	1	1	-	3	5-6	1
Klor (kg/ton)	2	2	-	8	8	1,5
Svavel (kg/ton)	0,7	1	-	6	9-10	9-10

Koppar (g/ton)	2-5	15-30	-	50-70	-	-
Kadmium (g/ton)	0,03-0,05	0,1	-	0,3-0,4	-	-

4.3.4 Jämförelse av förbränningsparametrar

I tabell 6 redovisas en sammanfattning av förbränningsegenskaper för träpellets, hampa samt obehandlad hästgödsel med strö. Informationen är inhämtad från (Strömberg, 2012)

Tabell 6. Grundläggande förbränningsparametrar för träpellets, hampa respektive obehandlad hästgödsel.

Bränsle	Träpellets	Hampa	Hästgödsel med strö
Fukthalt (w/w, %)	9,4	13,6	59,9
Aska (% torrt)	0,6	2,2	14,7
VOC (% torrt, askfritt)	84,4	N/A	N/A
LHV (MJ/kg)	20,41	19,4	20,89

4.3.5 Emissioner till luft

En studie där hästgödsel förbrändes i en ugn tillsammans med träspån och halm resulterade i följande utsläpp av CO och NO_x (Lundgren & Pettersson, 2004), se tabell 7.

Tabell 7. Typiska intervall av utsläpp vid förbränning (standardiserad till 10 vol% O₂). Under förbränningen var effekten i ugnen ungefär 150 kW.

	Hästgödsel och träspån	Hästgödsel och halm
CO (mg/Nm ³)	50-120	40-135
NO _x (mg/Nm ³)	300-350	365-380

Studien visade på låga halter av produkter från ofullständig förbränning om vatteninnehållet inte överstiger 50%. Däremot var halterna av NO_x relativt höga efter som hästgödsel har ett högt kväveinnehåll (Lundgren & Pettersson, 2009).

4.4 Aska

4.4.1 Påverkan på förbränningsanläggning

För att karaktärisera askors egenskaper med avseende på risk för beläggningar och korrosion vid förbränning kan olika nyckeltal baserade på för bildningsprocesserna väsentliga element användas. Historiskt har användning av nyckeltal sitt ursprung från förbränning av kol. Det har dock visat sig att de kolspecifika nyckeltalen inte är särdeles representativa för biobränslen, för vilka en "egen familj" av nyckeltal har tagits fram. Generellt ska man dock var försiktig vid användning av denna typ av "tumregelmässiga" angreppssätt, men rätt använda kan de ge värdefulla indikationer om möjliga problem. (Strömberg, 2012) Tabellerna nedan redovisar relevanta nyckeltal för träpellets (tab. 8 och 9), hampa (tab. 10 och 11) och hästgödsel (tab. 12 och 13).

Tabell 8. Nyckeltal träpellets för villamarknaden. Värderna i fet stil är inom riskområden. Reproducerad från (Strömberg, 2012).

Nyckeltal	Tolkning	Risk	Exempel	Median
Alkalinitetstal	Risk för alkaliska angrepp på silikatiskt bäddmaterial	> 0,8	1,54	2,92
Alkaliandel	Nivå på smältpunkter i salter och silikater	> 0,3	0,15	0,15
Saltkvot	Bildning av lågsmältande saltblandningar	0,2-4	0,55	0,51
Eutektikum	Smältpunktssänkning i salter eller silikater	0,2-0,8	0,08	0,08
Fältspattal	Förekomst eller bildning av lättmetall-aluminosilikater	> 6	4,27	4,28
Förglasningstal	Risk för bildning av lågsmältande sodaglas i askan	0,2-1	0,38	0,83

Tabell 9. Svavel- och fosforkvoter träpellets. Reproducerad från (Strömberg, 2012).

Kvoter	Tolkning	Gynnsamma värden	Exempel
Ca/S	Betydelse för möjligheten/risken till egenadsorption av SO ₂ i bränslet i en FB-panna.	> 1,5-2* < 1**	75,88
Ca/(S+1,5P)	Betydelse för möjligheten/risken till egenadsorption av SO ₂ i bränslet i en FB-panna. Visar på överskott av kalcium jämfört med svavel och fosfor. Tar hänsyn till att kalcium även reagerar med fosfor.	> 1,5-2* < 1**	9,94
S/Cl	Betydelse för påslags/korrosions tendens. Viktigt att inte enbart jämföra S/Cl i bränslet för att bedöma risken för korrosion. Processberoende.	2-4 mkt. bra > 4 bättre	1,0
P/(K+Na+1,5P+1,5Mg)	Visar om det finns fosfor tillräckligt för att kunna ersätta klor med fosfor i alkaliföreningar. Har betydelse för korrosion.	> 1	0,03

*Om man önskar avsvavling i bädden t.ex. vid förbränning av bränslen med hög svavelhalt.

**Om man önskar att reducera klorhalten i beläggningar t.ex. genom svaveltillsats eller samförbränning med svavelrikt bränsle så kan ett högt Ca/S (alt. Ca/(S+1,5P)) innebära att effekten av svaveltillsatsen minskar. Med ett högt Ca/S (alt. Ca/(S+1,5P)) i en FB-panna kan därmed en högre S/Cl -kvot krävas för att den positiva effekten av svavel inte ska utebli.

Tabell 10. Nyckeltal hampa. Värderna i fet stil är inom riskområden. Reproducerad från (Strömberg, 2012).

Nyckeltal	Tolkning	Risk	Exempel	Median
Alkalinitetstal	Risk för alkaliska angrepp på silikatiskt bäddmaterial	> 0,8	1,62	1,15
Alkaliandel	Nivå på smältpunkter i salter och silikater	> 0,3	0,20	0,09
Saltkvot	Bildning av lågsmältande saltblandningar	0,2-4	0,63	1,51
Eutektikum	Smältpunktssänkning i salter eller silikater	0,2-0,8	0,03	0,12
Fältspattal	Förekomst eller bildning av lättmetall-aluminosilikater	> 6	20,03	16,1
Förglasningstal	Risk för bildning av lågsmältande sodaglas i askan	0,2-1	0,61	0,17

Tabell 11. Svavel- och fosforkvoter hampa. Reproducerad från (Strömberg, 2012).

Kvoter	Tolkning	Gynnsamma värden	Median
Ca/S	Betydelse för möjligheten/risken till egenadsorption av SO ₂ i bränslet i en FB-panna.	> 1,5-2* < 1**	6,55

Ca/(S+1,5P)	Betydelse för möjligheten/risken till egenadsorption av SO ₂ i bränslet i en FB-panna. Visar på överskott av kalcium jämfört med svavel och fosfor. Tar hänsyn till att kalcium även reagerar med fosfor.	> 1,5-2* < 1**	3,06
S/Cl	Betydelse för påslags/korrosions tendens. Viktigt att inte enbart jämföra S/Cl i bränslet för att bedöma risken för korrosion. Processberoende.	2-4 mkt. bra > 4 bättre	3,0
P/(K+Na+1,5P+1,5Mg)	Visar om det finns fosfor tillräckligt för att kunna ersätta klor med fosfor i alkaliföreningar. Har betydelse för korrosion.	> 1	0,06

*, ** som ovan.

Tabell 12. Nyckeltal hästgödsel med strö. Värdet i fet stil är inom riskområden. Reproducerad från (Strömberg, 2012).

Nyckeltal	Tolkning	Risk	Exempel	Median
Alkalinitetstal	Risk för alkaliska angrepp på silikatiskt bäddmaterial	> 0,8	1,63	1,14
Alkaliandel	Nivå på smältpunkter i salter och silikater	> 0,3	0,07	0,14
Saltkvot	Bildning av lågsmältande saltblandningar	0,2-4	3,47	2,26
Eutektikum	Smältpunktssänkning i salter eller silikater	0,2-0,8	0,50	0,32
Fältspattal	Förekomst eller bildning av lättmetall-aluminosilikater	> 6	7,20	8,01
Förglasningstal	Risk för bildning av lågsmältande sodaglas i askan	0,2-1	0,18	0,27

Tabell 13. Svavel- och fosforkvoter hästgödsel med strö. Reproducerad från (Strömberg, 2012).

Kvoter	Tolkning	Gynnsamma värden	Median
Ca/S	Betydelse för möjligheten/risken till egenadsorption av SO ₂ i bränslet i en FB-panna.	> 1,5-2* < 1**	1,77
Ca/(S+1,5P)	Betydelse för möjligheten/risken till egenadsorption av SO ₂ i bränslet i en FB-panna. Visar på överskott av kalcium jämfört med svavel och fosfor. Tar hänsyn till att kalcium även reagerar med fosfor.	> 1,5-2* < 1**	1,02
S/Cl	Betydelse för påslags/korrosions tendens. Viktigt att inte enbart jämföra S/Cl i bränslet för att bedöma risken för korrosion. Processberoende.	2-4 mkt. bra > 4 bättre	1,07
P/(K+Na+1,5P+1,5Mg)	Visar om det finns fosfor tillräckligt för att kunna ersätta klor med fosfor i alkaliföreningar. Har betydelse för korrosion.	> 1	0,09

*, ** som ovan.

4.4.2 Askåterföring

Aska från förbränd hästgödsel innehåller både fosfor och kalium som är bra växtnäringsämnen (Tecnofarm, 2013). Så länge det kan säkerställas att askan följer de gränsvärden och rekommendationer kring tekniker som finns, se avsnitt om lagar och regler ovan, så finns inga hinder för askåterföring till odlingsmark.

I en studie där askan efter förbränning av en blandning av hästgödsel och träspån analyserades påvisades bara låga halter av tungmetaller. Askan bedöms därför som lämplig att använda som gödningsmedel. En nackdel med att gödsla med aska jämfört med färsk gödsel är att kvävet går förlorat i förbränningen (Lundgren & Petterson, 2009)

4.5 Samlade erfarenheter och riskhantering

Nedanstående text gör inte anspråk på att vara en fullständig riskbedömning utan ska läsas som en samling exempel på risker kring bränslehantering som energianläggningar råkat ut för. Även åtgärdsförslagen ska läsas som exempel för att få tips och idéer för riskarbetet.

4.5.1 Hampa

Riskerna vid hantering av hampa liknar riskerna vid hantering av halm och rörflen. En viktig skillnad är dock att hampan kan växa sig mycket lång (över fyra meter) och därför innehåller långa sega fibrer som kan fastna och linda in sig vid skörd och bearbetning av bränslet. Hur lagringen av hampa skall ske beror på hur den har skördats. Det finns exempel på att hampa rundbalas på samma sätt som halm eller rörflen. Det finns också bönder som hackar grödan på fältet med exakthack och sedan hanterar materialet i hackad form ända fram till en press för tillverkning av briketter. I ett småskaligt system utan möjlighet till torkning av materialet måste hampan lagras under tak, medan man i mer storskaliga system, där man har tillgång till torkutrustning, man eventuellt skulle kunna använda hackad hampa som lagrats utomhus i stora otäckta stackar. (Strömberg, 2012)

Hampa kan antingen skördas på hösten eller på vintern/våren. Hampa som skördats på hösten innehåller mer fukt och behöver därför torkas om den ska användas till energiändamål. Den innehåller också mer aska, klor, svavel och kalium än vinter/vårskördad hampa som har hunnit frystorka och urtvättas under vintern. Fukthalten för vårskördad hampa ligger normalt runt 10 %. Om hampan innehåller mycket kalium kan det leda till sintring i panna. En hög klorhalt kan ge upphov till korrosion i pannan. Förädling av hampa för energiändamål befinner sig så gott som på experimentstadiet då det finns ett fåtal producenter i Sverige som tillverkar briketter av hampa på gårdsnivå. Hampans långa starka fiber kan orsaka stopp i brikettpressens matningssystem och vid pelletering. Briketter eller pellets av hampa har en bra bulkdensitet och ett värmevärde som är högre än för halm. (Strömberg, 2012)

Hampa som balas kan förvaras utomhus om den är inplastad, annars bör den förvaras under tak för att undvika bränsleförsämring. Vid pelletering visar erfarenheter från SLU i Umeå att fiberdelen i hampan bör tas bort före pressningen för att undvika problem med inmatningen. Hampa som används för energiändamål bör skördas på vintern/våren då det är en fördel att kalium och fosfor går tillbaka till jorden. Med minskad kaliumhalt minskar risken för sintring i pannan. Då även klorhalten går ned om hampan skördas på vintern/våren medför detta också att risken för korrosion i pannan minskar. Det vårskördade, extrahackade materialet är ofta torrt och lagringsdugligt direkt efter skörden. En viss inblandning av grönt material, speciellt om man väntar för länge med skörden på våren kan dock förekomma, vilket försämrar materialets torrhalt. För att undvika risk för stopp i briketteringsmaskiner bör fibrerna inte vara längre än 20 mm och materialet bör heller inte innehålla mer än 18 procent vatten. Materialet kan därför även förarbetas med hjälp av rivare som skär sönder hampan i små delar innan den briketteras. Försök att pelletera hampa har genomförts vid SLU i Umeå. Försöken visade att fiberdelen av hampan bör tas

bort före pelletering, eftersom fibrerna kan ge problem i inmatningen till pressen. Skärvorna pressas sedan till pellets. (Strömberg, 2012)

4.5.2 Hästgödsel

Gödsel omfattas av förbudet mot deponering av organiskt material. Avsättningen för gödsel är god i de flesta mindre kommuner medan det i storstäderna ofta är långa avstånd mellan produktion av gödsel och jordbruk som kan ta emot det. Flera ridklubbar och travstall tvingas betala stora summor för sin gödselhantering. I Sverige sker en viss förbränning av hästgödsel, medan gödsel från andra djurslag främst används inom jordbruket eller till biogasframställning. (Strömberg, 2012)

Det finns ett antal exempel i Sverige där obehandlad hästgödsel har använts som bränsle i pannor av olika storlekar:

- På Kalmartravet i en 400 kW SWEBO Biotherm panna. Hästarna på Kalmartravet står på spån och det fungerar bra i förbränningen. Torv har testats men man fick problem med luftgenomblåsning och kunde inte köra på full effekt. Man eldar ca 60 m³ i veckan. Föreningar i bränslet i form av hästskor, knivar, balsnören mm har gjort att man fått problem med bränslematningen. Man sparar ca 500 000 kr/år (2011) genom minskade avgifter för gödselhantering samt mindre förbrukning av olja.
- Timrå Hästsportförening installerade en SWEBO Biotherm panna 2003, som har använts som experimentanläggning för stallgödsel förbränning. Pannan ersattes under 2011 eftersom den var utsliten. Man eldar merparten av den gödsel som kommer från 50 hästar, ca 1000 m³/år. Det största problemet har varit inmatning av blött och kladdigt bränsle med frysrisk under vintern.
- Sala-Heby Energi (SHE) har använt hästgödsel med olika bra resultat. Fukthalten i bränslet antas vara av stor betydelse för resultatet, en fukthalt på 40-45% går bra men inte mer. Sala-Heby är fossilfritt och tar inte emot hästgödsel där man använt torv som strö till hästarna Strö i form av sågspån eller kutterspån går bra men det måste vara torrt. Halm kan inte eldas i deras rosterpanna. De hjälper hästägarna med råd för att få en bra kvalitet på den gödsel som levereras. Gödsel kan inte lagras mer än någon vecka innan bränslekvaliteten försämras. Tiden kan förlängas om gödsel lagras torrt.
- På E.ON i Malmö har det eldats hästgödsel och stallhalm i 25 år. Personalen beskriver pannan som den minsta, men också den svåraste, produktionsanläggningen i Malmö. Anläggningen stängdes 2005 på grund av dålig ekonomi till följd av dålig tillgänglighet och stort underhållsbehov. Den främsta orsaken var att pannan var gammal och inte fungerade optimalt. (Strömberg, 2012)

I Malmö fick personalen lära sig att bränslet och dess sammansättning varierade mycket, både i bränslehögen och med tiden. Då priset på halm var lågt användes mycket halm som strö, vilket ledde till att en stor del av bränslet bestod av torr halm. Då priset på halm steg minskade andelen halm i bränslet och bränslet blev totalt sett fuktigare och svårare att bränna. En period användes även kutterspån som strö. Fukthalten kunde variera mellan 25-55 %. Hästgödsel i sig är egentligen ett bra bränsle med ett stort energiinnehåll. En stor del av den energi hästarna sätter i sig i form av foder kommer ut igen. Hästarnas urin är värre att förbränna. Erfarenheterna från Malmö är också att det blir mycket aska vid eldning av stallgödsel och det har hänt att det blivit värmeutveckling, med risk för självantändning, i bottenaskan. Med mycket halm i bränslet blir det även mycket, och finkornig flygaska, vilken satte igen textiltfiltret. (Strömberg, 2012)

En svensk undersökning med förbränning av hästgödsel i en 250 kW förbränningsutrustning som designats för våta bränslen visar att det går att elda gödsel med bra resultat om fukthalten i bränslet inte överstiger 50 %. Emissionerna av CO är jämförbara med vad man får med enbart träflis medan NOx är klart förhöjda pga. den höga kvävehalten i gödsel. Tungmetallhalterna i askan är låga. Analyser av hästgödsel med spån liknar analyserna av andra biobränslen, framförallt rörflen och Grot. Innehållet av klor i gödsel liksom även fosfor, kalium och magnesium är högre i gödsel. (Strömberg, 2012)

Sameldningsaspekten tycks inte vara så kritisk för gödsel då det i regel eldas i dedikerade pannor av enklare typ som kan hantera 100 % gödsel. Genom att vidare blanda gödsel väl med det sameldade bränslet eller med den vanligtvis ingående komponenten, t.ex. halm, blir den totala bränsleblandningen mer homogen, vilket förbättrar (automatisk) styrning och kontroll av förbränningsprocessen. Om bränslet bereds genom att blandas och malas innan det matas in i pannan blir förbränningen jämnare och bättre. En viss positiv effekt erhålls via tippning i en tippficka och efterföljande skruvtransport till pannan. Omblandning och sönderdelning av stora bitar underlättar förbränningen. Energibolaget kan sätta upp specifikationer för vilket strö som får användas. Det bör också regleras hur mycket strö som bör användas för att säkerställa att bränslet inte blir för fuktigt. (Strömberg, 2012)

Vattenbad kan användas för att undvika värmeutveckling och självantändning av bottenaskan. Våt rening eller elektrofilter fungerar bättre för rening av flygaskan än textilfilter om det finns halm i ströet. Eldning av gödsel i ren form bör undvikas i anläggningar som är konstruerade för biobränsleeldning. Risker för påslag, sintring och korrosion finns pga. höga svavel- och klorhalter. I FB-pannor bör man undvika gödsel med halminblandning, eftersom halmaskans smältpunkt kan vara låg. I rostpannor bör en inblandning på upp till 25 % gödsel vara möjlig. Det finns skäl att varna för eldstadskorrosion vid lokal understökiometrisk drift samt korrosion på värmeöverförande ytor p.g.a. svavel- och klorinnehållet i gödsel. I avfallsanläggningar som är konstruerade för att hantera svavel- och klorrika samt sintrande bränslen bör gödsel i alla former kunna användas som bränsle. (Strömberg, 2012)

Stallgödseln är känslig för lagring, speciellt utomhus. Tanken i Malmö var att gödseln skulle brännas ganska omgående. På grund av många och långa stopp i pannan fick bränslet ofta lagras längre än planerat. Ett problem var den höga biologiska aktiviteten i bränslet, efter bara två dagar kunde det växa stora svampar i bränslehögen. Dessutom försämrades bränslekväliten ju längre bränslet lagrades eftersom det sjönk ihop mer och mer, samtidigt som det lakades ur. Bränsle som lagrats i 2-3 veckor gick inte längre att elda utan fick forslas bort. Även Sala Heby Energi har sett problem med gödsel som lagrats en tid, det blir som kakor som bränner ihop. De har även tittat på bränsle som legat i ett år, detta hade förmultnat och såg mer ut som jord. Sådant material går ej att bränna. Däremot har det gått bra att elda gödsel som lagrats två veckor i täckt container. (Strömberg, 2012)

Vid lagring av ofullständigt blandad stallgödsel med en stor andel halm (i perioder med tillgång på billig halm) kan den torra halmen exponeras på ett sätt så att det finns risk för självantändning p.g.a. den värmeutveckling som uppstår vid nedbrytning i underliggande lager av gödsel. Vid Boden Energi AB har det tidigare eldats hästgödsel, men p.g.a. lukt- och lakvattenproblem vid hantering och lagring eldas inte gödsel där längre. Användning av gödsel som bränsle kräver att det hanteras på rätt sätt. För att minimera bränsleförsämring vid lagring bör det lagras i täckt container för att reducera inverkan av regn och lakvatten. Dessutom minskar problem med spridning av lukt. Om bränslet har en sådan sammansättning att det kan självantända, t.ex. med en stor andel torr halm, är det viktigt att regelbundet kontrollera temperaturen i lagringshögen för att upptäcka eventuella temperaturförändringar i tid. Ett annat sätt att minska risken för

självantändning är att blanda bränslet så att inte det torra materialet, t.ex. halm, ansamlas överst. (Strömberg, 2012)

5 Cirkularitet, miljö och ekonomi

5.1 Hampans användning som högvärdig produkt

Hampa är tänkt att odlas med högvärdiga delar från dess blomma och frön som primära produkter. Det kan handla om oljor och fröer för olje-, mat-, kosttillskott-, kosmetika-, eller foderproduktion. Alla dessa är högvärdiga produkter med högt värde per massenhet. Kvar på fältet efter skörd av de högvärdiga produkterna står stjälkarna, en restprodukt med lågt värde jämförbar med hö från spannmålsproduktion.

5.2 Cirkulära vinster med förbränning av hästgödsel

Att förbränna hästgödsel är ett sätt att lösa en betydande kvittblivningsproblematik för hästtata områden. Gödsel som tillåts ligga kvar i hästhagen, eller som samlas in och lagras på en plats utan vidare behandling kommer till viss del att genomgå en anaerob process vilket släpper ut betydande mängder miljöskadliga ämnen. Främst är det ammoniak (NH_3), koldioxid (CO_2), metan (CH_4) och lustgas (N_2O) som avges. Både koldioxid, metan och lustgas klassas som potenta växthusgaser. Ammoniaken påverkar snarare miljön lokalt då den jämfört med exempelvis NO_x avgår i mycket mindre andel till luft och istället hamnar i marken och bildar ammonium. Vål i marken bidrar ammonium både till försurning och övergödning (Lundgren & Pettersson, 2004), (Naturvårdsverket, 2020). 2001 släpptes 53 800 ton ammoniak ut i Sverige och 72% av dessa härrörde från någon form av gödsel (SCB, 2001).

Kompostering av stallgödsel och kvarlämning av hästgödsel i hagar innebär ett diffust metanutsläpp omkring 5 kg per häst och år samt ett diffust lustgasutsläpp omkring 0,6 kg per häst och år (Berglund, M. 2011). I dessa värden är inte de utsläpp medtagna som uppkommer i hästens fodermålningsapparat och därifrån släpps direkt till atmosfären på två sätt. Metan och lustgas är betydligt starkare klimatgaser än koldioxid, vilket innebär att 1 g metangas har samma klimateffekt som en mycket större mängd koldioxid. Enligt naturvårdsverkets senaste siffror har metan en global uppvärmningspotential (GWP) motsvarande 25 gånger sin vikt i koldioxid, samma siffra för lustgas är 298 gånger. Det innebär att de diffusa utsläppen från hästgödsel uppgår till minst 304 kg CO_2 per häst och år. I ett livscykelperspektiv så ger en häst upphov till utsläpp av 1,5 - 5 ton koldioxidekvivalenter per år, beroende på typ av hållning, storlek och hästras (Berglund, M. 2011)

Genom att samla in och förbränna hästgödsel uppnås alltså även en nettobesparing i utsläpp av koldioxidekvivalenter. För 1000 hästar i Kungsbacka kommun innebär detta en uppskattad utsläppsminskning omkring 300 ton CO_2 årligen. Som jämförelse ger en genomsnittlig svensk

genom sin samlade matkonsumtion upphov till omkring 1,8 ton koldioxidekvivalenter årligen. (Naturvårdsverket, 2015)

5.3 Hållbar odling av hampa

5.3.1 Näringsämnesåterföring, återvinning och cirkularitet

Växtnäringsämnena vid odling av grödor levereras ofta i form av mineralgödsel. De viktigaste växtnäringsämnena är kväve (N), fosfor (P) och kalium (K). Produktion av N kräver stora mängder energi, och jordens resurser av P är globalt begränsade. För att undvika eller skjuta upp framtida utarmning och för att minska gödselrelaterade energikostnader när växtnäringsämnena tas bort från fältet genom skörd och avlägsnande av biomassa så kan delvis näringsämnena återföras genom rötrest från biogastillverkning eller aska från förbränning av biomassa. (Prade, T. 2011)

Mängden näringsämnena som tas bort från fältet är låg för hampa vid produktion av fast biobränsle. Minskningarna i innehållet i näringsämnena är troligen relaterad till näringsförluster från växterna (t.ex. åldrande blad) och uttvättningseffekter. Aska från storskalig förbränning av biomassan kan eventuellt användas som gödningsmedel. Emellertid kan förbränningen också koncentrera oönskade element (t.ex. tungmetaller) i askan. Återvinning av näringsämnena i form av aska till jordbruksfält praktiserar normalt endast om askan kommer från en definierad källa. Förutom att vara begränsad innehåller de P-rika malmer som är råmaterial till mineralgödsel ofta också relativt stora mängder tungmetaller, t.ex. kadmium (Cd). (Prade, T. 2011)

Hampbiomassa har visats ha ett lågt innehåll av kadmium i tidigare studier men på förorenade jordar kan hampa extrahera tungmetaller från jorden till mängder högre än många andra jordbruksgrödor. Således finns en risk att tungmetaller koncentreras i växtbiomassan. Under förbränning i storskaliga förbränningsanläggningar kan askfraktioner med högt innehåll av tungmetaller i så fall sorteras bort från återvinningsschemat för växtnäringsämnena varvid mängden tungmetaller i ett tänkt cirkulärt system inte skulle öka.

5.3.2 Användning av bekämpningsmedel

Hampodling kräver mycket begränsade mängder bekämpningsmedel. Få insektsskadedjur är kända för att finnas i hampgrödor och svampsjukdomar är sällsynta. Eftersom hampa växer snabbt efter sådd och skapar skugga och därmed tränger bort ogräs, krävs inte herbicider. Men en ogräsfri såbädd krävs. (Prade, T. 2011)

Bekämpningsmedelsbehovet har ett potentiellt stort inflytande på energibehovet för odling eftersom energibehovet för bekämpningsmedelsproduktion är högt. Många andra årliga energigrödor i storskalig odling kräver relativt stora mängder bekämpningsmedel, t.ex. majs och sockerbetor odlade för biogasproduktion. I stora monokulturer av hampa, kan dock vissa skadedjur (t.ex. hamploppa) också bli ett problem. I väl designade grödorotationer så kan en låg bekämpningsmedelsanvändning förväntas även för storskalig odling. (Prade, T. 2011)

5.3.3 Växtrotation och dess effekter vid hampodling

Hampa är en stark ogräsdämpare, vilket resulterar i låga krav på herbicider för hampodling. Vidare, kan hampa som ingår i en växtrotation ha denna effekt även för efterföljande grödor. På samma sätt undertrycker hampa jordpatogener och jordhälsan kan därför förbättras med införsel av hampa i en viss växling. Hampa har även rapporterats vara en utmärkt föregående skörd för odling av spannmålsgrödor, vilket resulterat i utbytesökningar på 10- 20% i spannmål. För vinterspannmål är detta endast möjligt om hampa skördas på hösten, t.ex. som biogasunderlag eller för fiberproduktion. För vårskördad hampa som används som fast biobränsle, så kan praktiskt taget vilken som helst vårsådd gröda användas i följd. Hampa, som är en årlig gröda, är relativt lätt att sätta in i en befintlig växtrotation. Där den kan fungera som en pausskörd för t.ex. spannmålsodling. Jordbrukare som är intresserade av att odla energigrödor är ofta tveksamma till att binda åker till produktion av en gröda, t.ex. pil och miscanthus, över plantans ekonomiska livslängd, dvs. 10-20 år. Odling av hampa under två till tre år inom samma område leder inte till betydande biomassavkastningsförluster på grund av en hög självtolerans av hampa. Också därför fungerar hampa mycket bra som en gröda i olika växtrotationer. (Prade, T. 2011)

5.3.4 Odlingsekonomi

Hampbiomassaproduktion för energisyrte är ekonomiskt genomförbar även för småskaliga odlingsområden. Emellertid kan icke-energitillämpningar kräva odling i mycket större skala. Till exempel finns det intresse för hampa som råvara för produktion av fiberplattor. Detta hade dock krävt en volym av biomassa motsvarande odling på ca. 1000 hektar. (Prade, T. 2011)

Däremot alternativ för användning av hampbiomassa för energisyrte, t.ex. pellets eller brikettproduktion från småskalig hampodling (10-20 ha), kan redan nu vara kommersiellt bärkraftig. Baserat på sådana småskaliga nystartade företag så kan erfarenhet och kunskap byggas lokalt i ett första skede för att sedan implementera användning av industriell hampa i en större skala för både energi- och icke-energisyrte. Att använda hampa för energisyrte kan alltså visa sig vara en språngbräda inom byggindustrins strukturer som kan använda hampa för icke-energisyrte. (Prade, T. 2011)

Ett bioraffinaderi, dvs. en kombination av flera produktionsvägar, t.ex. både för energiprodukter och icke-energi produkter, kan förbättra energieffektiviteten för hampodling och totalt sett ekonomin i konceptet. Detta upplägg integrerar produktion av ett urval av högvärde-produkter (t.ex. kemikalier för byggstenar, fibrer) och efterföljande användning av lägre värderade rester i bulk, t.ex. för produktion av strömmaterial, fyllnadsmaterial eller bärare av förnybar energi. Industriell hampa, med sitt höga utbyte av biomassa, höga fiberinnehåll, oljerika frön med en intressant profil av fleromättade fettsyror och antioxidanter, lovande jäsningskonverteringseffektivitet och goda förbränningsegenskaper är intressant en biomassakälla i detta avseende. (Prade, T. 2011)

5.3.5 Miljöpåverkan från hampodling

Odling och användning av hampbiomassa har en relativt låg miljöpåverkan. Miljöpåverkan av en gröda som odlas för energianvändning kan mätas, t.ex. som summan av alla utsläpp som orsakats under odling, skörd, transport och lagring. På samma sätt som den metod som används för att sammanställa en energibalans kan större fältoperationer och produktionsmedel märkas med motsvarande utsläpp. Förutom utsläpp av växthusgaser måste andra konsekvenskategorier också

redovisas. Hampa har rapporterats ha god inverkan på biologisk mångfald när den odlas som en fiber- och livsmedelsgröda). Dessutom har hampa karaktäriserats som en gröda med låg inmatningseffekt i förhållande till livsmedelsgrödor, t.ex. sockerbetor och potatis. För biogasbaserad elproduktion har hampa en ogynnsam växthusgasbalans på grund av en ogynnsam energibalans. Detta gäller i princip för alla energigrödor som används för elproduktion från biogas, särskilt om värme från kraftproduktion inte används. (Prade, T. 2011)

5.3.6 Alternativet biogasproduktion

Både hampa och hästgödsel kan rötas till biogas. I avsnittet kring hampa som råvara för energiutvinning ovan diskuteras dess för och nackdelar som substrat för biogasproduktion i detalj. Sammanfattningsvis har hampa liknande förutsättningar som halm för rötning. Rötning av gödsel är en väl beprövad teknik och rötning av hästgödsel sker i Sverige idag. Denna studie syftar inte till att ställa material- och energiåtervinningstekniker mot varandra utan belyser istället förutsättningarna för en möjlig kompletterande teknik (förbränning för energiutvinning).

6 Slutsats och sammanfattande bedömning

Denna rapport har redovisat resultaten från projektet Hästgödsel och hampapallets för energiutvinning. Projektet är en kartläggningsstudie för att genomlysna möjligheter och hinder med energiutvinning från pellets av hästgödsel och hampa. Studien är helt baserad på litteratur och muntliga källor, inga försök har genomförts. För att säkerställa att det är möjligt att erbjuda hästbönder en hållbar lösning på deras gödselproblematik och samtidigt bidra till att lösa Ekstas behov av pellets för fjärrvärme i framtiden så har detta projekt besvarat en rad frågeställningar. Viktiga slutsatser från projektet är

- En hygienisering och pelleteringsrutin omvandlar avfallet hästgödsel och hampaströ till en produkt. Effekten blir att det ställs hygienkrav på hanteringen uppströms pelleteringsprocessen men inte därefter.
- Aktuella pannor behöver inte avfallsklassas utan endast anmälas till Jordbruksverket samt att bränsemixen ändras i gällande miljötillstånd.
- Hampa är en god mellangröda, kräver lite gödning och bekämpningsmedel.
- Hampa har högt energiutbyte per hektar och goda bränseleegenskaper som pellets.
- Det finns inga betydande hinder kopplad till DLUC eller ILUC för ökad odling av hampa i Sverige. Däremot kan det finnas hinder kopplat till subventionering såsom exkludering av energiskatt vid förbränning av hampa vilket bör utredas vidare.
- Det går bra att använda aska från förbränning av pellets som dessa för spridning på åkermark.
- Vid förbränning av gödselinnehållande bränslen bör särskild hänsyn tas till att säkerställa att utsläppskrav nås samt att bränslet bereds på ett sätt som minskar risker för förbränningsproblem och att en panna lämplig för ändamålet används

Sammantaget projektets huvudsakliga slutsatser bedöms det inte föreligga några oöverstigliga hinder för Hästgödsel och hampapallets för energiutvinning. Istället erbjuder konceptet en rad potentiella vinster kring bränseleekonomi, kvittblivning av gödsel, lokala energikretslopp och



odlingsekonomi. Med detta i beaktande föreslås en fortsättning på projektet där försök genomförs i en eller flera av Ekstas pannor med pellets framställda i enlighet med denna rapport.

7 Referenser

Ahlgren, S., & Börjesson, P. (2011). Indirekt förändrad markanvändning och biodrivmedel - en kunskapsöversikt. (LUTFD2 / TFEM--11/3064--SE + (1-53); Vol. 73). Lunds universitet. Avdelningen för miljö- och energisystem.

Airaksinen, S., Heinonen-Tanski, H. & Heiskanen, M-L. (2001). Quality of different bedding materials and their influence on the compostability of horse manure. Journal of Equine Veterinary Science 21, 125-130.

Andersson, K. Svebio, (2017). Finns det mark att odla energigrödor på?

Berglund, M., Falkhaven, E. (2011) Hästsektorns klimatpåverkan. Hushållningssällskapet Halland.

Clarke, A. (1987). Air hygiene and equine respiratory disease. In Practice 9, 196-204

Edström, M., Schlüssler, I., Luostarinen, S. (2011) Combustion of Manure: Manure as Fuel in a Heating Plant. Baltic Forum for Innovative Technologies for Sustainable Manure Management

EU, 2020. EUs förordning om animaliska biprodukter nr 142/2011.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011R0142-20200630&qid=1597904697662&from=SV>

Fagerström, A., Lönnqvist, T., Anderson, S. (2019) Kunskapssyntes: Samhällsekonomisk analys av förnybara drivmedel och drivlinor. IVL rapport B 2360

Fleming, K., Hessel, E. F. & Van den Weghe, H. F. A. (2008). Generation of Airborne Particles from Different Bedding Materials Used for Horse Keeping. Journal of Equine Veterinary Science 28, 408-418.

Fortum, 2020. Telefonsamtal med Per Harsem, 2020-12-04.

Förordningen (2013:253) om förbränning av avfall.
https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2013253-om-forbranning-av-avfall_sfs-2013-253

Jordbruksverket, 2015. Kategoriseringen av animaliska biprodukter, Version 2015-01-30.

Jordbruksverket, 2016. Hästar och anläggningar med häst 2016, JO 24 SM 1701, korrigerad version 2017-02-22

Jordbruksverket, 2017. Användning av aska som gödselmedel på åkermark.

Jordbruksverket, 2020a. INSAMLING, TRANSPORT OCH SPÅRBARHET.
<https://djur.jordbruksverket.se/download/18.cffc0cf173044ac7e2aa59/1594109037431/Insamling-transport-sparbarhet.pdf>

Jordbruksverket, 2020b. Jordbruksverkets hemsida Naturgödsel, accessdatum 2020-01-07.
<https://djur.jordbruksverket.se/amnesomraden/djur/produkterfrandjur/organiskagodningsmedel/naturgodsel.4.37e9ac46144f41921cd32423.html>

[Jordbruksverket, 2020c. Jordbruksverkets hemsida Förbränningsanläggningar, accessdatum 2020-01-08.](#)

<http://djur.jordbruksverket.se/amnesomraden/djur/produkterfrandjur/anlaggningochverksamhet/förbränningsanlaggning.4.6f9b86741329df6fab48000866.html>

[Jordbruksverket, 2021a. Jordbruksverkets statistikdatabas, accessdatum 2020-04-14.](#)

<https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/statistikdatabasen>.

[Jordbruksverket, 2021b. Intervju med Jordbruksverkets Foder och djurenhet. Närvarande vid mötet var Susanne Liljenström, James Bonet och Rebecca Wärnbring, datum för mötet var 2021-03-02.](#) Kolarikova, M., Havrland, B., Ivanova, T. Energy Balance of Hemp (Cannabis sativa L.) Grown for Energy Purposes, AGRICULTURA TROPICA ET SUBTROPICA, 46/1, 10-15, 2013

Lundgren, J, Petterson, E. (2004). Practical, environmental and economic evaluation of different options for horse manure management. CHISA 2004: 16th International Congress of Chemical and Process Engineering, 22 - 26 August 2004, Prague, Czech Republic, Prague, 2004

Lundgren, J, Petterson, E. (2009). Combustion of horse manure for heat production. Bioresource Technology 100 (2009) 3121–3126

Naturvårdsverket, 2015. Hållbara konsumtionsmönster - analyser av maten, flyget och den totala konsumtionens klimatpåverkan idag och 2050. En forskarantologi. Redaktör: Jörgen Larsson, Chalmers

Naturvårdsverket, 2020. Fakta om kväveoxider i luft, accessdatum 16 september 2020.

<http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luftforeoreningar/Kvaveoxider/>

[Naturvårdsverket, 2021a. Förbränning. Vägledning om förbränning, förbränningsanläggningar, kväveoxidavgiften och om vedeldning. Accessdatum 2021-03-25.](#)

<http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Forbranning/>

[Naturvårdsverket, 2021b.](#) VÄGLEDNING OM AVFALLSFÖRBRÄNNING Förordningen (2013:253) om förbränning av avfall, bestämmelser som genomför kapitel IV i industriutsläppsdirektivet (2010/75/EU). <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/avfall/vagledning-om-avfallsforbranning-20210119.pdf>

[Naturvårdsverket, 2021c. Intervju med Emma Sundling och Lisa Tengvar på Naturvårdsverkets industrienhet, datum för intervju: 2021-03-19.](#)

[Naturvårdsverket, 2021d. När avfall upphör att vara avfall - Naturvårdsverket \(naturvardsverket.se\), accessdatum 2021-03-31](#)

Prade, T. 2011. Industrial Hemp (Cannabis sativa L.) –a High-Yielding Energy Crop. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp 2011

Ridsport, 2018. Svenska Ridsportförbundets hemsida, accessdatum 2020-02-18

<https://www.ridsport.se/Omoss/Statistik>

Statens offentliga utredningar. Stärkt lokalt åtgärdsarbete – att nå målet Ingen övergödning (SOU 2020:10)



Statistikmyndigheten (SCB) och Naturvårdsverket (2001). Utsläpp av ammoniak till luft i Sverige 2001, MI 37 SM 0201

Strömberg et. Al. Bränslehandboken 2012, Värmeforsk 2012

Tecnofarm, 2013. Wennerberg, Per & Dahlander, Catarina. Tecnofarm 2013-05-08. *Hästgödsel som en resurs En förstudie om olika hanteringskedjor för hästgödsel.*

http://www.hastforetagarnagoteborg.se/wp-content/uploads/2015/04/Hastgodselsomresurs_Tecnofarm_maj13.pdf

