

Hästgödsel

– framtidens energiresurs

SARA NILSSON 2015
MVEK02 EXAMENSARBETE FÖR KANDIDATEXAMEN 15 HP
MILJÖVETENSKAP | LUNDS UNIVERSITET



Sara Nilsson
MVEK02 Examensarbete för kandidatexamen 15 hp, Lunds universitet
Intern handledare: Erkki Palmu, biologiska institutionen, Lunds universitet

CEC - Centrum för miljö- och klimatforskning
Lunds universitet
Lund 2015

Abstract

Horses have a great social, cultural and economic importance in society and contribute to the open landscape. There are currently more than 360,000 horses in Sweden, which together produce over 2.7 million tons of manure per year. This represents 10% of the total amount of manure from all livestock in the country. Most horses are found in urban or near-urban rural areas, which means that there is often no arable land available nearby to spread the manure on. This create a waste problem and therefore an environmental problem.

This study shows how horse manure could be used as a resource for energy and the energy potential of three extraction methods; biogas, combustion and heat recovery from the dunghill. It's not a well-studied area today, and few attempts have been done. Those that are available show that the possible energy potential of horse manure is good at the right conditions. Heat recovery from the dunghill, in a stable with 40 horses, could save up to 1400 kWh during one year. Energy extraction through biogas, which is the most studied method, has been shown to provide an energy of about 50-250 kWh/ton of manure depending on which bedding material that were used. This would be corresponding to 0.1-0.4% of electricity consumption per year in Sweden. Energy extraction through combustion has been shown to provide an energy of 1900-5400 kWh/ton manure depending on bedding materials, which would correspond to 3.7-10.4% of electricity consumption in Sweden. However, the environmental impact is greater from this method because of the emissions of greenhouse gases during the combustion.

The use of waste and by-products from agriculture are an important part of Sweden's goal against a society free from fossil fuels in 2050 and is a step towards a sustainable society in which yesterday's waste is today's fuel.

Innehållsförteckning

Inledning	7
<i>Miljöproblemen</i>	10
<i>Syfte</i>	10
<i>Avgränsningar</i>	11
<i>Frågeställningar</i>	11
Metod	13
<i>Sökstrategi</i>	13
<i>Intervjumethodik</i>	14
Resultat	15
<i>Värmeåtervinning</i>	15
<i>Biogasproduktion</i>	16
<i>Förbränning</i>	18
<i>Miljömål</i>	21
<i>Lagstiftning</i>	22
Diskussion	25
Slutsats	29
Tack	31
Referenser	33
<i>Intervjuer</i>	35
<i>Offentligt tryck</i>	35
Bilaga 1	37
Bilaga 2	39
Bilaga 3	41

Inledning

Det lever över 9,7 miljoner personer i Sverige idag. Det är en ökning med nästan 10 % sedan år 2000 (Statistiska centralbyrån, c). Den ökande befolkningmängden leder till ett ökat behov av energi. Viljan och inställningen till ett mer miljöanpassat levnadssätt har även ökat och det har lett till att leta efter nya vägar för energiutvinning. Utfasning av fossilt bränsle är under ständig utveckling och den ökande användningen av bioenergi av förnybar energi ger en mindre påverkan på vårt klimat (Jordbruksverket, 2013a).

Att hitta nya innovativa lösningar för energiutvinning på ett hållbart och lönsamt sätt är en ständigt pågående fråga i dagens samhälle. En energiresurs som idag är outnyttjad är jordbrukets rest- och biprodukter, som till exempel stallgödsel (Mönch-Tegeder et al., 2014). Bioenergi i Sverige kommer idag till största delen från skogsindustrin medan jordbruket endast bidrar med 2 % av produktionen. Produkterna till bioenergiproduktion från jordbruket är idag främst spannmål men möjligheten till att använda energigrödor är stora (Jordbruksverket, a). Odling av energigrödor för biogasproduktion är något som blir större och större men tävlar dock om plats i jordbrukslandskapet med livsmedelsproduktion och därför är det lämpligt att fundera över alternativt organiskt material för biogasproduktion samt öka användningen av biprodukter och rester från jordbruket (Mönch-Tegeder et al., 2014).

Det finns uppskattningsvis över 360 000 hästar i Sverige idag enligt jordbruksverkets senaste uppskattning 2010 och det beräknas finnas ca 39 hästar per 1000 invånare vilket gör Sverige till det näst mest hästtätaste landet i Europa efter Island (Jordbruksverket, 2001, Jordbruksverket, b). Varje häst producerar ca 17 kg avföring och 9 liter urin per dag, vilket ger en total gödselmängd på ca 27 kg/dag/häst inklusive strömedel (Jordbruksverket, 2011). Det betyder att alla hästar i Sverige producerar tillsammans ca 2,7 miljoner ton gödsel varje år, vilket är ca 10 % av den totala gödselmängden från husdjur och boskap i landet. Gödseln förvaras sedan oftast på antingen betongplatta (figur 1) eller i container (figur 2) (Jordbruksverket, 2013a).



Figur 1. Gödselstack med långhalm

Gödselstack på betongplatta med hästgödsel och långhalm som strömedel (bildkälla: privat)



Figur 2. Gödselstack med halmpellets

Gödselstack i container med hästgödsel och halmpellets som strömedel (bildkälla: privat)

De flesta av hästarna återfinns i en tätort eller i tätortsnära landsbygd vilket gör att det oftast inte finns åkermark tillgänglig i närheten att sprida gödseln på. På till exempel en ridskola med flera tiotals hästar utan areal att sprida gödseln på blir därför hanteringen av gödseln ofta ett stort problem. Borttransport av gödsel kan kosta upp emot flera tusen kronor per häst och år, vilket innebär stora ekonomiska utgifter för hästägare och gör gödseln till ett stort avfallsproblem och därmed ett miljöproblem (Jordbruksverket, 2013a).

Hästgödsel består av träck, urin, vatten och foderrester men till största del av strömedel. Den innehåller växtnäring och mullbildande ämnen, vilket är organiskt material som hjälper till att bygga upp jordens struktur och bördighet. Men gödseln kan även, vid slarviga förhållande, innehålla oorganiska saker som plasthandskar, balsnöre och hästskor. Gödseln består ofta av väldigt mycket strömedel, ibland upp till 90 % och det vanligaste att använda i Sverige är halm, spån och torv (Jordbruksverket, 2013a). Val av strömedel beror på tillgång och pris. Stora mängder strömedel leder till låga volymvikter men stora gödselmängder. Då de flesta strömedel är växtnäringfattiga men ofta rika på kolföreningar leder det till en hög kol/kväve-kvot vilket betyder att nedbrytningen är långsam och det tar lång tid för kvävet att bli tillgängligt för växterna. När nedbrytningsprocessen av gödslet sätter igång i marken kan det binda till sig det redan växttillgängliga kvävet från

markens förråd och därmed tillfälligt försämma tillväxtförhållandena för grödorna (Jordbruksverket, 2013a). Gödseln innehåller även ofta ogräsfrön såsom flyghavrekärnor från foderrester som kan skapa problem för lantbrukare vid spridning på åkrar. Detta gör att gödseln är mindre attraktiv för lantbrukare vilket leder till svårigheter för hästägare att bli av med gödseln (Jordbruksverket, 2013a).

Globalt sett har även intresset ökat för fasa ut användningen av fossila bränslen och öka användningen förnybar energi. Europaparlamentets och Europeiska unionens råd antog 23 april 2009 ett direktiv om att främja användningen av energi från förnybara energikällor (Europeiska unionen, 2013). Redan 2007 anslöts sig rådet till det bindande målet att 20 % av bruttoenergianvändningen av alla nationer i EU ska förses genom energi från förnybara energikällor senast 2020 (Europeiska unionen, 2013). Sveriges regering har utifrån dessa mål ställt ännu hårdare krav på Sverige. Målet är att år 2020 ska andelen förnybar energi stå för 50 procent av den totala energianvändningen och på sikt är målet att ha ett energisystem som är 100 procent baserat på förnybar energi (Regeringskansliet, u. å.). I proportionen *En sammanhållen klimat och energipolitik - Energi* (prop. 2008/09:163) som beslutats av riksdagen anges målen. Där skrivs det bland annat att biogas kan, både lokalt och regionalt, spela en viktig roll för det svenska energisystemet. Rötning av stallgödsel för biogasproduktion kan vara ett av stegen till att minska utsläppen av metangas som produceras vid gödselhantering och lagring (Regeringskansliet, 2009).

Intresset för biogas har ökat de senaste åren och det finns många olika typer av substrat, mer eller mindre studerade, som är möjliga att röta. Biogas är ett högvärdigt bränsle som, vid fullständig förbränning, inte ger något nettobidrag till växthuseffekten och räknas som ett av de mest miljövänliga bränslena (Nilsson, 2000). Att utvinna energi ur hästgödsel genom metangas är något som börjat studeras först på senare år i Sverige. Det har uppmärksammats att rötning av hästgödsel inte bara förvandlar ett avfallsproblem till en resurs utan även bidrar till ökad biogasproduktion samt sluter växtnäringsskretsloppet i samhället (Olsson et al., 2014). Vid rötning av organiskt material, som hästgödsel, bildas biogas som till största delen består av metangas. Den utvunna gasen är energirik och används till uppvärmning, fordonsbränsle eller i en kraftvärmeanläggning för el- och värmeproduktion (Nilsson, 2000).

Halm, som hästgödsel kan bestå till stora delar av, har en hög halt av det svårnedbrytbara lignocellulosa (Sveriges lantbruksgymnasium, 2015). Det gör att det tar lång tid att brytas ner när det används som gödningsmedel på åkrar jämfört med nöt- och svinggödsel som är mer flytande och innehåller mindre växtbaserat material (Mönch-Tegeder et al., 2014).

Sveriges regering har tagit fram ett så kallat Landsbygdsprogram som sträcker sig från 2014 till 2020 och består av stöd och ersättning för att utveckla landsbygden där även miljö och hållbar utveckling är en viktig del. En av prioriteringarna är att *främja resurseffektivitet och stödja övergången till en koldioxidsnål och klimattålig ekonomi inom klimat- och livsmedelssektorn* där ett av fokusområdena är att *minska jordbrukets utsläpp av växthusgaser och ammoniak*. Där nämns det att de krävs utveckling av kunskap, teknik och metoder för att minska klimatpåverkan från landsbygd och jordbruk.

Företag ska kunna söka investeringsstöd för förbättrad stallgödselhantering samt för en effektivare användning av gödslet (Regeringskansliet, 2015). Det finns även investeringsstöd till biogasanläggningar för rötning av stallgödsel, vilket anses som en klimatåtgärd då det minskar avgång av metangas vid hanteringen av gödseln. En av de största satsningarna inom programmet är att utveckla produktionen av biogas inom jordbruksverksamheten. Det skrivs även att energi som produceras från gödsel eller halm också ska kunna ersätta fossila bränslen och även skapa nya affärsidéer till landsbygden (Regeringskansliet, 2015).

Miljöproblemen

Jordbruket står idag för 85 % av ammoniakutsläppen och närmare hälften av utsläppen av kväve och fosfor som orsakats av människan vilket skapar övergödning i sjöar, hav och vattendrag (Jordbruksverket, 2013b). Vid spridning av gödsel på åkrar kan näringsläckage uppstå. Kväve (N) kan gå förlorad genom avrinning som nitrat (NO_3^-) eller urlakning till vatten. Det kan även avgå till luften som ammoniak (NH_3), kvävgas (N_2), lustgas (N_2O) eller andra kväveföreningar (NO_x). Organiska föreningar, som gödsel, består även av fosfor (P) som, precis som kväve, kan gå förlorad genom ytavrinning, urlakning men även genom erosion. Både kväve och fosfor är stora bidragare till övergödning och försurning i hav, sjöar och vattendrag och näringsläckaget skapar därmed miljöproblem (Jordbruksverket, 2013a). Övergödningen leder till snabbare igenväxning i vatten då det ökar den biologiska produktionen av plankton och alger. Det i sin tur leder till syrebrist då mer organiskt material behöver brytas ner och påverkar bottenlevande organismer och fiskar negativt. Algblomning, som ofta är ett återkommande problem vid övergödning, kan ske explosionsartat vid ökad näringstillgång och kan vara farligt för både människor och djur då det kan bildas giftiga substanser (Jordbruksverket, 2013b).

Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka hur hantering och användning av hästgödsel kan bli mer miljöanpassat samt studera hur energieffektiv gödseln är och hur man kan dra nytta av den som energiresurs. Det skall därför undersökas hur energieffektivt gödseln är för energiutvinning från 3 valda metoder; vid användning till biogasproduktion, förbränning samt värmeåtervinning vid lagring.

Avgränsningar

Studien avgränsas genom att bara studera möjlig energiutvinning ur hästgödsel från tre metoder; förbränning, biogas och värmeåtervinning. Studien går inte heller in djupare på processerna vid de olika metoderna. Vid beräkning av möjlig energiproduktion har ingen hänsyn tagits till skillnader vid de olika processerna t.ex. i förbränningsugnarna, biogasanläggningarna eller vattenledningssystemen.

Frågeställningar

För att uppfylla syftet med denna studie ska dessa frågeställningar besvaras

- Hur ser hanteringen ut idag och hur skulle den kunna bli mer miljöanpassad?
- Hur är hantering och användning av gödsel lagreglerat idag?
- Hur påverkas hantering och användning av gödseln av de nationella miljömålen?
- Vilka metoder finns för energiutvinning ur hästgödsel idag?
- Hur stor energipotential har hästgödsel och hur energieffektivt är det?

Metod

Detta arbete utgörs av en kvalitativ analys där målet har varit att besvara frågeställningarna med hjälp av en litteraturstudie. Rapporten baseras på data som samlats in från offentlig statistik, forskningsrapporter, tidigare utredningar samt rapporter från myndigheter som Jordbruksverket. Data över energipotential av hästgödsel baseras till största del av forskningsrapporter. Stor vikt har lagts vid att metoderna skall vara applicerbara i Sverige och det svenska energisystemet. För att få en idé om hur mycket energi de olika metoderna skulle kunna leverera har energipotentialen beräknats över ett år för den totala gödselmängden från samtliga hästar i Sverige och baseras på medelvärde från de olika energiutvinningsmetoderna. Syftet med beräkningarna är att undersöka vilken metod för energiutvinning som är mest energieffektiv.

För att få en bild av hur hantering och användning av hästgödsel är lagreglerat har miljöbalken, förordningar samt föreskrifter studerats. Studien kompletteras av intervjuer med verksamheter som har biogasanläggning i drift för att undersöka hur deras inställning är till att ta emot hästgödsel för produktion av biogas.

Resultatet av denna studie ska ses som en sammanställning av det rådande kunskapsläget och syftar även till att fungera som inspiration till vidare forskning och studier för energiutvinning ur hästgödsel.

Sökstrategi

Vetenskapliga artiklar till denna litteraturstudie söktes genom Web of Science. Sökord som användes var: "horse manure", "energy, heat", "biogas", "water", "hästgödsel", "Tyskland". Sökorden användes i olika kombinationer och fler sökord i en kombination gav minskat antal träffar på vetenskapliga artiklar. I bilaga 1 visas sökstrategin vid artikelsökning. Vid selektering av artiklar kontrollerades först relevans av rubriken, därefter antal citeringar av rapporten och till slut lästes abstract. Om rubrik och abstract visade sig relevant för denna studies syfte lästes hela rapporten. Endast artiklar på svenska eller engelska har granskats.

Intervjumethodik

Intervjuer har skett via mejlkontakt till verksamheter med biogasanläggning i drift. Syftet var att ta reda på hur de ställer sig till att ta emot hästgödsel till biogasproduktion till deras anläggningar idag samt om det finns en möjlighet för det i framtiden. Intervjufrågorna går att se i bilaga 2.

Resultat

Energiutvinning ur hästgödsel kan ske på olika sätt men denna studie har fokuserat på tre metoder som följer nedan.

Värmeåtervinning

När gödsel transporteras ut från stall och läggs i hög för lagring påbörjas kompostering direkt. Det innebär att mikroorganismerna påbörjar nedbrytning av det organiska materialet vilket bildar värme, ammoniak, koldioxid och vatten. Temperaturen i gödselstacken stiger därför kraftigt och kan vid gynnsamma förhållande gå upp emot 60-70°C och benämns därför ofta som att den brinner (Jordbruksverket, 2013a). Ett sätt att utvinna denna energi ur hästgödsel är att ta vara på värmeenergin som alstras när gödseln bränner vid lagring. Detta kan göras genom att installera vattenledningar i betongen under gödselstacken. Det har travtränaren Jan-Olov Persson i Masbo gjort och värmer numera sitt stallgolv och vatten med värmeenergi från gödselstacken (Bergström, 2009). Med 36 hästar i stallet produceras stora mängder gödsel som måste lagras utanför stallet på en betongplatta. Ett stort stall betyder stora uppvärmningskostnader och för att minska dessa utgifter ville han ta vara på värmen som alstrades när gödseln låg och brann genom att gjuta in vattenledningar i betongen under gödselstacken och låta vattnet cirkulera under den varma gödseln in till stallet. På somrarna klarar han sig numera på att värma upp allt varmvatten genom värmeenergin från gödselstacken utan tillförsel från elpatron (Bergström, 2009).

Det finns även några stall i Finland som, på samma sätt som Jan-Olov, tar vara på värmeenergin ur gödseln genom att ha installerat vattenväxlare i betongen under den lagrade gödseln. Det cirkulerande vattnet i rören kan stiga upp till 30°C trots utomhustemperaturer ner till -5°C utan tillförsel av el. Varmvattnet används framför allt till golvvärme samt att tvätta hästar. Gårdarna kan klara sig med varmvatten utan eltillförsel mellan april och oktober beroende på väder (Hippolis, u. å.).

Det finns inga tillgängliga siffror på energipotentialen av denna metod men kan räknas ut genom antagande av energiåtgång på uppvärmning av vatten i ett stall. Då några stall i Finland, som tidigare nämnt, värmt sitt vatten utan el-tillförsel från april-oktober används detta som tidsram för beräkning av åtgång på varmvatten i ett stall. Åtgång av varmvatten i ett stall är främst vid tvätt av häst och det kan antas gå åt ca 30 liter/häst

(30 liter = 30 kg) vid dusch enligt egna erfarenheter samt att varje häst tvättas en gång/vecka. Temperaturen på varmvattnet som används när hästar tvättas kan antas vara 30°C och temperaturhöjningen kan därför antas vara ca 20°C (10°C-30°C) Värmekapaciteten för vatten är 4,18 kJ/(kg·K), vilket betyder att det krävs ca 4,2 kJ energi för att värma 1 kg vatten 1°C. Energiåtgången per dusch kan därför beräknas:

$$4,2 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 30 \text{ kg} \cdot 20^\circ\text{C} = 2520 \text{ kJ}$$

$$2520 \text{ kJ} = 0,7 \text{ kWh/dusch}$$

Det betyder att ett stall med 40 hästar som tvättas en gång/vecka i 28 veckor (april till oktober) har en energiåtgång vid uppvärmning av vatten på

$$0,7 \text{ kWh} \cdot 40 \text{ hästar} \cdot 28 \text{ veckor} = 1456 \text{ kWh.}$$

Om vattnet kan värmas till 30°C av endast värmeenergi från gödselstacken utan el-tillförsel, kan stallet alltså spara 1456 kWh/år. Om 1 kWh kostar ca 4,5 kr (Statistiska centralbyrån, a) kan de alltså spara 6552 kr/år (exklusive kostnader för installation av systemet).

Det kan även vara intressant att beräkna vad alla hästägare i Sverige kunde sparat totalt i energi för alla landets hästar om alla utnyttjade värmeenergin i gödselstacken för vattenuppvärmning.

$$0,7 \text{ kWh} \cdot 360\,000 \text{ hästar (Jordbruksverket, 2013a)} \cdot 28 \text{ veckor/år} = 7\,056\,000 \text{ kWh/år} = 7,056 \text{ MWh/år}$$

Den beräknade potentiella energiproduktionen för hästgödsel i Sverige från denna energiutvinningsmetod kan ses i figur 3 samt bilaga 3. I jämförelse med de andra två andra metoderna som denna studie undersökt ger värmeutvinning inga stora mängder energi. Dock kan det vara betydande för den enskilda hästägaren då potentialen att spara mycket pengar i ett större stall är stor.

Biogasproduktion

Hästgödsel, som kategoriseras som fastgödsel, har visat sig vara svårt att röta då de flesta befintliga biogasanläggningar i Sverige är byggda med våtrötningsteknik för flytgödsel. Gödslet bör därmed samrötas, d.v.s. blandas med annat substrat, för att ge bäst utbyte av gas samt förbehandlas för att kunna processas i biogasanläggningen. Det skriver Olsson et al. (2014) i en rapport. De menar att samrötning av häst- och nötgödsel ger en flytande gödsel som är lättare att dosera och sprida i växande gröda (Olsson et al., 2014). Rötningssmassorna som blir kvar efter processen i biogasanläggningen innehåller viktiga

näringsämnen och är viktig att återföra till jordbruket för att sluta kretsloppet i samhället (Olsson et al., 2014).

Det finns ett fåtal studier som vetenskapligt testat den potentiella produktionen av metan ur hästgödsel. Mönch-Tegeeder et al. (2014) har utfört tester på hur energieffektivt hästgödsel med halm är för metanproduktion vid en biogasanläggning i Tyskland. De menar att produktionen av energigrödor som ska användas till biogasproduktion konkurrerar med utrymme för odling av livsmedel och därför är det av intresse att studera alternativa källor för biogasutvinning. Studien visar att hästgödsel är fullt möjlig att använda till biogasproduktion med en tillräcklig förbehandling så att graden av nedbrytning blir acceptabel. De menar därmed att en mekanisk förbehandling av gödseln är nyckeln till en ökad röttningsprocess av svärnedbrytbara material så som lignocellulosa och jordbruksrester (Mönch-Tegeeder et al., 2014).

Att utvinna biogas i mindre skala på gårdsnivå har ökat i intresse på senare år vilket kan förklaras genom att det nu finns möjligheter att söka bidrag till investeringen, fler vill kunna vara självförsörjande på el, man vill använda biogas till fordonsbränsle samt att samhället har blivit mer miljömedvetna (Nilsson, 2000, Hippolis, u. å.). I Sverige finns det dock begränsad kunskap om hur biogasanläggningar kan byggas i mindre skala och ändå bli lönsamma (Nilsson, 2000). Nilsson (2000) ville trots detta studera möjligheterna för Plönninge naturbruksgymnasium att bygga en gårdsbaserad biogasanläggning. Han startade sin studie genom att studera konceptet på gårdsbaserade biogasanläggningar i Tyskland, vilka redan har ett utformat fungerande system och har flera hundratals anläggningar i drift. Han kom dock fram till att det inte skulle löna sig ekonomiskt att uppföra en biogasanläggning på gården då hästgödsel kräver dyra förbehandlingar för att kunna rötas (Nilsson, 2000). Samrötning på gårdsnivå av extern gödsel från mer än två gårdar kräver hygienisering som innebär att materialet ska hettas upp till minst 70°C och därefter hålla denna temperatur i minst en timme oavbrutet. Kostnaden för dessa förbehandlingar är i dagsläget större än vad man kan få ut i energi och det är därför inte lönsamt (Nilsson, 2000).

Olsson et al. (2014) visar i sin studie att biogaspotentialen i hästgödsel är starkt beroende på vilket strömedel som använts. Halm visade sig ha dubbel så bra metanbildningspotential jämfört med spån och torv. Vidare så fann Olsson et al. även att halmpellets eller hackad halm är det bästa strömedlet om gödseln ska användas till biogasproduktion. Gödseln blir då mer lätthanterlig, går att röta i större mängder samt genererar mer gas (Olsson et al., 2014, Kusch et al., 2008). Kusch et al. (2008) resonerar att metanproduktionen ökar efter att substratet blivit mer sönderdelat. De menar även att luftning av gödseln som en förbehandling innan processen, ger ett lägre utbyte av biogas från gödseln och bör därför undvikas (Kusch et al. 2008). Mönch-Tegeeder et al. (2013) testade skillnad i metanpotential för hästgödsel med olika strömedel. Resultatet visar tydligt att halmpellets ger bäst utbyte av metan medan sågspån ger lägst (Mönch-Tegeeder et al. 2013). Wartell et al. (2012) har även studerat området. De gjorde fem olika försök för att testa metanproduktion av hästgödsel; hästgödsel utan strö, hästgödsel med olika andelar strö av tre olika slag (spån, spån-pellets och halm) och endast strö. Studien

visade att hästgödsel blandat med halm gav ungefär lika stor metanproduktion som hästgödsel utan strö medan hästgödsel blandat med spån eller spånpellets gav hälften så stor produktion. Gödsel med halm gav en energiproduktion på ca 107,5–234,44 kWh/ton gödsel medan gödsel med spån gav 46,94–108,61 kWh/ton gödsel. Värdet berodde på hur länge substratet fick rötas i processen (Wartell et al., 2012). Den beräknade potentiella energiproduktionen för hästgödsel i Sverige från denna energiutvinningsmetod kan ses i figur 3 samt bilaga 3. Resultaten från dessa studier utgör en stark indikation på att halm, helst i pelletterad eller finfördelad form, är det bästa strömedlet till hästar för att utvinna metan ur gödslet.

Under studiens gång har kontakt skett med ett antal biogasanläggningar i Sverige för att undersöka deras inställning till att ta emot hästgödsel till metanproduktion. Alla verksamheter svarade att de inte tar emot hästgödsel för rötning. NSR i Helsingborg samt C4 Energi AB svarade båda att de inte kan hantera fasta material som inte är pumpbara i sina system. De menar att hästgödsel innehåller för mycket strömaterial som exempelvis spån eller halm vilka är svårnedbrytbara och tar för lång tid vid röttningsprocessen. Processen med att förbehandla gödslet kostar mer än de vad de kan få ut gas för, men de menar båda att det skulle vara fullt möjligt att de kommer kunna ta emot det i framtiden om de utvecklar systemet och om mängden strö minskar i gödslet. De tror båda att halmpellets vore det bästa strömedlet om gödseln skulle användas till biogasproduktion (Bengtsson, pers. kom., Sigurdsson, pers. kom.).

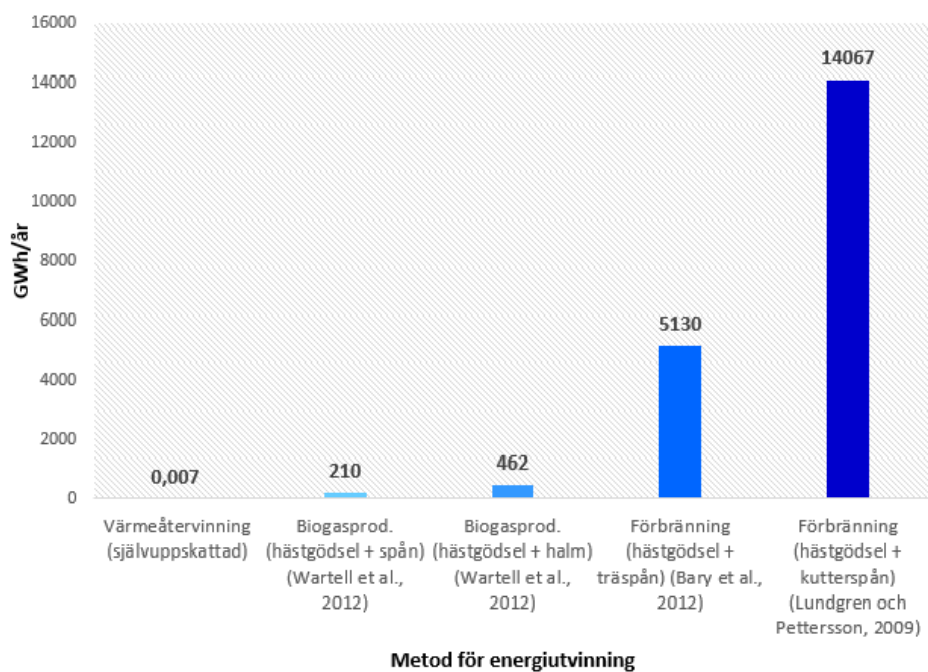
More Biogas Småland AB menar istället att anledningen till att de inte tar emot hästgödsel är för att de är rädda för att få in föroreningar så som balsnöre, hästskor och andra olämpliga föremål som kan skada pumpar och kvarnar. Han anser dock att hästgödsel skulle vara lämpligt för biogasproduktion om det kunde garanteras vara fritt från oorganiskt material. Han menar också att det är fullt möjligt att det kan fasas in i produktionen i framtiden (Hallén, pers. kom.).

Förbränning

En tredje möjlighet för energiutvinning ur hästgödsel som denna studie undersökt är förbränning. Vid förbränning förloras kvävet men fosfor och kalium finns kvar i askan och skulle kunna lämpa sig som gödningsmedel för till exempel skogsbruk (Bary et al., 2012). Det har Lundgren och Pettersson (2009) visat i sin studie där de testade och utvärderade hur väl anpassat hästgödsel är till förbränning. De studerade och analyserade utsläppet samt kemiska sammansättningen vid förbränningen vilket sedan jämfördes med förbränning av träflis. Askans karaktär och sammansättning studerades sedan och de utvärderade även möjligheterna som gödningsmedel genom att analysera innehåll av tungmetaller och näringsämnen. Försöket i studien gjordes på hästgödsel med spån som strömedel med olika fuktighetsgrader. Studien visade att utsläppet av NO_x, svavel (S) och klor (Cl) är högre vid förbränning av hästgödsel än av träflis. De kunde dock konstatera

att ju torrare gödseln var desto mindre utsläpp av NO_x gav det. Resultaten för deras försök visade att hästgödsel kan ge ett värmevärde på 5,04–5,38 kWh/kg gödsel vid rätt torrhetsgrad. Detta jämfördes med förbränning av träflis som gav ett värmevärde på 5,34–5,71 kWh/kg (Lundgren och Pettersson, 2009). Om all hästgödsel i landet utnyttjades skulle det, enligt dessa värden, kunna motsvara 9,7–10,4 % av elanvändningen i Sverige per år. Lundgren och Pettersson (2009) visade även att askan har stora möjligheter till att kunna användas till gödningsmedel i skogar. Analysen av askan visade visserligen högre halter av nickel (Ni) och krom (Cr) jämfört med ursprungliga bränslet men förklaras av författarna som en förorening från ugnen. Halten kalcium (Ca) i askan var dock lägre än rekommenderad koncentration för spridning som gödningsmedel i skogar och borde tas hänsyn till (Lundgren och Pettersson, 2009).

Bary et al. (2012) har även studerat hästgödsels förbränningsegenskaper och efter tester gav torkad hästgödsel en nettovinst i energi på 1,9 kWh/kg gödsel efter det att energibehovet för torkningen räknats bort. De kunde även visa att innan torkning gav gödslet ett effektivt värmevärde på 1,7 kWh/kg och efter torkning ett värmevärde på 4,0 kWh/kg. Nettovinsten i energi på 1,9 kWh/kg gödsel skulle kunna motsvara ca 3,7 % av elanvändningen i Sverige vid förbränning av all hästgödsel. Bary et al. (2012) visar därmed att för-torkning av hästgödsel medför ökat värmevärde men även ökad energiåtgång under processen. Hästgödsel kan ha en vattenhalt på upp till 60 % medan vanligt eldningsmaterial som flis ofta har en vattenhalt runt 40 % vilket förbränningsugnar ofta är anpassade till. Det är därför lönsamt att förbränna gödseln torkad om förbränningsugnen är anpassad för torrare bränslen (Bary et al., 2012). Den beräknade potentiella energiproduktionen för hästgödsel i Sverige från denna energiutvinningsmetod kan ses i figur 3 samt bilaga 3.



Figur 3. Energiproduktion

Diagrammet visar den potentiella genomsnittliga energiproduktionen för totala mängden hästgödsel/år i Sverige för de olika metoderna för energiutvinning ur hästgödsel.

Miljömål

Sveriges riksdag har beslutat om 16 miljömål som beskriver hur miljön i Sverige ska vara. 8 myndigheter har ansvaret tillsammans med länsstyrelserna att följa upp och utvärdera arbetet. Målen styr Sveriges miljöarbete och visar vägen till hur de stora miljöproblemen ska lösas inom den uppsatta tidsramen till 2020. Inom alla mål granskas tillståndet i miljön. Även samhällets insatser analyseras för att se vilken effekt olika åtgärder kan få för miljön. Detta ligger sedan till grund för om målet kan nås (Miljömål, a). Miljömål som är kopplat till energianvändning och användning av förnybar energi är först och främst "Begränsad klimatpåverkan" men även "God bebyggd miljö", "Ingen övergödning" samt bara "Naturlig försurning".

Målet "Begränsad klimatpåverkan" kan kopplas till gödselhantering och spridning då det finns ett etappmål inom miljömålet som bland annat innebär att utsläpp av växthusgaser bör minska med 40 % till 2020 jämfört med 1990 års nivå. Då gödselhantering är en av de bidragande faktorerna till växthusgaser är målen inom miljömålet något som borde tillämpas inom lantbruket (Miljömål, b).

Målet "God bebyggd miljö" tar bland annat upp att användningen av energi och andra naturresurser ska ske på ett effektivt, resurssparande och miljöanpassat sätt och att främst förnybar energi ska användas. Det tar även upp att avfall ska tas till vara på i så hög grad som möjligt så att risker på miljö och hälsa minskas (Miljömål, c).

Målet "Bara naturlig försurning" tar upp hur försurningen påverkar växter och djur samt bidrar till att material vittrar sönder. Ämnen som bidrar till försurning är

DEFINITIONER ENL. RIKSDAGEN

Begränsad miljöpåverkan:

"Halten av växthusgaser i atmosfären ska i enlighet med FN:s ramkonvention för klimatförändringar stabiliseras på en nivå som innebär att människans påverkan på klimatsystemet inte blir farlig."

God bebyggd miljö:

"Städer, tätorter och annan bebyggd miljö ska utgöra en god och hälsosam livsmiljö samt medverka till en god regional och global miljö. Natur- och kulturvärden ska tas till vara och utvecklas. Byggnader och anläggningar ska lokaliseras och utformas på ett miljöanpassat sätt och så att en långsiktigt god hushållning med mark, vatten och andra resurser främjas."

Bara naturlig försurning:

"De försurande effekterna av nedfall och markanvändning ska underskrida gränsen för vad mark och vatten tål. Nedfallet av försurande ämnen ska inte heller öka korrosionshastigheten i markförlagda tekniska material, vattenledningssystem, arkeologiska föremål och hållristningar."

Ingen övergödning:

"Halterna av gödande ämnen i mark och vatten ska inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningar för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten."

(Miljömål, a)

svaveldioxider, kvävedioxider och ammoniak, vilka bland annat härrör från jordbruket (Miljömål, d).

Målet "Ingen övergödning" är endast kopplat till själva jordbruket och spridning av gödslet och inte så mycket till energi. Målet nämner att övergödningen orsakas av för höga halter kväve och fosfor i mark eller vatten som kan ske genom läckage från bland annat jordbruk. Detta skulle kunna hindras med till exempel fånggrödor, skydds-zoner samt bättre planering av bearbetning samt gödning av jorden för att minska näringsläckaget (Miljömål, e).

Lagstiftning

Grunden i den svenska miljölagstiftningen är Miljöbalken (SFS 1998:808) som syftar till att främja hållbar utveckling. Miljöbalkens regler, härnäst refererad som MB, anger ramen och kompletteras av förordningar utgivna av regeringen och föreskrifter utgivna av myndigheter som getts stöd av miljöbalken.

I hänsynsreglerna i MB 2 kap. 3§ benämns försiktighetsprincipen. Den innebär att alla som bedriver en verksamhet, i detta fall hästhållaren, skall vidta försiktighetsåtgärder och arbeta förebyggande samt utföra de skyddsåtgärder som krävs för att miljö eller människor i omgivningen inte påverkas negativt av verksamheten. I MB 29 kap. 19§ benämns att egenkontroll skall utföras av den som ansvarar för eller driver verksamhet som kan påverka miljön och människors hälsa.

Den första januari 2001 infördes en avfallsskatt på 250 kr/ton avfall. Skatten har successivt ökat och den första januari 2015 höjdes den till 500 kr/ton. Syftet med skatten är att minska mängden avfall, öka återanvändning och återvinning samt att utnyttja avfallet med andra metoder (Skatteverket, u.å.). Sedan 2005 är det dock förbjudet att deponera organiskt avfall enligt förordning (2001:512) 10§ om deponering av avfall och det är endast de avfall som inte kan eller bör behandlas som får deponeras (Avfall Sverige, 2012). I Avfallsförordningen (2001:1063) 4§ definieras organiskt avfall som

"Sådant avfall som innehåller organiskt kol, exempelvis biologiskt avfall och plastavfall"

Vad gäller lagring av gödsel gäller bestämmelserna i förordning (1998:915) om miljöhänsyn i jordbruket. För känsliga områden, såsom i Skåne, Halland och Blekinge samt kustnära områden, gäller att lagringsutrymmet är så pass stort att man kan lagra den gödsel som produceras under 6 månader för stall med 3-10 hästar och 8 månader i stall med fler än 10 hästar. Lagringsplatsen ska även vara utformat så att det inte kan ske läckage eller avrinning till omgivningen.

Tiden för spridning av gödsel är begränsad enligt jordbruksverkets föreskrifter (SJVFS 2010:55) för att förhindra att näringsläckage vid tjäle i marken. Enligt 25§ är det är förbjudet att sprida gödselmedel inom känsliga områden 1 november – 28 februari.

Diskussion

Hästgödsel är ett stort problem för många hästägare idag både vad gäller lagring och hantering. Det handlar ofta om stora kvantiteter som skapar avfallsproblem och därmed också miljöproblem. Hästnäringen har inte insikt i energipotentialen de har liggande i högen bakom stallet och istället för att se det som ett problem borde det ses som en resurs. En resurs för utvinning av förnybar energi. Sveriges mål för energianvändning är att fasa ut användandet av fossilt bränsle helt till år 2050. Sverige har redan, 5 år i förväg, nått målet för 2020 där 50 % av energianvändningen skulle komma från förnybar energi. Forskning och utveckling av metoder för energiutvinning av förnybar energi måste dock fortsätta i samma takt för att nå ett samhälle helt fritt från fossilt bränsle 2050. Det borde därför vara en självklarhet att ta vara på alla möjliga resurser för energiutvinning.

Att använda hästgödsel för energiutvinning är inget välstuderat område idag. Att hästgödsel är växtnärings- och energirikt vet man redan men det är utvinningstekniken för en lönsam, hållbar samt miljövänlig produktion som kunskapen brister. Forskningen och utvecklingen går dock framåt och man börjar få upp ögonen för hur hästgödsel kan vara en framtida energiresurs. En resurs som, bara för några år sedan, var helt bortglömd.

Värmeåtervinning skulle kunna vara ett första steg i processen för energiutvinning ur hästgödsel då det inte begränsar för vidare användning och energiutvinning. Det är ett bra sätt att använda gödseln när den bara ligger och lagras i väntan på att bli omhändertagen på ett eller annat sätt. När gödseln lagras på gödselstacken komposteras den. Under komposteringen kan temperaturen gå upp till 70°C i högen tack vare mikroorganismernas nedbrytningsprocess. Att inte ta vara på och utnyttja denna "gratis" värmeenergi som alstras kan anses som slöseri. I de få stall där de testat att installera vattenledningssystem under gödselstacken har resultaten varit givande. De kan få in upp till 30-40°C varmt vatten till stallet 7 månader/år, uppvärmt av enbart energin från gödseln och kan spara fler tusen kronor på elanvändning. Systemet har stora utvecklingsmöjligheter då det bara är testat av "hemmabyggare" än så länge men det är ett stort steg rätt riktning för energieffektivisering i stallar.

Kompostering av gödsel innebär även andra fördelar. Det minskar volymen men ökar volymvikten vilket innebär att koncentrationen av näringsämnen i gödseln ökar. Komposteringen bidrar även till att gödseln blir mer homogen och att näringsämnena frigörs. Det gör det både bättre och lättare för lantbrukare att sprida på åkrar. Nackdelarna är dock att ammoniak, kvävgas, lustgas och andra kväveföreningar avgår till luften och bidrar senare till försurat regn och övergödning. Eftersom komposterat hästgödsel ger ett

utmärkt jordförbättringsmedel så bör restprodukten vara möjlig att sälja vilket också kan ge en extra inkomst till hästägaren.

Energiutvinning i form av biogasproduktion är något som växer i samhället. Idag är spannmål den största resursen för biogasutvinning men utvecklingen sker mot att använda mer avfall och biprodukter från jordbruket. Vetenskapliga studier har bevisat att metanpotentialen i hästgödsel är god vid rätta förutsättningar men svenska biogasanläggningar är fortfarande negativt inställda till att ta emot det då det inte går att processa i deras anläggningar. Systemen vid de svenska biogasanläggningarna måste därför utvecklas för att kunna vara öppna för alla resurser och ett samarbete mellan länder borde upprättas. Tekniken för att röta hästgödsel är samma som för andra substrat, men förbehandlingen som skiljer sig åt. I Tyskland finns många väl fungerande biogasanläggningar som är antingen helt specialiserade på rötning av hästgödsel eller som samrötar hästgödsel med nötflytgödsel. Att ta del av deras erfarenheter samt studera deras system och röttningsprocesser skulle kunna gynna och utveckla de svenska biogasanläggningarna. Att Sveriges regering har tagit fram Landsbygdsprogrammet 2014-2020 som består av stöd och ersättning för att utveckla landsbygden, tyder på att de stödjer utvecklingen samt hjälper till att motivera lantbrukare till fortsatt miljöarbete.

Jordbruket bidrar endast med 2 % till bioenergiproduktionen idag och det tyder på att det finns stora möjligheter för utveckling och förbättring. Användandet av rest- och biprodukter från jordbruket, som till exempel gödsel, till biogasproduktion ger många miljöfördelar. Det minskar problemet med organiskt avfall, har stor potential att minska utsläpp av växthusgaser och metan, både vad gäller vid produktion och som biodrivmedel men det sluter även kretsloppet för växtnäringen i samhället. Det gynnar också den hållbara utvecklingen på landsbygden, kan ge hästägare minskade utgifter samt vara en möjlig inkomstkälla för jordbrukare som har gårdsbaserade biogasanläggningar. Att använda restprodukter till biogasproduktion har även fördelen med att det i allmänhet inte konkurrerar med livsmedelsproduktion som energigrödor kan göra. Rötning av hästgödsel har visat sig svårt då det ofta är mycket strömedel inblandat som tar lång tid att bryta ner. Studier har visat att hackad halm eller halmpellets vore det bästa alternativet som strömedel om gödseln ska gå till biogasproduktion. Halm kan dessutom ses som en restprodukt från livsmedelsproduktionen och är ur miljösynpunkt bättre att använda som strömedel än till exempel torv som är en begränsad resurs. Det ger dessutom bäst utbyte av metan, är mer lätthanterligt och behöver inte förbehandlas om det ska samrötas med flytgödsel. Hackad halm har även visat sig ha bättre uppsugningsförmåga än långhalm och ger en mer kompakt och lättspridd gödsel till skillnad från långhalm som har en ojämn struktur (Jordbruksverket, 2006). Det gör att det tar mindre plats på gödselstacken vilket också minskar utgifter och miljöpåverkan för borttransport av gödseln.

Förbränning av hästgödsel har även visat sig ge goda resultat för energiutvinning. Det finns idag förbränningsugnar i Sverige speciellt framtagna för att kunna bränna fuktiga bränslen med upp till 50 % i fukthalt. Om fukthalten i bränslet överstiger 50 % kan ugnen mata in torr spånpellets för att reglera förbränningen. Om sedan gödslet av någon anledning skulle ta slut kan systemet i stället övergå till att elda med enbart

spånpellets. Värmepannan finns bara anpassad för hästgödsel med spån som strömedel men en anpassning till halm håller på att utvecklas också (Swebo Energy, u. å.).

Vetenskapliga studier visar att det är möjligt att förbränna den fuktiga gödseln och miljöpåverkan är densamma som vid förbränning av träflis. En viss för-torkning av gödslet har visat sig öka värmevärdet samt minska utsläppet av NO_x och är även avgörande för att kunna använda bränslet i vissa förbränningsugnar. Som beräknat i denna studie så skulle förbränning av all hästgödsel i Sverige motsvara upp till 10 % av elanvändningen i landet (värmeenergi ej inkluderat). Detta är dock för torkad hästgödsel så nettovinsten vid förbränningen är lägre än så då energin som krävs vid torkningen inte är inräknad. Men även om hästgödseln kan anses som en liten mängd bland alla energiresurser i samhället kan det ändå ge en betydande del bioenergi. Det är dock inte praktiskt möjligt att förbränna all gödsel i Sverige men resultatet är ändå intressant för att förstå vilken energipotential det finns i hästgödsel. Energin från förbränningen skulle kunna värma allt från byggnader till varmvatten och golv och man skulle kunna spara tusentals kronor på elförbrukning genom att ta vara på resursen. Man blir även av med hanteringsproblemet och slipper stora kostnader som miljöpåfrestande borttransporter av gödseln.

Det är viktigt att växtnäringen och energin i hästgödseln ska kunna utnyttjas på bästa möjliga sätt så att miljön inte påverkas negativt av hästhållningen. Den bästa livscykeln för hästgödsel, sett till energiutvinning och miljöanpassning, vore enligt denna studie att börja med att ta vara på energin som alstras när gödseln lagras på gödselstacken genom värmeåtervinning. Därefter ska den, sett till energiproduktion, förbrännas. Däremot har förbränning större miljöpåverkan med ökade emissioner av växthusgaser och försurande NO_x föreningar. Så sett ur miljösynpunkt kan det vara mer lämpligt att använda hästgödsel till biogasproduktion. I båda fallen kan askan och rötningsmassorna användas som gödningsmedel och växtnäringsskretslöppet sluts därmed. Spridningen av gödningsmedlet kan ses som ett sista steg i livscykeln och genom att anpassa vilken tid på året gödningen sker samt använda bästa lämpliga teknik och mängd, kan förluster genom näringsläckage även minskas. Denna livscykel för gödseln skulle kunna bidra till minskad risk för utsläpp och näringsläckage undviks samt att så mycket energi som möjligt skulle kunna utvinnas ur gödseln.

När vi använder bioenergi istället för fossilt bränsle minskar vår påverkan på klimatet. Bioenergi kommer sannolikt vara en viktig del i energianvändningen i Sverige i framtiden. Produktion av bioenergi kan ske med resurser och metoder som är bättre eller sämre för miljön. Det är viktigt att kolla på hela kedjan från produktion och omvandling till leverans av energin. Effekter på miljö och klimat beror på produktionsförhållanden som transporter, förluster, läckage och insatsenergi vid omvandlingen. För en hållbar produktion av bioenergi krävs det att vi använder resurserna både ansvarsfullt och effektivt och metoderna ska ta hänsyn till både sociala, ekonomiska och miljöaspekter. Vi borde därför ta vara på våra lokala energiresurser och bidra till landsbygdsutveckling.

Slutsats

Utifrån resultaten i denna studie kan man dra slutsatsen att det behövs satsas mer på biogasanläggningar i hästtäta områden då det skulle kunna täcka behovet av förnybar energi. Biogas, som inte ger något nettobidrag till växthuseffekten, räknas som ett av de mest miljövänliga bränslena och möjligheterna för god energiproduktion är stor vid rätta förutsättningar. Det kommer minska transporter och hanteringsproblemen samt säkra en lokal energiförsörjning. Det kommer alltså förvandla ett avfallsproblem till en resurs och hjälpa till att sluta växtnäringsskretslöppet i samhället. Större stallar som ridskolor och trav- och galoppstall borde därför utveckla småskaliga biogasanläggningar där hästgödsel kan samrötas med flytgödsel alternativt utveckla förbränningsanläggningar för att ta vara på energiresursen som produceras i stallarna. De borde även överväga att utnyttja värmen från gödselstacken då det finns potential att värma allt behov av varmvatten. Det finns även potential att utveckla en affärsidé om att sälja restprodukterna från biogas- eller förbränningsanläggningen som jordförbättringsmedel till skogs- och lantbruk samt för villaägare.

Att utnyttja hästgödsel som energiresurs är inget som kommer förändra Sveriges energiförbrukning men det kan vara en bit på vägen. För att nå målet med nollvision av utsläpp av växthusgaser till 2050 behövs alla tänkbara resurser tas tillvara på. Just nu kastas en möjlig energiresurs som kostar mycket i borttransport och skapar avfallsproblem. Nya innovativa lösningar behövs för att nå målet att fasa ut fossilt bränsle, och bioenergi får anses som ett av de mest miljövänliga alternativen då det inte bidrar till ökat växthusgasutsläpp. Att ta vara på energin i jordbrukets rest- och biprodukter borde utvecklas och vara en självklarhet istället för att slänga dem. Utvecklingen till att använda lokalt producerade energiresurser leder till minskade transporter och energiförluster. Det främjar även samhällsutvecklingen, ger en tryggare lokal energiförsörjning samt skapar lokala arbetstillfällen vilket är ett steg mot ett hållbart samhälle där gårdagens restprodukter är dagens bränsle.

Tack

Ett särskilt tack riktas till Errki Palmu, biologiska institutionen, för handledning, vägledning och revidering under denna studie. Tack även till NSR Helsingborg, More Biogas Småland AB samt C4 Energy AB för ni tog er tid till att svara på intervjufrågor.

Referenser

- Avfall Sverige (2012). *Avfall Sveriges deponihandbok – Reviderad handbok för deponering som en del av modern avfallshantering*. Avfall Sverige Utveckling D2012:02 176 s.
- Bary A., Karlsson E., Norberg I., Tersmeden M., Yngvesson J (2012). *Förbränning av förtorkad hästgödsel på gårdsnivå*. JTI-rapport Lantbruk & Industri Nr. 411. 47 s.
- Bergström Sandy (2009). *Skitvarmt i travstallet*. Hela Hälsingland 21 oktober. Tillgänglig: [<http://www.helahalsingland.se/bygga-o-bo/skitvarmt-i-travstallet>]
- Europeiska unionen (2013). *Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/28/EG*. Europeiska unionens tidning L 140:16-62
- Hippolis (u. å.) *Värmeåtervinning från hästgödsel*. Tillgänglig: [http://www.hippolis.fi/se_innohorse/se_manure/se_good_practices/se_capturingheat/] (Hämtad 2015-04-15)
- Jordbruksverket, a (senast uppdaterad 2014-08-12). *Vad är förnybar energi?* Tillgänglig: [<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/begransadklimatpaverkan/fornybarenergi/vadarfornybarenergi.4.2a19d05112133800c8b800089.html>] (Hämtad 2015-04-15)
- Jordbruksverket, b (senast uppdaterad 2015-02-10) *Gör företag av ditt hästintresse*. Tillgänglig: [<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/landsbygdsutveckling/branscherochforetagande/livskraftigthastforetagande/gorforetagavditthastintresse.4.4eea2b631f3b931ba48000201.html>] (Hämtad 2015-04-15)
- Jordbruksverket (2011). *Hästar och anläggning med häst 2010*. Sveriges officiella statistik – Statistiska meddelande JO 24 SM 1101. 17 s.
- Jordbruksverket (2013a). *Hästgödsel – en naturlig resurs*. Jordbruksinformation 5. 30 s.
- Jordbruksverket (2013b). *Gödsel och Miljö 2014*. Vägledningsmaterial version 4. 129 s.
- Kusch, S., H. Oechsner, and T. Jungbluth. (2008). *Biogas production with horse dung in solid-phase digestion systems*. *Bioresource Technology* 99. pp. 1280-1292.
- Lundgren, J., och E. Pettersson. (2009). *Combustion of horse manure for heat production*. *Bioresource Technology* 100. pp. 3121-3126.
- Miljömål, a (senast uppdaterad 2013-07-01) *Miljömålen*. Tillgänglig: [<http://miljomal.se/sv/Miljomalen/>] (Hämtad 2015-05-12)
- Miljömål, b (senast uppdaterad 2015-05-04) *Begränsad klimatpåverkan*. Tillgänglig: [<http://miljomal.se/sv/Miljomalen/1-Begransad-klimatpaverkan/>] (Hämtad 2015-05-12)
- Miljömål, c (senast uppdaterad 2015-05-04) *God bebyggd miljö*. Tillgänglig: [<http://miljomal.se/sv/Miljomalen/15-God-bebyggd-miljo/>] (Hämtad 2015-05-12)
- Miljömål, d (senast uppdaterad 2015-05-04) *Bara naturlig försurning*. Tillgänglig: [<http://miljomal.se/sv/Miljomalen/3-Bara-naturlig-forsurning/>] (Hämtad 2015-05-12)
- Miljömål, e (senast uppdaterad 2015-05-04) *Ingen övergödning*. Tillgänglig: [<http://miljomal.se/sv/Miljomalen/7-Ingen-overgodning/>] (Hämtad 2015-05-12)

- Mönch-Tegeder, M., A. Lemmer, H. Oechsner, and T. Jungbluth. (2013). *Investigation of the methane potential of horse manure*. Agricultural Engineering International: CIGR Journal 15. pp. 161-172.
- Mönch-Tegeder, M., A. Lemmer, and H. Oechsner. (2014). *Enhancement of methane production with horse manure supplement and pretreatment in a full-scale biogas process*. Energy 73. pp. 523-530.
- Nilsson S (2000). *Gårdsbaserad biogas på Plönninge naturbruksgymnasium*. JTI-rapport KRETSLOPP & AVFALL Nr 21. 53 s.
- Olsson H., Andersson J., Edström E., Rogstrand G., Persson P.O., Andersson L., Bobeck S., Assarsson A., Benjaminsson A., Jansson A., Alexandersson L., Thorell K (2014). *Samrötning av hästgödsel med nötflytgödsel*. JTI-rapport KRETSLOPP & AVFALL Nr. 51 57 s.
- Regeringskansliet (senast uppdaterad 2015-01-02) *Mål och visioner*. Tillgänglig: [<http://www.regeringen.se/sb/d/2448/a/252160>] (Hämtad 2015-04-15)
- Regeringskansliet (2009). *Energi – En sammanhållen klimat- och energipolitik*. Regeringens proposition 2008/09:163 218 s.
- Regeringskansliet (2015). *Sweden – Rural Development programme (National)*. 688 s.
- Skatteverket (u. å.) *Skatt på avfall*. Tillgänglig: [<https://www.skatteverket.se/foretagorganisationer/skatter/punktskatter/avfallsskatt.4.18elb10334ebe8bc80002886.html>] (Hämtad 2015-05-06)
- Statistiska centralbyrån, a (senast uppdaterad 2013-02-20) *Elpriser för olika typkunder och avtal, tidsserie*. Tillgänglig: [<http://www.scb.se/sv/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Energi/Prisutvecklingen-inom-energiomradet/Priser-pa-elenergi-och-pa-overforing-av-el-nattariffer/Aktuell-Pong/6429/Tabeller-over-arsvarden/Elpriser-for-olika-typkunder-och-avtal-tidsserie/>] (Hämtad 2015-05-11)
- Statistiska centralbyrån, b (senast uppdaterad 2014-11-28) *Tillförsel och användning av el 2001-2013 (GWh)*. Tillgänglig: [<http://www.scb.se/sv/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Energi/Tillforsel-och-anvandning-av-energi/Arlig-energistatistik-el-gas-och-fjarrvarme/6314/6321/24270/>] (Hämtad 2015-05-06)
- Statistiska centralbyrån, c (senast uppdaterad 2015-03-19) *Befolkningsstatistik i sammandrag 1960-2014*. Tillgänglig: [<http://www.scb.se/sv/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Befolkning/Befolkningens-sammansattning/Befolkningsstatistik/25788/25795/Helarsstatistik--Riket/26040/>] (Hämtad 2015-04-28)
- Sveriges lantbruksuniversitet (senast uppdaterad 2015-04-28). *Biogasproduktion av lignocellulosa material*. Tillgänglig: [<http://www.slu.se/sv/institutioner/mikrobiologi/forskning/biogasprocessens-mikrobiologi/projekt/biogasproduktion-fran-lignocellulosa-material/>] (Hämtad 2015-04-30)
- Swebo Bioenergy (u. å.) *Swebo Biotherm – Gårdagens restprodukter är dagens bränsle*. 12 s.
- Wartell, B. A., V. Krumins, J. Alt, K. Kang, B. J. Schwab, and D. E. Fennell. (2012). *Methane production from horse manure and stall waste with softwood bedding*. Bioresource Technology 112. pp. 42-50.

Intervjuer

Bengtsson, Per: Biogödselansvarig, NSR Produktion. 2015. Intervju den: 2015-04-23

Sigurdsson, Tore: Affärsområdeschef Biogas, C4 Energi AB. 2015. Intervju den: 2015-05-05

Hallén, Pelle: More Biogas Småland AB. 2015. Intervju den: 2015-05-05

Offentligt tryck

Miljöbalken (SFS 1998:808)

Förordning (2001:512) om deponering av avfall

Avfallsförordningen (2001:1063)

Jordbruksverkets föreskrifter (SJVFS 2010:55)

Bilaga 1

Strategi vid sökning av vetenskapliga rapporter

DATABAS	SÖKORD	ANTAL TRÄFFAR	ANTAL VALDA KÄLLOR
Web of Science	Horse manure	1427	
Web of Science	Horse manure energy	68	4
Web of Science	Horse manure heat energy	8	1
Google scholar	Biogas hästgödsel Tyskland	41	1
Google scholar	Energiutvinning hästgödsel	18	1
			Totalt 7

Bilaga 2

Intervjufrågor

Tar ni emot hästgödsel till er biogasanläggning?

Om svaret är nej:

1. Varför inte?
2. Är det något ni har funderat på att göra eller är det något som kommer hända i framtiden?
3. Anser ni hästgödsel olämpligt för rötning?

Om svaret är ja:

1. Hur tycker ni det fungerar?
2. Blandas det med annat organiskt avfall innan det går in i röttningsprocessen?
3. Kan det substituera annan röttningsmassa?
4. Fördelar respektive nackdelar jämfört med annan röttningsmassa?
5. Har ni siffror på hur energieffektivt hästgödseln är i biogasutvinning, dvs. hur många kWh/ton eller kg man kan få ut?

Bilaga 3

Metod för energiutvinning och energipotential i hästgödsel.

METOD FÖR ENERGIUTVINNING	ENERGIPOTENTIAL (kWh) PER TON HÄSTGÖDSEL	ENERGIPOTENTIAL (GWh) FÖR ALL HÄSTGÖDSEL I SVERIGE (2,7 MILJ TON)	TOTAL % AV ELANVÄNDNINGEN I SVERIGE *
Värmeåtervinning (självuppskattad)	--	0,007056	--
Metanproduktion (hästgödsel + spån) (Wartell et al., 2012)	46,94 – 108,61	126,74 – 293,25	0,09 – 0,2
Metanproduktion (hästgödsel + halm) (Wartell et al., 2012)	107,5 – 234,44	290,25 – 633,0	0,21 – 0,4
Förbränning (hästgödsel + träspån) (Bary et al., 2012)	1900	5130	3,7
Förbränning (hästgödsel + kutterspån) (Lundgren och Pettersson, 2009)	5040 - 5380	13608 - 14526	9,8 – 10,4

* Sveriges elanvändning var 139 195 GWh år 2013 (värmeenergi ej inkluderat) (Statistiska centralbyrån, b).



LUNDS
UNIVERSITET

WWW.CEC.LU.SE
WWW.LU.SE

Lunds universitet

Miljövetenskaplig utbildning
Centrum för miljö- och
klimatforskning
Ekologihuset
223 62 Lund