



EXAMENSARBETE INOM KEMITEKNIK, GRUNDNIVÅ
STOCKHOLM, 2015

Lokalisering av rötningsanläggning på Åland

Marcus Allerborg

EXAMENSARBETE

Högskoleingenjörsexamen

Kemiteknik

Titel: Lokalisering av rötningsanläggning på Åland

Engelsk titel: Location of anaerobic digestion plant on Åland Islands

Sökord: Rötning, Avfallshantering, Åland, Kompostering, Gödsel

Arbetsplats: Ålands Teknologicentrum (ÅTC) och Ålands
Milöservice (Mise)

Handledare på
arbetsplatsen: Sofie Dahlsten

Handledare på
KTH: Janne Vedin

Student: Marcus Allerborg

Datum: 2015-11-24

Examinator: Janne Vedin

Sammanfattning

Syftet med detta arbete var att undersöka om rötning är en möjlig metod att använda som avfallshantering på Åland.

Målet med detta arbete var att skapa ett underlag för hur avfallet bör samlas in och hur slutprodukten i form av biogödsel bör distribueras. Arbetet har undersökt var anläggningen bör vara placerad för att minska miljöpåverkan och underlätta transporter av substrat och slutprodukt. Arbetet har även undersökt fördelarna med att använda rötning istället för kompostering som behandlingsmetod för avfallet som uppkommer på Åland.

Mycket av Ålands avfall komposteras eller skickas vidare för förbränning. Detta ger en negativ miljöpåverkan då det är långa transportsträckor och bildandet av växthusgaser vid kompostering som släpps ut.

Placeringen av anläggningen har valts till Svinryggens deponi då platsen anses vara lämpligast i dagens läge. Genom ett studiebesök bestämdes platsen efter att undersökt faktorer som: transportsträckor för att hämta avfall och lämna biogödsel, eventuella markarbeten för att få plats med anläggningen och hur tätbebyggt det är runt omkring för att undvika luktstörningar hos grannarna.

Utifrån placeringen har ett system för insamling och distribution bestämts. Insamlingen av hushållsavfall bör gå till på följande sätt. Vid glesbebyggda områden har man stationer där avfall samlas och töms regelbundet. Vid mer tätbebyggda områden kan fastighetsnära hämtning erbjudas.

Inhämtning av gödsel sker via ett mellanlager där bönderna kan lämna gödsel i utbyte mot rötrest. Avlämning av gödsel och hämtning av biogödsel sker på förbestämda datum för att minska lagringstiden av gödsel och biogödsel. Mellanlagret bör vara placerat i närheten av de gårdar som lämnar gödsel för att minska transportsträckor.

Att använda rötning istället för kompostering ger en del fördelar. Mindre miljöpåverkan av växthusgaser då de gaser som släpps ut har en lägre global uppvärmningspotential jämfört med de gaser som släpps ut vid kompostering. En röttningsanläggning på Åland skulle släppa ut 3 101 ton koldioxidekvivalenter jämfört med kompostering som skulle släppa ut 54 503 ton koldioxidekvivalenter. Rötning ger en bättre energibalans än kompostering då stora mängder värme bildas vid kompostering som inte tas om hand. Rötning kan även ge bättre kontroll över näringsinnehållet i biogödseln, vilket minskar risken för övergödning.

Investeringsbehovet för anläggningen ligger på ca 24 miljoner SEK. Den rörliga årskostnaderna för anläggningen ligger på 2,7 miljoner SEK. varav ca 2 miljoner SEK är kostnaden för personalen om anläggningen är dimensionerad för 21 760 ton avfall per år. Detta gör att den oavvattade rötresten bör säljas för 0,09 SEK per kg. Rötresten kan även säljas för ett pris baserat på näringsinnehållet. Försäljningspriset skulle bli 0,08 SEK per kg om priset skulle baseras på näringsinnehållet. Detta pris skulle inte kunna täcka den rörliga årskostnaden. En del osäkerheter finns då näringsinnehållet bara har uppskattas och är därför svårt att säga om försäljningspriset på 0,08 SEK per kg är rimligt. Rötresten kan även säljas som avvattnad för ett försäljningspris på 2,21 SEK per kg ts för att täcka den rörliga årskostnaden.

Summary

The purpose for this project is to evaluate if anaerobic digestion is possible as a waste management method on Åland islands.

The goal with this project was to create a plan for how the waste should be collected to the anaerobic digestion plant and how the end product should be distributed to the farmers. This project have investigated where the plant should be located to reduce the impact of the environment and to make the transportation of the waste and end product easier. This project have also investigate the benefits of using anaerobic digestion instead of composting.

A lot of Ålands islands waste is composted or sent to other countries for burning. It affects the environment in a bad way because of its long transportation distance and the formation of greenhouse gases that are released in composting.

Svinryggens landfill has been chosen as the location for the plant. It was chosen by a visit to the different sites after taking factors like transportation distance for the waste and product, if there needs to do any ground work before the construction and if there are a lot of neighbors in case of an odor problem.

Based on the location a system of gathering and destitution have been decided. Collecting household waste should be collected in a similar way as today. By areas where the people living is spread out like in the county side. There will be a waste station where the people leave there waste and then later picked up and transported to the plant. The station is emptied regularly. In areas where people live closer together the waste can be collected by their homes.

Collection of manure will be happen in a storage place which is located close to the farmers. The farmers will leave the manure in exchange of the digestate. The collection will occurs on scheduled dates to reduce the storage time.

To use anaerobic digestion instead of composting will give some advantages. Less environmental impact of greenhouse gases because of the gases that are released during anaerobic digestion have a lover global warming potential then the gases that are formed during composting. A anaerobic digestion plant on Åland would release 3 101 ton carbon dioxide equivalents while a compost would release 54 503 ton carbon dioxide equivalents. Anaerobic digestion are Anaerobic digestion gives the waste management system a better energy balance then using composting because of the heat that is generated when composting. Better control of the nutrients that will be used for farming which reduces the risk of over-fertilization.

The investment for the plant is 24 million SEK. The yearly cost for the plant is 2,7 million SEK. About 2 million SEK is personal costs if the plant dimensioned for 21 760 ton waste. This makes the price 0,09 SEK for every kg, which the digestate should be sold for to cover the yearly cost. The cost can also be decided by taking the nutritional value into account. This makes the price 0,08 SEK per kg based on the nutritional value. This price would not cover the yearly cost for the plant. The nutritional value of the digestate is estimated and that makes it hard to determine if the price of 0,08 SEK per kg is reasonable. The digestate can also be sold with the water removed. This makes the price 2,21 SEK per dry matter to cover the yearly cost for the plant.

Innehåll

1. Inledning.....	1
1.1. Bakgrund	1
1.2. Syfte och mål.....	1
1.2.1. Metod	1
1.2.2. Avgränsningar.....	1
2. Dagens avfallshantering på Åland	2
2.1. Hantering.....	2
2.2. Mängd avfall.....	2
2.3. Miljöpåverkan.....	3
3. Avfallshantering vid en biogasanläggning	4
3.1. Placering av anläggning.....	5
3.2. Insamling av substrat.....	6
3.3. Distribution av gödsel.....	6
4. Allmänna fördelar med en biogasanläggning.....	7
4.1. Miljöpåverkan.....	7
4.2. Kontrollerade näringsvärden på biogödsel	7
4.3. Förbättrad energibalans för avfallshanteringen	7
5. Ekonomi.....	8
6. Diskussion.....	11
6.1. Förslag till fortsatt arbete.....	11
7. Slutsats	12
Referenser	13
Bilagor.....	14
Bilaga 1 – Skiss över biogasanläggningen.....	14
Bilaga 2 - Beräkningar av mängden koldioxid vid rötning	15
Bilaga 3 – Beräkningar av koldioxid från transporter.....	17
Bilaga 4 – Beräkningar av rötrest	18

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Idag komposteras mycket av Ålands bioavfall. Ålands miljöservice KF och Ålands teknologicentrum vill undersöka om det finns möjlighet till att istället röta avfallet, som ett mer miljövänligare och effektivare sätt att ta hand om avfallet. Tidigare arbeten på KTH har genomförts som en del av en förundersökning. Resultatet av dessa arbeten visar en relativt svag lönsamhet.

Detta arbete kommer baseras på de tidigare arbetena och detta arbete kommer vara en fortsättning av förundersökningen för att se vilka fördelarna är av att ha en biogasanläggning och röta avfallet istället för att kompostera.

1.2. Syfte och mål

Syftet med detta arbete var att undersöka om rötning är en möjlig metod att använda som avfallshantering på Åland.

Målet med detta arbete var att skapa ett underlag för hur avfallet bör samlas in och hur slutprodukten i form av biogödsel bör distribueras. Arbetet kommer undersöka var anläggningen bör vara placerad för att minska miljöpåverkan och underlätta transporter av substrat och slutprodukt. Arbetet kommer även undersöka fördelarna med att använda rötning istället för kompostering som behandlingsmetod för avfallet.

I arbetet har faktorer som miljöpåverkan och ekonomiska aspekter tagits med i beräkningarna för att kunna utvärdera hur insamlingen av avfallet och distribution av slutprodukten ska gå till.

Andra frågorna som besvarats under arbetet är: Hur mycket material måste man få in för att uppnå olika lönsamhetsnivåer? Vad blir transportkostnader jämfört med eventuella intäkter från biogas och biogödsel? Vad är priskravet på restprodukterna för att det skall täcka de rörliga kostnaderna i kedjan?

1.2.1. Metod

Information för detta arbete har hämtats genom litteraturstudier och information i form av statistik har fått av uppdragsgivarna. För att få en bättre uppfattning om lokalisering av anläggningen har ett studiebesök gjorts.

Med insamlad data har ett förslag till hantering av substraten och fördelarna med att ha en röttningsanläggning tagits fram.

1.2.2. Avgränsningar

Projektet berör kommunerna Mariefhamn, Hammarland, Jomala, Lemland, Lumparland, Sund, Saltvik Geta, Eckerö och Finström. Vilket inte är alla kommuner på Åland.

Projektet kommer inte gå in på några tekniska lösningar för en röttningsanläggning.

2. Dagens avfallshantering på Åland

Dagens avfallshantering på Åland ger upphov till en negativ miljöpåverkan. Mycket av avfallet komposteras eller skickas vidare för förbränning. Dessa metoder ger upphov till stora mängder växthusgaser. För att kunna förstå den miljöpåverkan som dagens avfallshantering har på miljön måste man förstå hur hanteringen av substratet går till och hur stor mängd det är som behandlas. Det förklaras i följande kapitel.

2.1. Hantering

Idag komposteras mycket av avfallet på Åland. Det som inte ska komposteras skickas till Sverige eller Finland för vidare behandling d.v.s. förbränning eller återvinning. [1]

Insamlingen av avfall från hushåll fungerar på olika sätt beroende på var på Åland man bor. Om man bor i ett område som är glesbebyggt så får invånarna lämna sina avfall hos sopstationer som töms regelbundet. Om man bor i ett område som är mer tätbebyggt som Mariehamn förekommer fastighetsnära hämtning av avfall. Krav på sorteringen varierar beroende på vart man bor och vilket typ av abonnemang man har. [2]

Avfallet skickas sedan till en mellanlagrings plats. På mellanlagringsplatsen sker en viss sortering av avfallet. Från mellanlagringsplatsen skickas avfallet vidare till de anläggningar som tar hand om den sortens avfall. Bioavfall som matavfall och slaktavfall skickas till kompostering, annat avfall som inte kan tas omhand på Åland skickas till Finland eller Sverige för vidare behandling. Exempel på avfall som skickas till Sverige och Finland är metall, papper och plast. Majoriteten av de farliga avfallet som uppkommer på Åland skickas till Finland för omhändertagning. I kategorin farligt avfall ingår bland annat kemikalier och biologiskt avfall från sjukhus. Ca 6 500 ton hushållsavfall skickas även till Sverige för förbränning. [1]

2.2. Mängd avfall

Den totala mängden avfall som uppkom på Åland året 2012 var 84 241 ton. Varav ca 66 053 ton behandlades på Åland. Resterande 18 188 ton skickades iväg för behandling till Sverige och Finland. [1]

Av de 66 053 ton som behandlades på Åland bestod 36 926 ton av bygg-och mineralavfall. Dessa 36 926 ton av bygg-och mineralavfall deponerades på Åland år 2012 [1]. Se tabell 1 för detaljerad mängddata över hur mycket som deponerades år 2012.

Tabell 1: Avfallsstatistik över deponering på Åland år 2012. [1]

Substrat	Mängd som deponeras år 2012 [ton]
Mineraliskt bygg-och rivningsavfall	8 536
Annat mineralavfall	28 390
Totalt	36 926

Resterande avfallet behandlades genom kompostering. Mängden som komposterades år 2012 var 29 128 ton [1]. Se tabell 2 för detaljerad avfallsstatistik över hur mycket som komposterades.

Tabell 2: Avfallsstatistik över kompostering på Åland år 2012 [1]

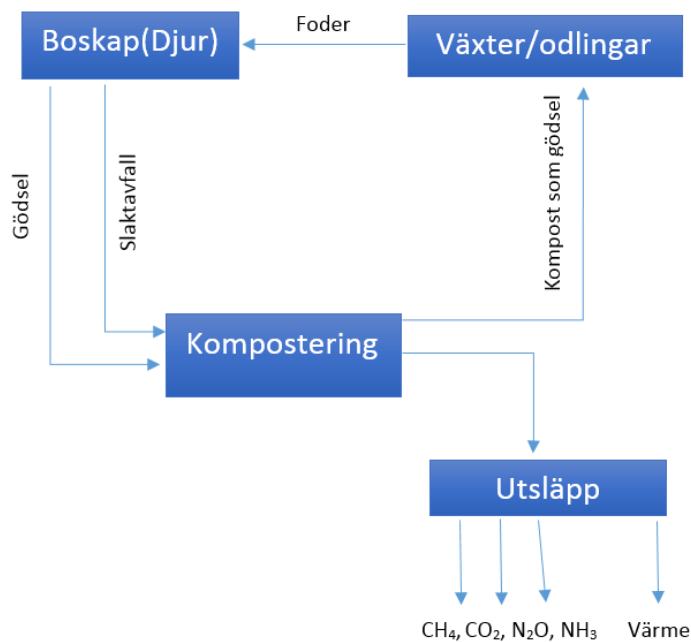
Substrat	Mängd som komposterades år 2012 [ton]
Träavfall	817
Animaliskt avfall och blandar matavfall	12 472
Vegetabiliskt avfall	1 174
Vanligt slam	7 812
Mineraliskt bygg-och rivningsavfall	6 180
Annat mineralavfall	76
Avfall från förbränning	505
Jordmassor	91
Totalt	29 128

2.3. Miljöpåverkan

Mycket av avfallet som uppkommer på Åland skickas vidare till andra ställen som Sverige och Finland för behandling [1]. Detta ger upphov till stora mängder koldioxid utsläpp från transporter då sträckorna är väldigt stora. Det hushållsavfall som skickas till Sverige skickas antingen till Vattenfall värme i Uppsala eller till Fortum brista i Märsta [2]. Transportsträckan till Vattenfall värme i Uppsala via Grisslehamn är ca 147 km räknat från svinryggens deponi, 105 km är lastbilsträcka och 42 km är med färja. Sträckan till Fortum brista i Märsta från svinryggensdeponi via Grisslehamn är ca 164 km. 122 km är lastbilsträcka och 42 km är med färja. Avstånden är framtagna med hjälp av Google Earth avståndsverktyg.

Ca 6 500 ton hushållsavfall skickas till förbränning [1]. Genom att förbränna avfall ger det upphov till växthusgaser som bidrar till växthuseffekten. Förbränning används för att kunna utnyttja den värme som bildas vid förbränningen för att kunna producera el. Dessa 6 500 ton skulle kunna behandlas direkt på Åland genom rötning. På detta sätt slipper man onödigt koldioxidutsläpp via transporter då sträckan blir mycket mindre. Om dessa 6 500 ton hushållsavfall skulle transporteras med lastbil, till vattenfall värme i Uppsala. Då skulle en lastbil med en totalvikt på 30 ton och lastvikt på 13 ton avfall förbruka ca 312 liter bränsle på en enkel resa [3]. På ett år skulle detta innebära ett koldioxid utsläpp på ca 706 ton CO₂ ekvivalenter för resor fram och tillbaka [4]. Se bilaga 3 för beräkningar.

Enligt avfallsstatistik från 2012 så är mängden organiskt avfall, där majoriteten komposterar, ca 29 000 ton [1]. En del av dessa 29 000 ton används som jordfyllning [1]. Vid kompostering låter man gaser och värme som man skulle kunna utnyttja gå till spillo genom att låta det gå ut i atmosfären på följande sätt. Se figur 1.



Figur 1: Bild över avfallshantering vid kompostering

De bioavfall som komposteras kan, efter komposteringen, användas som gödsel. Genom detta kan man utnyttja de näringsämnen som finns i avfallet. Men kompostering ger upphov till växthusgaser i form av koldioxid, metan, lustgas och en del ammoniak kan förekomma. Från det matavfall som komposteras så bildas ca 190 g Metan per kg [5]. Det innebär att om allt matavfall på 12 472 ton skulle komposteras skulle det bildas 2370 ton metan. Det innebär genom att räkna med GWP, global warming potential, motsvarar det 54 503 ton koldioxidekvivalenter [6]. GWP eller global warming potential beskrivs i kapitlet 4.1 miljöpåverkan. Komposteringsprocessen är mycket exoterm och denna energi brukar man inte ta hand om. Detta ger en väldigt dålig energibalans i avfallshantering. Det är ca 1136 kJ per kg som genereras av en kompost [7]. Värdet kan variera lite beroende sammansättningen av komposten [7].

3. Avfallshantering vid en biogasanläggning

Om rötning skulle börja användas som en metod vid Ålands avfallshantering är det några faktorer man måste bestämma hur det ska fungera. Man måste bestämma vart anläggningen ska ligga. Men man måste även bestämma hur insamling av substrat och distribution av rötresten ska fungera.

För att kunna få en bättre förståelse för hur insamlingen ska gå till måste man även förstå hur anläggningen ser ut. Anläggningen är baserad på de tidigare arbetet "Biopelletsproduktion på Åland". [8]

Anläggningen består utav tre steg, ett förbehandlingssteg, ett rötningssteg och ett avvattningssteg. Förbehandlingen består av sortering och hygienisering av substratet. [8]

Rötningssteget är där substratet bryts ner till biogas och rötrest. Den biogas som bildas används för att driva en ångpanna. Ångpannan används till att värma hygieniseringstankarna och röt-kammaren. Rötresten går vidare till avvattningen där vatten separeras från torrsubstansen. Se bilaga 1 för detaljerad skiss av anläggningen. [8]

3.1. Placering av anläggning

Första steget är att bestämma en plats för anläggningen. Här finns det några alternativ att välja mellan. De platser som har undersökts är Svinryggens deponi och Ålandskomposten. Platsen bestämdes genom ett studiebesök. Svinryggens deponi har valts då den anses vara lämpligast i dagens läge. Det finns andra alternativ på platser, men de är väldigt tveksamt då det är privatmark och det skulle innebära att ett högre investeringsbehov måste läggas ner på att köpa upp marken och det anses inte vara ekonomiskt hållbart. Alternativ för placering och gårdar som skulle kunna ta emot biogödsel syns i figur 2. Placering på mellanlagret syns också i figur 2.



Figur 2: Karta över platser för anläggningen och gårdar som kan ta emot biogödsel

Ett annat alternativ till placeringen är om man ska bygga ett nytt reningsverk kan man bygga biogasanläggningen på samma plats. Detta skulle kunna ge flera fördelar. Det skulle innebära att man skulle kunna röta slammet från reningsverket och att man har ett ställe att kunna rena det eventuella rejektvattnet som bildas vid avvattningen av rötrest som beskrivs i det tidigare arbetet [8]. Detta kommer diskuteras mer i kapitlet Diskussion - förslag till fortsatt arbete.

Valet av plats berodde på olika faktorer. Faktorerna var: transportsträckor för hämtning av avfall och distribution av biogödsel, hur tätbebyggt det är runt omkring för att undvika luktstörningar hos grannarna och eventuella markarbeten för att få plats med anläggningen.

Transportsträckorna var ungefär de samma för de två platserna då mycket av avfallskällorna är utspridda på Åland. Så plats kunde inte bestämmas på enbart faktorn av transportsträckan.

Närheten till grannarna togs också till hänsyn för att undvika klagomål av lukt. Den närmaste grannen låg ungefär 2 km bort för båda platserna. Därför kunde inte platsen bestämmas med hjälp av närheten till grannarna.

Fördelen med Svinryggens deponi är att det finns stora färdiga ytor att bygga på. Detta minskar kostnaden för eventuella markarbeten. Vid Ålandskomposten är det tvunget att göra mer markarbeten än vid svinryggens deponi. Vid Ålandskomposten är vägarna inte asfalterade, utan det är grusvägar, detta lämpar sig inte vid tyngre transporter. En del sprängningar för att skapa yta vid Ålandskomposten kan tänkas förekomma, men vid Svinryggens deponi anses det att markarbeten ej behövs genomföras. Därför har Svinryggens deponi valts till den lämpligaste platsen.

3.2. Insamling av substrat

Utifrån platsen har ett insamlingssystem bestämts. Insamlingen av hushållsavfall bör göras på liknade sätt som det görs idag. Vid gles bebyggda områden har man stationer där avfall samlas och töms regelbundet. Vid mer tätbebyggda områden kan fastighetsnära hämtningen erbjudas. Det avfall som hämtas vid fastighetsnära hämtning bör vara sorterat i minst två fraktioner, matavfall och övrigt. Detta är för att underlätta förbehandlingen av substraten vid biogasanläggningen. Det substrat som ska samlas in till biogasanläggningen ska transporteras med lämpliga lastbilar för det substratet. Pumpbart substrat som gödsel transporteras med tankbilar, hushållsavfall transporteras med sopbilar. Annat fast avfall transporteras med lastbilar. [2]

Inhämtning av gödsel sker via ett satellitlager där bönderna kan lämna gödsel i utbyte mot rötrest. Avlämning av gödsel och hämtning av biogödsel sker med jämna mellanrum på förbestämda datum för att minska lagringstiden av gödsel och biogödsel. Flytgödsel bör lagras i betongbrunn med tak för att minska risken för luktproblem och minska läckage av näringsämnen i form av gas [9]. Den gödsel som lämnas, hämtas senare av tankbilar och kör det till anläggningen. Satellitlagret bör vara placerat i närheten av de gårdar som är intresserade av att använda biogödsel. Detta är för att minska transportsträckor och därav minska utsläpp av koldioxid. De flesta bönder på Åland har tillgång till mindre flytgödselsläp eller entreprenörer för att lämna gödsel och hämta biogödsel.

3.3. Distribution av gödsel

Den rötrest som ska användas som gödsel transporteras till satellitlager som är utplacerade i närheten av de gårdar som vill ta emot biogödsel. Biogödslet kan lagras på olika sätt beroende på om man väljer att avvattna rötresten eller inte. Vid avvattning, då biogödslet är i form av pellets, kan man lagra biogödslet öppet. Anledningen till detta är att en avvattnad rötrest inte ger upphov till något luktproblem och läckage av gaser som bildas. Detta är det enklaste alternativet, men i dagsläget är det svårt att genomföra detta då det inte finns någon möjlighet att ta hand om rejektvattnet. Rejektvattnet från avvattningssteget då reningsverket inte har kapacitet till det. I dagsläget är alternativet att inte avvattna rötresten. Genom att inte avvattna biogödslet ställer det större krav på lagring och transport. Det innebär att den biogödsel som lämnas måste lagras i betongbrunnar med tak, då stora mängder metan, koldioxid och ammoniak kan förekomma vid oavvattnad rötrest [9].

Biogödslet lämnas och hämtas på avsett tider för att minska lagringstiden. En lång lagringstid för oavvattnad rötrest innebär en förlust på näringsämnen, speciellt kväve. [10]

Bönderna med tillgång till tankbilar, flytgödseltunna eller liknade utrustning kommer och hämtar biogödsel samtidigt som de lämnar gödsel från sina gårdar. Den biogödseln sprids sedan på åkrarna.

4. Allmänna fördelar med en biogasanläggning

Genom att gå ifrån kompostering som metod för avfallshanteringen och börja använda rötning istället, kan ge många fördelar. Dessa är några av fördelarna.

4.1. Miljöpåverkan

Vid kompostering så ligger komposthögarna öppna. Detta innebär att det gaser som bildas släpps ut i atmosfären utan någon typ av rening. Det gaser som bildas vid kompostering är koldioxid, lustgas, metangas, vattenångor och ammoniak [5]. Alla de gaser som bildas bidrar till växthuseffekten då dessa gaser är växthusgaser. Växthusgasernas påverkan kan mätas med global warming potential eller GWP [6]. GWP mäts i koldioxid ekvivalenter [6]. Vid röttningsanläggningen är det nästan bara koldioxid som släpps ut. Vid kompostering kan volymen gaser vara mindre, men gaserna som släpps ut har större uppvärmnings potential och därför anses det ha större påverkan på miljön. Metan har ett GWP_{100} värde på 23, det betyder att metan har ca 23 gånger större påverkan än koldioxid under en 100 års period. Lustgas har GWP_{100} värde på 296. Miljöpåverkan för röttningsanläggningen anses därför som mindre [6].

Vid rötning används den metan som bildas till att värma anläggningen genom att förbränna den till koldioxid. Överbliven värme kan säljas till fjärrvärme eller resterande gas kan säljas för el produktion.

Massflödet av koldioxid som släpps ut vid biogasanläggningen är 354 kg per timme eller 3 101 ton på ett år. Jämfört med kompostering av matavfall där koldioxidekvivalenter blev 54 503 ton koldioxid ekvivalenter [6]. Massflödet av vattenånga som släpps ut av biogasanläggning är beräknad till 290 kg per timme. Beräkningarna finns i bilaga 2- Beräkningar för mängden koldioxid.

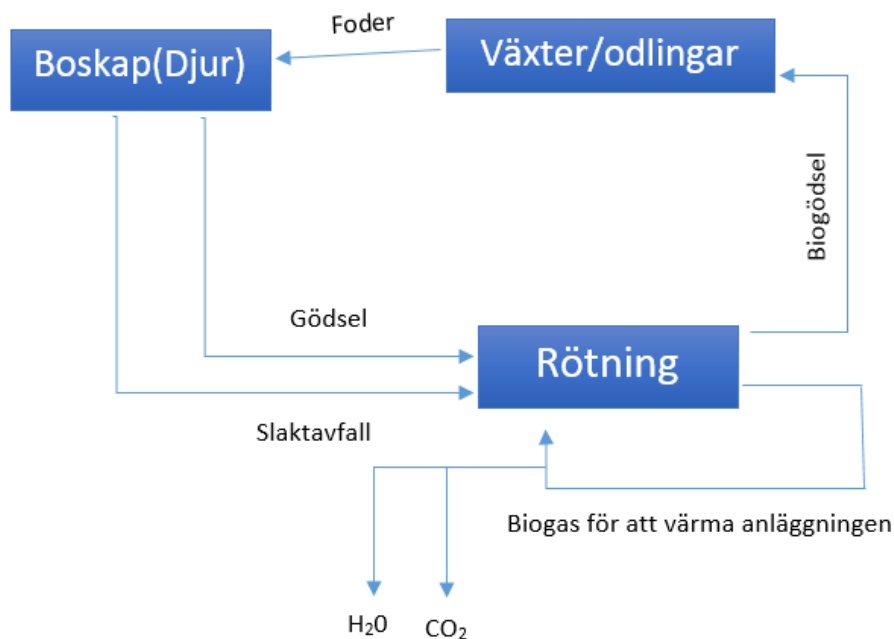
4.2. Kontrollerade näringsvärden på biogödsel

Genom att använda rötning som metod för avfallshantering gör att näringsvärdena på den biogödsel som produceras, kan kontrolleras. Genom att veta vad som stoppas in i rötningen minskar oönskade ämnen som tungmetaller. Genom efterkontroller kan man veta andelen kväve och andra näringsämnen, detta kan förhindra övergödning. Övergödning är ett växande problem idag, allt fler sjöar får problem med algbloomning. Algbloomning kan vara giftigt för djur och det kan skada ekosystemet vid sjöar. [10]

Genom att ha en kontrollerad produkt för jordbruk, minskar man användandet av mineralgödsel. Mineralgödsel tillverkas från processer som släpper ut stora mängder lustgas. Lustgas eller N_2O (Dikväveoxid) är en väldigt aggressiv växthusgas som bidrar till förstöringen av ozonlagret. [10]

4.3. Förbättrad energibalans för avfallshanteringen

Vid kompostering låter man energi i form av värme gå förlorad. Vid rötning tar man vara på den energin i form av biogas. Den biogasen används för att värma anläggningen. Detta kommer skapa ett kretslopp, se figur 3. Rågasen förbränns för att värma en ångpanna. Vid förbränningen kommer en del koldioxid och vattenångor skapas.



Figur 3: bild över avfallshantering vid rötning [10]

5. Ekonomi

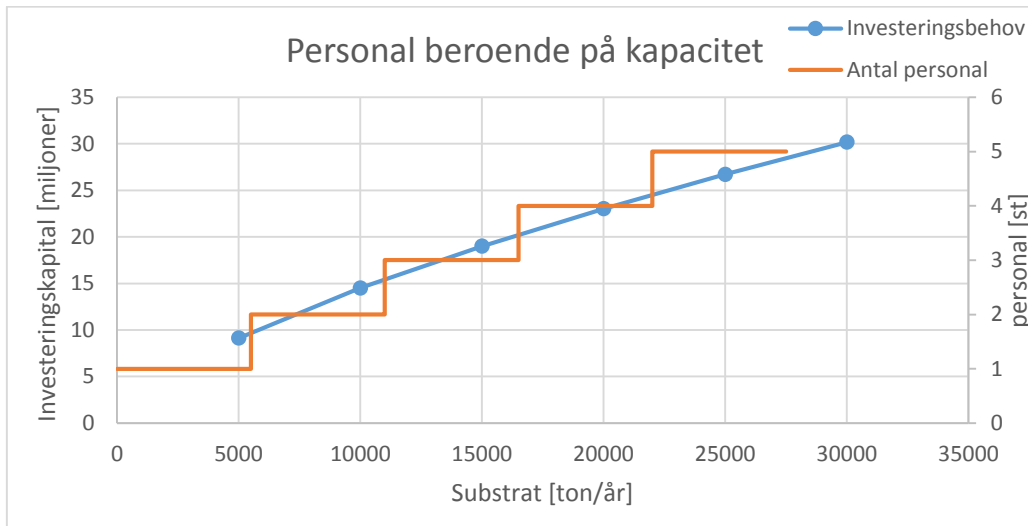
För att kunna använda rötning så måste det vara ekonomiskt hållbart. Det man måste ta i åtanke för att det ska vara ekonomiskt hållbart är; kommer intäkterna täcka de rörliga kostnaderna. De kostnader som finns är transportkostnader och de kostnader som uppkommer vid röttningsanläggningen, d.v.s. personal och driftkostnader.

Transportkostnaden kan finansieras av en hämtningsavgift eller ett abonnemang som redan finns. Anläggningskostnaderna täcks av de intäkter som tillkommer av att sälja rötresten. Den gas som bildas kommer inte vara en intäktskälla då all gas används till uppvärmning av rötchkammaren och hygieniseringsstankarna.

Från platsen som föreslogs där biogasanläggningen ska vara placerat, svinryggensdeponi, är avståndet till mellanlagret ca 30 km. Avståndet är framtaget med hjälp av Google Earth avståndsvektyg. För transporter med lastbil kostar ca 0.6 SEK per ton kilometer [11]. Det är 15 100 ton som ska transporteras från mellanlagret till anläggningen. Det kommer då kosta 271 800 SEK på ett år. För att transportera 29 364 ton rötrest till mellanlagret kommer det kosta 528 600 SEK. Om en hämtningsavgift ska täcka detta så kommer avgiften vara på 27 SEK per år vid 30 000 betalande kunder som vill ha hämtning av avfall.

För att det ska vara ekonomiskt hållbart måste man fråga sig om det går att använda alla substrat eller om det blir ekonomiskt ohållbart om man använder allt. Vid större dimensioneringar blir investeringsbehovet större. Dimensioneringen och vilka substrat som ska rötas bör bestämmas så att maximal mängd rötrest erhålls och inte maximal mängd gas.

Desto mer substrat desto större måste anläggningen vara, vilket gör att investeringsbehovet blir större. Investeringsbehovet för anläggningen som är dimensionerad för 21 760 ton är 24 miljoner SEK. Investeringsbehovet fås av tabell 4 i bilaga 4. Vid en större anläggning måste man ha mer personal vilket är en stor del av den rörliga årskostnaden. En heltidsanställd antas kunna ta hand om 5 500 ton substrat varje år [12]. Se figur 4.



Figur 4: Figur som visar sambandet mellan substrat, investeringsbehov och antal personal

Anläggningen är dimensionerad för 21 760 ton substrat vilket innebär att det ligger på gränsen mellan 4 till 5 heltidsanställda och ett. Idealt räcker det med 4 stycken och kunna ta emot 21 760 ton substrat. Då utnyttjar man personalens fulla kapacitet och blir då mer kostnadseffektivt. Alternativet skulle vara att gå ner i substrat till ca 16 500 ton substrat per år. Detta gör att antalet personal blir 3 till 4 stycken. Detta skulle innebära ett mindre investeringsbehov och en minskad personal än vid dimensionering för 21 760 ton. Genom att minska substratet skulle även innebära att intäkterna blir mindre då antalet produkt blir mindre.

En heltidsanställd kostar 500 000 kr per år [12]. Vilket innebär att för en dimensionering på 21 760 ton skulle personalkostnaden bli 2 miljoner per år om det är 4 heltidsanställda. Se figur 5 för personalkostnaden vid de andra dimensioneringarna.



Figur 5: Årskostnad för personal

Hur mycket måste rötresten säljas för? Enligt beräkningar i bilaga 4 så får vi ca 3 352 kg per timme rötrest. Detta innebär att på ett år får vi 29 400 ton rötrest. Rötresten är inte avvattad och har en TS halt på 4,2 %. Enligt bilaga 4 så har anläggningen en årskostnad på 2,7 miljoner SEK. Det innebär att rötresten måste säljas för 0,09 SEK per kg för att täcka årskostnaden. Detta är bara för att täcka de rörliga årskostnaderna och inte för att gå med vinst.

Från rapporten Rötning av bioavfall på Åland gjordes en uppskattning på näringsvärdet till följande; 4,3 kg kväve per ton rötrest, 0,61 kg fosfor per ton rötrest och 3,6 kg kalium per ton rötrest [13]. I tabell 5 i bilaga 4 beräknades försäljningspriset för rötresten, baserat på näringsvärdet, till ca 0,08 per kg oavvattad rötrest [8]. 0,08 SEK per kg skulle inte täcka de rörliga kostnaderna då kravet beräknades fram till 0,09 SEK per kg. Näringsvärdet är bara uppskattat och det är därför viktigt att ta reda på det riktiga näringsvärdet för rötresten. Om rötresten har ett bättre näringsvärde kan försäljningspriset höjas då marknadsvärdet på rötresten blir högre.

Om man väljer att avvattna rötresten blir försäljningspriset till 2,21 SEK per kg ts. Beräkningarna finns i bilaga 4.

6. Diskussion

Det finns många fördelar med att använda rötning istället för kompostering. Det finns en del osäkerheter som är svåra att bestämma.

Näringsvärdet på rötresten måste bestämmas genom tester. Beroende på näringsvärdet så har gödslet olika marknadsvärden och kan då säljas för ett pris utifrån kvalitén på gödslet. Försäljningspriset på 0,09 SEK per kg rötrest som har tagits fram har räknats fram genom mängden rötrest som ska täcka den rörliga årskostnaden. Försäljningspriset har då inte tagit hänsyn till näringsvärdet på rötresten. Det har tagits fram en uppskattning på näringsvärdet men det kan skilja sig från det verkliga näringsvärdet och därför väldigt stor osäkerhet gällande det försäljningspriset på 0,08 SEK per kg.

Utifrån näringsvärdet är det mycket lättare att bedöma om det är värt att bygga biogasanläggningen ur en ekonomisk synvinkel då de ekonomiska beräkningarna får mindre osäkerheter. Men mycket pekar på att det är bättre för miljö att använda rötning istället för kompostering.

Hur mycket man ska ta in kan också bedömas på olika sätt. Man kan kolla på det ur en ekonomisk synvinkel då desto mer man tar in desto större investeringsbehov behövs för anläggningen. Hur mycket som ska rötas kan också bero på vad man ska ta in i anläggningen för att få bäst biogödsel. Vilka substrat som ger bäst näringsvärden på rötresten kan då vara intressant att undersöka för att avgöra vad som ska rötas och inte. Fördelen med att röta så mycket som möjligt är att avfallet inte behövs exporteras för att behandlas på en annan plats, detta sparar koldioxid på transportsträckor.

Transportsträckorna är svåra att bedöma med exakthet då detaljerade planer för rutten av avfallstransporter inte har gjorts i detta arbete, därför har inte en exakt kostnad för transport kunnat tas fram.

6.1. Förslag till fortsatt arbete

Den enklaste lösningen skulle vara att avvattna rötresten. Detta är idag inte möjligt då rejektvattnet skulle behövas renas innan det går tillbaka in i biogasanläggningen som bilaga 1 föreslår. Det reningsverk som finns idag har inte kapaciteten till att ta hand om det rejektvatten som skulle uppstå vid avvattning. Fördelen med att kunna avvattna rötresten är att lagringen skulle bli mycket lättare. Istället för stora betongbunkrar skulle man kunna lagra dem öppet i ett lagerhus. Den oavvattnade rötresten kan skita sig och ha läckage av näringsämnen i form av gas. Detta kan även leda till vissa luktproblem. Det har inte en oavvattnad rötrest. Viktigt att den avvattnade rötresten förvaras torrt så att inte näringsämnen osv utsöndras. Om rötresten skulle avvattnas skulle man kunna paketera biogödslet och sälja till privatpersoner genom affärer. Detta skulle kunna ge en extra intäkt för anläggningen. Det man skulle kunna undersöka vidare på är byggnad av ett nytt reningsverk. På samma plats som reningsverket byggs skulle man kunna ha biogasanläggningen. Detta skulle underlätta avvattningen vid anläggningen. Det som behöver undersökas är en plats som är både lämplig för ett reningsverk och en biogasanläggning. Den ekonomiskt hållbarheten för att kunna bygga både ett reningsverk och en biogasanläggning bör undersökas.

Att kunna använda en pipeline till mellanlagringen skulle underlätta mycket. Då slipper man transportkostnader och koldioxid utsläpp från lastbilar som kör gödsel och biogödsel till mellanlagringsplatsen. Det skulle även underlätta hämtning och lämning av gödsel och biogödsel. En pipeline innebär däremot en högre investeringskostnad. Det kan vara värt att undersöka om man ska bygga ut rörsystemet till ett nytt reningsverk.

7. Slutsats

Platsen för biogasanläggningen har valts till Svinryggens deponi då denna plats lämpar sig bäst. Vid val av plats har följande faktorer tagits i beaktning: avståndet till substraten, transportsträckorna till mottagarna av biogödslet, eventuella markarbeten och hur tätbebyggt området är för att undvika luktproblem.

Det substrat som ska samlas in till biogasanläggningen ska transporteras med lämpliga lastbilar för det substratet. Pumpbart substrat som gödsel transporteras med tankbilar, hushållsavfall transporteras med sopbilar. Annat fast avfall transporteras med lastbilar. Insamlingen av hushållsavfall bör gå till på följande sätt. Vid glesbebyggda områden har man stationer där avfall samlas och töms regelbundet. Vid mer tätbebyggda områden kan fastighetsnära hämtningen erbjudas. Det hushållsavfall som hämtas bör vara sorterat i minst två fraktioner. Det två fraktionerna bör vara uppdelat i matavfall och övrigt. Detta är för att underlätta förbehandlingen av substraten vid biogasanläggningen.

Inhämtning av gödsel sker via ett mellanlager där bönderna kan lämna gödsel i utbyte mot rötrest. Avlämning av gödsel och hämtning av biogödsel sker på förbestämda datum för att minska lagringstiden av gödsel och biogödsel. Flytgödsel och biogödslet bör lagras i betongbrunn med tak för att minska risken för luktproblem och minska läckage av näringsämnen i form av gas. Viktigt att det sker omrörning i betongbrunnen där biogödsel lagras så att det inte skiktas sig. Den gödsel som lämnas, hämtas senare av tankbilar och kör de till anläggningen. Satelitlagret bör vara placerat i närheten av de gårdarna som lämnar gödsel för att minska transportsträckor.

Att använda rötning istället för kompostering ger en del fördelar. De gaser som släpps ut i en kompost anses vara sämre för miljön än koldioxid. Om man räknar i koldioxid ekvivalenter så skulle en rötningsanläggning på Åland släppa ut 3 101 ton koldioxidekvivalenter jämfört med en kompost som skulle släppa ut 54 503 ton koldioxidekvivalenter. Vid rötning erhålls en bättre energibalans för avfallshanteringen. I en kompost skapas en del värme som inte används. I en rötning hamnar den energin i gasen istället vilket används till att värma anläggningen. Genom att ha en process som producerar en rötrest så har man en kontroll på vad rötresten innehåller. Det gör att risken för övergödning minskar och att andra ämnen som inte är önskade i biogödsel inte kommer med.

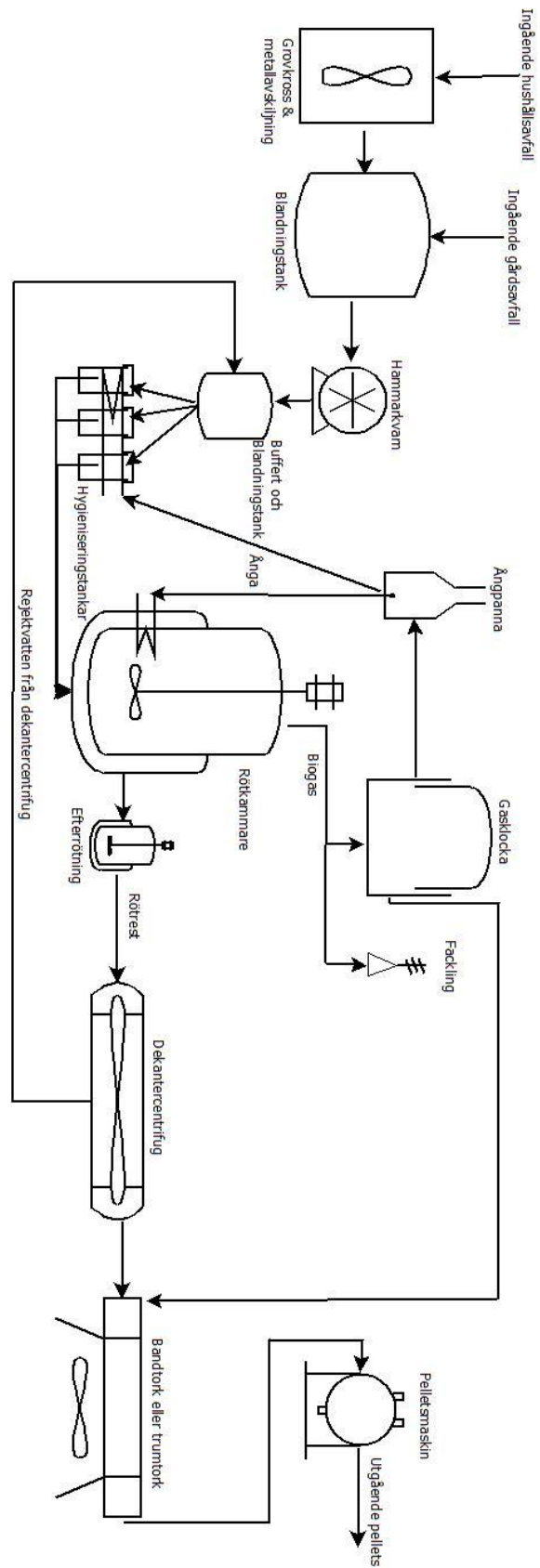
Om anläggningen ska ta emot 21 760 ton så måste 4 stycken heltidspersonal anställas på anläggningen. Årskostnaden för personalen blir då ca 2 miljoner SEK. Investeringsbehovet för anläggningen är ca 24 miljoner SEK. Årskostnaderna för hela anläggningen exklusive investeringsbehovet, gör att den oavvattnade rötresten bör säljas för 0,09 SEK per kg. Rötresten kan även säljas för ett pris baserat på näringsinnehållet. Då blir priset 0,08 SEK per kg vilket inte skulle täcka den rörliga årskostnaden. Näringsinnehållet har bara uppskattats och är inte säkerställt, vilket gör att priset 0,08 SEK per kg är väldigt osäkert. Rötresten kan även säljas som avvattnad för ett försäljningspris på 2,21 SEK per kg ts för att täcka den rörliga årskostnaden.

Referenser

- [1] Ålands statistik och utredningsbyrå, "Avfallsstatistik 2012," Mariehamn, 2013.
- [2] S. Dhalsten, I. Johansson och J. Svanfelt, "Renhållningsplan 2014-2024," Ålands miljöservice KF , Mariehamn, 2014.
- [3] U. Hammarström och M.-R. Yahya, "Uppskattning av representativa bränslefaktorer för tunga lastbilar," Väg-och transportforskningsinstitutet, Linköping, 2000.
- [4] Stockholm stad; Malmö stad; Energimyndigheten, "miljofordon," 8 Oktober 2014. [Online]. Available: <http://www.miljofordon.se/fordon/miljopaverkan/sa-raknar-vi-miljopaverkan>. [Använd 24 Augusti 2015].
- [5] S. Brown, C. Kruger och S. Subler, "Greenhouse gases balance for composting operations," University of Washington , Washington , 2008.
- [6] J. Houghton, Y. Ding, D. Griggs, M. Noguera, P. van der Linden, X. Dai, K. Maskell och C. Johnson, "Climate change 2001:the scientific basis," Cambridge university pressCAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, New york , 2001.
- [7] E. Klejment och M. Rosiński, "Testing of thermal properties of compost from municipal waste with a view to using it as a renewable, low temperature heat source," *Bioresource Technology*, vol. 99, nr 18, pp. 8850-8855, 2008.
- [8] F. Nor Dax och S. Windh, "Biopelletsproduktion på Åland," Högskoleingenjörsutbildningen Kemiteknik, KTH, Stockholm, 2015.
- [9] RVF Utveckling , "Användning av biogödsel," RVF- Svenska renhållningsverksföreningen , Malmö, 2005.
- [10] J. Holm-Nielsen, T. Al Seadi och P. Oleskowicz-Popiel, "The Future of anaerobic digestion and biogas utilization," *Bioresource technology*, vol. 100, nr 22, pp. 5478-5484, 2009.
- [11] Avfall Sverige utveckling , "På spåret, Transpoter av avfall på järnväg- en möjlighet?," Malmö, 2011.
- [12] L. Brolin och J. Andersson, "Rötningsanläggning för avfall på gotland," SWECO VIAK AB , Stockholm, 2003.
- [13] M. Allerborg, J. Bergström, J. Englöf, J. Holroyd, C. Hultin och O. Reuter, "Rötning av bioavfall på Åland," Högskoleingenjörsutbildningen Kemiteknik, KTH, Stockholm, 2015.

Bilagor

Bilaga 1 – Skiss över biogasanläggningen



Figur 6: Skiss över biogasanläggningen [8]

Bilaga 2 - Beräkningar av mängden koldioxid vid rötning

I tabell 3 i bilaga 2 nedan finns de substrat som finns tillgängligt för rötning.

Den totala mängden som finns tillgänglig är 21 760 ton/år. För att räkna ut ett massflöde till ton/h så får man följande beräkning. 1 000 kg per ton är en konverteringsfaktor för att göra om ton till kg, för att sedan använda division med antalet dygn per år och antal timmar per dygn för att få massflödet i timmar.

$$\frac{(21\,760 \left[\frac{\text{ton}}{\text{år}} \right] * 1\,000 \left[\frac{\text{kg}}{\text{ton}} \right])}{(365 \left[\frac{\text{dygn}}{\text{år}} \right] * 24 \left[\frac{\text{h}}{\text{dygn}} \right])} = 2\,484 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

Vi får då ett massflöde på 2 484 kg per timme.

Om man antar en förlust på 1 % så får man massflödet till.

$$2\,484 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] * 0,99 = 2\,459 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

Massflödet in har en TS halt på 18 % så, önskade TS halten är 12 %. Detta innebär att massflödet som kommer in till röttkammaren beräknas genom följande ekvationer.

$$\frac{\dot{m}_{TS\,18\%} * TS\,18\%}{TS\,12\%} = \dot{m}_{TS\,12\%} \rightarrow \frac{2\,459 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] * 0,18}{0,12} = 3\,689 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

Från tabell 3 i bilaga 2 får vi att antalet m³(n) rågas är 2 537 379 m³(n) per år. Detta ger en rågaspotential på 647 m³(n) per ton ts enligt följande uträkning.

$$\frac{\text{m}^3(\text{n}) \text{ rågas per år}}{\text{ton TS per år}} = \text{Rågaspotential} \left[\frac{\text{m}^3(\text{n})}{\text{ton TS}} \right]$$

Ton TS per år får vi från tabell 3 i bilaga 2. Då får vi följande beräkningar.

$$\frac{2\,537\,379 \left[\frac{\text{m}^3(\text{n})}{\text{år}} \right]}{3\,925 \left[\frac{\text{ton TS}}{\text{år}} \right]} = 646,5 \left[\frac{\text{m}^3(\text{n})}{\text{ton TS}} \right] \approx 647 \left[\frac{\text{m}^3(\text{n})}{\text{ton TS}} \right]$$

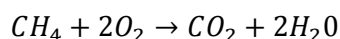
Med antagandet att maximal mängd rågas produceras kan mängden rågas beräknas med följande beräkning där 0,001 är en konverteringsfaktor för att göra om kg till ton.

$$\text{Rågaspotential} \left[\frac{\text{m}^3(\text{n})}{\text{ton TS}} \right] * \dot{m}_{TS\,12\%} * TS\,12\% * 0,001 \left[\frac{\text{ton}}{\text{kg}} \right] = \text{rågas per timme}$$

$$647 \left[\frac{\text{m}^3(\text{n})}{\text{ton TS}} \right] * 3\,689 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] * \frac{12\%}{100} * 0,001 \left[\frac{\text{ton}}{\text{kg}} \right] = 286,4 \frac{\text{m}^3(\text{n})}{\text{h}} \approx 286 \frac{\text{m}^3(\text{n})}{\text{h}}$$

Rågasen innehåller 63 vol% metan och resten koldioxid. Gasen är en ideal gas om med detta kan massflödet beräknas med hjälp av allmänagaslagen beräknas. Massflödet beräknas till 337 kg rågas per timme. Varav 129 kg per timme är metan och 208 kg per timme är koldioxid.

Gasen som bildas kommer sedan att förbrännas för att driva ångpannan, som i sin tur kommer värma röt-kammaren och driva hygieniseringstankarna. Förbränningsreaktionen ser ut på följande sätt och antas vara fullständig.



Med följande reaktion kan antalet massflödet koldioxid som släpps ut beräknas. Med antagande att det finns oändligt med syre och metan är den begränsande reaktanten blir massflödet koldioxid 354 kg per timme. Massflödet vattenånga blir 290kg per timme.

Tabell 3: Gaspotential för substraten [13]

Substrat	ton	TS %	[ton TS]	Metan halt [%]	m ³ (n) CH ₄ /tonTS	m ³ (n) CH ₄	m ³ (n) rågas
Källsorterat matavfall – hushåll	2 287	33 %	755	63 %	392	295 846	469 597
Bioavfall	1 722	30 %	517	63 %	392	202 507	321 440
Djurfett	797	90 %	717	63 %	757	542 996	861 899
Livsmedelsavfall	144	33 %	48	63 %	392	18 628	29 568
Fiskrest	560	42 %	235	71 %	908	213 562	300 791
Slaktavfall (klass II) (mag/tarminnehåll)	300	16 %	48	63 %	360	17 280	27 429
Bioavfall från färjor	400	33 %	132	63 %	392	51 744	82 133
Trädgårdsavfall	32	60 %	19	63 %	150	2 880	4 571
Frukt och grönavfall, kompost	18	15 %	3	63 %	633	1 709	2 713
Lökrester	400	15 %	60	63 %	633	37 980	60 286
Ko 1800 st * 9 [ton/år]	15 000	9 %	1 350	63 %	170	229 500	364 286
Höns 10080 st * 1kg/år	100	42 %	42	63 %	190	7 980	12 667
Total	21 760	18 %	3 925			1 622 612	2 537 379

Bilaga 3 – Beräkningar av koldioxid från transporter

Bränsleförbrukningen för en lastbil som transporterar avfall är $0,099 \frac{l}{ton km}$. [3]

Lastbilen väger 30 ton när den har lastat 13 ton avfall och sträckan är 147 km till vattenfall Värme i Uppsala från svinryggensdeponi [3]. Varav 105 km är transporterat med lastbil. Bränsleförbrukningen för en enkelresa blir då:

$$0,099 \left[\frac{l}{ton km} \right] = \frac{X [l]}{30 [ton] * 105 [km]} \rightarrow X [l] = 0,099 \left[\frac{l}{ton km} \right] * (30 [ton] * 105 [km]) \approx 312 [l]$$

Vid en enkelresa är lastbilen lastad med 13 ton hushållsavfall. Det var 6 500 ton som transporterades varje år. Detta innebär enligt uträkningen nedan, att det måste göras ca 500 enkelresor.

$$\frac{6\,500 [ton]}{13 \left[\frac{ton}{resa} \right]} = 500 [resor]$$

Detta innebär att ca 155 925 liter bränsle går åt bara till vattenfall Värme i Uppsala från svinryggens deponi. Det beräknades enligt ekvationen nedan.

$$312 \left[\frac{liter}{resa} \right] * 500 [resor] = 155\,925 [liter]$$

Mängden koldioxid som släpps ut för dieselbränsle är $2,89 \frac{kg CO_2}{liter}$. [4]

Detta ger en mängd koldioxid på 450 623 kg CO₂ eller 451 ton CO₂ enligt uträkningen nedan.

$$155\,925 [liter] * 2,89 \left[\frac{kg CO_2}{liter} \right] = 450\,623 \text{ kg } CO_2 \approx 451 \text{ ton } CO_2$$

För att sedan ta sig tillbaka för att hämta mer så är lastbilen lättare. Lastbilen väger nu 17 ton. Mängden koldioxid blir då enligt beräkningarna nedan 180 ton CO₂

$$0,099 \left[\frac{l}{ton km} \right] = \frac{X [l]}{17 [ton] * 105 [km]} \rightarrow X [l] = 0,099 \left[\frac{l}{ton km} \right] * (17 [ton] * 105 [km]) \approx 177 [l]$$

Antalet resor är 500 st.

$$177 \left[\frac{liter}{resa} \right] * 500 [resor] = 88\,358 [liter]$$

Mängden koldioxid blir: $88\,358 [liter] * 2,89 \left[\frac{kg CO_2}{liter} \right] = 255\,353 \text{ kg } CO_2 \approx 255 \text{ ton } CO_2$

Den totalamängden koldioxid som släpps ut för alla resor fram och tillbaka under ett år blir då:

$$451 [ton CO_2] + 255 [ton CO_2] = 706 [ton CO_2]$$

Bilaga 4 – Beräkningar av rötrest

Genom en enkel materialbalans kan vi räkna ut hur mycket rötrest som bildas vid en fullständig rötning. Flödet in till röt-kammaren är $3689 \left[\frac{kg}{h} \right]$ och flödet för gasen är $337 \left[\frac{kg}{h} \right]$. Detta ger beräkningen:

$$M_{in} = M_{rötrest} + M_{gas} \rightarrow M_{rötrest} = M_{in} - M_{gas}$$

$$3689 \left[\frac{kg}{h} \right] - 337 \left[\frac{kg}{h} \right] = 3352 \left[\frac{kg}{h} \right]$$

Massflödet ut för rötresten är $3352 \left[\frac{kg}{h} \right]$

Hur mycket ska man sälja rötresten för? Se beräkningar nedan.

Tabell 4: investeringsbehov [8]

Manskiner och tankar	Investeringsbehov [SEK]
Grovkross	160 000
Kvarn/ separering	2 800 000
Värmeväxlare	150 000
Bufferttank	1 800 000
Hygieniseringstankar	770 000
Rötkammare	14 000 000
Efterrötningskammare	2 500 000
Gaslagring, gasklocka	2 000 000
Ångpanna	180 000
Totalt	24 360 000

Investeringsbehovet får från tabell 4 i bilaga 4. Ca 3 % av investeringsbehovet är beräknat som den årliga driftkostnaden [8]. Vilket är 730 800 SEK

$$0,03 * 24\,360\,000 \text{ [SEK]} = 730\,800 \text{ SEK}$$

Den årliga personalkostnaden för 4 heltidsanställda är 2 miljoner SEK

Så den årliga kostnaden för anläggningen är 2 730 800 SEK. Anläggningen producerar $3352 \left[\frac{kg}{h} \right]$ rötrest. Det innebär att anläggningen har en årlig produktion på 29 364 ton rötrest. För att täcka årskostnaden för anläggningen så måste då 1 kg oavvattnad rötrest säljas för 0,093 SEK enligt beräkningen nedan.

$$\frac{2\,730\,800 \text{ SEK}}{29\,364\,000 \text{ kg rötrest}} = 0,093 \text{ SEK}$$

Man kan även sälja det för ett pris per kg ts. Efter rötningen har rötresten ca 4,2 % TS [8]. Vilket innebär att priset för rötresten skulle bli 2,21 SEK per kg ts rötrest. Priset beräknades enligt nedan.

$$\text{rötrest [kg]} * TS 4,2 \% = TS \text{ [kg]} \rightarrow 29\,364\,000 * 0,042 = 1\,233\,288 \text{ kg TS}$$

$$\frac{\text{rötrliga kostnader}}{\text{kg TS}} = \text{Pris för kg TS} \rightarrow \frac{2\,730\,800 \text{ SEK}}{1\,233\,288 \text{ kg TS}} = 2,21 \left[\frac{\text{SEK}}{\text{kg TS}} \right]$$

Utifrån de uppskattade näringsvärdena kan ett försäljningspris tas fram baserat på rötrestens kvalitet. Försäljningspriset syns i tabell 5 nedan.

Tabell 5: Intäkter för näringsämnen [8]

	Kväve	Fosfor	Kalium
Näringsvärde [kg/ton]	4,3	0,61	3,6
Försäljningspris [SEK/kg]	7	11	11
Intäkter [SEK/ton]	30,1	6,7	39,6
Totala intäkter [SEK/ton]			76,4
Totala intäkter [SEK/kg]			0,0764