



Livscykelanalys och miljövinster med komposten Big Hanna Life cycle assessment and environmental benefits of the composting machine Big Hanna

Bachelor of Science Thesis

MARCUS SOHLBERG
HENRIK SVENSSON

Department of Product- and production development
Division of Production Systems
CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Gothenburg, Sweden, 2012

FÖRORD

Examensarbetet är utfört på Chalmers maskiningenjörsprogram (180 HP) i Göteborg och omfattar 15 HP.

Arbetet avser miljöpåverkan och jämförelser för en produkt ur ett livscykelperspektiv. Analyser och informationsframtagning har varit ett genomgående arbetssätt och arbetet har gett goda kunskaper med avseende på livscykelanalyser (LCA) och teknisk rapportskrivning.

Ett stort tack till Susteco AB och Ylva Ahlström som gett oss möjlighet att utföra examensarbetet.

Vi vill tacka vår handledare Hans Eriksson, tekniklektor på Chalmers som visat stort engagemang under projektets gång.

Vi vill även tacka Helena Callstam på Miljöbron som hjälpt oss komma i kontakt med Susteco.

Marcus Sohlberg och Henrik Svensson

Sammanfattningen

I dagens samhälle ställs allt högre krav på både större och mindre företag som måste uppfylla kommunala och nationella miljökrav. Big Hanna är en större kompostmaskin som funnits i bruk de senaste 20 åren, både i Sverige och internationellt. Det har funnits ett behov av en miljörapport för Big Hanna. Nuvarande och potentiella kunder måste kunna uppvisa resultat på produktens miljömässiga resursförbrukning. Susteco är ett mindre företag i Göteborg som i dagsläget distribuerar produkten. Målet med analysen är att undersöka potentiella miljövinster vid användning av Big Hanna. Till hjälp användes en jämförande LCA, en livscykelanalysmetod där en produkts eller tjänsts miljöpåverkan analyseras under hela livscykeln, från vaggan till graven. Följande jämförande fall användes:

- Deponi
- Förbränning
- Central kompostering

Analyser av resursförbrukning vid tillverkning och destruktion/återvinning för kommunala anläggningar med maskiner och faciliteter ansågs vara försumbart i jämförelse med användningsfasens miljöpåverkan. Analysen har därför enbart fokuserat mot användningsfasen hos alla fall. Produktens största marknad återfinns i England, siffror och data har därför tagits från den Engelska marknadens miljöinfrastruktur.

Då inga transporter behövs och ingen ammoniak produceras under nedbrytningsprocessen på grund av att kväve/kol-halten samt temperaturen kontrolleras och regleras så blir Big Hanna det miljövänligaste alternativet.

Summary

In today's society demands are getting higher on both small and big scaled companies that need to reach environmental goals from local and national authorities. Big Hanna is a large sized composting machine that has been in use internationally since the past 20 years. An environmental report for Big Hanna has been required. Already existing and potential clients must be able to show data of the products environmental impacts, in order to achieve endorsement from local and national authorities. Susteco is a smaller company in Gothenburg that distributes the product. The goal of the analysis was to determine the potential environmental winnings when using Big Hanna. To achieve these results, a comparing LCA was carried out. LCA is an abbreviation for Lifecycle assessment, a technique used to measure environmental impacts in all the stages of a product's life from-cradle-to-grave. The comparing cases in this analysis include the use of:

- Landfill
- Central composting
- Incineration

Analysis of the manufacturing and destruction/recycling resource consumption for municipal plants with machineries and facilities were considered to be negligible in comparison to the user stage's environmental impact. The analysis is therefore only focused towards the user stage in all the comparing cases. The biggest market for the product is the English market. Data has therefore only been collected from the English market and with consideration to their environmental infrastructure.

Since no transport is needed and no ammonia is produced during the degradation process since the nitrogen/carbon content as well as the temperature is being measured and regulated during the process, Big Hanna is the most environment-friendly alternative.

Contents

1. INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 Frågeställning	1
2. TEORETISK REFERENSRAM	2
2.1 Tidigare studier	2
2.2 Komposteringens historia och dess funktionalitet	2
2.3 För- och nackdelar med kompostering	2
2.4 Kompostering (idag/framtiden) i Storbritannien	3
2.5 EU-direktiv med avfallshantering	3
2.6 SITA och deras metoder vid hantering av matavfall	4
2.6.1 Öppet strängssystem vid central kompostering	4
2.6.2 Matavfall som läggs på deponi och dess problematik	5
2.6.3 Förbränningsugn	6
2.7 Växthuseffekten	7
2.8 Detaljerad funktionsbeskrivning av Big Hanna	8
2.9 Material som används i fallstudien	10
3. METOD	11
3.1 LCA och ISO-standarder	11
3.2 LCA-studiens definition av mål och omfattning	12
3.2.1 Livscykelinventeringsanalysen	13
3.2.2 Miljöpåverkansbedömning	14
3.2.3 Val av påverkanskategorier	15
3.2.4 Karakterisering	15
3.2.5 Livscykeltolkningen	15
3.3 Olika typer av LCA	16
3.4 För- och nackdelar med LCA	16
3.5 Transport och bränsleförbrukning vid avfallshämtning	17
3.6 Elkonsumtion och elproduktion i England	17
3.7 LCI-profil med programmet Lifecycle designer	18
3.8 Datainsamling	18
4. RESULTAT	18
4.1 Första delen i en LCA - Mål och omfattning i arbetet	18
4.2 Andra delen i en LCA - Livscykelinventering	19
4.2.1 Datainsamling	19

4.2.2 Transport och dieselförbrukning	22
4.2.3 Elförbrukning och elutvinning	24
4.2.4 Emissioner	27
4.3 Lifecycle designer	30
4.4 Tredje steget i en LCA - Miljöpåverkansbedömning	31
4.5 Avgränsningar	31
4.6 Fjärde steget i en LCA – Livscykeltolkningen.....	31
4.7 Slutsats/diskussion	32
Källförteckning.....	33
Tryckta källor:	33
Internetreferenser:	34

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Susteco AB grundades 1997. De tillverkar och installerar större kompostmaskiner och tillbehör världen över. Huvudkontoret ligger i Göteborg och ett försäljningskontor finns även i Woodbridge, England. Företaget har varit miljödiplomerade sedan 2001. [13] Miljödiplomering är i Sverige en miljörelaterad term som går ut på att företag diplomas för ett systematiskt förbättringsarbete vad gäller den egna verksamhetens betydande miljöaspekter. [14] Komposteringsmaskinen Big Hanna är Susteco:s mest sålda produkt. Den uppfanns av Torsten Hultin och sattes i bruk för första gången år 1991. Kunderna består främst av naturbruksgymnasier, miljödrivna bostadsrättsföreningar, hotell och restauranger men även andra verksamheter som kan tillgodogöra sig kompostjord. Den finns installerad i nästan 50 av Englands 120 fängelser. [15] Big Hanna har stationerats vid Nord- och Sydpolen, mitt i öknen såväl som i London City. Sustecos nuvarande och potentiella kunder strävar efter att bli miljödiplomerade. De efterfrågar därför vilka miljövinster som Big Hanna ger under sin användningsfas.

1.2 Syfte

Analys av de potentiella miljövinster ett företag får vid användning av Big Hanna skall utföras. Denna miljövinst/förlust jämförs med de vanligast förekommande avfallshanteringsmetoderna för organiska hushållsrester.

1.3 Avgränsningar

Big Hanna används i flera länder, men de flesta är stationerade i Storbritannien. Analysen kommer därför grunda sig på data från den brittiska avfallshanteringen och dess infrastruktur. Resursförbrukningen som krävs under användningsfasen har endast beaktats. Emissioner som uppkommer under tillverkningsprocessen av fordon, maskiner, inventarier, plastkärl o.s.v. har därför försumrats. Tidigare avhandlingar har gjort liknande avgränsningar och helt försummat resursförbrukning vid tillverkningsfasen. (Lundie, S, 2005) Inga ekonomiska hänsynstaganden har gjorts i analysen. [6]

1.4 Frågeställning

- Hur ser resurskravet ut på redan existerande avfallsmetoder?
- Hur väl står sig egentligen Big Hanna mot redan etablerade avfallshanteringsmetoder?
- Hur ser miljöarbetet ut i dagens Storbritannien?

2. TEORETISK REFERENSRAM

2.1 Tidigare studier

Hardin et al. (1999) har analyserat miljöpåverkan för tre olika bortförselmetoder av organiskt avfall. Metoderna som analyserades var ”Kerbside collection” där soporna hämtas och körs direkt till deponi, användning av avfallskvarn i hemmet och hemkompostering. [4] Björklund et al. (1999) har gjort en jämförande LCA. Deras resultat visar att storskaliga centraliserade kompoststationer medför en mindre miljöpåverkan i jämförelse med anaerobisk nedbrytning av matavfallet. [1] Sonesson et al. (2000) indikerar att kompostering har större fördelar miljömässigt i jämförelse med förbränning. [10] Inaba, R et al. (2009) har utfört en jämförande hybrid-LCA med CO₂-emissioner för olika avfallshanteringsmetoder i Japan. Alternativen som jämfördes var förbränning av matavfallet samt utvinning av biogas då det organiska avfallet separerats från det oorganiska. Resultatet av studien visar att skillnaden endast var marginell. Dock så undersöktes bara de verkliga CO₂-utsläppen i fallet medan emissioner av andra ämnen försumrades. [5]

2.2 Komposteringens historia och dess funktionalitet

Det finns en lång historia bakom kompostering. Bibeln refererar till användandet av komposterade produkter samtidigt som det finns arabiska skrifter från 900 och 1100-talet som beskriver kompostering. Även litteratur från renässansen, medeltida kyrkans texter och författare som William Shakespeare skriver om kompostering ordagrant. Tidigare visste inte våra förfäder varför eller hur kompostering fungerade. De visste bara att markens ”hälsa” och odlingen förbättrades. Kunskaperna som vi idag har om kompostering ses som relativt nya då det bara forskats inom området under de senaste 50 åren. Kompostering har ju nyttjats av människan i över 2000 år. Organiska material kan brytas ned snabbare i jämförelse med den naturliga nedbrytningsprocessen tack vare trädgårdskompostering bland annat. [16] Det finns flera olika typer av mikro- och makroorganismer, alltifrån tusenfotingar och daggmaskar till bakterier som bidrar till komposteringsprocessen. Dessa nödvändiga bakterier kan dö eller bli inaktiva då förändringar i fukthalt, syrehalt och temperatur uppstår. Makroorganismerna tuggar, suger och blandar det komposterbara materialet vilket sker under de senare stadierna. De hjälper härmed mikroorganismerna genom att göra materialet mer lättsmält. Mer näring ges även till mikroorganismerna när avföringen från makroorganismerna släpps. Arbetet som vi människor utför (gräver, vänder och vattnar komposten) kan ses som en mindre bidragande del. [16]

2.3 För- och nackdelar med kompostering

Det finns både för och nackdelar med kompostering. Avfallet omvandlas till kompost, vatten och koldioxid. Användningsområdena är många och komposten kan bland annat användas som jordprodukter, gödsel eller jordförbättringsmedel. Odlingsmarken återfår därför sin humus och växtnäring. Sverige har 16 miljömål varav ett är ”God Bebyggd Miljö”. Miljömålet avser att minst 35% av matavfall från restauranger, butiker och hushåll ska genomgå biologisk behandling för återvinning. [17] En nackdel med kompostering (om inte komposten syresätts eller rätt kväve/kolbalans erhålls) är utsläpp av lustgas och metan som

påverkar klimatet negativt. Problem med försurning och övergödning kan även uppstå när ammoniak som bildats släpps ut.

2.4 Kompostering (idag/framtiden) i Storbritannien

I Storbritannien slänger privatbefolkningen årligen, enligt regeringens siffror, 130 kg matavfall/person. [12] Motsvarande siffra i Europa är 100 kg/person. [18] Avfall på deponier genererar ungefär 18 miljoner ton CO₂ per år. Engelska regeringen, främst miljösekreteraren Hilary Benn och DEFRA (Department Of Environment Food and Rural Affairs) jobbar för tillfället med att skapa ett förbud mot att kasta återvinningsbara sopor och matavfall på deponi. [19] Förbudet kommer förmodligen införa en extra kostnad eller böter per varje ton återvinningsbara sopor som slängs på deponi. Den ökande skattekostnaden för deponi (48 pund/ton år 2010) gör en förändring i sophanteringen aktuell. "Society needs to realise the value of what is being wasted and ensure that only residues from which value has been extracted are sent to landfill" [20]. WRAP (The Waste & Resources Action Programme) är en organisation grundad av den engelska staten som har gjort undersökningar om matavfall. Befolkningen måste planera sina inköp bättre helt enkelt. Enligt siffror som offentliggjordes 2009 har den brittiska komposteringsindustrin upplevt en ökad tillväxt. Mängden avfall som komposterats från 2008/07 till 2009 ökade med 9 % och WRAP förutspår en större ökning. 4,5 miljoner ton avfall blev komposterat under 2007-2008 och under de kommande fem åren skall det finnas utrymme för ytterligare 600000 ton avfall att komposteras. [15] Ökad kompostering skulle medföra mindre avfall som skickas till deponi vilket skulle hjälpa Storbritannien att uppfylla villkoren i EU:s deponidirektiv. Lokala myndigheter vill i nuläget hitta de mest lämpliga alternativ som går för att leverera lättanvända tjänster som uppnår goda miljöresultat och som även är kostnadseffektiva. De lokala myndigheterna fortsätter med utökningar av insamlingsdepåer för matavfall, detta har gett ytterligare förtroende på marknaden.

2.5 EU-direktiv med avfallshantering

EU har en rad direktiv för uppfyllandet av olika miljömål. Europaparlamentets och rådets direktiv från 2008 "Om avfall och om upphävande av vissa direktiv" skriver under artikel 22 för biologiskt avfall:

"Medlemsstaterna ska vid behov och i enlighet med artiklarna 4 och 13 vidta åtgärder för att främja

a) separat insamling av biologiskt avfall i syfte att genomföra kompostering och rötning av avfallet,

b) behandling av biologiskt avfall på ett sätt som motsvarar en hög miljöskyddsnivå,

c) användning av miljömässigt säkert material som framställts av biologiskt avfall." [58]

Punkt 35 i direktivet beskriver:

Det är i enlighet med avfallshierarkin och för att minska utsläppen av växthusgaser från bortskaffande av avfall på deponier viktigt att underlätta separat insamling och riktig behandling av biologiskt avfall i syfte att producera miljösäker kompost och annat material

som grundar sig på biologiskt avfall. Kommissionen kommer efter en bedömning av hanteringen av biologiskt avfall att vid behov lägga fram lämpliga förslag till lagstiftning". [58]

I Sverige får inte organiskt avfall deponeras. Det står med i "Förordning (2001:512) om deponering av avfall". [59]

Deponidirektivet är skapat av EU och blev offentligt år 1999. Stränga tekniska krav för avfall och deponier infördes med syfte att förebygga eller minska negativa effekter på miljön från deponering. [60]

2.6 SITA och deras metoder vid hantering av matavfall

2.6.1 Öppet strängssystem vid central kompostering

SITA är ett av Englands största företag inom avfallshantering. De använder idag så kallade "Open windrow systems" vid kompostering. [21] Open windrow systems kan översättas till "Öppna sträng system" där avfallet läggs ut som långa strängar utomhus och högarna vänds av maskiner med jämna mellanrum. Detta för tillförsel av nytt syre. Strängarna är ca 2 meter höga och ca 4 meter breda. De är därför tillräckligt stora för att kunna behålla rätt temperatur, men även tillräckligt små så nytt syre kan tillföras. Metoden används ofta på större avfallsanläggningar eftersom metoden kan hantera stora mängder avfall på en gång. Inklusive trädgårdsavfall, fetter, vätskor, matavfall och animaliska biprodukter. Det är en användbar metod, avfall från hela samhällen kan bearbetas, även avfall från t.ex. restauranger och skolor. När kompoststrängarna finns i ett varmt och torrt klimat brukar de täckas för att undvika avdunstning av vatten. Formen hos staplarna kan justeras under regnperioder. Regnvattnet rinner då av toppen istället för att absorberas in i komposten. Strängen är motståndskraftig mot kyla. Även om det yttre skiktet är fruset kan en temperatur på 60 °C nås i dess kärna. [23] Ofta ställs höga krav på dessa anläggningar. Under komposteringsprocessen frigörs lakvatten vilket måste samlas in och behandlas. Prover med avseende på tungmetaller och bakterier tas ofta i laboratorium. Ibland krävs åtgärder vid dålig lukt. Andra problem omfattar lokaliseringskrav eller zonindelningar. Nackdelarna är de stora landområden samt den mekaniska utrustningen som krävs. Anläggningen måste hela tiden tas om hand och tillföras arbetskraft. Metoden ger i slutändan 10 % kompostmaterial. [13]

Figur 2.1 och 2.2 Open Windrow-anläggning



2.6.2 Matavfall som läggs på deponi och dess problematik

Englands deponier står för ca 3 % av energiproduktionen från förnybara energikällor. SITA hanterar i dagsläget 24 deponianläggningar i England. [22] Efter avtippningen måste avfallet kompakteras av speciella maskiner likt traktorer. Samtidigt läggs lager med till exempel jord på kontinuerligt för att undvika lukt, gnagare, flugor och fåglar. Vid slutet av varje dag läggs ett nytt lager med täckmaterial. Skötseln av en deponi kan därför sägas vara ganska krävande resursmässigt. Koldioxid och metan är de huvudsakliga gaserna som produceras vid deponierna och som uppsamlas i lagringstankar. Metangas är tyngre än luft och kan därför tas tillvara av uppsamlingsrör som är placerade under deponin. Gasen behandlas sedan på två olika sätt: Endera bränns gasen med facklor (vilka även kan beskådas vid oljeraffinaderier) eller så tas den tillvara och görs om till elektricitet där det mesta av elektriciteten exporteras till "the National Grid". Flera år efter nedstängning av deponin kan elektricitetsproduktion erhållas från gas som uppstår. [24] Lakvattnet extraheras via ledningar och förs till lagringstankar. Därefter måste tankfartyg hämta lakvattnet för bortförsel. Eller så förs det vidare direkt till ett reningsverk på plats. Det tar flera år för en deponi att nå sin maximala kapacitet. När detta sker täcks hela deponiområdet med ett slutligt täcklager, lera och växtlighet. Lagret håller borta dålig lukt och stänger ute regnvatten.

Deponihanteringen är i dagsläget ett stort problem i England. Tidigare har landet kallats för "Europas soptunna" då varningar utförts att deponianläggningarna kommer ta slut år 2018 [25]. Eller redan år 2016 enligt andra källor. [26] Skattebetalarna kommer få möta böter på upp till 180 miljoner pund per år (ca 2,16 miljarder kronor per år) vid år 2020 om de inte når EU-målen satta för reducering av pappers, mat- och trädgårdsavfall som skickas till deponier. Invånarna kommer indirekt bli påverkade kostnadsmässigt även om påföljder direkt kommer ges till lokala myndigheter. Varje år får Storbritanniens deponianläggningar ta hand om ca 27 miljoner ton hushållsavfall [26], 57 miljoner ton med industriavfall inräknat. [25] Arbetet för att minska användningen av deponier har varit ansträngande. Sedan år 2000 har mängden avfall som skickats till deponi minskat med en tredjedel. Men mer måste göras enligt experterna även om de ger en eloge till landets befolkning som kämpat hårt för att minska sitt avfall under de senaste åren. I jämförelse med Storbritanniens 27 miljoner ton hushållsavfall dumpar Italien 20 miljoner ton varje år, Spanien 17 miljoner ton, Tyskland 10 miljoner ton (som har en befolkning 25 % större än Storbritanniens) och Frankrike 13 miljoner ton. EU:s direktiv om deponihantering ställer höga krav på Storbritannien i dagsläget. Deponeringen måste minska till 75 % av 1995 års nivåer fram till år 2010, 50 % till år 2013 och 35 % till år 2020. [25]

2.6.3 Förbränningsugn

På avfallsanläggningar förbränns organiska och oorganiska material. Efter förbränningen tas värmeenergin till vara som i sin tur görs om till elektricitet. Moderna förbränningsanläggningar reducerar volymen av det ursprungliga avfallet med 95-96%. Den kvarstående volymen beror på den tidigare sammansättningen av avfallet samt mängden material som är återvinningsbart t.ex. metaller som separeras från askan genom användning av magneter. [27] Moderna förbränningsugnar har en effektivitet på 14-28 %. [28] Detta innebär att 14-28 % av energin blir till el och resterande del blir värme. Denna värme kan även tas tillvara och användas som fjärrvärme. Förbränning har särskilda fördelar med vissa avfallstyper såsom medicinskt och giftigt avfall då patogener och toxiner kan bli helt nedbrutna vid höga temperaturer. Enligt EWID (European Waste Incineration Directive) måste förbränningsugnar vara designade så gasen och röken som utvecklas når en temperatur på minst 850°C i minst 2 sekunder. Detta för att vara säkra på att de giftiga organiska substanserna verkligen bryts ner. Ifall inte avfallets värmevärde är tillräckligt högt så kommer temperaturen i ugnen vara lägre och då måste reservförbrännare kopplas in som ofta drivs av olja. Därför är värmevärdet en relevant egenskap på avfallet eftersom elvinsten blir lägre då olja förbrukas under förbränningsfasen. 25 stycken förbränningsanläggningar för avfall finns i Storbritannien men planer för ytterligare 65 stycken finns, nio i Skottland och en i Wales. [29] Miljöaktivister anser att regeringen borde använda sig av en mer hållbar strategi och har därför krävt uppskov på byggnationen av dessa planerade förbränningsanläggningar. Britter blir allt bättre på återvinning. Aktivister varnar därför för risk till överkapacitet. Officiell statistik visar att uppsamlat kommunalt avfall minskat med 4,1 % till 27,3 miljoner ton mellan 2008-2009, jämfört med 28,5 miljoner ton mellan 2007-2008. Andelen återvunnet eller komposterat avfall ökade från 34 % till 36,9 % inom samma period. Förbränning av avfall där energin tas tillvara steg från 11,1 % till 12,2 %. [29]

2.7 Växthuseffekten

Utan växthuseffekten hade det antagligen inte funnits liv på jorden. Denna naturliga process hade tidigare som uppgift att värma upp jorden. Men vårt klimat har hamnat i obalans då människan haft alltför stor påverkan på systemet. Gaserna som bidrar till växthuseffekten är en förutsättning för liv och växtlighet. [30] De gaser som finns i atmosfären tillåter en del av solens värmestrålning att stanna kvar på jorden. Utan denna värmestrålning skulle vi haft en medeltemperatur på -18 °C. De vanligaste växthusgaserna är koldioxid, metan, vattenånga, freoner, kväveoxid och ozon.

Koldioxid

Koldioxid är den växthusgas som släpps ut mest från våra fabriker och fordon till exempel. Koldioxidutsläpp orsakas till största del vid förbränning av olja, naturgas och kol. [31] Atmosfärens innehåll av koldioxid ses ofta som ett mått på hur mycket utsläpp vi får ha i framtiden. Ungefär 80 % av Sveriges utsläpp utgörs av koldioxid och ca 70 % om man ser globalt.

Metan

Metangas står för ca 20 % av världens utsläpp. [31] Det mesta av metangasen uppstår vid boskapsskötsel, avfallsförbränning, avloppshantering, utsläpp från kolgruvor samt från risodlingar. Många pratar idag om att införa köttfria dagar i skolor bland annat. Idisslare, till exempel kor som har ett speciellt matsmältningssystem, släpper ut metangas då de rapar. Uppfödning och transport av kreatur har en påverkan på växthuseffekten. Metangas har en kort uppehållstid, ca 15-20 år.

Ozon

Ozon har en uppehållstid upp till en månad och är därför kortlivad. Regionala effekter syns mest i Europa och Nordamerika. Flyget har en stor bidragande del till bildandet av ozon. Den är färglös med stickande lukt och skadlig för människor och djur. [32]

Freon

Används vid kylning i kyl-värma och klimatanläggningar (till exempel kylskåp och värmepumpar). [31] De bryter ner ozon och påverkar klimatet negativt. Avveckling av freon sker just nu genom lagstiftning

Koldioxidekvivalenter

Växthusgaserna har olika påverkan på klimatet. Därför måste hänsyn tas till olika aspekter och sammanvägning av dessa för att veta just denna påverkan. Något som måste tas i beaktning är uppehållstiden i atmosfären, absorbering av värmestrålningsförmåga och dess relativa utsläppsvolymer till exempel. I rapporten kommer enheten koldioxidekvivalenter behandlas flitigt. Det är en koldioxidenhet för jämförelse av växthusgaser sinsemellan. En växthusgas kan helt enkelt göras om till en ny enhet, koldioxidekvivalenter. På engelska heter det GWP, Global Warming Potential. [31]

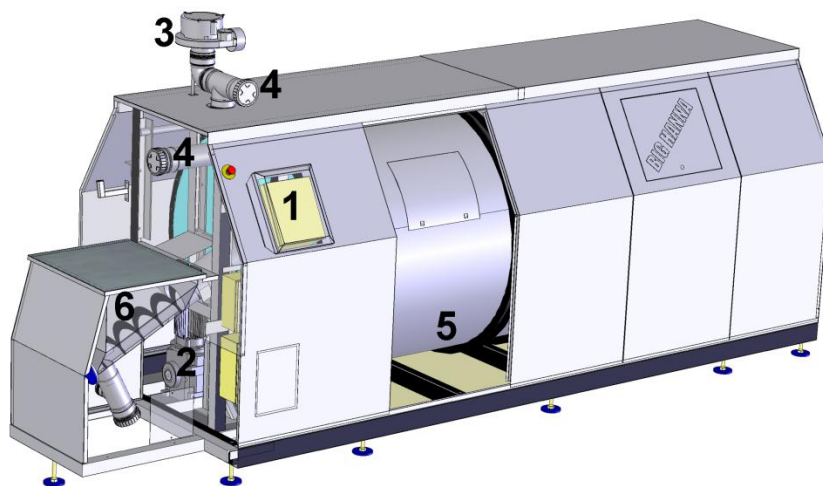
2.8 Detaljerad funktionsbeskrivning av Big Hanna

Big Hanna finns i fem olika modeller. Mängden avfall avgör vilken modell som lämpas bäst. Effektiviteten är som högst då avfallet är torrt. Därför måste avfallets fuktighetsgrad tas i beaktning. [33] Maskinen har med hjälp av sin automation ett system med rätt klimatisering för optimalt resultat. Inuti finns roterande enheter vilket är mer optimalt för en snabb nedbrytning. Mikroorganismer tillförs nu hela tiden nytt syre. Cylindern roteras med hjälp en motor under ungefär en minut per timme. Ventilationen jobbar även aktivt för tillförsel av syre. Ventilationens första uppgift är att processen sätts igång med tillförsel av syre till avfallet. Genom ett galler sugs luft in där den förvärms mellan cylindern och huven för att sedan passera genom cylindern och ut genom den rostfria fläkten. Den andra funktion ventilationen uppfyller är bortförsel av gaser, fukt och lukt till avloppet. Biofilter används för rening ifall bortförsel till avlopp inte är möjligt. Efter tillförsel till biofiltret finns en bädd av bark med enzymer som neutraliserar lukten av luft och kondensvatten. Luften kan därför släppas ut utan att människor i närheten ska påverkas av dålig lukt.

En temperatur på 55-65 °C uppnås naturligt i cylindern. Det är inga problem med installation utomhus. Luften behöver värmas då utetemperaturen sjunker under 0 °C. Mellan cylindern och huven finns en värmare som värmer luften till optimal temperatur. Vid starten när avfallet är fuktigt hålls en hög temperatur vilken sedan avtar ju längre processen går. Detta även kan urskiljas ur figur 2.3 för Big Hannas yttre delar. De flesta Big Hannas, förutom den minsta modellen, är utrustade med en temperatursensor inuti cylindern. Displayen visar processens gång. Processen kan styras från en PC då den digitala displayen kopplas till denna. Temperaturen kan därför plottas i intervaller. Maskinen har en relativt enkel konstruktion och är lätt att använda. På framsidan finns ett inkast där matavfall läggs in. Matavfallet processas och bearbetas sedan inuti de olika delarna under ca 10 veckors tid för att sedan återfinnas i en plastpåse på andra sidan, nu omvandlat till kompostjord. En sluten behållare håller dålig lukt borta samtidigt som luftning sker automatiskt under processens gång. Det finns en rad olika frågor som är väsentliga med avseende på miljöaspekter. Vilken miljöpåverkan har maskinen under sin livscykel och vad blir den verkliga potentiella miljövinsten under användningsfasen? I dagens moderna samhälle ställs allt högre krav på företagare när det kommer till miljöfrågor och miljöcertifiering. Både Susteco och dess potentiella kunder är i behov av en livscykelanalys. Det är i hög grad väsentligt och krävs ofta för att få miljöcertifieringar eller tillstånd av kommuner vid nybyggen.



Figur 2.3 Big Hannas yttre delar. Produktens delar är (1) Inkast där avfallet förs in. (2) Fläkt. (3) Digital display. (4) Inspektionslucka. (5) Automatisk tömning till plastkasse.



Figur 2.4 Big Hannas inre delar. (1) Kontroll. (2) Motor. (3) Fläkt i rostfritt stål. (4) Filter och fläkt. (5) Dubbelisolering. (6) Avfallsmalare. (7) Matare.

2.9 Material som används i fallstudien

Big Hanna har till största del metallkomponenter. Sammanlagt innehåller modell T-240 drygt 500 kilo stål och nästan 450 kilo rostfritt stål. Ca 10 kilo aluminium och 10 kilo cellplast tillkommer även. Nedanför följer mer noggranna beskrivningar av de största beståndsdelarna hos produkten

Rostfritt stål (EN1-4301)

Harry Brearly, en engelsk metallurg, upptäckte år 1913 av misstag att tillsats av krom till stål med låg kolhalt ökar stålets hållfasthet. Stålet måste tillföras minst 12 % krom innan det motstår rost. [34] Rostfritt stål används mycket inom industri och andra verksamheter och används ofta som en yta för apparater och i kök. Metallen korroderar inte och är lätt att rengöra. Enda nackdelen är repor och fingeravtryck som lätt kan synas. Dess höga skrotvärde och låga rostrisk medför en hög återvinningsgrad, återanvändning är därför möjlig. Designers och beställare världen över vet att rostfritt stål är dyrt. De överkompenserar därför gärna och köper en dyrare variant då det är lika bra att använda det bästa. Historiskt sett har EN14301 varit en oerhört viktig stålmodell och den dominerar än idag. [35] Den är robust och relativt billig. (Se jämförelse med EN14436 och EN14462). Dessa tre typer är vanligast i Storbritannien

Stål (SS-EN 10305-5)

Om stålprodukter tillverkas med återvunnet material istället för med malm kan 75 % av energin sparas. Globalt sett används 50 % av alla stålprodukter från återvunnet stål. Stål är det material som återvinns mest i världen. 2200 personbilar skulle kunna tillverkas om alla svenskar återvann sina kapsyler. [36]

Aluminium (EN AW 6060 T6)

EN-AW 6060 är en medelstark legering och är lämplig där inga specifika hållfasthetsegenskaper krävs. Den är i dagsläget den mest använda legeringen och lämpar sig bra för pulverlackering. Den kan tillverkas i allt från mycket komplexa former till enklare former samtidigt som mycket bra ytegenskaper erhålls. Legeringen används ofta i fasader, delar av möbler, uppvärmnings- och avkylningsrör, stegar och räcken m.m. När man återvinner aluminium för nyproduktion sparas 95 % av energin. Aluminium går att återvinna om och om igen.[36]

Interpon TC

Är en typ av pulverlack som erbjuder bra ljus- och väderbeständighet och har hög mekanisk hållfasthet. Används ofta vid dekoration för möbler av metall eller för belysning inomhus eller utomhus. Oanvänt pulver kan tas tillbaka med hjälp av passande utrustning och sedan återanvändas genom bstrykningssystemet.[37]

Cellplast S100

Används som isolering och är ett starkt material med låg egenvekt. Ger även bra skydd mot vind, kyla, fukt och mögel. [38] För ”rena” produkter fungerar materialåtervinning och för kontaminerade passar energiutvinning bättre. Produkten kan således återvinnas eller användas på andra sätt. [39]

3. METOD

I arbetet har en livscykelanalysmetod med hänsyn till den internationellt godkända ISO-standarderna använts. En jämförande LCA utfördes på användningsfasen av Sustecos komposteringsmaskin Big Hanna, modell T-240. Nedan beskrivs hur en LCA-analys går till och alla dess steg.

Rapporten avser även analyser på ett fiktivt fall där John Moores University i Liverpool använder sig av de vanligaste förekommande avfallshanteringssystemen av organiska hushållsrester i England. Tack vare det fiktiva fallet, kan avståndsberäkningar utföras. Företaget som i dagsläget hanterar avfallet från John Moores University är företaget SITA. Alternativen som jämförs med Big Hanna är följande:

- Matavfallet körs till en central komposteringsstation
- Matavfallet förbränns
- Matavfallet läggs på deponi

3.1 LCA och ISO-standarder

Livscykelanalys är ett ISO-certifierat miljöverktyg som används världen över för att ta reda på hur stor miljöpåverkan en vara eller tjänst har från vaggan till graven. Det finns flera olika ISO-standarder som är inriktade på LCA där de mest relevanta för vår rapport är:

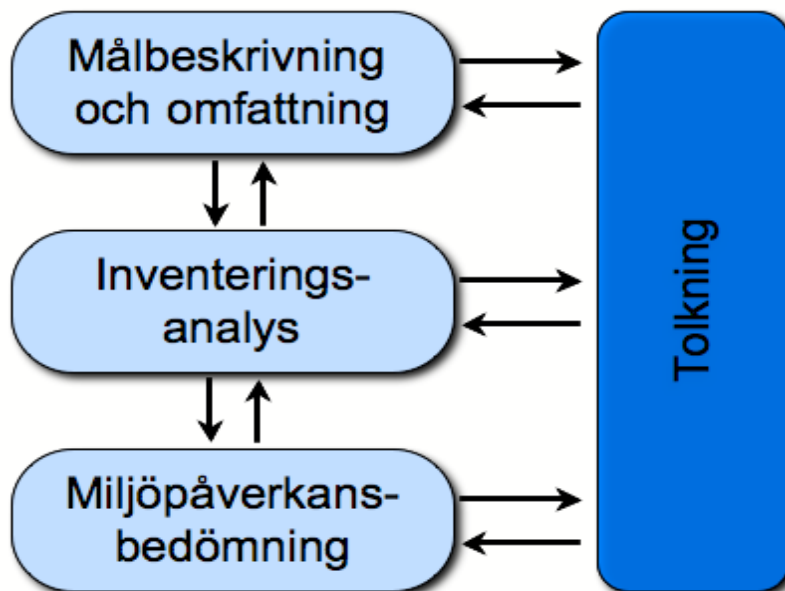
- ISO 14040:1997 – Principer och struktur [40]
- ISO 14041:1998 – Definition av mål, omfattning och inventeringsanalys [41]
- ISO 14042:2000 – Miljöpåverkansbedömning [42]
- ISO 14043:2000 – Tolkning [43]

ISO-standarderna 14040 beskriver principerna och upplägget av en LCA-rapport samt vilka uppgifter som måste rapporteras. Rapporten ska göra det möjligt att sätta sig in i analysens resultat och bedöma studiens kvalitet och begränsningar. Den beskriver varken LCA-verktyget i detalj eller definierar hur varje delmoment ska utföras (syfte, målsättning och omfattning, metodik, avsedda tillämpningar och målgrupper). Den är ganska generell för att standarderna ska kunna appliceras i flera olika typer av industrier och konsumtionssektorer. [44] Dock finns det ett klart ramverk av hur själva utformningen av rapporten ska vara uppbyggd. Arbetet kommer följa de ISO-certifierade standardernas ramverk och utformning. De delar som ska finnas med är:

- 1) LCA-studiens definition av mål och omfattning
- 2) Livscykelinventeringsanalysen (LCI)
- 3) Miljöpåverkansbedömningen (LCIA)

4) Livscykeltolkningen

Utförandet av en LCA-studie är oftast en iterativ process. Det visar sig nämligen ofta i ett senare skede av LCA-studien att studiens omfattning måste anpassas. Att mer data behövs till inventeringsanalysen så miljöpåverkansbedömningen kan utföras. Figur 3.1 illustrerar det iterativa sambandet mellan de fyra faserna.



Figur 3.1 Struktur för livscykelanalysen visar att LCA är en iterativ process

En livscykelanalys är ofta omfattande och kräver data med kvantitet. En stabil grund med teoretisk fakta behövs för påbörjan av arbetet med LCA. Som tidigare nämnts måste teori och information vara både kvantitativ och kvalitativ, någonting som beaktats noggrant.

3.2 LCA-studiens definition av mål och omfattning

Mål

I definitionen av mål och omfattning redovisas beslut angående produkten som skall studeras och syftet med studien. Enligt ISO-standarderna ska måldefinitionen omfatta fastställandet av den avsedda studiens ändamål, anledningen till att den utförs och till vem som resultaten skall rapporteras. Standarden betonar att såväl målet som omfattningen av en LCA-studie måste vara klart definierat och vara förenligt med det avsedda ändamålet. [45]

Omfattning

Följande punkter ska noga övervägas och klart beskrivas i omfattningen [46]:

- Funktionen av produktsystemet och den funktionella enheten
- Produktsystemet som skall studeras och produktsystemets systemgränser
- Allokeringsprocedurer

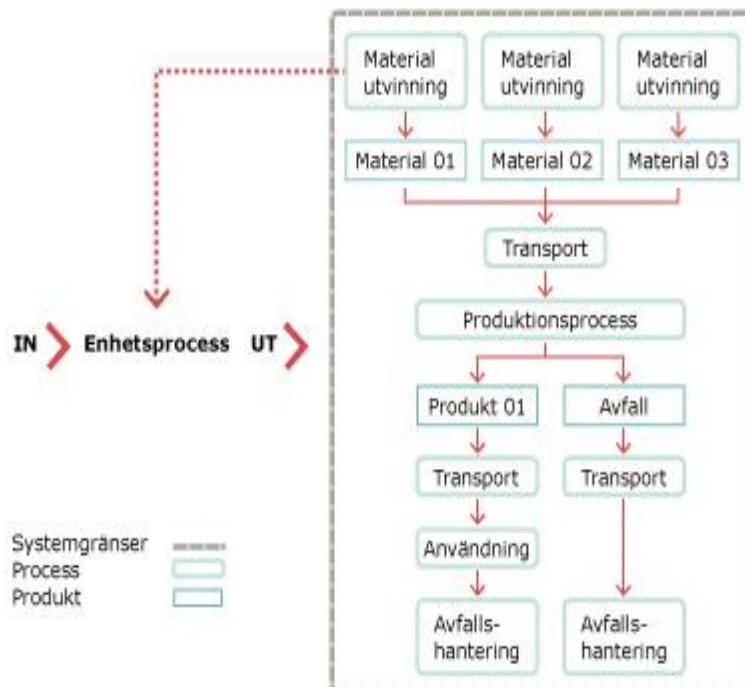
- Miljöeffekttyper och metodiken för miljöpåverkansbedömningen samt efterföljande tolkning som skall användas
- Inledande datakvalitetskrav och datakrav
- Antaganden och begränsningar
- Typ av kritisk granskning om sådan tillämpas
- Typ och format på rapporten som krävs för studien

Exempel på olika avgränsningar:

- Avgränsningar mot andra produkters livscykler
- Avgränsa detaljnivån (undanta delar eller komponenter)
- Avgränsningar mot natursystem (interaktionen med ekosystem)
- Avgränsningar i tid och rum, dvs. vilken tidsskala skall användas och vilka geografiska områden som är aktuella
- Avgränsningar mot produktionskapital och personal

3.2.1 Livscykelinventeringsanalysen

En livscykelinventeringsanalys (LCIA) omfattar datainsamling och beräkningsprocedurer. Det modellerade systemet som definierats i syfte och avgränsning transformeras till ett processträd eller flödesschema. Alla aktiviteter i processträdet delas in i så kallade enhetsprocesser, den minsta enheten i en LCA. Varje enhetsprocess är förbunden med input och output, se figur 3.2 [47]



Figur 3.2 Processträd bestående av enhetsprocesser. [47]

Huvudpunkterna:

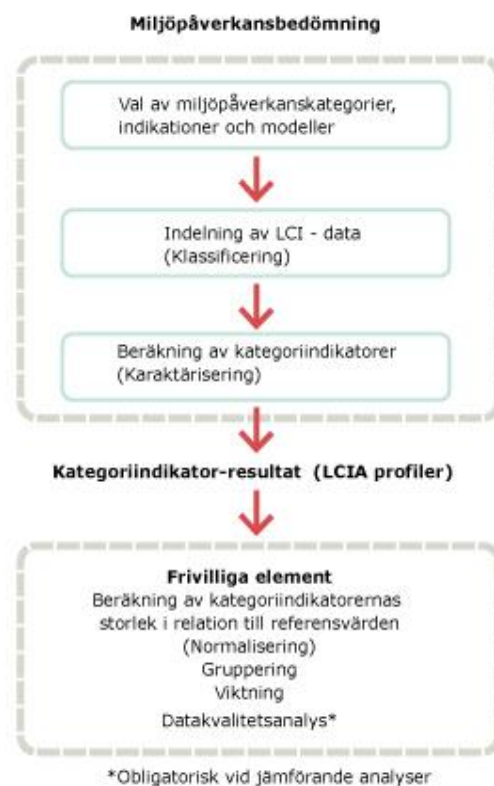
- Insamling av data
- Allokering av in- och utflöden
- Beräkning och giltighetskontroll av data (mass- och energibalanser)
- Förfining av systemgränserna (utöka eller begränsa)
- Relatera data till det studerade systemet

Olika typer av data:

- Data från bästa tillgängliga teknik (produktutveckling)
- Specifika data (för det studerade systemet)
- Medelvärdesdata (för en bransch, ett land, hela världen etc.)

3.2.2 Miljöpåverkansbedömning

Life Cycle Impact Assessment (LCIA) eller miljöpåverkansbedömningen är den tredje fasen i en livscykelanalys. Syftet med miljöpåverkansbedömningen är att värdera livscykelinventeringens data (LCI) från det analyserade systemet. Detta för bättre förståelse med dess potentiella påverkan på miljön. En LCIA kan delas in i två steg, se figur 3.3. Första steget innehåller tre faser för att producera en LCIA-profil. Det andra steget är frivilligt och en vidare bearbetning av LCIA-profilen för att skapa ett aggregerat värde för miljöpåverkan. [47]



Figur 3.3 Miljöpåverkansbedömning [47]

3.2.3 Val av påverkanskategorier

Det första som görs i en LCIA är val av miljöpåverkanskategorier och kategoriindikatorer. Valen måste vara relevanta och stämma överens med syfte och avgränsning för studien. I tabell 3.1 nedan redovisas ett antal vanliga miljöpåverkanskategorier och kategoriindikatorer.

Tabell 3.1 Exempel på miljöpåverkanskategorier och kategoriindikatorer.

Miljöpåverkanskategori	Kategoriindikator
Växthuseffekt	CO ₂ -ekvivalenter
Ozonuttunning	ODP (ozon depletion potential)
Försurning	SO ₂ -ekvivalenter
Övergödning	COD/BOD
Marknära ozon	POCP (eten-ekvivalenter)
Resursanvändning, material	KG
Resursanvändning, energi	MJ (mega joule)

3.2.4 Karakterisering

Karakterisering är en synonym för beräkningen av storleken på kategoriindikatorerna. Alla parametrar i de olika påverkanskategorierna ska multipliceras med en så kallad ekvivalensfaktor. På detta sätt kan alla miljöpåverkanskategorier i samma enhet. För miljöpåverkanskategorin växthuseffekt har man till exempel CO₂ som kategoriindikator. Detta betyder att varje kg CO₂ bidrar med 1 kg CO₂-ekvivalenter (CO₂e) till denna påverkanskategori. Metan påverkar också kategorin men har karakteriseringsfaktorn 25. Det innebär att varje kg metan bidrar med 25 kg CO₂e till miljöpåverkanskategorin.

3.2.5 Livscykeltolkningen

Tolkningen av en LCIA beror på syftet och målet med analysen. Tidigare kallades denna del av analysen för "förbättringsanalys". Det har på senare tid blivit ändrat till "tolkning" därför att det inte nödvändigtvis krävs en förbättringsanalys i alla typer av LCA. [47] I tolkningen av resultatet ska hela analysen diskuteras angående datakvalitet, avgränsningar, systemgränser, giltighet av studie samt känslighetsanalys.

3.3 Olika typer av LCA

Det finns olika typer av livscykelanalys beroende på vad som undersöks och vad syftet med arbetet är. Metoden vi använt är en jämförande LCA. De fyra vanligaste metoderna är:

- Bakåtblickande
- Framåtsyftande
- Lärande
- Jämförande

En bakåtblickande LCA är en bokförande LCA på hur processerna ser ut. Exempel på bakåtblickande studie är miljövarudeklarationer. En framåtsyftande LCA görs för att undersöka miljöpåverkan av möjlig framtida utveckling. En lärande LCA var vanlig under utvecklingen av LCA. Denna typ ger ofta inget klart resultat. En jämförande livscykelanalys är ett verktyg för att jämföra miljöpåverkan från olika processer, t.ex. ifall ett tekniskt system skall förändras. I en jämförande analys är det skillnaderna som är relevanta. Målet är inte att kartlägga hela produktsystemets livscykel utan i stället fokusera på skillnaderna. [9]

3.4 För-och nackdelar med LCA

En LCA har både möjligheter och begränsningar. Nedan följer en lista med generella för- och nackdelar för livscykelanalyser [9]:

Fördelar

- Förklarar utförligt de vertikala strömmarna av energi- och materialflöden som annars kan förbli dolda.
- Samma funktioner kan tillgodoses med hjälp av beslutsunderlagen från LCA: n och miljöpåverkan kan därför minskas.
- Miljömässiga kontroverser kan klargöras med resultatet.
- Förberedande och miljöförebyggande då produktutveckling kan anpassas efter resultatet.
- Kunder och potentiella kunder får mer kunskap om produkten/produktionen.

Nackdelar

- Data saknas ofta, teoretiska beräkningar är ett måste.
- Omfattande informationsframtagning, tidskrävande.
- För rätt användning krävs mycket utbildning i ämnet.
- Är dyrt och svårt att utföra i relation till resultat som fås i slutändan.
- Datakvaliteten är viktig. Resultatet kan variera kraftigt ifall in-data varierar lite grann.
- Jämförbara och tillförlitliga LCA-data saknas.
- Ingen internationell viktningmetod finns.

Rydh hävdar att LCA kan vara svår att tillämpa i praktiken då den är en kunskapsintensiv metod. Informationsframtagning sker från flera olika håll. Därför måste personerna som tillhandahåller data sätta sig in i processerna. De nya kunskaperna eller erfarenheterna som tillkommer kan i slutändan leda till förbättringar inom kvalitet och produktutveckling. Tack vare metoden kan företag redan i konstruktionsfasen av en produkt ta fram optimal produktspecifik information vilket leder till ett bättre miljöarbete. Vid genomförandet finns inte någon enhetlig metod och det är en komplex analys som kan användas inom väldigt många områden. LCA kan även utföras med hjälp av datorprogram. Det tar inte mer än ett par timmar ifall rätt information finns till hands. Det största problemet med LCA är oftast sökandet av relevant information. Data som tagits fram måste vara aktuell och representativ. Olika produktionsförhållanden kan skilja sig mycket med avseende på tid och rum då data inhämtats från olika områden och tider. Enligt ISO 14 042 (2000) får inte resultat vid jämförelse av två produkter presenteras för allmänheten ifall LCA-resultatet baserats på viktning. Fel bild kan ges då kvalitet eller kvantitet på data inte är tillräckligt. LCA är användbart när en överskådlig blick över hur ett system fungerar efterfrågas, var de mest bidragande delarna finns. Den bör alltid kompletteras med andra metoder vid beslutsunderlag till exempel miljörevisioner eller riskanalyser. Främst större företag har resurser att utföra LCA-analyser. De är ofta tidskrävande, komplicerade och dyra att få fram.

3.5 Transport och bränsleförbrukning vid avfallshämtning

Vid avståndsberäkningar användes Google Maps för att hitta sträckor från John Moores University till SITA:s närmaste anläggningar. I varje fall antogs lastbilen som transporterar avfallet köra raka vägen från avfallsanläggningen till John Moores University. Väl där hämtas 1200 kg avfall och sedan kör lastbilen tillbaka direkt till avfallsanläggningen. Under vägen tillbaka hämtas även avfall från andra ställen. Siffror med avseende på hur stor volym 1200 kg matavfall utgör för en avfallslastbil hämtades även. För beräkningar av bränsleförbrukning vid transporter behövdes både siffror gällande bränsleförbrukningen samt informationsframtagande på avstånd.

3.6 Elkonsumtion och elproduktion i England

Vid beräkningar med kilowattimmar måste hänsyn tas till hur ett land producerar sin elektricitet. Alla sätt att tillverka el ger olika avtryck i form av CO₂-utsläpp. Eltillverkning med användning av fossila bränslen (kol, olja, gas) har de högsta utsläppen när det kommer till CO₂. Teknologier som inte använder några fossila bränslen så som vindkraftverk, solceller, vattenkraftverk och kärnkraftverk benämns ofta som "Low carbon" eller "Carbon neutral". De släpper nämligen inte ut någon koldioxid under användningsfasen. Koldioxidsavtrycket räknas ut genom att använda just LCA-metoden. Information gällande Englands elinfrastruktur och olika elframställningars miljöpåverkan insamlades och bearbetades.

3.7 LCI-profil med programmet Lifecycle designer

En LCI-profil för Big Hanna har utformats med hjälp av Lifecycle designer. Det är ett program där företag kan designa och utföra sin egen livscykelanalys. Det har utvecklats för olika användare med allt från små- och medelstora företag och globala varumärken. Förenklade beräkningar för Big Hanna med avseende på "Materials and processes" och "Distribution" har utförts.

3.8 Datainsamling

De databaser som Chalmers prenumererar på har använts för framtagande av resultat och metoder hos tidigare utförda LCA-analyser. Med hjälp av kommersiella databaser framtogs mer generella siffror och data. Andra grundläggande fakta om LCA i allmänhet har erhållits från litteratur i ämnet. All insamlad data är aktuell.

4. RESULTAT

Nedan redovisas resultaten från arbetet med analyser och datainsamling som beskrevs i metodkapitlet. Resultatdelen är skapad med ungefär samma struktur och ordning som metoddelen.

4.1 Första delen i en LCA - Mål och omfattning i arbetet

Mål

Susteco AB begärde analyser av de potentiella miljövinster ett företag får vid användning av Big Hanna. Denna potentiella miljövinst/förlust jämfördes med de vanligast förekommande avfallshanteringsmetoderna för organiska hushållsrester.

Omfattning

- Funktionella enheten

1200 kg matavfall vilket är mängden Big Hanna kan kompostera per vecka.

- Systemgränser

Jämförande analyser gjordes enbart på Storbritanniens alternativ för hantering av matavfall. Resursförbrukningen som krävs under användningsfasen bäckatades bara. Tidigare avhandlingar har gjort liknande avgränsingar och helt försummat resursförbrukning vid tillverkningsfasen. (Lundie, S, 2005) Inga ekonomiska hänsynstaganden har gjorts i analysen.

- Miljöpåverkanskategori

Alla emissioner omvandlas till CO₂e i analysen.

Tabell 4.1 Miljöpåverkanskategorier

Påverkanskategorier	*Faktor	Referens
Koldioxid	1	-
KWh	0,54	[48][49]
Kompostjord	0,284	[8]
Metangas	25	[50]
Dikväveoxid	298	[50]
Ammoniak	23	[51]

*De tal som används vid omvandling från påverkanskategorier till CO₂e

- Inledande datakrav

Insamling av data beskrevs under metodavsnittet datainsamling 3.8. Strukturen är densamma.

- Antagande och begränsningar

Siffror för emissioner under förbränning av enbart matavfall gick inte att erhålla. En blandning av hushållsavfall användes istället (MSW, Municipal Solid Waste).

- Typ och format på rapporten som krävs för studien

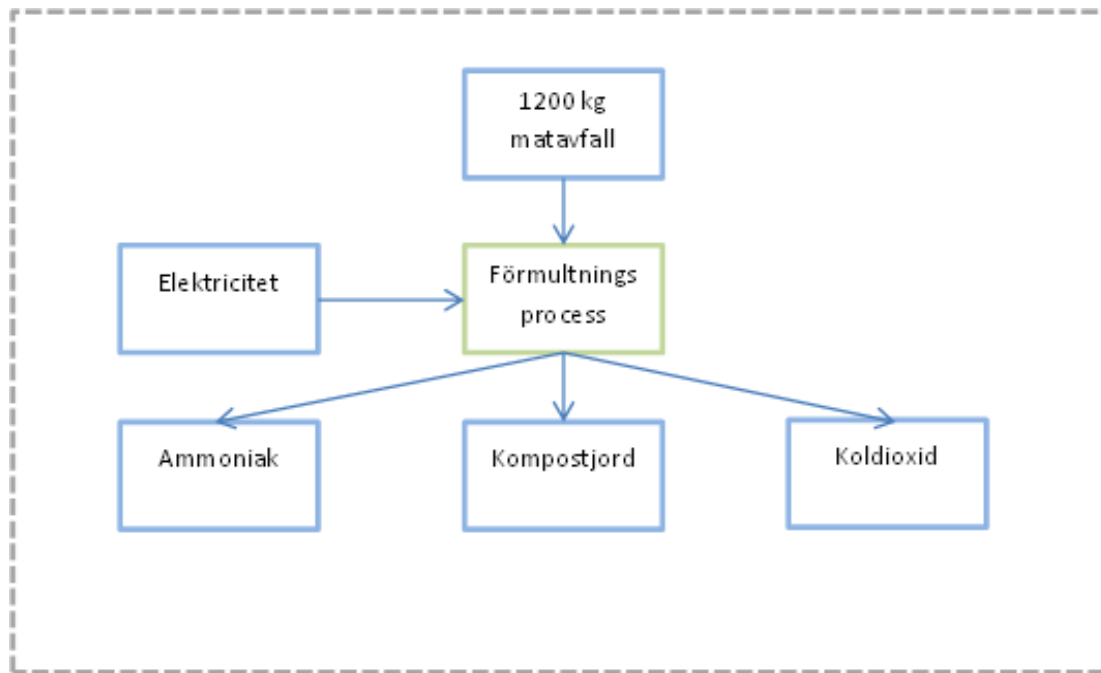
Analysen följer Chalmers mall för maskiningenjörers examensarbete

4.2 Andra delen i en LCA - Livscykelinventering

Här presenteras flöden för den funktionella enhetens väg i de olika fallen.

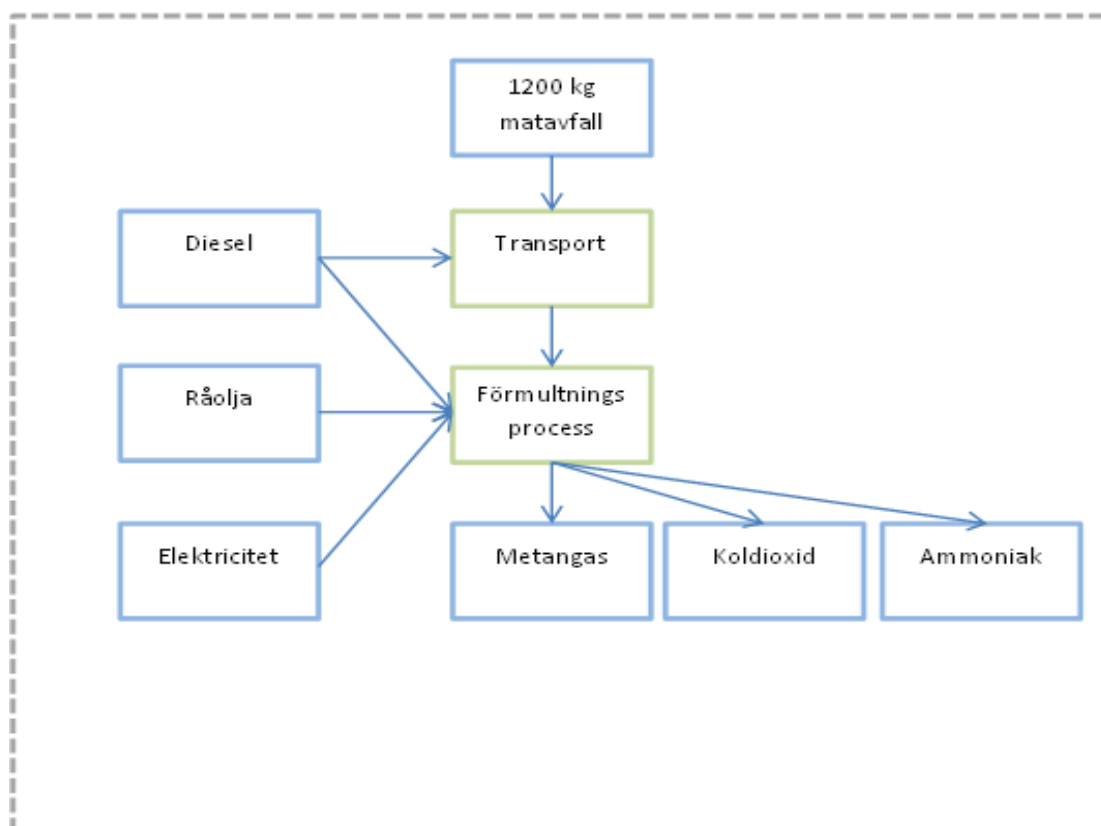
4.2.1 Datainsamling

Datainsamlingsområdena för de fyra olika fallen presenteras nedan. Flödesscheman i figur 4.1-4.4 visar alla flöden som var nödvändiga att ta hänsyn till vid skapandet av livscykelinventeringsanalysen.



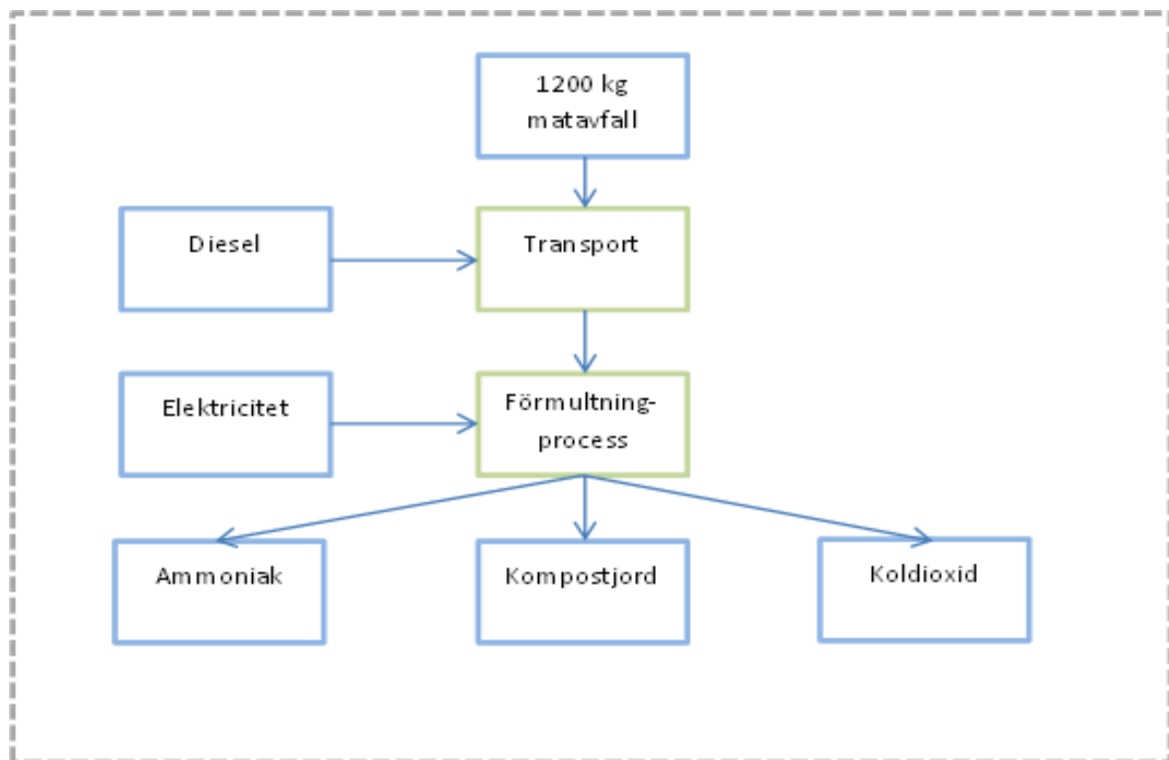
Figur 4.1 Flödesschema Big Hanna

Ingen transport behövs i detta fall. Matavfallet förmultnas på platsen och kompostjorden antas tas till bruk av universitetet själva.



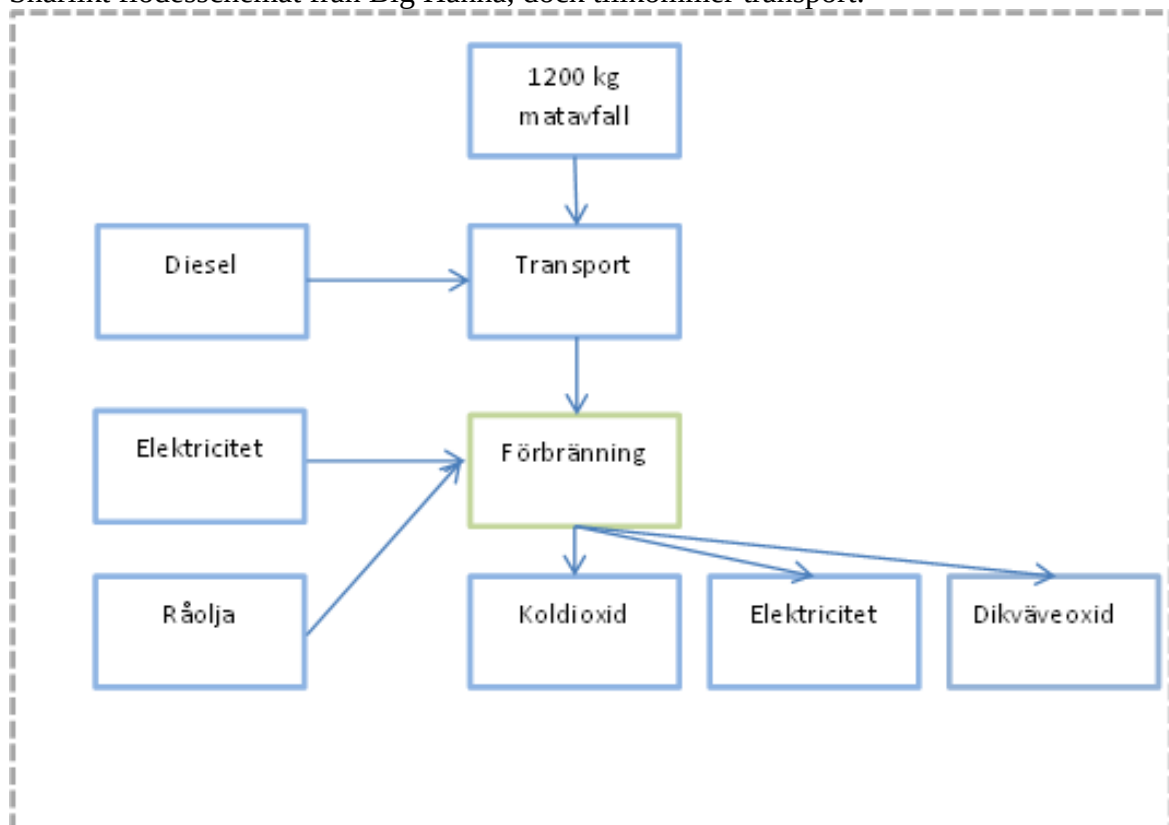
Figur 4.2 Flödesschema deponi

Jämfört med föregående fall tillkommer transport och underhåll av deponianläggningen. Då förmultningsprocessen i detta fall är anaerobt så blir även de utgående emissionerna annorlunda.



Figur 4.3 Flödesschema central kompostering

Snarlikt flödesschemat från Big Hanna, dock tillkommer transport.



Figur 4.4 Flödesschema förbränning

Det mest komplexa fallet i vår studie med flest processer att ta hänsyn till. En positiv output i form av elektricitet finns här.

4.2.2 Transport och dieselförbrukning

Thuy T.T. Nguyen (2009) har gjort en omfattande undersökning på bränsleförbrukning vid hämtning av avfall. Undersökningen tar hänsyn till två olika sätt att hämta upp avfall. Dels då oorganiska och organiska avfall blandas och pressas med "Garbage packers" och dels då avfallen sorteras och läggs i lastbilen med "Co-Collectors". Eftersom det senare fallet är mer tidskrävande blir tomgångskörningen längre och dieselförbrukningen högre. Resultatet av studien visar att dieselförbrukningen i fallet med Garbage Packers är 1,26 liter/ km och 1,80 liter/km då Co-Collectors används. I denna undersökning används olika hämtningsmetoder i respektive fall. Lastbilen som rymmer 24,5 m³ antas fyllas till 85 % innan den kör tillbaka till avfallsstationen. [11] I praktiken så fylls inte lastbilen till 100 % vid kontinuerlig sophämtning. Skulle den fyllas så måste den hoppa över de resterande hushållen på vägen) Matavfallets volym är 514 kg/m³ vilket gör att 1200 kilo utgör 11,21 % av lastbilens kapacitet. [52] Vid beräkningar belastas därför varje fall med 11,21 % av den totala dieselförbrukningen under vägen. Fallet då Big Hanna används saknar transport.

Tabell 4.2 Diesel – och råoljaeförbrukning [5][11][52][53][54][55]

Fall	Belastad distans (km)	Dieselförbrukning transport (liter/km)	Dieselförbrukning Anläggning (liter)	Råolja- förbrukning (liter)	CO ₂ e (kg)
Big Hanna	-	-	-	-	-
Deponi	0,99	1,24	2,88	0,72	9,5
C. kompost.	6,52	1,80	0	0	23,0
Förbränning	6,24	1,26	0	0,48	16,4

Deponi

I deponifallet hämtas matavfallet tillsammans med oorganiska ämnen en gång i veckan och transporteras till den närmaste deponin från John Moores University. Upphämtningen här sker med bränslesnålare "Garbage Packers" där bränsleförbrukningen är 1,26 liter per km. Den närmaste deponin är placerad vid Merseyside, L19 2JR, 8,8 kilometer från skolan. [53] Bränsleförbrukningen som belastar den funktionella enheten beräknas i ekvation 1:

$$8,8 \text{ km} \times 11,21 \% \times 1,26 \frac{\text{liter}}{\text{km}} = 1,24 \text{ liter diesel} \quad (1)$$

Diesel- och råoljaeförbrukningen för underhåll av den funktionella enheten på deponin är 2,88 liter diesel samt 0,72 liter råolja. [5]

Total dieselförbrukning blir därför 4,11 liter vilket motsvarar 10,92 kg CO₂e. Råoljaeförbrukningen motsvarar 1,4 kg CO₂e. [54][55]

Central kompostering

Matavfall samlas tillsammans med papper och trädgårdsavfall i en central kompoststation, separerat från den oorganiska avfallsströmmen. Matavfallet hämtas från universitetet och transporteras till SITA:s avfallsanläggning. Väl där bearbetas matavfallet till kompost med hjälp av en metod som heter "Open windrow system" vilken används av SITA. Deras närmaste strängkomposteringsstation sett till avstånd från universitet ligger vid Wimbold trafford, Chester, CH2 4JP, ca 29,1 km från skolan. [53] Av de 58,2 km som lastbilen kör fram och tillbaka mellan SITA:s anläggning och universitetet kan endast 11,21 %, alltså 6,5 km belastas på upphämtning av avfall från universitetet.

$$58,2 \text{ km} \times 11,21 \% \times 1,80 \frac{\text{liter}}{\text{km}} = 11,74 \text{ liter diesel} \quad (2)$$

11,74 liter diesel motsvarar 23,01 kg CO₂e. [55]

Förbränning

Matavfallet transporteras tillsammans med oorganiska ämnen till den närmaste förbränningsstationen som heter Stoke Incinerator och ligger vid 53 Underdale road, Shrewsbury, Shropshire, SY2 5DX vilket är 55,7 km från universitetet. [53] I motsats till fallet med centralkompostering så sker hämtningen med "Garbage Packers" vilket medför en lägre dieselförbrukning, 1,26 L/km.

$$55,7 \text{ km} \times 11,21 \% \times 1,26 \frac{\text{liter}}{\text{km}} = 7,87 \text{ liter diesel} \quad (3)$$

Mängd CO₂e som motsvarar 7,87 liter diesel är 15,42 kg. [55]

4.2.3 Elförbrukning och elutvinning

Nedan visas diagram för Englands elproduktion samt hur stor påverkan varje produktionsmetod har på miljön, sett till utsläpp av CO₂e/kWh.

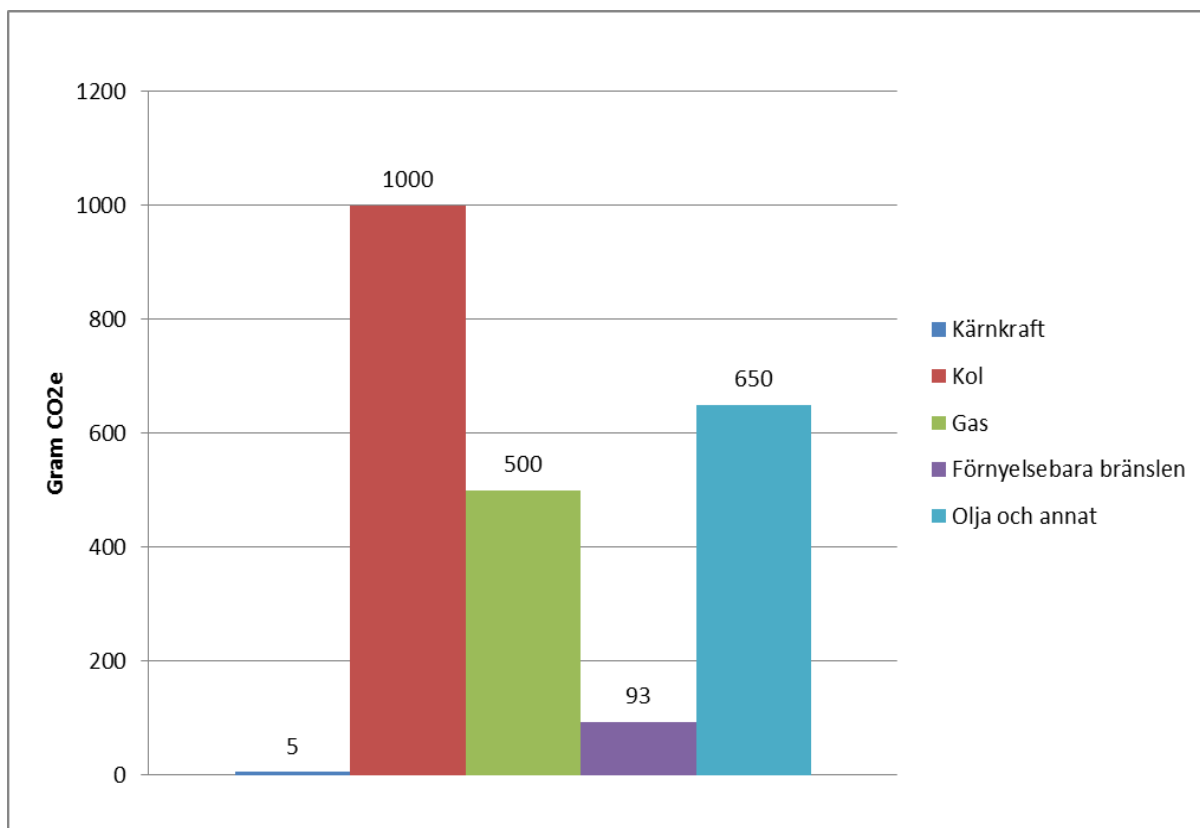


Diagram 4.1 Gram CO₂e per kWh med Englands energimix

Biomassa/förnyelsebara bränslen

Biomassa erhålls från organiskt material. Det kan vara från dedikerade energifarmer eller biprodukter från industri och jordbruk. Elframställning med biomassa är klassat som "Carbon neutral" eftersom mängden koldioxid som släpps ut motsvarar mängden koldioxid som växterna har absorberat under uppväxten. Dock finns det andra tillkommande emissioner som gör att processen inte blir helt neutral. Sammanlagda emissioner som uppstår under gödseltillverkning, skördning och transporter gör att koldioxidavtrycket är 93g CO₂e/kWh. [49]

Kol/olja

Koldioxidsavtrycket från kol och olja domineras helt av emissioner som tillkommer i användningsfasen då de fossila bränslena förbränns. Indirekta emissioner från materialutvinning och konstruktion av anläggningar är relativt låga. El framställt från olja är bara en väldigt liten del (1 %) av Storbritanniens sammanlagda elframställning och används bara som reservkraft under de mest elintensiva perioderna.

Koldioxidsavtrycket för kol respektive olja är 1000 g CO₂e/kWh och 650 CO₂e/kWh. [49]

Gas

Även här domineras koldioxidsavtrycket av emissioner som tillkommer i användningsfasen. Storbritanniens nuvarande elframställning från gas har ungefär halva koldioxidsavtrycket jämfört med kol (500 g CO₂e/kWh). Gas har jämförelsevis lägre koldioxidsinnehåll. [49]

Kärnkraft

Elframställning i kärnkraftverk har ett jämförelsevis lågt koldioxidavtryck eftersom det inte finns någon förbränning. De flesta koldioxidutsläppen sker under utvinningen av uraniumet. Om användning av kärnkraftverk ökar kommer det leda till brist på rika uranmalmer och användning av uranmalm med lägre urankoncentration blir ett måste. Koldioxidavtrycket av el framställt av kärnkraft kommer då bli mycket större. I nuläget ligger det på 5 g CO₂e/kWh. [49]

Englands elframställning i dagsläget

Englands elframställning domineras för tillfället av gas. Trender visar dock att elframställning av förbränningsbara ämnen är på nedgång till förmån för kärnkraft samt sol- och vindframställd el. [49]

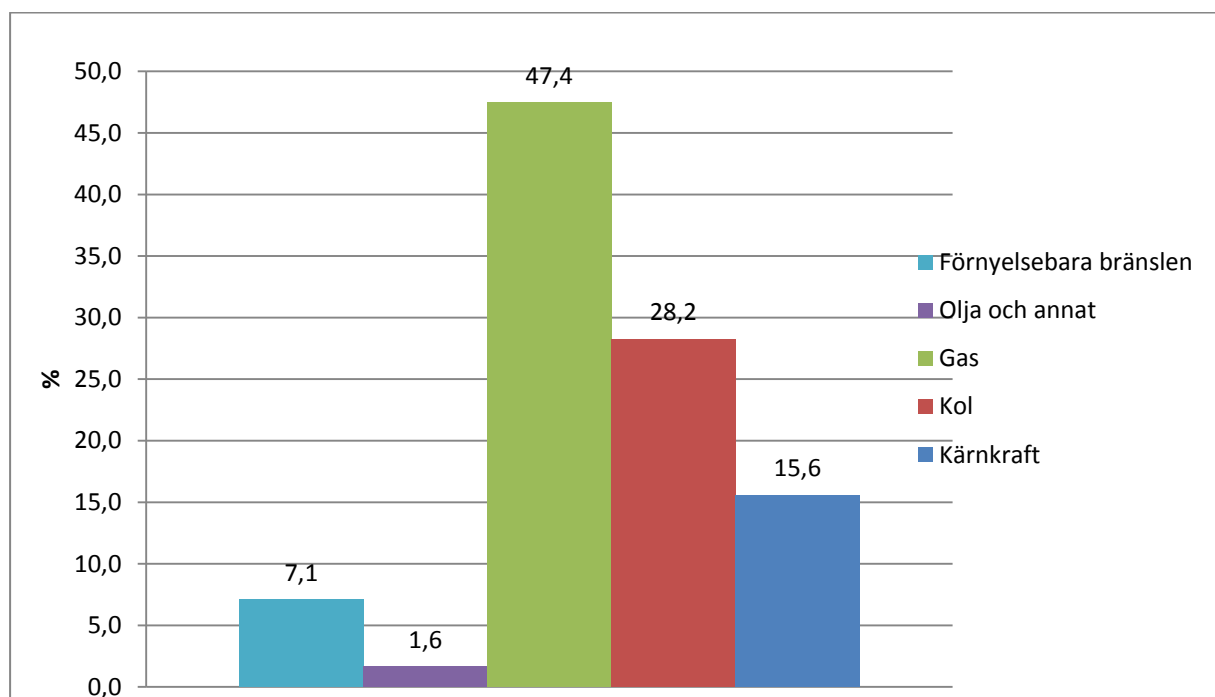


Diagram 4.2 Procentuell fördelning av energiframställningen i England 2010 [48]

Med hjälp av diagram 4.1 och 4.2 kan den totala mängd utsläpp av CO₂e räknas ut för varje kWh som produceras i England. Om en kWh produceras samtidigt som Englands nuvarande elmix tas i åtanke kommer följande mängd CO₂e släppas ut av vart och ett av de olika elframställningsmetoderna:

Förnyelsebara bränslen:	6,6 gram
Olja:	10,4 gram
Gas:	237 gram
Kol	282 gram
Kärnkraft	0,8 gram
Totalt:	0,537 kg CO ₂ e /kWh

Tabell 4.3 Elförbrukning [13][5][48][49][56]

Fall	Elförbrukning (kWh)	Elproduktions- Effektivitet %	Potentiell elutvinning kWh	Elutvinning kWh	CO ₂ e (kg)
Big Hanna	10,7	-	-		5,8
Deponi	33,6	-	-		18,1
C. kompost.	30	-	-		16,2
Förbränning	139,2	60	414,8	248,9	-59,2

Big Hanna

Kompostmaskinen körs och används till sin fulla kapacitet (den funktionella enheten processas under 9 veckors tid) [13]. Under denna tid är förbrukningen 1,53 kWh per dag. Dock så minskas volymen och massan av matavfallet kontinuerligt på grund av nedbrytningsprocessen. Detta gör att mer matavfall matas in kontinuerligt som då ”delar” den totala elkonsumtionen med de 1200 kg som används som funktionell enhet. Den totala driftkostnaden för den funktionella enheten blir då totalt 10,7 kWh.

Deponi

Elektricitetsförbrukningen för underhåll av den funktionella enheten på deponi är 33,60 kWh. [5]

Central kompostering

Elektricitetsförbrukningen för underhåll med vändare, aggregat, avfallsmalare, maskiner m.m. på central kompostering är 30 kWh/funktionell enhet. [56]

Förbränning

Förbränning är enda fallet där en el-vinst erhålls. Avfallet bearbetas och matas in i ugnen där det först torkas och sedan förbränns i ca 1000 °C. Två nya substanser uppstår under förbränningen. Varm gas som används för att framställa elektricitet samt IBA (Incinerator Bottom Ash) vilket används inom konstruktionssektorn. Sammanlagda elutvinningen med elproduktionseffektiviteten i åtanke är 248,9 kWh. Det motsvarar 134,4 kg CO₂e.

$$414,8kWh \times 60\% = 248,9kWh \quad (4)$$

$$(139,2kWh - 248,9kWh) \times 0,54 = -59,2kg CO_2e \quad (5)$$

4.2.4 Emissioner

Tabell 4.4 Emissioner [13][3][2][8][57][7]

Fall	Koldioxid (kg)	Metan (kg)	Ammoniak (kg)	Dikväveoxid (kg)	Kompostjord (kg)	CO ₂ e (kg)
Big Hanna	444	-	-	-	120	444
Deponi	111,5	38,7	25,5	-	-	1665,5
C. kompost.	444	-	40,8	-	120	1348,3
Förbränning	1495	-	-	0,039	-	1506,6

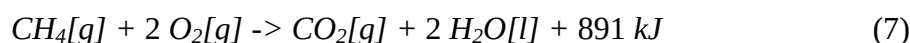
Big Hanna

Då kväve/kol-halten samt temperaturen kontrolleras och regleras i Big Hanna produceras ingen ammoniak under nedbrytningsprocessen. [61] Totala mängden koldioxid som produceras av 1200 kg avfall blir 444 kg. [3] Mängden kompost som erhålls är 10 % av mängden avfall som matats in d.v.s. 120 kg. [13] 34,08 kg CO₂e ”sparas” då kompostjorden ses som en positiv output. [8]

$$444 \text{ kg } CO_2e - 120 \text{ kg kompost} \times 0,284 = 784,8 \text{ kg } CO_2e \quad (6)$$

Deponi

Tidigare studier visar ett utsläpp på 50 Nm³ metangas per ton organiskt avfall. Även 33 Nm³ koldioxid släpps ut. 10 % av metangasen förbränns för reducering av den totala mängden utsläpp. [57] Förbränningen av metan ger följande reaktion:



Förbränningen av ett kilo metan ger ett utsläpp med 2,8 kg CO₂e

Den totala mängden metangas och koldioxid som släpps ut av 1200 kg matavfall blir 45 Nm³ och 47 Nm³. Det motsvarar 38,7 kg (metan) + 111,5 kg (koldioxid) vilket i sin tur motsvarar 967,5 kg CO₂e + 111,5 kg CO₂e = 1079 kg CO₂e. Mängden ammoniak som utsöndras under förmultningsprocessen under de anaerobiska förhållanden som råder på deponin är 21,25 gram per kilo matavfall. [7] Total mängd CO₂e med ammoniakutsläpp inräknat blir då totalt 586,5 kg.

$$111,5 \text{ kg } CO_2e + 38,7 \text{ kg } CH_4 \times 25 + 25,5 \text{ kg } NH_3 \times 23 = 1665,5 \text{ kg } CO_2e \quad (8)$$

Central kompostering

Enligt Dimitris P. Komilis (2004) studier och empiriska experiment blir koldioxid- och ammoniakutsläppen för matavfall vid nedbrytning under aeroba förhållanden 370 gram koldioxid och 34 gram ammoniak per kilo avfall. [3] Totala mängden koldioxid och ammoniak som produceras av 1200 kg avfall blir 444 kg respektive 40,8 kg. Mängden kompost som erhålls är 10 % av mängden avfall som matats in d.v.s. 120 kg. [13] 34,08 kg CO₂e ”sparas” då kompostjorden ses som en positiv output. [8]

$$444 \text{ kg } CO_2e + 40,8 \text{ kg } NH_3 \times 23 - 120 \text{ kg kompost} \times 0,284 = 1348,3 \text{ kg } CO_2e \quad (9)$$

Förbränning

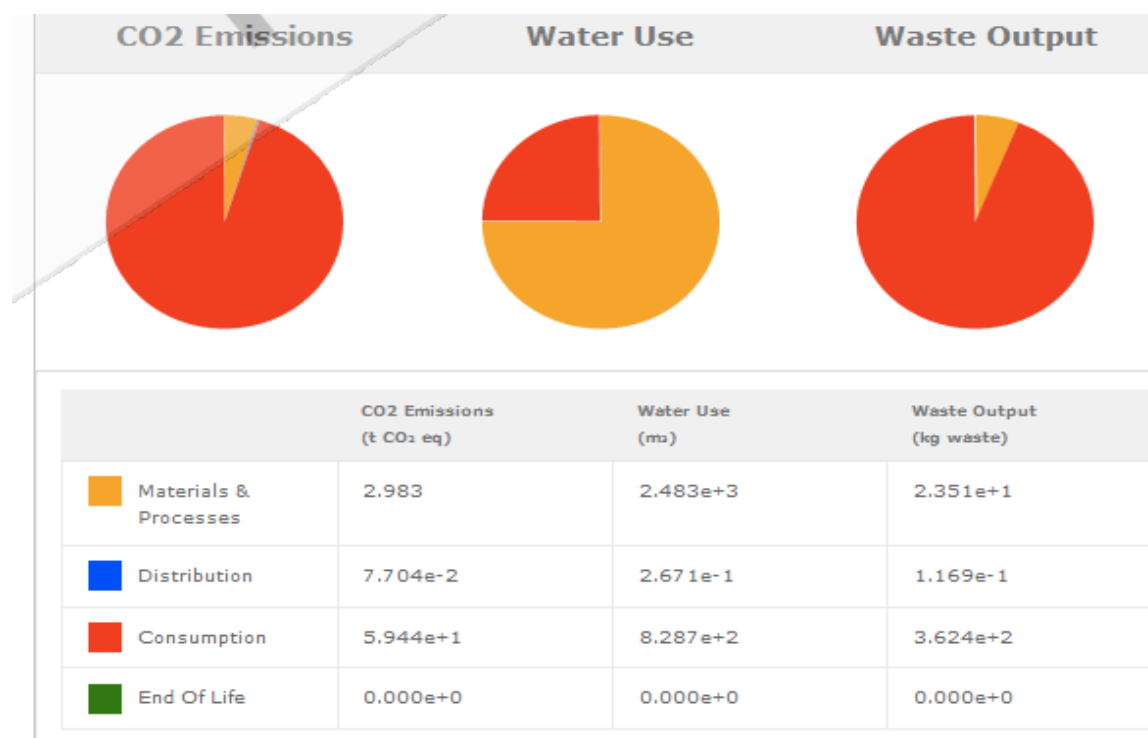
1,2 ton brittiskt avfall innehåller i genomsnitt 340 kg kolföreningar vilket under förbränning ger 1495 kg CO₂ och 39 gram N₂O. [2] 39 gram N₂O motsvarar 11,6 kg CO₂e.

$$1495 \text{ kg } CO_2e + 0,039 \text{ kg } N_2O \times 298 = 1506,6 \text{ kg } CO_2e \quad (10)$$

4.3 Lifecycle designer

Emissioner som släpps ut under tillverkning, transport och användning under 20 års tid redovisas här. Big Hanna har varit i bruk under 20 års tid och någon fastställd livslängd finns därför inte ännu. Figur 4.5 nedan visar att största delen av utsläppen finns under användningsfasen. Under avgränsningar konstaterades att resursförbrukningen vid tillverkningsfasen för Big Hanna är försumbar i jämförelse med användningsfasen. Diagrammet nedan verifierar detta påstående.

Figur 4.5 Emissioner från Big Hannas tillverkningsfas, transport och användning under 20 års tid.



Lifecycle Overview					
Product Breakdown and EoL Destination					
Component	Part	Material	Process	Amount	EoL Destination
Untitled Component					
	Trumrör, inklädnadsplåtar	chromium steel 18/8, at plant		448 kg	
	Ram, bottenplatta, bottenplåt	reinforcing steel, at plant		511 kg	
	Pulverlack	adhesive for metals, at plant		2 kg	
	Tak- och bottenprofil	aluminium alloy, AlMg3, at plant		9.2 kg	
	Isolering huv och cylinder	polystyrene, extruded (XPS), at plant		11.64 kg	
	Kuggväxeldrev	cast iron, at plant		3 kg	

4.4 Tredje steget i en LCA - Miljöpåverkansbedömning

För att få en överskådlig bild över de totala utsläppen från de fyra fallen så gjordes en tabell där CO₂e från alla processer summerades. Som synes i tabell 4.5 nedan så är emissioner i form av CO₂e från transport och elförbrukning en mindre betydande faktor. Den mest betydande faktorn är hur matavfallet förbränns/bryts ner.

Tabell 4.5 Total mängd CO₂e

Fall	CO ₂ e transport / dieselförbrukning (kg)	CO ₂ e elförbrukning (kg)	CO ₂ e emissioner (kg)	CO ₂ e total
Big Hanna	-	5,8	444	449,8
Deponi	9,5	18,1	1665,5	1693,1
C. kompost.	23,0	34,6	1348,3	1405,9
Förbränning	16,4	-59,2	1506,6	1463,8

4.5 Avgränsningar

Vid beräkningar med förbränning av matavfall användes värden för hushållssopor även kallat Municipal Solid Waste. Inga värden för förbränning av enbart matavfall erhöles.

Arbetet fokuserades mot användningsfasen. Det skulle bli allt för omfattande med framtagning av siffervärden för resursförbrukningen vid tillverkning av alla inventarier m.m. på anläggningarna. Därför ansågs ett rättvist beslut vara att endast beakta användningsfasen.

Susteco:s största marknad är England. Därför har siffervärden för det engelska samhället använts.

En del förbränningsanläggningar tar tillvara på överskottsvärmen i form av fjärrvärme. Ingen information om att SITA använder denna värmeenergi hittades. Värmeenergin ansågs därför inte tas tillvara.

4.6 Fjärde steget i en LCA – Livscykeltolkningen

Huvudmålet med analysen var framtagning av den avfallshanteringsmetod som har lägst miljöpåverkan med avseende på utsläpp av.

Den metod som har störst miljöpåverkan är deponi. Dess anaeroba nedbrytning av avfallet ger lägre utsläpp av koldioxid sett till jämförelse med andra fall. Men utsläpp av metan uppstår vilket ökar den totala mängden CO₂e. Transporten bidrar även till utsläpp, om än lägre då en snabbare hämtningsmetod används i jämförelse med central kompostering. Utsläpp av ammoniak återfinns. Tidigare undersökningar visar att deponi är bland de sämre alternativen vid avfallshantering vilket även kan konstateras i denna analys.

Förbränning ger näst mest utsläpp. Skillnaden från utsläpp vid central kompostering är dock minimal. Förbränningen av avfall ger högre utsläpp av koldioxid. Även råoljeförbrukningen blir högre då avfallet måste hettas upp. Inget utsläpp av ammoniak eller metan sker. Transport ger även en bidragande orsak till högre utsläpp.

Det näst bästa alternativet är central kompostering vilket har stora likheter med Big Hanna-fallet. Skillnaderna mellan dessa två fall är tillkommandet av transporter för central kompostering.

Det bästa alternativet är Big Hanna. Inga transporter av avfall behövs vilket är positivt ur miljösynpunkt. Tack vare kontrollering och reglering av kväve/kol halten och temperaturen så produceras ingen ammoniak under nedbrytningsprocessen av matavfallet. Ingen diesel- eller råoljeförbrukning behövs.

4.7 Slutsats/diskussion

Resultaten visar att Big Hanna har lägst resursförbrukning sett till användningsfasen över 20 års tid i jämförelse med de andra fallen. Enligt diagrammet från Lifecycle designer kommer tillverkningsfasen bli mindre betydande i jämförelse med användningsfasen ju längre Big Hanna används. En nackdel som Big Hanna har är att den inte kan hantera lika stora mängder avfall som en hel anläggning sett till en regional nivå. Ett alternativ vore att använda Big Hanna på lokal nivå och göra människor medvetna om dess fördelar. Det skulle möjligtvis leda till ett ökat intresse och mer hänsynstagande för ett miljöeffektivt sätt med behandling av matavfall. Transporter skulle kunna reduceras och kompostjorden användas direkt på plats, för t.ex. blomjord eller kolonilotter. En kombination av kommunal hantering och kompostmaskiner likt Big Hanna vore därför kanske optimal.

Källförteckning

Tryckta källor:

1. Björklund, A. Dalemo M. Sonesson, U. (1999) Evaluating a municipal waste management plan using OWARE, *Cleaner Production*, 7, ss. 271–280
2. Burnley, S. J. (2007). “The use of chemical composition data in waste management planning – A case study.” *Waste Management* 27(3):ss 327-336
3. Dimitris P. Komilis (2004), Carbon dioxide and ammonia emissions during composting of mixed paper, yard waste and food waste
4. Hardin M, Mitchell C, Clarke P. (1999) An economic evaluation of disposal strategies for putrecible waste. *Proceedings of the Second Asia Pacific Conference on Sustainable Energy and Environmental Technologies. Challenges and Opportunities*, ss. 14–17
5. Inaba, R. Nansai, K. Fuijii, M. Hashimoto, S. (2009) Hybrid life-cycle assessment (LCA) of CO₂ emission with management alternatives for household food wastes in Japan, *Waste Manag Res*, June 2010 vol. 28 nr. 6, ss. 496-507
6. Lundie, S. (2005) Life cycle assessment of food waste management options, *Journal of Cleaner Production*, Volume 13, Issue 3, February 2005, ss 275–286
7. Mata-Alvarez, J. Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives, *Bioresource Technology* Volume 74, Issue 1, August 2000, ss 3–16
8. Milazzo, G. *Energetics* (1979), *Technology of Biological Elimination of Wastes*
9. Rydh, CJ., Lindahl, M. och Tingström, J. (2002) *Livscykelanalys LCA*
10. Sonesson, B. Björklund, A. Carlsson, M. Dalemo, M. (2000) Environmental and economic analysis of management systems for biodegradable waste *Resources, conservation and recycling*, 28, ss. 29–53
11. Thuy T.T. Ngyen (2010), Fuel consumption estimation for kerbside municipal solid waste (MSW) collection activities
12. Valerie, E. Return to the slop bucket as households told to stop sending food waste to landfill [Edition 2], *The Times* [London (UK)] 19 Jan 2010: s 14

Internetreferenser:

13. <http://www.susteco.se/>
14. <http://svenskmiljobas.se/>
15. http://www.aletrumman.nu/s_ref.htm
16. <http://web.extension.illinois.edu/homecompost/history.html>
17. <http://www.naturvardsverket.se/Start/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmal/Bebyggd-miljo/>
18. <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf>
19. <http://www.metro.co.uk/news/818007-warning-on-cost-of-landfill-ban>
20. SITA sustainability report 2010. <http://www.sita.co.uk/downloads/SITAUK-SustainabilityReport2010-1107-web.pdf>
21. <http://www.sita.co.uk/your-environment/understanding-waste/landfill>
22. <http://infohouse.p2ric.org/ref/12/11547.pdf>
23. <http://www.sita.co.uk/what-we-do/landfill>
24. <http://www.sita.co.uk/your-environment/understanding-waste/landfill>
25. <http://www.independent.co.uk/news/uk/home-news/uk-warned-it-will-run-out-of-landfill-sites-in-eight-years-2021136.html>
26. http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/6238357.stm
27. <http://viewer.zmags.com/showmag.php?mid=wsdps>
28. <http://www.bredl.org/pdf/wastegasification.pdf>
29. <http://www.independent.co.uk/environment/green-living/uk-may-have-to-import-rubbish-for-incinerators-2040614.html>
30. <http://www.vaxthuseffekten.org/>

31. <http://www.miljoportalen.se/luft/vaexthusgaser/vaexthuseffekt-och-vaexthusgaser-vad-aer-det-egentligen>
32. <http://www.eea.europa.eu/maps/ozone/ozone/what-is-ozone>
33. http://www.alettrumman.nu/s_prod.htm
34. http://chemistry.about.com/cs/metalsandalloys/a/aa071201a_2.htm
35. http://www.anacotrading.com/documents/commonly_used_st_alloys.pdf
36. http://www.recycling.se/Templates/Article_image_right.aspx?PageID=5f1db086-6a79-4531-9e3d-6a1eb1601a2e
37. <http://www.interpon.com/NR/rdonlyres/658CA6D6-8F8C-4698-A42F-ADF3675B6399/0/InterponTC.pdf>
38. <http://www.byggmax.com/se-sv/byggvaror/gjutning-husgrund/gjuta-mura-putsar/cellplast-frigolit/16430/cellplast-s100-eps>
39. http://www.sundolitt.se/upload_images/728666B1769948878B283CDC9740A711.pdf
40. ISO 14040:1997
41. ISO 14041:1998
42. ISO 14042:2000
43. ISO 14043:2000
44. http://www.evs.anl.gov/pub/doc/LCA_final_report.pdf
45. http://www.iea.lth.se/ephu/LCA_i_ett_notsskal.pdf
46. http://www8.tfe.umu.se/courses/maskinteknik/Kvalitet1/LCAspresentation_010921.pdf
47. <http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=973>

48. <http://www.decc.gov.uk/assets/decc/11/stats/publications/energy-trends/3945-energy-trends-section-4-electricity.pdf>
49. <http://www.parliament.uk/documents/post/postpn268.pdf>
50. <https://www.ipcc-wg1.unibe.ch/publications/wg1-ar4/ar4-wg1-chapter2.pdf>
51. <http://www.appropedia.org/CO2e>
52. <http://www.epa.vic.gov.au/bus/erep/docs/wastematerials-densities-data.pdf>
53. <http://maps.google.com/>
54. <http://numero57.net/2008/03/20/carbon-dioxide-emissions-per-barrel-of-crude/>
55. <http://www.icbe.com/carbondatabase/volumeconverter.asp>
56. http://www.act-clean.eu/downloads/Offene_Miete_highlights.pdf
57. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148106001091>
58. <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:01:sv:HTML>
59. <http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/20010512.htm>
60. http://ec.europa.eu/environment/waste/landfill_index.htm
61. Intervju: Henrik Svensson / Marcus Sohlberg (2012) Susteco-anställda Ylva Ahlström och Cecilia Ek. Göteborg 12/06/15