

**Import av avfall för energiutvinning
- en systemanalys av avfallshanteringens
klimatpåverkan**

**Waste import for energy recovery
- a systems analysis of climate impact from waste
management**

Förord

“We must urgently find affordable ways of managing municipal waste that cannot be recycled, and maximise its use as a resource”

- The Environment Agency of England and Wales in the year 2010

Tack till Karin Westerberg, Kjell Mårtensson, lärare och handledare på Malmö högskola.

Jag vill även passa på att tacka Johanna Nygren-Spanne för all hjälp hon har givit mig med de kemiska beräkningarna.

Jag skulle vilja tacka min externa handledare Annika Jonsson, miljösamordnare på Sita Sverige för all hennes hjälp under arbetes gång. Annika har varit till oerhört stor hjälp vad det gäller idéer, synpunkter, inspiration, motivation, kunskap och förmedlande av kontakter. Annika har helt enkelt varit en oumbärlig del i arbetet.

Jag vill även speciellt tacka Staffan Salö, projektledare på Sysav utveckling AB för hans insatser när det kommer till djupare kunskaper om fjärrvärmesystemet och de olika problem och bakomliggande orsaker och konflikter som finns i systemen. Staffan har även gett mig mycket värdefulla tips på litteratur och har en stor del i utvecklandet av mitt arbete.

Jag vill även passa på att tacka övriga medarbetare på Sita Sverige utan vilkas engagemang detta arbete aldrig hade blivit av: Märten Widlund, Kristian Ståhl, Mats Lundsgård, Henrik Linnarsson.

Slutligen vill jag även tacka Mr. David Baker, Group Environment Manager på Sita UK för hans insatser, trots bristande tid.

Sammandrag

En undersökning om import av avfall för energiutvinning kan minska avfallshanteringen klimatpåverkan har genomförts. Utredningen har använt systemanalys som metod för detta.

En systemanalys är ett metodverktyg som har förmågan att på ett systematiskt och strikt logiskt sätt undersöka komplexa system och hur dessa integrerar och påverkar varandra. I den här utredningen har en systemanalys använts för att undersöka klimatpåverkan från en avfallsimport i fallet England.

Bakgrunden är att England traditionellt sätt har använt sig av deponering som huvudsaklig hantering av avfall. Deponeringen leder till stora utsläpp av växthusgasen metan. EU har fastställt ett deponeringsdirektiv som ska leda medlemsländerna bort från deponering som avfallshantering.

I Sverige råder i dagens läge konkurrens om avfall för förbränning. Den vikande konjunkturen tillsammans med mindre förpackningar och en ökad källsortering ger ytterligare brist på avfall för förbränning. Allt detta sammantaget leder till att det kan bli aktuellt att importera avfall till Sverige från England.

En systemanalys har därför utförts för att undersöka hur klimatpåverkan av en sådan import skulle bli.

Undersökningen visar att slutresultatet är direkt beroende av de systemgränser och beräkningsmetoder som används. Grundfallet i undersökningen visar dock på en klimativinst med 382,2 kg CO₂/ton avfall som importeras för förbränning med effektiv energiutvinning i Sverige istället för deponering i England.

Abstract

This study has examined if importation of waste for energy recovery can reduce the climate impacts of Waste Management Systems.

Using Systems Analysis this study will try to examine the complex waste systems in a systematical and strictly logical way to see how these systems interact and affect each other. Specifically examining the climate impact of waste management systems in England.

The traditional way of handling waste in England is through Landfills. Land filling leads to emissions of the greenhouse gas Methane. The EU has put in place a landfill directive that is supposed to lead the member states away from land filling as a method of waste management.

Today in Sweden there is a competition for the waste available for incineration. The worsening economical situation together with less product packaging and an increase in source separation leads to a lack of waste available for incineration. These factors combined could lead to a situation where exporting waste from England to Sweden might be imminent.

A Systems Analysis has therefore been made to examine the climate impact from such an export.

The study shows that the end results are directly dependent on the system boundaries and calculation methods used. The basic case in the study shows however, that the climate impact would be reduced by 382,2 kg CO₂/ton, if the waste was exported for incineration with efficient energy recovery in Sweden as opposed to traditional land filling in England.

Innehållsförteckning

Kapitel 1 – Inledning	1
1.1 Inledning.....	1
1.2 Syfte	1
1.3 Problemställning.....	2
1.4 Avgränsning	2
1.5 Disposition	4
Kapitel 2 – Bakgrund.....	5
2.1 Avfallets historia.....	5
2.2 Tidigare studier	7
2.3 Varför är detta viktigt? Om växthuseffekten och dess gaser	8
2.4 EU:s målsättning och dess verktyg för förändring.....	9
2.5 Sveriges miljömål.....	12
2.6 Engelska avfallsmål	13
2.7 Kapitelsammanfattning.....	14
Kapitel 3 – Systemanalys som analysmetod	15
3.1 Valet av analysmetod	15
3.2 Kriterier för systemanalys.....	16
3.3 Empiriska data	17
3.4 Systemanalysens delar	18
3.5 Effekter av avfallsexport – konsekvenser i avsändarlandet.....	28
3.6 Kapitelsammanfattning.....	28
Kapitel 4 – Resultat.....	29
4.1 Utsläpp av växthusgaser	29
4.2 Sammanlagt resultat	33
4.3 Känslighetsanalys.....	34
4.4 Effekter av avfallsexport – konsekvenser i avsändarlandet.....	35
4.5 Kapitelsammanfattning.....	36
Kapitel 5 – Diskussion.....	38
5.1 Inledning.....	38
5.2 Avfallspolitiken	38
5.3 Systemanalys som metod.....	38
5.4 Samtida och framtida utsläpp	41

5.5 Sammanfattning av arbetet.....	41
5.6 Förslag på framtida uppsatsämnen	42
5.7 Kapitelsammanfattning.....	42

Referenser

Bilagor

Kapitel 1 – Inledning

I kapitel 1 inleds med en kort beskrivning av avfallsindustrins klimatpåverkan och de regler som styr industrin. Vidare presenteras syftet och problemställningen med uppsatsen. Avslutningsvis beskrivs uppsatsens avgränsning och disposition.

1.1 Inledning

Avfallshanteringen har en stor påverkan på miljön och klimatet, den största delen av denna klimatpåverkan kommer ifrån att vi deponerar avfall, detta avfall bildar sedan den kraftiga växthusgasen metan, CH₄, när det bryts ned. Att avfallsindustrin bidrar med växthusgaser är ofta något som hamnar i skymundan när diskussioner kring klimatet förs. Emissioner från avfallsindustrin stod år 2005 för 3 % av de totala utsläppen av växthusgaser i Sverige såväl som på en globalnivå, ändå så hade då deponiernas bidrag av växthusgaser i Sverige år 2005 minskat med 31 % jämfört med 1990 års nivåer.¹

Enligt EU direktivet 1999/31/EG om deponering av avfall (deponeringsdirektivet), så styrs medlemsländerna från deponering som avfallshantering mot andra alternativ såsom återvinning och förbränning. Direktivet till trots så deponeras fortfarande stora mängder avfall. I Storbritannien deponerades 315 kg per person år 2008, motsvarande siffra för Sverige var 15 kg². Storbritannien (i detta fall England och Wales) tvingas nu att ta tag i detta problem och tvingas att stegvis minska ned det kommunala avfallet som går till deponi. År 2010 kan de maximalt deponera 12 miljoner ton nedbrytbart avfall och till 2019/2020 är siffran 5,5 miljoner ton.³

Storbritannien måste alltså nu minska ned den mängd avfall som de deponerar, detta kommer de att göra i enlighet med EU:s avfallshierarki, men till dess att ett inhemskt system för detta är uppbyggt så måste de hitta alternativ för det avfall som övergår dess kvot att deponera.

1.2 Syfte

Syftet med den här uppsatsen är att utreda huruvida en import av avfall för energiutvinning skulle minska avfallshanteringens klimatpåverkan. Undersökningen har genomförts med hjälp av en systemanalys och inkluderar ett exempel om avfallsimport ifrån England.

¹ Energimyndigheten och Naturvårdsverket (2007) *Den Svenska klimatstrategins utveckling*. Eskilstuna/Stockholm: CM Gruppen AB

² Eurostat (2010) *Municipal waste by type of treatment in kg per person per year*, hämtad den 1 april 2010, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>

³ Environment Agency (2010) *Dealing with waste*, hämtad den 5 april 2010, <http://www.environment-agency.gov.uk/business/topics/waste/103220.aspx>

En *systemanalys* innebär att de olika effekterna av avfallsförbränningen, direkta som indirekta, undersöks. De direkta effekterna innebär exempelvis växthusgasemissioner från deponier och avfallsförbränning medan de indirekta effekterna är emissioner ifrån transporter och förändringar i elproduktionen. Med begreppet *utvidgad systemanalys* menas att även andra effekter utanför själva systemet kommer att problematiseras, detta för att kunna ge en mer rättvisande och holistisk bild av avfallsimporten. Med detta menar jag effekter som kan ha påverkan på klimatet exempelvis genom att det exporterande landet i fråga skjuter upp utbyggnaden av ett eget avfallsbehandlingssystem. Englands nuvarande avfallshanteringssystem ger upphov till växthusgasemissioner vid de engelska deponierna, en lösning kan vara att transportera detta avfall till Sverige för förbränning. En sådan import skulle i sin tur innebära förändringar i avfall- och energisystemen. Men vilket alternativ påverkar klimatet minst?

1.3 Problemställning

Avfallshanteringssystemet som England idag använder sig av inte är förenligt med definitionen för hållbar utveckling. Jorden är befolkad till den gräns då det krävs ett effektivt nyttjande av varje resurs tillgänglig för att främja en hållbar utveckling, detta innebär att vi även måste se på vårt avfall som en resurs, möjlig och nödvändig, att utnyttja.

I Sverige finns ett system för nyttjande av avfall, det består bland annat av energiutvinning genom förbränning av avfall i kraftvärmeverk. Kapaciteten vi har i Sverige överstiger den inhemska produktionen av avfall, detta leder till ett behov av import av avfall. Även att invånarna i Sverige källsorterar allt mer material leder till minskade mängder för förbränning. Allt detta sammantaget leder till att Sverige har en överkapacitet rörande avfallshantering^{4,5}. Ett sätt att lösa denna problematik på kan vara genom en ökad avfallsimport. Problemställningen i denna uppsats bygger på problematiken med bristande system för avfallshantering i England och en ökad efterfrågan på avfall för förbränning i Sverige. Kan klimatpåverkan minskas genom att transportera avfallet från England till Sverige? Hur skall en undersökning utformas för att ge svar på den här problemställningen?

1.4 Avgränsning

Uppsatsen begränsas till avfall uppkommet i Storbritannien. Med Storbritannien så finns två olika definitioner i det här arbetet, när det kommer till statistik hämtat från eurostat (EU:s officiella statistik central) så behandlas data insamlat i hela Storbritannien (England, Wales, Skottland och

⁴ Med avfallshantering menas inte enbart förbränning utan samtliga former av avfallshantering (ex. rötning).

⁵ Sundberg, Johan och Nilsson, Karolina (2010) *Tillgång och efterfrågan på avfallsbehandling, bedömning av kapacitetsbehovet för åren 2008 – 2015*. Göteborg: Profu.

Nordirland). Medan när det i resten av uppsatsen skrivs om Storbritannien så menas endast England. Detta av olika anledningar, men i huvudsak så driver England (och Wales) miljödepartement en annan politik än miljödepartementen i Nordirland och Skottland. Deras lösningar på deponidirektivet ser annorlunda ut. Därför begränsas resten av undersökningen till England.

Det finns olika sätt att definiera avfall på. I det här arbetet används två stycken termer, beroende på vad som söks att beskriva. För statistikens skull har valt termen ”*municipal solid waste*” (MSW) valts då denna term finns både inom EU och dessutom är den term som används mest flitigt inom vetenskapssfären för att beskriva hushållsavfall. Termen avhandlar hushållsavfall och liknande avfall från kontor, handel och offentliga institutioner. Avfallet är insamlat av, eller på uppdrag av, kommuner och omhändertaget genom behandlingssystemet för avfall.⁶ Utöver MSW har termen industriavfall valts då det av logistiska och hygieniska skäl förmodligen blir aktuellt att importera detta. Anledningen är att industriavfall oftast är avfall insamlat från industrier via olika containrar då avfallet genomgår en grovsortering innan insamling. På det sättet blir det lättare att veta vad som finns och vad som inte finns i avfallet. Det hygieniska skälet är att industriavfall inte består av exempelvis mat och andra liknande avfallsfraktioner som kan ge upphov till osanitära angelägenheter i transportkedjan.

Historiskt sett i England så tas avfall hand om genom deponering, först på senare år och då på grund av deponidirektivet så undersöks andra alternativ i en större skala mer seriöst. För att hitta andra alternativa sätt att behandla avfallet så utgår England ifrån EU:s avfallshierarki: de vill först och främst förhindra att avfall uppkommer, när det väl uppkommit så vill de återanvända och återvinna så mycket som möjligt av det för att sedan kunna leva upp till deponidirektivet. Alternativ som det kan handla om är till största delen kompostering och återvinning. Med återvinning så menar man här att återvinna energin i materialet via förbränning. Englands handlingsplan ser alltså nu ut på så sätt att avfallsmängderna först ska reduceras och resterande del av avfallet ska återvinnas. Som det verkar just nu, så ligger den potentialen i energiåtervinningen, alltså hos förbränningsindustrin.

Att använda sig av deponering som metod för avfallsbehandling har många negativa aspekter på människa och miljö och därför anses denna metod av EU som en sista utväg för avfall som ej kan tas hand om på annat sätt. Deponier är kända för att bland annat ge upphov till läckage av ämnen till den omgivande miljön. Exempelvis kan lakvatten från deponier innehålla syreförbrukande

⁶ Eurostat (2010a) *Reference Metadata – Statistical presentation*, hämtad den 2 april 2010, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>

ämnen (BOD, COD), metaller (bly, järn, koppar, kvicksilver et cetera) och organiska miljögifter (dioxiner), dessa ämnen sprids sedan vidare i ekosystemet. Förutom lakvatten bildas även metangas som, förutom att den är en stark växthusgas, även kan ge upphov till bränder. I bränderna sprids miljögifter som dioxiner vidare.⁷ Vidare tar dessa deponier upp stora ytor av landanvändning som människan hade kunnat använda på annat sätt, exempelvis som bo- och jordbruks ytor, detta kan ge upphov till förluster rent ekonomiskt för närliggande samhällen samtidigt som levnads yta kommer närmare ytan för avfall och livsmedelsproduktion. Vid integration av dessa tre kan onödiga miljö- och hälsorisker uppstå.⁸

Även förbränning av avfall ger upphov till diverse miljöproblem. Det första kan ses mer som ett resursproblem, ska vi verkligen förbränna material som skulle kunna återanvändas? Den problematiken är dock något som åtgärdas genom bland annat källsortering. Det andra problemet är den aska som uppstår vid rökgasreningen vid förbränning, den så kallade flygaskan. Flygaskan måste deponeras och vid deponi av denna uppstår en risk för urlakning av tungmetaller.

Vid deponering uppstår alltså ett flertal miljö- och hälsoproblem och detta kan vara viktigt att påpeka då olika människor värderar problem olika. Vidare är det även viktigt att veta om dessa konsekvenser av deponering för att inte glömma bort dem. För den här uppsatsen läggs dock tyngdpunkten på en klimatvärdering av dessa alternativ av avfallsbehandlingar och de växthusgasemissioner de olika alternativen ger upphov till.

1.5 Disposition

I kapitel 1 ges en introduktion till uppsatsens syfte, en problemställning formuleras och uppsatsens avgränsning anges. I kapitel 2 redovisas tidigare genomförda studier i ämnet, där presenteras avfallets historia ur svensk, engelsk och ur den europeiska unionens synvinkel, även olika styrmedel och verktyg för förändring av avfallshanteringssystemet presenteras där visas även vilka avfallsmål som finns uppsatta inom Sverige, England och EU. I kapitel 3 presenteras den utvalda metoden som har använts för att undersöka problemställningen, jag visar vad det är för metod, varför den valdes samt hur den fungerar. Vidare beskrivs hur en systemanalys används och hur vilka delar som finns i systemanalysen i det här arbetet. I kapitel 4 presenteras resultatet av undersökningen samt resultatet av en känslighetsanalys. Vidare har en diskussion av undersökningen förts och avslutningsvis finns en sammanfattning av uppsatsen.

⁷ Naturvårdsverket (2009) *Miljöproblem vid deponering*, hämtad den 6 april 2010, <http://www.naturvardsverket.se/>

⁸ Hannigan, John (2007) *Environmental Sociology*, Second Edition, New York: Routhledge. Sid.

Kapitel 2 – Bakgrund

I det här kapitlet skriver jag om bakgrunden och historien kring avfall och avfallsförbränning i Sverige och England, samt om vad tidigare studier i ämnet har kommit fram till, vilka resultat dessa har gett samt vilken effekt det har haft på avfallshantering. För att skapa förståelse i sammanhanget kring varför avfallshanteringsfrågan är viktig har jag kortfattat beskrivit växthuseffekten och hur olika gaser påverkar denna. Vidare beskriver jag hur EU:s regler påverkar medlemsländerna, vilken effekt dessa direktiv får i medlemsländernas målsättningar i avfallspolitiken samt hur detta har, och kommer att påverka avfallshantering i dessa länder. EU:s direktiv och principer är vägledande för medlemsländernas utformning av politik, detta exemplifierar jag genom att beskriva de miljömål som är relaterade till avfallshantering i Sverige samt Englands avfallshanteringsmål.

2.1 Avfallets historia

Historiskt sett så har det dominerande systemet för avfallshantering bestått av deponering, både i England och i Sverige. Under 1970-talets oljekris började man i Sverige se sig om efter andra alternativ än olja för uppvärmning av bostäder, en av lösningarna var att bygga ut fjärrvärmenätet⁹. I England fortsatte deponeringen av avfallet.

Bränslet till Sveriges fjärrvärmeproduktion består bland annat av 10 % fossila bränslen (kol, olja, naturgas, hyttgas), 10 % från värmepumpar, 8 % är spillvärme från industri och 72 % kommer från biobränslen, avfall och torv.¹⁰ Som mellanting av fossila och förnyelsebara bränslen finns torv och avfall. Torv anses vara ”långsamt förnybar biomassa”¹¹ och avfall ses ofta som ett förnybart bränsle. Till stor del stämmer det att avfall kan anses förnybar, men även i avfallet förekommer det fraktioner ifrån fossila källor. Därför finns en schablon hos myndigheterna för beräkning av det fossila kolet i avfall, denna schablon ligger på 12,6 % fossilt kol av hushållsavfallets vikt¹² och cirka 28 % för industriavfall¹³.

För att beskriva hur avfallshantering i England har sett ut under en tioårs period så finns statistik från EU. I figur 1 går att utläsa att genomsnittspersonen i England år 1997 slängde cirka 530 kg hushållsavfall, medan denna person år 2008 slängde cirka 560 kilo. Motsvarande siffra i Sverige har ökat mer markant, från cirka 420 kilo till 520 kilo per person och år.

⁹ Frederiksen, Svend och Werner, Sven (1993) *Fjärrvärme: teori, teknik och funktion*, Lund: Studentlitteratur.

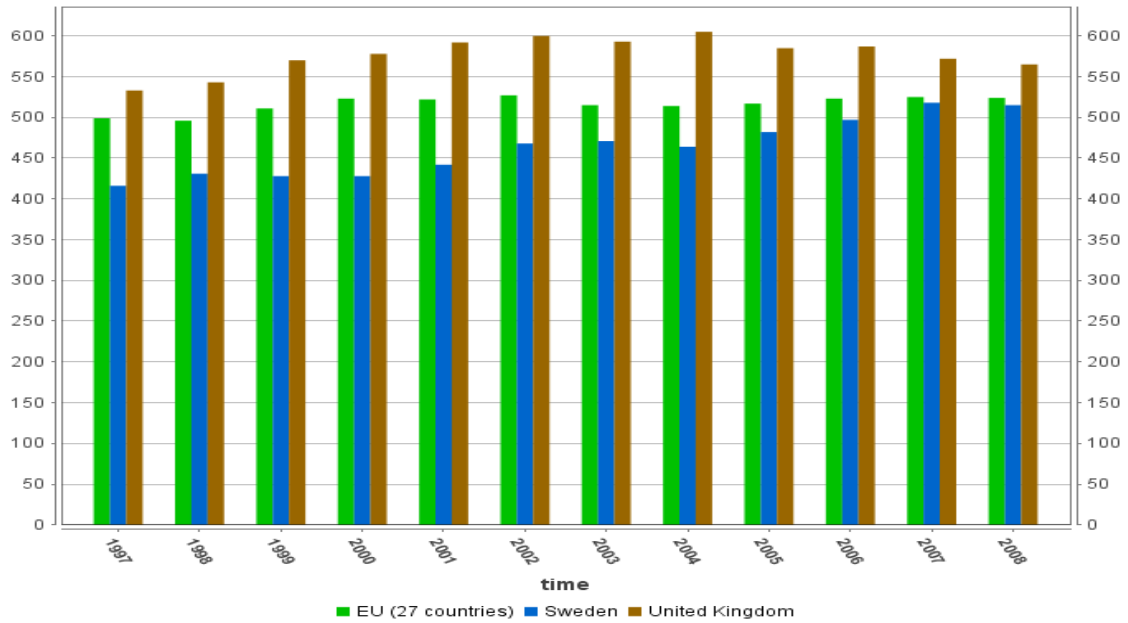
¹⁰ Energimyndigheten (2009) *Energiläget 2009*. Eskilstuna: CMgruppen.

¹¹ SOU 2002:100 *Uthållig användning av torv*. Betänkande från torvutredningen. Stockholm.

¹² Energimyndigheten (2009)

¹³ Detterfelt, Lia och Pettersson, Katarina (2009) *En kol-14 analys av avfallet vid Sävenäs avfallskraftvärmelanläggning*. Göteborg: Renova

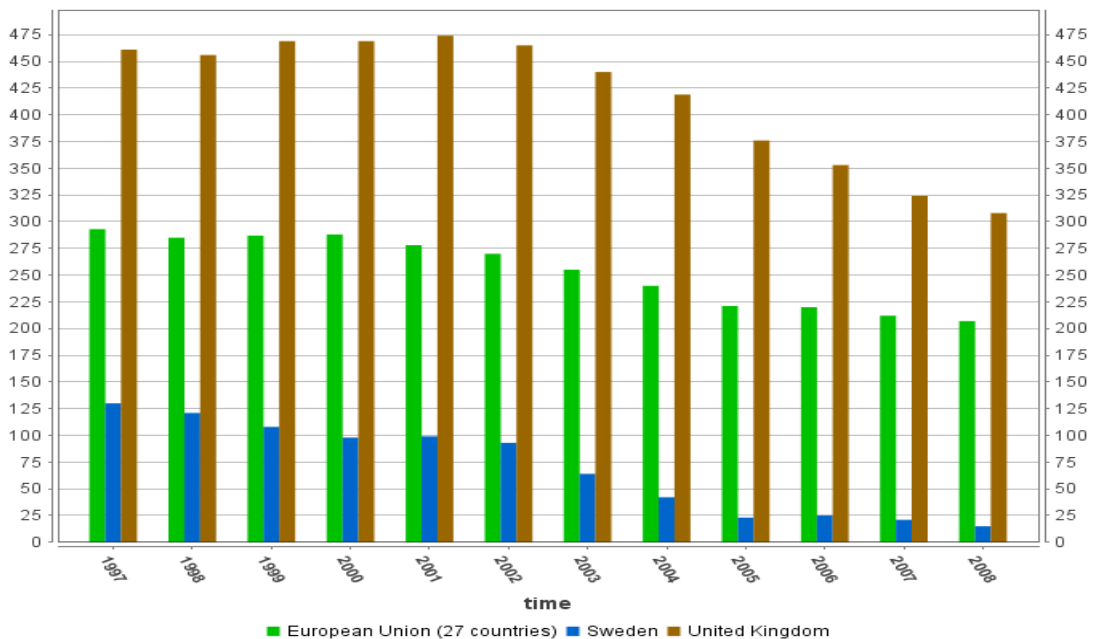
Municipal waste generated
Kg per person per year



Figur 1. Hushållsavfall producerad i EU, Sverige och Storbritannien i kilo per person och år. Källdata är hämtad från Eurostat, EU:s databas för statistik och bearbetad av författaren.¹⁴

För att behandla denna mängd avfall finns olika alternativ. Vanligtvis utgår länderna ifrån EU:s avfallshierarki där två trappsteg utmärker sig lite extra: det första är om att hindra uppkomsten av avfall samt det sista steget om att minimera mängden avfall som går till deponi. Det första steget har vi redan sett, genom figur 1, att det de senaste tio åren inte har gått i rätt riktning. Det sista steget i avfallshierarkin handlar om att undvika deponering. Genom statistiken som EU för går det att urskilja en trend som åtminstone verkar gå i rätt riktning (se figur 2).

Municipal waste by type of treatment
Kg per person per year



Figur 2. Hushållsavfall kilo per person och år som går till deponi i EU, Sverige och Storbritannien.¹⁵

¹⁴ Eurostat (2010b) *Municipal waste generated*, hämtad den 2 april 2010, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>

2.2 Tidigare studier

Studier inom ämnet import av avfall för förbränning har tidigare utförts. Den studie som avfallsföretagen i dagsläget stödjer sig på är utförd av konsultföretaget Profu. Studien som Profu utfört pekar på att Sveriges import av avfall för förbränning år 2007 ger en miljövinst om 500 000 ton koldioxidekvivalenter. Utredarna på Profu kom fram till att för varje ton hushållsavfall vi importerar för förbränning i ett svenskt kraftvärmeverk så görs en klimatvinst på 800 kg koldioxidekvivalenter. I Profus rapport skriver utredarna att Sverige år 2007 importerade cirka 400 000 ton avfall till Sverige, cirka 2/3 av detta kom ifrån Norge och cirka hälften av detta var retur-trä flis (RT-flis).¹⁶ På naturvårdsverkets hemsida visar statistiken dock att 500 000 ton anmälningspliktigt avfall importerades till Sverige år 2007 för förbränning, utöver denna mängd importerades uppskattningsvis även 750 000 ton icke-anmälningspliktigt avfall för förbränning.¹⁷

Företrädare för förbränningsindustrin samt myndigheter refererar återkommande till undersökningen som Profu har genomfört, den visar att det bästa ur klimatsynpunkt är att undvika deponering som behandlingsmetod i så stor utsträckning som möjligt. Undersökningen slår fast att, rent teoretiskt så görs en klimatvinst:

... så länge det avfall som importeras till Sverige transporteras kortare än 1500 mil så ger detta en reduktion av växthusgasemissioner. Det betyder att man får minskad klimatpåverkan även om avfallet transporteras med lastbil hela vägen från Sydafrika eller från Kina.¹⁸

Tyskland är i många avseenden likt Sverige när det kommer till att ligga i framkant med avfallsförbränning. Precis som att vissa kritiker i Sverige har farhågor om att vi bygger upp en alltför stor avfallsförbränningskapacitet så har Tyskland sedan ett tag tillbaka redan passerat detta stadium. Tysklands förbränningskapacitet överstiger i idag deras avfallsproduktion. För att lösa problemet har Tyskland börjat importera avfall ifrån Italien. För att försvara denna import har en utredning kring avfallsfrågan gjorts, utredningen har precis släppts och konstaterar:

40 % av avfallet i EU hanteras fortfarande genom att deponeras. Deponierna ger betydande utsläpp av metan: 50 till 80 miljoner ton koldioxidekvivalenter årligen. Därför, baserat på ersättandet av deponering som behandlingsmetod med högkvalitativ energiutvinning av avfall, finns betydande potentiella klimatskydds möjligheter – i spannet 140 till ungefär 200 miljoner ton koldioxidekvivalenter årligen – att realisera i EU.¹⁹

¹⁵ Eurostat (2010c) *Municipal waste by type of treatment - landfilling*, hämtad den 2 april 2010, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>

¹⁶ Haraldsson, Märten och Sundberg, Johan (2009) *Klimatpåverkan från import av brännbartavfall*, Avfall Sverige rapport 2009-06, Malmö: Avfall Sverige.

¹⁷ Naturvårdsverket (2008) *In och utförsel av avfall*, hämtad den 22 april 2010, <http://www.naturvardsverket.se/>

¹⁸ Haraldsson, Märten och Sundberg, Johan (2009) Sid. 9. Citatet avser att avfallshanteringen går ifrån deponi till förbränning med effektivt energiutbyte.

¹⁹ Dehoust et al. (2010) *Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft*, tyska miljödepartementet och tyska förbundet för avfallshanteringsindustrin (författarens översättning). Berlin: Miljödepartementet.

Det finns alltså rapporter med överväldigande resultat som talar för de klimatvinster som kan göras genom att ersätta deponering som behandlingsmetod med *avfallsförbränning med effektiv energiutvinning*. Problemet med detta är att det kan ge en missvisande bild av fördelarna med avfallsförbränning och motivera långväga transporter av avfall. Vidare är frågan om att definiera *effektiv energiutvinning* problematisk, jag har inte hittat en entydig definition på en sådan anläggning. Det verkar allmänt accepterat att en anläggning som förbränner avfall och utvinner någon form av energi, el eller värme alternativt bägge delarna är att betrakta som *effektiv utvinning*.

Det kan verka märkligt att vinsterna för klimatet är så stora som tidigare undersökningar beskriver dem till att vara och tanken om varför jag ska göra ytterligare en undersökning kan te sig konstig. Men tidigare utförda undersökningar har gjorts av konsulter, på uppdrag av företag eller organisationer. Varpå transparensen och insynen i arbetsmetoderna inte finns. Därför kan en vetenskaplig undersökning av problemställningen motiveras.

2.3 Varför är detta viktigt? Om växthuseffekten och dess gaser

För att förstå varför min problemställning är av vikt så är det viktigt att ha vissa grundkunskaper om växthuseffekten och de gaser som ger upphov till den. Växthuseffekten handlar om gaser som fångar in värmestrålning i jordens atmosfär, utan växthuseffekten skulle jorden ha en medeltemperatur på -18°C ²⁰ istället för de $0,0-0,5^{\circ}\text{C}$ ²¹ vi har nu.

Solen värmer upp jorden med sina solstrålar. En del av dessa strålar reflekteras direkt ut i rymden igen av exempelvis is och snö, andra strålar värmer upp jorden. Denna värme övergår sedan till infraröd (IR) strålning, en del av denna strålning värmer jorden, en del av strålningen strålas ut i rymden. Växthusgaserna som vattenånga, koldioxid och metan skapar växthuseffekten genom att återstudsas en del av denna IR-strålning tillbaka till jorden igen, på så sätt skapas ett klimat som möjliggör liv på jorden.

Växthusgaserna får IR-strålningen att återstråla mot jorden genom att absorbera den på olika våglängder, eftersom alla växthusgaserna har olika egenskaper och kemiska sammansättningar så har de även olika våglängder, på så sätt är de även olika starka som växthusgaserna. För att kunna jämföra olika växthusgaserna med varandra och för att kunna kvantifiera olika utsläpp till

²⁰ Encyclopedia Britannica (2010) *Greenhouse effect*, hämtad den 20 april 2010, <http://search.eb.com/eb/article-9037976>

²¹ NASA (2005) *Earth Gets a Warm Feeling All Over*, hämtad den 20 april 2010, <http://www.nasa.gov/>

atmosfären har ett allmänt vedertaget begrepp för detta skapats, *koldioxidekvivalenter*.²² Detta begrepp beskriver styrkan som olika växthusgaser har i relation till växthusgasen koldioxid.

Att på ett korrekt sätt kvantifiera in andra gaser i relation till koldioxiden är en komplicerad uppgift som är kontroversiell eftersom nya rön hela tiden kommer till allt eftersom forskningen går framåt. Dessa resultat ska sedan accepteras av, inte bara forskare, utan av branscher och statsmakter. Samtliga dessa aktörer har olika agendor, med olika syften och vill därför räkna på sina utsläpp på olika sätt. Växthusgasen metan, CH₄, är inget undantag. Att metan är en stark växthusgas är inget kontroversiellt i sig, men hur stark denna gas är, är dock kontroversiellt. Resultaten sträcker sig från att vara 21 gånger starkare än koldioxid till att vara 56 gånger starkare. Anledningen till att resultaten skiljer sig åt så markant är på grund av metangasens livslängd som är cirka tolv år. Koldioxidens livslängd som växthusgas beräknas vara cirka fem gånger längre än metangasens. Under en 20 års period beräknas metangasen vara 56 gånger starkare än koldioxiden medan den under en 100 års period beräknas vara 21 gånger starkare, det beror på att metangasens livslängd i atmosfären endast är cirka 12 år medan koldioxiden är verksam under en betydligt längre period.²³

Även dessa siffror är dock kontroversiella då metangasen har en negativ påverkan på andra gaser i atmosfären som verkar kylande för jordens klimat. De nya siffrorna talar om att metangasen ska vara 30-35 gånger starkare än koldioxiden under en 100 års period. Dessa siffror är inte ännu bekräftade, men tankesättet kan vara väl värt att vara förberett på inför framtida forskningsresultat. Metangasens inverkan på klimatet kallas för Global Warming Potential (GWP). Det GWP-värde som jag har valt att använda är metangasens officiella värde från IPCC under en 100 års period, att metangasen är 21 gånger starkare än koldioxiden.

2.4 EU:s målsättning och dess verktyg för förändring

För att styra politiken runt om inom respektive område var detta än må vara så använder politiker sig av diverse olika styrmedel. Styrmedel används olika beroende på vilka grupper i samhället politikerna vill nå, vissa styrmedel riktar sig mot organ längre ned i den egna organisationen, vissa styrmedel riktar sig mot företag medan andra syftar till att påverka individen inom samhället. De olika styrmedel som finns kategoriseras ofta in som administrativa, ekonomiska, informativa eller

²² Miljödepartementet (2006) *Hållbar utveckling – Växthusgaser*, hämtad den 25 maj 2010, <http://www.regeringen.se/>

²³ Climate Change (1995) *The Science of Climate Change: Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report*, page 22. Ort: okänd. Förlag: okänt.

fysiska. När det kommer till avfall är de vanligaste styrmedlen av administrativ eller ekonomisk sort, alltså via lagar och regler eller genom skatter, avgifter eller bidrag.²⁴

År 1999 bestämdes det på EU-nivå att Europa skulle minimera avfallet som går till deponi, detta gjordes genom det så kallade deponeringsdirektivet²⁵. I Sverige ratificerades direktivet i två omgångar, år 2002 infördes förbud mot deponering av brännbart avfall och år 2005 infördes ett förbud mot deponering av organiskt avfall.

Ett annat mål som finns uppsatt som direktiv, alltså någonting som varje medlemsstat bör utforma styrmedel för att styra utvecklingen mot, är den så kallade avfallshierarkin som finns i ramdirektivet för avfall. Avfallstrappan guidar unionens beslutsfattare när det kommer till avfallshantering och avfallsminimering. De fem stegen i avfallstrappan består av:²⁶

1. Förebyggande, minimera uppkomsten av avfall.
2. Förberedelse för återanvändning, material återanvändning.
3. Materialåtervinning.
4. Annan återvinning ex. energiutvinning.
5. Bortskaffande ex. deponering.

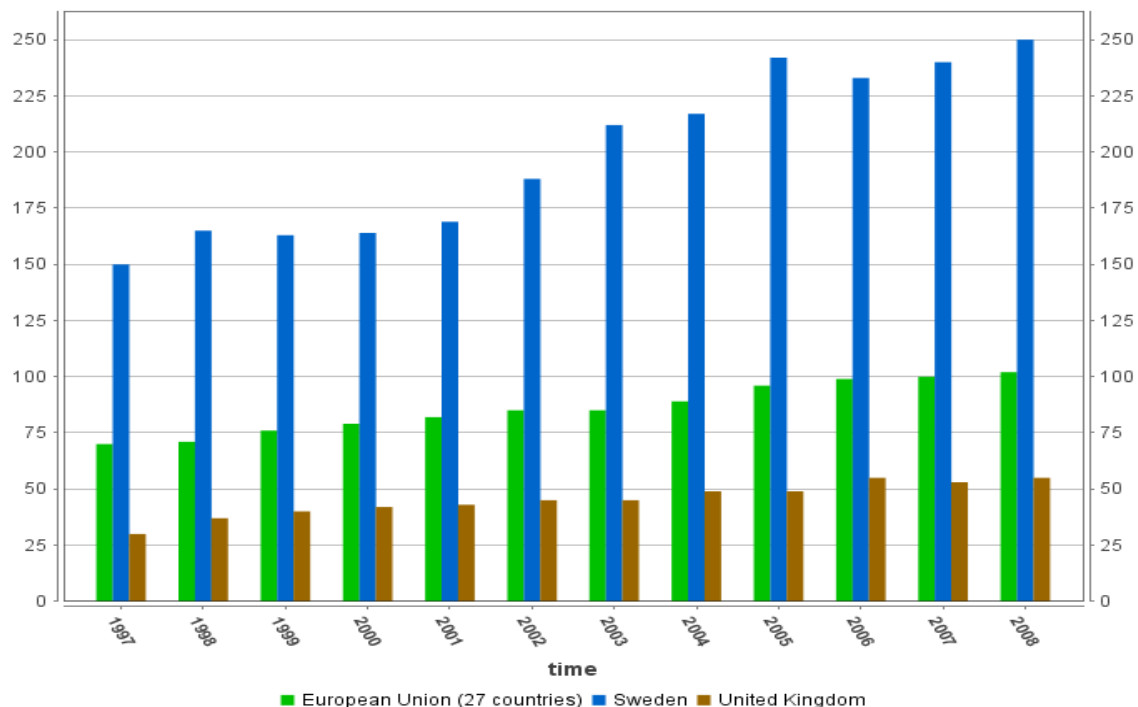
Förbränning av avfall med effektiv energiutvinning är alltså att betrakta som punkt nummer fyra i avfallstrappan, ”annan återvinning”. Avfallstrappan och deponeringsdirektivet har lett till en markant förändring av avfallshanteringssystemet genom att en mindre mängd avfall går till deponi (se figur 2) och mer avfall går till förbränning och energiutvinning (se figur 3).

²⁴ Naturvårdsverket (2009) *Styrmedel för hållbar avfallshantering*, hämtad den 25 maj 2010, <http://www.naturvardsverket.se>

²⁵ Rådets direktiv 1999/31/EG (1999) *Om deponering av avfall*

²⁶ Europaparlamentet och rådets direktiv 2008/98/EG (2008) *Om avfall och om upphävande av vissa direktiv*

Municipal waste by type of treatment
Kg per person per year



Figur 3. Mängd avfall som går till förbränning i EU, Sverige och Storbritannien. Kilo per person och år.²⁷

Därutöver finns ett direktiv om att ”förebygga och begränsa föroreningar”²⁸ som förordnar *bästa möjliga teknik* för medlemsstaternas industrier med miljöskadlig verksamhet.

Därtill förordnar EU ett antal principer som ska följas när det kommer till avfall och bortskaffandet av sådant, dessa är EU:s allmänna avfallsprinciper ifrån 1996 och finns nu i ramdirektivet för avfall:

- Principen om förhindrande – avfallsproduktion skall minimeras.
- Principen om producent ansvar och förorenaren betalar – de som producerar avfall eller förorenar miljön ska betala den fullständiga kostnaden för det/för återställande.
- Försiktighetsprincipen – om att förebygga problem, finns det skäl att anta att en produkt är miljö- eller hälsovådlig så skall alternativ betraktas.
- Närhetsprincipen – avfall skall omhändertas i närmaste mån vid källan.²⁹

²⁷ Eurostat (2010d) *Municipal waste by type of treatment - incineration*, hämtad den 2 april 2010, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>

²⁸ Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/1/EG (2008) *Om samordnade åtgärder för att förebygga och begränsa föroreningar*.

²⁹ Europaparlamentet och rådets direktiv 2008/98/EG (2008)

Därutöver tillkommer en, för avfallsimporten, viktig principer i EU direktivet transport av avfall³⁰. Hur dessa principer kan implementeras i en union som präglas av fri marknad utan att tvingande lagar kommer till, är ett problem som medlemsländerna behöver lösa.

- Att hålla de gränsöverskridande transporter av avfall till ett minimum.

Avfallsförbränningsindustrin påverkas av dessa principer genom att de exempelvis måste använda sig av bästa möjliga reningsutrustning vid rökgasreningen. Närhetsprincipen bör även den tas i beaktelse, intressant är hur den skall ses på i detta fall.

För att få avfallshanteringen inom den europeiska unionen i rätt riktning finns alltså två olika styrmedel att använda sig av, ekonomiska och administrativa. De flesta styrmedlen ifrån EU är av administrativ sort, för att medlemsländerna själva ska få besluta om ekonomiska styrmedel. De direktiv som kommer ifrån EU:s håll har påverkat utvecklingen i medlemsstaterna som i stort har gått från tendensen att lägga avfallet på deponi, till att istället använda sig av förbränning med energiutvinning som behandlingsmetod. I övrigt märks hur EU:s politik påverkar medlemsländernas interna politik, exempelvis hur principen om avfallshierarki genomsyrar både Englands och Sveriges inställning till avfall.

2.5 Sveriges miljömål

Sverige har ett övergripande miljömål som ska sätta ramarna för vilken nivå vi inom Sverige ska uppnå. Detta mål är att vi till nästa generation ska kunna lämna över ett samhälle där de största miljöproblemen är lösta. Riksdagen har satt upp 16 stycken miljömål som ska hjälpa oss uppnå det övergripande miljömålet.

God bebyggd miljö heter miljömålet som hanterar avfallssystemet, det handlar om hur infrastrukturen kring avfallshanteringen ser ut. Vidare innehåller miljömålet ett antal delmål med tidsangivelser om när dessa senast ska uppnås. En generell regel för miljömålet lyder ”den totala mängden avfall ska inte öka och den resurs som avfallet utgör ska tas till vara i så hög grad som möjligt samtidigt som påverkan på och risker för hälsa och miljö minimeras”³¹.

Andra miljömål av betydelse som även bör räknas in till avfallshanteringen är *Begränsad klimatpåverkan*, *Giftfri miljö*, *Frisk luft*, *Bara naturlig försurning*, *Skyddande ozonskikt* och *Ingen*

³⁰ Europaparlamentets och rådets direktiv (EG) nr 1013/2006 (2006) *Om transport av avfall*.

³¹ Naturvårdsverket (2005) *Strategi för hållbar avfallshantering – Nationell avfallsplan*. Stockholm: CMgruppen.

övergödning. För att uppnå dessa miljömål har fyra stycken riktlinjer satts upp i syfte att få en hållbar avfallshantering³²:

1. Förebyggande arbete för att minska mängden avfall och avfallets farlighet.
2. Avgiftning av kretsloppet.
3. Använda den resurs som avfallet utgör så effektivt som möjligt.
4. Säkert omhändertagande.

För avfallsförbränningsindustrin så betyder detta mål alltså två saker rent generellt: - avlägsna gifter ur förbränningssystemet och omhändertag dessa på lämpligt sätt, - använd resursen avfall på ett så effektivt sätt som möjligt.

2.6 Engelska avfallsmål

Engelska miljödepartementet, Department of Environment Food and Rural Affairs (DEFRA), lägger stor tyngd vid avfallstrappans fem principer och poängterar vikten av att minska uppkomsten av avfall, inte bara genom att skapa förutsättningar för individer och företag att använda så lite material som möjligt till en början, utan även att bryta sambandet mellan ekonomisk tillväxt och avfall. DEFRA ser möjligheter i att spara pengar genom att minska resursanvändningen, minska kostnaden för avfallshanteringen samt skapandet av nya jobb för att förbättra denna produktivitet.³³

Målen för England i korthet är att:

- bryta kopplingen mellan avfall och ekonomisk tillväxt,
- minska uppkomsten av avfall och öka återanvändandet av material,
- bryta beroendet till deponering,
- investera i nödvändig infrastruktur för att bryta beroende till deponering, samt:
- att maximera miljövinsten från ovanstående investeringar genom återvinning av material och energi.

Detta är alltså målen som England har satt upp i sin avfallsplan för att möta EU:s avfallsdirektiv. England beräknar att årligen tjäna in 34,3 miljoner ton koldioxidekvivalenter genom att gå ifrån ett avfallssystem med deponering.³⁴ Englands förutsättningar i termer av dess legala rätt att deponera avfall är att de år 2010 kan maximalt kan deponera 12 miljoner ton, och till år 2019/2020 maximalt 5,5 miljoner ton, nedbrytbart avfall.³⁵

³² Ibid. Sid. 17.

³³ Department for Environmental Food and Rural Affairs (Defra) (2007) *Waste strategy for England 2007*. Norwich: Crown.

³⁴ Ibid.

³⁵ Environment Agency (2010) *Dealing with waste*, hämtad den 5 april 2010, <http://www.environment-agency.gov.uk/business/topics/waste/103220.aspx>

2.7 Kapitelsammanfattning

I kapitel 2 har jag redogjort för avfallens och avfallshanteringens historia, vi har sett att mängden avfall har ökat de senaste tio åren, tvärtemot EU:s målsättning. Vi har även sett hur avfallshanteringen har gått från deponering mot materialåtervinning och förbränning. Vidare har tidigare studier som har utförts inom området redogjorts för och hur dessa har pekat på de positiva sidorna av avfallsförbränningen. Men även hur detta kan leda till en decimering av avfallstransporternas betydelse samt övergivande av närhetsprincipen. Kapitlet har beskrivit hur växthuseffekten fungerar samt varför metangasen är en så pass effektiv växthusgas och därmed varför det är viktigt att begränsa emissionerna av den. Vidare presenterades EU:s målsättningar och dess verktyg för förändring. EU:s styrmedel för unionen består av direktiv (exempelvis deponidirektivet och avfallshierarkin), uppsatta mål samt principer (närhetsprincipen och principen av minimering av gränsöverskridande avfallstransporter). Därefter redovisades Sveriges miljömål och Sveriges strategi för en hållbar avfallshantering. Slutligen redovisades Englands syn på avfallshantering och dess strategi för att minska mängden avfall som går till deponi i syfte att uppnå EU målet om 5,5 miljoner ton nedbrytbart avfall till deponi år 2019/2020.

Kapitel 3 – Systemanalys som analysmetod

I kapitel 3 motiveras valet av analysmetod. Systemanalysens kriterier i form av förutsättningar, prestationsmått och systemgränser redovisas. Därefter förklaras systemanalysens delar och motivering till dessa ges. Slutligen presenteras den utvidgade systemanalysen innan kapitlet avslutningsvis sammanfattas.

3.1 Valet av analysmetod

Systemanalys är en metod som kan användas för att beslutstagare ska kunna fatta välmotiverade men snabba beslut där de är medvetna om hur ett beslut rörande en del av avfallshanteringssystemet medför miljöpåverkan i andra system.³⁶ Ett system är något som är uppbyggt av flera olika delar som alla är beroende av, och påverkar, varandra. En systemanalys blir på så sätt en metod som med strikt logik ämnar att på ett systematiskt sätt beskriva och analysera komplexa system.³⁷ Eftersom avfallsfrågor är komplexa då många olika system är inblandade, så förordnar Svenska miljöinstitutet (IVL) att ett systemanalytiskt angreppssätt används.³⁸

För att undersöka klimatpåverkan av avfallsimport kontra har jag valt att genomföra en utvidgad systemanalys. En systemanalys undersöker de olika stegen i processen från avfall till energi, men även vad dessa får för konsekvenser på systemen i anslutning till denna. För att konkretisera detta betyder det att om vi i Sverige importerar avfall för förbränning och energi (i form av värme) från förbränningen går in på fjärrvärmenätet så behöver vi inte producera lika mycket värme någon annanstans i det nätet. Att man i en systemanalys tittar på de direkta som indirekta miljöpåverkande aktiviteterna gör denna typ av analys närbesläktad med livscykelanalyser, då man vill se en produkts påverkan på miljön under produktens hela livscykel. Men eftersom ändringar på ett håll i systemet även får konsekvenser på andra delar av system så räcker inte en livscykelanalys till för undersöka uppsatsen syfte.

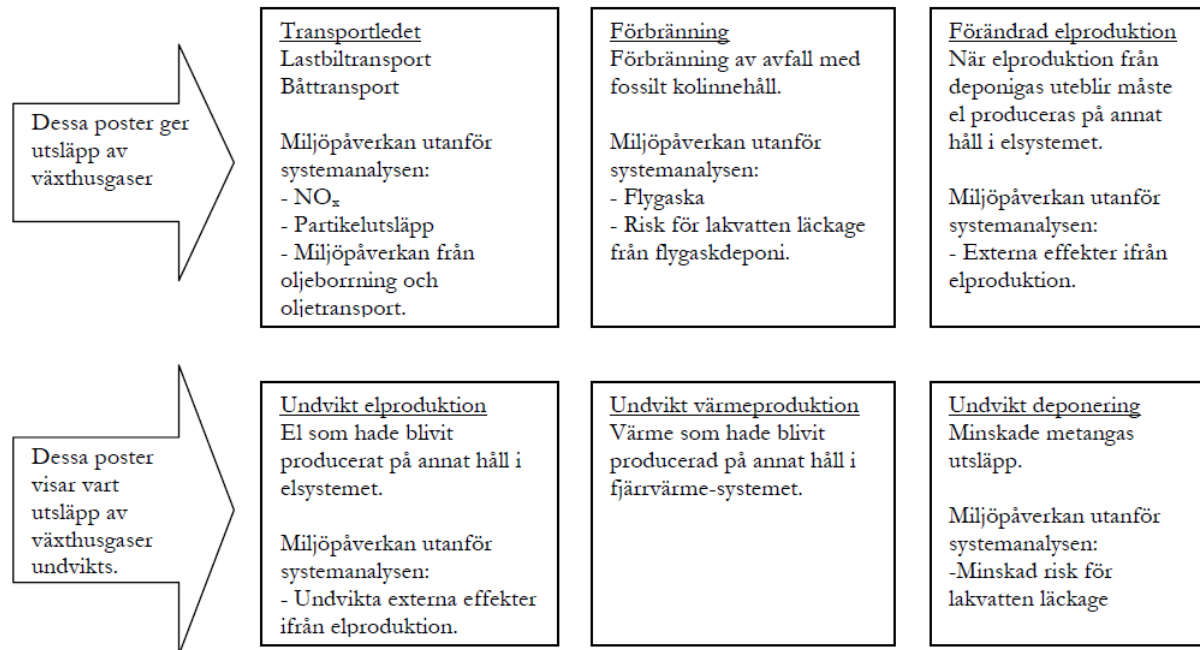
Problemställningen i den här undersökningen var huruvida klimatpåverkan skulle bli mindre om England exporterade sitt avfall till Sverige för förbränning istället för att deponera avfallet. I England är problemet att deponi leder till stora utsläpp av växthusgasen metan. I Sverige är problemet att en import av avfall för förbränning medför emissioner av växthusgaser, dessa

³⁶ Winkler, Jörg (2005) *Comparative Evaluation of Life Cycle Assessment Models for Solid Waste Management*. Dresden/Berlin: Institute for Waste Management and Contaminated Sites Treatment.

³⁷ Sundqvist, Jan-Olov et al. (1999) *Systemanalys av energinyttjande från avfall – utvärdering av energi, miljö och ekonomi*. Stockholm: Energimyndigheten.

³⁸ Svenska miljöinstitutet – IVL (år okänd) *Systemanalys*, hämtad den 26 april 2010, <http://www.ivl.se>.

utsläpp sker vid transport, förbränning samt medför en förändring i energisystemet. Figur 4 illustrerar de olika aktiviteternas påverkan.



Figur 4. De olika delarna av systemet som ingår i analysen och deras miljöpåverkan.

Med begreppet utvidgad systemanalys menas att det inte bara är den direkta eller indirekta påverkan som tas med i utredningen. Om en import av avfall sker så får detta antagligen ytterligare effekter än de klimatpåverkande som i denna utredning kommer att kvantifieras. Även effekter i avsändarlandet kan upplevas. Ett exempel på detta är prisdumpningen på avfall som skedde i Norge när SYSAV beslutade sig för att importera avfall därifrån.³⁹ Dessa biverkningar får även konsekvenser i avsändarlandet vilket kan vara bra att vara medveten om.

3.2 Kriterier för systemanalys

För att kunna genomföra en systemanalys måste tre kriterier först uppfyllas eller definieras: de allmänna förutsättningarna, prestationsmått och systemavgränsning. De allmänna förutsättningarna består av avfallshanteringen i Sverige och England med dess fördelar och nackdelar, med andra ord dess behandlingskapacitet respektive brist på behandlingskapacitet. Vidare består de allmänna förutsättningarna av de lagar och principer som EU och medlemländerna har kommit överens om, avfallshanteringen måste anpassa sig utefter dessa spelregler. Prestationsmättet som systemanalysen strävar efter är mängden emitterat koldioxidkvivalenter.

³⁹ Strömquist, Stig (2010) *Norsk oro för ökad sopexport*, Sydsvenskan den 10 mars 2010.

Systemavgränsningen är kanske det allra viktigaste kriteriet som en systemanalys har. Avgränsningen är direkt relaterad till undersökningens resultat. En alltför snäv avgränsning ger ett missvisande resultat medan en alltför vid avgränsning skulle ge ett oöverskådligt arbete.

Min systemavgränsning, alltså de variabler som kan, respektive inte kan påverkas är:

- mängden avfall,
- uträkningsmetoder i datormodellerna.

I transportkedjan tas ingen hänsyn till koldioxidutsläpp eller miljöförstöring som uppkommer av så kallad *från borrhål till tankhål*, alltså av oljeutvinning och oljetransport. Ingen hänsyn tas till om fordonsförarna har genomgått ”*eco-driving*” utbildning eller ej. Vidare finns flera miljöaspekter som exkluderas från denna undersökning, exempelvis utsläpp av sot, svavel- och kväveoxider ifrån transporter, aska ifrån avfallsförbränning, lakvatten ifrån deponier eller brytning av (exempelvis kärn-) bränsle till elsystemet. Undersökningen fokuserar enbart på utsläppen av växthusgaser i form av koldioxidekvivalenter. Däremot undersöks hur alternativ el och värme skulle ha producerats om den inte producerades genom avfallsförbränning med energiutvinning. Den utvidgade systemanalysen fokuserar på praktiska problem som uppstår i avsändarlandet i form av effekter på utbyggnad av egna avfallshanteringssystemet.

Tidavgränsningen har satts till en period om 100 år, detta för att utsläppet som sker ifrån deponier inte sker på en gång. Utsläppen sker kontinuerligt allteftersom avfallet bryts ned.

3.3 Empiriska data

Det empiriska materialet som har använts i arbetet består av logiska beräkningar (exempelvis så är koldioxidutsläpp vid förbränning av olja en kemisk reaktion där resultatet på ett säkert sätt kan beräknas), metoder och data (exempelvis för miljövärdering av el). Data som använts är hämtad från officiella källor som myndigheter och organisationer (exempelvis Energimyndigheten och Elforsk). Insamlingen av material har skett genom dokumentgranskning, läsning av tidigare studier och samtal med olika insatta experter på de olika områdena. Samtalen har ofta resulterat i nytt material eller tips på material har kommit till kännedom och på så sätt gett mer insikt i området.

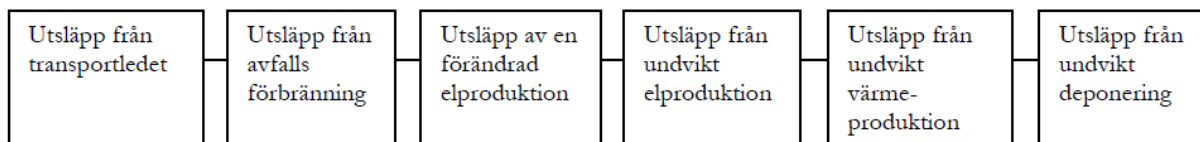
Under arbetets gång har jag funnit dokument som hänvisar till andra dokument, som i sin tur hänvisar vidare och på detta sätt har dessa dokument, inte helt sällan, hänvisat vidare i tre, fyra led. I dessa fall har jag spårat upp originaldokumenten för att kunna kontrollera dokumentet, författaren och aktörerna runt dokumentet. Det för att uppfylla vedertagna kriterier för

källkritik.⁴⁰ Som källkritik för mitt arbete har en känslighetsanalys utförts. I känslighetsanalysen fångas en eventuell variation av resultaten in genom att prova olika beräkningsmetoder (mer om det i avsnitt 3.4).

3.4 Systemanalysens delar

Systemanalys hanterar komplexa och omfattande frågor, för att göra dessa analyser hanterbara är det därför nödvändigt att dela upp dem i mindre men mer lättöverskådliga delar. Dessa delar ska jag nu presentera och redovisa för hur var och en av dem bidrar till helheten av problemställningen. I vissa delar förekommer osäkerheter om hur en korrekt mätning av verkligheten skall utföras. Därför har jag i de osäkra delarna av analysen gjort ett grundfall (som speglar det mest troliga scenariot) samt två alternativfall (som ska spegla andra tänkbara värden). På detta sätt kan en känslighetsanalys utföras i syfte att testa om dessa alternativ har någon inverkan på det slutliga resultatet.

Slutresultatet redovisas i form av ett stapeldiagram. Där samlar jag resultaten ifrån de olika delarna så att läsaren enkelt kan se vilka poster som bidrar med tillskott av växthusgaser till atmosfären och vilka poster där utsläpp av växthusgaser till atmosfären undviks (se figur 5.). På så sätt kan en helhetsbild framträda och läsare ska kunna få förståelse över hur förändringar av en del av systemet påverkar utsläpp i andra delar av systemet.



Figur 5. En illustration över systemanalysens delar. De tre posterna till vänster är poster som ger upphov till växthusgasemissioner medan de tre posterna till höger är poster där växthusgasemissioner undvikts. Denna figur av systemanalysen återkommer senare i undersökning för att förklara för läsaren vilken del av system som beskrivs.

3.4.1 Avfallet

Avfallet som importeras består i huvudsak av industriavfall som vid de aktuella anläggningarna består av fraktionerna trä, papper och plast. Trä och papper är helt och hållet att betrakta som biobränslen medan den tredje fraktionen, plast, traditionellt sätt är av fossilt ursprung⁴¹ eftersom det är en petroleumprodukt. Det är endast av intresse att undersöka det fossila kolet i avfallet eftersom det endast är det kolet som ger ett nettotillskott av växthusgaser. För att kunna avgöra andelen fossilt kol i avfall avsett för förbränning är en vanlig metod plockanalys. Plockanalys utförs genom att en del av avfallet sorterar upp och besiktas, detta görs visuellt och genom att

⁴⁰ Esaiasson et al. (2007) *Metodpraktikan – konsten att studera samhälle, individ och marknad*. Sid. 314ff. Vällingby: Norstedts Juridik AB.

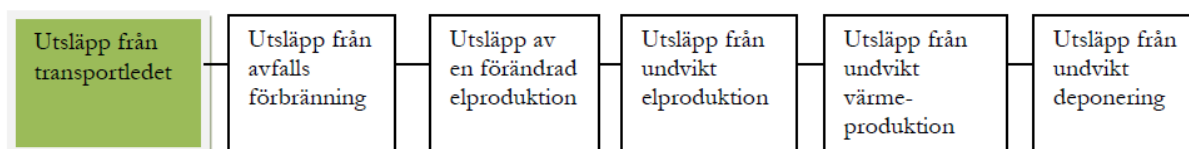
⁴¹ Äldre än 10 000 år.

våga avfallets olika beståndsdelar. På så sätt avgörs om kolet i avfallet tillhör det korta eller långa (fossila) kretsloppet. Plast innehåller traditionellt sätt fossilt kol. Idag tillverkas dock viss plast av stärkelse och annat fyllmedel, detta gör plockanalysen till en föråldrad metod för att bestämma andelen fossilt kol.

Den senaste metoden att bestämma andelen fossilt kol är med hjälp av kol-14 metoden, resultatet från dessa mätningar har dock inte hunnit bli verifierade ännu men de preliminära resultaten pekar mot att andelen fossilt kol i avfall för förbränning (avfallets sammansättning varierade mellan gångerna) ligger någonstans mellan 1 – 12 % (± 1 %) av den utsläppta koldioxiden, detta kan jämföras med myndigheternas schablon på 28 %.⁴²

Avfallets sammansättning påverkar de fossila koldioxidutsläppen vid förbränning därför används denna tankegång vidare under avsnitt 3.4.3 *Utsläpp från förbränning*.

3.4.2 Transportkedjan



Transporterna i undersökningen är flera och av olika slag. Den första transporten sker i England där avfallet transporteras från producenten till hamnen, den transporten sker med lastbil och antas vara 30 km. Lastbilarna beräknas kunna transportera 25 ton avfall enkel väg och går sedan tomma tillbaka. I hamnen lastas avfallet över till båt för vidaretransport till Sverige, i grundfallet räknas sträckan mellan England och Sverige till 1 800 km. Båten lastar upp avfallet och avgår till Sverige, från Sverige går båten inte tillbaka tom och denna sträcka beräknas därför inte. I den svenska hamnen lastas avfallet över till lastbil som transporterar avfallet till förbränningsanläggningen, den sträckan beräknas till 10 km. Tidigare undersökningar har visat att lastbilarna förbrukar 5 l/mil fullastad och 3,5 l/mil tom.⁴³

I syfte att undersöka hur stor inverkan lastbilstransporternas längd har på slutresultatet har jag i alternativfall 1 utökat transportsträckan med 60 km.

För att undersöka effekten av att använda biobränslen i transportledet så undersöktes i, alternativfall 2, ett biobränsle för lastbilsledet.

⁴² Detterfelt, Lia och Pettersson, Katarina (2009)

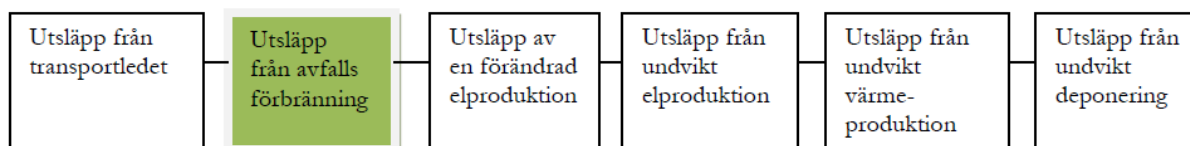
⁴³ Haraldsson, Märten och Sundberg, Johan (2009)

Då data (bränsleförbrukning och kemiskförteckning för bränslet ifråga) för båttransporten saknas har *Nätverket för Transporter och Miljöns* (NTM) kalkylator version 1.9.9 använts för att beräkna klimatpåverkan från båttransporten.

3.4.2.1 Nätverket för Transporter och Miljön

NTM är en ideell förening som startades år 1993 för att skapa en gemensam värdegrund för hur miljöprestanda för olika transportmedel ska beräknas. Deras mål är att utveckla en erkänd metod för gods- och persontransporters emissioner, förbrukning av naturresurser och andra externa effekter. Metoden är framtagen för att köpare och säljare av transporter ska kunna räkna på sina transporters miljöpåverkan. Idag består medlemmarna (som äger, utvecklar och använder sig av nätverket) av allt ifrån universitet och offentliga myndigheter till privata transportföretag.⁴⁴

3.4.3 Utsläpp från förbränning



När avfallet förbränns för energiutvinning frigörs koldioxid. Eftersom det endast är intressant att mäta utsläppet av fossil koldioxid så har jag därför utgått ifrån avfallssammansättningen (se avsnitt 3.3.1) för att avgöra denna. I grundfallet utgår jag ifrån det högsta uppmätta värdet ur kol-14 metoden, nämligen 12 %, detta för att jag anser det värdet har högst sannolikhet att närmast spegla verkligheten.

För att räkna ut hur många kilo koldioxid denna procentsats motsvarar behöver jag veta hur många kilo gas ett ton avfall bildar vid förbränning. Enligt en LCA undersökning om avfallsförbränning av Blanco Pedraza et al.⁴⁵ så krävs det 5 760 kilo luft för att förbränna ett ton avfall, av denna förbränning uppstår 6 511 kilo gaser. Jag har därför utgått från denna siffra för att räkna ut det fossila kolinnehållet av dessa gaser.

Jag vill dock göra läsare av denna rapport medvetna om att mängden gas som uppstår inte enbart är koldioxid (utan även suspenderade ämnen, tunga metaller, CO, HC, NO_x, SO_x, HF, HCl, TOC, PCDD/PCDF), även att huvuddelen av utsläppen är koldioxid så finns även en viss mängd andra ämnen bland gasmassorna. Därför är det resultat som jag redovisar lite i överkant, det är dock

⁴⁴ Nätverket för Transporter och Miljön (2005) *Om NTM*, hämtad den 10 maj 2010, <http://www.ntm.a.se/index.asp>.

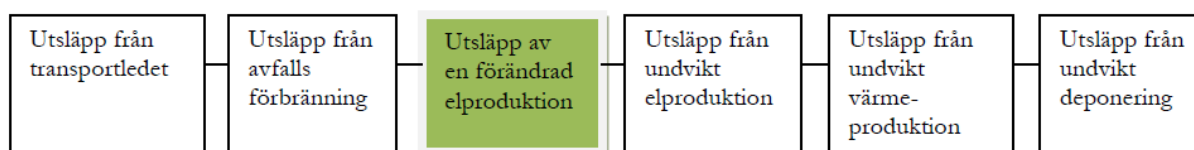
⁴⁵ Blanco Pedraza, Oscar et al (1999) *Life-Cycle Assessment of the Energy Recovery From Solid Waste Incineration*, Girona: Universitat de Girona.

den metod som baseras på framtagna siffror från tidigare forskning. Resultatet bör även vara ett max värde för möjliga koldioxidutsläpp.

Alternativfallen för posten *utsläpp från förbränning* baseras sig på ”Enterprises pour l’Environments” (EpE) beräkningsverktyg för koldioxidutsläpp från förbränning av avfall.⁴⁶ I beräkningsverktyget finns två olika modeller som är framtagna genom schablonbelopp där användaren kan specificera sina uträkningar genom den information som finns tillgänglig för användaren. I det första alternativfallet har avfallet specificerats till schablonen för industriavfall. I det andra alternativfallet har kan avfallet specificeras än mer exakt och baseras på ett fossilt kolinnehåll av 12 % (se bilaga 10). Källdata för schablonbeloppen kommer ifrån *ADEME* modellen (se avsnitt 3.4.8.1).

Alternativfallen har använts för att visa hur tre olika beräkningsmodeller för en och samma typ av avfall (industriavfall med 12 % fossilt kolinnehåll) kan ge olika resultat.

3.4.4 Utsläpp från en förändrad elproduktion



I en engelsk deponi samlas den högkvalitativa deponigasen in och kommer till användning genom att förbrännas i en motor som driver en elgenerator. På så sätt producerar Englands deponier el. När denna elproduktion inte längre drivs av deponigas måste den produceras på annat sätt i det brittiska elsystemet.

För att beräkna produktionen av el som uteblir när avfall inte längre deponeras behöver jag veta hur mycket deponigas som ett ton avfall producerar, jag behöver veta hur mycket av denna gas som kan användas och hur mycket av denna deponigas som facklas samt oxideras. Dessa siffror har jag tagit ifrån en brittisk undersökning som EU-kommissionen har valt att använda sig av. Denna undersökning räknar med en toppmodern deponeringsanläggnings siffror, de räknar även med gasinsamling över hela deponin.

⁴⁶ Enterprises pour l’Environnement (2008) *Protocol for the quantification of GHG emissions from waste management activities*. Paris: Enterprises pour l’Environnement

Uppsamlingsgrad	80 %
Ej uppsamlad gas	20 %
Oxiderad gas (av ej uppsamlad gas)	10 %
Facklad gas (av uppsamlad mängd)	40 %
Andel gas använd för energiutvinning (av uppsamlad mängd)	60 %
Generatorns verkningsgrad	30 %

Tabell 1. Effektiviteten hos en brittisk toppmodern deponi.⁴⁷

Jag behöver även veta hur mycket koldioxid som den förändrade elproduktionen i det brittiska nätet medför. I det brittiska elsystemet bidrar 1 MWh el till utsläpp av 564 kg CO₂ ekvivalenter.⁴⁸ Efter datorsimulering i *ADEME* (se avsnitt 3.4.8.1) så vet jag hur mycket metangas ett ton industriavfall producerar, genom att använda de brittiska siffrorna för omhändertagande av deponigas kan jag sedan räkna ut hur mycket el som kan produceras av deponigasen från ett ton industriavfall. För posten *utsläpp från en förändrad elproduktion* har endast ett grundfall använts, således finns inga alternativfall för den här posten.

3.4.5 Energi från förbränning

Avfallet som importerats kommer att användas som bränsle. I den här undersökningen kommer detta bränsle att förbrännas vid ett kraftvärmeverk i Sverige. Avfallet beräknas ge energi i form av värme och el. Avfallet kan då ersätta annat bränsle för denna produktion.

För att få kunskap om producerad energi med avfall som bränsle har jag valt att använda mig av *alternativproduktionsmetoden*, vilket är en metod som statistiska central byrån (SCB) använder sig av enligt Miljöstyrningsrådets regler samt enligt ”*Environmental Product Declarations*”⁴⁹ (EPD) råd. Denna metod möjliggör en beräkning av energiproduktionens bränsleförbrukning i ett kraftvärmeverk. Av bränslet som eldas i ett kraftvärmeverk omvandlas 42,2 % av energin till el och 57,8 % av energin omvandlas till värme. Verkningsgraden för kraftvärmeverkens elproduktion är 86,6 % brutto och 83,6 % netto. Motsvarande siffror för värmeproduktionen är 86,5 % brutto och 82,1 % netto.⁵⁰ Energiutbytet för ett ton blandat avfall antas vara 3,1 MWh.⁵¹

När kraftvärmeverk har spetslastsproduktion av energi (el och värme), exempelvis vid köldtoppar, sker denna produktion enligt ekonomisk teori av det bränsleslag som har högst rörlig

⁴⁷ Smith, Allison et al. (2001) *Waste Management Options and Climate Change*, Culham: AEA Technology.

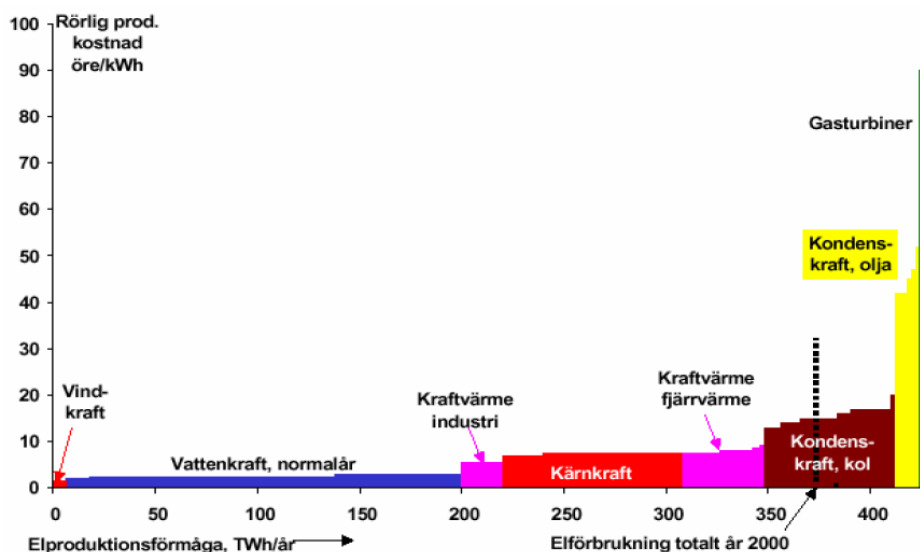
⁴⁸ AEA (2009) *2009 Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting*, London: Department for Environment, Food & Rural Affairs.

⁴⁹ The International EPD consortium (2007) *Product category rules (PCR) For preparing an Environmental Product Declaration (EPD) for Electricity, Steam, and Hot and Cold Water Generation and Distribution PCR CPC 17 Version 1.1 2007-10-31*

⁵⁰ Energimyndigheten och Statistiska central byrån (2010) *El-, gas- och fjärrvärmeförsörjningen 2008, korrigerad 2010-03-03, Definitiva uppgifter*. Eskilstuna: Energimyndigheten.

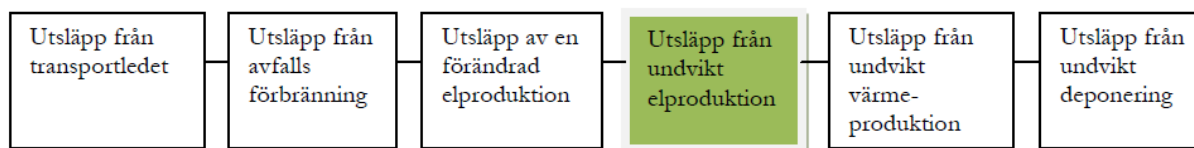
⁵¹ Salö, Staffan (2010) Projektledare, Sysav. Telefonintervju den 6 maj 2010. Värdet är ett genomsnittsvärde för panna 3, 4 på Sysav under år 2009.

kostnad (detta eftersom de bränsleslagen med lägst rörlig kostnad redan producerar el/värme för fullt). För kraftvärmeverk sker denna produktion med hjälp av fossila bränslen (se figur 5).



Figur 6. Schematisk figur över utbudet av elproduktion i Norden.⁵²

3.4.6 Utsläpp från undvikt elproduktion



När ett kraftvärmeverk förbränner avfall och utvinner energin vid förbränningen så består den utvunna energin av el och värme. När el produceras på detta sätt så behövs inte lika mycket el produceras på annat håll i elsystemet. Den elproduktion som då upphör att producera är den produktion som har den högsta rörliga kostnaden. Enligt figur 6 består denna produktion först av fossila bränsleslag och sedan av kärnkraft. Avfallsförbränning med energiutvinning bidrar på så sätt till att minska ned produktionen av el från fossila bränslen. Därför bör även avfallsförbränningen krediteras för dessa undvikta utsläpp.

Den undvikta elproduktionen är svår att beräkna på. Det finns en uppsjö av metoder som används för beräkning av detta, de vanligaste är att använda sig av antingen *medelel*, *marginalel* eller *el i framtida system*. *Medelel* är ett uttryck över hur el i systemet har producerats i genomsnitt och vilka emissioner detta har inneburit, exempel: summan av elproduktionens koldioxidutsläpp dividerat på antalet producerade kWh. *Marginalel* är den elproduktion som tillkommer vid en ökad efterfrågan av el, detta gäller även åt det motsatta hållet, där *marginalel* är den elproduktion som först upphör att produceras vid en minskad efterfrågan av el. *El i ett framtida system* är ett sätt att

⁵² Energimyndigheten (2008) *Miljövärdering av el – Marginalel och medelel*, Eskilstuna: Energimyndigheten.

försöka räkna på hur en ändring i antingen förbrukningen eller produktionen av el påverkar framtida utsläpp av koldioxid i elsystemet.

Vilket beräkningssätt som används måste relateras till undersökningens syfte eftersom olika beräkningssätt ger mycket varierade resultat. Förespråkare av en ökad elanvändning använder sig av begreppet medelvärdet eftersom emissionerna av detta beräkningssätt är betydligt mindre. Förespråkare av en minskad elanvändning använder sig av begreppet marginalel eftersom det beräkningssättet medför högre emissioner koldioxid per producerad kWh. Den tredje fraktionen av förespråkare är av typen *oberoende konsulter* som förespråkar att det enda som spelar någon roll vid miljövärdering av el är hur beslutsituationer påverkar framtida investeringar i elsystemet.

Jag har valt att använda mig av marginalel till grundfallet då Energimyndigheten anser att det är den generellt bästa metoden att miljövärdera el.⁵³ Vidare har jag valt att använda mig av medelvärdet för marginalel vilket är 575 kg CO₂/MWh.⁵⁴ För känslighetsanalysen har ett alternativt värde för koldioxidutsläpp använts, detta värde är hämtat ur en rapport om hur förändringar i elsystemet påverkar framtida koldioxidutsläpp, detta värde är uppskattat till 375 kg CO₂/MWh.⁵⁵ Det värdet används för alternativfall 1.

För att visa hur vitt resultaten kan skilja sig har jag även valt att ta med det nordiska medelvärdet för el, vilket är 58 kg CO₂/MWh (alternativfall 2).⁵⁶ Dock bör läsare av denna rapport vara medvetna vad Elforsk anser om medelvärdet: ”siffrorna beskriver de historiska utsläppen men säger inte speciellt mycket om hur en förändrad elanvändning påverkar framtida utsläpp. Metoden är därför olämplig som beslutsunderlag när det gäller åtgärder som påverkar den framtida elmarknaden.”⁵⁷ Värdet visar dock vidden som är möjlig att få på sina resultat och hur dessa kan användas för att vinkla rapporter till beställarens förmån. Beslutstagare bör i allra högsta grad vara medvetna om hur dessa variationer används, för att kunna fatta beslut med så korrekt faktabakgrund som möjligt.

⁵³ Ibid.

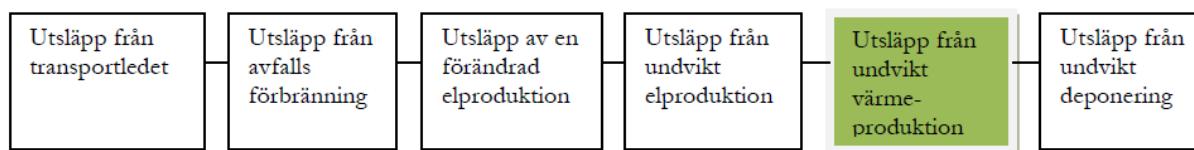
⁵⁴ CO₂ utsläppen från marginalel metoden varierar mellan åren, ett år med höga värden ger 750 kg CO₂/MWh medan ett år med låga värden ger 400 kg CO₂/MWh. Medelvärdet av dessa $((750+400)/2)$ är 575 kg CO₂/MWh.

⁵⁵ CO₂ utsläppen från framtidsmetoden varierar mellan olika scenarion, från 150 kg CO₂/MWh (utsläppspris på €40-50/ton CO₂) till 600 kg CO₂/MWh (utsläppspris på €20/ton CO₂). Medelvärdet av dessa är $((600+150)/2)$ 375 kg CO₂/MWh.

⁵⁶ Elforsk (2006) *Miljövärdering av el – med fokus på utsläpp av koldioxid*. Stockholm: Elforsk.

⁵⁷ Ibid.

3.4.7 Utsläpp från alternativ värmeproduktion



Att räkna på växthusgasutsläpp från ett slutet fjärrvärmesystem kan tyckas vara en lättare uppgift än att räkna på elsystemet, men eftersom elsystemet är så pass kontroversiellt och omdiskuterat gör att det även finns flera studier gjorda inom området som kan föra en diskussion framåt. För fjärrvärmesystemet så har denna diskussion inte ägt rum ännu, vilket gör det svårt att på ett säkert och allmänt accepterat sätt beräkna utsläppen ifrån fjärrvärmesystemet. Jag tänker därför presentera ett par beräkningsmetoder som alla ger en bild olik från varandra.

Tidigare använda värden vid systemanalyser av avfallssystem har använt sig av värden ifrån rapporter som undersöker vilka bränslen som används på marginalen i nordiska fjärrvärmesystem. Dessa undersökningar menar att varje ton extra avfall som vi i Sverige använder oss av så sparar vi in 70 kg CO₂/MWh värme, jämfört med att använda andra bränslen på marginalen⁵⁸. Detta värde använder jag därför som mitt grundfall.

När ett kraftvärmeverk i Sverige förbränner hushållsavfall för energiutvinning så får denna anläggning betala en förbränningskatt baserad på en schablon ifrån myndigheterna, denna schablon ska reflektera innehållet av fossilt kol i det förbrända avfallet. Schablonen ligger i dagsläget på cirka 28 % för blandat avfall och cirka 13 % för hushållsavfall, nya rön pekar dock på att denna schablon är för hög, det egentliga värdet anses vara mellan 1 – 12 % (se avsnitt 3.3.1). Genom att anta att det fossila kolinnehållet i dessa undersökningar stämmer så är det möjligt att räkna ut hur mycket koldioxid ett ton avfall släpper ut och sedan sätta denna siffra i relation till hur mycket värme ett normalt svenskt kraftvärmeverk får ut ur denna mängd avfall.

Svenska kraftvärmeverk använder i dagens läge i huvudsak biobränslen och avfall som bränslen i sin värmeproduktion.⁵⁹ Vid kalla perioder i Sverige, vid så kallad spetsproduktion, används även fossila bränslen i fjärrvärmesystemet. Tidigare undersökningar har räknat att en avfallsimport kan minska ned denna fossila marginalproduktion. Problemet med det här tankesättet är att det inte är avfallsförbränningsanläggningarna som eldar detta fossila bränsle. Vid spetsproduktion är det enda som styr förbränningen av avfall: 1 - anläggningarnas miljötillstånd (hur mycket avfall varje anläggning får förbränna) samt 2 - avfallspannornas kapacitet. I dagens läge är det alltså inte tillgången på avfall som styr. Inom ett par år så kan det dock vara fallet. I framtiden kan det alltså

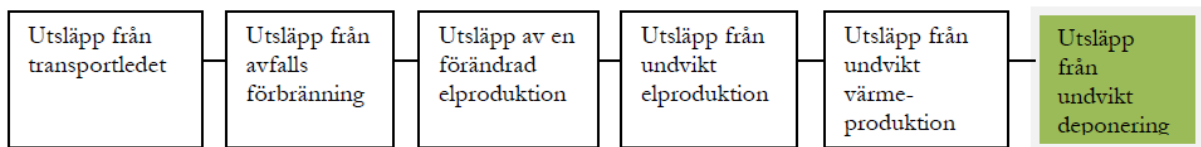
⁵⁸ Haraldsson, Märten och Sundberg, Johan (2009)

⁵⁹ Energimyndigheten (2009) *Energiläget 2009 sid. 96-114.*

vara tillgången på avfall som styr och då är det möjligt att räkna att avfallsförbränning ersätter fossila bränslen, men så bör man alltså inte räkna ännu.

I mitt alternativa fall tänker jag därför presentera ovanstående tanke sätt, att förbränningen av avfall inte leder till minskad förbränning av fossila bränslen när det kommer till värmeproduktion. Istället har jag tagit de utsläpp som uppstår vid förbränning av ett ton avfall och tilldelat värmeproduktionens del av dessa utsläpp. Vilket innebär att räknesättet i alternativfall 1 och 2 baserar sig på utsläppen ifrån avfallsförbränningen, där 57,8 % (se avsnitt 3.4.5) av utsläppen kan relateras till värmeproduktionen. Därför kommer 57,8 % av utsläppen från avfallsförbränningen, i alternativfall 1 och 2, dras av från just avfallsförbränningsposten för att istället belasta posten för värmeproduktionen.

3.4.8 Utsläpp från undvikt avfallshantering – deponi i avsändarlandet



När avfall deponeras bildas deponigas vid nedbrytningen av avfallet. Deponigas består av både koldioxid och metangas. Metangasen uppstår vid anaerob⁶⁰ nedbrytning av det organiska kolet. På engelska deponier dräneras deponigasen ut, sedan samlas den högkvalitativa gasen in och används för elproduktion, medan den lågkvalitativa gasen facklas. 10 % av metangasen som inte samlas in oxiderar⁶¹ vid deponis ytskikt. Det antas att cirka hälften av den resterande delen av metangasen kan omhändertas och användas, resten emitteras ut i atmosfären.⁶² Det är denna gas som har den huvudsakliga, negativa påverkan på klimatet.

Vid en alternativ behandling av avfall, som är fallet när avfallet istället förbränns, så uppstår aldrig produktionen av metangas. Därmed uppstår inte heller utsläppen av denna växthusgas till atmosfären, därför bör en alternativ avfallsbehandling krediteras dessa undvikta växthusgasemissioner.

Att räkna på metangasbildning i deponier är en komplicerad uppgift och vanligtvis så används ett datorprogram för simuleringen av denna. Alternativet är att genomföra mätningar på platserna, men dessa anses vara för dyra för att motivera resultatet, därför används istället datorprogram.

⁶⁰ Anaerobnedbrytning = syrefrinedbrytning.

⁶¹ Med det menas att när metangas möter syre bildas koldioxid och vatten. $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

⁶² Salö, Staffan (2010)

Beräkningen av metangasbildning har utförts med ett excelprogram baserat på *ADEME* modellen (se avsnitt 3.4.8.1).

Deponigasen som bildas består till cirka hälften av koldioxid. Det fossila kolinnehållet (12 %) av den koldioxiden bör även den belasta posten för utsläpp från deponering.

Utsläpp från en undvikt deponering är i hög grad beroende av deponins uppsamlingspotential. I grundfallet har ett exempel från en toppmodern deponeringsanläggning med stor (80 %) insamlingspotential använts. I alternativfall 1 har en anläggning med hälften så stor (40 %) potential använts. Alternativfall 2 visar växthusgasemissioner ifrån en öppen anläggning, det vill säga en anläggning som varken facklar eller använder deponigasen som producerats.

3.4.8.1 ADEME

För att få en grundläggande förståelse för hur de olika datorprogrammen beräknar på metanutsläpp så har EpE genomfört en jämförande studie mellan de olika datormodellerna som används i störst utsträckning.⁶³ ADEME är en av dessa. Resultatet av studien visar att:

- dessa datormodeller är den mest kostnadseffektiva metoden att räkna på emissioner från deponier
- det är mycket svårt att korrekt mäta den exakta mängden gas som emitteras från deponierna
- någon inbördes ranking mellan de olika modellerna är inte möjlig.

Vidare anser författarna av studien att eftersom det är så svårt att jämföra de olika modellerna är det viktigt att känna till hur de olika modellerna skiljer sig från varandra och därigenom känna till hur det dessa modeller kan få olika resultat. ADEMEs modell i jämförelse med modellen som IPCC har byggt upp skiljer sig åt genom ADEME modellen är mer komplex, den tillåter fler variabler, bland annat att användaren av ADEME kan specificera avfallet som ska deponeras. Vilken av dessa två som ger det mest korrekta resultatet går i inte allmänhet att säga, utan hänsyn måste tas från fall till fall. Vid jämförelse ger dock IPCC:s modell en högre uppskattning av metangasemissioner än ADEME.

Slutsatsen av hur detta påverkar min undersökning är att de olika modellerna ger olika resultat och användaren av dessa bör vara medveten om hur de olika modellerna passar olika typer av deponier. Dock bör resultatet som jag får av ADEME inte vara någon överskattning av

⁶³ Enterprises pour l'Environnement (2008)

metanproduktionen, snarare bör resultatet i så fall vara tämligen blygt i jämförelse med IPCC:s modell.⁶⁴

3.5 Effekter av avfallsexport – konsekvenser i avsändarlandet

I syfte att få vetskap om en avfallsexports fullständiga konsekvenser så måste man se vad exporten i förlängningen kan leda till. För att göra detta är det möjligt att se till Norge och vad som har hänt där sedan de började exportera avfall. Jag har kontaktat Avfall Norge samt läst rapporter om den nordiska avfallsmarknaden för att få kunskap om vad exporten kan leda till i avsändarlandet. Resultaten av denna utfrågning undersöks inte närmare utan problematiseras endast ur ett miljöpolitiskt och samhälligt perspektiv (se avsnitt 4.4).

3.6 Kapitelsammanfattning

I kapitel 3 har analysmetoden, systemanalys, redovisats och motiverats. Systemanalysens olika delar har förklarats. Varje systemdel har grundligen redovisats tillsammans med dess olika variabler. Potentiella variationer i systemdelarnas variabler har redogjorts och de olika för- respektive nackdelarna har förklarats. De här systemdelarna är grundbulten i hur resultaten blir, de är även anledningen till att inte endast grundfallet i varje del kommer att redovisas för i resultatdelen utan även de alternativa värdena, de så kallade alternativfallen. De här osäkerhetsvariationerna presenteras senare i form av en känslighetsanalys i slutet av resultatdelen. Systemanalysens sista del har bestått av problematisera kring övriga effekter som en gränsöverskridande transport av avfall kan leda till, denna del har inte undersöks närmre utan endast ett problematiserande resonemang kring ämnet har förts.

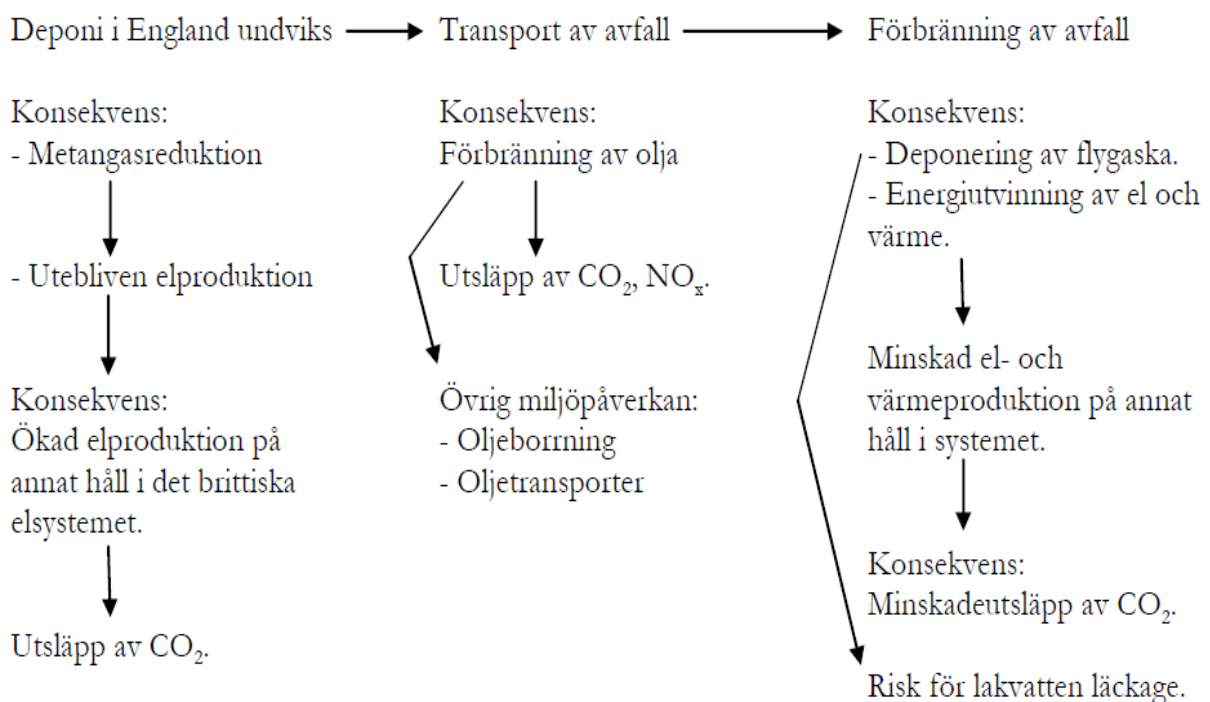
⁶⁴ För faktablad om ADEME se bilaga 8.

Kapitel 4 – Resultat

I det här kapitlet ska jag presentera de resultat som framkommit ur beräkningarna, från datorsimuleringar samt från informationsintervjuer med olika insatta som förekommit. Jag presenterar utsläppsresultatet i form av emissioner i koldioxidekvivalenter. Systemeffekter av en avfallsexport i avsändarlandet presenteras i form av upplevda effekter i Norge, ett problematiserande resonemang kring dessa har förts. Vidare presenteras de sammanlagda resultaten i figur 8 där de olika delarnas påverkan visualiseras. Slutligen presenteras även känslighetsanalysens resultat i figur 9 där de olika delarnas variationer visas.

4.1 Utsläpp av växthusgaser

För att kunna avgöra klimatpåverkan från en avfallsimport krävs att flera olika uträkningar för olika aktiviteter genomförs. Generellt kan sägas att import av avfall för förbränning ger växthusgasemissioner ifrån transportkedjan och ifrån förbränningen av detta material, men även genom att alternativ elproduktion i det engelska elsystemet uteblir när deponigasen som används för elproduktion inte blir producerad. Samtidigt ger denna import av avfall för förbränning en reduktion av emissioner på andra ställen i avfalls- och energisystemet. Dessa reduktioner uppnås främst genom undvikandet av deponering (vilken producerar metangas) samtidigt som energin från förbränningen kan ge en reduktion av el- och värmeproduktion inom andra ställen i systemet (se figur 7).



Figur 7. Flödesschema över avfallens väg från producent till sluthantering och dess miljöpåverkan.

4.1.1 Utsläpp från transportkedjan

Utsläppen från transportkedjan står lastbils- och båttransporterna för när dessa fraktar avfallet från producent till förbränningsanläggning. Varje lastbil beräknas transportera 25 ton avfall, varje sådan transport beräknas förbruka 34 liter diesel, vilket skulle emittera 89,76 kg koldioxid. Räknat per ton blir det 3,5904 kg CO₂/ton avfall i lastbilsledet.⁶⁵

I alternativfall 1 så utökades transportsträckan för lastbilsledet med 60 km vilket ökade utsläppen från lastbilsledet till 6,3 kg CO₂/ton avfall.

I alternativfall 2 utfördes lastbilstransporterna med biobränslen vilket resulterade i 0 kg CO₂/ton avfall i lastbilsledet.

Båttransporten från England till Sverige uppskattas till 1 800 kilometer. Detta gav ett utsläpp av 23 kg CO₂/ton avfall.⁶⁶

Totalt blir dessa utsläpp 26,6 kg CO₂/ton avfall i grundfallet samt 29,3 och 23,3 kg CO₂/ton avfall i alternativfall 1 respektive 2.

4.1.2 Utsläpp från avfallsförbränning

Vid avfallsförbränningen uppkommer emissioner av koldioxid. Den större delen av materialet som förbränns tillhör dock det korta kolkretsloppet, det vill säga att det är så kallade biobränslen. En viss del av det förbrända materialet är dock av fossilt ursprung. Grundfallet utgår från att 12 % av materialet är av fossilt ursprung, vilket ger koldioxidemissioner på 781 kg CO₂/ton avfall.⁶⁷ Alternativfall 1 och 2 baserades på ett beräkningsverktyg framtaget av EpE med källdata ifrån ADEME. Alternativfall 1 gav ett resultat på 293 kg CO₂/ton avfall och alternativfall 2 gav ett resultat på 431 kg CO₂/ton avfall.⁶⁸ I alternativfall 1 och 2 kommer dock 57,8 % av utsläppen dras av för att istället belasta posten för värmeproduktionen (se avsnitt 3.4.7). Slutsumman för alternativfall 1 och 2 blir således 123,6 och 181,9 kg CO₂/ton avfall.

4.1.3 Utsläpp från förändrad elproduktion

Av ett ton deponerat industriavfall bildas 60 m³ metangas (se avsnitt 4.1.6). I en modern deponeringsanläggning kan upp till 80 % av den producerade deponigasen samlas in. Resten av deponigasen antingen oxideras eller emitteras ut i atmosfären där den bidrar till växthuseffekten.

⁶⁵ Se bilaga 1.

⁶⁶ Se bilaga 2.

⁶⁷ Se bilaga 3.

⁶⁸ Se bilaga 10.

Av den uppsamlade deponigasen facklas 40 % bort. Kvar finns 60 % av den uppsamlade deponigasen. Denna gas kan användas i en generator med en verkningsgrad på 30 %.

Av den insamlade metangasen är det möjligt att producera 47,52 kWh el. När produktionen av metangas uteblir måste den el som producerats av den ersättas av annan elproduktion. Denna förändrade elproduktion ger ett tillskott av 26,8 kg CO₂/ton avfall som inte deponeras.⁶⁹

För posten *utsläpp från förändrad elproduktion* fanns inget alternativfall.

4.1.4 Utsläpp från undvikt elproduktion

Klimatpåverkan från den produktion av el som uteblir, när den istället produceras genom förbränning av avfall vid ett kraftvärmeverk, kan beräknas genom olika metoder. Den mängd el som kan produceras vid förbränning av ett ton avfall i ett kraftvärmeverk är 1,8 MWh. I grundfallet har jag valt ett genomsnitt av marginalet som klimatvärderingsmetod, marginalet ger ett utsläpp om 575 kg CO₂/MWh (se avsnitt 3.3.6). Denna metod ger ett minskat koldioxidutsläpp om 1 030,3 kg CO₂/ton avfall.⁷⁰

Eftersom metoderna att klimatvärdera el är omstridda har jag även tagit med två alternativfall där jag i första alternativet använder framtidsmetoden, där ett genomsnitt från olika framtidsscenario har beräknats, för att ange mängden koldioxidutsläpp per producerad MWh. Genom denna metod anges siffran 375 kg CO₂/MWh. I detta alternativfall 1 uppgår de undvikta emissionerna till 671,9 kg CO₂/ton avfall. I alternativfall 2 har jag använt det genomsnittliga koldioxidutsläppen per producerad MWh i den nordiska marknaden vilken är 58 kg CO₂/MWh. Denna beräkningsmetod ger ett resultat om minskade koldioxidutsläpp med 104 kg CO₂/ton avfall.⁷¹

4.1.5 Utsläpp från undvikt värmeproduktion

Jag har valt att kalla denna rubrik för *utsläpp från undvikta värmeproduktion* med motiveringen att det i grundfallet blir ett negativt tillskott av fossil koldioxid i atmosfären i och med att avfallsförbränning ersätter fossila bränslen på marginalen. Genom denna metod blir resultatet att klimatpåverkan minskar med 91,6 kg CO₂/ton avfall.⁷²

I alternativfallen blir förhållandet det omvända. Där belastas värmeproduktionen med 57,8 % av de fossila koldioxidutsläppen från avfallsförbränningen. I alternativfall 1 är tillskottet av koldioxid

⁶⁹ Se bilaga 4.

⁷⁰ Se bilaga 5. Tabell 2.

⁷¹ Ibid. Tabell 2.

⁷² Ibid. Tabell 3.

från förbränning 169,4 kg CO₂/ton avfall och i alternativfall 2 är siffran 249,1 kg CO₂/ton avfall.⁷³

Här bör läsaren dock vara uppmärksam på att inte dubbelräkna koldioxidutsläppen. När utsläppen tilldelas värmeproduktionen, sjunker motsvarande mängd utsläpp ifrån förbränningsposten.

4.1.6 Utsläpp från alternativ avfallsbehandling – deponi i avsändarlandet

Enligt beräkningen i ADEME så ger ytterligare ett tillfört ton avfall i en engelsk deponi upphov till produktion av 60 m³ deponigas, varav 33 m³ är metangas.⁷⁴ Omräknat till kilogram så blir det 23,43 kg metangas.⁷⁵ Av denna metangas omhändertas, i grundfallet, 18,7 kg i gassystemet. Av resterande del, 4,68 kg, oxiderar 0,46 kg i ytskiktet och 4,22 kg emitteras ut i atmosfären (se tabell 2).

Metangas är 21 gånger starkare som växthusgas än koldioxid. Växthusgasemissionerna i grundfallet blir därför 88,6 kg koldioxidekvivalenter. De två alternativfallen visar hur stor roll insamlingspotentialen hos deponin spelar.

Tabell 2. Tabell över grundfall samt alternativfall och hur deponins förmåga samla in gas påverkar resultatet.

	Kolumn 1. Uppsamlad metangas		Kolumn 2. Ej uppsamlad metangas		Kolumn 3. Del av ej uppsamlad metangas som oxiderar		Kolumn 4. Konversion	Kolumn 5. Fossil koldioxid	Kolumn 6. Emitterad gas ((Kolumn 2 – kolumn 3) * kolumn 4 + kolumn 5)
Grundfall	80 %	18,7 kg	20 %	4,68 kg	10 %	0,46 kg	21	6,1 kg	94,7 kg CO ₂ ekv.
Alternativfall 1	40 %	9,37 kg	60 %	14,05 kg	10 %	1,4 kg	21	6,1 kg	271,8 kg CO ₂ ekv.
Alternativfall 2	0 %	0 kg	100 %	23,43 kg	10 %	2,34 kg	21	6,1 kg	448,9 kg CO ₂ ekv.

Utöver metangasen som bildas så består deponigas även av koldioxid. Den fossila koldioxiden som bildas vid deponering av avfall bör därför även räknas in. Vid deponering av 1 ton industriavfall bildas 6,1 kg fossil koldioxid.⁷⁶

⁷³ Ibid. Tabell 4.

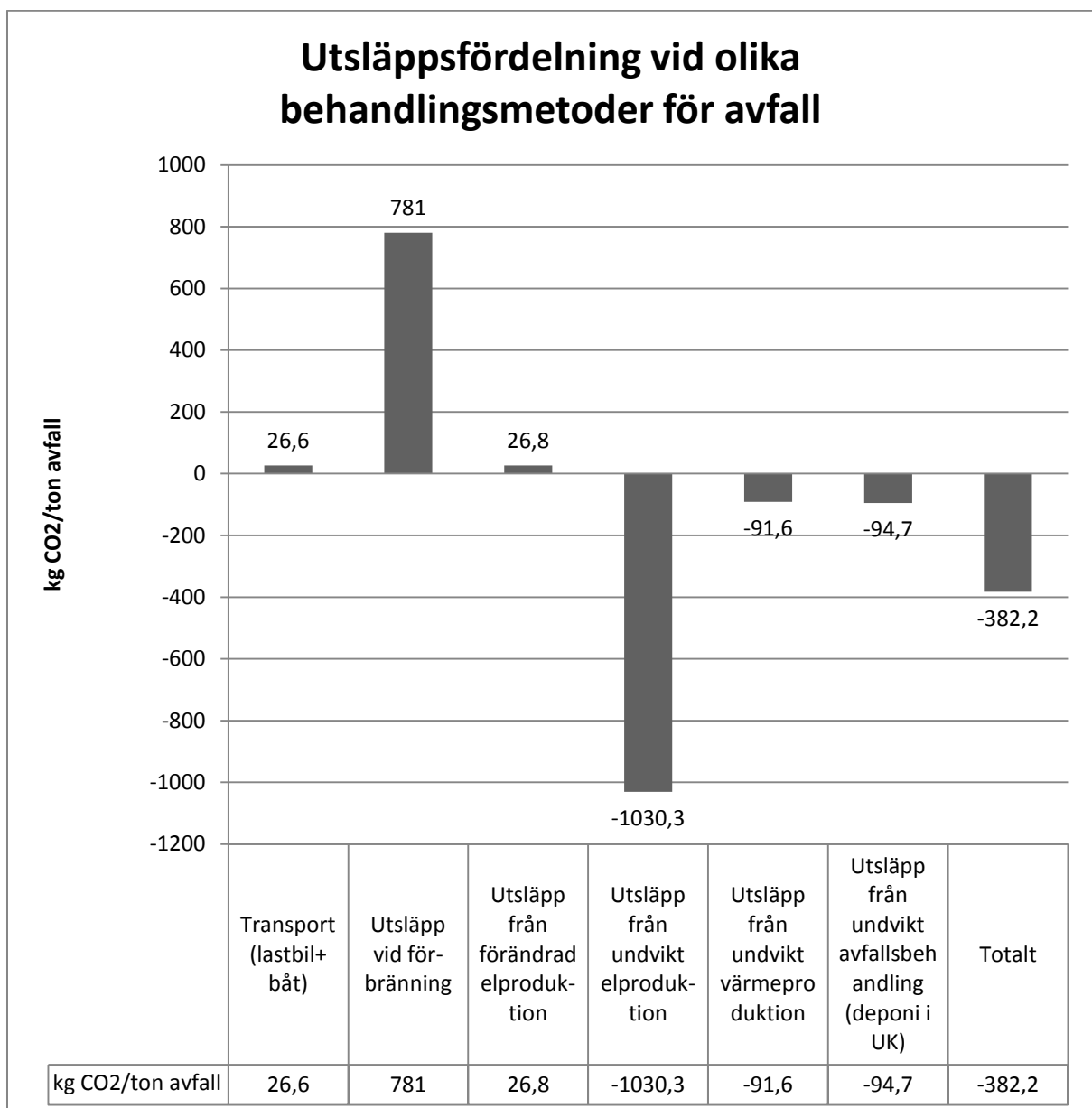
⁷⁴ Se bilaga 6.

⁷⁵ Se bilaga 7.

⁷⁶ Se bilaga 9.

4.2 Sammanlagt resultat

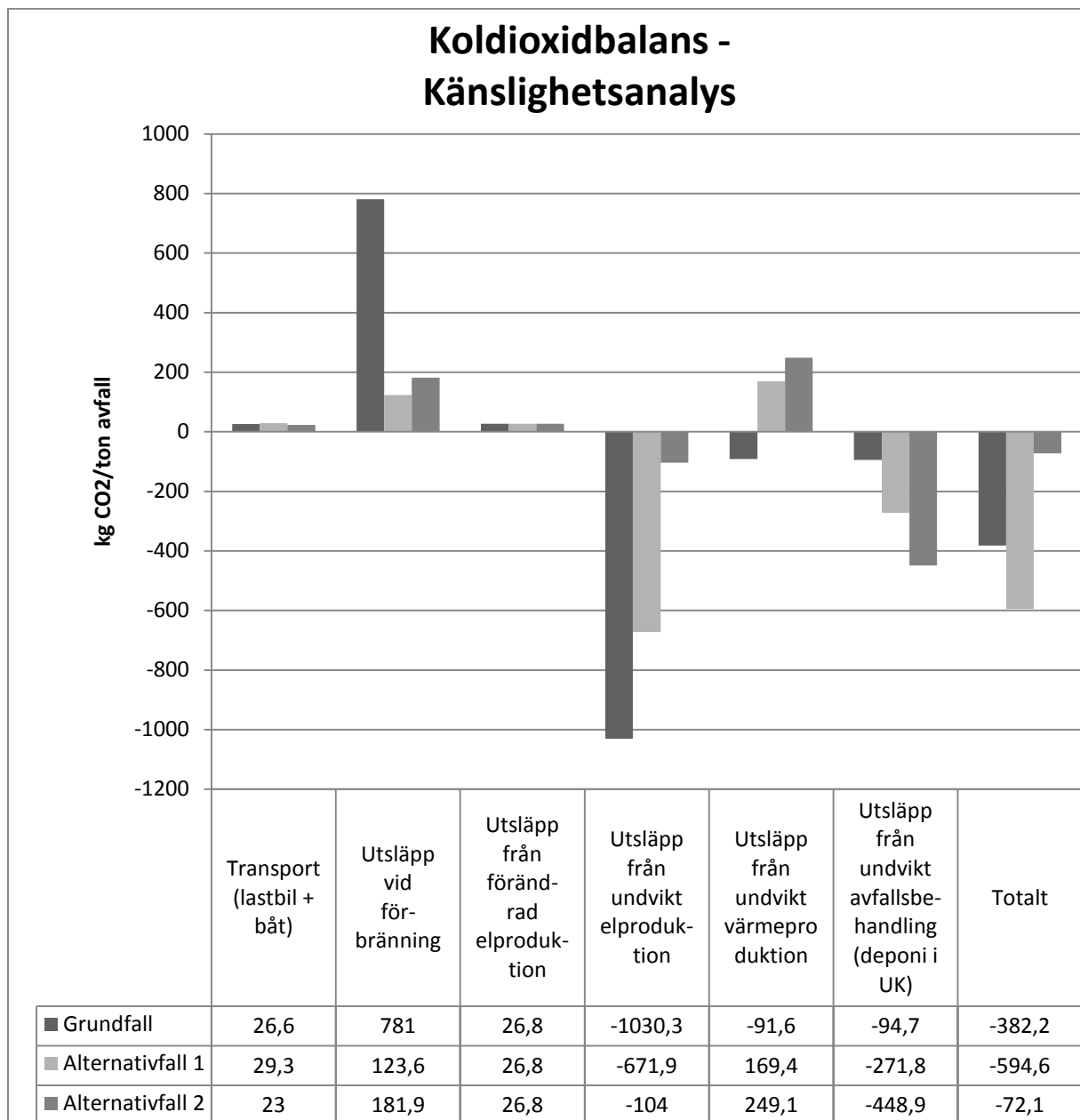
Det sammanlagda resultatet från grundfallens uträkningar ger ett resultat som pekar på en minskad mängd emitterade koldioxidekvivalenter i atmosfären ifall deponering av avfall ersätts till förmån för avfallsförbränning med effektivt energiutnyttjande. Resultatet blev att mängden utsläppta växthusgaser skulle minska med 382,2 kg koldioxidekvivalenter för varje ton avfall som med dagens förutsättningar behandlas genom förbränning med effektiv energiutvinning istället för att deponeras (se figur 8).



Figur 8. Stapeldiagram över undersökningens resultat presenterat i kg CO₂/ton avfall.

4.3 Känslighetsanalys

Resultatet av känslighetsanalysen ger en bild som visar på systemanalysens variationer (figur 9). Bilden som framträder visar på systemgränsernas betydelse och hur resultatet kan variera beroende på vilka avgränsningar och beräkningsmetoder som används. Även att alla resultat är möjliga så är vissa mer eller mindre troliga att på ett korrekt sätt reflektera verkligheten. Dock möjliggör känslighetsanalysen en större förståelse för hur de olika delarna kan påverka resultatet. Därigenom blir det även enklare att identifiera åtgärder som kan genomföras för att minska klimateffekterna i så stor grad som möjligt inom avfallshantering.



Figur 9. Känslighetsanalysens resultat visar hur stora variationer slutresultatet kan få beroende på systemgränser och beräkningsmetoder.

Värt att notera i känslighetsanalysen (figur 9) är att transportledets post inte förändras märkvärdigt om ju längre transportsträckan för lastbil blir. Ytterligare poster som är svåra att förändra är den *förändrade elproduktionen* samt *utsläppen ifrån deponering*. För att förbättra dessa poster krävs investeringar i deponierna. Olika sätt att minska klimatpåverkan av en avfallsimport kommer att diskuteras i kapitel 5.

Det är även möjligt att urskilja att avfallssammansättningen har en stor betydelse vid utsläpp från förbränning. Vilket främst påverkar nyttan vid värmeproduktion. Vid alternativfall 1 och 2 har värmeproduktionen blivit belastad med sin del av förbränningsemissionerna vilket har minskat ned posten för *utsläpp av förbränning* medan posten *utsläpp från undviket värmeproduktion* har ökat och nu istället medför en negativ miljöpåverkan. Det som främst påverkar den här posten, förutom beräkningsmetod, är innehållet av fossilt kol. Skulle avfallet gå från 12 % fossilt kolinnehåll till att vara 100 % biobränsle så skulle denna post helt försvinna.

4.4 Effekter av avfallsexport – konsekvenser i avsändarlandet

Sverige har idag en avfallsbehandlingskapacitet som överstiger avfallsproduktionen med cirka en miljon ton. Denna överkapacitet tros fördubblas till år 2015.⁷⁷ Detta har en mängd olika anledningar:

- avfallsbehandlingskapaciteten kom i kapp avfallsproduktionen samtidigt som den ekonomiska krisen slog till.
- avfallsbehandlingskapaciteten fortsätter att växa.
- efterfrågan på förnybar energiproduktion växer.
- källsortering och materialåtervinningen ökar.

Alla dessa faktorer bidrar till att Sveriges behandlingskapacitet för avfall stadigt ökar. I Norge har en brist på behandlingskapacitet funnits, de har därför tidigare haft ett behov av att exportera till Sverige. Ett visst behov finns fortfarande, men den norsk/svenska marknaden är mättad vilket skapar konkurrens om utbudet. Konkurrenten leder till lägre priser för avfallsbehandlingen. Till hösten år 2010 försvinner även den svenska förbränningsskatten på hushållsavfall, detta leder till än mer förmånligare priser för avfallsbehandling i Sverige.

Sverige har sedan en längre tidsperiod (än Norge) ett utvecklat behandlingssystem för förbränning av avfall och omhändertagande av den utvunna energin (fjärrvärmesystem). Detta leder till att Sverige har lägre kapitalkostnader än Norge för dessa system, vilket leder till att det

⁷⁷ Sundberg, Johan och Nilsson, Karolina (2010)

blir billigare att förbränna avfallet i svenska kraftvärmeverk än i de norska. Norge producerar för tillfället 800 000 – 1 miljon ton avfall för förbränning årligen (som enligt lag inte får deponeras), de norska förbränningsanläggningarna är under utbyggnad för att klara av cirka 750 000 ton avfall årligen, dessa beräknas stå klara år 2013. För tillfället exporterar Norge cirka 500 000 ton avfall årligen till svenska anläggningar.⁷⁸

För Norge behövs för tillfället en export av avfall, men allt eftersom Norges kapacitet ökar så minskar behovet av export. I dagens läge har en konkurrenssituation mellan svenska och norska anläggningar uppstått. De norska anläggningarna har ett högre pris för behandling av avfall vilket tvingar avfallsmäklarna att välja svenska anläggningar. Det får i sin tur effekten att norska anläggningar står utan bränsle (avfall) och därmed utan förnybar energiproduktion. Vidare har detta medfört att utbyggnaden av det norska fjärrvärmesystemet för tillfället stoppas. Avfall Norge lobbar nu hårt för att få bort den norska förbränningsskatten så att villkoren mellan anläggningarna blir lika och utbyggnaden av fjärrvärmesystemet kan fortsätta.⁷⁹

Sverige hjälper Norge med deras deponiförbud men den ökade konkurrensen leder även till minskad kapacitetsutbyggnad i Norge.⁸⁰

Om utvecklingen i England följer den i Norge är omöjligt att förutspå. Det kommer att vara upp till marknaden att initialt bestämma detta genom prismetanismen. Men även politiska beslut kan senare komma till att spela roll för den engelska behandlingsskapaciteten för avfall samt för utbyggnaden av energiomhändertagandet.

EU har principer som medlemsländerna skall följa. Bland de principer som jag tidigare berättat om (avsnitt 2.4) fanns närhetsprincipen och direktivet om avfallstransporter. Närhetsprincipen säger att avfall skall, i den mån det är möjligt, omhändertas så nära källan som möjligt. Direktivet om avfallstransporter säger att de gränsöverskridande avfallstransporterna skall hållas till ett minimum. Hur dessa principer kommer att spela kan vara av stor betydelse i det här ämnet, både för klimatet och för de inblandade företagen i dessa transporter då de kan påverka affärskänsligheter.

4.5 Kapitelsammanfattning

Att genomföra en undersökning som baserar sig på systemanalys som metod är ett omfattande projekt och det är viktigt att den som utför undersökningen är välinformerad om området och alla dess särskilda egenskaper. Det är viktigt att ha kännedom om dessa egenskaper när

⁷⁸ Ulvang, Roy (2010) Sekreterare för arbetsgruppen på Avfall Norge. Mailkorrespondens.

⁷⁹ Ibid.

⁸⁰ Sundberg, Johan och Nilsson, Karolina (2010)

undersökningens systemgränser sätts. Anledningen till detta är uppenbar vid en granskning av känslighetsanalysen. Grundfallets resultat visar på en klimatvinst med 382,2 kg CO₂/ton avfall som förbränns med effektiv energiutvinning istället för att deponeras medan känslighetsanalysen visar hur det möjligt att variera slutresultatet beroende på vilka variabler som forskaren väljer att ha med. Dessa variabler är exempel på hur systemanalysens gränser påverkar slutresultatet. Därför är det även viktigt att läsare och användare av rapporter som baserar sig på en systemanalys är väl medvetna om de systemgränser som rapporten bygger på.

Undersökningens resultat ger en uppfattning om hur avfallssystemets olika delar påverkar varandra och vilka climateffekter en ändring av avfallsbehandlingen, från deponering till förbränning, kan ge. Undersökningen visar vilka faktorer det är som har en större, respektive mindre påverkan på resultatet. Slutligen har undersökningen även visat hur de utvidgade systemeffekterna blir, genom en avfallsimport i fallet Norge. Fram till idag har Norge varit helt beroende av att exportera sitt avfall till Sverige. Nu har Norge byggt upp ett eget avfallsbehandlingssystem, men de upplever då istället problem med tillgången på avfall och får nu konkurrera med Sverige om sitt eget avfall. Idag står utbyggnaden av norsk fjärrvärme stilla efter problem med tillgången på bränsle, det egna avfallet.

Kapitel 5 – Diskussion

5.1 Inledning

I kapitel 5 ska en diskussion kring undersökningens förutsättningar, metodik, ingångsvärden, variabler och resultat föras. Syftet med diskussionen är att läsaren ska få en djupare förståelse om förutsättningarna kring denna undersökning och undersökningar av liknande metodik. Målet med det är att läsarna ska kunna föra en egen kritiskt reflektion kring undersökningar som kräver en systemanalys, detta för att få en förståelse över hur resultatet i dessa undersökningar kan varieras.

5.2 Avfallspolitiken

Politiken kring avfallshanteringen styrs i stort av EU genom förordningar, principer och ramverk. Sedan är det upp till medlemsländer att implementera dessa regler i praktiken. Jag har redovisat för de olika principer som medlemsländerna ska rätta sig efter när de planerar sina egna system. Närhetsprincipen är ett typiskt sådant exempel. Enligt närhetsprincipen skall medlemsländerna ta hand om avfallet så nära källan som möjligt. Enligt förordningen om transport av avfall så skall gränsöverskridande transporter hållas till ett minimum. När det kommer till dessa principer så är det inte meningen att dessa ska detaljstyra i något fall utan de är till för att medlemsländerna ska planera där utefter.⁸¹ Därmed så kommer enskilda transporter inom unionen inte att påverkas. Men däremot så tvingar denna princip England att bygga upp ett eget avfallshanteringsystem istället för att förlita sig på en export av avfall till andra länder. Det är även så att principernas överordnade syfte är miljöskydd, vilket innebär att den med bäst förutsättningar att på ett miljöriktigt sätt ta hand om avfallet också skall göra det. Ur ett mer holistiskt perspektiv krävs dock att varje medlemsland ska kunna ta hand om sitt eget hushålls- och industriavfall. Här kan dock ett problem mellan EU:s principer (främst närhetsprincipen och ett minimum av gränsöverskridande transporter av avfall) och den fria marknaden inom unionen uppmärksammas då den fria marknaden ger upphov till konkurrens om resursen avfall. Denna konkurrens kan i sin tur bidra till att främja de gränsöverskridande transporterna av avfall samt försena eller till och med förhindra en inhemsk utbyggnad av det exporterande landets avfallshanteringsystem.

5.3 Systemanalys som metod

För att kunna genomföra en undersökning av ett så pass komplicerat system som avfallshantering så är det nödvändigt att använda sig av metod som klarar av komplexa undersökningar. Systemanalysen är för detta ändamål ett bra verktyg. Dock kommer systemanalysen med ett antal

⁸¹ Klingberg, Gunnel (2010) *General sekreterare, Municipal Waste Europe*, Mail korrespondens.

begränsningar och förutsättningar som användare av systemanalyser och läsare av rapporter som baserar sig på systemanalyser bör vara uppmärksamma på. I följande avsnitt är målet att diskutera systemanalysens olika delar och hur det är möjligt att påverka dessa i syfte att få ett åtråvärt resultat. Detta har gjorts för att visa hur det är möjligt påverka systemanalyser i den riktning som beställaren vill ha och denna typ av analyser därför kräver en kritisk läsare.

5.3.1 Utsläpp från förbränning

Att hitta en metod som på ett korrekt sätt beräknar koldioxidutsläppen från förbränning av ett ton avfall är problematiskt. Det finns olika modeller för detta, men det finns ingen allmänt accepterad standardmodell för det. I den här undersökningen användes en modell från tidigare forskning som visar mängden gas som bildas vid förbränningen. På detta har jag applicerat ett troligt innehåll av fossilt kol, för att på så sätt få fram mängden fossil koldioxid som frigörs vid förbränning. Dock är de värdet som framkommer i överkant eftersom gasen som bildas inte enbart är koldioxid. De andra två metoderna var framtagna excelverktyg för beräkning av koldioxidutsläpp från förbränning. De två modellerna baseras på schablonbelopp för koldioxidutsläpp. Vilken av dessa tre metoder som ligger verkligheten närmst är svårt att säga utan att beräkna exakt fossilt kolinnehåll i ett ton avfall och sedan undersöka hur stor mängd koldioxid som förbränningen av det avfallet leder till.

Däremot är det säkert att säga att det fossila kolinnehållet i avfallet har en stor påverkan över hur slutresultatet för denna post blir. En huvudregel är: ju mer biobränsle desto bättre blir det för klimatet.

5.3.2 Utsläpp från transport

Resultaten från transportledet visar att transporterernas inverkan på slutresultatet är liten. Dock är detta en post som kan komma att få större betydelse då de andra posterna blir mindre. Detta kan låta självklart, men om Sverige enbart skulle använda el som vi själva producerar, så skulle transportledets post bli större än de undvikta utsläppen från elproduktionen. Något som i den här undersökningens grundfall verkar tämligen långsökt då posten för undvikta utsläpp från elproduktion är cirka 36 gånger större än transportledets post.

5.3.3 Utsläpp från ändrad elproduktion

Förutsättningarna för utnyttjande av utsläpp från en ändrad elproduktion är graden av insamlad deponigas och hur pass väl denna kan utnyttjas. I grundfallet så förutsätts att det är en tekniskt modern anläggning med relativt hög insamlingskapacitet över hela deponiområdet. Det är inget

omöjligt i dagens läge att en sådan deponi existerar, men den är då att betrakta som mycket modern. Vidare baserar sig detta resultat på brittisk elproduktion under året 2007 och allt eftersom om förnybar energi blir vanligare kommer även denna post att bli mindre.

5.3.4 Utsläpp från undvikt elproduktion

Undersökningens mest kontroversiella ämne är metoden för att räkna på elproduktion. Denna post är också den som kan variera mest beroende på beräkningsmetod. I grundfallet har marginalets metoden använts efter Elforsks rekommendationer. Vilken metod som skall användas för att beräkna den undvikta elproduktionens miljöpåverkan kan diskuteras. Förespråkare för en import av avfall för förbränningar menar att man måste räkna med att elen som produceras från avfallsförbränning hela tiden ersätter den el som är på marginalen. Tankesättet i sig är inte inkorrekt, det är så som elsystemet fungerar. Den dyraste formen av elproduktion är den som är på marginalen, därigenom sköter prismekanismen marginalproduktionen av el. Dock krävs en undersökning av den svenska elkonsumentens marginalets produktion. Eftersom en stor del av den svenska elen är nästintill koldioxidfri. Det bästa sättet att minska ned klimatpåverkan från den här posten skulle dock vara att inte producera koldioxidintensiv el.

Något som dock påverkar den här posten är elsystemets utveckling och utbyggnaden av kolkraftverk såväl som vindkraftverk. En huvudregel kan sägas vara: ju flera kolkraftverk desto bättre med avfallsförbränning med effektiv energiutvinning och vice versa.

5.3.5 Utsläpp från undvikt värmeproduktion

Den här posten har inbyggda konflikter inom sig som inte är lätta att på ett korrekt sätt bedöma. Anledningen till detta är att förbränningskapaciteten hos ett kraftvärmeverk som använder avfall som bränsle inte begränsas av tillgången till avfall (i dagens läge, eftersom det inte ännu har uppstått en avfallsbrist), kapaciteten begränsas istället av miljötillstånd (hur mycket avfall anläggningen får förbränna) samt pannornas förbränningskapacitet. Tidigare undersökningar använder sig av siffror från nordisk fjärrvärmeproduktion på marginalen. Denna marginalproduktion bedrivs enligt ekonomisk teori av det dyraste bränslet, detta bränsle är av fossiltursprung (se avsnitt 3.4.5). Allt detta sammantaget gör att kraftvärmeverk vid kalla perioder, då spetsproduktion bedrivs, redan eldar avfall för full kapacitet. Detta gör att ett ton extra avfall inte skulle göra någon skillnad, därför görs inte heller någon klimatvinst. Därutöver tillkommer denna klimatvinst endast under de perioder då fjärrvärme används. Under exempelvis sommarhalvåret så kyls denna produktion bort, därmed uppstår ingen klimatvinst under denna period.

Kraftvärmeverk kan producera både el och värme, hur proportionerna i produktionen varierar beslutar dock kraftvärmeverkets ansvariga för. Det får till följd att proportionerna styrs av utbud och efterfrågan på elmarknaden eftersom det är där företagen kan göra störst vinster. Detta leder till att vid spetsproduktion då elen är som dyrast väljer kraftvärmeverken att producera el i så pass hög utsträckning som möjligt, detta på grund av två anledningar: 1 – den största vinsten ligger i elproduktion och 2 – att producera värme innebär att använda varmvattenpumparna fullt ut, varmvattenpumparna är kraftvärmeverkets största elkonsument, vilket gör det oattraktivt för kraftvärmeverket att producera värme istället för el.

Denna inneboende konflikt hos kraftvärmeverken gör att de ansvariga för verket väljer att producera el i så stor utsträckning som möjligt, vilket gör att andra värmeverk måste sättas in för extra värmeproduktion. Dessa extra värmeverk drivs enligt ekonomisk teori, som tidigare nämnt, av fossila bränslen.

Denna problematik ger en suboptimal användning av kraftvärmeverkens kapacitet och skulle behöva ses över exempelvis på lagstiftandenivå.

5.3.6 Utsläpp från undvikt deponering

Undersökningens resultat baseras på en datorsimulering av deponigasproduktion, denna simulering är allmänt accepterad från både myndigheter och forskare. Dock finns en stor osäkerhet i dessa uppgifter, mestadels för att ingen ännu säkert kan säga hur mycket deponigas som läcker ut i atmosfären, detta trots omfattande forskningsprojekt inom området.⁸²

5.4 Samtida och framtida utsläpp

Det som även bör vägas in en diskussion även om det är svårt ämne att avgöra är huruvida samtida och framtida utsläpp ska tas i beaktan. Växthusgasutsläpp som sker till följd av en transport och förbränning av avfall är utsläpp som i ett tidsperspektiv skulle ske i samband med dessa aktiviteter. Medan utsläppen till följd av en deponi är utsläpp som sker under en lång tidsperiod framåt. Exakt hur lång denna period är går inte att säga, utan det beror på avfallets sammansättning och därigenom hur nedbrytbart detta avfall är. Om avfallet är svårnedbrytbart så är det möjligt att deponering kan ses som en tillfällig kolsänka.

5.5 Sammanfattning av arbetet

Målet med den här uppsatsen var att utreda om en import av avfall för energiutvinning kan minska avfallshanteringssystemets klimatpåverkan. Metoden som användes var en systemanalys.

⁸² Karlsson, Staffan (2010) *Intervju*, projektledare, Svenskt Gastekniskt Center AB, 2010-05-18.

En systemanalys är ett metodverktyg som har förmågan att på ett systematiskt och strikt logiskt sätt undersöka komplexa system och hur dessa integrerar och påverkar varandra. Resultatet som framkom visar att det är möjligt att få en minskad klimatpåverkan genom en import av avfall för energiutvinning. Systemanalysen fungerar bra som metod för att undersöka avfallshandlingens klimatpåverkan. Men att systemanalysen kommer med ett antal positiva såväl som negativa sidor. Det positiva med en systemanalys är att ett komplicerat system kan undersökas. Det negativa med samma analys är att beställaren av undersökning kan styra slutresultatet genom att sätta upp specifika systemgränser och välja beräkningsmetoder som gynnar beställaren.

Det är därför viktigt att läsare och användare av systemanalyser är väl medvetna om metodens olika egenskaper för att sedan kritiskt kunna granska de uppsatta systemgränserna och slutresultatet.

Som sammanfattning av systemanalysen som gjordes för avfallshandlingen kan sägas att undvikandet av deponering är klimatmässigt gynnsamt. Även att klimatvinsterna minskar ju mer tekniskt avancerad och därmed hur hög insamlingsgrad deponin i fråga har.

5.6 Förslag på framtida uppsatsämnen

Som förslag på framtida uppsatsämnen förelås en systemanalys liknande den som har genomförts i den här uppsatsen men med en alternativ behandling av avfallet som importerats genomförs. Nämligen att avfallet inte förbränns utan förgasas och då med en utvinning av biogasen som produceras vid den här processen.

5.7 Kapitelsammanfattning

I det här kapitlet har en diskussion förts kring avfallspolitiken i EU och dess inverkan på medlemsländernas avfallshandling. Även hur systemanalysens starka och svaga sidor påverkar resultatet och riskerna kring detta. Förhoppningen har varit att läsarna ska få en insyn i hur systemanalysen fungerar och hur resultatet påverkas av systemgränserna som sätts. En diskussion kring valen av systemgränser, där de olika alternativen och hur dessa påverkar resultatet har förts.

Avslutningsvis kan konkluderas att undvikandet av deponering till förmån för avfallsförbränning med effektiv energiutvinning för med sig positiva klimatvinster i undersökningens grundfall. Resultatet är dock till stor del beroende av vilka systemgränser som sätts upp och vilka beräkningsmetoder för de olika delarna som används. Vidare kan sägas att investeringar och förbättringar av avfallshandlingssystemet innebär en stor potential för att reducera utsläppen av växthusgaser inom både den europeiska unionen som globalt.

Referenser

- AEA (2009) *2009 Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting*, London: Department for Environment, Food & Rural Affairs.
- Air Liquide (2010) *Gas Encyclopaedia - CO₂*, hämtad den 22 juni 2010, <http://encyclopedia.airliquide.com>.
- Blanco Pedraza, Oscar et al (1999) *Life-Cycle Assessment of the Energy Recovery From Solid Waste Incineration*, Girona: Universitat de Girona.
- Climate Change (1995) *The Science of Climate Change: Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report*, page 22. Ort: okänd. Förlag: okänt.
- Dehoust et al. (2010) *Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft*, tyska miljödepartementet och tyska förbundet för avfallshanteringsindustrin. Berlin: Miljödepartementet.
- Department for Environmental Food and Rural Affairs (Defra) (2007) *Waste strategy for England 2007*. Norwich: Crown.
- Detterfelt, Lia och Pettersson, Katarina (2009) *En kol-14 analys av avfallet vid Sävenäs avfallskraftvärmeanläggning*. Göteborg: Renova
- Elforsk (2006) *Miljövärdering av el – med fokus på utsläpp av koldioxid*. Stockholm: Elforsk.
- Encyclopedia Britannica (2010) *Greenhouse effect*, hämtad den 20 april 2010, <http://search.eb.com/eb/article-9037976>
- Energimyndigheten (2009) *Energiläget 2009*. Eskilstuna: CMgruppen.
- Energimyndigheten (2008) *Miljövärdering av el – Marginalel och medelel*, Eskilstuna: Energimyndigheten.
- Energimyndigheten och Naturvårdsverket (2007) *Den Svenska klimatstrategins utveckling*. Eskilstuna/Stockholm: CM Gruppen AB
- Energimyndigheten och Statistiska central byrån (2010) *El-, gas- och fjärrvärmeförsörjningen 2008, korrigerad 2010-03-03, Definitiva uppgifter*. Eskilstuna: Energimyndigheten.
- Enterprises pour l'Environment (2008) *Protocol for the quantification of GHG emissions from waste management activities*. Paris: Enterprises pour l'Environment.

- Environment Agency (2010) *Dealing with waste*, hämtad den 5 april 2010,
<http://www.environment-agency.gov.uk/business/topics/waste/103220.aspx>
- Esaiasson et al. (2007) *Metodpraktikan – konsten att studera sambälle, individ och marknad*. Vällingby: Norstedts Juridik AB.
- Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/1/EG (2008) *Om samordnade åtgärder för att förebygga och begränsa föroreningar*.
- Europaparlamentet och rådets direktiv 2008/98/EG (2008) *Om avfall och om upphävande av vissa direktiv*.
- Europaparlamentets och rådets direktiv (EG) nr 1013/2006 (2006) *Om transport av avfall*.
- Eurostat (2010a) *Reference Metadata – Statistical presentation*, hämtad den 2 april 2010,
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>
- Eurostat (2010b) *Municipal waste generated*, hämtad den 2 april 2010,
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>
- Eurostat (2010c) *Municipal waste by type of treatment – landfilling*, hämtad den 2 april 2010,
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>
- Eurostat (2010d) *Municipal waste by type of treatment - incineration*, hämtad den 2 april 2010,
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>
- Frederiksen, Svend och Werner, Sven (1993) *Fjärrvärme: teori, teknik och funktion*, Lund: Studentlitteratur.
- Hannigan, John (2007) *Environmental Sociology*, Second Edition, New York: Routhledge.
- Haraldsson, Mårten och Sundberg, Johan (2009) *Klimatpåverkan från import av brännbartavfall*, Avfall Sverige rapport 2009-06, Malmö: Avfall Sverige.
- Karlsson, Staffan (2010) *Intervju*, projektledare, Svenskt Gastekniskt Center AB, 2010-05-18.
- Klingberg, Gunnel (2010) *General sekreterare, Municipal Waste Europe*, Mail korrespondens.
- Miljödepartementet (2006) *Hållbar utveckling – Växthusgaser*, hämtad den 25 maj 2010,
<http://www.regeringen.se/>
- Mörtstedt, Sten-Henrik och Hellsten, Gunnar (1999) *Data och diagram. Energi- kemitekniska tabeller*. Stockholm: Liber.
- NASA (2005) *Earth Gets a Warm Feeling All Over*, hämtad den 20 april 2010,
<http://www.nasa.gov/>
- Naturvårdsverket (2005) *Strategi för hållbar avfallshantering – Nationell avfallsplan*. Stockholm: CMgruppen.

- Naturvårdsverket (2008) *In och utförelse av avfall*, hämtad den 22 april 2010, <http://www.naturvardsverket.se/>
- Naturvårdsverket (2009) *Miljöproblem vid deponering*, hämtad den 6 april 2010, <http://www.naturvardsverket.se/>
- Naturvårdsverket (2009) *Styrmedel för hållbar avfallsbehandling*, hämtad den 25 maj 2010, <http://www.naturvardsverket.se>
- Nätverket för Transporter och Miljön (2005) *Om NTM*, hämtad den 10 maj 2010, <http://www.ntm.a.se/index.asp>.
- Ulvang, Roy (2010) Sekreterare för arbetsgruppen på Avfall Norge. Mailkorrespondens.
- Rådets direktiv 1999/31/EG (1999) *Om deponering av avfall*.
- Salö, Staffan (2010) Projektledare, Sysav. Telefonintervju den 6 maj 2010.
- Smith, Allison et al. (2001) *Waste Management Options and Climate Change*, Culham: AEA Technology.
- SOU 2002:100 *Utbäddning av torv*. Betänkande från torvutredningen. Stockholm.
- Sundberg, Johan och Nilsson, Karolina (2010) *Tillgång och efterfrågan på avfallsbehandling, bedömning av kapacitetsbehovet för åren 2008 – 2015*. Göteborg: Profu.
- Strömqvist, Stig (2010) *Norsk oro för ökad sopexport*, Sydsvenskan den 10 mars 2010.
- Sundqvist, Jan-Olov et al. (1999) *Systemanalys av energinutnyttjande från avfall – utvärdering av energi, miljö och ekonomi*. Stockholm: Energimyndigheten.
- Svenska miljöinstitutet – IVL (år okänd) Systemanalys, hämtad den 26 april 2010, <http://www.ivl.se>
- The International EPD consortium (2007) *Product category rules (PCR) For preparing an Environmental Product Declaration (EPD) for Electricity, Steam, and Hot and Cold Water Generation and Distribution PCR CPC 17 Version 1.1 2007-10-31*.
- Winkler, Jörg (2005) *Comparative Evaluation of Life Cycle Assessment Models for Solid Waste Management*. Dresden/Berlin: Institute for Waste Management and Contaminated Sites Treatment.

Bilagor

Bilaga 1 - Uträkning av koldioxidemission av lastbilstransport.

1 liter diesel ger upphov till 2,64 kg CO₂.⁸³

Sträcka som varje last á 25 ton måste transporteras via lastbil:

	England (km)	Sverige (km)	Totalt (km)	Bränsleförbrukning (liter/mil)	Liter diesel
Fullast	30 km	10 km	40 km	5 (l/mil)	20
Tom	30 km	10 km	40 km	3,5 (l/mil)	14
Totalt					34

Mängd CO₂ som varje last á 25 ton emitterar:

[Mängd CO₂/liter diesel * bränsle förbrukning i liter diesel]

2,64 kg CO₂ * 34 liter diesel = 89,76 kg CO₂ per lastbilstransport.

Mängd CO₂ per ton avfall i lastbilsledet:

89,76 kg CO₂ / 25 ton avfall i varje transport = 3,5904 kg CO₂ / ton transporterat avfall.

Alternativfall 1. Transportsträckan med lastbil utökas med 60 km.

	England (km)	Sverige (km)	Totalt (km)	Bränsleförbrukning (liter/mil)	Liter diesel
Fullast	30 km	10 km	70 km	5 (l/mil)	35
Tom	30 km	10 km	70 km	3,5 (l/mil)	24,5
Totalt					59,5

$(2,64 * 59,5) / 25 = 6,3$ kg CO₂ / ton transporterat avfall.

⁸³ En vanlig formula för diesel är C₁₂H₂₆. Att förbränna diesel görs i en oxidationsprocess.

$2 C_{12}H_{22} + 37 O_2 \rightarrow 26 H_2O + 24 CO_2$

Alltså: Från 2 mol C₁₂H₂₂ (=diesel) får man 24 mol CO₂ (koldioxid). Den molekylära vikten av C₁₂H₂₂ är 170 g / mol och för CO₂ är det 44 g / mol.

Så när man förbränner (oxiderar) 340 g diesel (2 * 170) får man 1 056 g CO₂ (24 * 44). Eftersom diesel har en densitet på 850 g per liter, får man genom att förbränna 1 liter av diesel $850 / 340 * 1 056$ g CO₂ = 2 640 g CO₂.

Bilaga 2 – Uträkning av båttransport

Här presenteras den uträkning som gjordes med hjälp av *Nätverket för Transporter och Miljöns* (NTM) kalkylator version 1.9.9.

Resultat per ton gods, utsläpp från fordon

		Steg1		Summa	
		Medel	Hög Låg	Medel	Hög Låg
CO₂ Total	[kg]	23	33 12	23	33 12 [kg]
CO₂ Fossil	[kg]	23	33 12	23	33 12 [kg]
NO_x	[g]	580	810 290	580	810 290 [g]
HC	[g]	16	32 6.7	16	32 6.7 [g]
CH₄	[g]	Ej tillg.		Ej tillg.	[g]
CO	[g]	27	42 12	27	42 12 [g]
PM	[g]	22	37 10	22	37 10 [g]
SO₂	[g]	650	940 340	650	940 340 [g]
Energi förnybar	[MJ]	0		0	[MJ]
Energi fossil	[MJ]	510	720 260	510	720 260 [MJ]
Energi kärnkr.	[MJ]	0		0	[MJ]

Steg	Beskrivning	Valbara parametrar	Källa emissioner
Steg 1	Båttransport	Fordonstyp: Lastfartyg Svavelhalt, bränsle: 2,6 % Sträcka: 1800 km Fyllnadsgrad: 100 %	NTM

Användning av uppgifterna

Som tidigare förklarats bör man avhålla sig ifrån direkta jämförelser mellan transportslagen utifrån den presenterade typen av data. Uppgifterna ska istället ses som beskrivning av, eller snarare en indikation på, storleksordningen inom vilken transportslagets miljöpåverkan kan tänkas vara för dagens transporter i Sverige.

Bilaga 3 - Utsläppsberäkning

Tabell 1. Utsläppsberäkning vid förbränning av 1 ton avfall.

	Fossilt innehåll	Tillförd mängd luft i förbränning ⁸⁴	Emitterad mängd gas från förbränning ⁸⁵	Total fossil mängd CO ₂
Grundfall	12 %	5760	6511	781,32

Fossilt innehåll (%) * Mängd emitterad gas -> Totalt mängd CO₂

$$0,12 * 6511 = 781,32 \text{ kg CO}_2/\text{ton avfall}$$

⁸⁴ Denna siffra kommer ifrån Blanco Pedraza, Oscar et al (1999) *Life-Cycle Assessment of the Energy Recovery From Solid Waste Incineration*, Girona: Universitat de Girona.

⁸⁵ Ibid.

Bilaga 4 – Utsläpp från en förändrad elproduktion

Uppsamlingsgrad	80 %	33 m ³	0,8 * 33	26,4 m ³
Ej uppsamlad gas	20 %	33 m ³	0,2 * 33	6,6 m ³
Oxiderad gas (av ej uppsamlad)	10 %	6,6 m ³	0,1 * 6,6	0,66 m ³
Totalt	100 %	33 m ³	1 * 33	33 m ³

Av insamlad mängd gas:

Facklas	40 %
Andel gas använd för energiutvinning	60 %
Totalt	100 %

Andel metangas i deponigas	55 %
Energivärde av metangas	10 kWh/m ³⁸⁶
Mängd metangas av 1 ton avfall	33 m ³
Generatorns verkningsgrad	30 %
Andel fossilt innehåll i deponigas	12 %

1 ton deponerat avfall genererar 33 m³ metangas.

80 % av 33 m³ samlas upp. → 26,4 m³ metangas.

Av 26,4 m³ metangas facklas 40 % (26,4 * 0,4 → 10,56 m³)

och 60 % (26,4 * 0,6 → 15,84 m³) används till elproduktion.

I 1 m³ metangas finns 10 kWh energi.

10 kWh * 15,84 m³ deponigas → 158,4 kWh.

Av dessa 158,4 kWh kan generatorn utvinna 30 %.

158,4 * 0,3 = 47,52 kWh el.

47,52 kWh → 0,04752 MWh

I det brittiska systemet ger 1 MWh el upphov till 564 kg CO₂.

0,04752 * 564 = 26,8 kg CO₂/ton avfall som ej deponeras.

⁸⁶ Smith, Allison et al. (2001) *Waste Management Options and Climate Change*, Culham: AEA Technology

Bilaga 5 - Energiutvinning

Av bränslet som eldas i ett kraftvärmeverk omvandlas 42,2 % av energin till el och 57,8 % av energin omvandlas till värme.⁸⁷

Den sammanlagda energin som finns i 1 ton avfall uppskattas vara 3,1 MWh.

Tabell 1. Fördelning av energiutvinning.

	Fördelning	Utvunnen energi i MWh
El	57,8 %	1,7918
Värme	42,2 %	1,3082
Totalt	100 %	3,1

Tabell 2. Klimatpåverkan i elsystemet.

Beräkningsmetod	Koldioxidutsläpp i kg per MWh	Utvunnen energi ur 1 ton avfall (MWh)	Koldioxidemission (kg CO ₂)
Marginalel	575	1,7918	1030,285
Framtidsmetoden	375	1,7918	671,925
Medelel	58	1,7918	103,9244

Tabell 3. Klimatpåverkan i värmesystemet.

Beräkningsmetod	Koldioxidutsläpp i kg per MWh ⁸⁸	Utvunnen energi ur 1 ton avfall (MWh)	Koldioxidemission (kg CO ₂)
Grundfall	-70	1,3082	-91,574

Tabell 4. Klimatpåverkan i värmesystemet, alternativfall 1 och 2.

	Del av energi till värme	Utsläpp från förbränning	Koldioxidemission (kg CO ₂)
Alternativfall 1	57,8 %	293 kg CO ₂ /ton avfall	169,35
Alternativfall 2	57,8 %	431 kg CO ₂ /ton avfall	249,11

⁸⁷ Energimyndigheten och Statistiska central byrån (2010) *El-, gas- och fjärrvärmeförsörjningen 2008, korrigerad 2010-03-03, Definitiva uppgifter*. Eskilstuna: Energimyndigheten.

⁸⁸ Siffrorna för alternativfallen är framtagna genom att utsläppen från avfallsförbränningen (bilaga 3) har delats upp genom procentsatsen i tabell 1.

Bilaga 6 - Beräkningar av producerad metangas

2010-05-26

Använd modell: *Theoretical CH4 production of (a) cell(s) without collection data or collection system or not linked to a combustion unit*

Ålder avfall	Industriavfall	
	Deponerat ton industriavfall Kategori 2	Producerad metangas per år (Nm ³ CH ₄ /år) från industriavfall Kategori 2
1	1	0
2	0	3,77
3	0	3,12
4	0	2,65
5	0	2,31
6	0	2,05
7	0	1,83
8	0	1,66
9	0	1,51
10	0	1,38
11	0	1,26
12	0	1,16
13	0	1,07
14	0	0,98
15	0	0,91
16	0	0,84
17	0	0,78
18	0	0,72
19	0	0,67
20	0	0,62
21	0	0,57
22	0	0,53
23	0	0,50
24	0	0,46
25	0	0,43
26	0	0,40
27	0	0,35
28	0	0,33
29	0	0,31
30	0	
totalt		33

Deponigas = 55 % metangas, 45 % CO₂.

Deponigas = Metangas / % Metangasinnehåll

33 m³ metangas / 55 % = 60 m³ deponigas

Bilaga 7 - Metangas konversion

Konversion metangas i m³ → metangas i kg.

Densitet * massa → kg

Metangas	
Antal kubik	33
Densitet (1.013 bar och 21 °C) ⁸⁹	0,71 m ³ /kg

$$33 * 0,71 = 23,43 \text{ kg}$$

⁸⁹ Mörtstedt, Sten-Henrik och Hellsten, Gunnar (1999) *Data och diagram. Energi- kemitekniska tabeller*. Stockholm: Liber.

Bilaga 8 – Fakta om ADEME

Den matematiska grundmodellen som ADEME bygger på är följande:

$$Q_{CH_4} = L_0 * M * k * e^{-k(t-x)}$$

Där:

Q_{CH_4} : Kvantiteten metangas producerad per år (Nm³/år)

L_0 : metan produktions potential (Nm³ CH₄ / ton avfall)

M : deponerad mängd avfall i ton(t)

k : kinetisk konstant (år⁻¹)

x : år då avfallet blev deponerat

t : år då metangas inventeringen sker (t ≥ x)

Figuren nedan är en jämförelse mellan de största modellernas variabler. Vid jämförelse av dessa är det möjligt att förstå hur stora skillnader i resultat det kan bli mellan de olika modellerna.

	Tier II	LandGem (EPA) (8)	GasSim	ADEME
Model type	Monophase (1)		Multiphase (6)	
Input data	Historic of landfilled waste tonnages + % of inert waste		Historic of landfilled waste tonnages + waste composition	
Methane generation potential L_0	110 (does not take into account inert waste) (5)	170 (does not take into account inert waste)	Automatically calculated	(2) Fast: 88 Medium: 44 Slow: 0
Kinetic constant k	Determined by the user	0,05	Fast: 0.016 Medium: 0.076 Slow: 0.046	Fast: 0.50 Medium: 0.10 Slow: 0.04
Biogas capture efficiency	Calculated (ratio capture / theoretical production)	Calculated (ratio capture / theoretical production) – maximum at 85%	Calculated (ratio capture / theoretical production)	(3) Capture efficiency average based on cover type in proportion to the surface areas
Inputs due to capture	Average flow of methane captured during the year			(4) surface area every cover type
Oxidation (7)	10%	10%	Automatically calculated	10%

(*) In most models, the factors mentioned here (L_0 , k, etc.) can be modified by the user to be more representative of the modeled landfills' actual conditions.

Figur 10. Jämförelse mellan fyra stycken vanliga modeller för metangasproduktion i deponier. Figuren är hämtad ur Enterprises pour l'Environnement rapport *Protocol for the quantification of GHG emissions from waste management activities*.⁹⁰

⁹⁰ Enterprises pour l'Environnement (2008) *Protocol for the quantification of GHG emissions from waste management activities*. Paris: Enterprises pour l'Environnement.

Bilaga 9 – Fossil koldioxid från deponering

60 m³ deponigas @ 45 % CO₂-innehåll → 27 m³ CO₂

27 m³ CO₂ @ 12 % fossilt kol innehåll → 3,24 m³ fossilt CO₂

Specifik densitet av CO₂ = 1,87 kg/m³⁹¹

3,24 * 1,87 = 6,0588 → 6,1 kg fossil CO₂

⁹¹ Air Liquide (2010) *Gas Encyclopaedia - CO₂*, hämtad den 22 juni 2010, <http://encyclopedia.airliquide.com>.

Bilaga 10 – Utsläppsberäkning från förbränning alternativfall 1 och 2.

Alternativfall 1 – avfallstyp: industriavfall. Källdata: ADEME.⁹²

Emission factors that consider biogenic carbon content

Incinerated waste type	Incinerated quantity Tonnes	Emissions factor t CO ₂ / t	Net emissions t CO ₂
Non-hazardous industrial waste	100	0.293	29

Source: MODECOM / ADEME

Alternativfall 2 – avfallstyp: industriavfall, fossilikolmehåll 12 %.⁹³

Case by case calculation of the emission factor

Incinerated tonnage (tonnes)	Total carbon content (%)	Biogenic carbon as fraction of total carbon (%)	Combustion efficiency (%)	Emissions factor t CO ₂ / t	Net emissions t CO ₂
100	100%	88%	98%	0.431	43

⁹² Entreprises pour l'Environnement (2008)

⁹³ Ibid.