



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Hvor mye energi sender Haugesund fra seg i form av avfall?



**Bacheloroppgave utført ved
Høgskolen Stord/Haugesund-Studie for ingeniørfag
Maskin, energi- og Prosessteknikk**

av: Helga Hermansen
Tina Haddeland

Haugesund

Kand.nr. 01
Kand.nr. 64

Våren 2011

BACHELOROPPGAVE

Studentenes navn: Helga Hermansen
Tina Haddeland

Linje & studieretning Maskin, Prosess- og energiteknikk

Oppgavens tittel: Hvor mye energi sender Haugesund fra seg i form av avfall?

Oppgavetekst:

Etter deponiforbudet for avfall i 2009 har Haugaland Interkommunale Miljøverk (HIM) valgt å sende husholdningsavfall til forbrenningsverket i Åmotfors i Sverige.

I oppgaven skal en innledningsvis gjennomføre en plukkanalyse av husholdningsavfallet, det vil si en sortering i kategorier. Deretter utføres et forbrenningsforsøk hvor brennverdier blir målt. Med dette grunnlag estimeres energimengden i de ulike avfallskategoriene og samlet energi i avfallet bestemmes. Energiregnskap, miljøaspektet og andre relevante faktorer rundt denne prosessen samt alternative løsninger blir drøftet.

Endelig oppgave gitt: Fredag 4. mars 2011

Innleveringsfrist: Fredag 6.mai 2011 kl. 12.00

Intern veileder Vidar Frette – HSH tlf: 52 70 26 73

Ekstern veileder Magnus T. Hauge - HIM tlf: 52 76 50 44

**Godkjent av
studieansvarlig:
Dato:**

*Brit Fullø
27. april 2011*



Forord

Ved slutten av utdanningen som maskiningeniør, studieretning maskin, energi- og prosesssteknikk ved Høgskolen Stord/Haugesund (HSH) er et av kravene for Bachelorgraden et hovedprosjektet.

I en slik oppgave skal det speiles at studentene er i stand til å behandle en problemstilling ved å samle inn nødvendig informasjon. Studentene skal vise at de kan sortere ut den mest essensielle informasjonen, ta de nødvendige avgjørelsene og argumentere for valgene i forhold til regelverk eller beregninger. Denne oppgaven er valgt ut i fra interesser og engasjement.

En ønsker i denne oppgaven å se på hvor mye energi Haugesund sender fra seg i form av husholdningsavfall. Det blir foretatt en analyse av ordningen en har i dag med å frakte avfallet til Åmotfors AB i Sverige. Alternative løsninger blir presentert og analysert.

Vi vil gjerne få takke vår ekstern veileder Magnus T. Hauge fra Haugaland Interkommunale Miljøverk (HIM) samt Vidar Frette som var vår intern veileder ved Høgskolen Stord/Haugesund (HSH)

Haugesund 6. Mai 2010

Tina Haddeland

Helga Hermansen



Sammendrag

En ønsker å se på energiinnholdet i det innsamlede restavfallet fra husholdninger i Haugesund. Dette avfallet blir i dag fraktet til Åmotfors Energi AB i Sverige. En analyserer denne løsningen og presenterer alternative løsninger. Avslutningsvis ser en på miljøaspektet rundt avfallsbehandlingen.

Den teoretiske beregningen av energiinnholdet gir et bilde på energipotensialet i husholdningsavfallet fra Haugesund. Hvis en kunne utnyttet hele denne energimengden kunne det dekket årsbehovet for energi til 519 eneboliger. Det er nok vanskelig å utnytte hele dette energipotensialet i praksis. En kunne brukt den gjennomsnittlige brennverdien til forbrenningsanleggene for å få en overfladisk beregningen av energiinnholdet. Men det ønskes en mer spesifikk informasjon om husholdningsavfallet fra Haugesund, derfor blir energiinnholdet beregnet på grunnlag av en plukkanalyse. Det er vanskelig å få en nøyaktig verdi for brennverdiene til de forskjellige kategoriene. Det blir derfor utført et forbrenningsforsøk for å estimere brennverdien på de kategoriene det er størst usikkerhet rundt.

En setter opp et energiregnskap for nåværende løsning som er å frakte avfallet til Åmotfors Energi AB og alternative løsninger. BIR Avfallsenergi AS og Forus Energigjenvinning KS er anleggene det velges å sammenligne med. Energiregnskapet viser at Åmotfors Energi AB klarer å utnytte energien i avfallet bedre enn de norske anleggene det sammenlignes med. At Åmotfors Energi AB utnytter ressursen i avfallet nesten 20 % bedre enn anleggene det sammenlignes med, blir brukt for å forsvare det miljømessig å frakte avfallet til Sverige. Selv når energibruk ved transport er medregnet kommer Åmotfors Energi best ut.

Avslutningsvis blir miljøaspektet rundt avfallsbehandlingen diskutert. Materialgjenvinning er bedre for miljøet enn energigjenvinning. Plukkanalysen viser at innbyggerne i Haugesund kunne vært flinkere når det kommer til kildesortering. Det ville ført til en mer miljøvennlig behandling av avfallet.



Innholdsfortegnelse

| | |
|---|-----------|
| 1 Innledning | 1 |
| 1.1 Bakgrunn..... | 1 |
| 1.2 Tema for oppgaven..... | 2 |
| 1.3 Avgrensning av oppgaven..... | 2 |
| 2. Avfallshierarkiet | 3 |
| 2.1 Materialgjenvinning..... | 4 |
| 2.2 Energigjenvinning..... | 4 |
| 3 Kan avfallsforbrenning ses på som en fornybar energikilde? | 5 |
| 4 Avfallshåndtering i Haugesund | 6 |
| 4.1 Kildesortering for abonnentene i Haugesund..... | 6 |
| 4.2 Utdyping av innsamlingsordningen for husholdninger..... | 7 |
| 4.3 Avtalen med Rekom..... | 9 |
| 5 Plukkanalyse | 10 |
| 5.1 Gjennomførelse av plukkanalyse..... | 11 |
| 5.2 Kategorier under plukkanalysen..... | 12 |
| 5.3 Fraksjoner..... | 13 |
| <i>Plukkanalyse 1</i> | 14 |
| <i>Plukkanalyse 2</i> | 15 |
| <i>Plukkanalyse 3</i> | 16 |
| <i>Plukkanalyse 4</i> | 17 |
| <i>Plukkanalyse 5</i> | 18 |
| 5.4 Resultat av plukkanalysene..... | 19 |
| 5.5 Diskusjon av validiteten på plukkanalysen..... | 20 |
| 6 Forbrenningsforsøk | 22 |
| 6.1 Fremgangsmåte..... | 23 |
| 6.2 Resultat av forbrenningsforsøk..... | 24 |
| 6.3 Diskusjon av validiteten til forbrenningsforsøket..... | 27 |
| 7 Brennverdier | 28 |
| 7.1 Brennverdi på hver avfallskategori..... | 28 |
| 8 Den teoretiske energiinnholdet i avfallet | 31 |
| 8.1 Beregninger av energiinnholdet..... | 31 |
| 8.2 Feilkilder ved energiberegningen..... | 33 |
| 9 Avfallsmarkedet | 34 |
| 10 Åmotfors Energi AB | 35 |
| 10.1 Energiinnholdet Åmotfors for solgt med avfallet fra Haugesund som ressurs..... | 37 |
| 10.2 Transporten til Åmotfors..... | 38 |
| 10.4 Energiregnestykke på hele prosessen..... | 39 |
| 11 Alternative løsninger | 40 |
| 11.1 BIR Avfallsenergi AS..... | 40 |
| 11.1.1 <i>Energimengden BIR kunne fått solgt med avfallet fra Haugesund som ressurs</i> | 41 |
| 11.1.2 <i>Energiregnestykket på transport til forbrenningsverket i Bergen</i> | 43 |
| 11.1.3 <i>Energiregnestykke på hele prosessen</i> | 43 |



| | |
|--|------------|
| 11.2 Forus Energigjenvinning..... | 44 |
| 11.2.1 Hvor mye energi Forus får solgt med avfallet fra Haugesund som ressurs..... | 45 |
| 11.2.2 Energiregnestykket på transport til forbrenningsverket på Forus..... | 47 |
| 11.2.3 Energiregnestykket på hele prosessen | 47 |
| 11.3 Lokalt planlagte forbrenningsverk..... | 48 |
| 12 Sammenligning av nåværende- og alternative løsninger | 48 |
| 12.1 Er svenskene bedre på avfallsforbrenning?..... | 49 |
| 12.2 fjernvarme | 49 |
| 13 Miljøaspektet..... | 51 |
| 14 Diskusjon | 52 |
| 15 Konklusjon | 54 |
| Ordforklaringer..... | 55 |
| Litteraturliste..... | I |
| Figur- og Tabell Liste | III |
| Vedlegg 1 | IV |



1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Økonomisk vekst innebærer økt produksjon og forbruk, vår livsstil påvirker også avfallsmengdene. En hektisk hverdag gjør engangsprodukter attraktivt, samtidig som kanskje vedlikehold blir nedprioritert og nyanskaffelser foretrukket. Økt boligstandard fører trolig til hyppigere oppussing og stadig utskiftning av møbler. Familiemønsteret er en annen faktor som trolig har innvirkning på avfallsmengdene. Flere bor nok alene eller i små husholdninger i dag. Dette kan kreve mer ressurser enn store husholdninger med flere familiemedlemmer. Økningen i avfallsmengden er betraktelig fra 1995 til 2009 økte den hele 40 %. (Klima-og, 2011)

Den økende avfallsmengden er en stor miljøutfordring. Håndteringen av avfallet har endret seg mye opp igjennom årene. For 20 år siden var det vanlig å kaste avfallet på avfallsdeponier. Etter deponiforbudet for nedbrytbart avfall ble innført 1. juli 2009, ble det en stor endring i avfallshåndteringen. Bakgrunnen for forbudet var at avfall på deponier stod for omtrent 2,5 % av norske klimagassutslipp. Fra å være noe som ble betraktet som et håndteringsproblem, åpnes det for et nytt syn på avfallet som en ressurs og en ny energikilde. (Klif, 2008)



1.2 Tema for oppgaven

I dag blir det innsamlede restavfallet fra Haugesund fraktet til et forbrenningsverk i Åmotfors i Sverige. Det innsamlede restavfallet består av en andel husholdningsavfall og en andel næringsavfall. Det er det innsamlede restavfallet fra husholdninger som blir utgangspunkt for denne oppgaven. Dette utgjør 76,3 % av avfallet som fraktes til Åmotfors. Heretter blir dette avfallet referert til som husholdningsavfall.

En ønsker i denne oppgaven å finne ut hvor mye energi Haugesund sender fra seg i form av husholdningsavfall. En kunne gjort en overfladisk beregning ved å bruke den gjennomsnittlige brennverdien til forbrenningsanleggene. Men en ønsker mer spesifikk informasjon om energiinnholdet i husholdningsavfallet fra Haugesund. Derfor blir en plukkanalyse lagt til grunn for beregningen. En plukkanalyse gir informasjon om sammensetningen til avfallet og er i praksis en fysisk sortering av avfallet i kategorier. Den prosentvise inndelingen som plukkanalysen gir, blir brukt sammen med brennverdier for hver kategori for å bestemme energiinnholdet. Brennverdiene bestemmes gjennom et forbrenningsforsøk på enkelte kategorier og gjennom litteraturstudier.

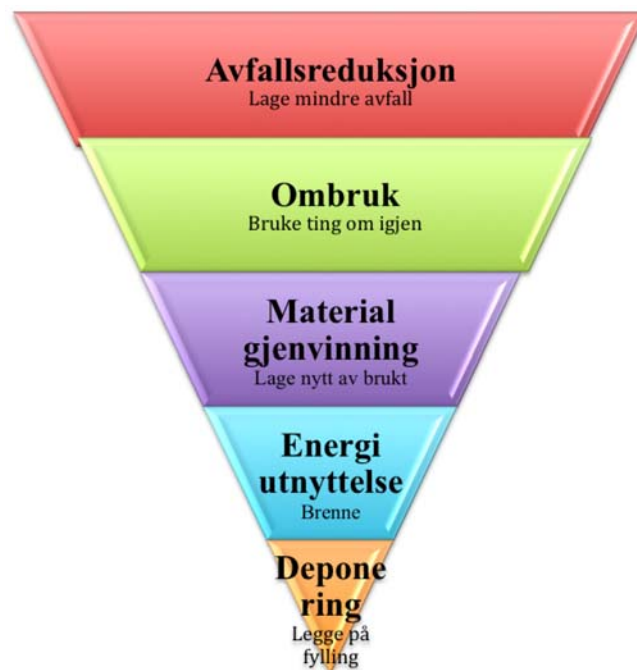
Løsningen med å frakte avfallet til Åmotfors Energi AB i Sverige blir analysert og sammenlignet med resultatet en ville fått ved å frakte avfallet til et nærliggende norske anlegg. De blir sammenlignet med hensyn på utnyttelsen av energi og energibruken ved transport. Anleggene det velges å sammenligne med er BIR Avfallsenergi AS i Bergen og Forus Energigjenvinning KS i Stavanger. Avslutningsvis blir miljøaspektet rundt avfallshåndteringen blir drøftet.

1.3 Avgrensning av oppgaven

Hvor mye energi Haugesund sender fra seg i form av avfall er tittelen på denne oppgaven. En velger å avgrense oppgaven ved kun å fokusere på det innsamlede restavfallet fra husholdninger. Økonomi blir det sett bort fra. Sammenligningen av nåværende- og alternative løsninger blir gjort på grunnlag av utnyttelsen av energi og energibruk ved transport. Andre faktorer blir det sett bort fra.

2. Avfallshierarkiet

Avfallshierarkiet er et begrep som blir brukt i norsk avfallspolitikk. Begrepet beskriver prioriteringer i avfallspolitikken, rangert etter miljøhensyn. Det er ønskelig at behandlingen av avfallet er så nær toppen som mulig.



Figur 2.0 Avfallshierarkiet

Avfallsreduksjon er plassert øverst i hierarkiet. Dette innebærer lavere og mer miljøvennlig forbruk. Staten kan legge en rekke føringer for å oppnå dette. Forbrukerne må også være bevisste i sine valg for å oppnå en avfallsreduksjon. Ombruk er nest best løsning etter avfallsreduksjon.

Materialgjenvinning er rangert som et bedre alternativ enn energigjenvinning i dette hierarkiet. Disse begrepene kommer en nærmere innpå i de neste delkapittel. Nederst i hierarkiet er deponi som betyr å plassere avfall på områder egnet for dette. Deponi er den løsningen som skaper størst miljøbelastning, derfor ble deponering av nedbrytbart avfall forbudt 1. juli 2009 i Norge. Det er avgift på sluttbehandling av avfall. Deponering og forbrenning uten energiutnyttelse regnes som sluttbehandling. Denne avgiften skal prise miljøkostnaden ved sluttbehandling av avfall og stimulere til reduserte avfallsmengder og økt gjenvinning.

I 2009 ble rundt 78 prosent av avfallet gjenvunnet i Norge. Når avfall gjenvinnes betyr det at resursene i avfallet utnyttes enten gjennom materialgjenvinning, biologisk behandling eller forbrenning med energiutnyttelse. Informasjonen i kapittel 2 er hentet fra (Klima-og, 2011) (Loop, 2011)



2.1 Materialgjenvinning

Verdens befolkning er i 2011 beregnet til 6,9 milliarder, det er begrensede ressurser og derfor viktig å utnytte ressursene maksimalt. Materialgjenvinning er omdanning av avfall til nytt råstoff, som brukes i nye produkter. Det er mindre ressurskrevende å produsere nye varer av gjenvunnet råstoff. Eksempler på materialgjenvinning er å bruke papp og papir til å produsere nye celluloseprodukter og glass til å lage nytt glass og isolasjon. Plast stammer fra fossilt materiale, det er derfor en fordel at plast kan gjenvinnes mange ganger før det må kastes (Verdens, 2011) (Miljøgevinst, 2011)

Når abonnentene utnytter kildesorteringsordningen reduseres ressursbruken og en forhindrer at miljøgifter spres i naturen. Dette betyr at HIM kan behandle avfallet på rimeligst mulig måte og renovasjonsavgiften forblir lav. Hele 50 % av avfallet HIM mottok ble gjenvunnet i 2010. Kildesorteringen førte i 2010 til en besparelse på omtrent 1,8 millioner kroner for HIM. (HIM-Nytt, 2011)

2.2 Energigjenvinning

Restavfallet som blir igjen etter at alt som kan materialgjenvinnes er sortert ut, blir omdannet til energi i moderne forbrenningsanlegg. Energigjenvinning er dyrere enn materialgjenvinning og for miljøet er materialgjenvinning bedre. Når mest mulig er sortert ut til materialgjenvinning er energiutnyttelse trolig den beste løsningen for restavfallet. (Avfall, 2008)

EU vedtok i 2008 det nye rammedirektivet for avfall. Her innførtes en definisjon på gjenvinning. For at avfallsforbrenning med energiutnyttelse skal kunne regnes som energigjenvinning, må energiutnyttelsesgraden være over 60 % for eksisterende anlegg og 65 % for nye anlegg. Energiutnyttelse er oppgitt som en prosentvis andel av energien som utnyttes til produksjon av strøm og fjernvarme. (Rammedirektiv, 2008) (BIR, 2011)

3 Kan avfallsforbrenning ses på som en fornybar energikilde?

Det finnes forskjellige definisjoner på fornybar energi. Noen definisjoner legger vekt på at energikilden må inngå i jordas naturlige kretsløp, mens andre kun vektlegger at den skal være en utømmelig kilde. Det er satt spørsmål ved om avfallsforbrenning kan karakteriseres som en fornybar energikilde. (Fornybar_energi) (Fornybar)

Det er blitt utført en rapport som har gått i dybden på dette spørsmålet. Avfallet sendt til norske forbrenningsanlegg ble analysert og fornybar andel av avfallet ble bestemt. Resultatet av rapporten er presentert under.

Fossilt avfall er materialer som har opphav i olje, naturgass eller kull. Fornybart avfall derimot stammer fra biomasse.

Tabellen viser total fornybar og fossil andel i følge rapporten det henvises til.

| Avfallsinndeling | Mengdefordeling (vekt%) | Energifordeling % |
|------------------|-------------------------|-------------------|
| Fornybar andel | 60 | 52 |
| Fossil andel | 20 | 48 |
| Inert andel | 20 | 0 |

Tabell 3.0 Prosentinndeling Fornybar –og fossil andel ved mengde – og energifordeling

Det kom frem av rapporten at 20 % av avfallsmengden stammet fra fossilt materiale og 60 % hadde opphav i fornybare materialer. De resterende prosentene inneholder fragmenter som ikke er brennbare. Av energimengden i avfallet sendt til norske forbrenningsanlegg, stammet hele 48% av energien fra fossilt materiale.

Grunnen til andelene på vektbasis og energibasis ikke er like, er at materialer med høy fossil andel har en høyere brennverdi og lavere fuktinnhold. En får da mer energi fra det som stammer fra fossilt materiale selv om det ikke utgjør en så stor andel når en veier det i antall kilo.

Rapporten konkluderte med at den fornybare andelen av avfallet kan bli godkjent som en fornybar energikilde. Det vil si omtrent 60% av energimengden og 52% av energimengden i avfallet sendt til norske forbrenningsanlegg. Rapporten det henvises til (Marthinsen, 2010)

En velger å anse dette som en fornuftig måte å karakterisere avfallsforbrenningen.

4 Avfallshåndtering i Haugesund

Haugaland Interkommunale Miljøverk (HIM) er eid av kommunene Haugesund, Bokn, Etne, Vindafjord og Tysvær. De får gjennomført de nødvendige renovasjonstjenester og det blir tilbudt renovasjonstjenester til næringslivet i Nord-Rogaland og deler av Hordaland.

4.1 Kildesortering for abonnentene i Haugesund

En presenterer kun informasjon relevant for denne oppgaven. Det innsamlet husholdningsavfallet deles i kildesortering og restavfall. HIM har tilrettelagt for sine abonnenter.

Kildesortering betyr at avfall blir sortert ved kilden altså hjemme hos abonnentene. Her blir de forskjellige avfallstypene sorteres etter hva de er laget av. Det er også satt opp miljøstasjoner på utvalgte steder i området, der folk kan levere glass- og metallemballasje samt tekstiler. HIM har en miljøpark på Årabrot der privatpersoner og mindre bedrifter kan levere alle typer avfall. Her kan folk komme med større mengder trevirke, metall eller større gjenstander som møbler som sorteres som grovavfall. De som leverer avfallet her må sortere dette selv på stedet. Gjenstander som er i god standard kan også leveres til brukt butikken Affi.

Det som abonnentene sorterer ut gjennom kildesortering går enten til materialgjenvinning eller til energigjenvinning. Informasjonen i kapittel 4 er hentet fra (HIM, him.as, 2011) (HIM-nytt, 2010)



Figur 4.0 Viser plastposene etter en plukkanalyse

4.2 Utdyping av innsamlingsordningen for husholdninger

Matavfall:



Matavfallet blir hentet av HIM og fraktes til Toraneset Miljøpark i Skjold. Her blir matavfallet kompostert til næringsrik matkompost. Komposten kan kjøpes rimelig hos HIM.

Papp, Papir og drikkekartong:



Ukeblader, aviser drikkekartonger, papp og esker sorteres ut og hentes av Reno Norden AS og leveres til eget anlegg på Karmøy. Herfra blir det vider sendt til ulike anlegg hovedsakelig i Europa. Dette blir resirkulert til papir, papp og kartong.

Plastemballasje:



Plastflasker, plastfolie, plastposer og Isopor er noen eksempler som går under plastemballasje. Dette leveres til Veolia Miljø på Karmøy. Det blir sendt videre til Tyskland for sortering og gjenvinning.

Glass-og Metallemballasje:



̄ Dette leveres til returpunktene rundt om i distriktet.

Flasker uten pant, syltetøyglass og lignende blir blant annet til nytt glass og isolasjonsmateriale. Hermetikkbokser, brus- og ølbokser uten pant og aluminiumsfolie blir til eksempel nye bokser. Her har HIM avtale med Norsk Glassgjenvinning der glass-og metallemballasjen kjøres til Moss.

Farlig avfall:



Farlig avfall skal være merket med faresymboler og de kan være skadelige for mennesker og miljø. Malingspann, lim, lakk, bilbatteri, spraybokser, olje samt rengjøringsmidler er noen eksempler på farlig avfall som levers inn til Årabrot eller Toraneset miljøpark. Det meste av det organiske farlige avfallet går til Brevik for energigjenvinning, mens uorganisk deponeres til Langøya.

Elektronisk-og Elektrisk avfall (EE-avfall)



Alt elektrisk og elektronisk avfall sorteres i ulike kategorier, det kan leveres til forhandler eller til Miljøparkene ved Årabrot og Toraneset. Her blir det hentet av forskjellige returselskaper, der de sørger for at de farlige komponentene blir demontert og sendt til destruksjon, mens annet plast, metall går til vanlig gjenvinning.

Tekstiler:



Brukte klær og sko som er funksjonelle kan leveres til returpunktene rundt om i distriktet. Tekstiler som er ødelagt eller tilgriset skal i restavfallet. Dette samles inn av U-landshjelp fra Folk til Folk (UFF). Det blir vider sendt til Estland og Litauen der det kvalitetssikres, sorteres og selges.

Restavfall:



Figurene 4.1 Refererer til alle figurene i kapittel 4.2
viser enkelte kategorier og sorterings tegn.

Avfallet som er igjen etter at abonnentene har kildesortert er restavfall. Det er dette avfallet som blir fraktet til Sverige, Åmotfors Energi AB. Informasjonen i kapittel 4.2 er hentet fra (HIM, him.as, 2011)

4.3 Avtalen med Rekom

HIM har i dag avtale med flere aktører, blant annet en avtale med Rekom AS som har spesialisert seg på omsetning av avfall til material- og energigjenvinning.

Rekom AS ønsker å være Norges fremste miljøbedrift. De opptrer som megler for leverandører av avfall og gjenvinningsaktører. De har hovedkontor i Bergen og er eid av 58 kommuner og interkommunale avfallsselskap, der iblant Haugesund kommune.

Avtalen mellom HIM og Rekom AS innebærer at det innsamlede restavfall fra HIM blir kjørt til Åmotfors Energi AB i Sverige. Forbrenningsanlegget Åmotfors Energi har en høy utnyttelsesgrad, dette er en medvirkende årsak til at dagens avtale er inngått. (Rekom, 2011) (HIM, him.as, 2011)



Figur 4.2 Avfallshallen ved Årabrot Miljøpark

5 Plukkanalyse

For å få gjort en mest mulig nøyaktig beregning av energimengden i husholdningsavfallet må en ha informasjon om avfallssammensetningen. Derfor ble det utført en plukkanalyse. En plukkanalyse er en fysisk sortering av avfallet i kategorier. Det er umulig å bestemme en nøyaktig andel av en avfallsfraksjon uten å sortere alt avfallet. Å sortere alt avfallet ville vært uoverkommelig, så en nøye seg med et utvalg. En er her altså på jakt etter en prosentvis inndeling som en kan benytte når en regner ut den teoretiske energimengden. Denne prosentvise inndelingen skal brukes for å finne hvor mange kilo avfall det er av hver kategori for så å multiplisere med brennverdien til de aktuelle kategorier.



Figur 5.0 Avfallsklype



Figur 5.1 Avfallsklype

Kvaliteten av plukkanalysen er avhengig av metoden og analysen. Planlegging og nøye vurderinger ble gjort for få best mulig resultat. Ved flere separate plukkanalyser og økt prøvestørrelse reduseres usikkerheten om utvalget er representativt.

Det blir valgt å utføre flere plukkanalyser på forskjellige dager i uken. En grunn til dette er fordi avfallet hentes i forskjellige bydeler på ulike dager. En annen grunn er at det kan være forskjell i avfallet på forskjellige dager.

Noen plukkanalyser ble utført direkte fra avfallshallen, andre direkte fra renovasjonsbilen. Plukkanalysen fra avfallshallen ga en tilfeldig prøvetaking da avfallet var blandet og kom fra forskjellige bydeler. Utvalget fra renovasjonsbilen derimot var planlagt på forhånd og en viste nøyaktig hvor avfallet var hentet fra. Dette gjorde at en bevisst kunne velge utvalg fra forskjellige bydeler. Informasjon i kapittel 5 er hentet fra (Ohr, 2005)

5.1 Gjennomførelse av plukkanalyse

Selve sorteringen foregikk i friluft på utsiden av avfallshallen på Årabrot Miljøpark.

Iført verne utstyr som engangsdress, hansker, munnbind og gode sko gjennomgås pose etter pose med avfall. Her ble det nøyaktig sortert med avfallsklype og lagt i den riktige kategorien. De forskjellige kategoriene ble sortert i store plastikksekker. Etter hver plukkalyse ble hver kategori veid og notert i loggbok.



Figur 5.2 *Sortering av avfall*



Figur 5.3 *Plastposer med kategorier*



5.2 Kategorier under plukkanalysen

Det er gjennomført mange store plukkanalysen her i landet, men de utføres som regel for å få et innblikk i hvordan kildesorteringsordningene fungerer. I denne sammenheng var det ikke kildesorteringene som var av interesse, men energiinnholdet i avfallet. Kategoriene ble da litt annerledes enn ved andre plukkanalysen.

Kategorier ble valgt for å gi grunnlag for utregninger av det teoretiske energiinnholdet i avfallet. En valgte å sortere i matavfall, papp, papir, isopor, myk plast, hard plast, plast med aluminium, trevirke, tekstil, bleier og bind, EE-avfall, annet brennbart og ikke brennbart.

I kategorien matavfall inngår alt av matrester og hageavfall samt tørkepapir og lignende. Neste kategori er papp som består av drikkekartonger, bølgepapp og emballasjesker. I kategorien papir havner ukeblader, aviser, brød- og sukkerposer. Isopor settes opp som en egen kategori fordi brennverdien på Isopor skiller seg fra brennverdien på plast.

En ønsker mest mulig nøyaktighet slik at beregningen av energiinnholdet blir nøyaktig. Det blir skilt mellom myk og hard plast fordi de er laget av forskjellige materialer. Dette gjør at de får en forskjellig brennverdi. I kategorien myk plast havner plastposer, mens i kategorien hard plast havner hovedsakelig emballasje fra mat- og velværeprodukter. Det settes opp en egen kategori som kalles plast med aluminiumsfolie, fordi det er usikkert hvor stor innvirkning aluminium har på brennverdien. I denne kategorien havner blant annet kaffe- og snacksposer. Trevirke får en egen kategori, her havner alt av tre som treklosser og ødelagte kleshengere.

I kategorien tekstil havner alt av klær, sko og handklær. Det blir valgt en egen kategori for bleier og bind fordi brennverdien skiller seg fra andre kategorier og det er en stor mengde bleier og bind i avfallet.

Glass og metall havner i samme kategori kalt ikke brennbart, da det ikke har noen brennverdi. En siste kategori kalles EE- avfall som står for elektrisk og elektronisk avfall. Det blir valgt å se bort fra farlig avfall fordi det er vanskelig å finne en konkret brennverdi på dette. Det er produkter som inneholder helse- og miljøfarlige stoffer.



5.3 Fraksjoner

Tabell 5.0 viser en oversikt over hver kategori og hva den inneholder.

| Kategorier | Beskrivelse |
|-----------------------|---|
| Mat avfall | matrester som kjøtt, frukt og grønnsaker |
| | brød, teposer, kaffegrut, eggesskall og matolje |
| | servieter og kaffefilter |
| | Bioavfall fra hagen som bark og treflis potteplanter og snittblomster |
| Papp | kartongemballasje til juice, melk, fløte,sauser,pudding, vaske og skyllemidler med mer |
| | bølgepapir som esker, omslag med mer |
| | esker, kartonger om f eks. pizzaesker, cornflakes med mer |
| Papir | aviser, reklame, ukeblader, kataloger,brosjyrer, kladdebøker med mer |
| | brødposer, melposer, sukkerposer, samt gavepapir og skrive papir |
| Isopor | støtdempende emballasje |
| Myk plast | bæreposer, cellofan og knitreplast. |
| Hard plast | panteflasker, saftflasker,shampoflasker,isbokser og ketchupflasker |
| Laminer plast | kaffeposer og chipsposer |
| Trevirker | treklosser, ødelagte klehengere og kork |
| Tekstiler | klær, håndkler, tepper, sko og bamser |
| Bleier og bind | bind,bleier evt. toalettpapir og lignende som er viklet sammen |
| Ikke brennbart | glasseballasje som syltetøyglass, saft- og vin flasker |
| | porselen |
| | metalleballasje som hermetikkbokser til mat-og drikkevarer samt lokk og tuber aluminiumsfoilie og skruer |
| EE-avfall | elektrisk verktøy, barbermaskin, ledninger og batterier |
| Annet | paraply, te- og kubelys |

Tabell 5.0 En beskrivelse om hva som inngår i hver av kategoriene

Plukkanalyse 1

Den første plukkanalysen ble utført tirsdag 25.januar 2011. En hjullaster hentet et lass fra avfallshallen, og avfallet ble nøyaktig sortert.



Figur 5.4 *Under plukkanalysen*



Figur 5.5 *Under plukkanalysen*

Det ble funnet en stor andel bleier for voksne i dette utvalget. Utvalget var et veldig homogent avfall og det var mange svarte søppelsekker. Disse søppelsekkene er et tegn på at det kan være næringsavfall. Etter nærmere undersøkelser og diskusjon med HIM kom det frem at dette utvalget hovedsakelig kom fra institusjoner.

En ser kun på husholdningsavfallet, så denne plukkanalysen ble ikke en del av utvalget. Resultatet av denne plukkanalysen finner en i vedlegget. For å unngå dette problemet i andre plukkanalyser er det på forhånd sjekket at avfallet i avfallshallen og renovasjonsbilen er hentet fra private husholdninger.



Plukkanalyse 2

Denne plukkanalysen ble foretatt onsdag 26.januar 2011.En paraply samt noen sko ble satt under kategorien annet brennbart. En hårspray ble funnet, denne blir det sett bort fra siden det er farlig avfall.

Resultat av plukkanalysen er presentert under.

| nr. | Avfallstype | kg | % |
|-----|------------------------|-------------|---------------|
| 1 | M at avfall | 37,5 | 35,047 |
| 2 | Papp | 7,1 | 6,635 |
| 3 | Papir | 5,9 | 5,515 |
| 4 | I sopor | 0,2 | 0,187 |
| 5 | M yk plast | 12,5 | 11,682 |
| 6 | Hard plast | 12,1 | 11,308 |
| 7 | Plast m/Al | 1,5 | 1,402 |
| 8 | Trevirker | 0,3 | 0,280 |
| 9 | Tekstiler | 11 | 10,280 |
| 10 | Bleier og bind | 0,6 | 0,561 |
| 11 | I kke brennbart | 12 | 11,215 |
| 12 | EE-avfall | 2,3 | 2,150 |
| 13 | Annet brennbart | 4 | 3,738 |
| | Sum | 107 | 100 |

Tabell 5.1 Viser mengde i kg og prosentdel av hver avfallskategori i plukkanalyse nr.2

Plukkanalyse 3

Denne plukkanalysen ble tatt fra avfallshallen torsdag 27 januar 2011. Det ble funnet en lader og et bilbatteri som ble satt under kategorien EE-avfall. To hårsprayer ble funnet disse ble det sett bort ifra. Andelen bleier og bind var hele 16,69 %. Dette var utvalget med desidert høyest andel bleier og bind.

Tabell 5.2 viser en presentasjon av denne plukkanalysen.

| nr. | Avfalls type | kg | % |
|-----|-----------------|--------------|---------------|
| 1 | Mat avfall | 20 | 27,82 |
| 2 | Papp | 5,80 | 8,07 |
| 3 | Papir | 4,5 | 6,26 |
| 4 | Isopor | 0,001 | 0,00 |
| 5 | Myk plast | 6 | 8,34 |
| 6 | Hard plast | 6,5 | 9,04 |
| 7 | Plast m/Al | 1,2 | 1,67 |
| 8 | Trevirker | 0 | 0,00 |
| 9 | Tekstiler | 7,5 | 10,43 |
| 10 | Bleier og bind | 12 | 16,69 |
| 11 | Ikke brennbart | 6,2 | 8,62 |
| 12 | EE-avfall | 0,2 | 0,28 |
| 13 | Annet brennbart | 2 | 2,78 |
| | Sum | 71,90 | 100,00 |

Tabell 5.2 Viser mengde i kg og prosentdel av hver avfallskategori i plukkanalyse nr.3



Plukkanalyse 4

Denne plukkanalysen ble foretatt rett fra renovasjonsbilen som hadde hentet avfall fra et boligstrøk kalt Bleikemyr, tirsdag 15 februar 2011. I dette utvalget var det en høy andel matavfall, hele 46 %. Dette kan skyldes en sekk med bark og flere pottedplanter som utgjorde en stor del av vektandelen. Det ble også funnet et stort malingspann. Ellers ble det funnet en mobiltelefonlader og noen ledninger som havnet under kategorien EE-avfall.

| nr. | Avfallstype | kg | % |
|-----|------------------------|---------------|----------------|
| 1 | Mat avfall | 61,2 | 46,084 |
| 2 | Papp | 11,2 | 8,434 |
| 3 | Papir | 5,5 | 4,142 |
| 4 | I sopor | 0,90 | 0,678 |
| 5 | Myk plast | 5,8 | 4,367 |
| 6 | Hard plast | 7,5 | 5,648 |
| 7 | Plast m/Al | 1 | 0,753 |
| 8 | Trevirker | 0 | 0,000 |
| 9 | Tekstiler | 5,5 | 4,142 |
| 10 | Bleier og bind | 17 | 12,801 |
| 11 | Ikke brennbart | 16 | 12,048 |
| 12 | EE-avfall | 0,2 | 0,151 |
| 13 | Annet brennbart | 1 | 0,753 |
| | Sum | 132,80 | 100,000 |

Tabell 5.3 Viser mengde i kg og prosentdel av hver avfallskategori i plukkanalyse nr.4

Plukkanalyse 5

Det ble foretatt plukkanalyse fra to forskjellige renovasjonsbiler onsdag 23 februar 2011. Første delen av dagen ble det sortert fra et boligstrøk kalt Brakahaug. I dette utvalget var det meste av glass og metall sorter ut. Andelen matavfall var også lav.

Senere på dagen ble det sortert fra et lass som var hentet fra boligstrøk kalt Rossabø. Her var det en mye høyere andel matavfall, glass og metall var i stor grad ikke sortert ut. Som farlig avfall fant en 2 hårsprayer og et stort metallmalingspann som det blir sett bort fra.

Resultatet er presentert i tabell 5.4

| nr. | Avfallstype | kg | % |
|-----|-----------------|---------------|------------|
| 1 | Mat avfall | 63,5 | 31,85 |
| 2 | Papp | 22 | 11,03 |
| 3 | Papir | 20,7 | 10,38 |
| 4 | Isopor | 1,00 | 0,50 |
| 5 | Myk plast | 13,7 | 6,87 |
| 6 | Hard plast | 17 | 8,53 |
| 7 | Plast m /Al | 1,5 | 0,75 |
| 8 | Trevirker | 6,5 | 3,26 |
| 9 | Tekstiler | 7,2 | 3,61 |
| 10 | Bleier og bind | 15 | 7,52 |
| 11 | Ikke brennbart | 29,5 | 14,79 |
| 12 | EE-avfall | 0,3 | 0,15 |
| 13 | Annet brennbart | 1,5 | 0,75 |
| | Sum | 199,40 | 100 |

Tabell 5.4 Viser mengde i kg og prosentdel av hver avfallskategori i plukkanalyse nr.5

5.4 Resultat av plukkanalysene

Tabellen under gir en oversikt over de gjeldene plukkanalysene. Tallene viser en gjennomsnittlig fordeling i de ulike kategoriene. Siste kolonne viser prosentinnelingen til hele utvalget. En ser at innbyggerne i Haugesund kunne vært flinkere til å kildesortere. En overfladisk beregning viser at 30 % av dette skulle vært i restavfallet. Med andre ord kunne hele 70 % vært levert til materialgjenvinning.

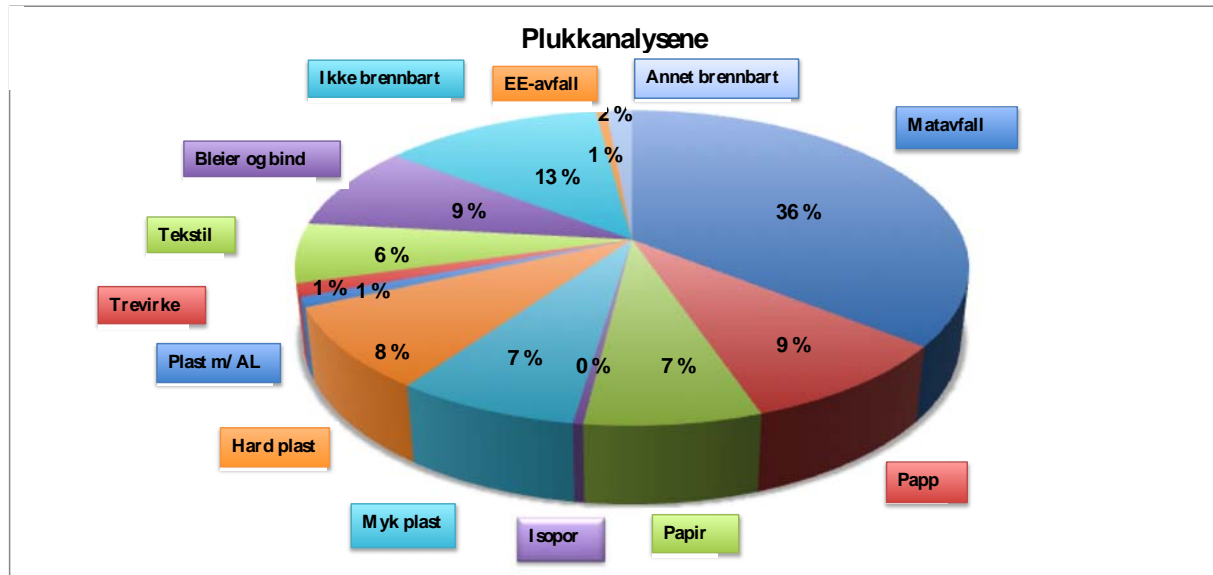
Den største kategorien viste seg å være matavfall med 35,72 %. Mengden matavfall variere en del fra plukkanalyse til plukkanalyse. Kategorien ikke brennbart er den nest største kategorien med 12,49 %. Andelen bleier og bind har stabilisert seg etter å ha variert fra plukkanalyse til plukkanalyse.

Det kommer frem at omtrent 17 % av mengden husholdningsavfallet i Haugesund stammer fra fossilt materiale. Dette er bare noen få prosent under resultatet referert til i kapittel 3.

| nr. | Avfallstype | plukk 2 (%) | plukk 3 (%) | plukk 4 (%) | plukk 5 (%) | til sammen |
|-----|------------------|--------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | Mat avfall | 35,047 | 27,82 | 46,083 | 31,85 | 35,72 |
| 2 | Papp | 6,635 | 8,07 | 8,434 | 11,03 | 9,04 |
| 3 | Papir | 5,515 | 6,26 | 4,142 | 10,38 | 7,18 |
| 4 | Isopor | 0,187 | 0,00 | 0,7 | 0,51 | 0,41 |
| 5 | Myk plast | 11,682 | 8,34 | 4,367 | 6,87 | 7,45 |
| 6 | Hard plast | 11,308 | 9,04 | 5,649 | 8,53 | 8,45 |
| 7 | Plast m/Al | 1,402 | 1,67 | 0,753 | 0,75 | 1,02 |
| 8 | Trevirker | 0,280 | 0,00 | 0 | 3,26 | 1,33 |
| 9 | Tekstiler | 10,280 | 10,43 | 4,142 | 3,61 | 6,12 |
| 10 | Bleier og bind | 0,561 | 16,69 | 12,801 | 7,52 | 8,74 |
| 11 | Ikke brennbart | 11,215 | 8,62 | 12,048 | 14,79 | 12,49 |
| 12 | EE-avfall | 2,150 | 0,28 | 0,151 | 0,15 | 0,59 |
| 13 | Annet brennbart | 3,738 | 2,78 | 0,74 | 0,75 | 1,47 |
| | Antall kg | 107kg | 71,9kg | 131,8kg | 199,4kg | 510,1kg |

Tabell 5.5 Viser prosentdel av hver avfallskategori i alle plukkanalysene

En skjematisk presentasjon av resultatene følger under.



Figur 5.6 Viser den prosentvis mengden av de ulike avfallskategoriene

5.5 Diskusjon av validiteten på plukkanalysen.

Nøyaktigheten i sorteringen er i fokus hele analysen, men enkelte feilkilder er det vanskelig å komme unna. For eksempel ble ikke alt matavfall i emballasje pakket ut, fordi det ofte var muggent. Emballasje med tyktflytende matrester ble ikke tømt, da det ble for vanskelig å få til uten å ta av hansker. Eksempler er majonesposer, yoghurtbeger og lignende. Når objekter med flere kategorier hang sammen og det var vanskelig å skille disse, ble de kategorisert som det dominerende materialet. Disse faktorene er vurdert å gi ubetydelige utslag på resultatet av analysen, siden vekten av feilsorteringene er så liten i forhold til totalen.

Plukkanalysene ble tatt av avfallet fra forskjellige steder i Haugesund. At en foretok plukkanalyser både fra avfallshallen og direkte fra renovasjonsbilen gir trolig et utvalg som er mer representativt siden en har kombinert tilfeldig prøvetaking med å bevisst sortere avfall fra forskjellige bydeler.

Etter gjennomgangen av i alt 500 kg avfall stabiliserer tallene seg, dette viser at utvalgsstørrelsen mest sannsynlig er i en størrelsesorden som gir valide resultater. Det er mulig å ta uendelig store plukkanalyse, i denne sammenheng anses det som en fornuftig størrelse på utvalget. Det blir besluttet å ikke sammenligne med andre store plukkanalyser, da det i andre byer kan være andre kildesorteringsordninger samt annen rutine blant folket. En annen viktig forskjell er at de fleste andre plukkanalyser har som grunnlag å studere hvordan kildesorteringen fungerer. Fokuset for denne oppgaven er å finne energien i avfallet. Dette gir forskjellig kategoriinndeling i forhold til andre plukkanalyser.

Fuktighet kan føre til en feilkilde. Noe av vekten kan i praksis skyldes fuktighet. Dette påvirker energiregnestykket negativt, ved at en må bruke energi på å fordampe fuktigheten. Fuktigheten kan også påvirke ved at enkelte kategorier kan suge til seg mer fuktighet, dette kan påvirke størrelsen på enkelte kategorier.



Figur 5.7 Til venstre viser kategorien ikke brennbart og i plastposen til høyre papp

Til tross for noen feilkilder anses plukkanalysen som et godt grunnlag for å estimere energiinnholdet i husholdningsavfallet fra Haugesund.

6 Forbrenningsforsøk



Figur 6.0 Brenning av prøve

Gjennom forbrenningsforsøk ønsket en å finne brennverdien på noen av kategoriene fra plukkanalysen. Brennverdiene i litteraturen varierer mye, så her ble det valgt å gjøre forsøk for å få estimert brennverdien mer nøyaktig på noen av kategoriene. Dette ga muligheten til å brenne et representativt utvalg av kategorien. Forsøket ble brukt som et sammenligningsgrunnlag til brennverdier funnet i litteratur.

Det ble valgt å foreta grundige forbrenningsforsøk på kategoriene det var størst usikkerhet rundt. Det ble gjennomført tre forsøk for hver kategori for å få en bekreftelse på at forsøkene ble utført korrekt.

Det var også usikkerhet rundt kategorien som kalles plast med aluminium. Et enkelt forbrenningsforsøk ble utført på kategorien, siden denne kategorien bare utgjorde en liten prosentandel av plukkanalysen.

Gjennom HSH var det tilgang på et konkalorimeter. Dette er et komplekst måleapparat som blir brukt over hele verden. Arjen Kraaijeveld, som har lang erfaring med dette instrumentet var behjelpelig med assistanse og nødvendig informasjon. Konkalorimeter er et instrument som brukes til å finne viktige egenskaper til materialer. Det kan bruke blant annet til måling av varme ved kjemiske reaksjoner, fysiske endringer og varmekapasiteten. Men i dette tilfellet er det brennverdiene en ønsker å finne.



Figur 6.1 Konkalorimeter



Figur 6.2 Antenning av avfallskategori

6.1 Fremgangsmåte

De fem kategorier som inngikk i forbrenningsforsøket var papp, papir, myk - og hard plast og plast m/ Al. Prøvene ble rengjort og tørket på forhånd. Det ble brukt små målebeger med 10cm lengde og bredde og 2cm i høyde. Et lag av Aluminiumsfolie dekket begeret, dette for å gjøre det lettere å fjerne asken etter forsøket. Aluminiumsfolien ble veid slik at den kunne trekkes fra på vekten av prøvene som ble brent. En metallrist ble lagt oppå prøvene før forbrenning, for å presse sammen prøven og holde alt på plass. Hver prøve ble klippet i små biter og nøye veid før forbrenning i konkalorimeter. En liten gnist antente materialet. Brennverdiene ble målt fra det antennelse til flammen slukkes. Gjennomsnittlige verdier for hvert forsøk samt grafer av forbrenningsprosessen blir analysert i ettertid. Bilde nedenfor viser prøvene som ligger klar til forbrenning.



Figur 6.3 Oppe til venstre vises det aluminiumsfolie. Til høyre for denne er et beger med myk plast klargjort til forbrenning, , til høyre for denne en prøve med papir. I midten fra venstre ligger det papp, deretter hard plast.

Nede til vestre ser en vekten som ble brukt, etterfulgt av en prøve med papir og til slutt en prøve med papp.

6.2 Resultat av forbrenningsforsøk

Papp

For å få mest variasjon i utvalget ble det klippet opp forskjellige drikkekartonger og pappemballasje. Til sammen 79,2g papp ble brent under disse tre forbrenningsforsøkene. 26,6% ble igjen som aske etter forsøket.

Gjennomsnittlig brennverdi etter tre forsøk ble 13,25 MJ/kg



Figur 6.4 Papp før forbrenning

Papir

Det ble brukt en blanding av avis- og reklamepapir i dette forsøket. Til sammen ble det brent 92,6g papir og 20,6 % av prøven ble igjen som aske. Gjennomsnittverdien for papir under disse tre forbrenningsforsøkene ble 12,13 MJ/kg.



Figur 6.5 Papir før forbrenning

Myk plast

Her ble det revet opp plastposer, til sammen ble det brent 20,7g. Asken etter forsøket utgjorde 24,1%.

Den gjennomsnittlig brennverdi for myk plast ble 35,81MJ/kg



Figur 6.6 Myk plast før forbrenning

Hard plast

Her ble det klippet opp forskjellige typer plastemballasje. I de tre forsøkene ble det brent til sammen 66.6g. Asken utgjorde 7,8% av prøven. Gjennomsnittlig brennverdi etter tre forbrenningsforsøk for hard plast ble 32,67MJ/kg



Figur 6.7 Hard plast før forbrenning

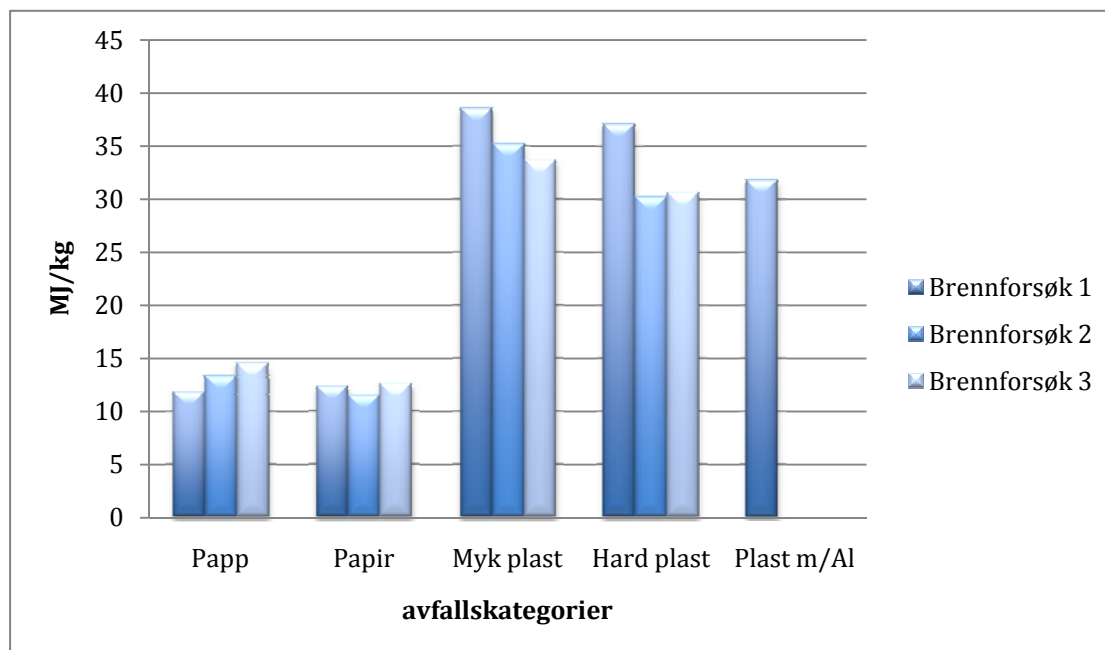
Plast med Aluminium på innsiden

En kaffepose med aluminium på innsiden ble brukt i dette forsøket. Det er vanlig å kategorisere dette som plast, men det var stor usikkerheten angående aluminiumets innvirkning på brennverdien. Derfor ble det utført et forbrenningsforsøk på denne kategorien. Forsøket gav en brennverdi på 31,78MJ/kg noe som ligger litt under gjennomsnittverdien på myk og hard plast. Det ble brent 13g under dette forsøket og asken utgjorde 12,3% av prøven. Det ble konkludert med at forsøket gir en reel brennverdi for denne kategorien.



Figur 6.8 *Plast med Aluminium på innsiden i begeret klar til forbrenningsforsøket.*

Under følger en oversikt over brennverdiene i de forskjellige forsøkene. For kategoriene hvor det ble utført tre forsøk ser en at brennverdien variere litt. En ser av diagrammet at plast med aluminium fikk en litt lavere brennverdi enn myk plast som det er vanlig å kategorisere dette som.



Tabell 6.0 Viser brennverdien etter de tre forsøkene

6.3 Diskusjon av validiteten til forbrenningsforsøket

Brennverdien varierer litt der det ble foretatt tre forsøk. Spesielt ser en at første forsøk på myk- og hard plast har en høyere brennverdi enn de resterende. Grunnen til dette kan være at prøven var annerledes enn de andre eller andre sider ved forsøkssituasjonen. At det ble utført tre forsøk på de største kategoriene fører til større sikkerhet rundt resultatet til disse.

Brennverdiene en får fra disse forsøkene viker mest sannsynlig litt fra det en ville fått i et forbrenningsanlegg. For eksempel blir fuktighet eliminert ved at prøvene er tørket på forhånd. Oksygentilgangen kan også være annerledes. En fordel ved dette forsøket er at en får brent et representativt utvalg av kategorien. Forsøket ga fornuftige resultater og en velger å bruke resultatet videre i oppgaven.



7 Brennverdier

Brennverdien er interessante for å kunne estimere energiinnholdet i hver av avfallskategoriene. Brennverdi er den varmemengden som frigjøres under en fullstendig forbrenning av et material eller et brensel. De blir uttrykt i J= joule eller angitt i KJ/kg. (brennverdi, 2011)

7.1 Brennverdi på hver avfallskategori

Matavfall:

Matavfall med stort innsalg av frukt og grønnsaker vil kunne ha en negativ brennverdi. Mens ensartet kjøtt og fiskeavfall vil ha noe høyere brennverdi. Det er stor variasjon i matavfallet og vanskelig å finne en eksakt brennverdi. Det blir valgt å sette brennverdien til 2,3MJ/kg. (Jarle Marthinsen, 2004)

Papir:

Papir har fått en brennverdi på 15MJ/kg på grunnlag av forbrenningsforsøket og gjennomsnitt av forskjellige typer papir. (Ref. Til eget forsøk kapittel 6), (Philip J. DiNenno, 2008)

Papp:

Papp får en brennverdi på 15,5MJ/kg. I litteraturen blir det oppgitt en felles brennverdi på papp og papir, men forbrenningsforsøket som ble utført ga en høyere brennverdi for papp enn for papir så det blir besluttet å la denne brennverdien være litt høyere enn den for papir. (Ref. Til eget forsøk kapittel 6), (Philip J. DiNenno, 2008)

Isopor:

Isopor har en brennverdi på 41,95MJ/kg (Philip J. DiNenno, 2008)

Myk plast:

Myk plast, denne kategorien viste seg hovedsakelig å være plastposer, det lages stort sett av Polyetylen. Brennverdien som blir benyttet er bestemt ved å ta gjennomsnittet av litteraturverdiene for Polyetylen og resultatet fra forbrenningsforsøket. Brennverdi som benyttes blir da 40,33MJ/kg. (Ref. Til eget forsøk kapittel 6), (Philip J. DiNenno, 2008)

Hard plast:

Hard plast er stort sett emballasje som er laget av Polyetylen, Polystyren og Polypropylen. Her tas et gjennomsnitt mellom disse tre litteraturverdiene og resultatet fra forbrenningsforsøk, brennverdien blir da 41,4MJ/kg. (Ref. Til eget forsøk kapittel 6), (Philip J. DiNenno, 2008)



Plast m/Al:

Plast med aluminiumsfolie her er det mangelfull litteratur så det blir tatt utgangspunkt i resultatet fra forbrenningsforsøket som ga en brennverdi på 31,78MJ/kg. (Ref. Til eget forsøk kapittel 6), (Philip J. DiNenno, 2008)

Bleier og bind:

Bleier og bind har en brennverdi på 4,3MJ/kg.¹

Trevirke:

Trevirke får en brennverdi på 19,50MJ/kg, det er tatt et gjennomsnitt fra de mest brukte tre typene. (Philip J. DiNenno, 2008)

Tekstil:

Tekstil har en brennverdi på 18,45 MJ/kg, det er tatt utgangspunkt i bomull siden det var dominerende i denne kategorien i plukkanalysen. (Philip J. DiNenno, 2008)

EE-avfall og annet brennbart:

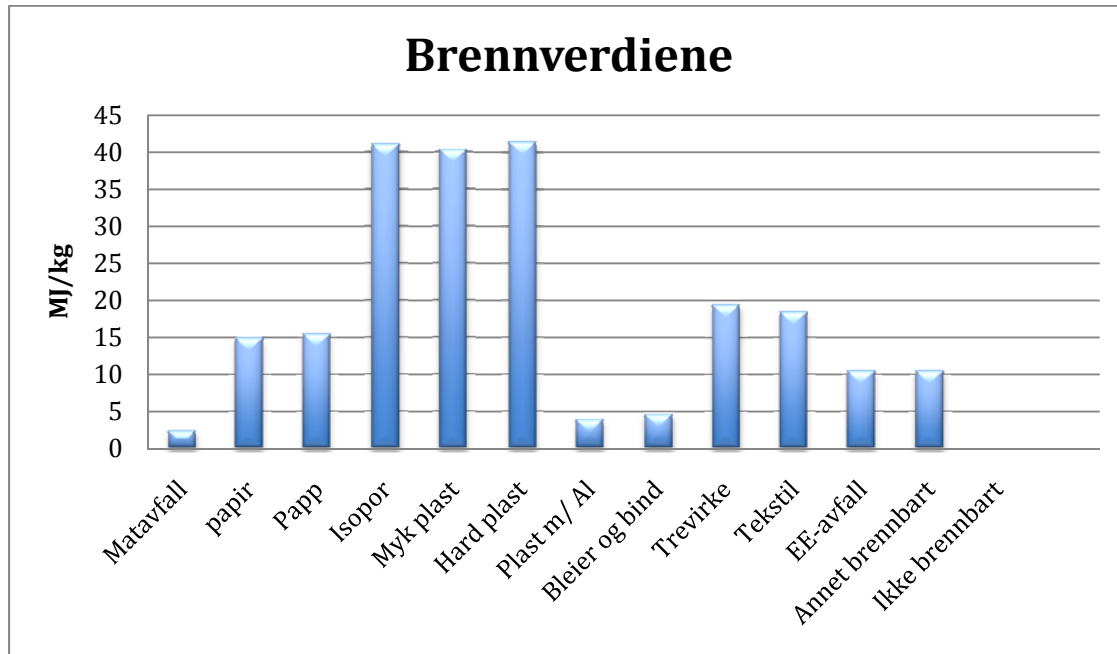
Elektriske artikler og annet brennbart er det vanskelig å finne noen brennverdi på så her besluttes det å bruke den gjennomsnittlige brennverdien for husholdningsavfall som er 10,5 MJ/kg i følge Åmotfors. (Philip J. DiNenno, 2008)

Ikke brennbart:

Ikke brennbart har en brennverdi på null

¹ Cecilie Skaug ved Rekom AS Presentasjon fra Åmotfors Energi via E-mail 17.02-2011)

En ser av diagrammet under at Isopor og myk- og hard plast inneholder mest energi. Dette stammer fra fossilt materiale.



Tabell.7.0 Brennverdiene på de ulike avfallskategoriene



8 Det teoretiske energiinnholdet i avfallet.

Den teoretiske energimengden forteller noe om potensialet i avfallet. For å kunne beregne den teoretiske energimengden må en ha informasjon om mengden avfall.

Haugesund startet i mars 2010 med å frakte avfallet til Åmotfors. Deponiforbudet tredde i kraft i Juli 2009, men Haugesund fikk dispensasjon til utsettelse siden Åmotfors sitt forbrenningsanlegg først da ble satt i gang.

Fra mars 2010 til mars 2011 fraktes 3911,38 tonn husholdningsavfall til Åmotfors. Det går 158 turer fra Arabrot til Åmotfors frakter avfallet.

Det er 34331 innbyggere i Haugesund kommune. Det vil si at 114 kg blir levert til restavfall for hver innbygger i Haugesund, dette er etter at abonnentene har kildesortert. (HIM, him.as, 2010) (Haugesund, 2011).

8.1 Beregninger av energiinnholdet.

Det er tatt utgangspunkt i plukkanalysene hvor prosentandel av hver avfallskategori ble funnet. Disse kategoriene har fått en brennverdi som blir benyttet i videre utregninger. Nedenfor følger utregninger som beregner den teoretiske energimengden i avfallet.

Matavfall:

$$35,71\% \cdot 3911380 \text{ kg} / \text{år} \cdot 2,3 \text{ MJ} / \text{kg} = 3212533,74 \text{ MJ} / \text{år}$$

Papp:

$$9,04\% \cdot 3911380 \text{ kg} / \text{år} \cdot 15,5 \text{ MJ} / \text{kg} = 5480625,67 \text{ MJ} / \text{år}$$

Papir:

$$7,18\% \cdot 3911380 \text{ kg} / \text{år} \cdot 15 \text{ MJ} / \text{kg} = 4212556,26 \text{ MJ} / \text{år}$$

Isopor:

$$0,41\% \cdot 3911380 \text{ kg} / \text{år} \cdot 41,95 \text{ MJ} / \text{kg} = 672737,80 \text{ MJ} / \text{år}$$

Myk plast:

$$7,45\% \cdot 3911380 \text{ kg} / \text{år} \cdot 40,33 \text{ MJ} / \text{kg} = 11752073,68 \text{ MJ} / \text{år}$$

Hard plast:

$$8,45\% \cdot 3911380 \text{ kg} / \text{år} \cdot 41,4 \text{ MJ} / \text{kg} = 13683180,65 \text{ MJ} / \text{år}$$



Trevirke:

$$1,33\% \cdot 3911380 \text{ kg / år} \cdot 19,5 \text{ MJ / kg} = 1014416,40 \text{ MJ / år}$$

Tekstil:

$$6,12\% \cdot 3911380 \text{ kg / år} \cdot 18,45 \text{ MJ / kg} = 4416495,61 \text{ MJ / år}$$

Plast m/Al:

$$1,02\% \cdot 3911380 \text{ kg / år} \cdot 31,78 \text{ MJ / kg} = 1267897,30 \text{ MJ / år}$$

Bleier og bind:

$$8,74\% \cdot 3911380 \text{ kg / år} \cdot 4,3 \text{ MJ / kg} = 1469974,83 \text{ MJ / år}$$

EE- artikler:

$$0,59\% \cdot 3911380 \text{ kg / år} \cdot 10,5 \text{ MJ / kg} = 242309,99 \text{ MJ / år}$$

Annet brennbart:

$$1,47\% \cdot 3911380 \text{ kg / år} \cdot 10,5 \text{ MJ / kg} = 603721,50 \text{ MJ / år}$$

Den total teoretiske energimengden i husholdningsavfallet i Haugesund er 48028,52GJ.

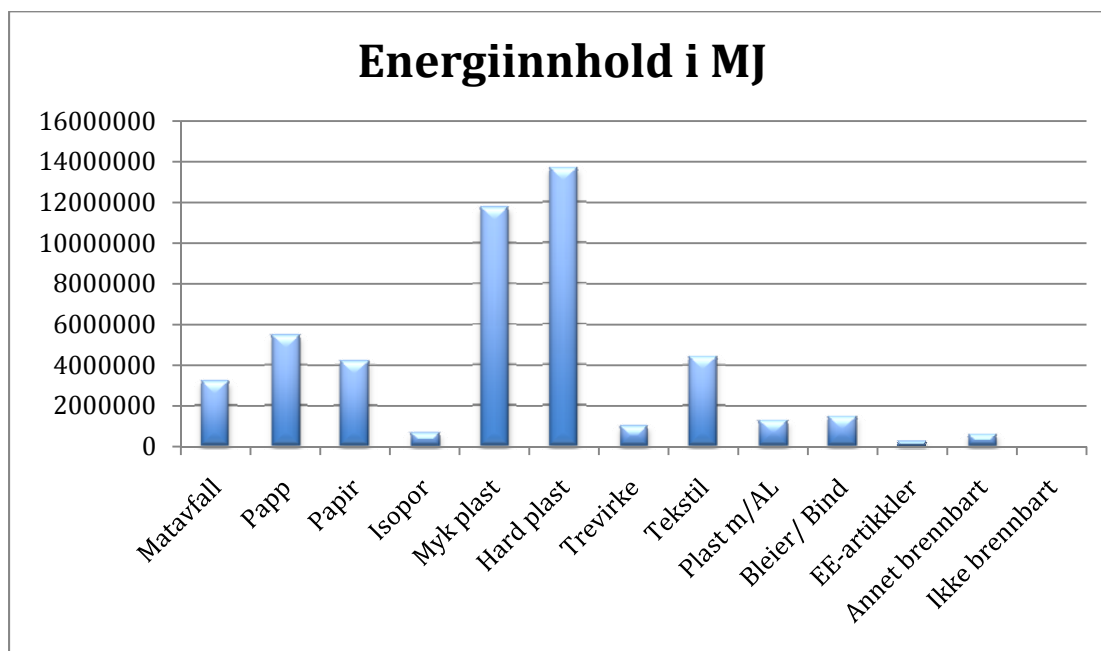
Hvis det var mulig å utnytte hele denne energimengden kunne en levert årsbehovet for energi til 519 husstander med denne energien. Men trolig er en del av energien vanskelig å utnytte i praksis. (SSB)

Denne beregningen gir en gjennomsnittlig brennverdi på 12,28MJ/kg, denne er bare noen få prosent høyere enn det forbrenningsanleggene får ut av avfallet. Forbrenningsanlegg får vanligvis rundt 10-11MJ/kg ut av avfallet. Den lille forskjellen kan tyde på at energiberegningen som er gjort gir et faktisk bidrag på energiinnholdet i husholdningsavfallet i Haugesund.

Forskjellen mellom disse verdiene kan skyldes at en ikke tar hensyn til fuktighet i den teoretiske beregningen. Det kan også skyldes at det er en stor andel matavfall i avfallet forbrenningsverkene mottar. Dette kan påvirke den gjennomsnittlige brennverdien ved at den generelle fuktigheten øker.

Det kan tenkes at avfallet fra Haugesund kunne ha et høyere energiinnhold på grunn av sin sammensetning. Men avfallet fra Haugesund blir ikke brent alene, det blir påvirket av fuktigheten i avfallet det blir blandet med. Derfor gir trolig den gjennomsnittlige brennverdien forbrenningsanleggene oppgir et mer sannsynlig bilde på energipotensialet i avfallet fra Haugesund. Det blir besluttet å bruke den gjennomsnittlige brennverdien hvert forbrenningsanlegg oppgir som grunnlag i de videre beregningene.

En ser av figuren under at det er kategorien hard- og myk plast som inneholder mest energi. Dette stammer som nevnt tidligere fra fossile materialer. Av energimengden i husholdningsavfallet fra Haugesund er det 56 % som stammer fra fossilt materiale. Denne prosenten er bare 8 % høyere enn andelen det ble konkludert med under kapittel 3. Dette kan være en indikator på at validiteten på denne beregningen og grunnlaget som er plukkanalysen og brennverdiene gir et godt bilde av situasjonen i Haugesund.



Tabell 8.0 Viser energiinnholdet til de forskjellige avfallskategoriene

8.2 Feilkilder ved energiberegningen

Fuktighet i avfallet kan føre til enkelte feilkilder som nevnt under diskusjonen av validiteten av plukkanalysen.

Brennverdiene på de forskjellige kategoriene kan også inneholde potensielle feilkilder. Å bestemme brennverdier på kategorier som inneholder så mye forskjellig er en utfordring. Det kan hende at brennverdiene ikke er et nøyaktig mål på energipotensialet i kategorien.

Den kategorien som kanskje inneholder størst feilkilde er trolig matavfall. Energien i matavfall varierer fra å være negativ til å være noen få prosent. En har valgt å sette brennverdien til 2,3MJ/kg på matavfall dette kan gi en større energimengde til denne kategorien enn det den gjør i praksis.



9 Avfallsmarkedet

I dag er avfallet en ressurs gjennom blant annet gjenvinningsindustrien og som brensel råvare. Norge og Sverige har et fritt avfallsmarked, men det er forskjell i konkurransegrunnlag mellom landene. Finanskrisen førte til en nedgang i avfalls mengden, noe som ga ledig kapasitet, særlig i de svenske forbrenningsanleggene. Dermed var de villige til å gi gode tilbud til norske kommuner. Det faktum at svenske forbrenningsanlegg har en høyere energiutnyttelse enn norske forbrenningsanlegg og høyere strømpriser gjør at svenskene blir sittende som vinnerne på dette markedet. (Miljødirektoratet, 2010)

Avfall Norge sendte en bekymringsmelding til myndighetene om finanskrisens betydning for videreutvikling av fjernvarme og energiutnyttelse av avfall i Norge. Regjeringen bestemte seg for å fjerne forbrenningsavgiften 1. oktober 2010 samme dato som den forsvant i Sverige. Dette for å lette konkurransesituasjon med Sverige. Det var tvil om avgiften i det hele tatt hadde noen effekt på utslipp utover de strenge konsesjonskravene til forbrenningsanleggene. (Moe, 2010)

Forbrenningen av avfall økte med nesten 50 % fra 2002-2008 i Norge. I samme periode ble eksporten til Sverige firdoblet. Avfallseksporten utgjør 20 000 trailere i året. Avfallet fra norske kommuner blir lagt ut på anbud, om de ikke velger å behandle det selv. Det er økonomi som hovedsakelig avgjør hva som skjer med avfallet. Forbrenningsanlegget som tilbyr lavest pris vinner kampen om restavfallet. Dette er uavhengig av om anlegget ligger i Norge eller i Sverige. Norske forbeningsanlegg tapte 9 av 11 anbud høsten 2009 og begynnelsen av 2010 til svenske anlegg. (SSB) (Energi- og miljøkomiteen, 2009-2010)

10 Åmotfors Energi AB

Åmotfors Energi AB er et forbrenningsanlegg i Åmotfors i Sverige. Anlegget har husholdningsavfall og industrielt avfall som primært brensel. Omtrent 70 000 tonn avfall går til produksjonen hvert år, det utgjør 12-13 lastebiler hver dag. De kan maksimalt ta imot 80 000 tonn avfall per år.



Figur 10.0 *Forbrenningsanlegget på Åmotfors i Sverige*

Anlegget produserer energi i form av damp til EDA Bruk, Nordic Paper men også elektrisitet og varmtvann til fjernvarme og industriprosesser.

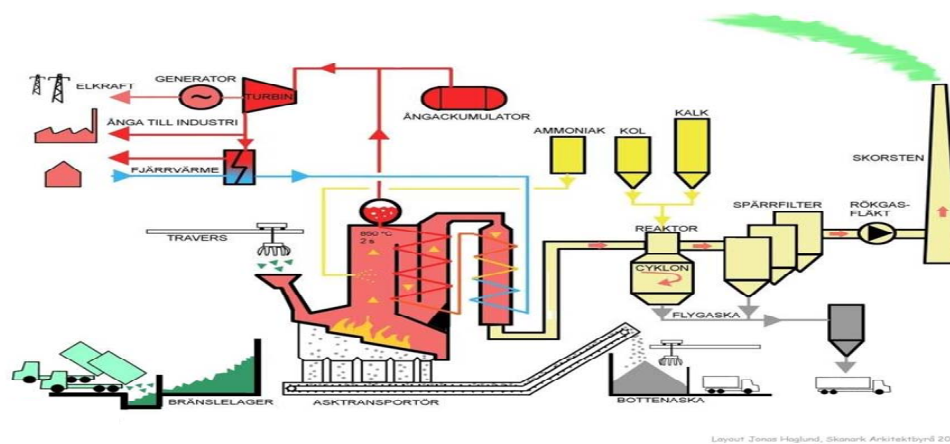
De leverer ca 4000MWh fjernvarme, 16 700MWh elektrisitet og 150 000MWh damp og varme til papirbruket per år.

Virkningsgraden på forbrenningsovnene er 86,2 %. Det vil si at en klarer å utnytte 86,2 % av energipotensialet i avfallet, mens 13,8 % går tapt i forbrenningsprosessen. Denne virkningsgraden sier altså noe om hvor mye produsert energi en klarer å skape.

Energiutnyttelsen er 93,6 % og er et uttrykk for hvor mye av den produserte energien de klarer å utnytte til salg. Åmotfors Energi AB klarer å selge hele 93,6 % av den produserte energien.

Avfallet blir fraktet fra avfallslageret til forbrenningsovnene. Energien som dannes blir overført til vannet, som går over til damp. Dampen brukes til elektrisitetsproduksjon og til dels i papirprosessen ved Eda Bruk. En del damp blir ført til en kondensor hvor varmeenergien overføres til fjernvarmenettet.

Under en oversikt over forbrenningsanlegget



Figur 10.1 Viser hvordan forbrenningsprosessen foregår inne i forbrenningsanlegget.

Det er hovedsakelig bunnaske og flygeaske som er restprodukt etter forbenningen. Anlegget produserer omtrent 10 000 tonn bunnaske og omtrent 2000 tonn flygeaske hvert år. Rekom har som en del av avtalen med Åmotfors Energi AB tatt på seg å transportere bort og omsette flygeasken og bunnasken. Flygeasken blir sendt tilbake til Norge nærmere bestemt til Langeøya. Bunnasken har frem til nå blitt deponert i Eda kommune men anbud for å ta i mot bunnasken blir nå gjennomgått og det blir snart avgjort hvor den blir fraktet og bearbeidet. Dette blir ikke tatt med i energi og miljøbelastningene siden det ikke er avgjort hvor det blir fraktet. Informasjonen i kapittel 10 refseres til ²og³

² Anna Laggren ved Åmotfors Energi AB E-mail 15.03-2011

³ Cecilie Skauge ved Rekom AS Presentasjon om Åmotfors Energi E-mail 17.02-2011

10.1 Energiinnholdet Åmotfors for solgt med avfallet fra Haugesund som ressurs.

Under er en forenklet skjematisering av den totale utnyttelsen av energien. En ser at prosessen begynner med et energipotensial, som er et uttrykk for hvor mye energi avfallet inneholder. Under forbrenningsprosessen klarer en å utnytte 86,2% av energipotensialet. Resultatet etter forbrenningsprosessen kalles her produsert energi. En klarer å utnytte 93,6 % av den produserte energien til å produsere fjernvarme, elektrisitet og damp som selges.



For å finne en prosentandel som uttrykker den totale utnyttelsen av energien i restavfallet, må en multiplisere virkningsgraden på pannen med energiutnyttelsen. Da trekker en fra tapet i forbrenningsprosessen og tapet i omgjøringen av produsert energi til salgbar energi.

En får da en total energiutnyttelse på:

$$0,862 \cdot 0,936 = 0,8068 = 80,68\%$$



Denne prosentandelen kan en benytte til å beregne hvor mye energi forbrenningsverket i Åmotfors får solgt med restavfallet fra Haugesund som ressurs.

Energipotensialet finner en ved å multiplisere avfallsmengden med brennverdien. Det er den gjennomsnittlige brennverdien en får oppgitt av forbrenningsverket på 10,5 MJ/kg som benyttes.⁴

Energipotensialet multiplisert med den totale energiutnyttelsen gir hvor mye energi Åmotfors får solgt med restavfallet fra Haugesund som ressurs:

Energipotensialet:

- $3911380\text{kg/år} \cdot 10,5\text{MJ/kg} = 41069,49\text{GJ}$

Utnyttet energimengde:

- $41069,49\text{GJ} \cdot 80\% = 33143,08\text{GJ}$

I 2009 var årlig energibruk per enebolig i gjennomsnitt 25 700KWh per år. Dette betyr at de kan levere årsforbruket av energi til 358 eneboliger med grunnlag i restavfallet fra Haugesund. (SSB)

10.2 Transporten til Åmotfors

Det er Tollpost Globe som kjører avfallet til Åmotfors. Det er hovedsakelig Volvo og Mercedes med motortypen Euro 4 som benyttes. Det er 569 km fra Årabrot til Åmotfors.

Det er returfrakt som benyttes når avfallet transporteres til Sverige. Dette betyr at bilene ikke kjører tomme fra Åmotfors til Haugesund. Det blir brukt omtrent 6 liter diesel per mil når de har last på 25-30 tonn i følge de siste tallene fra en av trailerne som benyttes. Det er vanlig diesel som blir benyttet.⁵ (HIM, him.as, 2011)

⁴ Anna Laggren ved Åmotfors Energi AB E-mail 15.03-2011

⁵ John Erik Lundskog ved Tollpost Globe via telefon 18.Mars-2011



10.3 Energiregnskap for transporten

Det er 569km fra Årabrot Miljøpark til forbrenningsverket i Åmotfors. I løpet av et år går det 158 turer til Åmotfors med husholdningsavfall.

Beregner her energien som blir brukt for å frakte avfallet.

Hvor mange mil per år som brukes på å frakte avfallet:

$$569\text{km/tur} \cdot 158\text{turer/år} = 8990,2\text{mil/år}$$

Dette gir et dieselforbruk på:

$$8990,2\text{mil/år} \cdot 6\text{liter/mil} = 53941,2\text{liter/år}$$

Energibruken på transport til Åmotfors:

$$53941,2\text{liter/år} \cdot 10,10\text{KWh/liter} = 544806,12\text{KWh/år}$$

Energiforbruk på transporten fra Haugesund til forbrenningsanlegget Åmotfors i Sverige:

$$544806,12\text{KWh/år} = 1416,49\text{GJ/år}$$

Transporten tilsvarer 1416,49GJ som utgjør 4,27 % av energiinnholdet i avfallet (Energilink, 2011)

10.4 Energiregnestykke på hele prosessen

Forbrenningsverket i Åmotfors får en energimengde på 33143,08GJ fra husholdningsavfallet fra Haugesund. Hvis en trekker i fra energien som blir brukt ved transporten så får en:

$$33143,08\text{GJ} - 1416,49\text{GJ} = 31726,59\text{GJ}$$

11 Alternative løsninger

Her følger en presentasjon av anleggene en velger å fremme som alternative løsninger BIR Avfallsenergi AS og Forus Energigjenvinning. Alternativene blir valgt på grunnlag av at de har kapasitet til å ta imot avfallet og nærmere beliggenhet. En analyse av resultatet fra hvert anlegg blir presentert. Avslutningsvis blir det nevnt litt om lokale planer på Haugalandet.

11.1 BIR Avfallsenergi AS

Forbrenningsverket i Rådalen i Bergen er et stort anlegg. De har kapasitet til å ta imot 220 000 tonn avfall hvert år, men i 2010 mottok de kun 160 000 tonn. Energien i avfallet brukes til å produsere overhettete damp som brukes til å levere strøm og fjernvarme.



Figur 11.0 Forbrenningsanlegget i Bergen

Ved full drift kan de produserer 529 000MWh fjernvarme og 70 000MWh strøm. Anlegget produserer 36000 tonn bunnaske og 5000 tonn flygeaske. Bunnasken leveres til eget deponi på Osterøy, hvor metall blir utskilt og sendt til gjenvinning mens restproduktet benyttes på deponiet. Flygeasken sendes til Langøya.⁶ (BIR, 2011)

⁶ Øyvind Underdahl Holm ved BIR avfallsenergi AS E-mail 15.03-2011

11.1.1 Energimengden BIR kunne fått solgt med avfallet fra Haugesund som ressurs.

BIR har en virkningsgrad på forbrenningsovnene på 86 % og en energiutnyttelsen er 67 %. Det betyr at det i forbrenningsprosessen går tapt 14 % av energipotensialet. Og hele 33 % går tapt i omformingen av produsert energi til energi for salg.⁷

Under ser man en forenklet skjematisering av den totale utnyttelsen av energien.



En får oppgitt at den gjennomsnittlige brennverdien er 10-11MJ/kg. Dette gir en middelvei på 10,5 MJ/kg som gir et identisk energipotensialet hos BIR og Åmotfors nemlig 41069,45GJ.

En kan som nevnt tidligere finne et uttrykk for den totale energi utnyttelsen ved å multiplisere virkningsgraden på forbrenningsovnene med energiutnyttelsen. Da trekker en fra tapet i forbrenningsprosessen og tapet i omgjøringen av produsert energi til salgbar energi.

En får da en total energiutnyttelse på:

$$0,86 \cdot 0,67 = 0,5762 = 57,62\%$$

⁷ Øyvind Underdahl Holm ved BIR avfallsenergi AS E-mail 15.03-2011



Denne prosentandelen kan en benytte til å beregne hvor mye energi forbrenningsverket i Bergen kunne fått solgt med restavfallet fra Haugesund som ressurs. (HIM, him.as, 2011)

Energipotensielt multiplisert med den totale energiutnyttelsen gir hvor mye av energien de klarer å utnytte til salg

Energipotensialet:

- $3911380\text{kg/år} \cdot 10,5\text{MJ/kg} = 41069,49\text{GJ}$

Utnyttet energimengde:

- $41069,49\text{GJ} \cdot 57,62 = 23664,22\text{GJ}$

Denne energimengden kunne levert årsbehovet for energi til 255 eneboliger. (SSB)



11.1.2 Energiregnestykket på transport til forbrenningsverket i Bergen

Det er 102 km fra Årabrot til forbrenningsverket i Rådalen:

$$102\text{km/tur}\cdot 158\text{turer/år}=1611,6\text{mil/år}$$

Dette gir et dieselforbruk på:

$$1611,6\text{mil/år}\cdot 6\text{liter/mil}=9669,6\text{liter/år}$$

Energibruken på transport til BIR:

$$9669,6\text{liter/år}\cdot 10,10\text{KWh/liter}=97662,96\text{KWh/år}$$

Transporten fra Haugesund til forbrenningsverket BIR i Rådalen gir et energiforbruk på:

$$97662,96\text{KWh/år}= 351,59\text{GJ/år}$$

Transporten på 351,59GJ på utgjør 1,49 % av energien i avfallet om det hadde blitt fraktet til BIR i Rådalen. (Energilink, 2011)

11.1.3 Energiregnestykke på hele prosessen

BIR Avfallsenergi får 23664,22GJ avfallet fra Haugesund. Hvis en trekker i fra energien som hadde blitt brukt ved transporten så får en:

$$23664,22\text{GJ}-351,59\text{GJ}=23312,64\text{GJ}$$

11.2 Forus Energigjenvinning

Forbrenningsanlegget er lokalisert på Forus Miljøpark. I 2010 mottok de 46 805 tonn avfall og de leverte strøm og varme tilsvarende 68 000 MWh. Energien fra avfallet gjøres om til fjernvarme og elektrisk kraft som distribueres til bedrifter og husholdninger i Forus-området.



Figur 11.1 Forbrenningsanlegget på Forus

Etter forbrenningen ender de opp med omtrent 1700 tonn flygeaske og 8800 tonn bunnaske. Bunnasken går til deponi på Svåheia ved Egersund og flygesaken transporteres til Langeøya.

Et nytt forbrenningsanlegg er påbegynt og regnes med å stå ferdig i 2012.

Forbrenningskapasiteten etter utbyggingen vil øke til 110 000 tonn. Det blir tatt hensyn til nåværende løsning fordi det er det aktuelle alternativ nå.⁸ (Forus, 2011)

⁸ Rune Dirdal ved Forus Energigjenvinning KS, E-mail 15.03-2010

11.2.1 Hvor mye energi Forus får solgt med avfallet fra Haugesund som ressurs.

Forus Energigjenvinning har en virkningsgrad på pannen på 82 % og energiutnyttelsen er 69 %. Den gjennomsnittlige brennverdien de får ut av avfallet er 11 MJ/kg. ⁹

Under ser man en forenklet oversikt over den totale utnyttelsen av energien.



For å finne en prosentandel som uttrykker den totale utnyttelsen av energien i restavfallet, må en multiplisere virkningsgraden på pannen med energiutnyttelsen. Da trekker en fra tapet i forbrenningsprosessen og tapet i omgjøringen av produsert energi til slagsbar energi.

En får da en total energiutnyttelse på:

$$0,86 \cdot 0,69 = 0,5658 = 56,58\%$$

⁹ Rune Dirdal ved Forus Energigjenvinning KS, E-mail 15.03-2010



Denne prosentandelen benyttes til å beregne hvor mye energi Forus Energigjenvinning kunne fått solgt med restavfallet fra Haugesund som ressurs.

Energipotensialet multiplisert med den totale energiutnyttelsen gir hvor mye energi de får solgt med restavfallet fra Haugesund som ressurs:

Energipotensialet:

- $3911380\text{kg/år} \cdot 11\text{MJ/kg} = 43025,18\text{GJ}$

Utnyttet energimengde:

- $43025,18\text{GJ} \cdot 56,58\% = 24343,65\text{GJ}$

Denne energimengden kunne levert års behovet for energi til 263 eneboliger. (SSB)



11.2.2 Energiregnestykket på transport til forbrenningsverket på Forus

Fra Haugesund til Forus er det 67,2km dette gir en kjørelengde på:

$$67,2\text{km/tur}\cdot 158\text{turer/år}=1061,76\text{mil/år}$$

Dette gir et dieselforbruk på:

$$1061,76\text{mil/år}\cdot 6\text{liter/mil}=6370,56\text{liter/år}$$

Energiinnholdet i dieselen:

$$6370,56\text{liter/år}\cdot 10,10\text{KWh/liter}=64342,66\text{KWh/år}$$

Energiforbruk på transporten fra Haugesund til forbrenningsanlegget på Forus:

$$64342,66\text{KWh/år}= 231,63\text{GJ/år}$$

Det brukes 231,63 GJ på å frakte avfallet fra Haugesund til Forus. Energimengden som hadde blitt brukt til transporten ville utgjort 0,95 % av den totale energimengden i avfallet. (Energilink, 2011)

11.2.3 Energiregnestykket på hele prosessen

Energimengden Forus kunne fått ut avfallet fra Haugesund. Hvis en trekker i fra energien som blir brukt ved transporten:

$$2343,65\text{GJ}-231,63\text{GJ}=24112,02\text{GJ}$$



11.3 Lokalt planlagte forbrenningsverk

Det har de siste 10 årene vært flere forslag til energigjenvinningsanlegg basert på avfall på Haugalandet. Da prognosen for de neste 10 årene viser at den totale avfallsmengden vil kunne stige. Mange i regionen ønsker et avfallsforbrenningsanlegg her slik at disse ressursene kan utnyttes lokalt. Flere anlegg har nådd planleggingsfasen men ingen har blitt en realitet.¹⁰

12 Sammenligning av nåværende- og alternative løsninger

Energiregnestykket blir lagt til grunn for sammenligningen.

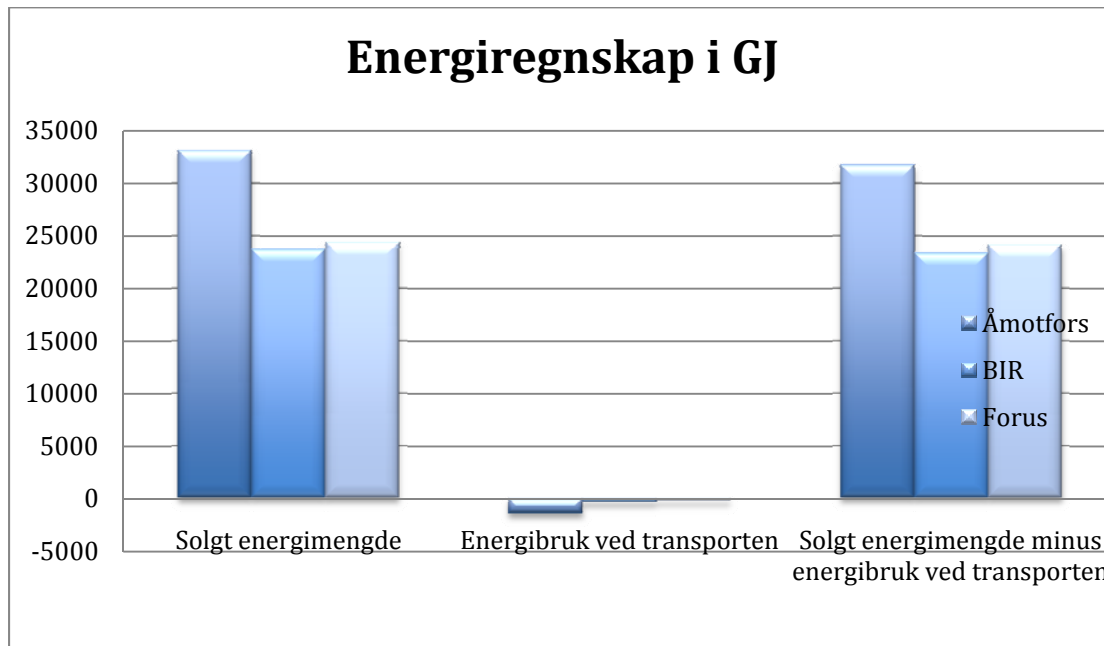
Forbrenningsanlegget i Bergen har størst forbrenningskapasitet av disse anleggene. De kan ta imot over dobbelt så mye avfall som Åmotfors. Også forbrenningsanlegget på Forus får kapasitet til å ta imot mer avfall enn Åmotfors når de blir utbygd i 2012.

Under følger et diagram som gir informasjon om hvor mye energi hvert av anlegg får eller ville fått ut av avfallet fra Haugesund. Her kommer det tydelig frem at Åmotfors utnytter potensialet i avfallet langt bedre enn de to norske anleggene ville gjort.

Energibruken ved å frakte avfallet til Åmotfors utgjør hele 5,91 % av energien de får ut av avfallet. Transporten utgjør en lavere prosentandel ved transport til forbrenningsanleggene i Norge.

Det er helt klart at Åmotfors kommer best ut når det gjelder å utnytte ressursen som avfallet er. Selv om det blir brukt mest energi i transporten til Åmotfors, utgjør det en så liten del av regnestykket at den har ingen innvirkning på resultatet

¹⁰ Berit Thuestad ved Ny Energi Haugaland Kraft E-mail 29.03-2011



Tabellen 11.0 Energiregnskapet

12.1 Er svenskene bedre på avfallsforbrenning?

Energiutnyttelsen i Sverige er langt bedre enn i tilsvarende Norske anlegg. Det betyr ikke at svenskene er flinkere å utnytte energien i avfallet. Norske forbrenningsanlegg er like effektive som svenske når det kommer til å hente ut energi. Det er virkningsgraden på forbrenningsovnene som forteller hvor mye energi anleggene klarer å hente ut. Den varierer med få prosenter mellom anleggene. Den høye energiutnyttelsen i Sverige har med fjernvarmeutbyggingen å gjøre. I Sverige har de drevet med fjernvarme siden 1948, mens nordmenn har hatt tilgang på olje, billig strøm og har ikke hatt fokus på energisparing eller alternative energiformer. Dette har ført til at fjernvarmenettet er utbygd i en helt annen skala i Sverige enn i Norge. Det er her forskjellen ligger mellom Norske og Svenske forbrenningsanlegg. Svenskene har vært målrettede og myndighetene har lagt til rette for denne utviklingen som de nå nyter godt av.

12.2 fjernvarme



Figur 12.0 Viser hvordan de legger opp til fjernvarme under bakken med rør

Fjernvarme går ut på at vann blir varmet opp og fraktet gjennom rør frem til bygget som skal varmes opp. Det legges to paralelle rør, et for varmt og et for kaldt. Når vannet er avkjølt igjen blir det fraktet tilbake til fjernvarmeanlegget for oppvarming. (BIR, 2011)



13 Miljøaspektet

Avfallsforbrenning er fokus i denne oppgaven, det går under kategorien energigjenvinning i avfallshierarkiet. Materialgjenvinning er bedre for miljøet enn energigjenvinning. Det er bedre for miljøet er at mest mulig blir sortert ut gjennom kildesorteringsordningen for så å energigjenvinne det resterende restavfallet.

Plukkanalysen viser at innbyggerne i Haugesund kan bli flinkere på kildesortering. Ved økt kildesortering får en behandlet en større del av avfallet på en mer miljøvennlig måte.

Nåværende situasjon viser at 70 % av restavfallet kunne vært sortert ut gjennom kildesorteringsordningen. Hadde kildesorteringsordningen blitt fulgt bedre kunne en også minket andelen energi som stammer fra fossilt materiale. I dag stammer hele 56 % av energien i husholdningsavfallet fra Haugesund fra fossilt materiale.

I sammenligningen av anleggene blir det sett bort fra utslipp av forurensede gasser både ved forbrenningsprosessen og transporten. Utslippene ved selve forbrenningsprosessen vil trolig ikke gi store forskjeller mellom anleggene. Det er strenge krav til utslipp fra avfallsforbrenning både i Sverige og i Norge. Når det gjelder transporten øker utslippet av forurensende gasser som en direkte følge av transportlenden. Her fører det til et mer betydelig utslipp å frakte avfallet til Åmotfors.

Når en er inne på utslipp må en også nevne at avfallsforbrenning gjør energien i avfallet utnyttbar. Og den kan ses på som en erstatning til ikke fornybare energikilder. Mye av avfallet som nå går til avfallsforbrenning ville før blitt dumpet på deponi. Dermed kan en kanskje også si at avfallsforbrenningen indirekte fører til at det blir lavere metanutslipp fra deponi.

Som nevnt i forrige kapittel klarer Åmotfors å utnytte en større del av energien i avfallet. Å utnytte ressursene best mulig handler også om miljø. Åmotfors utnytter over 20 % mer av energien enn anleggene i Norge. Det er dette punktet som blir brukt for å forsvare det miljømessig, med å frakte avfallet til Sverige.

Andre faktorer kan nevnes som miljøskader er trafikk tettheten på allerede overbelastede veier og slitasje på vei. Økt transport fører også til flere ulykker på veiene. Men dette blir det vanskelig å ta med i et sammenligningsgrunnlag.



14 Diskusjon

Resultatet av energiinnholdsbergingen i Haugesund sitt husholdningsavfallet forteller om det øvre potensialet i avfallet. Hvis en kunne utnytte hele denne energimengden kunne en levert årsbehovet for energi til 519 eneboliger. En del av energien er nok vanskelig å utnytte i praksis. Grunnen til en valgte å ta en teoretisk energiberegning, er at en ønsker spesifikk informasjon om husholdningsavfallet fra Haugesund. Det er også usikkerhet om den gjennomsnittlige brennverdien til forbrenningsanleggene, ville gi et godt bilde på energiinnholdet.

Plukkanalysen og brennverdiene er grunnlaget for energiberegningen. Det kan settes spørsmål ved om plukkanalysen er stor nok til å gi et korrekt bilde av sammensetningen av avfallet i Haugesund. Om brennverdiene gir et nøyaktig bilde på energimengden i kategoriene er et annet aspekt det må settes spørsmål ved.

Kun få prosent skiller den gjennomsnittlige brennverdien i beregningen og hos forbrenningsanleggene. Dette kan tyde på at beregningen gir et godt bilde på energiinnholdet i avfallet. En annen faktor som også kan tale for et valid resultat, er at den fossile andelen av energimengden er nokså lik andelen på landsbasis. Energiberegningen viser at omtrent 56 % av energimengden i husholdningsavfallet stammer fra fossilt materiale.

I dag fraktes husholdningsavfallet til Åmotfors Energi AB i Sverige. Det ses bort fra økonomi i denne oppgaven, men det må nevnes at det er økonomi som hovedsakelig avgjør hva som skjer med avfallet. Etter finanskrisen sank avfallsmengden og svenskene kom i en posisjon hvor de var villige til å gå ned i pris for å få avfallet. Når svenskene også har den høyeste energiutnyttelsen av avfallet, synes det å være den beste løsningen å frakte avfallet til nabolandet. Sammenligningen av forbrenningsanleggene i Sverige og Norge bekrefter dette. Det svenske anlegget utnytter energien i avfallet over 20 % bedre enn de tilsvarende anlegg i Norge. Transporten fører til langt mindre energibruk enn først antatt. Den påvirker ikke resultatet av energiregnestykket mellom de forskjellige anleggene.

Det er andre faktorer som kan trekkes frem i diskusjonen om dette er den beste løsningen. Trafikktetthet på allerede overfylte veier, ulykker, utslipp av klimagasser, støy og lignende kan nevnes. Hvis en velger å eksportere avfallet ut av landet går en glipp av ressursen som avfallet er. En kan sette spørsmål ved om det kan påvirke fjernvarmeutbyggingen i Norge negativt ved å eksportere avfallet til Sverige. Oppbyggingen av forbrenningskapasiteten i Norge tyder på at det ikke er en reell fare.

Frykten bør kanskje heller rettes mot om materialgjenvinningen kan bli svekket som følge av økt forbrenningskapasitet og mulig mangel på avfall.

Som nevnt er materialgjenvinning rangert som et bedre alternativ enn energigjenvinning. Resultatet av plukkanalysen viser at det er rom for forbedringer når det gjelder kildesortering. Omtrent 30 % av utvalget i plukkanalysen hører hjemme i restavfallet. Avfallsmengden som



ender opp som restavfallet kan bli kraftig redusert hvis flere følger kildesorteringsordningen. Dette ville ført til mer miljøvennlig behandling av avfallet og en klar økonomisk gevinst.

Plukkanalysen tyder på at 48,12 % av avfallet som fraktes til Sverige har liten eller ingen brennverdi. Her inngår matavfallet og kategorien ikke brennbart. Det betyr at det fraktes omtrent 1880 tonn til Sverige som ikke bidrar særlig til energigjenvinningen. Dette er ikke gunstig med tanke på verken miljø eller økonomi. Hvis mer av dette ble sortert ut, kunne behandlingen av det resterende restavfallet i større grad få merkelappen fornybar.



15 Konklusjon

Beregningen av den teoretiske energimengden i husholdningsavfallet i Haugesund viser at store energimengder blir fraktet til Sverige. Nærmere bestemt 48028,52GJ blir fraktet over grensen.

Energien Haugesund sender fra seg i form av avfall kan tolkes som hvor mye energi en klarer å utnytte med avfallet som ressurs.

I praksis får anlegget i Sverige ut over 20 % mer av energien enn det anleggene i Norge gjør på dette tidspunkt. Svenskene klarer å levere årsforbruket for energi til omtrent 358 eneboliger med dette avfallet som ressurs. Dette er et konkret bilde på hvor mye anvendbar energi Haugesund sender fra seg i form av dette avfallet.

En kan konkludere med at innbyggerne i Haugesund kan bli flinkere til å kildesortere, for å gjøre avfallshåndteringen i Haugesund mer miljøvennlig og lønnsom. Kanskje er det mulig å forbedre kildesortering ved å innføre premier eller lignende. Eller kanskje mer informasjon om den miljømessige gevinsten ved økt kildesortering kan føre til bedre rutiner. Miljøbevissthet ligger i tiden og mye er gjort ved å sette dette på dagsorden.



Ordforklaringer

| | |
|--------------------|--|
| Brennverdi: | Verdi på energien som bli frigjort under en forbrenning av en gitt mengde material eller brensel. |
| Bunnaske: | Rester av avfallet etter en fullstendig forbrenning i forbrenningsanlegget. Bunnasken er det som blir igjen i bunnen av ovnen. |
| Deponi: | Også kalt søppelfylling. Deponi er en åpen plass hvor avfallet legges. |
| Drivhuseffekt: | Oppvarming av atmosfæren og jorden fordi gasser i atmosfæren absorberer noe av strålingen fra jorden. |
| Energi: | Energimengden som kan om dannes til mekanisk arbeid. |
| Energigjenvinning: | Avfall omdannet til energi i forbrenningsanlegg |
| Energikilde: | Kilde der energi som kan utnyttes direkte eller ved hjelp av energiomforming. |
| Energiregnskap: | Regnskap over energien som blir gjort anvendbar og brukt til transport |
| Fjernvarme: | Varme i form av varmt vann, som fordeles til forbrukere gjennom et distribusjonsnett |
| Flyge aske: | Små askepartikler som følger med røykgassen. |
| Fossilt brensel: | Er biologiske materialer som gjennom millioner av år har blitt til kull, olje og gass |
| Giga: | Symbol G som igjen betyr 1 milliard eller 10^9 |



| | |
|----------------------|--|
| Husholdningsavfall: | Er avfallet fra de private hjemmene |
| Joule: | Enhet for energi |
| Kildesortering: | En sortering av avfallet hos kilden/ abonnentene. Hensikten er å få utnytte materialgjenvinning og energigjenvinning på best mulig måte. |
| Klimagasser: | Gasser på jorden og i atmosfæren som kan påvirker klimaet |
| Materialgjenvinning: | Å gjenvinne materialene i produktene til nye råvarer, slik materialet kan brukes delvis eller helt på nytt i nye produkter. |
| Mega: | Symbol M som igjen betyr 1million eller 10^6 |
| Norsk deponiforbud: | Det ble i 1. Juli 2009 forbudt å deponere nedbrytbart avfall i Norge. Formålet med forbudet var å minske utslippene av klimagasser og miljøgifter. |
| Næringsavfall: | Avfall fra industri, bedrifter og institusjon etc. |
| Plukkanalyse: | En plukkanalyse der en fysisk sorterer avfallet i kategorier. |
| Restavfall: | Restavfall er det avfallet som er igjen når alle avfallstypene som kildesorteres er sortert ut. |
| Turbin: | En type generator som omdanner mekanisk energi til elektronisk energi |
| Watt: | Enhet for effekt. (1 W= Joule per sek.) |



Litteraturliste

- Avfall, N. (2008). *Avfallnorge.no*. (D. m. Norge, Produsent) Hentet fra www.avfallnorge.no/.../1/.../Dette+mener+Avfall+Norge+april+2008.pdf
- BIR. (2011). *Bir.no*. (B. a. AS, Produsent) Hentet fra <http://www.bir.no/biravfallsbehandling/Sider/Energigjenvinningsanlegget.aspx>
- Brennverdi. (2011). *www.snl.no*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <http://www.snl.no/brennverdi>
- Energi- og miljøkomiteen, I. t. (2009-2010). *Stortinget.no*. Hentet fra <http://www.stortinget.no/Global/pdf/Innstillinger/Stortinget/2009-2010/inns-200910-219.pdf>
- Energi, Å. (2011). *Amotenergi.se*. Hentet fra <http://www.amotenergi.se/>
- Energilink. (2011). *Energilink.tu*. Hentet fra <http://energilink.tu.no/no/diesel.aspx>
- Forus, E. (2011). *Forusenergi.no*. Hentet fra <http://forusenergi.no/om-oss/>
- Fornybar. (u.d.). *fornybar.no*. Hentet fra <http://www.fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1786>
- Fornybar_energi. (u.d.). *Wikipedia.org*. Hentet fra http://no.wikipedia.org/wiki/Fornybar_energi
- Industri, N. (2010, 03 30). *Norskindustri.no*. (Norsk Industris prosjektrapport) Hentet fra <http://www.norskindustri.no/klima-energi/eksport-av-avfall-til-sverige-article3995-549.html>
- Haugesund, k. (2011). *Haugesund kommune*. Hentet fra <http://www.haugesund.kommune.no/>
- HIM. (2011). *him.as*. (H. I. (HIM), Produsent) Hentet fra <http://him.as/side/Matavfall>
- HIM-nytt. (2010). *him.as*. Hentet fra <http://admin.eccibiz.no/Handler.ashx?id=b1d44814-a766-47d8-b9fd-b5c17af6dbfd&format=.pdf>
- HIM-Nytt. (2011). *him.as*. (H. I. IKS, Produsent) Hentet fra <http://admin.eccibiz.no/Handler.ashx?id=74d8ca9a-a1b7-445e-9529-ed03a487bb95&format=.pdf>
- Jarle Marthinsen, E. B. (2004). *Framtidige løsninger for håndtering av matavfall fra storhusholdninger*. MEPEX,ORIO.
- Klif, f. (2008, 03 03). *klif.no*. Hentet fra http://www.klif.no/artikkel___42346.aspx
- Klima- og, f. (2010, 10 28). *Miljøstatus.no*. Hentet fra <http://www.miljøstatus.no/tema/Avfall/Avfall-og-gjenvinning/>



- Klima- og, f. (2011, 03 08). *Miljostatus.no*. Hentet fra <http://www.miljostatus.no/Skolesider/Miljojournalistene/artikkeltips-avfall/>
- Klima-og, f. (2011, 12 04). *Miljostatus.no*. (S. s. (SSB), Produsent) Hentet fra <http://www.miljostatus.no/tema/Avfall/>
- Loop. (2011). *Loop.no*. Hentet fra <http://loop.no/om-gjenvinning/avfallsordningen-i-norge/avfallspyramiden/>
- Marthinsen, J. (2010). *Avfallnorge.no*. Hentet fra Fornybar andel i avfall til norske forbrenningsanlegg i 2009 : http://www.avfallnorge.no/fagomraader/rapporter/2010/fornybar_andel_i_avfall_til_norske_forbrenningsanlegg_i_2009
- Miljødirektoratet, (. o. (2010, 12 06). *Miljøstatus.no*. (K. o. forurensningsdirektoratet, Produsent) Hentet fra <http://www.miljostatus.no/Tema/Avfall/Import-og-eksport-av-avfall/>
- Miljøgevinst. (2011). *loop.no*. Hentet fra <http://loop.no/om-gjenvinning/miljøgevinsten-av-kildesortering/>
- Moe, S. H. (2010). *Bibsys.no*. Universitetet for miljø-og biovitenskap, En analyse av det norske markedet for avfallsforbrenning. Universitetet for miljø-og biovitenskap.
- Ohr, K. O. (2005). *Veileder for plukkanalyser av husholdningsavfall*. Norsk renholdsverks-forening Arbeidsgruppe forinnsamling, sortering og gjenvinning.
- Philip J. DiNunno, D. D. (2008). *THE SFPE HANDBOOK OF FIRE PROTECTION ENGINEERING fourth edition*. Massachusetts, USA: National Fire Protection .
- Sortere. (2011). *Sortere.no*. Hentet fra <http://sortere.no/home>
- SSB. (u.d.). *ssb.no*. (s. sentralbyrå, Produsent) Hentet fra <http://www.ssb.no/husenergi/main.html>
- Rammedirektiv. (2008, 10 22). *Avfallnorge*. (h. v. EU-Parlamentet, Produsent) Hentet fra <http://www.avfallnorge.no/content/view/full/10113>
- Rekom. (2011). *Rekom.no*. Hentet fra <http://www.rekom.no/main.asp?chp=2.Rekom>
- Verdens, b. (2011). *wikipedia.org*. Hentet fra http://no.wikipedia.org/wiki/Verdens_befolkning



Figur- og Tabell Liste

- Tabell 3.0** *Prosentinndeling Fornybar –og fossil andel ved mengde – og energifordeling*
www.avfallnorge.no/fagomraader/rapporter/2010/fornybar_andel_i_avfall_til_norske_forbrenningsanlegg_i_2009
- Figurene 4.1** *Viser enkelte kategorier og sorterings tegn*
www.miljostatus.no/tema/Kjemikalier/Produkter/Tekstiler
www.sortere.no/home
www.sdada.org
www.vafabmiljo.se/brannbart_restavfall_och_deponirest_s37.ht
- Figur 10.0** *Forbrenningsanlegget på Åmotfors i Sverige*
Presentasjon fra Åmotfors Energi
- Figur 10.1** *Viser hvordan forbrenningsprosessen foregår inne i forbrenningsanlegget.*
Presentasjon fra Åmotfors Energi
- Figur 11.0** *Forbrenningsanlegget i Bergen*
www.bir.no/biravfallsbehandling/Sider/Energigjenvinningsanlegge
- Figur 11.1** *Forbrenningsanlegget på Forus*
<http://forusenergi.no/om-oss/>
- Figur 12.0** *Viser hvordan de legger opp til fjernvarme under bakken med rør*
<http://www.bir.no/biravfallsbehandling/sider/Hvaerfjernvarme.aspx>

Resten av figurene og tabellene er private.



Vedlegg 1

Resultatet av første plukkanalyse som ble utelatt som en del av utvalget, fordi dette ble ansett som næringsavfall.

| nr. | Avfallstype | Kg | % |
|-----|-----------------|--------------|---------------|
| 1 | Mat avfall | 7 | 13,67 |
| 2 | Papp | 5,50 | 10,74 |
| 3 | Papir | 6,00 | 11,72 |
| 4 | I søpor | 1,90 | 3,71 |
| 5 | Myk plast | 4,5 | 8,79 |
| 6 | Hard plast | 2,5 | 4,88 |
| 7 | Plast m/Al | 1,9 | 3,71 |
| 8 | Trevirker | 5,5 | 10,74 |
| 9 | Tekstiler | 2,2 | 4,30 |
| 10 | Bleier og bind | 11,5 | 22,46 |
| 11 | Ikke brennbart | 2,7 | 5,27 |
| 12 | EE-avfall | 0,01 | 0,02 |
| 13 | Annet brennbart | 0,00 | 0,00 |
| | Sum | 51,21 | 100,00 |