

Energiutnyttelse av avfall

-

en kort teknologioversikt

RF-1998/283

| | | |
|---|---|---|
| Vår referanse: 713.1 / 564556 | Forfatter: Jørgen Dragesæt | Versjonsnr. / dato: 01 / 16.11.1998 |
| Antall sider: 30 | Faglig kvalitetssikrer: Odd - Terje Høie | Gradering: Åpen |
| ISBN: 82-7220-953-5 | Oppdragsgiver: Rogaland fylkeskommune v/ Per Frøyland Pallesen | |
| | Prosjektittel: Energiutnyttelse av avfall - en kort teknologioversikt | |

Emne:

I forbindelse med Avfallsforum Rogaland sitt dagsseminar den 29. september 1998 om "Energiutnyttelse av avfall i Rogaland - erfaringer og perspektiver", besluttet styret i Avfallsforum i Rogaland å gi RF - Rogalandsforskning i oppdrag å utarbeide en kortfattet oversiktsrapport over teknologier anvendt for energiutnyttelse av avfall.

Rapporten dekker følgende områder:

1. Avfallsbegrepet - innhold, mengde og sammensetning.
2. Energisystemer for produksjon av varme og elektrisitet.
3. Teknologier for energiutnyttelse av avfall, herunder:
 - Forbrenning av fast avfall.
 - Termisk gassifisering og pyrolyse.
 - Biogass.
4. Aktiviteter i Norge og Danmark.
5. Vurdering av muligheter i Rogaland.

Rapporten fokuserer på metoder/teknologier for energiutnyttelse av avfall, og under hver av teknologiene gis det en kort oversikt over teknologienes modenhet, hvilke avfallsfraksjoner som kan utnyttes, økonomiske forhold, miljøaspekter knyttet til teknologiene samt en oversikt over markedsmessige drivkrefter i form av potensialer og barrierer knyttet til den fremtidige utbredelse av teknologiene.

Emne-ord: Energigjenvinning av avfall, biobrensel, biogass, deponigass

RF - Rogalandsforskning er sertifisert etter et kvalitetssystem basert på NS - EN ISO 9001

Prosjektleder
Jørgen Dragesæt

for RF - Miljø og næringsutvikling
Kåre Netland

Innhold

| | |
|---|----|
| 1 INNLEDNING..... | 1 |
| 1.1 Avfallsbegrepet - innhold og definisjoner | 2 |
| 1.2 Avfall - mengde og sammensetning | 2 |
| 1.3 Overordnede målsetninger og virkemidler | 3 |
| 1.4 Avfall og bioenergi | 4 |
| 2 ENERGISYSTEMER FOR PRODUKSJON AV VARME OG ELEKTRISITET | 5 |
| 2.1 Generelt om produksjon av varme..... | 7 |
| 3 TEKNOLOGIER FOR ENERGIUTNYTTELSE AV AVFALL | 9 |
| 3.1 Forbrenning av fast avfall | 9 |
| 3.2 Termisk gassifisering og pyrolyse | 12 |
| 3.3 Biogass..... | 13 |
| 4 AKTIVITETER I NORGE OG DANMARK..... | 19 |
| 4.1 Aktiviteter i Norge | 19 |
| 4.2 Aktiviteter i Danmark | 24 |
| 5 MULIGHETER FOR GJENVINNING AV ENERGI FRA AVFALL I ROGALAND | 25 |
| 5.1 Avfallsmengder i Rogaland | 26 |
| 5.2 Biobrensel i Rogaland..... | 27 |

1 Innledning

I forbindelse med Avfallsforum Rogaland sitt dagsseminar den 29. september 1998 om "Energiutnyttelse av avfall i Rogaland - erfaringer og perspektiver - holdt RF - Rogalandforskning ved undertegnede et innlegg med tittel: "Energiutnyttelse av avfall: En oversikt over potensialer, teknologiske løsninger og aktuelle prosjekter".

I tillegg besluttet styret i Avfallsforum i Rogaland å gi RF - Rogalandforskning i oppdrag å utarbeide en oversiktsrapport om energiutnyttelse av avfall.

RF - Rogalandforskning presenterer med dette en oversiktsrapport knyttet til dette temaet. Rapporten dekker følgende områder:

1. Avfallsbegrepet - innhold, mengde og sammensetning.
2. Energisystemer for produksjon av varme og elektrisitet.
3. Teknologier for energiutnyttelse av avfall, herunder:
 - Forbrenning av fast avfall.
 - Termisk gassifisering og pyrolyse.
 - Biogass.
4. Aktiviteter i Norge og Danmark.
5. Vurdering av muligheter i Rogaland.

Rapporten fokuserer på metoder/teknologier for energiutnyttelse av avfall, og under hver av teknologiene gis det en kort oversikt over teknologienes modenhet, hvilke avfallsfraksjoner som kan utnyttes, økonomiske forhold, miljøaspekter knyttet til teknologiene samt en oversikt over markedsmessige drivkrefter i form av potensialer og barrierer knyttet til den fremtidige utbredelse av teknologiene.

Når det gjelder oversikt over aktiviteter i Norge og Danmark, er denne begrenset til en oversikt over de viktigste anleggene i Norge for forbrenning av avfall og for deponigass samt noen erfaringer knyttet til avfallsfyrte kraftvarmeanlegg i Danmark.

Under kapittelet om vurdering av muligheter i Rogaland, gjengis skjematisk en rekke av de forhold som må vurderes for å ta stilling til om de nødvendige samfunnsmessige og markedsmessige forutsetningene er til stede her i Rogaland for å kunne ta i bruk enkelte av teknologiene/metodene for energigjenvinning av avfall. Hvert enkelt teknologi-område vil her måtte vurderes i detalj for å gi svar på dette.

1.1 Avfallsbegrepet - innhold og definisjoner

I Forurensningsloven § 27 er avfall definert som følger:

“Med avfall forstås kasserte løse gjenstander eller stoffer. Som avfall regnes også overflødige gjenstander og stoffer fra tjenesteyting, produksjon og renseanlegg m.m. Avløpsvann og avgasser regnes ikke som avfall.”

Forurensningsmyndighetene inndeler avfallet i følgende hovedkategorier med underkategorier:

- Forbruksavfall omfattende avfall fra husholdninger, butikker, kontorer og mindre virksomheter.
- Produksjonsavfall stammende fra næringsvirksomheter og tjenesteyting.
- Spesialavfall omfatter avfall som ikke kan behandles sammen med de andre kategorier p.g.a. forurensningsfare.

Statistisk sentralbyrå (SSB) inndeler avfallet statistisk i to kategorier:

- Husholdningsavfall.
- Næringsavfall.

“Husholdningsavfall” i SSB’s definisjon tilsvarer omtrent begrepet “Forbruksavfall”. Under kategorien “Næringsavfall” inngår landbruksavfall, industriavfall og avfall fra bygg- og anleggsvirksomhet m.m. Næringsavfall er i hovedsak sammensatt av papir/papp, treavfall, plast, glass og våtorganisk avfall.

Kommunalt avfall er avfall som tas hånd om i de kommunale renovasjonsordningene.

Steinavfall fra gruvevirksomhet, vannavløp og avgasser fra prosesser regnes ikke inn under avfallsbegrepet. Biomasse fra skogbruket, og treforedlingsindustrien regnes normalt ikke inn under avfallsbegrepet.

1.2 Avfall - mengde og sammensetning

Totalt regner en med at det årlig genereres 5,7 millioner tonn avfall i Norge i form av forbruksavfall, produksjonsavfall og spesialavfall. Det meste av avfallet går til deponering eller forbrenning. Noe avfall går til gjenvinning. Gjenvinning av avfall i Norge er preget av relativt gode løsninger på enkelte områder, mens det på andre områder er lite gjenvinning i forhold til potensialet.

Avfallsmengdene i Norge er stadig økende på grunn av den kraftige økningen i forbruk av varer og tjenester. I tillegg til at avfallsmengdene øker, endrer også sammensetningen av avfallet seg. Eksempelvis utgjør plast og aluminium en stadig større andel av avfallsmengdene, mens andelen av de mer tradisjonelle materialene som glass, stål og plantefibre går tilbake.

Det er videre også slik at avfallsbegrepet utvides stadig. For eksempel er slam fra renseanlegg og rivningsvirke produkter som nå trekkes inn under avfallsbegrepet. Dette utgjør mengder på 2-2,5 millioner tonn per år.

1.3 Overordnede målsetninger og virkemidler

De vedtatte overordnede målsetninger vedrørende avfall er konkretisert i St. Meld. nr. 44 (1991-92) "Om tiltak for reduserte avfallsmengder, økt gjenvinning og forsvarlig avfallsbehandling". Målsetningen er som følger:

- Avfallsproblemene skal løses slik at avfallet blir til minst mulig skade for mennesker og naturmiljø, samtidig som avfallet og håndteringen av dette legger minst mulig beslag på samfunnets ressurser.

Hovedstrategien på avfallsområdet er i prioritert rekkefølge, i henhold til St. prp. nr. 1, 1993-94:

- Hindre at avfall oppstår og redusere mengden skadelige stoffer i avfallet.
- Fremme ombruk, materialgjenvinning og energiutnyttelse.
- Sikre forsvarlig behandling av restavfallet.

Virkemidlene på avfallsområdet har de seneste årene vært gjenstand for en grundig gjennomgang. St. meld. nr. 44 (1991-92) tar utgangspunkt i fire forhold som søkes påvirket gjennom dagens tiltak og virkemiddelbruk. Disse er:

- Pris på avfallsbehandlingen skal reflektere de samfunnsøkonomiske kostnader ved de ulike måter å disponere avfallet på.
- Næringslivets ansvar for avfallet fra egne produkter utvides.
- Kommunenes ansvar og plikter i forbindelse med den totale avfallshåndteringen utvides.
- Kunnskapsnivået om avfall og avfallshåndtering skal heves.

Videre har myndighetene på avfallsområdet ønsket en nær kontakt med næringslivet for i fellesskap å komme frem til ordninger for eventuelt å få til reduksjoner i selve avfallsproduksjonen eller for å få til økt innsamling og gjenvinning av ulike avfallstyper.

Gjennom slike forhandlinger har myndighetene de siste årene tatt sikte på å komme frem til konkrete mål for avfallsreduksjoner, innsamling og/eller behandling i enkelte bransjer.

I 1995 underskrev Miljøverndepartementet og representanter for norsk næringsliv fire avtaler om innsamling og gjenvinning av emballasjeavfall. I henhold til avtalene skal 50.000 tonn plast og 40.000 tonn papir (biomasse) brennes og energigjenvinnes per år.

1.4 Avfall og bioenergi

Organisk ikke-fossilt materiale av biologisk opprinnelse kalles normalt *biomasse*. Når denne biomassen brukes som brensel kalles den biobrensel. Gass dannet ved omvandling av biomasse kalles også biobrensel.

Energi dannet ved forbrenning av biobrensel kalles bioenergi. Bakgrunnen for å stimulere til økt bruk av bioenergi er knyttet til følgende forhold:

- øke verdiskapningen fra skogressursene,
- fremme miljømessige mål knyttet til utslipp av klimagasser,
- fremme miljømessige forhold knyttet til avfallshåndtering,
- forhold knyttet til spørsmålet om den fremtidige oppdekningen av energibehovet.

2 Energisystemer for produksjon av varme og elektrisitet

Energitilgang i samfunnet er nødvendig for å drive maskiner og prosesser som anvendes til produksjon av varer og tjenester, bygningsoppvarming, belysning og kjøling samt for transportformål. Den energien samfunnet trenger kan hentes fra flere energikilder som har ulike egenskaper.

Eksempler på energikilder er vann, olje, gass, kull, kjernekraft, sol, bioenergi, vind og hav. Det som karakteriserer energikildene er at de ikke uten videre er tilgjengelige i en form som sluttbrukeren kan anvende direkte. Sluttbrukeren etterspør energitjenester som omfatter lys, mekanisk energi, oppvarming og kjøling. Sluttbrukeren vil i utgangspunktet være mindre opptatt av hvilken energikilde energitjenesten leveres fra. Men enkelte egenskaper ved energikilden vil gjerne stå sentralt i sluttbrukerens bevissthet. Dette vil være forhold knyttet til:

- økonomi,
- energifleksibilitet,
- miljøvennlighet og bærekraftighet.

Opgaven til et energisystem vil være å tilfredsstille sluttbrukerens behov på en best mulig måte innenfor de strukturelle rammer energisystemet befinner seg i.

Elementer eller komponenter som et energisystem vil være bygd opp av er:

- energikilde,
- energiomformere,
- systemer for distribusjon og lagring av energi,
- innretninger for konvertering av energi til sluttbruk.

De elementer som direkte eller indirekte har betydning for sluttbrukerens tilpasning til et energisystem, men som ikke omfattes av selve energisystemet direkte, betegner vi energisystemets rammebetingelser.

Av energisystemer knyttet til *omforming* av energi har vi følgende hovedsystemer:

- vannkraft,
- kjernekraft,
- vindkraft,
- bølgekraft,

- solceller,
- varmekraft,
- kraftvarme,
- varme,
- gass.

Samtlige av ovennevnte systemer (unntatt varme) *omformer* energi med det formål å *distribuere* dette til sluttbrukeren i form av *elektrisitet*.

Systemet *kraftvarme* omformer energi med tanke på distribusjon av *både* elektrisitet og varme, såkalt samproduksjon av kraft og varme, eller *cogenerering*.

Når det gjelder systemer for *omforming* av energi kun til *varme* (heat alone), vil dette hovedsaklig foregå i form av en forbrenningsprosess i et forbrenningsanlegg.

Omforming av energi kun til varme, kan skje med tanke på at distribusjon av energien skal skje i et *fjernvarmesystem*, eller omformingen kan skje direkte hos sluttbruker.

Samproduksjon av kraft og varme vil som oftest være avhengig av et distribusjons-system for elektrisk kraft og et fjernvarmesystem. Samproduksjon av kraft og varme kan også skje direkte hos sluttbrukeren forutsatt at visse betingelser er tilstede.

Energien som leveres fra et energisystem har følgende hovedanvendelsesområder:

- bygningsoppvarming,
- industrielle prosesser,
- produksjon av elektrisitet og fjernvarme.

De energisystemene som er tilpasset for oppvarming av én enkelt bolig (eller flere boliger, dersom dette er ønskelig) er vesentlig forskjellige fra de større sentrale energisystemene som finnes for produksjon av elektrisitet og fjernvarme.

Det finnes mange systemløsninger for distribusjon av energi. De viktigste kriterier for valg av systemløsning er:

- varmebehov,
- ved hvilke temperaturnivå ligger varmebehovene,
- elektrisitetsbehov,
- driftsfleksibilitet og krav til hurtighet ved lastendringer,
- krav til tilgjengelighet og pålitelighet av prosessdamp, strøm eller varme.

2.1 Generelt om produksjon av varme

Konvensjonelle metoder for produksjon av varme konverterer kjemisk energi til varme som igjen utnyttes i en varmekraftmaskin eller en forbrenningsmotor.

For å dekke etterspørselen etter varme benyttes ofte fast eller flytende brensel ved at energikilden omdannes til varme gjennom en forbrenningsprosess. Forbrenning kan benyttes for å produsere energi i form av varme (varmt vann eller varm damp) og/eller for å destruere materialer (avfall).

2.1.1 Forbrenningsprosessen

I forbrenningsprosessen skjer produksjon av varme ved at et karbon eller et karbonholdig materiale (brensel) reagerer med oksygen (oksidere) og danner CO₂ og vann. Andre stoffer som finnes i brenselet vil også utsettes for forbrenningsreaksjoner.

Forbrenningsprosessen er en relativt sammensatt kjemisk/fysikalsk prosess der pyrolyse-reaksjoner og oksydasjonsreaksjoner av brenselmolekylene foregår samtidig.

Forbrenningsprosessen kan grovt deles inn i følgende faser (referanse Veiledning 95:13; SFT):

- tørkefase,
- forgassingsfase,
- forbrenningsfase,
- utbrennings-/utglødningsfase.

I tørkefasen drives brenselets vandel av. I forgassingsfasen foregår en termisk dekomponering av brenselet, og brennbare gasser spaltes av. I forbrenningsfasen oksyderes de brennbare gassene til sluttprodukter, dvs. H₂O og CO₂. Etterpå foregår en utbrennings-/utglødningsfase der de siste rester av karbon oksyderes/forbrennes.

Ved forbrenning av fast brensel varer utglødningsfasen i mange minutter, mens den første fasen skjer raskt. Dersom en forbrenning foregår med liten eller ingen tilgang på oksygen (pyrolyse) vil ikke alle de brennbare gassene gjennomgå noen forbrenningsfase. Gasskomponentene i brenngassen kan da reagere med hverandre og danne nye komponenter, som enten slippes ut med røykgassene eller utkondenserer når røykgassen kjøles ned. Tjære og PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner) er typiske pyrolyseprodukter.

Ved en god forbrenning skal teoretisk all karbon i brenselet omvandles til CO₂. Men helt ideelle forbrenningsforhold kan vanskelig oppnås, og derfor vil det i røykgassene alltid finnes delvis oksyderte forbrenningsprodukter (CO, aldehyder, organiske syrer, hydrokarboner, etc.) i større eller mindre mengder.

De faktorer som i hovedsak påvirker all forbrenning er følgende:

- temperaturen i forbrenningskammeret,
- tiden forbrenningsgassene oppholder seg i de varme sonene,
- innblandingen av luft (oksygen) i de varme brenngassene.

Tilstrekkelige mengder av tilført luft er nødvendig for at forbrenningen skal foregå tilfredsstillende. Det er imidlertid viktig at ikke lufttilførselen er for stor, da luften vil kjøle ned forbrenningen og dermed gi dårligere forbrenningsbetingelser.

Luft består av ca. 21% (vol.%) O₂ og ca. 79% (vol.%) N₂, samt spormengder av CO₂, H₂, edelgasser, etc. Når temperaturen er tilstrekkelig høy (gjelder særlig ved temperaturer over ca. 1.200 grader C) vil luftens nitrogen også ta del i forbrenningsreaksjonene og luft-N₂ vil oksyderes til NO og NO₂. Nitrogenoksyder dannet på denne måten kalles for *termisk NO_x*.

Tradisjonelt består et anlegg for produksjon av varme av følgende tre enheter:

- brenner med innmatingsystem,
- kjele (varmeveksler),
- røykgasskanal med rensutstyr for røykgassene.

Forbrenningens effektivitet er knyttet til optimale forhold med hensyn til oppholdstid og temperatur i forbrenningskammerne. Dersom belastningen i brennkammeret øker, øker røykgassmengdene, og oppholdstiden vil bli redusert ved konstant luftoverskudd.

Brenselsinnmatningen vil ha betydning for forbrenningseffektiviteten, og dermed for utslippsforholdene. Brenselsinnmatningen bør derfor helst foregå kontinuerlig og under de størrelsesforhold som anlegget er dimensjonert for.

I kjelen (varmeveksleren) overføres energien fra de varme røykgassene til et nytt medium, som kan være vann, damp eller luft. Kjelen består av heteflater og en konveksjonsdel hvor varmen overføres til et nytt medium. For å oppnå en god varmeoverføring må en unngå at det dannes belegg av aske eller sot på kjelen.

Av brenselstyper finnes to typer, rent brensel og avfallsbrensel. Hvert brensel inneholder energi som kan frigjøres ved forbrenning. Dette kalles for brenselets brennverdi.

2.1.2 Brennverdi

Energiinnholdet ved forbrenning defineres i to nivåer, som betegnes henholdsvis nedre og øvre brennverdi. Nedre brennverdi er den varmemengden som dannes ved forbrenningen. Etter europeisk norm er virkningsgraden 100% hvis en klarer å utnytte all denne varmen. For å utnytte all varmen i avgassen må en la denne gå gjennom en varmeveksler og trekke ut så mye varme at temperaturen på vanddampen i avgassen kommer helt ned til duggpunktet. Øvre brennverdi er lik den samme varmemengden, pluss den energien som kan frigjøres hvis en i tillegg kondenserer vanddampen i

avgassen. Kjeler som utnytter denne energien kalles kondenserende kjeler og kan dermed etter normen oppnå virkningsgrader på over 100%.

Om lag en fjerdedel av den stasjonære energibruken i Norge dekkes av energikilder som gjennomgår en forbrenningsprosess før energien kan nyttiggjøres. De viktigste faktorene som avgjør energieffektiviteten ved omdanning av energikilder til varme i forbrenningsprosesser er:

- utformingen av utstyret tilpasset egenskapene til energikilden,
- drift og vedlikehold av utstyret.

Økt grad av konkurranse mellom ulike energikilder, økte miljøkrav fra myndighetene samt teknologisk utvikling er viktige faktorer som har bidratt til mer effektive forbrenningsteknikker.

3 Teknologier for energiutnyttelse av avfall

Teknologier for energiutnyttelse av avfall er primært basert på å omdanne den kjemiske energien i avfallet til varme gjennom en forbrenningsprosess. Forbrenning kan benyttes for å produsere energi i form av varme (varmt vann eller varm damp) og for å destruere avfallet.

I noen tilfeller kan varmen utnyttes til sekundært å produsere elektrisitet, men det er først og fremst teknologiene for å utvinne nyttevarme som vil bli presentert i dette kapittelet.

Ved forbrenning av avfall dannes det utslippsgasser, blant annet CO₂. Forbrenning av avfall bidrar imidlertid ikke til netto økte CO₂-utslipp. Årsaken til dette er at det som regel er det vegetabilske materialet i avfallet som anvendes som brenselkilde. Vegetabilske vekster dannes ved fotosyntese hvor vann, CO₂ og lysenergi omdannes til karbohydrat og O₂. Ved en fullstendig forbrenning frigjøres energien og CO₂ på nytt, men da bare i den samme mengde som allerede er medgått ved fotosyntesen.

Varmeutvinning fra avfall kan inndeles i to områder: Enten forbrennes fast avfall direkte, eller det kan utvinnes gass fra avfallet, og deretter forbrennes gassen som utvinnes fra avfallet.

3.1 Forbrenning av fast avfall

Det kan utvinnes energi ved forbrenning av gjødsel, organisk avfall, slam, husholdnings- og industriavfall m.m. Avfall kan enten forbrennes uforedlet eller foredlet.

Foredlet avfallsbrensel (FAB) fremstilles oftest i form av brikker, pellets eller pulver og forbrennes i spesielle ovner. FAB kan i tillegg til fornybar råvare også inneholde ikke-fornybare råstoffer, så som plastavfall. Slik sett er FAB og annet avfallsbasert

brensel ikke alltid å regne som en rent fornybar energikilde, og det er derfor delte meninger innen miljøbevegelsen om bruken av dette til energigjenvinning.

Et utbredt syn er likevel at det er bedre å utnytte energien i slike råstoffer ved fullstendig forbrenning enn å la dem gå til deponi.

Forbrenningsanlegg for fast brensel produserer i første rekke varmeenergi. Effektiv utnyttelse av denne er avhengig av at en har vann- eller dampbårne varmedistribusjonssystemer til de bygninger eller prosesser som skal nyttiggjøre seg av varmeenergien. Det finnes også velutviklet teknologi for å forbrenne avfall og produsere damp, som så via en dampturbin produserer elektrisitet.

Mesteparten av komponentene i et forbrenningsanlegg for avfall er lik de en finner i konvensjonelle varmeanlegg basert på fossilt brensel. Hovedforskjellen ligger i forbrenningskammeret, siden avfall i forhold til fossilt brensel har en lavere energitetthet, høyere fuktighetsinnhold, og utvikler større mengder aske. Utnyttelsesgraden en kan oppnå ved å forbrenne avfall avhenger av temperatur- og trykkforhold i kjelen og dampturbinen. Store anlegg (flere GW) har også fordeler i forhold til mindre, ved at de ofte kan rettferdiggjøre investering i utstyr som kan gi utnyttelsesgrader opp under 40%, i motsetning til små anlegg (noen få MW), som typisk vil oppnå utnyttelsesgrad på 20-25%.

For fast brensel finnes det tre hovedtyper av tradisjonelle forbrenningsovner (referanse Veiledning 95:13; SFT):

- ristovner,
- roterovner,
- fluid bed ovner (hvirvelsjiktovner).

I tillegg finnes ovner for flytende og gassformig brensel. Det finnes også mer avanserte ovner som er basert på pyrolyse med påfølgende forbrenning av pyrolysegass, og plasmaovner, der destruksjon oppnås ved at brenselet opphetes i en elektrisk lysbue til temperaturer så høye at brenselmolekylene splates til kjernepartikler (plasma).

Ristovner er den vanligste ovntypen for fast brensel. Større avfallsanlegg er gjerne utstyrt med bevegelige rister som består av flere segmenter som er lenket sammen. Ristens hovedfunksjon er å transportere avfallet gjennom ovnen, fordele luften i primærbrennkammeret og røre om og blande brenselet. Asken og uforbrent avfall faller ned under risten til en beholder.

3.1.1 Større fastbrenselanlegg

- Undermaterstoker med fast rist. I en slik ovn skyves brenselet inn fra siden på en fast rist eller brennskål. Dette er den tradisjonelle utformingen av mindre flis- og brikettfyringsanlegg.

- Bevegelig ristanlegg. I et brennkammer med bevegelig rist skyves brenselet kontrollert gjennom kjelen. Dette gir fordelene som mulighet for automatisk askeutmatning. Disse ovnene kan også benytte brensel med høyere askeinnhold som bark, papirbriketter, FAB o.l.
- Reaktor/brenner med skrue. Dette er også en teknologi hvor brenselet mates kontinuerlig inn. Den er utviklet spesielt for å oppnå en enkel tilpasning av eksisterende oljefyrte kjeler.
- Hvirvelsjiktovner (Fluidised Bed/Circulating Fluidised Bed). Dette er en forholdsvis ny teknologi som gir meget gode forbrenningsmuligheter. Disse ovnene har ikke tradisjonell fyrrist, men brenselet hvirvles opp og holdes oppe i luften i brennkammeret ved at forbrenningsluften blåses opp gjennom brenselet. Dette gir brenselet forbrenningsegenskaper omtrent som et flytende medium og gir svært fullstendig forbrenning, og dermed lave utslipp. Disse ovnene er svært fleksible m.h.p. brenseltype, men er oftest store anlegg med tilsvarende høye investeringskostnader.

3.1.2 Mindre fastbrenselanlegg

En ny type fastbrenselovner ("AITOS") er også utviklet i Norge av firmaet Energos ASA. Denne ovnen har stor brenselfleksibilitet, så å si alt som kan brennes er egnet som brensel i AITOS-ovner. Teknologien er derfor godt egnet til energigjenvinning av mange forskjellige typer og blandinger av avfall, men også til ren biobrensel som treflis og lignende. Fuktighetsinnholdet på brensel som har vært testet har ligget mellom 10% og 50%. Teknologien er også kjennetegnet ved svært lave utslipp til luft. Ved hvirvelsjiktovner oppnås også lave utslipp, om ikke fullt så lave som ved AITOS-teknologi. Hvirvelsjiktovner krever imidlertid relativt store anlegg, mens AITOS-teknologien muliggjør mindre og rimeligere anlegg, med høy grad av energiutnyttelse.

3.1.3 Fast avfallsforbrenning

Teknologi - status og utvikling

Teknologien for fast avfallsforbrenning er moden, men videreutvikles stadig. Trenden i avfallshåndtering gir økt sannsynlighet for at denne teknologien vil bli tatt i bruk i økt grad i framtiden. Dette kommer blant annet av at det vil bli vanskeligere å finne nye arealer til deponibruk, kostnadene forbundet med deponering vil øke, og lovgivningen etter alt å dømme vil gå i retning av å behandle avfall på et tidligere stadium (resirkulering, behandling, forbrenning) for å unngå deponering. Nye forbrenningssystemer som er i stand til å håndtere spesielle avfallsfraksjoner, slik som fluidised bed forbrenning, vil i økende grad bli tilpasset denne markedssektoren. AITOS teknologien (se forrige avsnitt) blir først og fremst anvendt til forbrenning av avfall.

Markedsbarrierer

- I en rekke land blir lovgivning relatert til avfall og avfallsdeponering kontinuerlig revidert. Dette kan forsinke utvikling og implementering av energimessig fornuftige forbrenningsløsninger for avfall.

- Strengere utslippskrav til avfallsforbrenningsanlegg enn til industrielle ovner gir skjevheter i markedet.
- Motforestillinger hos publikum mot forbrenningsanlegg for avfall. Nyere teknologi kan overkomme mange av miljøproblemene forbundet med tradisjonelle avfallsforbrenningsanlegg, men informasjon om dette har nok kun i liten grad nådd allmennheten.
- Mangel på nøyaktig og objektiv informasjon for å foreta investeringsbeslutninger, for eksempel om fordeler og begrensninger av alternative deponerings- og behandlingsteknikker, og om helsepåvirkningene av disse alternativene i forhold til de etablerte forbrenningsprosessene.

Markedsmuligheter

- Økende kostnader for deponering og innføring av lovmessige begrensninger i muligheter til å deponere, vil innebære økte muligheter og interesse for energigjenvinningsalternativer - d.v.s. forbrenningsalternativer.
- Deregulering i energimarkedet, økt konkurransedyktighet i små cogenereringsanlegg og muligheter for økte energipriser, vil kunne gjøre fast avfallsforbrenning mer konkurransedyktig.
- Det største markedspotensialet vil være i industriland i den nærmeste framtid, men det finnes trolig markedsmuligheter i utviklingsland som både har behov for mer energi og et alternativ til avfallsdeponier.

3.2 Termisk gassifisering og pyrolyse

Teknologi - status og utvikling

I termisk gassifisering varmebehandles brenselet (typisk ved 800-900°C) med mager tilgang på oksygen, slik at det produseres en brennbar gassblanding (for det meste bestående av CO og H₂, men også CO₂, CH₄ (metan) og en rekke høyere gassformige molekyler). Denne gassblandingen har en lav energitetthet i forhold til naturgass.

Gassblandingen må renses for tjære og støv, og kan deretter lagres i komprimert eller flytende form for senere utnyttelse i en forbrenningsmotor eller turbin, eller forbrennes direkte for å produsere varme. Gassifisering er en av de nyeste teknologiene innen omforming av biomasse, selv om prinsippene går mange tiår tilbake i tid, jamfør norsk "tregass" brukt til å drive biler på "knott" under andre verdenskrig. Teknologien kan blant annet benyttes til å produsere syntetisk naturgass (SNG), eller gassen kan benyttes som råstoff til produksjon av flytende metanol. På verdensbasis er ennå teknologien i kommersielt bruk i kun beskjedent omfang. Svenske Vattenfall har imidlertid et slikt anlegg i drift i Värnamo.

På mange hold betraktes termisk gassifisering som den mest lovende teknologien for energiutnyttelse av tremateriale. Teknologigrunnet er etablert, men videre utvikling er nødvendig på grunn av den lave energitettheten i CO/H gassblandingen og på grunn av askemengdene som dannes ved forbrenning/varmebehandling av biomasse.

I pyrolyse varmebehandles brenselet uten tilgang på oksygen, slik at det produseres gass, oljer ("pyrolytic liquids") og tjære. Ved svært høye temperaturøkninger kalles prosessen for flash pyrolyse. Denne prosessen optimaliserer væskeutbyttet og kan overføre opptil 85% av energien fra biomasse til væskeform. Pyrolyseteknologien er ennå ikke kommersielt utnyttbar. Den har til nå vært på laboratoriestadiet, men er etterhvert blitt klar til å videreføres i pilotanlegg.

Markedsbarrierer

En viktig hindring for markedsutbredelsen av teknologier for termisk gassifisering og pyrolyse er den lave energitettheten. Dette medfører blant annet at transport av brenselet utgjør betydelige kostnader per kWh.

3.3 Biogass

3.3.1 Anaerob nedbryting av husdyrgjødsel

Teknologi - status og utvikling

Når biomasse nedbrytes av mikroorganismer uten tilgang på oksygen, kalles dette *anaerob* nedbrytning, eller anaerob fermentering. Skjer nedbrytingen under tilgang på oksygen, kalles prosessen for *aerob* nedbryting, eller kompostering. Ved *aerob* nedbryting av biomasse dannes det ikke brennbare gasser, men det dannes varme på ca. 60-70°C i prosessen som evt. kan utnyttes.

Ved *anaerob* nedbryting av biomasse produseres det derimot gass som er rik på metan (CH₄). Blandingsforholdet er typisk 60-70% CH₄ og 30-40% CO₂ pluss noen sporgasser. Prosessen har vært kjent i mange år og brukes mye i rensesystemer for avløpsvann. De siste ti år har det funnet sted en teknologiutvikling omkring utnyttelse av dyregjødsel sammen med organisk avfall fra industri og husholdninger, som har gjort at teknologien er i ferd med å bli kommersiell.

Opptil 60% av det organiske materialet kan konverteres til biogass, gjennom det som betegnes som enten en våt eller en tørr prosess. Våte prosesser finner sted i store oppvarmede tanker, temperaturområde typisk 20-60°C, og hastigheten for nedbrytingen avhenger av sammensetningen av biomassen og av temperaturen. Den ferdig nedbrutte massen kan separeres i en væskefraksjon og en tørrstofffraksjon. Væskefraksjonen kan da benyttes til gjødsling og tørrstoffet som enten jordforbedringsmiddel eller bearbeides videre til mer høyverdig kompost.

Et eksempel på tørr anaerob nedbrytning er når organisk avfall fra husholdninger og næring ligger på avfallsdeponier som er blitt dekket over og dermed blir utsatt for bakteriell nedbrytning uten tilgang på luft. Biogassblandingen, blir i dette tilfellet oftest omtalt som deponigass. Denne teknikken er separat omtalt senere i dette kapittelet. Andre tørre prosesser for anaerob nedbrytning er under utvikling, primært for å håndtere avfall fra husholdninger og næring.

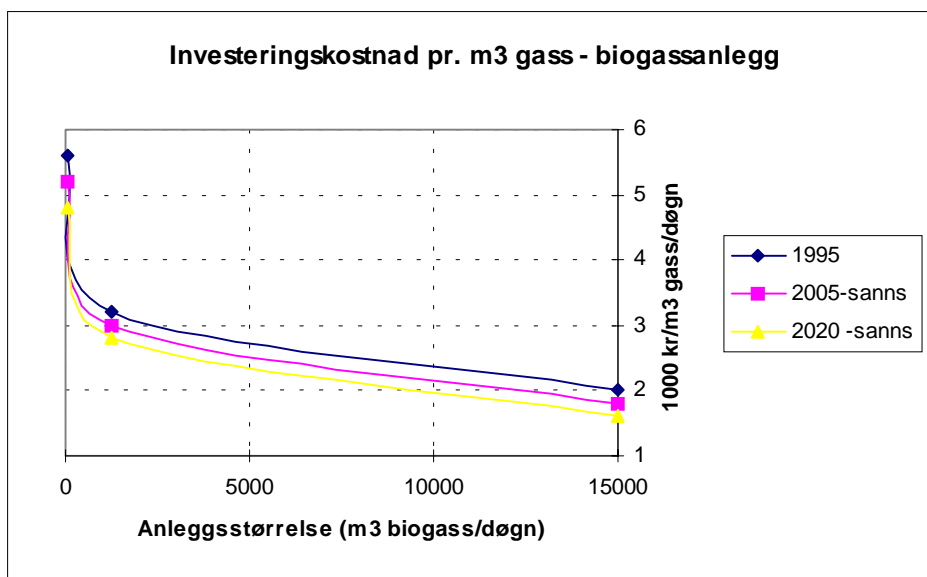
Anaerob nedbrytning kan benyttes ved gårdsbaserte anlegg med husdyrgjødsel som råstoff. For at det skal være kostnadseffektivt å samle inn husdyrgjødsel med sikte på anaerob nedbrytning på denne måten, er det nødvendig å ha en stor mengde dyr som holdes innendørs lengre tid i året. I Danmark er det etablert en rekke større sentraliserte anlegg som er organisert som kooperasjoner og som mottar og fermenterer gjødsel fra flere gårder.

Teknologier for anaerob nedbrytning finnes over hele skalaen av modenhet. Noen prosesser er eksperimentelle, mens andre har nådd kommersielt nivå, for eksempel våte prosesser for behandling og rensing av kloakk.

Økonomi/pris - status og utvikling

Kostnadstall for denne energiformen blir som regel oppgitt i pris per kubikkmeter gass, og ikke pris pr. kWh, som ville vært ønskelig. Dette skyldes at energiinnholdet i gassen er avhengig av metaninnholdet, som varierer alt etter sammensetningen av biomassen som nedbrytes. Fig. 3.2.1 viser kostnadstall fra Danmark, der en har sett at investeringskostnad per m³ gass faller med økende anleggsstørrelse. Størst fall i kostnader er det når en går fra de minste anleggene (ca 75 m³ gass/døgn) til de mellomstore (1000-1500 m³ gass/døgn). Det er forventet at kostnadene per m³ vil avta noe de kommende år.

Fig. 3.2.1 Investeringskostnader for danske biogassanlegg



Det typiske biogassanlegg ligger i grenseland mot kommersiell konkurransedyktighet, og det er fortsatt usikkert om slike energiløsninger vil oppnå gjennombrudd eller falle tilbake. Det hevdes at de systemer som vil overleve, må kunne klare seg med kun dyregjødsel som råvare. I dag tilsettes gjødselen organisk avfall fra industri og husholdninger, siden denne blandingen er lettere å nedbryte og resulterer i betydelig større gassproduksjon enn ublandet gjødsel. Lavere drifts- og kapitalkostnader er derfor viktige for framtidens biogassanlegg. Biogass er ennå ikke konkurransedyktig i forhold til fossil energi, i første rekke naturgass. Biogass forventes å kun oppnå en slik konkurransedyktighet dersom prisen på fossil energi økes drastisk.

Miljøaspekter

Ved anaerob nedbrytning av gjødsel oppnås en forbedret total utnyttelse av gjødselen. Ved å utvinne og oppsamle metangassen i tanker/reaktorer oppnås minsket metanutslipp til atmosfæren. Når gjødselen innblandes med annet avfall oppnås også den fordelen at mindre avfall går til deponi.

I forbindelse med håndteringen av gjødsel kan det oppstå luktplager, men disse er langt på vei i ferd med å bli løst i forbindelse med utviklingen av nye anlegg. Den ferdig nedbrutte/avgassede biomassen har den fordelen at den skaper mindre luktplager når denne spres som gjødning, og er også mer homogen og lettere å håndtere. Næringsinnholdet i massen er også lettere å måle, og mengden med potensielt smittebærende bakterier er betydelig redusert etter nedbrytningsprosessen.

3.3.2 Anaerob nedbryting av avfall i reaktor

Status

Biologisk konvertering av avfall til metangass gjennom anaerob fermentering i reaktor er en teknologi som i økende grad nærmer seg fullskala kommersialisering. På samme måte som forklart under forbrenning av fast avfall, vil trenden sannsynligvis gå i retning av i størst mulig grad å behandle avfall forut for deponering.

Økonomi

Det er ikke først og fremst energiøkonomiske betraktninger, men avfallspolitiske rammebetingelser som er den viktigste drivkraften (krav til utnyttelse av våtorganisk avfall og til deponering av restavfall). I Mellom-Europa ser det imidlertid ut til at fermenteringsanlegg vinner terreng i forhold til komposteringsteknologien, og da ikke minst på grunn av mulighetene for cogenerering av strøm og nyttevarme.

I 1997 var over 40 fermenteringsanlegg for kildesortert bioavfall i drift i Tyskland. I andre land som Frankrike, Nederland og Finland finnes det en rekke anlegg, ikke bare for bioavfall, men også for restavfallsbehandling.

Et typisk anaerobt behandlingsanlegg for våtorganisk avfall produserer gjerne 100 standard m³ biogass per tonn avfall, noe som gir et energiinnhold på ca. 600kWh/tonn. Anvendt i et cogenereringsanlegg vil dette bety ca. 150kWh elektrisitet, 360 kWh varme og 90 kWh tap (15%).

Miljøaspekter

Den vesentligste fordelen med gjæring i forhold til kompostering er muligheten for energiutnyttelse. I komposteringsanlegg går varmen som oppstår under den aerobe nedbrytingsprosessen tapt. Imidlertid er miljøfordelen med biogassutnyttelse adskillig høyere i de fleste andre land enn i Norge. Dette fordi andre land som oftest bruker mer fossile energikilder for strømproduksjon og romoppvarming enn det Norge gjør.

Markedsbarrierer

- Sammensetningen av avfallet er av stor betydning for at fermenteringsprosessen skal forløpe optimalt. Avvik fra optimal sammensetning kan føre til driftsmessige problemer. Nyere reaktorteknologier utarbeides imidlertid med sikte på å løse dette problemet.
- Det mangler informasjon egnet til å sammenligne fordelene og ulempene med denne teknikken med andre alternativer, slik som forbrenning og deponering.

Markedsmuligheter

- Anaerob fermentering er et miljømessig godt alternativ i det at en kan både resirkulere/gjenvinne materiale og næringsstoffer fra organisk avfall og i tillegg produsere et netto energioverskudd.
- Metan har en drivhuseffekt som er ca. 23 ganger så sterk sammenlignet med for eksempel CO₂. Økende internasjonale forpliktelser til å begrense utslipp av drivhusgasser vil stimulere til økt bruk av energigjenvinning av avfall hvor effektive biologiske konverteringsteknikker tas i bruk.

3.3.3 Anaerob nedbryting av avfall i deponi - deponigass

Teknologi - status og utvikling

På deponier som etter bruksperioden blir overdekket, vil det skje en anaerob nedbryting av avfallet som resulterer i dannelsen av en biogass, som typisk består av 40-55% CH₄ (metan), 25-40% CO₂, 5-15% N₂ og 0-5% O₂. Variasjonene kan være store på grunn av avfallsets sterkt varierende innhold og inhomogene struktur. Biogassen kan i tillegg bestå av mindre mengder andre gasser, som Cl₂ og H₂S.

Utvinning av deponigass er i dag en moden teknologi. Gassen utvinnes gjennom et system av perforerte stål- eller plastrør, som er boret ned i deponiet med en kondensatbrønn i bunnen. Det er imidlertid ennå potensiale for videreutvikling av teknologien. Utvinningsgraden av gass er sterkt avhengig av det installerte utvinnings-systemet, men også av avfallsets sammensetning og utforming av deponiet.

Per i dag er utforming og drift av avfallsdeponier sjelden optimalisert med hensyn på energiutnyttelse. Deponigass er en ressurs som øker i omfang ettersom det finnes et stort antall avfallsdeponier i Norge, hvor en ønsker å utnytte metanutslippet fra disse av miljøhensyn. Selv på de deponier der det er installert systemer for oppsamling av deponigassen, er det anslagsvis bare en tredjedel av den gassen som deponiet produserer som blir oppsamlet. Av både miljømessige og energiøkonomiske grunner er det derfor behov for mer effektive metoder for utforming og overdekking av deponier og for oppsamling av gassen, slik at en kan oppnå høyere grader av utvinning.

En metode som er under utvikling i den sammenheng er den såkalte biocelle- eller biofillteknikken. Denne går i korthet ut på at avfallet sorteres og at avfallsfraksjoner som er best egnet til nedbryting og metangassproduksjon samles i egne celler i deponiet. Ved biofillteknikken er det oppnådd 2 til 10 ganger så høy grad av deponigassutvinning som ved tradisjonelle deponier med blandet avfallsinnhold.

Andre fordeler med biofill-teknikken er at avfallet etter endt nedbrytning har større sannsynlighet for å kunne gjenbrukes, for eksempel som tilsetning til jord. Nedbrytningsprosessen for det sorterte avfallet regnes for å være ca. 10 år. Siden forsøk med biofillteknikk først har begynt for alvor nå på 90-tallet, vil det i årene framover bli høstet mange nye erfaringer, og teknikken vil være i en utviklingsfase.

I Norge finnes systemer for energiutnyttelse av deponigass der en bruker gassmotor for produksjon av elektrisitet, i noen tilfeller med utnyttelse av varmen fra kjølevannet. Det finnes også anlegg i Norge som kun utnytter varmen fra gassforbrenningen, enten til prosessvarme eller til fjernvarme.

Miljøaspekter

Metangassen som utvikles ved anaerob nedbrytning av avfall representerer en energiresurs, men er samtidig en av de såkalte klimagassene som gjennom å skape drivhuseffekt kan ha en forstyrrende virkning på jordens klima. Metan har som tidligere nevnt en drivhuseffekt som er opptil 23 ganger så sterk som den for CO₂, slik at bare det å samle opp og fikle metangassen fra deponier vil gi en netto miljøgevinst. Ut fra et energimessig synspunkt vil det imidlertid være ønskelig å også utnytte forbrenningen av metangassen til energiformål.

Markedsbarrierer

- Generelt liten tradisjon for gassanvendelse i Norge.
- Lave priser på konkurrerende brensel.
- Knapphet på egnede anvendelsesområder. Ofte er det stor geografisk avstand mellom deponi og potensiell gassbruker.
- Enkelte lover og regelverk kan være til hinder for optimal utnyttelse av deponigass. For eksempel kan tilførsel av vann i deponiet i noen tilfeller øke gassutvinningen, men innebærer til gjengjeld økt fare for forurensende avrenning fra deponiet.

Markedsmuligheter

- Økt urbanisering og industrialisering har, på tross av tiltak for kildesortering og avfallsbegrensning, så langt medført økende mengder deponert avfall. Mulighetene for å utnytte deponigass som ressurs har derfor økt.
- Det gjenstår ennå mye uutnyttet potensiale i å gjenvinne energi av metangass fra deponier i Norge. Biofill-teknikken kan gi en markert mer effektiv utvinning av deponigass. Denne teknikken legger stor vekt på resirkulering av næringsstoffer og humus fra organisk avfall. Dette oppnås ikke ved forbrenning av avfallet. Biofill-teknikk er dessuten mer kostnadseffektiv enn anaerob nedbrytning i reaktor.
- Oppsamling og fakling av deponigass blir ennå begrunnet ut fra miljøhensyn, og ikke ut fra energiforsyning. Det kan derfor være en mulighet for at myndighetene kan dekke en "miljømessig begrunnet" andel av kostnadene, slik at de totale kostnadene for å utnytte energien ikke trenger å bæres av energiprodusentene alene.

4 Aktiviteter i Norge og Danmark

4.1 Aktiviteter i Norge

De viktigste former for energiutnyttelse av avfall i det norske energisystem idag er som følger:

- produksjon av varme og/eller elektrisitet basert på kommunalt avfall fra husholdninger og næringsliv,
- produksjon av varme og/eller elektrisitet basert på bark og annet treavfall som brukes i treforedlingsindustrien, i sagbruk og annen trevareproduksjon,
- produksjon av biogass.

4.1.1 Kommunalt avfall og energiutnyttelse

Energigjenvinning av kommunalt avfall skjer i Oslo, Trondheim, Tafjord, Senja, Hallingdal og i Fredrikstad. Et nytt forbrenningsanlegg er under bygging i Bergen.

I 1995 forbrente kommunale og interkommunale anlegg ca. 0,45 millioner tonn avfall med gjennomsnittlig ca. 70% energiutnyttelse. Anleggene produserte ca. 1,0 TWh energi og leverte ca. 0,7 TWh energi i form av varme i 1995. Ca. 45 GWh energi ble levert som elektrisitet (OED, Energi- og vassdragsavdelingen: Rapport fra det Interdepartementale arbeidsutvalget for Bioenergi, 1997).

17 kommunale fyllplasser har uttak av metangass, og av disse utnytter 7 anlegg gassen til energiformål. Til sammen leverte disse 7 anleggene 16 GWh i 1995. I 1995 var mengden av kommunalt avfall ca. 2,7 millioner tonn. Ca. 2 millioner tonn kommunalt avfall ble deponert. Det er et stort potensiale for økt energiutnyttelse av avfall som idag deponeres. Ca. 30% av kommunalt avfall er brennbart, bl. a. trevirke og plast (OED, Energi- og vassdragsavdelingen: Rapport fra det Interdepartementale arbeidsutvalget for Bioenergi, 1997).

Kjelforeningen - Norsk Energi anslår i en rapport utarbeidet for Prosessindustriens Landsforening (PIL) i 1996, at ca. 0,5 millioner tonn kommunalt avfall kan utnyttes til energiformål, hvorav en god del vil være trevirke fra bygg- og rivningsavfall.

Energipotensialet i dette avfallet anslås av Kjelforeningen - Norsk Energi til å være ca. 2,2 TWh.

4.1.2 Kommunale forbrenningsanlegg

Forbrenningsanlegg for kommunalt avfall og husholdningsavfall er hovedsakelig basert på ristovner.

Et eksempel på et kommunalt forbrenningsanlegg er anlegget til det interkommunale selskapet Fredrikstad vann, avløp og renovasjonsselskap (FREVAR). Dette anlegget er et forbrenningsanlegg for husholdningsavfall som ble tatt i bruk i 1984. Anlegget betjener et distrikt på ca. 300.000 mennesker. Energien i avfallet gjenvinnes som damp med høyt energiinnhold og selges til nærliggende bedrifter.

I 1997 ble det mottatt ca. 76.930 tonn avfallsmengde til energigjenvinning. Forbrenning av restavfall reduserer avfallets volum med ca. 90% og vekten med ca. 80%. Produert slagg benyttes som anleggsmateriale eller som dekkmasse på eget avfallsdeponi. Avfallet består av ca. 80% biomasse. Energigjenvunnet bioenergi erstatter for FREVARs nærområde bruk av ca. 18.000 tonn fossilt brensel årlig og reduserer dermed både lokal og regional forurensning.

Forbrenning av avfall destruerer miljøgifter og renser ut tungmetaller som forefinnes spredt i avfallet. Tungmetaller og resterende miljøgifter tas ut som en mindre mengde spesialavfall og deponeres under kontroll.

Gjennom renere avfall, moderne forbrenningsteknikk og avansert røykgassrensing har utslippet til luft blitt vesentlig redusert siden oppstarten av anlegget i 1984. Beregninger utført av NILU for FREVAR viser at utslipp av støv, saltsyre, kvikksølv, kadmium og dioksiner er redusert med mellom 81,9% og 99,6% etter installasjon av våtvasker i 1990.

Anlegget gikk i 1997 med full kapasitet, og produsert energi var ca. 219 GWh. Levert damp og elektrisitet utgjorde i 1997 ca. 181 GWh. I tillegg ble det levert ca. 8 GWh fjernvarme. Den totale energileveransen på ca. 189 GWh gir en energigjenvinningsprosent i forhold til produsert energi på 89,9% når levert energi regnes fra vegg FREVAR. Dette regnes for meget høyt og er landets høyeste gjenvinningsprosent for denne type anlegg.

Levert mengde elektrisitet i 1997 utgjorde ca. 1,17 GWh som gjenspeiler at turbin-generatoren har vært lite i drift grunnet lave priser på tilfeldig kraft. Ovennevnte informasjon er hentet fra Fredrikstad Vann-, Avløps og Renovasjonsselskap Årsberetning 1997.

Blant andre eksempel på kommunale forbrenningsanlegg er det planlagte AITO's anlegget på Averøy som er et energianlegg eiet av Nordmøre Energigjenvinning AS. Dette selskapet eies med 50% av eierkommuner innenfor Nordmøre Interkommunale Renovasjonsselskap (NIR) og 50% av Energos Anlegg AS. Bakgrunnen for dette anlegget er at NIR ønsker å satse på energigjenvinning av avfall som alternativ til fyllinger og brenselet til anlegget blir kommunalt restavfall fra eierkommunene. Det kommunale restavfallet, som utgjør 30.000 tonn, er avfall som ikke kan material-gjenvinnes, og det meste av energien fra anlegget, inntil 35GWh, leveres i form av damp til Skrettings fiskefôrfabrikk. Dette tilsvarer 3,6 millioner tonn fyringsolje. I tillegg

kommer en strømproduksjon på 8,3 GWh. Energianlegget på Averøy er planlagt ferdigstilt i juli 1999 og det vil da erstatte Skrettings bruk av fyringsolje. Dette innebærer en betydelig forbedring av lokal luftkvalitet samtidig som miljøet spares årlig for utslipp på inntil 11.000 tonn CO₂ (ovennevnte informasjon er hentet fra informasjonsbrosjyre utgitt av ENERGOS ASA, Stavanger).

4.1.3 Deponigassproduksjon og energiutnyttelse

I Norge var det i 1995 ialt 7 anlegg for deponigassproduksjon som produserte og leverte energi i form av varme. Disse anleggene leverte ialt 16 GWh i 1995.

Av anlegg i Norge kan nevnes som følger:

- Heggstadmoen deponigassanlegg, Trondheim (fjernvarme og fakling),
- Brånås kraftvarmeverk, Skedsmo (elektrisitet og fjernvarme),
- Brennevinsmyra gassproduksjonsanlegg, Mandal (fakling/gassleveranser),
- Rådal gasskraftverk, Bergen (elektrisitet),
- Gatedalen deponigassanlegg, Sarpsborg (gassleveranse til dampkjel),
- Eskeland private deponigassanlegg, Stavanger (elektrisitet, gassleveranse, diverse oppvarming),
- Grinda deponigassanlegg, Larvik (tørke for avfallsbriketter),
- Årabrot miljøpark, Haugesund (oppvarming av driftsbygning og uteareal, fakling).

Energiforsyningens Fellesorganisasjon, EnFO, i samarbeide med stiftelsen Østfoldforskning i Fredrikstad, gjennomførte i 1995 et prosjekt som sammenstillet erfaringer fra utbygging og drift av deponigassanlegg i Norge. I det etterfølgende oppsummeres informasjon hentet fra rapport RE - 43/1996 Deponigassanlegg i Norge - Erfaringer fra utbygging og drift.

Anleggene som er bygget i Norge idag tilhører tre hovedtyper:

- Deponigassanlegg med kun avfakling.
- Deponigassanlegg med gassmotor for strømproduksjon.
- Deponigassanlegg med gasskjel for varmeutnyttelse.

Tre av anleggene er bygget med bakgrunn i pålegg fra miljøvernmyndighetene begrunnet i lokale forhold (luktplager) og globale forhold (metangassens innvirkning på drivhuseffekten). Påleggene omfatter kun avfakling.

Ovennevnte prosjekt oppsummerer erfaringene med deponigassanlegg innenfor miljøgevinst, lønnsomhet ved energiutnyttelse, gassmengder og metaninnhold, ønskelige egenskaper ved avfallet, etc.

Konklusjonene er at dersom det skal investeres i energiutnyttelsesutstyr, bør gassmengder og metanprosent på forhånd forsøkes angitt med størst mulig sikkerhet, aller helst gjennom praktiske tester i forkant av investeringene.

Videre bør avtaler med energiavtakere foreligge før utbygging. Gass til oppvarming/prosessvarme gir som oftest best utnyttelsesgrad. Dersom det produseres elektrisitet, bør også kjølevarmen utnyttes. Det er av avgjørende betydning at lang brukstid oppnås.

Vannforholdene i fyllingen er av avgjørende betydning for gassproduksjonen, likeledes er tilstrekkelig mengde overdekningsmasser over avfallet for å sikre at minst mulig luft suges ned i avfallet.

Samlet nyttbar energiproduksjon fra anleggene var i 1994 22,6 GWh. Totalt ble det hentet ut om lag 29 millioner Nm³ gass fra fyllingene.

4.1.4 Aktiviteter i Rogaland

4.1.4.1 Eksisterende anlegg i Rogaland

Av eksisterende anlegg for energigjenvinning av avfall lokalisert i Rogaland, kan nevnes som følger:

(1) Deponigassanlegg

- Årabrot miljøpark, Haugesund,
- Sele fyllplass,
- Varatun avfallsdeponi, Sandnes,
- Eskeland deponigassanlegg, Stavanger.

Ved Årabrot miljøpark i Haugesund anvendes noe av deponigassen til bygningsoppvarming og oppvarming av uteareal, men hovedmengden av gassen avfakles.

Ved Sele fyllplass fakles gassen idag, med det arbeides med planer om å distribuere og selge gassen til energiformål gjennom et eget selskap, Sele miljøgass as.

Ved Varatun avfallsdeponi fakles også gassen idag, men Sandnes Energi AS har planer om å anvende gassen for strømproduksjon ved hjelp av en gassmotor.

Ved det private Eskeland deponigassanlegg i Stavanger anvendes deponigassen til produksjon av strøm og varme (spillvarme) ved hjelp av to gassaggregat som hver produserer 13 kW strøm og 35 kW varme i form av varmt vann. Deponigassanlegget gjør Eskeland selvforsynt med el-kraft til gården. I tillegg leveres det gass via en

gassledning til et nærliggende gartneri, Bårdsens Gartneri, som anvender gassen til oppvarming av veksthuset ved hjelp av en gassbrenner.

(2) Biogassanlegg basert på kloakkslam

- Sentralrenseanlegg Nord-Jæren (SNJ), Mekjarvik.

Sentralrenseanlegg Nord-Jæren er en del av IVAR, Interkommunalt vann, avløp og renovasjonsselskap. Anlegget behandler avløpsvann fra medlemskommunene Stavanger, Sandnes, Sola, Gjesdal og Randaberg kommune. Anlegget ble åpnet i 1992 og er et av Norges største renseanlegg. Vannbehandlingsanlegget omfatter mekanisk forbehandling i rister og sandfang og kjemisk felling med jernklorid og sjøvann som fellingskjemikalier. Slambehandlingen består i anaerob stabilisering, avvanning og pelletering. Den årlige slamproduksjonen tilsvarer ca. 9.000 tonn avvannet slam eller ca. 3.000 tonn pelletert slam. Slammet gjenbrukes på grøntarealer (41 % i 1996) og den øvrige andelen går til Sele fyllplass som dekkmasse. Energigjenvinning i anlegget består i at metangass fra råtnetankene for slam, overføres til en gasskjel for produksjon av damp til tørkeanlegget og/eller varmt vann til oppvarming av bygningsmassen og slammet i råtnetankene.

(3) Biogass basert på husdyrgjødsel

- Åna kretsfengsel.

Åna kretsfengsel har landets første strømproduserende biogassanlegg. Kretsfengselet har 100 melkekyr, 125 ungdyr, 80 slaktegris og 20 purker. Det er beregnet at gjødselen fra disse dyra kan produsere 400.000 kWh strøm i året. I tillegg vil anlegget kunne gi 700.000 kWh i varmeproduksjon. Biogassanlegget kan koples direkte på fengselets fjernvarmeanlegg, og dermed kan Åna kretsfengsel kutte helt ut bruken av fyringsolje som i 1996 var på 168.000 liter.

4.1.4.2 Planlagte anlegg og mulige prosjekter i Rogaland

I det etterfølgende vises en oversikt over planlagte-/påtenkte anlegg og mulige prosjekter innenfor energigjenvinning av avfall i Rogaland. Oversikten er gitt av prosjektleder Karl Ludvig Ådland, som leder et utredningsprosjekt om bruk av biobrensel i Rogaland.

(1) Anlegg for energigjenvinning av trevirke, papp og papir (samt rivnings- og bygningsavfall)

- Felleskjøpet-prosjektet (Interkommunalt vann-, avløps- og renovasjonsverk, IVAR, mm.),
- PRONOVA-prosjektet (Haugaland Containerservice).

Begge de ovennevnte prosjekter er tenkt basert på forbrenningsovner som skal kunne brenne trevirke samtidig som det også vil være mulig å brenne andre typer avfall som papir og plast. Prosjektene er under utredning.

(2) Anlegg for energigjenvinning av trevirke fra skogbruk/sagbruk

Blant anlegg for energigjenvinning av trevirke fra skogbruk/sagbruk (flisfyringsanlegg) i Rogaland, kan nevnes:

- Aksdal, Tysvær,
- Tveit videregående skule, Tysvær,
- Vindafjordhallen, Vindafjord,
- Sauda sjukeheim, Sauda.

4.2 Aktiviteter i Danmark

4.2.1 Avfallsfyrte kraftvarme anlegg

I Danmark finnes det en rekke mindre, avfallsfyrte kraftvarme anlegg. Miljø- og energiministeriet, Energistyrelsen, har i 1995 publisert en oversikt Teknologidata for el- og varmeproduksjonsanlegg.

Teknologien for disse avfallsfyrte kraftvarmeanleggene er gjerne basert på et konvensjonelt kjelanlegg. Anleggene produserer varmt vann og elektrisitet samt eventuelt prosessdamp. Størrelsen på anleggene ligger i området 5 - 20 MW elektrisk effekt og 13 - 53 MJ/s termisk effekt. Elvirkningsgraden ligger på 18 - 28%, med en totalvirkningsgrad på ca. 80%.

Restprodukter i form av aske og slagg utgjør 20 - 30% av innfyrt mengde.

Teknologiutviklingsbehovet for disse anleggene er knyttet til følgende forhold:

- anvendelse av kildesortert husholdningsavfall til biogassproduksjon,
- analyse av avfallssammensetning og brennverdi,
- røykgassrensning og gjeninnfyring av flyveaske,
- gjenbruk av aske/slagg.

I Danmark finnes det forøvrig en rekke nye biogassanlegg basert på husdyrgjødsel og våtorganisk avfall.

5 Muligheter for gjenvinning av energi fra avfall i Rogaland

En vurdering av mulighetene for å gjenvinne energi fra avfall vil måtte basere seg på en drøfting av samtlige komponenter i energisystemets verdiskapningskjede. Denne drøftingen vil dermed berøre både avfallspolitiske og energipolitiske forhold.

Av avfallspolitiske forhold vil følgende forhold være avgjørende:

- mengde og sammensetning av avfall tilgjengelig som energikilde samt sikkerhet og regularitet i tilførselen av denne over tid,
- sikkerhet for deponering av slagg og avfall,
- tilgjengelig teknologi med hensyn til valg av energiomformere,
- tilgjengelige systemer for distribusjon og lagring av energi,
- innretninger for konvertering av energi til sluttbruk.

I tillegg til ovennevnte vil følgende forhold knyttet til energisystemets egenskaper måtte vurderes:

- økonomi,
- energifleksibilitet,
- miljøvennlighet og bærekraftighet.

Det vil kreves relativt detaljerte analyser for å kunne vurdere i hvilken grad de nødvendige samfunnsmessige og markedsmessige forutsetninger er til stede her i Rogaland for å ta i bruk enkelte av teknologiene/metodene for energigjenvinning av avfall.

Ellers er forholdene omkring energigjenvinning av avfall preget av at olje og elektrisitet representerer et alternativ til avfall som energikilde og energigjenvinning av avfall er derfor kun et aktuelt alternativ dersom denne kan konkurrere pris- og kostnadmessig med disse energikildene.

5.1 Avfallsmengder i Rogaland

Fylkesmannen i Rogaland, Miljøvernavdelinga, har publisert en oversikt over estimerte avfallsmengder i Rogaland i 1995.

Estimerte avfallsmengder i Rogaland i 1995 (tonn/år)

| Fraksjon | Sortement | Avfalls- mengde Rogaland | Avfall til re- sirkulering | Avfall ikke gjenvunnet |
|-----------------|----------------------------------|---|---------------------------------------|-----------------------------------|
| | | <i>Mengde</i> | <i>Mengde</i> | <i>Mengde</i> |
| | | <i>(Tonn/år)</i> | <i>(Tonn/år)</i> | <i>(Tonn/år)</i> |
| Papp/kartong | Brunt papir | 21800 | 24500 | 29500 |
| Papir | Alle typer | 32200 | | |
| Glass | Returordninger | 12600 | 10000 | 2600 |
| | Annet | 5600 | 1100 | 4500 |
| Plast | Returordning | 3500 | 2800 | 700 |
| | Annet | 7300 | 250 | 7050 |
| Metall | Stål og metaller | 58900 | 45000 | 13900 |
| Tekstiler | Alle typer | 2400 | 1000 | 1400 |
| Våtorganisk | Matrester | 26700 | 14500 | 12200 |
| | Annet | 39400 | 2500 | 36900 |
| Trevirke | Alle typer | 36400 | 300 | 36100 |
| Bildekk | Alle typer | 1100 | 870 | 230 |
| Annet | Møbler/brunevarer/ byggevarer | 35600 | 3000 | 32600 |
| Spesialavfall | Jfr. forskrift | 17500 | 14400 | 3100 |
| | Blybatterier | 1100 | 970 | 130 |
| SUM | | 302100 | 121190 | 180910 |

5.1.1 Energiinnhold i avfallet

Det er ikke foretatt beregninger av det potensielle energiinnholdet knyttet til avfallsmengdene i Rogaland.

Husholdningsavfall har en midlere brennverdi på 10,5 MJ per kilogram eller 2,91 kWh per kilogram. Papiravfall har brennverdi på 4,72 kWh per kilogram, mens plastavfall har en brennverdi på 10,0 kWh per kilogram og treavfall har en brennverdi på 4,66 kWh per kilogram.

Til sammenligning kan nevnes at lettolje har en brennverdi på 11,97 kWh per kilogram.

For å kunne oppnå en optimal energigjenvinning bør imidlertid energiinnholdet i avfallet ligge innenfor visse grenser. Brennverdien av avfallet kan justeres ved ulike former for forbehandling som pressing, tørking, blanding av tørre og våte fraksjoner, etc.

Ulike former for rensing og utsortering av avfallet gir ulike utslag på energiinnholdet i avfallet. Utsortering av komponenter som plast og papir for materialgjenvinning, vil senke avfallets brennverdi. Utsortering av metaller og glass vil øke brennverdien på restavfallet.

5.2 Biobrensel i Rogaland

Nedenfor vises en tabell over råstofftilgangen av ubrukt og lett tilgjengelig fast biobrensel i Rogaland. Totalmengden for hele landet er anslått til 9,7 TWh per år.

Kilden for denne tabellen er en rapport utgitt av Østfoldforskning om råstofftilgang av biomasse, rapport nr. OR 07.98. Som et sammenligningsgrunnlag for tabellen kan det nevnes at den samlede energiproduksjonen i Norge i 1995 var 290 TWh. Derav utgjorde produksjon av bioenergi 13 TWh.

Tabell over energiinnhold i tilgjengelig, ubrukt fast biobrensel, oppgitt i GWh per år.

| Fylke | Tynningsvirke | Hogst-avfall | Biprod. Trelast-industri | Halm | Lauvskog | Bygg og riv | Totalt GWh per år |
|-------------|---------------|--------------|--------------------------|------|----------|-------------|-------------------|
| Rogaland | 35 | 9 | 5 | 0 | 90 | 144 | 283 |
| Alle fylker | 1368 | 2213 | 957 | 1912 | 2892 | 356 | 9698 |

Kartleggingen omfatter kun fast, tilgjengelig biobrensel og omfatter ikke ressurser som kan gi flytende biobrensel (rapsolje, etc.).