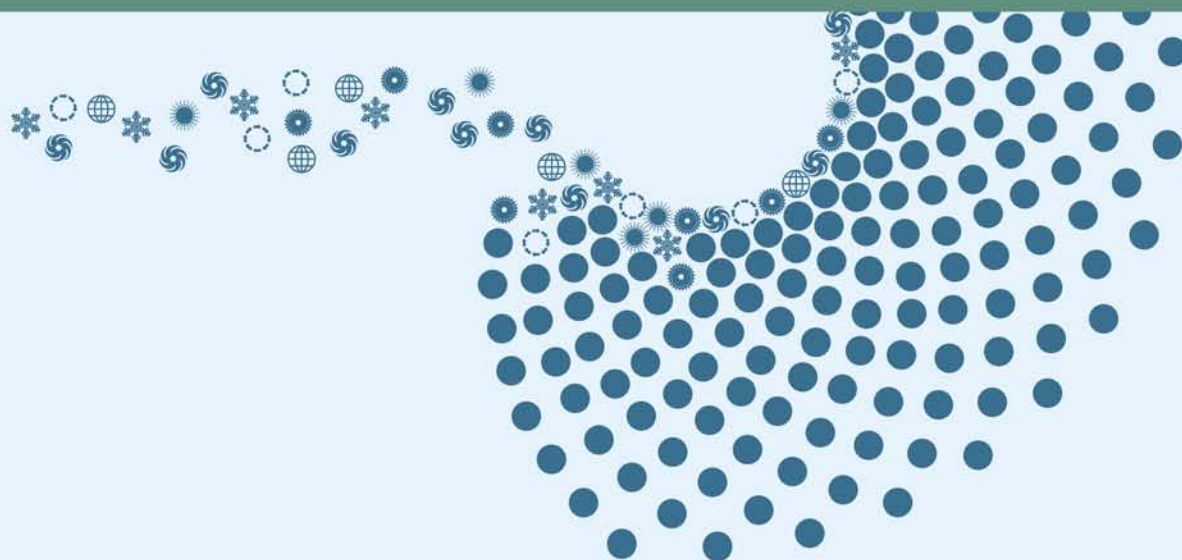


Utredning

ENERGIPOTENSIAL I NEDBRYTBART AVFALL I NORGE

2475

2009



Sammendrag

Det er gjennomført en utredning om alternative behandlingsformer for nedbrytbart avfall og tiltak som kan fremme kraft-, varme- og drivstoffproduksjon. Bakgrunnen for prosjektet er det kommende deponiforbudet for nedbrytbart avfall som vil innebære at deponering i svært liten grad vil være en aktuell behandlingsløsning for husholdningsavfall og lignende typer næringsavfall.

Formålet med prosjektet har vært å klarlegge:

- Potensialet for energiutnyttelse.
- Drivkrefter, barrierer og behov for nye virkemidler.
- Utslipp, energiutbytte og kostnader ved energiutnyttelse.
- Alternative termiske og biologiske behandlingsformer.
- Hvordan tiltak i Norge vil påvirke eksport og utvikling i behandlingsskapitet i Sverige og Danmark.

Utredningen vil være et innspill til myndighetenes videre arbeid med virkemidler for økt utnyttelse av nedbrytbart avfall.

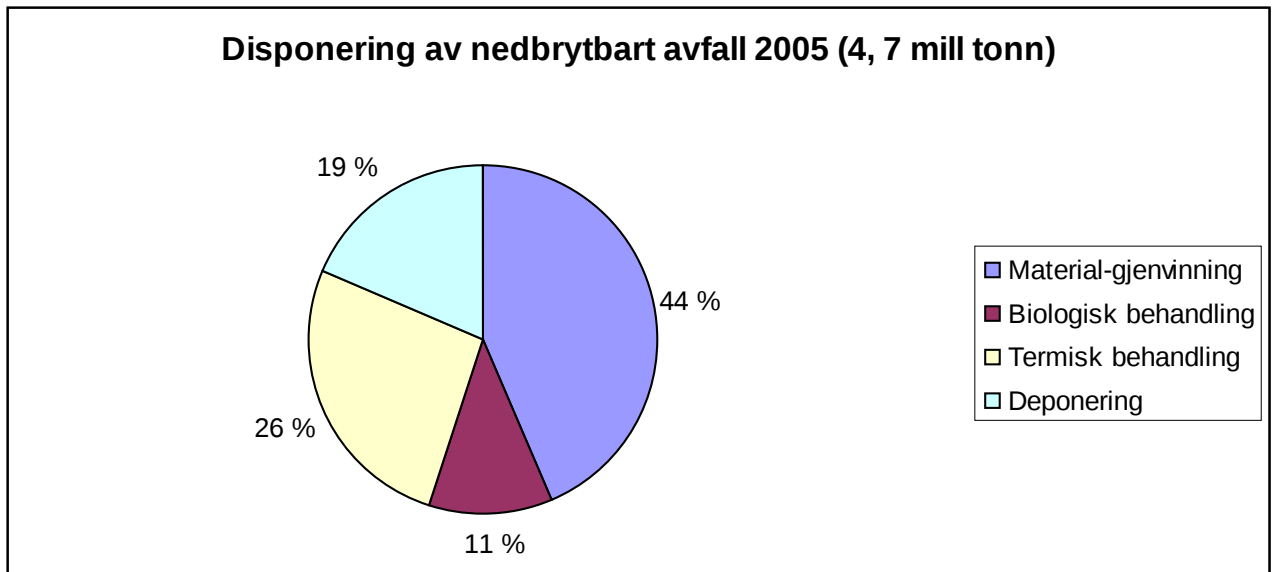
Nedbrytbart avfall omfatter i denne utredningen:

- Papir
- Trevirke
- Tekstiler
- Våtorganisk avfall
- Slam

Ved vurdering av økt termiske energiproduksjon er også annet brennbart avfall inkludert i beregningene.

Potensialet for energiutnyttelse fra nedbrytbart avfall

Statistikken over nedbrytbart avfall som er aktuell for energiproduksjon omfatter omlag 4,7 millioner tonn avfall pr år. Våtorganisk avfall er den største fraksjonen med nær 1,9 millioner tonn, dernest kommer papir og trevirke med over 1 million tonn hver. Annen brennbart avfall som ikke er nedbrytbart, slik som plast og gummi, omfatter ca 320 000 tonn avfall hvorav 80 000 tonn blir deponert (2006).



26 prosent av nedbrytbart avfall blir i dag termisk behandlet. Særlig for treavfall er det høy andel som blir termisk behandlet. Deponering er behandlingsmåte for 19 prosent av det nedbrytbare avfallet. Det er særlig papir, treavfall og våtorganisk avfall som blir deponert.

Potensialet for energiutnyttelse fra nedbrytbart avfall er teoretisk anslått til 6,4 TWh/år, mens et nøkternt estimat er anslått til 4,7 TWh. Inkluderes annet brennbart avfall økes potensialet til hhv. 8,1 TWh/år teoretisk eller 6,1 TWh/år nøkternt. Teoretisk anslag omfatter alt nedbrytbart avfall som ikke inngår i etablerte gjenvinningsordninger. Nøktern anslag tar hensyn til at flere typer nedbrytbart avfall som i dag går på deponi, også kan utnyttes til materialgjenvinning eller annen utnyttelse. Materialgjenvinning vil også innebære energibesparelse.

Potensialet for energiutnyttelse (varme, kraftvarme og drivstoff) av nedbrytbart og annet brennbart avfall.

Avfallstype	Dagens energiutnyttelse		Estimert økt energiutnyttelse		Samlet potensial	
	I Norge	Eksport	Teoretisk	Nøkternt	Teoretisk	Nøkternt
Nedbrytbart avfall	1 960	766	3 760	1 980	6 486	4 706
Annet brennbart	870	210	540	270	1 620	1 350
SUM	2 830	976	4 300	2 250	8 106	6 056

Alle tall i GWh/år

2,8 TWh av potensialet er allerede utnyttet, primært ved varme og kraftvarmeproduksjon av restavfall og trevirkeavfall. Termisk energiutnyttelse står for 2,6 TWh, mens biogassanleggene utnytter 0,2 TWh, det meste som el og varme. Kun i ett anlegg utnyttes biogass som drivstoff. I tillegg til dagens utnyttelse i Norge, eksporteres avfall til Sverige og Danmark noen som innebærer at nær 1 TWh blir utnyttet i nabolandene.

Teoretisk estimat for økt energiproduksjon (alle energiformer) er beregnet til 4,3 TWh, mens et nøkternt anslag er beregnet til 2,3 TWh. I nøkternt estimat er det beregnet økt termisk energiutnyttelse av 570 000 tonn avfall tilsvarende 1,5 TWh varme eller kraftvarmeproduksjon samt 900 000 tonn våtorganisk avfall tilsvarende 0,8 TWh drivstoffproduksjon.

Estimerer for økt termisk og biologisk energiproduksjon.

Avfallstype	Termisk behandling (Varme og kraftvarme)		Biologisk behandling (Biogass til drivstoff)	
	1000 Tonn/år	GWh/år	1000 Tonn/år	GWh/år
Nedbrytbart avfall	530	1 200	900	780
Annet brennbart	40	270	0	0
SUM	570	1 470	900	780

Med dagens planlagte kapasitet på termisk behandling er det ikke noe problem å utløse potensialet på 1,5 TWh, og det kan bli overkapasitet for termisk restavfallsbehandling i 2011 – 2012. For å utløse potensialet for økt drivstoffproduksjon tilsvarende 0,8 TWh må det etableres i størrelsesorden 20 – 30 nye industrielle biogassanlegg.

Drivkrefter, barrierer og behov for nye virkemidler.

For å utløse potensialet for ny fornybar drivstoffproduksjon fra biogass, er det behov for nye virkemidler. I dagens situasjon foreligger det politiske vedtak om å legge til rette for økt produksjon, men virkemiddelapparatet mangler.

Selv om det er stor interesse for fornybart drivstoff, er kostnadsbildet slik at offentlig støtte er nødvendig for å løse ut potensialet. Virkemidlene bør settes inn på to områder:

- Virkemidler for å øke produksjonen av biogass.
- Virkemidler for å øke utnyttelsen av biogass som drivstoff.

Sverige ligger i tet når det gjelder mål og virkemidler for fornybart drivstoff, og effektene av den svenske virkemiddelbruken bør studeres nærmere. Aktuelle virkemidler i Norge kan være:

- Investeringsstøtte til etablering av biogassanlegg med drivstoffproduksjon.
- Omsetningspåbud for drivstoffleverandører.
- Fritak for CO₂ – avgift for biometan som drivstoff.
- Reduserte avgifter på biler som kan bruke miljøvennlige drivstoff.

Det synes ikke å være behov for ytterligere virkemidler for å utløse potensialet for varme og kraftvarme fra termisk behandling. En utbygging utover det som er planlagt kan føre til konkurranse med avfall som kan materialgjenvinnes eller energiutnyttes i bioenergianlegg.

Det kan allikevel være behov for å vri virkemiddelbruken i retning av støtte pr kWh ny fornybar energi. Støtte kan eventuelt først utløses når energiutnyttelsesgraden overstiger ett gitt nivå eller utformes i trinn. En slik støtte vil kunne bidra til økt energiutnyttelsesgrad på avfallsforbrenningsanlegg og biogassanlegg, samt stimulere til at trevirke i større grad utnyttes i bioenergianlegg. Støtte bør kunne gis både til el og varmeutnyttelse.

Konsekvenser for eksportmarkedet

Det eksporteres betydelig mengder blandet restavfall og trevirke til forbrenningsanlegg i Sverige, noe matavfall til biogassanlegg i Sverige og noe biosubstrat til danske biogassanlegg.

Endrede rammevilkår med bl.a. avfallsskatt i Sverige har ført til at eksporten av restavfall er redusert noe de siste årene samtidig som mengdene til norske avfallsforbrenningsanlegg øker.

Den eksporterte mengden fra Norge til Sverige utgjør en relativ liten andel av den totale avfallsimporten til Sverige og vil ikke påvirke kapasitetsutbyggingen i Sverige. Eksportmengden vil heller ikke være avgjørende for kapasitetsutbyggingen i Norge, men lokalt på Østlandet vil det være en fordel å ha noe større avfallsgrunnlag etter 2010 – 2012.

Det anses i dagens situasjon uhensiktsmessig å etablere et omfattende særnorsk regelverk for å forhindre eksport av avfall til energiutnyttelse i Sverige. Utnyttelsen av avfallsressursene ved Svenske anlegg er miljømessig minst like god som i Norge, ofte bedre med høyere energiutnyttelsesgrad. I en situasjon med betydelig kapasitetsutvidelse i Norge er det samtidig vanskelig å hevde at eksport til Sverige undergraver utbygging av nye kapasitet i Norge. Myndighetene bør allikevel følge utviklingen i eksport mengde til energiutnyttelse, både for blandet avfall og trevirkeavfall.

Vurdering av utslipp, energiutbytte og kostnader

Det er gjennomført en forenklet vurdering av nytte og kostnader ved fire behandlingsløsninger for avfall.

- Forbrenningsanlegg for restavfall med varmeproduksjon
- Forbrenningsanlegg for restavfall med varme og el-produksjon (kraftvarme)
- Bioenergianlegg for trevirkeavfall med varmeproduksjon
- Biogassanlegg for våtorganisk avfall med drivstoffproduksjon

Vurderingen omfatter interne driftskostnader for anleggene og eksterne miljøkostnader. Vurderingen av utslipp er avgrenset til de viktigste komponentene klimagasser, NO_x og støv (PM₁₀). Det er lagt til grunn at energien som produseres fortrenger bruk av andre energibærere og dermed reduserer utslippene fra disse.

Resultatene viser:

- Drift- og miljøkostnader ved termisk energiproduksjon fra restavfall er beregnet til ca. 760 kr/tonn i varmeanlegg og ca. 815 kr/tonn i kraftvarmeanlegg. Restavfallsforbrenning har relativt høye miljøkostnader knyttet til utslipp, men disse utjevnes ved substitusjon av andre fossile energibærere.
- Termisk energiproduksjon fra trevirke i bioenergianlegg viser en liten positiv verdi som skyldes innsparte utslipp ved substitusjon. Etter de forutsetninger vi har lagt inn i beregningene vil ikke energiinntektene fra salg av varme dekke behandlingskostnadene ved denne type anlegg.
- Drifts- og miljøkostnadene til produksjon av drivstoff fra våtorganisk avfall er beregnet til ca. 345 kr/tonn. Det er større usikkerhet knyttet til kostnader og substitusjon ved drivstoffproduksjon enn varme- og kraftvarmeproduksjon.
- For alle teknologiene gjelder det at driftskostnader veier mest, deretter kommer inntekter fra energisalg, mens miljøkostnader veier relativt lite i totalkostnaden.

Det er viktig å presisere at det ikke er relevant å sammenligne utslipp og kostnader fra bioenergianlegg og biogassanlegg med avfallsforbrenningsanlegg. Dette skyldes bl.a. at teknologiene er knyttet til ulike typer avfall som har innvirkning på både kostnader og utslipp. Resultatene må derfor lese isolert for hver behandlingsløsning.

På et så overordnet nivå vil resultatet av beregningene kunne endres vesentlig ved endringer i forutsetningene. Det viktigste her er:

- Behandlingskostnaden
- Endre verdsetting av klimautslipp
- Kildesortering, innsamling og transport

Behandlingskostnadene vil variere mye ut fra lokale og andre forhold. Trolig vil man finne variasjon på minst +/- 150 kroner innen alle de fire teknologiene. Dette vil slå sterkt ut i beregningen.

CO₂ er verdsatt til 200 kroner per tonn. Om denne prisen økes til 500 kroner per tonn gir dette en betydelig forandring av kostnadsbildet i vurderingen. Det er spesielt forbrenning av treavfall i bioenergianlegg som kommer gunstig ut med en redusert total kostnad på ca 180 kroner. Også biogassproduksjon kommer betydelig bedre ut ved en slik forutsetning med redusert kostnad på 110 kroner. De to alternativene med forbrenning av restavfall endres nesten ikke om CO₂-prisen økes til 500 kroner per tonn.

Beregningene inkluderer ikke kostnader til kildesortering, innsamling, transport og forbehandling. Denne type kostnader er svært forskjellig ved de fire løsningene og vil avhenge av avfallstypen, kildesorteringsløsningen og hvilke innsparinger kildesortering gir for innsamling og behandling av restavfallsfraksjonen. Kildesorteringskostnaden for matavfall fra husholdninger kan komme opp i 800 kr/tonn, men innsparte kostnader for restavfallsfraksjonen kan balansere denne kostnadsøkningen. Sorterings- og innsamlingskostnader for organisk næringsavfall kan være vesentlig lavere, samtidig som dette er avfall som normalt er enkelt å behandle i et biogassanlegg.

Alternative behandlingsløsninger for nedbrytbart avfall

1.1.1.1 Termisk behandling

Alt nedbrytbart avfall kan i prinsippet forbrennes så lenge brennverdien er tilstrekkelig til å fordampe vannet og varme opp avfallet slik at det forgasser og gassen antenner. Avfall med høyt fuktinnhold som matavfall, organiske biprodukter, bioslam og avløpsslam vil ikke kunne forbrennes alene, og er lite egne til termisk behandling uten sammen med annet tørt og energirikt brensel. Slamforbrenning må betraktes som destruksjon og ikke energiutnyttelse.

Av termiske løsninger er det forbrenningsløsninger med ristteknologi eller fluidized bed som er mest aktuelle for behandling av nedbrytbart avfall. Skjønnsmessig er det anslått at 95 % av all kapasitet for forbrenning av blandet avfall i Europa benytter ristteknologi. Fluidized bed teknologi er et alternativ til ristteknologi, men krever en omfattende forbehandling av brenset og er derfor egnet for mer homogene brenslar. Trevirkeavfall kan benyttes i begge anleggstyper.

Forbrenningsløsningen er meget godt utprøvd og anses som svært robust. Energien som produseres fra forbrenning av biomasse (som trevirke) er 100 % fornybar, mens fra forbrenning av restavfall er ca. 50 % energien fornybar. Strengere miljøkrav til forbrenningsanleggene har medført at miljøforholdene i dag er akseptable og forutsigbare.

Termisk forgassing, pyrolyse og plasmateknologi anses fortsatt å være i en utviklingsfase og det er lite trolig at disse løsningene får noen anvendelse av betydning for behandling av nedbrytbart avfall.

1.1.1.2 Biologisk behandling

Anaerob biologisk behandling (biogassanlegg) kan håndtere lett nedbrytbart organisk avfall som matavfall fra husholdninger og næringer, slakteavfall og organiske biprodukter fra næringsmiddelindustri, avløpsslam, husdyrgjødsel osv. Mer stabile organiske forbindelser, som for eksempel lignin i treverk vil ikke omsettes i et biogassanlegg, men blir igjen som et restprodukt sammen med næringssalter og andre uorganiske salter.

Det finnes flere ulike tekniske løsninger for produksjon av biogass, men så langt er det i hovedsak våte prosesser som er etablert i Norge og Skandinavia. Det er etablert 15 biogassanlegg for avløpsslam i Norge som har vært i drift i mange år. Anlegg for matavfall har kun vært i drift det sisten tiåret og foreløpig har vi bare 5 anlegg i drift. Flere nye anlegg er under planlegging.

Biogassteknologien er velprøvd og benyttet over hele verden for produksjon av gass fra organisk nedbrytbart avfall. I Norge er det et godt erfaringsgrunnlag for bruk av biogass til slambehandling. For kildesortering av organisk avfall, spesielt matavfall fra husholdninger, er teknologien fortsatt i en modningsfase her til lands. Teknologien anses allikevel å være holdbar på lang sikt.

Biogassanlegg vil være forskjellig både med hensyn til kildesortering, forbehandling, selve biogassprosessen, etterbehandlingen og bruken av bioresten. Dette innebærer at et godt biogassanlegg med høyt energiutbytte, god utnyttelse av energien og god sluttddisponering av bioresten vil være en meget god miljømessig løsning. Men det finnes også eksempler på løsninger som ikke er det. Myndighetene kan derfor spille en viktig rolle med å sette krav til anleggene, noe som vil kunne være med å sikre:

- Høy utnyttelse av energien i avfallet.
- Lave lekkasjer av metan og utslipp av lystgass.
- Ingen alvorlige luktulempere i nærområdene.
- Effektiv utnyttelse av den produserte bioresten.

1.1.1.3 Bioceller

Bioceller omfatter avfall som er biologisk nedbrytbart og som er fysisk avgrenset mot omliggende masser med det formål å produsere biogass og oppnå en stabil restmasse. Det antas å være 8-10 avfallskategorier som er egnet til denne behandlingsmetoden. Forventet produksjon av biogass tilsvarer ca. 1000 kWh/tonn avfall. Bioresten lar seg etterkompostere i ranker og foreløpige resultater viser god mikrobiologisk og kjemisk kvalitet på sluttproduktet. Forventede flaskehalser er bl.a. tilgang til avfallsråstoff og evne til optimal drift. Det er relativt lite erfaring med løsningen.

1.1.1.4 Mekanisk biologisk behandling (MBT)

Mekanisk – Biologisk behandling (MBT) er en metode for restavfallsbehandling som inkluderer både biologisk, mekanisk og eventuelt også termisk behandling. MBT har ikke fått anvendelse i Norge, men noen kommuner og regioner er interessert i løsningen som et alternativ til kildesortering først og fremst av matavfall. I lys av deponiforbudet må en MBT i Norge designes for optimal produksjon av biogass og brensel. Utsorterte fraksjoner til materialgjenvinning kan gi merverdi for denne metoden, men det ligger betydelig usikkerhet i kvaliteten på produktene fra en MBT.

På grunn av stor variasjon i teknologi og oppbygging vil det også være stor spredning på kostnadssiden. Grov kan det antas at kostnadene vil ligge i samme område som industriell forbrenning eller høyere. Det bør gjennomføre ytterligere utredninger og undersøkelser for å avklare om metoden kan utvikles til å bli et miljømessig godt og kostnadseffektivt alternativ i Norge.

Innholdsfortegnelse

1.	Prosjektets formål og rammer	11
1.1	Bakgrunn og formål	11
1.2	Omfang og avgrensning	11
1.3	Mengdedata og usikkerhet	12
2.	Termisk behandling	13
2.1	Innledning	13
2.2	Nedbrytbart avfall som brensel	13
2.3	Avfallsforbrenningsanlegg – teknisk beskrivelse	15
2.4	Termisk forgassing og pyrolyse – teknisk beskrivelse	18
2.5	Andre termiske løsninger	19
2.6	Energiproduksjon ved termisk behandling	20
2.7	Kostnader ved termisk behandling	21
2.8	Miljøforhold (ved forbrenning av nedbrytbart avfall)	21
2.9	Løsningens holdbarhet	23
3.	Biologisk behandling.....	24
3.1	Biogassprosessen	24
3.2	Ulike biogassprosesser	25
3.3	Prosesselementer i et biogassanlegg	26
3.4	Energiproduksjon fra biologisk behandling	29
3.5	Kostnader	31
3.6	Miljøforhold (ved biologisk behandling av nedbrytbart avfall)	32
3.7	Løsningens holdbarhet	35
4.	Potensialet for energiutnyttelse fra nedbrytbart avfall	36
4.1	Innledning	36
4.2	Dagens disponering av nedbrytbart avfall	36
4.3	Energi fra nedbrytbart avfall i Norge	37
4.4	Estimer for økt termisk og biologisk energiproduksjon	41
4.5	Potensialet for energienergiutnyttelse fra nedbrytbart avfall	46
4.6	Framtidig disponering av nedbrytbart avfall – nøkternt anslag	49
4.7	Kapasitetsbehov	49
5.	Utslipp, energiutbytte og kostnader	51
5.1	Behandlingsløsninger	51
5.2	Beregningsforutsetninger for analysen	53
5.3	Resultater	55
6.	Rammevilkår for økt energiutnyttelse	61
6.1	Innledning	61
6.2	Dagens virkemidler for økt energiutnyttelse fra avfall	61
6.3	Kartlegging av drivkrefter, barrierer og virkemidler	64
6.4	Nye virkemiddel for økt produksjon av varme og el	69
6.5	Virkemidler for økt produksjon av biometan som drivstoff	70
6.6	Behov for nye virkemidler	71
7.	Konsekvenser for eksportmarkedet	74

7.1	Innledning	74
7.2	Dagens rammebetingelser for eksport	74
7.3	Status for eksport av avfall	75
7.4	Behandlingskapasitet for avfall i Sverige	77
7.5	Dagens prisbilde	77
7.6	Utviklingen framover	78
7.7	Bør det innføres eksportrestriksjoner	78
8.	Kilder	80

Vedlegg

- 1: Beregningsforutsetninger energi
- 2: Avfallsforbrenningsanlegg i Norge
- 3: Biogassanlegg for avløpsslam i Norge
- 4: Biocelle
- 5: Mekanisk Biologisk behandling
- 6: Aktørundersøkelsen

2. Prosjektets formål og rammer

Bakgrunn og formål

En stor andel av avfallet som oppstår betraktes som nedbrytbart avfall som er egnet for energiutnyttelse. Myndighetene har vedtatt forbud mot deponering av nedbrytbart avfall fra og med 1.7. 2009, noe som innebærer at store mengder av dette avfallet må få en annen disponering enn i dag.

Det er derfor gjennomført et prosjekt for å se på alternative måter å utnytte energien fra nedbrytbart avfall. Formålet med prosjektet har vært å klarlegge:

- Hvilke mengder nedbrytbart avfall som oppstår og hvordan dette kan utnyttes til energiformål.
- Alternative behandlingsformer som er aktuelle for nedbrytbart avfall.
- Kostnader, energieffektivitet og miljøgevinst ved energiproduksjon fra nedbrytbart avfall.
- Tiltak og forutsetninger for økt energiutnyttelse av nedbrytbart avfall.
- Drivkrefter, barrierer og behov for nye virkemidler.
- Hvordan tiltak i Norge vil påvirke eksport og utvikling i behandlingskapasitet i Sverige og Danmark.

Omfang og avgrensning

Nedbrytbart og annet brennbart avfall

I samsvar med myndighetenes definisjon/30/ omfatter nedbrytbart avfall fraksjonene:

- Papiravfall
- Trevirke
- Våtorganisk avfall
- Slam
- Tekstiler

I denne utredningen er det satt fokus på den delen av det nedbrytbare avfallet som er egnet for energiutnyttelse. Avfall som hage/park avfall og bioslam fra treforedlingsindustrien er derfor utelatt ettersom det er mindre egnet for energiproduksjon ved termisk eller biologisk behandling.

Det er på den annen side tatt med annet brennbart avfall, som ikke ligger inn under definisjonen av nedbrytbart. Dette kan være plastavfall, gummi osv som normalt følger det nedbrytbare avfallet til deponi eller forbrenning. Det er lite sannsynlig av dette avfallet vil få en særskilt behandling når deponiforbudet innføres, og det kan derfor ha interesse å vurdere energipotensialet også av dette avfallet.

Prosjektet omfatter i utgangspunktet ikke materialgjenvinning, noe som i og for seg kan betraktes som en svakhet, ettersom det ikke gjør det mulig å se potensialet for energiutnyttelse og materialgjenvinning i sammenheng. I vurderingen av potensialet for økt energiutnyttelse, er det her allikevel tatt hensyn til at redusert deponering også kan gi økt materialgjenvinning. Materialgjenvinning vil i mange tilfeller innebære en betydelig energigevinst i form av

reduisert energiforbruk, som kan være like store eller endog større enn energiutbyttet fra direkte energiproduksjon gjennom termiske og biologiske metoder. Det bør derfor vurderes å gjennomføre en samlet og mer inngående vurdering av potensialet for energiutnyttelse og materialgjenvinning.

Behandlingsløsninger

Nedbrytbart avfall kan behandles ved materialgjenvinning, biologisk behandling, termisk behandling og deponering. Deponering regnes som sluttdisponering av avfallet selv om det vanligvis skjer en omdanning av avfallet som bl.a. kan gi utslipp av metangass som eventuelt kan samles opp og utnyttes.

I denne utredningen omtales termisk og biologisk behandling.

Biologisk behandling omfatter utråtning (anaerob prosesser) med produksjon av biogass som kan brukes til ulike energiformål og komposterings (aerobe prosesser) som ikke gir noe utnyttbar energi og som dermed ikke er nærmere omtalt her. Termisk behandling er vanligvis forbrenning, og i praksis alltid forbundet med energiutnyttelse, enten som varmtvann, damp eller omdanning til strøm.

Det er valgt å ta med en kort beskrivelse av biocelle, jf. vedlegg 4 som biologisk metode og mekanisk-biologisk behandling (MBT) i vedlegg 5.

Mengdedata og usikkerhet

Mengdene er innhentet fra ulike kilder, men i hovedsak fra Statistisk sentralbyrå (SSB). Det er betydelig usikkerhet i datagrunnlaget som gir tilsvarende usikkerhet i beregningene av potensial. Det bør vurderes å gjennomføre mer grundige mengdevurderinger på et senere tidspunkt.

3. Termisk behandling

Forbrenning med energiutnyttelse er en miljømessig god løsning for nedbrytbart avfall, når energien utnyttes optimalt og fortrenger fossile energibærere.

Ut fra en grov sammenligning av de teknologikonsepter som foreligger vurderes ristteknologi og fluidized bed som mest aktuelle for termisk behandling med tilhørende energiproduksjon av nedbrytbart avfall som restavfall eller biobrensel. Forgassing og pyrolyse er fortsatt under utvikling og det vil trolig ta mange år før disse løsningene eventuelt kan bli et alternativ for avfall.

Innledning

Termisk behandling av avfall omfatter i hovedsak ulike forbrenningsprosesser der organisk materiale oksiderer termisk til i CO₂ og vanndamp. Termisk behandling med redusert oksygentilførsel (forgassing og pyrolyse) benyttes også for avfall, men i langt mindre grad enn forbrenningsløsninger.

Ved termisk behandling reduseres avfallets volum betydelig. Restproduktene etter forbrenning omfatter i hovedsak bunn- og flyveaske. Bunnasken kan viderebehandles for å ta ut jern andre metaller som syrefast stål, aluminium, sink, kobber osv. Restfraksjonen etter slagghåndteringen blir i Norge disponert på deponi som overdekkingsmasse eller til interne veier på avfallsanlegg.

Nedbrytbart avfall som brensel

Historisk har avfallsforbrenning vært en metode for å redusere volumet på avfallet, samtidig som det har vært en sikkert og hygienisk avfallshåndtering. I dag er fokus i like stor grad rettet mot mulighetene for energiutnyttelse og fjerning av miljøfarlig avfall fra kretsløpet. Avfall betraktes mer og mer som et brensel i en industriell prosess for produksjon av prosessdamp, fjernvarme- og elektrisitet.

Alt nedbrytbart avfall kan i prinsippet forbrennes så lenge brennverdien er tilstrekkelig til å fordampe vannet og varme opp avfallet slik at det forgasser og gassen antenner. Avfall med høyt fuktinnhold som matavfall og avløpsslam vil normalt ikke kunne forbrennes alene, og er derfor lite egne til forbrenning uten sammen med annet tørt brensel.

Avfallets egenskaper som brensel avhenger først og fremst av brennverdi og tørrstoffinnhold. Andre egenskaper som vil ha betydning for avfall som brensel er askeinnhold, askesmeltepunkt og innhold av forbindelser som kan bidra til luftforurensning (tungmetaller, klor, svovel osv.).

Avfallstrevirke benyttes i stor grad som brensel i bioenergianlegg tilknyttet fjernvarmenettet eller fastbrenselanlegg i industrien. Trevirke som ikke inneholder forurensninger som tungmetaller og halogener kan brennes i enklere anlegg med enklere renseutrustning ettersom de faller utenfor kravene i avfallsforskriften.

Brennverdi

Brennverdien for avfall angir den varmemengden som blir utviklet ved forbrenning og angis ofte som kalorimetrisk (eller øvre) brennverdi, nedre brennverdi eller effektiv brennverdi.

Øvre brennverdi angir brennverdien for den absolutt tørre bestanddelen i brenslaget. Ved forbrenning av absolutt tørt brensel dannes det vanndamp. Vanndampen forsvinner normalt ukondensert opp i skorsteinen og fordampningsvarmen går derfor tapt. Nedre brennverdi er derfor øvre brennverdi med fradrag for tapt fordampningsvarme. Effektiv brennverdi er nedre brennverdi redusert med fordampningsvarmen for det vann som brenslaget inneholder. Effektiv brennverdi er derfor den meste anvendelig i denne sammenhengen ettersom det angir avfallets brennverdi slik det foreligger.

En eksakt beregning av brennverdien til et avfall er vanskelig og forutsetter at avfallets kjemiske sammensetning er kjent. Beregninger av brennverdi for avfall, spesielt en blandet avfallsfraksjon vil derfor alltid være forbundet med usikkerhet. Blandet restavfall vil ha en brennverdi som ligger i området 2,8 – 3,1 MWh/tonn. Brennverdianslagene som er benyttet i denne studien er angitt nedenfor.

Tabell 2.2.1 Brennverdi i ulike avfallstyper. Anslått ut fra flere kilder.

Nedbrytbart avfall o.a.	Effektiv brennverdi
	MWh/tonn
Papir	3,6
Treavfall	3,0 ¹
Tekstiler	4,2
Våtorganisk avfall	0,8
Avløpsslam	0,5
Annet brennbart (plast)	8,3
Restavfall fra husholdninger	2,9

Tørrstoff og askeinnhold

Den brennbare delen av ordinært avfall utgjør kanskje ikke mer enn 30 – 40 % av avfallet. Resten er aske og vann. Det er derfor viktig å sørge for at avfallet gis tid til god utbrenning slik at all energien kan utnyttes mest mulig.

Tabellen nedenfor angir tørrstoff- og askeinnhold i ulike avfallsfraksjoner. Det er stort variasjonsområde her og tabellen angir et beste anslag ut fra flere kilder. Våtorganisk avfall og avløpsslam har lav brennverdi og vil ikke kunne brennes alene, men vil kunne forbrennes sammen med andre tørrere brenslager. Avløpsslam har dessuten svært høyt askeinnhold som ved forbrenning vil ende opp som et restprodukt.

¹ Brennverdi for trevirke ligger normalt i området 3,5 – 3,9 MWh/tonn. Her redusert ettersom en del av trevirkeavfallet er fuktig bark med lav brennverdi.

Tabell 2.2.2 Tørrstoff og askeinnhold i ulike avfallstyper. Anslått ut fra flere kilder.

Nedbrytbart avfall a.o.	Tørrstoffinnhold	Askeinnhold
	% TS	% av TS
Papir	80	10
Treavfall	75	3
Tekstiler	90	2
Våtorganisk avfall	30	14
Avløpsslam	25	45
Annet brennbart (plast)	80	3,5
Restavfall fra husholdninger	35	20

Avfallsforbrenningsanlegg – teknisk beskrivelse

Det er i primært 3 typer forbrenningsanlegg som kan benytte avfall som brensel:

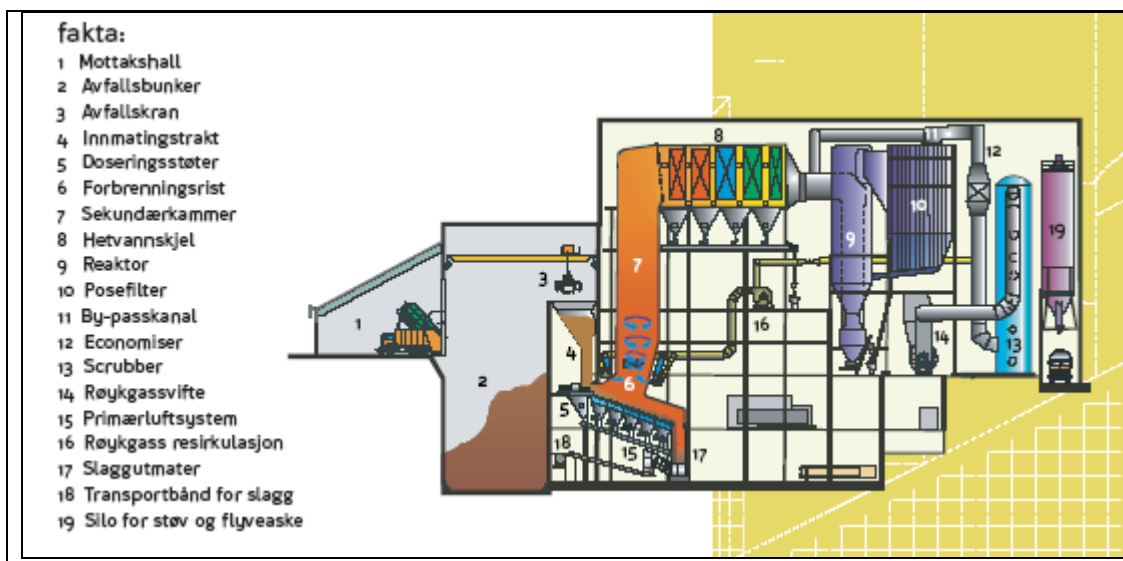
- Ristovner
- Virvesjiktovner (Fluidized bed)
- Roterovner

Alle disse anleggstypene benyttes til forbrenning av avfall, men det er ristovnsteknologi som dominerer både i Norge og verden for øvrig. Skjønnsmessig kan det antas at 95 % av kapasiteten for forbrenning av avfall i Europa er basert på ristovnsteknologi. Alle de store kommunale avfallsforbrenningsanleggene i Norge som brenner restavfall fra husholdninger og næringer (ordinært avfall) er ristanlegg.

Ristovner

Ved ristanlegg forbrennes avfall over en rist som sørger for fordeling av luft og god omblending av brenselet. Dette er spesielt viktig ved forbrenning av avfall som er alt annet enn et homogent brensel. Risten kan være plan, skrå eller trappet. Avfallet som passerer risten tørker opp, forgasser, antenner og forbrenner på risten.

Figur 0.1 Eksempel på ristanlegg – Heimdal varmesentral



Kilde: www.trondheimenergi.no

Ristanlegg kan bygges for ubehandlet avfall (masseforbrenning) eller for forbehandlet (kvernet og eventuelt sortert) avfall.

Anleggselementer som inngår i et ristanlegg er:

- Mottakshall/kjørehall
- Bunker og krananlegg for lagring og homogenisering
- Innmatingssjakt
- Innmatingsenhet
- Forbrenningsrist
- Forbrenningsluftsysteem
- Etterbrennkammer/kjel
- Røykgassrenseanlegg
- Røykgasssystem/skorstein
- Slagg- og askeutmatingsysteem

I et ristanlegg tømmes avfallsbrensel normalt i en bunker hvor en traverskran sørger for å mate avfall inn i innmatingssystemet som mater avfallet inn på risten. Med kranen kan kranføreren sørge for å blande ulike avfallstyper som tilføres bunkeren. I et stort masseforbrenningsanlegg er det ikke uvanlig at avfallet forbrennes ubehandlet. Det vil allikevel alltid være en fordel å dele opp store enheter for eksempel treverk og lignende fra bygge- og riveavfall. Mer homogent avfall gir et jevnt brenselstykke og god lufttilførsel til alt avfallet. Mottas det mye husholdningsavfall med matavfall vil brennverdien være lav, noe som må kompensere med å tilføre tørt næringsavfall.

En røykgassvifte sørger for å trekke røykgassene gjennom en andre og eventuelt tredje forbrenningsone, via varmevekslere og røykgassrenseanlegg før utslipp via skorsteinen. Forbrenningstemperaturen ligger normalt i området 950 – 1100 °C. I etterbrenningskammeret skal det være minst 850 °C i 2 sekunder for å oppnå god utbrenning av avfallsgassene.

Karakteristisk for et ristanlegg:

- Robust og driftssikker teknikk som er vel utprøvd over hele verden.
- Avfallet trenger i liten grad å forbehandles før forbrenning.
- Teknikken er velegnet for husholdningsavfall og brennbar næringsavfall med en brennverdi i området 8,5 – 12 MJ/kg.
- Energien som oppstår ved forbrenningsprosessen kan i høy grad utnyttes til prosess- eller fjernvarme og/eller til elektrisk kraft.
- Røykgassen er forurensset med tungmetaller og sure gasser og må renses før utslipp ved et omfattende gassrenseanlegg.
- Anleggene har høye kapital og driftskostnader.

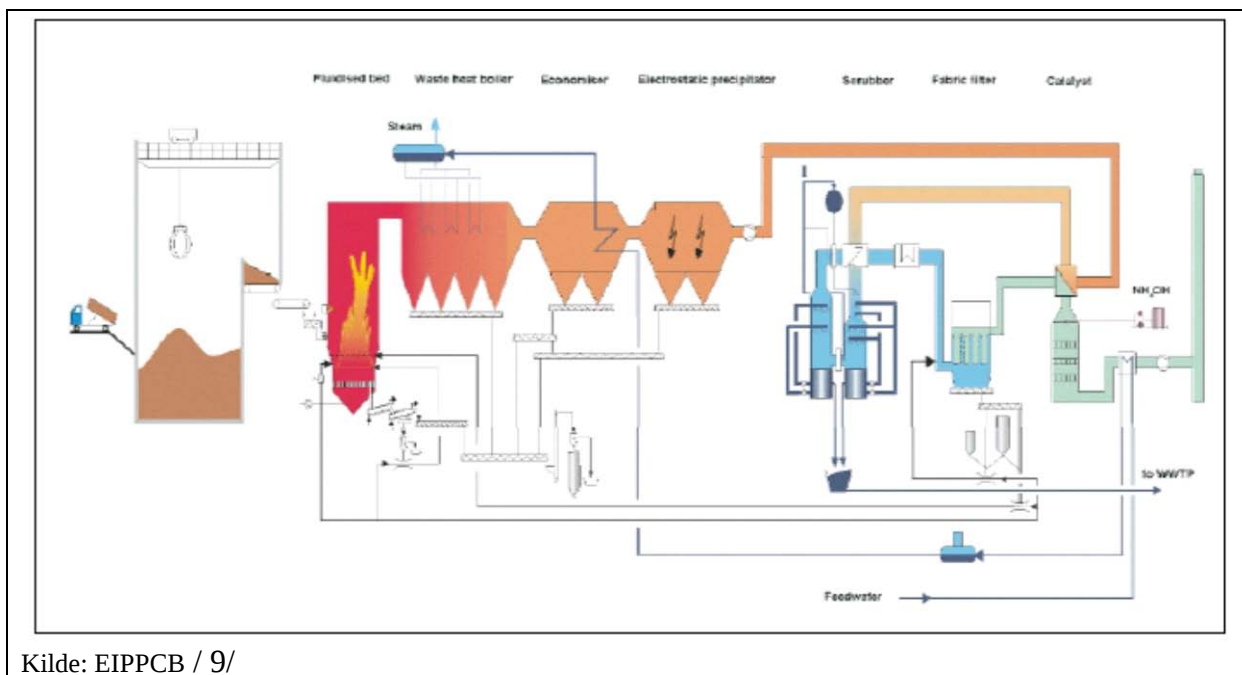
Fluidized Bed (Virvelsjiktanlegg)

Fluidized Bed (FB) er en velutprøvd anleggstype for forbrenning av homogene brensel (kull, treflis og annen biomasse) og benyttes også til forbrenning av avfallsbasert brensel og avløpsslam. I Europa er det flere FB – anlegg som brenner lite gjenvinnbar emballasje og høykalorifraksjonen fra et MBT – anlegg. I Norge er det etablert to fluidized bed anlegg, et

på Viken varmesentral i Oslo som brenner foredlet avfallsbrensel (RDF) og et som nylig satt i drift på Øra utenfor Fredrikstad.

Kjernen i denne anleggstypen er en vertikal reaktor med sand som settes i bevegelse av en luftstrøm. Når luftstrømmen blir stor nok vil sand/luftblandingen oppføre seg som en viskøs væske og brensel som tilføres reaktoren kan flyte og brenne i sand/luftstrømmen. Disse anleggstypene kalles boblende fluidized bed (BFB). Økes lufthastigheten følger mye av sanden i reaktoren med røykgassen. Røykgassen ledes via en syklon og sandpartiklene skilles ut og ledes tilbake til reaktoren. Syklonen bidrar til at sanden får en sirkulerende bevegelse. Slike anlegg kalles derfor ofte sirkulerende fluidized bed (CFB).

Figur 0.2 Eksempel på Fluidized Bed – Arnoldstein, Østerrike



Kilde: EIPPCB / 9/

FB anlegg er meget fleksible når det gjelder brenseltyper og kan benytte et stort spekter av brenslar både faste og flytende med stor variasjon i brennverdi. Avfall som skal brennes i et FB anlegg må forbehandles ved bl.a.:

- Kverning for å redusere stykkstørrelse ned til ca. 50 mm
- Siktig for fjerne inerte og tung avfallsfraksjoner (stein, grus),
- Metallavskilling (magnetisk/ikke-magnetisk)

Kjelanlegg og renseanlegg for et FB anlegg vil være tilsvarende som for et ristanlegg. Karakteristisk for et FB – anlegg er:

- Kan brenne mange typer brenslar både faste og flytende. Kan også brenne flytende avfall, avløpslam og høykalorifraksjoner (plastemballasje).
- Avfallet må forbehandles før forbrenning ettersom anleggene er meget kritisk til forurensninger i avfallet.
- Det oppnås jevn og konstant temperatur i brennkammeret noe som reduserer risiko for høy NO_x – dannelse.
- Røykgassen må renses som røykgassen fra et ristanlegg.
- Energien kan utnyttes på samme måte som et ristanlegg.
- På grunn av sandforbruket vil restproduktmengden fra et fluidized bed anlegg være relativt stor.
- Lavere investeringskostnader enn et ristanlegg, men høyere forbehandlingskostnader.

Roteroovner

Roteroovner representerer en meget robust forbrenningsteknologi. I avfallssammenheng brukes ovnstypen først og fremst til destruksjon av farlig avfall eventuelt sammen med sykehusavfall. Anleggstypen benyttes mye i industrien, bl.a. sementindustrien som også mottar mye avfall som alternative brenslar. Roteroovnsteknologi i Norge er benyttet på Norcem som benytter avfallsbrensel til erstatning for fossile brenslar som kull og petrokoks.

I et industrianlegg vil energien fra avfallet benyttes direkte i ovnen og fortrenge fossile energibærere. Anleggstypen vil normalt være for kostnadskrevenende for å være aktuelt som forbrenning av ordinært avfall og utenom sementindustrien benyttes denne anleggstypen i svært liten grad for denne avfallstypen. Anleggstypen omtales ikke nærmere.

Termisk forgassing og pyrolyse – teknisk beskrivelse

Termisk forgassing og pyrolyse innebærer at avfall omdannes under oppvarming ved sterkt underskudd på luft eller helt uten lufttilgang som i pyrolyseprosessen. Prosessene er prinsipielt relativt like, men produktene som dannes er noe forskjellige.

Pyrolyse

Pyrolyse er forgassing av avfall ved sterkt luftunderskudd ved 200 – 800 °C noe som fører til dannelse av syngass, koks og tjære. Gassen vil ha en positiv brennverdi og kan derfor utnyttes for el eller varmeproduksjon. Koks og tjære må behandles videre f.eks. forgasses for ytterligere produksjon av syngass.

Forgassing

Forgassing innebærer termisk nedbrytning av avfall under reduserte forhold (luftunderskudd) ved 800 – 1000 °C, til en syngass som kan benyttes til energiformål. En teknologi gassifiserer ved 2000 °C noe som innebærer at metall, aske og annet inert kan fjernes som flytende slag.

3.1.1.1 Status termisk forgassing

På slutten av 90 – tallet utviklet firmaet Organic Power små forgassingsanlegg for avfall og det ble etablert noen anlegg i Norge. Alle anleggene ble avvirket etter noen år på grunn av tekniske problemer og overutslipp.

Termisk forgassing har vært under utvikling i flere tiår fra begynnelsen av 70 tallet og fortsatt er den på utviklingsstadiet. Det er etablert noen anlegg i Europa, men mange av dem har vært i pilot eller forsøksdrift med betydelig driftsproblemer.

Det har tidligere vært store forventninger til prosessene og i forhold til forbrenningsprosesser skal de ha en rekke fordeler bl.a. / 13/

- Enkle og kostnadseffektive løsninger.
- Høy fleksibilitet i forhold til endringer i avfallssammensetning.
- Små røykgassmengder og dermed mindre kostnader til renseteknologi.
- Lave utslipp og høy virkningsgrad for energiproduksjon.

Til tross for dette er det ikke utviklet og tatt i bruk teknologi for behandling av avfall som er kommersiell interessant i stor målestokk.

I dag foregå utviklingen først og fremst innenfor kullforgassing med el. produksjon i kombikraftverk (både gass- og dampturbin). Det er forventet at denne type anlegg kan komme opp i 50 – 60 % el. virkningsgrad. Teknologien omtales ikke nærmere.

Andre termiske løsninger

Plasmateknologi

Plasmateknologi har vært under utvikling siden tidlig på 90 – tallet og det er etablert ett mindre anlegg for garveriavfall i Norge. Teknologien kombinerer høytemperatur gassifisering og plasmateknologi der syngassen dekomponeres ved 3000 – 5000 °C slik at tjæreforbindelser, klorerte hydrokarboner og andre organiske miljøgifter brytes ned.

Teknologien er fortsatt under utvikling og omtales ikke nærmere.

Slamforbrenningsanlegg

Avløpsslam har lav brennverdi og høyt innhold av aske, noe som gjør denne fraksjonen mindre egnet til termisk behandling. Termisk behandling av slam har heller ikke stor utbredelse i Skandinavia, men på kontinentet finnes det en god del anlegg, først og fremst fluidized bed anlegg, som samforbrenner slam og biobrensler eller kull. Slamforbrenning må betraktes som destruksjon og omtales ikke nærmere.

Fastbrenselanlegg - Bioenergianlegg

Både FB ovner og ristovner kan anvendes som bioenergianlegg med bruk av avfallstrevirke som brensel. Et bioenergianlegg for returflis vil være noe enklere og dermed også billigere enn et avfallsforbrenningsanlegg, men når det benyttes blandet trevirkeavfall som brensel, skal avfallsforskriftens krav følges. Det innebærer bl.a. full røykgassrenseutrustning og tilstrekkelig oppholdstid i etterforbrenningskammeret for å sikre god utbrenning av avfallet.

I motsetning til et avfallsforbrenningsanlegg som må destruere avfallet som kommer inn uavhengig av energiavsetningen, vil et bioenergianlegg være en ren energileverandør som

leverer all energien til nær- eller fjernvarme. Et bioenergianlegg vil derfor ha 100 % energiutnyttelsesgrad.

Energiproduksjon ved termisk behandling

Termisk og biologisk behandling gir mulighet for å produsere energi fra nedbrytbart avfall. Ved termisk behandling kan energi leveres som:

- Prosessdamp til nærliggende industri
- Fjernvarme (varmtvann) inn på fjernvarmenettet
- Kraft til strømmettet

Energianlegg basert på termisk behandling omfatter:

- Varmeverk med dampkjel eller varmtvannskjel som kan levere varme.
- Kraftvarme verk med dampkjel og turbin som kan levere både varme og el.
- Varmekraftverk med dampkjel og turbin som kan levere el.

Varmeverk

Varmenergien fra termisk behandling kan i et varmtvannskjelanlegg eller dampkjelanlegg leveres som fjernvarme eller nærvarme. Normal virkningsgrad for moderne anlegg er 0,8 – 0,85, altså et tap på 15 – 20 % av energien i avfallet. Hvor mye av energien som kan leveres avhenger av energibehovet over året. Et anlegg som leverer prosessdamp til nærliggende industri vil kunne levere all varmeenergien så lenge bedriften etterspør varme og vil kunne ha 90 – 100 % energiutnyttelsesgrad over året.

Et avfallsforbrenningsanlegg vil være designet for en bestemt kapasitet som normalt samsvarer med avfallsmengden som oppstår i nedslagsfeltet til anlegget. Avfallet kommer inn hver dag og energien som produseres vil måtte avsettes kontinuerlig. Et fjernvarmenett vil derimot ha stor variasjon i varmebehov over året. Dersom avfallsvarmeverket utgjør grunnlasten i fjernvarmenettet vil anlegget kunne levere inn all energien som produseres hele året og kunne komme opp mot 100 % energiutnyttelsesgrad. Dette er situasjonen mange steder i Sverige hvor fjernvarmenettet er godt utbygd.

Dersom varmeverket leverer mer energi enn fjernvarmenettet kan avta vil noe av energien måtte kjøles bort. Dette er en ganske vanlig situasjon i Norge hvor energiutnyttelsesgraden ligger på 70 – 80 % over året.

For å øke energiutnyttelsen kan det etableres brensellager med balling av tørt næringsavfall i sommermånedene for å brenne dette i perioder med stor energibehov. Det innebærer at anleggene går på redusert last sommertid for å unngå å kjøle vekk energi. I Sverige er denne driftsformen ganske vanlig, men i Norge er det få som vil eller kan redusere lasten sommertid.

Kraftvarmeverk og varmekraftverk

Damp fra et dampkjelanlegg kan benyttes i et dampturbinanlegg for å produsere el. Dampturbinen krever et damptrykk på minst 10 bar og benyttes normalt for litt større forbrenningsanlegg. Det finnes flere ulike typer dampturbiner. De vanligste er

kondenserende turbiner og mottrykksturbiner. De fleste store anlegg etablerer kondenserende turbiner med avtapping som gir en større fleksibilitet og høyere virkningsgrad.

I en kondenserende turbin utnyttes kondensasjonsenergien i dampen. I en avtappingsturbin kan damp tappes av ved ulike steg til ulike formål. Dampen kan varme opp varmtvann til fjernvarme i en varmeveksler eller leveres som prosessdamp. Dersom mye av energien omformes til el blir verdien av spillvarmen mindre. El. virkningsgraden i et slik system ligger i området 20 – 25 % for store anlegg.

I en mottrykksturbin ekspanderer dampen som dermed kan benyttes til prosessdamp eller varmekilde i et fjernvarmesystem. El. virkningsgraden ligger lavere for denne type turbinanlegg, men på store anlegg kan den komme opp mot 20 %. Derimot vil slike anlegg normalt gi høy varmevirkningsgrad slik at total virkningsgrad kommer opp mot 80 – 85 % dersom all damp kan leveres til fjernvarmenettet.

For norske forhold vil el. virkningsgraden neppe kunne bli høyere enn 20 - 22 % dersom all utnyttbar energi konverteres til el. Et varmekraftverk basert på avfall vil derfor ha lav energiutnyttelsesgrad også sammenlignet med varmekraftverk basert på fossile og andre brensler

Kostnader ved termisk behandling

Det er foretatt grove kostnadsanslag for forbrenningsanlegg og bioenergianlegg. Anslagene bygger på budsjettpriser fra leverandører, men det understrekes at det vil være betydelig kostnadsvariasjon avhengig av lokale forhold og krav som fastsettes av byggherren ved de enkelte prosjektene. Byggekostnadene kan i dagens situasjon bli vesentlig høyere enn anslått her.

Tabell 2.7.1 Behandlingskostnader for termiske behandlingsanlegg.

Anleggstype	Beskrivelse	Behandlingskostnad · (kr/tonn)
Ristanlegg Varmtvannskjel	Anslått for 20 tonns anlegg	900 – 1000 kr/tonn
Ristanlegg Kraftvarmeanlegg	Anslått for 20 tonns anlegg	1100 – 1200 kr/tonn
FB - anlegg	Forbehandlingskostnaden kan ligge i området 300 kr/tonn.	700 – 900 kr/tonn
Bioenergianlegg	Kostnader for kjøp av kvernet returflis kan ligge i området 300 kr/tonn.	600 – 700 kr/tonn

Miljøforhold (ved forbrenning av nedbrytbart avfall)

Utslipp til luft

Forbrenningsanlegg vil ha utslipp til luft og ved våte renseprosesser vil det også være utslipp til vann. Utslippene til luft omfatter utslipp av tungmetaller, sure gasser og partikler. Miljøeffektene er i denne studien avgrenset til utslipp av NO_x og støv.

Tabell 2.8.1 Utslipp til luft av NOx og støv fra forbrenning

Utslipp til luft	Nox		Støv	
	kg/tonn	kg/MWh	kg/tonn	kg/MWh
Avfallsforbrenning	1,0	0,5	0,05	0,03
Fastbrenselanlegg	1,1	0,3	0,05	0,02

Klimautslipp

Forbrenning av nedbrytbart avfall vil i hovedsak bidra til utslipp av CO₂ som anses som klimanøytralt. Tekstiler og annet brennbart avfall vil ha fossile utslipp som vil gi et klimabidrag. Klimautslipp ved forbrenning av nedbrytbart avfall er oppsummert nedenfor

Tabell 2.8.2 Utslipp til luft av NOx og støv fra forbrenning

Avfallsfraksjon	Klimautslipp	
	kg CO ₂ ekv/tonn fraksjon	kgCO ₂ ekv/MWh produsert
Papir	0	0
Treavfall	0	0
Tekstiler	1000	280
Våtorganisk avfall	0	0
Slam	0	0
Annet brennbart	2000	280
Restavfall	300	120

Nærmiljø

Et avfallsforbrenningsanlegg vil normalt måtte etableres nær bybebyggelse primært for å kunne levere energi inn i et fjern- eller nærvarmesystem. Anlegg vil kunne påføre nærmiljøet sjenanse i form av:

- Støy
- Lukt
- Innsyn/estetikk

Støyulempene er antakelig det mest relevante problemet og skyldes både maskinstøy (vifter, motorer og lignende) og støy fra trafikk og intern håndtering av avfall (containerhåndtering). Maskinstøy kan løses teknisk med valg av støysvake løsninger, innebygging og skjerming. Støy fra interntrafikk kan løses gjennom driftstekniske tiltak og trafikk til og fra gjennom regulering av driftstiden.

Forbrenning av avfall vil gi opphav til lukt først og fremst fra lagringen av avfall i bunker og i noen grad fra utslippet til luft. Røykgassene må gjennomgå en omfattende rensing for å tilfredsstille kravene i utslippstillatelse. Dette vil også redusere luktemisjonene. Samtidig vil utslippspunktet være høyt plassert noe som gir god fortynning av luktgassene før de når bebyggelsen. Lukt fra lagring av avfallet må håndteres gjennom tekniske tiltak (undertrykksventilasjon i bunker, bruk av hurtigvirkende porter) og drift. Redusert innhold av matavfall i avfallet til forbrenning vil kunne redusere lukten fra bunkerområdet.

Et forbrenningsanlegg vil bære preg av å være en industriell virksomhet som ikke så lett kan forenes med et boligmiljø. Beboerne vil både kunne oppleve at anlegget reduserer verdien av nærmiljøet som tur- og rekreasjonsområde og verdien av den enkeltes bolig.

Løsningens holdbarhet

Teknologisk robusthet

Forbrenningsanlegg basert på ristteknologi eller fluidized bed er meget godt utprøvd gjennom mange år og svært robust. Stadig nye forbrenningsprosjekter og stadig strengere utslippskrav har bidratt til sterk teknologiutvikling. Teknologien må betraktes som holdbar i et langsiktig perspektiv.

Miljømessig på sikt

Forbrenning av avfall har gjennomgått en kraftig oppgradering de siste 20 – 30 årene og utslippene fra moderne forbrenningsanlegg er relativt små og svært små i forhold til situasjonen på 70 og 80-tallet. Det gjelder både tungmetallutslippene, utslippene av sure gasser og organisk miljøgifter. Selv om anleggene slipper ut en rekke organiske og uorganiske forbindelser, har mange års forskning og utvikling medført at miljøforholdene ved avfallsforbrenning er akseptable og forutsigbare.

Når forbrenning av avfall med energiutnyttelse fortrenger andre fossile energibærere vil det gi en positiv miljøgevinst spesielt i forhold til klima. Forbrenning av nedbrytbart avfall anses som klimanøytralt, men forbrenning av annet brennbart avfall derimot vil gi et negativt klimabidrag. Avfallsenergi er derfor ikke bare fornybar energi. Energien som produseres fra norske avfallsforbrenningsanlegg er ca. 50 % fornybar.

Det skal heller ikke underslås at forbrenningsanleggene kan gi et betydelig bidrag til luftutslippene lokalt i kommuner der ellers er lite industrivirksomhet.

Politisk/folkelig motstand

Det har vært betydelig politisk og/eller folkelig motstand mot etablering av avfallsforbrenningsanlegg mange steder i Norge. Store deler av nasjonal og europeisk miljøbevegelse er sterke motstandere av avfallsforbrenning både ut fra forurensningsaspektet og fordi de mener forbrenning fortrenger kildesortering og gjenvinning. Det påpekes at økt utbygging av forbrenningskapasitet er en barriere for økt kildesortering og gjenvinning.

”Not-in-my-backyard” – syndromet slår ofte inn ved etablering av nye forbrenningsanlegg, noe som innebærer at det er vanskelig å nå fram med saklig informasjon.

4. Biologisk behandling

Biogassanlegg vil være forskjellig, både med hensyn til kildesortering, forbehandling, selve biogassprosessen, etterbehandlingen og bruken av bioresten. Dette innebærer at et godt biogassanlegg med høyt energiutbytte, god utnyttelse av energien og god sluttdisponering av bioresten vil være en meget god miljømessig løsning. Det finnes også eksempler på løsninger som ikke er det. Myndighetene kan derfor spille en viktig rolle med å sette krav til anleggene, noe som vil kunne være med å sikre:

- Høy utnyttelse av energien i avfallet.
- Lave lekkasjer av metan og utslipp av lystgass.
- Ingen alvorlige luktulemper i nærområdene.
- Effektiv utnyttelse av den produserte bioresten.

Biogassprosessen

I en biogassprosess omsettes biologisk nedbrytbart materiale til biogass. Prosessen er en biologisk prosess drevet av en sammensatt flora av mikroorganismer som skjer anaerobt, det vil si uten tilgang på oksygen. Mer stabile organiske forbindelser, som for eksempel lignin i treverk vil ikke omsettes i et biogassanlegg, men blir igjen som et restprodukt sammen med næringssalter og andre uorganiske salter. Hvor effektiv omsetningen til biogass er, vil være avhengig av flere forhold som:

- avfallets sammensetning og beskaffenhet
- prosess tekniske forhold,
- temperatur
- behandlingstid.
-

Figur 01.1. Mjøsanlegget på Lillehammer levert av Cambi as



I Norge har vi i dag om lag 15 biogassanlegg som behandler avløpsslam fra kloakkrenseanlegg, mange av disse ble bygget på 80- og 90-tallet. Biogassanlegg som er basert på behandling av kildesortert matavfall ble først etablert etter år 2000 og vi har i dag 5 anlegg, men flere er under planlegging og bygging. Vi har i tillegg noen mindre gårdsbaserte biogassanlegg som baserer seg på husdyrgjødsel blandet med matavfall/avfall fra næringsmiddelindustrien.

Ulike biogassprosesser

Det er utviklet svært mange forskjellige typer biogassprosesser, fra svært enkle små anlegg til høyteknologiske store industrianlegg som er mest aktuelle for behandling av avfall.

Prosessene kan klassifiseres etter ulike kriterier:

- Etter type substrat: kildesortert matavfall, blandet husholdningsavfall, avløpsslam, husdyrgjødsel, næringsmiddelavfall, industriavfall (f.eks. fra treforedlingsindustri), eller blandinger av disse.
- Antall prosesstrinn: Ett-trinns eller to-trinns prosesser
- Gjennomstrømning: Plug-flow eller totalomblandet system
- Temperatur: mesofil (typisk 30 – 38 °C), eller termofilt temperaturområde (typisk 50 – 60 °C)
- Tørrestoffinnhold: Tørre, halvtørre eller våte prosesser

Våte prosesser

Våte metanprosesser arbeider med et tørrestoffinnhold lavere enn 10 – 15 % og substratet skal være pumpbart og må derfor inneholde minst mulig av fremmedlegemer som kan sette seg fast i pumper og røreverk. Alle norske biogassanlegg som behandler avløpsslam, husdyrgjødsel og alle utenom ett anlegg som behandler matavfall er av denne typen.

Tørre prosesser

Tørre metanprosesser har gjerne et tørrestoffinnhold på 25 – 35 % og er aktuelle ved biogassprosesser som behandler relativt tørt utgangsmateriale som kildesortert matavfall og energigvekster. Vi har ikke slike anlegg i Norge i dag, men de er ganske vanlige på kontinentet hvor matavfallet har en større innhold av hage/parkavfall.

Perkolasjonsprosesser

Ved perkolasjonsprosesser behandles avfall som i utgangspunktet har et høyt tørrestoffinnhold og en porøs struktur. Vann perkolerer/vaskes gjennom materialet. Her skjer det delvis en hydrolyse, og de vannløslige hydrolyseproduktene føres til en biogass reaktortank hvor resten av prosessen skjer. I Norge har vi ett anlegg av denne typen i dag.

Press-saftløsninger – en mellomløsning mellom biogass og kompostering

I en press-saftløsning tilsettes biomassen vann slik at tørrestoffet reduseres til om lag 25 %. Deretter "presses saften ut av biomassen" ved for eksempel bruk av en eksenterskruepresse. Vi sitter da igjen med en tørrere fraksjon (tørrestoff i området 40 %) som etterbehandles ved kompostering. Den våte fasen vil ha et tørrestoffinnhold på ca. 13 % og kan tilføres en vanlig biogass reaktortank. Et slikt anlegg vil produsere relativt mye kompost, men til dels langt

mindre biogass enn tradisjonelle løsninger. Utbyttet kan være så lavt som 25 % av en vanlig våt løsning.

En fordel med løsningen er at komposteringen sannsynligvis vil kunne foregå lettere nå, siden væske og lett nedbrytbart (luktede) organisk materiale fjernes/tilføres biogassprosessen. Biogassprosessen gir mulighet for produksjon av bioenergi, i motsetning til tradisjonelle komposteringsanlegg uten press-saftløsning. Samtidig unngår man en del av de tekniske problemene som ofte er knyttet til forbehandlingsløsningene. Vi har ikke slike anlegg i Norge i dag, men det vurderes enkelte steder.

Ett-trinns og to-trinns prosesser

Til tross for mye forskning på to-trinns prosesser som peker på muligheter for bedre hydrolysering og et større gassutbytte, så har ikke markedet foreløpig blitt overbevist. Årsakene til dette henger trolig sammen med noe høyere investeringskostnader og mer kompleks drift for to-trinns prosesser. Vi har ikke to-trinns anlegg i Norge i dag, men vi har anlegg som lagrer biogassen etter reaktorbehandlingen, og hvor metan samles opp fra denne etterlagringen. Avhengig av temperatur, og i hvilken grad hele biogasspotensialet er hentet ut i hovedbehandlingen, vil en slik utnyttelse av etterlageret kunne gi en økning i gassutbytte på helt opp mot 15 – 25 %.

Ut fra et miljøsynspunkt er det svært viktig at metan samles fra et slikt etterlager, og ikke slippes ut i atmosfæren. Alternativet er at bioresten avvannes umiddelbart etter prosessen, noe som i hovedsak stopper metanproduksjonen før lagring. Dette gjøres også ved norske anlegg i dag.

Gjennomstrømningssystem / Plug-flow system

Et gjennomstrømningssystem er gjerne utformet slik at substratet strømmer sakte gjennom en passasje med stor overflate (som i en varmeveksler) og hvor organismene sitter på overflaten mens væsken/substratet passerer forbi. I begynnelsen av prosessen skjer hydrolysen mens syredannelse og metandannelse skjer sekvensielt utover i prosessen.

Prosesselementer i et biogassanlegg

Det er viktig å være klar over at et biogassanlegg består av langt mer enn en biogass reaktortank hvor biogassen produseres. En viktig del av et anlegg som behandler kildesortert matavfall er forbehandlingen som gjerne omfatter utstyr for:

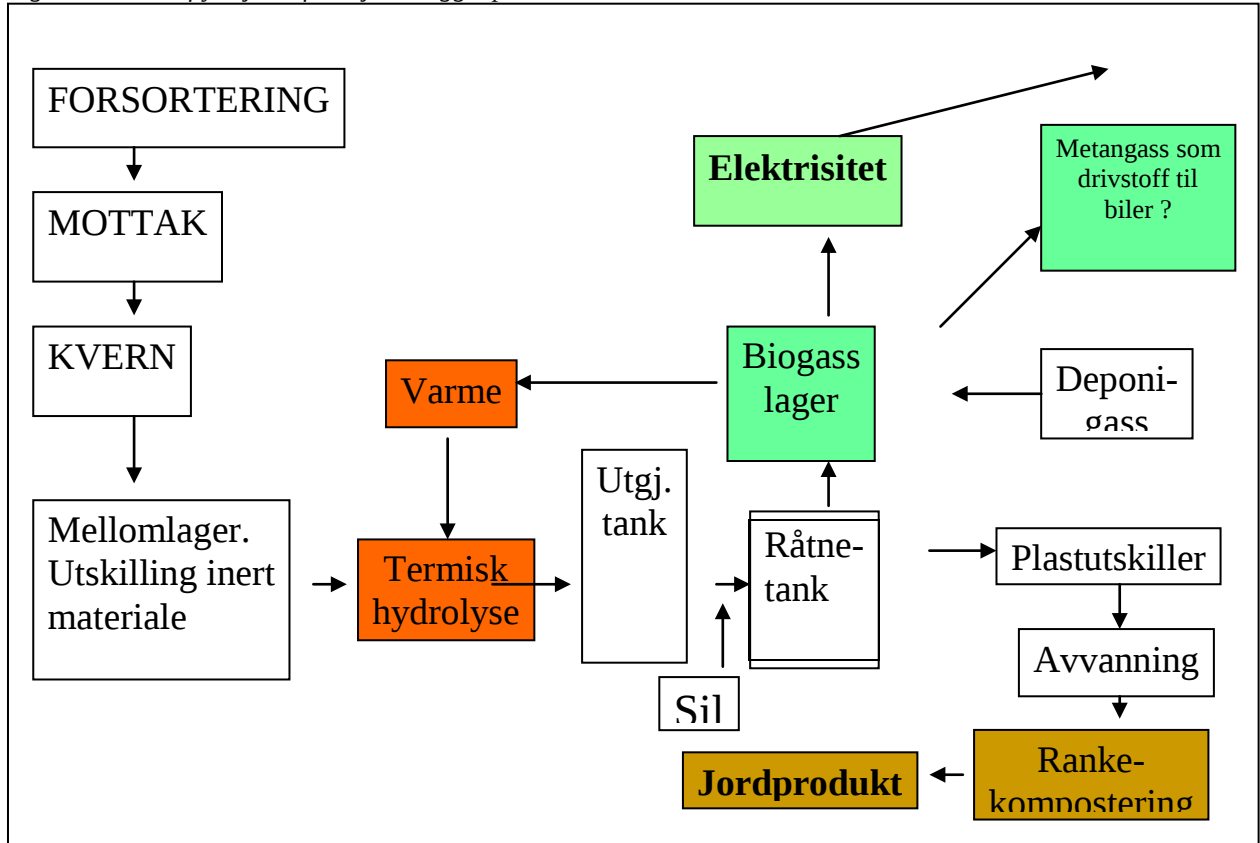
- Poseåpning
- Neddeling (kvern)
- Fjerning av forurensninger (vindsikt for fjerning av plast)
- Fjerning av inert materiale (stein, grus, metaller).

I tillegg er det gjerne en hydrolysetank i forkant og flere buffertanker for å utjevne belastningen på anlegget. Forbehandling av kildesortert matavfall vil være omfattende, teknisk utfordrende og kostbart. Forbehandlingsutstyret på anlegg som behandler flytende avfall (organisk industriavfall, bioslurry) eller avløpsslam er mye enklere.

Biogassen som produseres kan gjerne lagres midlertidig i et gasslager. Videre behandling av produsert biogass vil være avhengig av anvendelsen. Det kan være:

- avbrenning av biogassen i en fakkel (ingen energiutnyttelse)
- gassmotor og generatorer for produksjon av el og varme,
- oppgradering/rensing for produksjon av drivstoff eller direkte leveranse som gass til sluttbruker eller inn på et naturgassnett.

Figur 0.1. Enkel flytskjema for Mjøsanlegget på Lillehammer



Et biogassanlegg vil best kunne beskrives ved en enkel beskrivelse av de ulike trinnene i prosessen:

- Innsamlingssystemet
- Forbehandlingen,
- Hygieniseringsmetoden,
- Biogass prosessen,
- Bruken av biogassen,
- Bruken av bioresten,
- Luftrensingen,
- Anleggets kostnader,
- Anleggets klimaeffekter
- Anleggets miljøeffekter.

Dette er vist mer i detalj i tabell 3.3.1 nedenfor.

Tabell 3.3.1 Oversikt over de ulike elementer i biogassystem som behandler matavfall fra husholdninger

Prosesselementer	Beskrivelse av alternative metoder (flere metoder kan kombineres i samme anlegg)
1. Innsamling	• Kildesortering av matavfall. - o Bruk av papirposer/bioposer/plastposer/annet. • Innsamling av blandet avfall. - o Lokal kildesortering/innlevering av papir, plast, glass, metall, farlig avfall. • Transport / bil. • Annet avfall (slakteriavfall, meieriavfall, storhusholdningsavfall, husdyrgjødsel etc.)
2. Forbehandling	• Grovsikt (f.eks. trommelsikt eller stjernesikt, 150 mm). • Magnet for fjerning av jern. • Vindsikt for fjerning av plast. • Kverning, f.eks. skrukevern, åpning av plastposer. • Bruk av skruepresse for skille pressaft og tørr fraksjon. • Våt forbehandling – pulper (blandingstank for tilsetning av vann og uttak av sedimentert sand, grus, glass etc.). • Hydrolysetank (biologisk sur hydrolyse). • Bioperkolasjon (f.eks. Hera vekst på Elverum).
3. Hygienisering	• Min. 70 °C i en time. • Termisk hydrolyse (tilpasset ABP-forordningens Kat 2 eller kat. 3).
4. Biogassprosess	• Mesofil prosess/Termofil prosess. • Valg av oppholdstid, røreverk, tørrstoffnivå, pH etc. • Ett-trinnsprosess/To-trinnsprosess. • Med/uten oppsamling av restbiogassproduksjon.
5. Bruk av biogass	• Avbrenning i fakkell. • Brukt som varme/el og varme. • Brukt til drivstoff - Oppgraderingsteknikk og metantap. • Innmating på naturgassnettet.
6. Bruk av biorest	• Bruk av uavvannet biorest i landbruket. - o Brukt i konvensjonelt landbruk – erstatter kunstgjødsel. - o Brukt i økologisk landbruk – muliggjør dette. • Avvanning av biorest (sentrifuge, filterpresse, annet). - o Fremstilling av kompost / bruk av strukturmateriale eller hage- og parkavfall. - o Komposteringsmetode (energibruk, luktutslipp, utslipp av klimagasser). - o Fremstilling av jordblandinger. - o Erstatte bruk av torv. • Bruk av vannfraksjon etter avvanning som gjødselvann. - o Vannfraksjon må renses/denitrifiseres. - o Nitrogenet utnyttes (N-stripping, f.eks.VEAS, omvendt osmose).

Prosesselementer	Beskrivelse av alternative metoder (flere metoder kan kombineres i samme anlegg)
	- o Vannfraksjon slippes ut i resipienten. - o Vannet brukes til fukting av kompost etc. - o Vannet går til fastfilmprosess for restproduksjon av metan.
7. Luftrensing (lukt)	• Fortynningseffekt/høyt utslippspunkt. • Eget luktreanseanlegg (biofilter, scrubber, ozon, termisk oksidasjon, kombinasjon av flere løsninger). • I primær-/sekundærluft til forbrenningsanlegg. • Ingen luktbehandling.

Energiproduksjon fra biologisk behandling

Biogass består i hovedsak av en blanding av metan og karbondioksid. Biogass dannet i et deponi skiller seg fra biogass dannet i et biogassanlegg ved at den gjerne er mer forurenset med andre gasser og har da et lavere metaninnhold. Den omtales derfor som deponigass. Tabellen viser en del egenskaper ved biogass fra organisk avfall og fra kloakkslam, deponigass og naturgass.

Tabell 3.4.1 Egenskaper for biogass fra organisk avfall og fra avløpsslam, deponigass og naturgass

		Biogass fra org. avfall	Biogass fra kloakkslam *	Deponigass	Naturgass
Metaninnhold (CH ₄)	Vol-%	60 - 70	60 - 70	35 - 65	-
Andre hydrokarboner	"	0		0	10
Hydrogen (H ₂)	"	0	spor	0 - 3	0
Karbondioksid (CO ₂)	"	30 - 40	30 - 40	15 - 50	0,9
Nitrogen (N ₂)	"	0,2	0,2	5 - 40	0,3
Oksygen (O ₂)	"	0	Spor	0 - 5	0
Hydrogensulfid (H ₂ S)	ppm	600 – 1000*	< 10	< 300	1 - 8
Ammoniakk (NH ₃)	"	100		5	0
Tetthet	Kg/Nm ³	1,2	1,2	1,3	0,83
Brennverdi (ubehandlet)	kWh/Nm ³	6 – 7 (*)	6 - 7	4,5 - 6	11

Kilder: Svensk Gastekniskt Center, 2006; Ohr et al., .

El og varme fra biogass

Ved bruk av biogass til el og varme er det ikke nødvendig å øke brennverdien, det vil si at det ikke er nødvendig å redusere innholdet av karbondioksid. Man ønsker imidlertid å senke gassens vanninnhold og innholdet av hydrogensulfid. Et høyt innhold av hydrogensulfid medfører korrosjon og skader i dyser etc. Et høyt innhold av hydrogensulfid vil også medføre et høyt forbruk av olje i generatorer og høye driftskostnader. Det finnes en rekke forskjellige metoder for fjerning av hydrogensulfid og vanndamp og dette er ikke veldig kostbart.

Ved produksjon av el ved bruk av generator får man omlag 30 – 40% av energien i form av strøm. Resten omdannes til varme. Dersom varmen utnyttes kan opp mot 85% av energien gjenvinnes.

Norske biogassanlegg basert på avløpsslam (kloakkrenseanleggene) produserer i dag strøm og varme for eget bruk. Biogassanlegg basert på matavfall produserer el for eget bruk og for salg, mens varmen benyttes internt.

Utnyttelsen av varmeenergien er viktig både ut fra et økonomisk og et miljømessig perspektiv når biogassen brukes til produksjon av el og varme.

Kun varme fra biogass

Det er en relativt høye kostnader knyttet til el produksjon fra biogassen og dagens kraftpris kan normalt ikke forsvare investering i gassmotor og generator. Et alternativ er at gassen kun benyttes til produksjon av varme. Dette er aktuelt for gårdsanlegg og andre små biogassanlegg eller anlegg som er plassert nær varmesentraler, hvor biogassproduksjonen kan benyttes som grunnlast mens det økte varmebehovet i vinterhalvåret kommer fra biobrensel. Dette er aktuelt ved Follo Ren sitt planlagte anlegg på Ås.

Ved å utnytte biogassen kun til varme får man ikke utnyttet at biogass er en høyverdig energi (høy exergi, lav entropi). Dette er således ikke en optimal utnyttelse av energien, sett fra et ressurs-synspunkt.

Biogass i naturgassnettet

Dersom biogass skal kunne mates inn på et naturgassnett må den oppgraderes slik at den ikke reduserer kvaliteten til naturgassen. Oppgradering av gass er kostbart og det er således bare aktuelt for store anlegg. Det foregår imidlertid nå mye FoU-aktivitet for å redusere kostnadene for oppgradering, og det kan forventes at mer kostnadseffektive løsninger i nær framtid, for eksempel innen en tidshorisont på 10 år.

Innmating av oppgradert biogass på naturgassnett krever selvsagt tilstedeværelse av et nett, og i Norge er det foreløpig et begrenset omfang av slike nett. På Jæren har Lyse etablert et nett og det planlegges her et større biogassanlegg basert på matavfall og husdyrgjødsel hvor rensert biogass skal mates inn på nettet. Lyse energi er involvert i biogassanlegget, og netteiere er interessert i å få blandet inn biogass for å få inn en andel fornybar energi i gassen.

Ved å mate biogass inn på et naturgassnett, vil gassen distribueres direkte til forbruker, noe som sikrer en høy grad av utnyttelse av gassen.

Biogass som drivstoff

Oppgradert biogass og naturgass er godt egnet som drivstoff. Det gir lave utslipp av partikler, svoveldioksid og NO_x. Biogass basert på organisk avfall og kloakkslam vil dessuten være CO₂-nøytralt. Dette er således langt på vei det ideelle drivstoff. Oppgraderingen kan gjøres med tilsvarende metodikk som oppgradering for innmating på naturgassnett, men krever noe lavere renhet med hensyn til CO₂, <3% mot <1% for innmating på naturgassnettet. En oppgradering er foreløpig kostbart og er bare aktuelt for store biogassanlegg.

Ved å benytte biogass som drivstoff utnyttes biogassen som en høyverdig form for energi, og den erstatter i sin helhet bruk av fossilt brensel. Det er således en god utnyttelse av biogassen.

De vanligste metodene for oppgradering av biogass er i dag

- Vannskrubber
- PSA
- Kjemisk adsorpsjon

Vannskrubber innebærer at vann absorberer karbondioksid langt mer effektivt enn lite vannløselig metan. I dag vil CO₂-innholdet i produsert biometan være på mindre enn 0,5%. Ved et lavt innhold av hydrogensulfid (< 100 ppm) vil hydrogensulfid kunne fjernes i samme prosess. Denne prosessen er uavhengig av kjemikalier. Metantapet fra prosessen er i utgangspunktet på ca 1%, men ved en etterbehandling kan den i dag reduseres til under 0,2%.

PSA (Pressure Swing Adsorption) er basert på at metan adsorberes i ulike grad på zeolitter eller aktivt kull. Metoden krever ikke tilgang på vann og har ingen utslipp av vann utover kondensvannet fra rågassen. Restgassen kan inneholde om lag 1% metan, men ved etterbehandling kan dette også her reduseres til under 0,2%.

Ved kjemisk adsorpsjon reagerer karbondioksid med et adsorpsjonsmiddel, for eksempel ulike typer etylaminer som regenereres. Ellers har prosessen mye til felles med vannskrubber. Metoden gir ubetydelige utslipp av metan og det kreves ikke tilgang på vann. Ved regenereringen oppnås CO₂ med stor renhet. Ulempen er at metoden krever bruk av kjemikalier og et stort energiforbruk.

I tillegg til de omtalte metodene er kryoteknikker og membranteknikker under utvikling.

Det er i dag en utfordring å få teknikker tilpasset små anlegg til en akseptabel økonomi og med lave lekkasjeutslipp av metan til atmosfæren. Det er stor interesse for dette, siden el-produksjon i dag er lite kostnadseffektivt for anleggene, og krever mye oppfølging og vedlikehold.

Kostnader

Kostnader til investering og drift av biogassanlegg er innhentet fra flere etablerte og planlagte biogassanlegg som behandler matavfall og våtorganisk avfall fra næringsmiddelindustri i Norge. Anleggene oppgir nokså like behandlingskostnader, men tallene må allikevel benyttes med forsiktighet, da vi foreløpig har begrenset erfaring med biogassanlegg spesielt fra kildesortert matavfall.

Anlegg som etableres vil velge forskjellig kombinasjoner i de forskjellige trinnene, avhengig av lokale forhold, størrelse, avfallets beskaffenhet og sammensetning, hva biogassen skal utnyttes til og hvordan bioresten skal anvendes. Dette innebærer at kostnadene per tonn avfall behandlet, eller en kostnad for spart utslipp av tonn CO₂-ekvivalenter kan variere betydelig mellom de ulike konseptene avhengig av lokale forhold.

Investeringskostnader

Når det gjelder investeringskostnadene, så ligger disse i området 2 til 4 millioner kroner per årstonn behandlet avfall. I disse tallene inngår forbehandling, selve biogassanleggene og evt. generatorer for produksjon av el, samt bygginger. Variasjonene henger noe sammen med hvilke typer avfall som skal kunne behandles (f.eks. kategori 2 og 3 i EU's ABP-forordning), hvor avanserte anleggene er med hensyn på hygiene samt anleggenes fleksibilitet med hensyn til mulighetene for oppgradering/utvidelse av kapasitet i framtiden.

Driftskostnader

Når det gjelder de anslåtte driftskostnader, så varierer de langt mindre, og anslås av de fleste anleggene til mellom 700 og 800 kroner per tonn mottatt avfall. Disse tallene har ikke variert, avhengig av anleggstype.

I tillegg kommer kostnader til kildesortering av matavfallsfraksjonen fra husholdninger og storhusholdninger som kan ligge i området 600 – 1000 kr/tonn.² Avfall fra næringsmiddelindustri vil ha lave eller ingen sorteringskostnader, slik at det her kun er snakk om transportkostnaden til anlegg.

Driftsinntekter

Markedet for biogass er umodent og prisene normalt lave.

Inntekter ved salg av el vurderes av anleggseierne som ubetydelig, siden kostnadene ved investeringer og drift av gassmotor og generator er så store og inntektene ved salg av el så lave at investeringen i beste fall balanserer.

Kostnadene ved produksjonen av jordproduktene er såpass store at inntektene ved salg har liten innflytelse på driftskostnadene totalt sett. Det er imidlertid svært viktig av miljø- og ressursmessige årsaker at denne avsetningen sikres.

Miljøforhold (ved biologisk behandling av nedbrytbart avfall)

Klimagasser

Et biogassanlegg som behandler organisk avfall produserer biogass, som i hovedsak er en blanding av metan og karbondioksid. Siden produsert karbondioksid er av biologisk opphav er denne å anse som klimanøytral.

4.1.1.1 Biogass som erstatning for fossilt brensel

Metan som dannes kan benyttes som energikilde, f.eks som drivstoff, til produksjon av el og varme, eller til ren varmeproduksjon. Ved forbrenning av metan dannes karbondioksid og vann. Også dette utslippet av karbondioksid er å anse som klimanøytralt. Den produserte energien kan imidlertid erstatte fossilt produsert energi og på den måten ha et positivt klimabidrag. Den positive effekten vil bestemmes av hvor effektivt anlegget er til å omdanne organisk avfall til biogass. Et godt biogassanlegg vil kanskje kunne produsere 200 m³ biogass per tonn kildesortert matavfall, men et mindre effektivt anlegg kanskje bare produserer 100 m³.

4.1.1.2 Lekkasje av metan fra biogassanlegget

De vil være små diffuse utslipp av biogass fra et biogassanlegg. For nye moderne anlegg med løpende lekkasjesøking bør dette kunne komme ned i området 0 – 0,5 % av produsert metan. Eldre biogassanlegg kan ha større utslipp. Dette vil ha et negativt bidrag på klimagassutslippet.

² Den reelle kostnaden ved innføring av kildesortering avhenger av hvilket regime man går fra og hvilket man går til. For flere kommuner har derfor innføring av kildesortering av matavfall ikke gitt noen kostnadsøkning eller kun marginalt høyere kostnader.

4.1.1.3 Lekkasjer ved oppgradering til biometan/drivstoff

Ved oppgradering av produsert biogass til drivstoff vil vi også kunne få et metantap i størrelsesorden på 0,2 - 0,5% ved moderne oppgraderingsmetoder og rensetiltak. Eldre anlegg kan ha utslipp i størrelsesorden 1 – 2 %.

4.1.1.4 Produsert biorest som erstatning for kunstgjødsel

Hvis vi anslår at innholdet av nitrogen i kildesortert matavfall er på ca 2% av TS vil 1 tonn kildesortert matavfall med et tørrstoff på 33% ha et nitrogeninnhold på om lag 7kg. Hvis resten benyttes som gjødsel til erstatning for kunstgjødsel og effektiviteten er på 50% vil dette kunne ha et positivt bidrag på ca 20 kg CO₂ per tonn avfall.

4.1.1.5 Lekkasje av lystgass ved denitrifikasjon av gjødselvann

Dersom bioresten avvannes, så er det av stor betydning hvordan vannfraksjonen som inneholder mesteparten av nitrogenet blir anvendt. En vanlig løsning har vært å nitrifisere det reduserte nitrogenet for deretter å fjerne det ved denitrifikasjon. Det er kjent at disse prosessene resulterer i utslipp av klimagassen lystgass (N₂O), som er omlag 300 ganger sterkere klimagass en CO₂. Man opererer gjerne med utslipp på 1 – 5%. Omfanget av slike utslipp er i dag lite studert, og det er viktig å få bedre innsikt i denne problemstillingen, ikke minst fordi det vil kunne være med å styre hvordan nye (og etablerte) biogassanlegg håndterer bioresten. Lystgass kan renses ved termiske eller katalytiske metoder, men dette er ikke utprøvd på biogassanlegg.

4.1.1.6 Kompostert biorest kan erstatte torv

Dersom avvannet biorest komposteres vil produktet kunne erstatte bruk av torv. Siden uttak og bruk av torv medfører en rask nedbrytning av torven, medfører slik bruk et betydelig ekstra bidrag til utslippene av klimagasser. Kompostert biorest er imidlertid å anse som klimanøytral.

4.1.1.7 Oppsummering klimautslipp

Som det fremgår av det ovenstående, så er den positive klimaeffekten av et biogassanlegg sterkt avhengig av hvordan anlegget drives, både med hensyn til effektivitet, omfanget av lekkasjer, og hvordan den produserte bioresten benyttes. Tidligere ble biogassanlegg i hovedsak vurdert som energianlegg, og mindre utslipp av klimagasser hadde liten innflytelse på energiutbytte. I dag er biogassanleggene også viktige som klimatiltak, noe som har resultert i at nye anlegg er og bør være optimalisert for å få redusert lekkasjene mest mulig, at effektiviteten er god og at den produserte bioresten utnyttes på best mulig måte.

Det må presiseres at en totaloversikt over hvordan et biogassanlegg virker i klimasammenheng krever en langt mer inngående vurdering, og flere enn de nevnte faktorer må trekkes inn. Denne typen helhetlige vurderinger er i dag blitt etterspurt. Det arbeides med prosjekter med dette formålet nå, både for Avfall Norge og enkelte aktører.

Lokale luktutslipp

Ved all behandling av matavfall, så må mulige lokale luktulempere vurderes. Problemene er ofte relativt store i forbindelse med komposteringsanlegg, og er mindre ved anaerob behandling av avfall. Man skal imidlertid være oppmerksomme på lukt knyttet til mottak/forlagring av avfall samt lukt knyttet til behandlingen av den produserte bioresten. Ved normal drift bør de ikke være store luktutslipp fra et biogassanlegg, men ved

driftsproblemer og uhell kan det bli store luktutslipp ved eventuelle utslipp av uforbrent biogass. Alle anlegg skal være utstyrt med sikringstiltak som reduserer risiko for slike utslipp.

I forbindelse med etablering av nye anlegg bør det gjøres spredningsanalyser i området hvor anlegget plasseres. På grunnlag av spredningsanalysene vil man kunne stille krav til hvor store luktutslipp vil kunne være uten at det skaper luktplager i omgivelsene. Dette ble relativt grundig behandlet i rapporten "Lukt og luktp problemer fra biologiske behandlingsanlegg for våtorganisk avfall og slam" / 4/, og hvor også aktuelle verdier for akseptable luktutslipp er diskutert. All erfaring tilsier at man på ingen måte må forespeile seg at behandling av matavfall skal kunne foregå "luktfritt".

Utslipp til vann

Et biogassanlegg produserer en flytende biorest som i mange tilfelle avvannes. Gjødelsvannet som produseres har et svært høyt innhold av næringsstoffer og må behandles i egne renseanlegg, evt. koblet til kommunale fellesrenseanlegg før utslipp til resipienten. Sige vann fra arealer hvor kildesortert matavfall forbehandles, eventuelt også fra arealer hvor avvannet biorest viderebehandles, f.eks. ved kompostering, vil også ha et høyt innhold av næringsstoffer og må behandles før det slippes ut i resipienten.

Utslipp fra behandling av sikterest

Sikteresten vil ha et for høyt innhold av nedbrytbart stoff til at den vil kunne deponeres, og må derfor brennes eller behandles i biocelle.

4.1.1.8 Forbrenning av sikterest

Ved forbehandlingen av kildesortert matavfall skilles en relativt stor del ut før det biologiske materiale kan prosesseres videre. Prosentvis kan dette utgjøre fra 10 til 20 % av mottatt avfall, avhengig av emballasjetype og andel feilsortering i matavfallet. Den problemstillingen vil ikke være til stede på anlegg som håndterer avløpsslam, næringsmiddelavfall eller husdyrgjødsel.

Rejektet består i hovedsak av plast, papir, matavfall og annet avfall. Dette innebærer et høyt innhold av nedbrytbart avfall og det er derfor viktig at dette ikke deponeres, men at energien utnyttes. Siden en god del av energien i sikteresten er knyttet til forbrenning av plast, er denne av fossil opprinnelse og klimabidraget avhenger av hvilken energiform som substitueres.

4.1.1.9 Behandling av sikterest i biocelle

Alternativt til forbrenning av sikteresten, kan den behandles i en biocelle. Man vil da ikke få utnyttet så mye av energien, siden plast ikke omsettes her. Behandling i biocelle vil imidlertid være et middel til å redusere utslipp av drivhusgassen metan. Bruk av bioceller til behandling av sikterest utredes i Norge i et eget forskningsprosjekt.

Løsningens holdbarhet

Teknologisk robusthet

Man har i dag lang erfaring med bruk av biogassanlegg generelt, men erfaringene fra behandling av kildesortert matavfall er begrensede og de tekniske utfordringene ligger i forbehandlingsteknologien. Teknologien må ansees som robust. Det ser også ut til at biogassanleggene er mindre utsatt for slitasje, korrosjon og materialskader reaktorkomposteringsanleggene.

Miljømessig på sikt

De omtalte miljøfordelene ved biogassbehandling vil være langsiktige. Dette krever imidlertid at anleggene følges opp, og ikke slites ned, noe som kan medføre lekkasjer av klimagasser og lavere effektivitet.

4.1.1.10 Politisk (motstand)

Siden biogassanlegg behandler kildesortert matavfall, produserer en biorest som må prosesseres med tilhørende utfordringer knyttet lukt, samt transport til og fra anlegget, må man kunne forvente lokal motstand. Det er viktig at det i planleggingen gjennomføres miljøkonsekvensanalyser som sikrer at omgivelsene ikke blir skadelidende.

5. Potensialet for energiutnyttelse fra nedbrytbart avfall

Potensialet for energiutnyttelse fra nedbrytbart avfall er anslått til maksimalt 6,2 TWh, mens et nøkternt estimat er beregnet til 4,7 TWh. Inkluderes annet brennbart avfall økes tallene til hhv. 8,1 TWh og 6,1 TWh. 2,8 TWh er allerede utnyttet ved norske anlegg, mens eksport av avfall til energiutnyttelse i Sverige og Danmark utgjør ca. 1 TWh.

Dagens energiutnyttelse fra nedbrytbart og annet avfall kommer i hovedsak fra termisk behandling. Produksjonen av drivstoff fra biogassanlegg er foreløpig helt marginal. Nøkternt vurdert er det antatt at varme og kraftvarmproduksjonen fra termisk behandling kan økes med ca. 1,5 TWh. Tilsvarende tall for økt drivstoffproduksjon fra biologisk behandling er nøkternt anslått til 0,8 TWh.

Innledning

Statistikk for nedbrytbart avfall er innhentet fra flere kilder, men i hovedsak fra SSBs avfallsstatistikk. For våtorganisk avfall er data hentet fra sammenstillinger foretatt i tidligere prosjekter, i hovedsak fra Bioforsk/5/.

Det er til dels betydelig usikkerhet i mengdestatistikken noe som også innebærer usikkerhet i anslagene for energiutnyttelse. Anslagene må betraktes som beste estimat basert på tilgjengelig statistikk. Usikkerhet i datagrunnlaget er for øvrig kort kommentert under hvert materialslag i kapittel 0.

Forutsetninger for energiberegningene er gitt i vedlegg 1.

Dagens disponering av nedbrytbart avfall

Mengden nedbrytbart avfall som er aktuell for energiproduksjon omfatter omlag 4,7 millioner tonn avfall pr år. Våtorganisk avfall er den største fraksjonen med nær 1,9 millioner tonn, dernest kommer papir og trevirke med over 1 million tonn hver. Jf. tabell 4.2.1.

Tabell 4.2.1 Behandling av nedbrytbart avfall. 1000 tonn. 2005.

	Material- gjenvinning	Biologisk behandling	Termisk behandling	Deponering	Total
Papir ⁵	640	0	360	300	1 300
Treavfall ³	80	110	600	240	1 030
Tekstil ⁵	10	0	70	40	120
Våtorganisk avfall m.v. ⁴	1320	130	210	200	1860
Avløpsslam ⁶	0	300	0	100	400
Nedbrytbart i alt ⁵	2050	540	1240	880	4710
Plast og gummi ⁵	60	0	180	80	320
Brennbart i alt	2 110	540	1 420	960	5 030

3 Kilde SSB. For treavfall er det foretatt følgende korrigering: 67% av treavfall til materielgjenvinning er omfordelt til energiutnyttelse.

4 Kilde:SSB, Bioforsk.

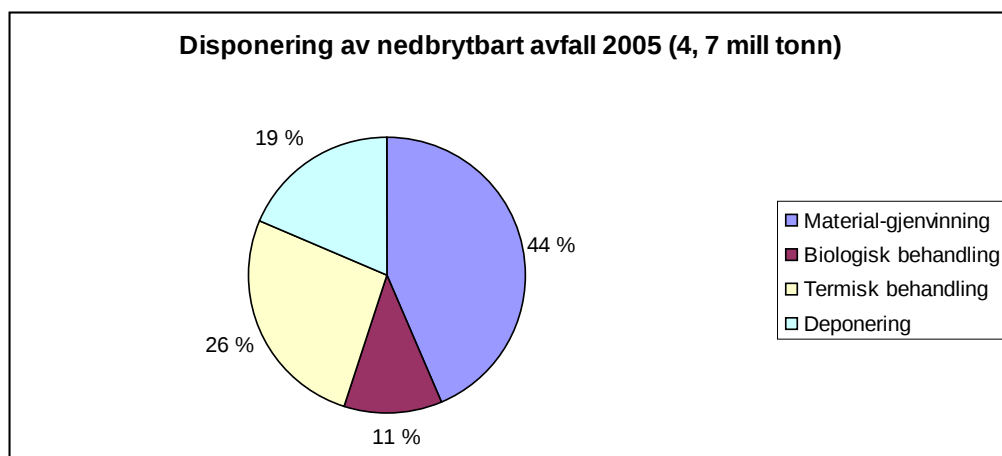
5 Kilde SSB: 25% av andre materialer er antatt å være nedbrytbart. Dette er fordelt på materialer etter samme fordeling som mengdene er fordelt totalt.

Annet brennbart avfall som ikke er nedbrytbart slik som plast og gummi omfatter ca 320 000 tonn avfall i 2005 hvorav 80 000 tonn ble deponert.

44 % av det nedbrytbare avfallet blir materialgjenvunnet. Det er spesielt våtorganisk avfall og papiravfall som blir materialgjenvunnet i stor grad. Våtorganisk avfall til materialgjenvinning (fôr) omfatter store fraksjoner organiske biprodukter fra næringsmiddelindustrien som er nærmere beskrevet i kapittel 0.

26 prosent av avfallet blir termisk behandlet. Særlig for treavfall er det høy andel som blir termisk behandlet. Mye av dette antas å være produksjonsspill fra treforedling og trebearbeidende industri. Deponering er behandlingsmåte for 19 prosent av det nedbrytbare avfallet. Det er særlig papir, treavfall og våtorganisk avfall som blir deponert.

Figur 0.1 Disponering av nedbrytbart avfall 2005



Energi fra nedbrytbart avfall i Norge

Energi fra termisk behandling

Dagens energiutnyttelse av nedbrytbart avfall skjer i hovedsak fra termisk behandling av blandet avfall og avfallsbrensel (primært trevirke og bark). Energiutnyttelsesgraden for de kommunale avfallsforbrenningsanleggene ligger for 2006 på 74 % som et gjennomsnitt over året. De 14 avfallsforbrenningsanleggene leverte i 2006 ca. 1,7 TWh. I tillegg utnyttet sementovnen på Norcem ulike typer avfallsbasert brensel tilsvarende ca. 200 GWh. Totalt innebærer det at ca. 1,9 TWh energi blir utnyttet gjennom termiske prosesser. Med bakgrunn i /2/ antas energiandel fra nedbrytbart avfall i restavfallet å være 50 - 55 %. Den øvrige energimengden kommer fra annet brennbart avfall (plast, gummi med mer.)

Oversikt over avfallsforbrenningsanleggene er gitt i vedlegg 2.

Det produseres noe brensel fra restavfall eller fra sorterte fraksjoner med plast, papir og tre. Dette er et brensel som representerer en ønsket kvalitet i form av stykkstørrelse, brennverdi og innhold av forurensninger. Dette brenselet vil normalt være lagringsstabil og energien utnyttes fullt ut i regulære energianlegg. Noe avfallstrevirke brennes sammen med restavfall og avfallsbrensel, men det meste brukes som brensel i fastbrenselanlegg/bioenergianlegg.

Av de anslagsvis 500 000 tonn trevirkeavfall som benyttes som brensel i bioenergianlegg, antas det at ca. 300 000 tonn forbrennes i Norge, tilsvarende en energileveranse på ca. 690 GWh mens ca. 200 000 tonn går til eksport, primært til Sverige. Mye av trevirkeavfallet som brennes i Norge benyttes til intern oppvarming og prosessdamp.

Energi fra biologisk behandling

Matavfall

I Norge er det i dag bare 3 biogassanlegg som produserer energi:

- GLØR sitt anlegg på Lillehammer
- HRA sitt anlegg på Hadeland
- IATA sitt anlegg i Nisser i Telemark.

Anleggene produserer el og varme. Varmen går ikke til salg, men benyttes internt til bygningsoppvarming og til oppvarming av substratet i prosessen som normalt er energikrevende.

GLØR - anlegget har en kapasitet på 14 000 tonn matavfall og produserte i 2007 1,6 GWh el, av dette ble 1,0 GWh solgt på nettet⁶. De produserte samme år 1,7 mill Nm³ biogass. HRA sitt anlegg er dimensjonert for produksjon av 3 GWh el og 5 GWh varme og skal kunne behandle 10 000 tonn matavfall. Det helt nye anlegget til IATA på Nisser i Telemark har samme kapasitet. Begge er imidlertid under innkjøring⁷. Det større biogassanlegget til EcoPro i Trønderlag er foreløpig også under innkjøring. Det baserer seg på både matavfall, avløpsslam og næringsavfall.

Total er dagens kapasitet for energiproduksjon ved eksisterende anlegg anslått til mindre enn 30 GWh. I tillegg eksporteres noe matavfall og biosubstrat til biogassanlegg i Sverige og Danmark hvor det blir utnyttet til energi- og gjødselproduksjon.

Slam

De fleste biogassanlegg i Norge er i dag basert på avløpsslam som substrat. Disse anleggene ble etablert fra 90-tallet og rent teknisk sett er denne typen anlegg relativt enkle å etablere og drive. Dette henger sammen med at slamsubstratet er lett å benytte i en våt biogassprosess, og sammensetning av substratet er stabil.

Total behandles ca. halvparten av alt avløpsslam som oppstår i Norge i biogassanlegg. Basert på tall fra 6 av i alt 15 anlegg, herav flere av de største biogassanleggene, kan anslå at dagens biogasskapasitet basert på avløpsslam er 100 - 150 GWh.

FREVAR KF driver et biogassanlegg for avløpsslam. Anlegget har de siste årene også mottatt biosubstrat produsert av matavfall noe som har gitt betydelig økt biogassproduksjon. Gassen blir levert til Fredrikstad biogass AS som produserer drivstoff til lokale busser. Dette er foreløpig det eneste anlegget i Norge som produserer drivstoff fra biogass.

Oversikt over slambehandlingsanlegg med biogassproduksjon i Norge er gitt i vedlegg 3.

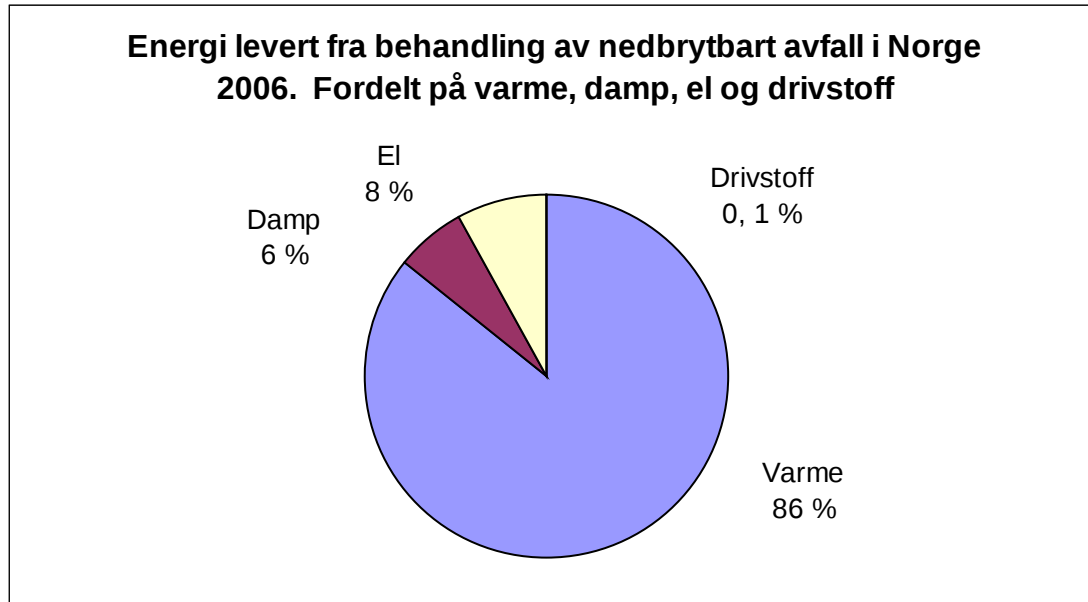
⁶ Samtale med Gunnar Kjøs (GLØR), 28. februar 2008.

⁷ Samtale med Øystein Svalheim (Biotek), 28. februar 2008.

Samlet energiutnyttelse av avfall i Norge

Samlet sett utnyttet ca. 1,96 TWh avfallsbasert energi fra nedbrytbart avfall i Norge (termisk og biologisk behandling), jf. tabell 4.3.2. I all hovedsak leveres energien som nær- eller fjernvarme Jf. fordeling i Figur 0.1.

Figur 0.1 Fordeling av energileveransen fra nedbrytbart avfall i 2006



Energi fra termisk behandling av nedbrytbart avfall i restavfallet utgjør ca. 1,1 TWh, mens annet brennbart sto for 870 GWh. Energiutnyttelse av trevirke i bioenergianlegg bidrar som tidligere nevnt med 690 GWh. Samlet energileveranse fra termiske behandling utgjør 2,6 TWh. Energi fra biogassanlegg utgjør i dag bare 200 GWh, så samlet energileveranse fra avfall og slam i Norge er ca 2,8 TWh, jf. tabell 4.3.2.

Tabell 4.3.2 El, varme, damp og drivstoff fra nedbrytbart og annet brennbart avfall i Norge (2006).GWh/år.

Avfallstype	Levert energi (GWh)				
	Varme	Prosess-damp	El	Drivstoff	SUM
Nedbrytbart avfall (i restavfall)	880	122	64	0	1 066
Avfallsbrensel (trevirke) ⁸	693	0	0	0	693

⁸ Fordeling mellom el, varme og damp er ukjent. Alt er ført opp som varme.

Alternative behandlingsformer for nedbrytbart avfall (2475/2011)

Biogass fra våtorganisk avfall	10	0	15	0	25
Biogass fra avløpsslam	100	0	75	2	177
SUM Nedbrytbart	1 682	122	154	2	1 960
Annet brennbart (i restavfall)	720	100	52	0	872
SUM avfall	2 402	223	206	2	2 832

Eksport av avfall for energiutnyttelse i Sverige og Danmark

Tabell 4.3.2 viser dagens energiutnyttelse fra avfall i Norge. I tillegg eksporteres en del nedbrytbart og annet avfall til energiutnyttelse i Sverige. Det er relativt gode tall for eksport av restavfall til forbrenning med energiutnyttelse. I 2006 ble det eksportert 165 000 tonn husholdnings- og næringsavfall. Det ligger en viss usikkerhet knyttet til energiutnyttelsesgraden, men det er her antatt høy energiutnyttelsesgrad. Energileveransen fra energiutnyttelse av restavfall er anslått til ca. 445 GWh. 50 - 55 % av dette er anslått å være energi produsert fra nedbrytbart avfall.

Det er videre antatt at 200 000 tonn trevirke eksporteres til Svenske varmeverk for produksjon av varme, tilsvarende ca. 485 GWh. Ca. 40 000 tonn matavfall og bioslurry eksporteres til svenske og danske biogassanlegg. Energileveransen er her anslått til 34 GWh fordelt på varme, el og drivstoff.

Tabell 4.3.3 El, varme, damp og drivstoff fra nedbrytbart og annet brennbart avfall ved eksport (2006). GWh/år.

Avfallstype	Levert energi (GWh)				
	Varme	Prosess-damp	El	Drivstoff	SUM
SUM Nedbrytbart avfall	715	0	42	0	757
Annet brennbart	175	0	26	9	210
SUM	890	0	66	9	967

Som tabellen viser blir nesten 1 TWh energi utnyttet fra nedbrytbart og annet brennbart avfall som eksporteres til Sverige og Danmark.

Samlet energiutnyttelse av avfall.

Samlet energiutnyttelse av avfall som oppstår i Norge i dag, inkludert eksport, er vist i tabell 4.3.4.

Tabell 4.3.4 Samlet energiutnyttelse av nedbrytbart og annet brennbart avfall, inkludert eksport. GWh/år.

Avfallstype	Levert energi (GWh)				
	Varme	Prosess-damp	El	Drivstoff	SUM
SUM Nedbrytbart avfall	2 397	122	196	11	2 726

Annet brennbart	895	100	78	0	1 073
SUM	3 292	223	274	11	3 799

Inkludert eksport er dagens energileveranse fra nedbrytbart avfall beregnet til 2,7 TWh. I tillegg bidrar annet brennbart avfall med nær 1,1 TWh, slik at samlet energileveranse fra avfall som oppstår i Norge er 3,8 TWh.

Estimater for økt termisk og biologisk energiproduksjon

Nedbrytbart avfall består av fraksjoner som i stor grad både er egnet for materialgjenvinning og energiutnyttelse. Hvor mye som kan utnyttes og i hvilken form vil avhenge av tekniske, politiske og økonomiske forhold. Med bakgrunn i deponiforbudet antar vi at deponering framover bare i unntakstilfeller vil være en behandlingsform for nedbrytbart avfall.

Ved vurdering av mengdene for økt energiutnyttelse er det urealistisk å tro at alt nedbrytbart avfall kan eller vil bli energiutnyttet. For det første gjenstår det å se hvor mye nedbrytbart avfall som faktisk kan fjernes fra fyllingene. Dette vil avhenge av kapasitet på alternative behandlingsløsninger, hvilke fraksjoner det vil bli gitt permanent unntak for og dispensasjonspraksis. For det andre er det all grunn til å tro at eksisterende innarbeidede materialgjenvinningsløsninger i hovedsak vil bli opprettholdt. Men det er også sannsynlig at materialgjenvinning av flere typer nedbrytbart avfall vil øke. Vi har derfor estimert hvor store mengder nedbrytbart og annet avfall som kan energiutnyttes i to ulike scenarier:

1. Teoretisk estimat som baseres på at alt tilgjengelig nedbrytbart avfall som i dag ikke blir energiutnyttet eller inngår i varige materialgjenvinningsløsninger, vil bli energiutnyttet i framtiden. For organisk avfall/matavfall er det en viss interesse blant produsentene å se på alternativer til fôr. Vi har derfor valgt å inkludere avfall som i dag utnyttes til fôr og kompost inn i teoretisk estimat.
2. Nøkternt estimat, som framkommer gjennom en skjønnsmessig vurdering der det tas hensyn til at en andel av nedbrytbart avfall som i dag blir deponert, vil i framtiden gå til annen disponering, først og fremst til materialgjenvinning.

Papiravfall

Total mengde papiravfall er av SSB anslått til ca. 1,3 mill tonn/år i 2006, noe som tilsier en meget sterk økning i mengdene papiravfall de siste årene. Ca. halvparten av dette leveres til materialgjenvinning, mens 360 000 tonn går til forbrenning sammen med annet restavfall eller inngår i et produsert avfallbrensel til energianlegg. Ca. 300 000 tonn/år blir deponert som utgjør teoretisk estimat for økt energiutnyttelse av papir. Det er da forutsatt at dagens materialgjenvinning av papir ikke omdisponeres til energiutnyttelse. Mengdene papir til forbrenning og deponering ligger begge høyt i SSBs statistikken i forhold til tidligere anslag, og kan være betydelig overestimert.

Alt papiravfall er velegnet til termisk behandling med energiproduksjon i en brenselfraksjon sammen med annet tørt avfall eller i en blandet energifraksjon sammen med annet restavfall. Papir er også velegnet til materialgjenvinning og det ligger betydelige muligheter til økt materialgjenvinning både for det papiret som i dag går til forbrenning med energiutnyttelse og det som deponeres. Ettersom det ligger en usikkerhet knyttet til at tallene i SSB-statistikken er overestimert, og at mulighetene for økt materialgjenvinning må anses som gode, finner vi det riktig med et forsiktig anslag for økt energiutnyttelse av papir. Det er derfor antatt at forbrenningen av papir i avfallsforbrenningsanlegg kan økes med 150 000 tonn pr år. Dette er noe mer enn anslaget for økt energiutnyttelse av papir foretatt av Norsk Industri / 16/.

Tabell 4.4.1 Teoretisk og nøkternt estimat for økt termisk energiproduksjon fra papiravfall.

Papiravfall	1000 Tonn/år	GWh/år termisk
Teoretisk estimat	300	880
Nøkternt estimat	150	440

Treavfall

Totalt mengde treavfall er av SSB anslått til 1,0 – 1,2 mill tonn/år. Det antas at 500 - 600 000 tonn treavfallet allerede blir energiutnyttet i fastbrenselanlegg i Norge eller Sverige, i første rekke som bark, flis og briketter, men også i noen grad som del av et avfallsbrensel. 70 – 100 000 tonn forbrennes i avfallsforbrenningsanlegg sammen med restavfallet. 200 – 250 000 tonn går til deponering. I tillegg blir ca. 200 000 tonn materialgjenvunnet og behandlet biologisk.

Trevirke er svært velegnet som brensel og er lagringsstabil. Rent avfallstrevirke kan benyttes som brensel i et bioenergianlegg, og basert på grove anslag er 60 – 70 % av trevirkeavfallet som samles opp hos avfallsaktørene rent trevirke. Lite av dette blir sortert ut og i en blandet fraksjon vil det også være forurenset tre (malt, limt og impregnert tre) som gjør at det må følge kravene til avfallsforbrenning.

Teoretisk estimat for økt energiutnyttelse kan ligge på ca. 350 000 tonn som utgjør dagens mengde til deponering og til biologisk behandling i SSB statistikken. Noe av trevirke vil trolig fortsatt gå på deponi sammen med annet avfall og noe vil fortsatt benyttes som strukturmateriale til kompostering (først og fremst bark). Nøkternt estimat er derfor satt til 200 000 tonn/år som utgjør det meste av det som i dag går på deponi. En del av dette vil gå sammen med restavfallet til avfallsforbrenningsanlegg.

Tabell 4.4.2 Teoretisk og nøkternt estimat for økt termisk energiproduksjon fra treavfall.

Treavfall	1000 Tonn/år	GWh/år termisk
Teoretisk estimat	350	850
Nøkternt estimat	200	560

Tekstiler

Tekstiler er en noe mindre fraksjon som av SSB er anslått til 120 000 tonn på årsbasis. Ca. 70 000 tonn av dette er antatt å gå til forbrenning, mens det er anslått at ca. 40 000 tonn deponeres. Ca. 10 000 leveres til materialgjenvinning i dag. På kort sikt er det lite som tilsier en sterk økning av mengden til materialgjenvinning, men interessen på sikt kan være økende. Teoretisk kan hele mengden på 40 000 tonn/år energiutnyttes. Nøkternt er det antatt at energiutnyttelsen av tekstiler kan økes med ca. 30 000 tonn/år. Det er da tatt hensyn til økt materialgjenvinning og at en andel av dette fortsatt kan havne på deponi.

Tabell 4.4.3 Teoretisk og nøkternt estimat for økt termisk energiproduksjon fra tekstiler.

Tekstiler	1000 Tonn/år	GWh/år termisk
Teoretisk estimat	40	135
Nøkternt estimat	30	100

Våtorganisk avfall

Våtorganisk avfall er sammensatt av flere ulike avfallstyper med svært ulikt energipotensial, jf. tabell 4.5.2. Mengder av våtorganisk avfall og avfall fra fiske- og næringsmiddelindustri som kan være aktuell for energiproduksjon er hentet fra / 5/ og er oppsummert i tabell 4.4.4. Våtorganisk avfall er først og fremst vurdert i forhold til produksjon av biogass til drivstoff.

Tabell 4.4.4. Mengder våtorganisk avfall

Våtorganisk avfall	1000 tonn
Matavfall fra husholdninger og storhusholdninger	500
Slakteriavfall	180
Biprodukter fra fiske og fiskeoppdrett	450
Avfall fra meierier	730
SUM	1860

5.1.1.1 Matavfall fra husholdninger og storhusholdninger

I dag anvendes knapt 70 000 tonn matavfall fra husholdninger og storhusholdninger til biogass. Ca. halvparten av dette går til eksport. Ca. 100 – 150 000 tonn komposterer, mens 200 - 250 000 tonn går til forbrenning sammen med annet restavfall. Noe storhusholdningsavfall går trolig fortsatt til fôr (pelsdyr med mer).

Mange kommuner og næringer har i dag utsortering av matavfall, men mye matavfall går allikevel på deponi, her anslått til 150 - 200 000 tonn. Innføring av deponiforbudet vil innebære at det meste av matavfall, her anslått til ca. 150 000 tonn, vil bli overført fra deponering til forbrenning. Det er videre antatt at kommunene som leverer restavfall kan øke innsamlingsgraden tilsvarende 50 000 tonn/år som da overføres til biologisk behandling.

Dersom en større del av det totale potensialet skal utnyttes til drivstoffproduksjon, innebærer dette at det også innføres kildesortering der avfallet i dag går til forbrenning, slik det eksempelvis er vedtatt i Oslo og som vurderes av flere regioner i Østlandsområdet og i Trondheim og Bergen. Dette kan anslagsvis dreie seg om økt kildesortering av 100 – 150 000 tonn matavfall fra avfall som i dag forbrennes.

Det er også mulig at noe matavfall som nå behandles i større sentrale komposteringsanlegg vil behandles i biogassanlegg i framtiden. Terskelen for dette er ikke så høy siden det allerede er kildesortering i disse kommunene. Innen en 5 – 10 års horisont kan dette dreie seg om anslagsvis 50 000 tonn kildesortert matavfall.

Teoretisk estimat for økt biogassproduksjon til drivstoff ligger på ca. 430 000 tonn som utgjør alt matavfall som i dag ikke utnyttes i biogassanlegg. Et nøkternt estimat for økt drivstoffproduksjon kan ligge i området 280 - 300 000 tonn. Ca. 130 - 150 000 tonn vil da fortsatt gå til forbrenning med energiutnyttelse sammen med restavfallet.

Tabell 4.4.5 Teoretisk og nøkternt estimat for økt biogassproduksjon(drivstoff) fra matavfall.

Matavfall	1000 Tonn/år	GWh/år biogass
Teoretisk estimat	430	400
Nøkternt estimat	300	280

5.1.1.2 Organisk næringsavfall - biprodukter

Organisk næringsavfall utgjør mer enn 1,3 mill tonn og går i dag i stor grad til fôrproduksjon. Mengdene er store, men mye av dette avfallet har lavt tørrstoffinnhold og dermed lavt energipotensial, bl.a. gjelder det den store mengden avfall fra meierier. Det er noe interesse fra aktørene for økt utnyttelse av dette avfallet til biogassproduksjon, bl.a. fordi prisene på råstoff til fôr er lave, og fordi energikostnadene har vært økende. Basert på samtaler med meieribransjen antas det at betydelige mengder kan utnyttes til biogass, men pga lavt gasspotensial vil utbyttet være noe begrenset. Det er allikevel grovt anslått at 200 – 250 000 tonn av en bruttomengde på 730 000 tonn kan utnyttes til biogass.

Slakteriavfall omdannes i dag til kjøttbeinmel og destruksjonsfett som har et betydelig biogasspotensial. Ettersom det nå er mindre aktuelt å bruke kjøttbeinmel til fôr antar vi at en stor andel av denne slakteriavfall på 180 000 tonn vil kunne utnyttes til biogass.

Når det gjelder biprodukter fra fiskeoppdrett er det antatt at det i hovedsak er selvdød fisk som er aktuell for biogassproduksjon.

Mye av det organiske industriavfallet er pumpbart eller krever lite forbehandling og er derfor svært egnet til biogassproduksjon. Teoretisk estimat for økt biogassproduksjon fra organisk næringsavfall er derfor 1 360 000 tonn/år, men et nøkternt estimat er vesentlig lavere og her satt til 400 000 tonn.

Tabell 4.4.6 Teoretisk og nøkternt estimat for økt biogassproduksjon(drivstoff) fra organiske biprodukter.

Organiske biprodukter	1000 Tonn/år	GWh/år biogass
Teoretisk estimat	1360	1200
Nøkternt estimat	400	350

Slam

Biologisk nedbrytbart slam omfatter både avløpsslam fra kommunale renseanlegg og bioslam fra treforedlingsindustrien. Mengdene er hentet fra / 5/.

Tabell 4.4.7. Dagens mengder avløpsslam og bioslam (tonn)

Slam	1000 tonn
Avløpsslam	400
Bioslam	600
SUM	1000

Med bakgrunn i Bioforsk/5/ antas det at slam utgjør 1 million tonn eller 250 000 tonn TS pr år. Ca. 100 000 tonn TS er avløpsslam (eller 400 000 tonn avløpsslam med 25 % TS) det øvrige er bioslam. Ca. 50 % av avløpsslammet blir allerede utnyttet i biogassanlegg i dag, men bare en liten andel utnyttes til drivstoffproduksjon. Et teoretisk estimat for økt drivstoffproduksjon ligger derfor på ca. 300 GWh.

Det er et meget godt grunnlag for å oppgradere dagens anlegg til produksjon av drivstoff. Det antas at dette kan utgjøre 75 – 100 GWh. Fortsatt er det et uutnyttet potensial først og fremst i byområder hvor det ikke er etablert biogassanlegg. Basert på en grov vurdering kan det

utgjøre 100 000 tonn pr år eller ca. 75 GWh. Økt produksjon av drivstoff fra slam kan derfor ligge i området 150 GWh.

Tabell 4.4.8 Teoretisk og nøkternt estimat for økt biologisk energiproduksjon (drivstoff) fra avløpsslam.

Avløpsslam	1000 Tonn/år	GWh/år biogass
Teoretisk estimat	400	300
Nøkternt estimat	200	150

Det meste av bioslammet i treforedlingsindustrien forbrennes sammen med bark og flis. Bioslammet inneholder mye hygroskopisk bundet vann og er en vanskelig fraksjon å avvanne med tradisjonelt utstyr. Uten effektiv avvanning vil ikke bioslammet ha positiv brennverdi av betydning. I dag utgjør derfor ikke bioslammet noe potensial for økt energiproduksjon ved termisk behandling. Dersom slammet behandles i et biogassanlegg vil man kunne slippe å fordampe vannet, og således få en bedre utnyttelse av energien. Det er derimot usikkert om restproduktet kan utnyttes. Det framtidige potensialet for denne fraksjonen er usikker og inngår derfor ikke i estimatene for økt energiproduksjon. Dette bør utredes nærmere.

Plast og annet brennbart avfall

Plast og annet brennbart materiale som ikke er nedbrytbart vil følge restavfallet til deponi og når deponiforbudet iverksettes vil mye av dette brennbare avfallet fortsatt følge restavfallsstrømmen, men nå til forbrenning.

Plastavfall er av SSB anslått til 450 000 tonn. 150 000 tonn har ukjent disponering. Nesten 180 000 tonn går allerede til termisk behandling i avfallsforbrenningsanlegg, mens 80 000 tonn deponeres som her er satt som brutto potensialet. Det kan antas at materialgjenvinning av plastemballasje spesielt fra husholdninger vil øke en god del framover. Økt mengde til termisk behandling og energiutnyttelse er grovt anslått til 40 000 tonn/år. Plastavfallet omfattes ikke av deponiforbudet.

Tabell 4.4.9 Brutto og nøkternt potensial for økt termisk energiproduksjon fra plastavfall.

Plastavfall	1000 Tonn/år	GWh/år termisk
Brutto potensial	80	540
Nøkternt potensial	40	270

Samlet estimat for økt termisk og biologisk behandling

Basert på vurderingen i kapittel 4.3.1 – 4.3.7 er estimatene for økt termisk og biologisk behandling oppsummert i to tabeller nedenfor.

Tabell 4.4.10 Teoretisk estimat for økt termisk og biologisk energiproduksjon.

Avfallstype	Termisk behandling		Biologisk behandling	
	1000 Tonn/år	GWh/år	1000 Tonn/år	GWh/år
Papir	300	880	0	0
Trevirke	350	850	0	0
Tekstiler	40	130	0	0
Våtorganisk avfall	0	0	1 790	1 600

Avløpsslam	0	0	400	300
SUM nedbrytbart avfall	690	1 860	2 190	1 900
Annet brennbart	80	540	0	0
SUM	770	2 400	2 190	1 900

Teoretisk estimat for økt termisk behandling av nedbrytbart avfall omfatter i underkan av 700 000 tonn nedbrytbart avfall, samt ca. 80 000 tonn annet brennbart avfall. Alt våtorganisk avfall er da forutsatt levert til biologisk behandling.

Teoretisk estimat for økt biogassproduksjon som drivstoff estimert til 1,9 TWh. Det er da forutsatt at alt våtorganisk avfall og slam, 2,2 mill tonn/år, går til produksjon av drivstoff.

Tabell 4.4.11 Nøkternt estimat for økt termisk og biologisk energiproduksjon

Avfallstype	Termisk behandling		Biologisk behandling	
	1000 Tonn/år	GWh/år	1000 Tonn/år	GWh/år
Papir	150	440	0	0
Trevirke	200	560	0	0
Tekstiler	30	100	0	0
Våtorganisk avfall	150	100	700	630
Avløpsslam	0	0	200	150
SUM nedbrytbart avfall	530	1 200	900	780
Annet brennbart	40	270	0	0
SUM	570	1 470	900	780

Nøkternt estimat for termisk behandling omfatter ca. 530 000 tonn nedbrytbart avfall og ca. 40 000 tonn annet brennbart avfall. Totalt gir dette 1,2 TWh ny fornybar energi og med annet brennbart nær 1,5 TWh ny avfallsbasert energiproduksjon.

Et nøkternt anslag for biologisk behandling omfatter ca. 900 000 tonn våtorganisk avfall og slam tilsvarende 780 GWh.

Potensialet for energienegitnyttelse fra nedbrytbart avfall

Basert på oppsummeringen av dagens mengder, jf. tabell 4.2.1, dagens energiproduksjon, jf. tabell 4.3.2 samt estimatene for økt energiproduksjon jf. tabell 4.4.10 og tabell 4.4.11 er det beregnet en samlet potensial for energiproduksjon fra nedbrytbart avfall og annet brennbart avfall.

Det er skilt mellom termisk produksjon (varme og kraftvarme) og biologisk produksjon (drivstoff).

Varme og kraftvarmeproduksjon

Samlet varme- og kraftvarmeproduksjon er beregnet fra termisk behandling av papir, trevirke, tekstiler, våtorganisk avfall og annet brennbart avfall.

Tabell 4.5.1 Samlet varme/kraftvarmeproduksjon fra nedbrytbart og annet brennbart avfall. GWh/år.

Avfallstype	Dagens energitnyttelse		Estimert økt termisk energiproduksjon		Samlet termisk energiproduksjon	
	I Norge	Eksport	Teoretisk	Nøkternt	Teoretisk	Nøkternt
Nedbrytbart avfall	1 960	757	1 860	1 200	4 582	3 917

Alternative behandlingsformer for nedbrytbart avfall (2475/2011)

Avfallstype	Dagens energiutnyttelse		Estimert økt termisk energiproduksjon		Samlet termisk energiproduksjon	
	I Norge	Eksport	Teoretisk	Nøkternt	Teoretisk	Nøkternt
Annet brennbart	870	210	540	270	1 620	1 350
SUM	2 830	967	2 405	1 470	6 202	5 267

Samlet termisk energiproduksjon av varme og kraftvarme fra nedbrytbart avfall er teoretisk beregnet til maksimalt 4,6 TWh og nøkternt 3,9 TWh. I tillegg kommer maksimalt 1,6 TWh, nøkternt 1,35 TWh fra annet brennbart avfall. Samlet termisk produksjon av varme og kraftvarme fra nedbrytbart og annet avfall er ca. 6,2 TWh teoretisk, mens det nøkterne anslaget er nær 5,3.

Det understrekes at det i denne beregningen er forutsatt at hovedmengden våtorganisk avfall blir behandlet gjennom biologiske prosesser eller går til materialgjenvinning.

Våtorganisk avfall og slam til drivstoffproduksjon

Brennverdi og metanpotensialet i våtorganisk avfall, avfall fra fiske- og næringsmiddelindustri og avløpsslam er hentet fra rapporten / 5/ og er oppsummert i tabell 4.5.2.

Tabell 4.5.2 Brennverdi og metanpotensial i våtorganisk avfall, avløpsslam som produseres i Norge per år.

Fraksjon	Brennverdi (GWh)	Metanpotensialet (Mill m ³)	Biogasspotensialet (GWh)
Matavfall fra husholdninger	440 v/30 % TS	47 - 55	470 – 550
Matavfall fra storhusholdninger	80 v/25 % TS	10	100
Slakteriavfall			320
Selvdød fisk fra fiskeoppdrett			80
Avfall fra meierier (fôr)			160
Avløpsslam	320 – 420 v/100 % TS	20	300 - 400

I dag utnyttes bare om lag 30 GWh eller 2,5 % av dette i Norge og ikke noe til drivstoffproduksjon. Flere større anlegg er under oppstart/ planlegging, deriblant EcoPro sitt anlegg i Trønderlag, Klemetsrud i Oslo, Hå Biogass på Jæren (planlagt kapasitet på 60 GWh / 21).

Teoretisk potensial for drivstoffproduksjon fra avløpsslam utgjør ca 300 GWh. Her er ca. 150 GWh allerede utnyttet til biogassproduksjon, men svært lite av dette anvendes til drivstoff.

Samlet produksjon av biometan (drivstoff) fra matavfall, organisk næringsavfall og avløpsslam er oppsummert i tabell 4.5.3 nedenfor.

Tabell 4.5.3 Samlet drivstoffproduksjon(biogass) fra våtorganisk avfall og slam. GWh/år.

Avfallstype	Dagens drivstoffproduksjon		Estimert økt drivstoffproduksjon		Samlet drivstoffproduksjon	
	I Norge	Eksport	Teoretisk	Nøkternt	Teoretisk	Nøkternt
Matavfall ⁹	0	9	400	280	409	289
Organiske biprodukter	0	0	1 200	350	1 200	350
Avløpsslam	2	0	300	150	302	152
SUM	2	9	1 900	780	1 911	791

Samlet drivstoffproduksjon fra er beregnet til 1,9 TWh teoretisk og nær 0,8 TWh nøkternt. I all hovedsak er dette ny fornybar drivstoffproduksjon.

Basert på tabell 4.5.1 og tabell 4.5.3 er samlet potensial for energiutnyttelse av nedbrytbart avfall anslått til maksimalt 6,4 TWh, og nøkternt 4,7 TWh. Inkluderes annet brennbart avfall økes tallene til hhv. 8,1 TWh og 6,1 TWh. 2,8 TWh er allerede utnyttet.

⁹ Matavfall fra husholdninger og storhusholdninger

Framtidig disponering av nedbrytbart avfall – nøkternt anslag

Basert på nøkternt estimat for økt energiproduksjon, jf. tabell 4.4.11, er samlet disponering av nedbrytbart og annet avfall oppsummert i tabellen nedenfor. Jf. også tabell 4.2.1.

Tabell 4.6.1 Samlet disponering av nedbrytbart avfall basert på nøkternt estimat. 1000 tonn.

Avfallstype	Termisk behandling (Varme og el)	Biogass (drivstoff)	Annen disponering ¹⁰	Samlet disponering
Papir	510	0	790	1300
Trevirke	800	0	230	1030
Tekstiler	100	0	20	120
Våtorganisk avfall	150	770	940	1860
Avløpsslam	0	300	100	400
SUM nedbrytbart avfall	1 560	1 070	2 080	4 710
Annet brennbart	220	0	100	320
SUM	1 780	1 070	2 180	5 030

Av en total mengde nedbrytbart avfall på 4,7 millioner tonn vil, ut fra denne beregningen:

- 33 % (1,56 mill tonn) utnyttes til produksjon av varme og kraft
- 23 % (1,07 mill tonn) utnyttes til drivstoff produksjon
- 44 % (2,08 mill tonn) materialgjenvinnes eller disponeres på annen måte

Kapasitetsbehov

Det er fortsatt en grov vurdering av behovet for økt kapasitet for å kunne utløse potensialet for ny energiproduksjon fra nedbrytbart avfall og annet brennbart avfall.

Varme og kraftvarme

Et nøkternt estimat for økt termisk energiproduksjon fra nedbrytbart og annet avfall ligger som vi har sett på 1,5 TWh, Ytterligere ca. 1 TWh kan hentes fra eksporten til Svenske varme og kraftvarmeverk. Teoretisk kan energiproduksjonen økes enda ytterligere med 0,9 TWh til 3,4 TWh, jf. tabell 4.5.1.

Tabell 4.7.1: Behov for ny termisk behandlingsskapasitet

Termisk energiproduksjon	Behov for ny kapasitet (tonn)
1,5 TWh	500 000 tonn
2,5 TWh	800 000 tonn
3,4 TWh	1 200 000 tonn

Behov for ny termisk behandlingsskapasitet for å øke varme og kraftvarmeproduksjonen med 1,5 TWh ligger på ca. 500 000 tonn. Det er da forutsatt at energien utnyttes optimalt. I dag er allerede 500 000 tonn ny termisk kapasitet vedtatt bygget ut eller i utbyggingsfasen.

Ytterligere 2- 300 000 tonn er under planlegging slik at ny kapasitet innen 4 – 5 år kan ligge i området 800 000 tonn. I tillegg til dette kommer bioenergianlegg for returflis. Det synes derfor ikke å være problem å utløse potensialet for ny termisk energiproduksjon av restavfall. En videre utbygging av termisk restavfallsskapasitet utover det som er planlagt vil kunne medføre konkurranse med bioenergi (trevirke), materialgjenvinning og biologisk behandling.

¹⁰ Omfatter materialgjenvinning, kompostering, deponering og annet.

5.1.1.3 Biogass til drivstoff

Et nøkternt potensial for økt drivstoffproduksjon fra matavfall og organisk industriavfall er anslått til 630 GWh, noe som tilsvarer en biologisk behandlingskapasitet på omlag 700 000 tonn. I tillegg kan det utløses et potensial på 150 GWh fra avløpsslam tilsvarende en behandlingskapasitet på ca. 400 000 tonn, men her er det allerede betydelig eksisterende kapasitet. Behovet for ny kapasitet er grovt anslått til 100 000 tonn.

Anlegg som er under planlegging utgjør anslagsvis 100 – 150 000 tonn. Det er derfor behov for å bygge ut kapasitet tilsvarende ca. 700 000 tonn eller området 10 – 25 anlegg basert på norske forhold.

Utslipp, energiutbytte og kostnader

Drift- og miljøkostnader ved termisk energiproduksjon fra restavfall er beregnet til ca. 760 kr/tonn i varmeanlegg og ca. 815 kr/tonn i kraftvarmeanlegg. Restavfallsforbrenning har relativt høye miljøkostnader knyttet til utslipp, men disse utjevnes ved substitusjon av andre fossile energibærere. Termisk energiproduksjon fra trevirke i bioenergianlegg viser en liten positiv verdi som skyldes innsparte utslipp ved substitusjon. Etter de forutsetninger vi har lagt inn i beregningene vil ikke energiinntektene fra salg av varme dekke behandlingskostnadene ved denne type anlegg. Drifts- og miljøkostnadene til produksjon av drivstoff fra våtorganisk avfall er beregnet til ca. 345 kr/tonn. Det er større usikkerhet knyttet til kostnader og substitusjon knyttet til drivstoffproduksjon enn til termisk produksjon. For alle teknologiene gjelder det at driftskostnader veier mest, deretter kommer inntekter fra energisalg, mens miljøkostnader veier relativt lite i totalkostnaden.

Behandlingsløsninger

Det er gjennomført en forenklet vurdering av nytte og kostnader ved fire behandlingsløsninger for nedbrytbart avfall. Det fire løsningene som inngår i vurderingen er:

- Forbrenningsanlegg for restavfall med varmeproduksjon
- Forbrenningsanlegg av restavfall med varme og el-produksjon (kraftvarme)
- Bioenergianlegg for trevirkeavfall med varmeproduksjon
- Biogassanlegg for våtorganisk avfall med drivstoffproduksjon

Biogassanlegg for våtorganisk avfall med varme og el-produksjon er ikke tatt med i vurderingen, men vil generelt komme dårligere ut enn anlegg med drivstoffproduksjon.

Løsningene er vurdert ut fra driftskostnader, direkte utslipp og utslippsendring gjennom substitusjon av energi som leveres fra teknologiene. Kostnader og utslipp ved innsamling og forbehandling er ikke tatt med, men inngår i følsomhetsbetraktningen, jf. kapittel 0.

Ettersom deponering ikke vil være aktuelt for nedbrytbart avfall er ikke redusert utslipp ved å flytte avfall fra deponering til energiutnyttelse tatt med her.

Forbrenningsanlegg for restavfall med varmeproduksjon

Det legges til grunn et nytt anlegg med 30 000 – 50 000 tonn årskapasitet til å forbrenne restavfall fra husholdninger og næringsliv. Behandlingskostnaden ved anlegget er anslått til 1000 kroner per tonn avfall og kostnad til restproduktbehandling er ca 90 kroner. Dette inkluderer alle drifts og kapitalkostnader. Anlegget medfører utslipp av en rekke komponenter hovedsakelig til luft. I beregningene har vi tatt med de mest vesentlige som er klimagasser, NO_x og partikler (PM 10). Av energi produserer anlegget varmtvann som leveres inn på et eksisterende fjernvarmenett. Energiutnyttelsesgraden på årsbasis forutsettes å være ca 75 % som i kombinasjon med en intern virkningsgrad på 85 % gir et energiutbytte på 1,85 MWh per tonn restavfall. Vi forutsetter at energien som selges fra anlegget fortrenger annen energi i

markedet og at 80 % av dette er oljefyrte varmekjeler. Sparte utslipp fra denne substitusjonen er lagt inn i beregningen.

Forbrenningsanlegg av restavfall med varme og el-produksjon

Her legges til grunn et anlegg som leverer både fjernvarme og elektrisitet. Investeringskostnadene til el-produksjon forutsetter at anlegget har større årskapasitet, i størrelsesorden 60 000 - 120 000 tonn. Behandlingskostnadene anslås til 1 200 kroner per tonn avfall. Det legges til grunn de samme forutsetninger som for varmeanlegg, men med fordeling mellom el og varme på 15/85. Energiutbyttet på et slikt anlegg vil være anslagsvis 1,9 MWh, hvorav 1,54 MWh er varmtvann og 0,37 MWh er elektrisitet.

Utslippene er like som for varmeanlegget, jf. kapittel 0. Kostnadene til restproduktbehandling er også like. Som for varmeanlegget har vi regnet med en gevinst i form av utslippsreduksjon ved substitusjon av oljeforbrenning tilsvarende 80 % av varmeleveransen. Tilsvarende er det lagt til en gevinst ved substitusjon av fossil el-produksjon i Europa, jf. kapittel 0.

Bioenergianlegg for trevirkeavfall med varmeproduksjon

Løsningen som legges til grunn er et biobrenselanlegg med årskapasitet på ca 10 000 tonn treavfall og renseanlegg som tilfredsstiller utslippskravene til avfallsforbrenning. Behandlingskostnaden i anlegget er anslått til 650 kroner per tonn avfall behandlet og restproduktbehandlingen gir en kostnad på ca 10 kr per tonn avfall behandlet. Som for de to andre forbrenningsteknologiene er det utslipp av en rekke komponenter til luft, men siden treavfall er fornybart regnes det ikke med klimagassutslipp. Energiutbyttet anslås til 2,9 MWh per tonn avfall som levers som varmtvann til fjernvarme. Det er tatt høyde for 88 % virkningsgrad, 5 % internt energiforbruk og 100 % energiutnyttelsesgrad. Vi har regnet med utslippsreduksjon ved substitusjon av oljeforbrenning tilsvarende 80 % av varmeleveransen.

Biogassanlegg for våtorganisk avfall med drivstoffproduksjon

Utslipp og kostnadstall fra biogassanlegg er usikre ettersom denne teknologien er mindre utprøvet enn de andre teknologiene i analysen. Vi bygger analysen på forutsetninger hentet fra eksisterende og planlagte biogassanlegg i Norge. Det er lagt til grunn et anlegg med kapasitet på ca 10 000 – 30 000 tonn matavfall (ca 33 % tørrstoff). Behandlingskostnaden i anlegget er satt til 800 kroner per tonn matavfall behandlet. Utslipp fra prosessen er knyttet til lekkasje ved produksjon og oppgradering (1 % av gassen). Vi forutsetter at bioresten blir utnyttet som gjødsel/jordforbedring i landbruket uten kostnad (eller inntekt) for anlegget. Det er ikke forutsatt N₂O utslipp fra avvanning eller lagring av biorest ettersom dette kan håndteres. Vi har heller ikke regnet med utslippsreduksjon gjennom CO₂-binding av organisk materiale i jord. Ettersom bioresten utnyttes som gjødsel har vi regnet med redusert bruk av kunstgjødsel, og derved redusert klimagassutslipp fra produksjon av kunstgjødsel. Det er forutsatt et utbytte på 150 m³ biogass per tonn avfall (65 % metaninnhold), som oppgraderes til biometan (drivstoff). Vi legger til grunn at dette fortrenger bruk av diesel til drift av busser, noe som innebærer at CO₂-utslippene fra bussdriften elimineres. Vi forutsetter Euroklasse IV eller V både ved diesel- og metandrevne busser. Derved får vi ikke utslippsreduksjoner for NO_x, men vi regner med 67 % reduksjon i PM10 utslippene.

Beregningsforutsetninger for analysen

Kostnadselementer

Følgende kostnadselementer er med i analysen:

- Kostnader til behandling av avfallet er omregnet til tonnpris. Dette inkluderer både kapitalkostnader og løpende driftskostnader. I disse prisene er eventuelle tilskudd fra Enova samt generelle skatter og avgifter inkludert mens sluttbehandlingsavgift ikke er tatt med. Tallene er basert på erfaringspriser fra en rekke prosjekter og gjennomført en rimelighetsvurdering av disse. Det må imidlertid påpekes at behandlingskostnadene varierer svært mye ut fra størrelse på anlegget, teknologi mv.
- Kostnader til behandling av restprodukter inklusiv transport er inkludert som pris per tonn avfall behandlet.
- Inntekter fra salg av energi eller energivarer er beregnet ut fra en rimelighetsvurdering av energiutbytte og priser på den aktuelle energivaren. Energi- og drivstoffprisene inkluderer kostnader til oppgradering og distribusjon av biogass.
- Andre inntekter (salg av metaller osv) er inkludert i behandlingskostnaden.

Følgende kostnadselementer er ikke med i vurderingen:

- Kostnader og utslipp ved innsamling, transport og forbehandling av avfallet.
- Endret utslipp- og kostnad ved å bruke en behandlingsteknologi som erstatning for en annen (f. eks redusert utslipp ved deponering).

Utslipp

Utslipp er avgrenset til klimagasser, NO_x og PM 10 siden disse anses som mest vesentlige. Utslippskoeffisienter er gjengitt i tabell 5.2.1. Det er i hovedsak brukt utslippskoeffisienter fra SSBs utslippsregnskap / 23/, men for avfallsforbrenning har vi lagt til grunn høyere CO₂-utslipp enn SSB. Dette skyldes ny kunnskap om fossil andel i restavfallet. Fra restproduktbehandling har vi bare tatt med klimagassutslipp. Transportutslipp er ikke medregnet.

Tabell 5.2.1. Utslippskoeffisienter.

Nr	Prosess	Kilde til tall	Innsats-faktor	Klima-gasser, tonn CO ₂ ekv.	Nox, kg	PM 10, kg
1	Avfallsforbrenningsanlegg	0,7 av krav ¹¹	Restavfall, tonn	0,41	1,029	0,05145
2	Bioenergianlegg treavfall	0,7 av krav ¹²	Treavfall, tonn	0,03	1,0584	0,05292
3	Biogassanlegg	Bioforsk	Matavfall, tonn	0,0073	0	0
4	Biogass, restprodukt avvanning	Bioforsk	Matavfall, tonn	0,01	0	0
5	Biogass - metan oppgradering	Bioforsk	Matavfall, tonn	0,0073	0	0
7	Erstatte el-produksjon – Europeisk miks	Sintef	El, MWh	-0,526	-0,2088	-0,0125
8	Erstatning oljefyring	SSB	Olje, MWh	-0,265	-0,209	-0,0125

¹¹ Antatt at gjennomsnittelig utslipp er 70 % av utslippskravene.

Nr	Prosess	Kilde til tall	Innsats-faktor	Klima-gasser, tonn CO ₂ ekv.	Nox, kg	PM 10, kg
9	Erstatte kunstgjødsel produksjon	Bioforsk	Matavfall, tonn	-0,03	0	0
10	Erstatning Diesel/Metan bussdrift	SSB/flere	Metan, MWh	-0,265	0,000	-0,0440

Substitusjon

I beregningene har vi lagt til grunn at energi og drivstoff produsert fra den aktuelle teknologien vil fortrenge bruk av andre energibærere og derved gi en endring i utslippene fra disse kildene. Utslippskoeffisienter er gjengitt i tabell 5.2.1.

- For fjernvarme er det regnet substitusjon av oljefyrt oppvarming for 80 % av den leverte energien.
- For el-produksjon er det regnet substitusjon av fossil el-produksjon i Europa som beskrevet av Sintef 2007 / 23/.
- For bruk av biorest fra biogassproduksjon til gjødsel i landbruk er det regnet med erstatning av kunstgjødsel. Dette gir reduksjon i klimagassutslipp ved produksjon av kunstgjødsel tilsvarende 30 kg CO₂ per tonn avfall behandlet.
- Ved bruk av biogass som drivstoff er det regnet en utslippsreduksjon for erstatning av dieselbusser (Euro V) med metandrevne busser (Euro V). Dette innebærer at klimagassutslippene elimineres, NO_x utslippene forblir uendret mens PM 10 utslippene reduseres med 67 %. / 7/ 23/ 24,

Verdsetting

Alle verdier i analysen er gjengitt i tabell 5.2.2. For klimagassutslipp og utslipp av NO_x og PM 10 har vi brukt samme verdsetting som SFT bruker i TA 2100 / 22/. Pris for energi/drivstoff levert fra behandlingsprosessene er ut fra erfaringstall. Det samme gjelder pris for selve behandlingen og eventuell forbehandling.

Tabell 5.2.2. Verdsettingskoeffisienter

Vare	Enhet	Pris (kr)	Kilde / Merknad
Klimagasser CO ₂ CH ₄ N ₂ O	Tonn CO ₂ -ekv.	- 200,-	SFT TA 2100 / 22/ Økes til - 500 kr i følsomhetsanalysen
NO _x	kg	- 25,-	SFT TA 2100 / 22/
PM 10	kg	- 590,-	SFT TA 2100 / 22/
Fjernvarme	MWh	200,-	Erfaringstall Mepex
El	MWh	500,-	Erfaringstall Mepex
Biometan – drivstoff	Tonn, metan	7 000,-	Erfaringstall fra Mepex og Bioforsk. Tilsvarende kr 500,- per MWh eller 5,- per liter. Inkludert kostnader til oppgradering. Pris er anslått lik pumpepris på naturgass til drivstoff.
Biogass – oppgradering til biometan – drivstoff	Tonn, metan	-1 600,-	Erfaringstall fra Mepex og Bioforsk. Oppgradering og distribusjon av biogass til metan.
Behandling restavfall, forbrenning m/varmeutnyttelse	Tonn avfall behandlet	-1 000,-	Erfaringstall fra Mepex. Kapital og driftskostnader. Eksklusiv inntekter fra salg av energi, mottak av avfall eller behandling av restprodukter. Eksklusiv sluttbehandlingsavgift.
Behandling restavfall, forbrenning m/varme og el utnyttelse	Tonn avfall behandlet	-1200,-	Erfaringstall fra Mepex. Kapital og driftskostnader. Eksklusiv inntekter fra salg av energi, mottak av avfall eller behandling av restprodukter. Eksklusiv sluttbehandlingsavgift.
Behandling treavfall, biokjel m/varmeutnyttelse	Tonn avfall behandlet	- 650,-	Erfaringstall fra Mepex. Kapital og driftskostnader. Eksklusiv inntekter fra salg av energi, mottak av avfall eller behandling av restprodukter. Eksklusiv sluttbehandlingsavgift.
Behandling av våtorganisk avfall, biogassproduksjon	Tonn avfall behandlet	- 800,-	Erfaringstall fra Mepex og Bioforsk. Kapital og driftskostnader. Eksklusiv inntekter fra salg av energi/drivstoff, mottak av avfall eller behandling av restprodukter.
Restprodukter (bunn- og flygeaske) fra forbrenning av restavfall	Tonn avfall behandlet	- 90,-	Erfaringstall fra Mepex.
Restprodukter (bunnaske) fra forbrenning av treavfall	Tonn avfall behandlet	- 10,-	Erfaringstall fra Mepex.

Resultater

Resultatene må leses isolert for hver behandlingsteknologi. Det er viktig å presisere at det ikke er relevant å sammenligne utslipp og kostnader fra bioenergianlegg og biogassanlegg med avfallsforbrenningsanlegg. Dette skyldes bl.a. at teknologiene er knyttet til ulike typer avfall, og avfallstypen har innvirkning på både kostnader og utslipp. Dette kan illustreres med at restavfallet inneholder materialtyper med fossil opprinnelse som gir klimagassutslipp ved forbrenning. Våtorganisk avfall har ikke fossilt innhold og gir derved ikke klimagassutslipp når det forbrennes (eller omdannes til biogass som forbrennes).

Utslipp

Som direkte utslipp har vi regnet utslipp fra behandlingsprosessen og eventuelle utslipp fra oppgradering av drivstoff. Utslipp fra innsamling, transport, forbehandling og

restproduktbehandling er ikke medregnet, og vi anser at det er små forskjeller på teknologiene. Utslipp fra restproduktbehandling er heller ikke medregnet og vi forutsetter at restproduktene går til miljømessig gode behandlingsløsninger.

Alle resultater er gjengitt i tabell 5.3.1. Som det fremgår av tabellen er det betydelig størrelse på utslippsreduksjonen gjennom substitusjon. Bruk av energi/drivstoff fra avfall har lavere utslipp enn det som erstattes/fortrenges. I flere tilfeller er effekten av substitusjon høyere enn direkteutslippene fra behandlingsprosessen slik at de sammenlagt er en utslippsreduksjon. Det må imidlertid presiseres at det knytter seg stor usikkerhet til forutsetningene når det gjelder substitusjon. Våre beregninger gir relativt stor vektlegging av utslippsreduksjon gjennom substitusjon.

Tabell 5.3.1. Utslipp per tonn avfall behandlet.

	Enhet	Restavfall Varme	Restavfall Kraftvarme	Treavfall Varme	våtorganisk Drivstoff
Direkte utslipp					
Klimagasser	Tonn CO ₂ ekv./tonn avfall behandlet	0,41	0,41	0,03	0,01
NO _x	Kg NO _x /tonn avfall behandlet	1,03	1,03	1,06	0,00
PM 10	Kg støv/tonn avfall behandlet	0,05	0,05	0,05	0,00
Spart utslipp gjennom substitusjon					
Klimagasser	Tonn CO ₂ ekv./tonn avfall behandlet	-0,39	-0,52	-0,61	-0,26
NO _x	Kg NO _x /tonn avfall behandlet	-0,31	-0,33	-0,48	0,00
PM 10	Kg støv/tonn avfall behandlet	-0,02	-0,02	-0,03	-0,04
Samlet utslipp					
Klimagasser	Tonn CO ₂ ekv./tonn avfall behandlet	0,02	-0,11	-0,59	-0,24
NO _x	Kg NO _x /tonn avfall behandlet	0,19	0,17	0,42	0,00
PM 10	Kg støv/tonn avfall behandlet	0,03	0,03	-0,01	-0,04

Klimagasser

Beregningene viser store variasjoner i klimagassutslipp fra de fire teknologiene. De to teknologiene med forbrenning av restavfall gir høyest direkte utslipp. Dette skyldes fossilt innhold i avfallet som gir utslipp når restavfall brennes. Direkteutslippene er på 410 kg CO₂-ekvivalenter på forbrenning av restavfall, 30 kg ved forbrenning av treavfall i bioenergianlegg og 10 kg ved biogassproduksjon basert på våtorganisk avfall.

Når vi regner på effekten av at energi fra avfall erstatter andre energikilder finner vi at dette kan bidra til betydelige utslippsreduksjoner. For forbrenning av restavfall er effekten stor nok til å oppveie for direkteutslippene, mens ved forbrenning av treavfall og ved biogassproduksjon til drivstoff er utslippsreduksjon ved substitusjon betydelig større enn direkteutslippene av klimagasser.

Utslipp av NO_x

Alle de tre forbrenningsteknologiene gir utslipp av NO_x på litt over 1 kg NO_x per tonn avfall forbrent. Det er ikke regnet NO_x fra produksjon av biogass.

Utslippsreduksjoner gjennom substitusjon er beregnet til ca 0,3 kg per tonn avfall for de to alternativene med forbrenning av restavfall. Forbrenning av treavfall i bioenergianlegg gir utslippsreduksjon gjennom substitusjon tilsvarende ca 0,5 kg NO_x per tonn treavfall forbrent. Det er ingen substitusjonseffekt på NO_x-utslipp av biogass som erstatter diesel ved bussdrift. Dette skyldes at vi forutsetter Euro V for begge alternativene og da er NO_x –utslippene like lave.

Utslipp av partikler

Det forekommer utslipp av partikler med ulik størrelse både i behandlingsprosessene (direkteutslipp) og i prosessene som er omfattet av substitusjon. I beregningene har vi bare regnet på utslipp av PM 10.

De tre forbrenningsteknologiene gir utslipp på ca 0,05 kg PM 10 per kilo avfall forbrent. Ved biogassproduksjon er det ingen partikkelutslipp.

Utslippsreduksjon gjennom substitusjon utgjør ca 0,02 kg PM 10 ved forbrenning av restavfall. Ved forbrenning av treavfall i biokjel oppnås en reduksjon på 0,03 kg PM 10 mens biogass alternativet fører til en utslippsreduksjon for PM 10 på ca 0,04 kg.

Kostnader

Tabell 5.3.2 viser at det er forholdsvis stor forskjell i netto driftskostnader¹² ved de fire teknologiene. Ved de to teknologiene med forbrenning av restavfall er netto driftskostnader på 720 kroner per tonn avfall behandlet ved kun varmeproduksjon og 800 kroner ved varme/el. Forskjellen skyldes høyere behandlingskostnader uten tilsvarende høyere inntekter fra energisalg. Tilsvarende er det 80 kroner i netto driftskostnad ved forbrenning av treavfall i biokjel og ca 420 kroner ved biogassproduksjon fra våtorganisk avfall.

Det må presiseres at netto driftskostnad ikke inkluderer kostnader til forbehandling, transport og kildesortering som vil variere mye mellom løsningene.

Tabell 5.3.2. Kostnader per tonn avfall behandlet. (Kr/tonn)

Kostnadselementer	Restavfall Varme	Restavfall Kraftvarme	Treavfall Varme	Våt- organisk Drivstoff
Behandlingskostnader *	1000	1200	650	800
Kostnader til restproduktbehandling	90	90	10	0
Inntekter fra salg av energi og drivstoff **	-370	-490	-580	-380
Netto driftskostnad, total	720	800	80	420
Direkte utslipp				
Klimagasser	82	82	6	3
NO _x	26	26	26	0
PM 10	30	30	31	0
Substitusjon				
Klimagasser	-79	-105	-124	-52
NO _x	-8	-8	-12	0

¹² Netto driftskostnader inkluderer drifts- og kapitalkostnader ved anlegget medregnet inntekter fra salg av energi/drivstoff. Inntekter fra mottak av avfall (gate-fee) er ikke medregnet. Heller ikke sluttbehandlingsavgift.

Kostnadselementer	Restavfall Varme	Restavfall Kraftvarme	Treavfall Varme	Våt- organisk Drivstoff
PM 10	-11	-12	-17	-25
Miljøkostnader, total	40	13	- 90	-74
Totale drifts- og miljøkostnader	760	813	-10	346

* Inkluderer alle drifts- og kapitalkostnader ved teknologien. Inkluderer ikke sluttbehandlingsavgift eller kostnads- og inntekstpostene under.

** Ut fra normal kontrakts-/markedspris på energi. Normalt vil denne prisen betale for utbygging av infrastruktur.

Når vi verdsetter utslippene kommer vi til at miljøkostnaden ved direkte utslipp fra forbrenning av restavfall er ca 140 kroner per tonn avfall. Direkte utslipp fra forbrenning av treavfall i biokjel gir miljøkostnad på ca 65 kroner. Ved produksjon av biogass fra våtorganisk avfall er det bare en svært liten kostnad knyttet til lekkasje fra prosess og oppgradering (3 kr/tonn).

Verdien av utslippsreduksjon gjennom substitusjon er ca 100 – 125 kr/tonn ved forbrenning av restavfall, ca 150 kr/tonn ved forbrenning av treavfall i bioenergianlegg og ca 80 kr/tonn ved produksjon av biogass.

Når vi legger sammen netto driftskostnader og miljøkostnader er totalen ca 760 kroner i kostnad per tonn avfall ved forbrenning av restavfall med kun varmeproduksjon. Tilsvarende er det ca 815 kroner i kostnad ved varme/el produksjon. Ved forbrenning av treavfall i biokjel er det en liten positiv verdi på ca 10 kroner. Ved produksjon av biogass av våtorganisk avfall er totalkostnaden ca 350 kroner per tonn.

Av de ulike kostnadselementene i beregningene veier miljøkostnadene forholdsvis lite. Til en viss grad kan dette forklares med at miljøkostnadene utlikner hverandre gjennom utslipp og substitusjon.

Det kan også være interessant å se på kostnadene i forhold til energiutbytte. Når inntekter fra energisalg og mottak av avfall er utelatt koster det ca 610 kroner å produsere 1 Mwh energi ved forbrenning med varmeutnyttelse. Tilsvarende ved forbrenning med varme/el er 685 kroner, mens prisen for 1 Mwh er ca 200 kroner ved forbrenning av tre i bioenergianlegg. Ved produksjon av biogass koster 1 Mwh ca 745 kroner.

I dette bilde skal man huske på at betydningen av gatefee for kostnadsbildet er svært forskjellig mellom restavfall og våtorganisk avfall på den ene siden og treavfall på den andre siden. Gatefee for bioenergianlegg kan være negativ, dvs. anleggene må betale for trebrensløst, mens avfallsforbrenningsanlegg kan ha gatefee på 700 – 1000 kr/tonn og biogassanlegg enda høyere.

Usikkerhets- og følsomhetsbetraktninger

På et så overordnet nivå vil resultatet av beregningene kunne endres vesentlig ved endringer i forutsetningene. Det er derfor gjennomført en enkel vurdering av usikkerhet og følsomhet.

Kildesortering, transport og forbehandling

Beregningene inkluderer ikke kostnader til kildesortering, innsamling, transport og forbehandling. Denne type kostnader er svært forskjellig ved de fire løsningene som følge av at de behandler ulike typer avfall. Det er vanskelig å generalisere her ettersom dette vil

avhenge av avfallstypen, kildesorteringsløsningen og hvilke innsparinger kildesortering gir for innsamling og behandling av restavfallsfraksjonen.

Forbrenning av restavfall i store masseforbrenningsanlegg krever normalt ikke ekstern forbehandling, men tømmes direkte i bunker hvor bunkerkran sørger for blanding og til dels også neddeling av avfallet før det mates inn i ovnen. I slike anlegg vil forbehandlingskostnaden være lav og ligger inne i behandlingskostnaden. I mindre ristanlegg og FB – anlegg vil avfallet normalt kvernes opp. Det kan antas en forbehandlingskostnad på 2 – 300 kr/tonn. I tillegg kommer innsamlings- og transportkostnaden som avhenger av avfallstype og transportavstand.

For trevirkefraksjonen vil kostnaden til sortering og kverning minst ligge på 2 - 300 kr/tonn.

For matavfall/organiske biprodukter er det betydelig variasjon i kildesorteringskostnaden. For matavfall fra husholdninger kan kostnaden komme opp i 800 kr/tonn og fra storhusholdninger enda høyere. På den annen side vil utsortering av matavfall kunne innebære vesentlig kostnadsreduksjon for innsamling og behandling av restavfallet gjennom redusert tømmefrekvens og mer effektiv innsamling. Mange kommuner/IKS'er har derfor, ved innføring av kildesortering av matavfall, opplevd marginalt økte kostnader eller endog kostnadsreduksjon.

For organiske biprodukter vil det normalt være lavere innsamlingskostnader enn for husholdningsavfall. Mye av dette avfallet er i tillegg flytende og har derfor også lavere behandlingskostnad enn det faste matavfallet.

Behandlingskostnader

Behandlingskostnadene er anslått ut fra kunnskap fra flere konkrete eksempler fra nye anlegg som etableres. Likevel må det presiseres at disse kostnadene vil variere mye ut fra lokale forhold og variasjoner. Trolig vil man finne variasjon på minst +/- 150 kroner (95% konf. int.) innen alle de fire teknologiene. Dette slår sterkt ut ettersom det er 1:1 forhold mellom behandlingskostnader og samfunnskostnad per tonn avfall.

Oppgradering og distribusjon

Det er usikkerhet i kostnader til oppgradering og distribusjon av energi/drivstoff. I beregningene er dette inkludert i energi/drivstoffprisene forutsatt gjennomsnittlige kostnader. Det kan imidlertid være betydelig høyere kostnader ved utbygging av nye distribusjonssystemer som resulterer i lavere energipriser eller lavere utnyttelsesgrad. På den annen side kan nye mer effektive metoder for oppgradering og distribusjon, for eksempel distribusjon av flytende biometan, føre til betydelig reduserte kostnader. Det er ikke grunnlag for å kvantifisere dette i dag.

Substitusjon

Det er stor usikkerhet omkring forutsetningene når det gjelder utslippsreduksjon og substitusjon ved energiproduksjon. Våre beregninger gir substitusjon stor vekt. Om vi halverer effekten av substitusjon vil dette slå ut med økte miljøkostnader på ca 50 – 75 kroner per tonn avfall behandlet. Dette representerer 5 til 10 prosent av total kostnad.

Prising av klimaeffekten

CO₂ er verdsatt til 200 kroner per tonn. Om denne prisen økes til 500 kroner per tonn gir dette en betydelig forandring av kostnadsbildet i vurderingen. Det er spesielt forbrenning av

treavfall i bioenergianlegg som kommer gunstig ut med en redusert total kostnad på ca 180 kroner. Også biogassproduksjon kommer betydelig bedre ut ved en slik forutsetning med redusert kostnad på 110 kroner. De to alternativene med forbrenning av restavfall endres nesten ikke om CO₂-prisen økes til 500 kroner per tonn.

Utslippsfaktorer

Det er en viss usikkerhet omkring utslippene fra behandlingsprosessene, men dette har ikke stor innvirkning på beregningsresultatene.

6. Rammevilkår for økt energiutnyttelse

Det er behov for å få på plass et virkemiddelapparat for å utløse potensialet for fornybar drivstoffproduksjon fra biogass. Virkemidlene bør settes inn på to områder:

- Virkemidler for å øke produksjonen av biogass
- Virkemidler for å øke utnyttelsen av biogass som drivstoff

Aktuelle virkemidler i Norge kan være:

- Investeringsstøtte til etablering av biogassanlegg og anlegg for oppgradering til biometan.
- Omsetningspåbud for drivstoffleverandører
- Reduserte avgifter på biler som kan bruke miljøvennlige drivstoff også biler som kan benytte andre drivstoff enn E85.

Støtte til produksjon av fornybar el og varme bør vris i retning av støtte til hver kWh som leveres forbruker. En slik støtte vil kunne bidra til økt energiutnyttelsesgrad for avfallsforbrenning og mindre biogassanlegg, samt stimulere til at trevirkeavfallet utnyttes i bioenergianlegg.

Innledning

Det finnes en rekke virkemidler på avfalls- og energiområdet som i større eller mindre grad bidrar til økt energiutnyttelse fra avfall. For å vurdere effektene av dagens virkemidler og behovet for nye, er det undersøkt hvordan aktører i avfallsbransjen opplever drivkrefter, barrierer og virkemidler for økt energiproduksjon fra avfall. Aktørundersøkelsen er oppsummert i kapittel 0. Dagens virkemidler er kortfattet beskrevet i kapittel 0, hvor det også gis en kort vurdering om dagens virkemidler bidrar til økt energiutnyttelse generelt eller økt energiutnyttelsesgrad på anlegg. Kapittel 0 og 0 beskriver aktuelle nye virkemidler, primært virkemidler for økt drivstoffproduksjon og varme/kraftvarmeproduksjon. I kapittel 0 vurderes behovet for nye virkemidler.

Dagens virkemidler for økt energiutnyttelse fra avfall

Juridiske virkemidler

6.1.1.1 Forbud mot deponering av våtorganisk avfall

Innført i tillatelser gitt til deponier fra tidlig på 90 – tallet. Det viktigste virkemidlet for økt kildesortering av våtorganisk avfall i kommuner der deponering var restavfallsløsningen. Forbudet innebar at forbrenning med energiutnyttelse ble sidestilt med biologisk behandling av matavfall. Forbudet ga også et incitament til økt termisk energiutnyttelse, og indirekte til økt energiutnyttelsesgrad på anleggene. Erstattes nå av deponiforbudet.

6.1.1.2 Forbud mot deponering av nedbrytbart avfall

Meget sterkt virkemiddel som mer eller mindre vil avvike deponering som behandlingsmetode for restavfall når det innføres fra 1.7. 2009, og vil styre dette avfallet primært til forbrenning med energiutnyttelse. Gir ikke noe direkte incitament til økt

kildesortering og materialgjenvinning. Gir derimot et incitament til økt energiutnyttelse, men nødvendigvis ikke økt energiutnyttelsesgrad på anleggene.

6.1.1.3 Deponidirektivet

Felles EU – regleverk som førte til egen forskrift for deponering og til dels strengere krav til deponering, spesielt for etablering av nye deponier. Fastsetter også målkrav for å redusere deponeringen av avfall, men er i den sammenhengen et langt svakere vikemiddel enn forbudet mot deponering. Gir ikke noe incitament til økt energiutnyttelse.

6.1.1.4 Deponi-/avfallsforskrift

Fastsetter krav til uttak av deponigass og minst avbrenning for å redusere metanutslippene, men setter ikke noe krav til oppsamlingseffektivitet eller energiutnyttelse av gassen. Er derfor ikke noe direkte incitament til økt energiutnyttelse, men legger forholdene til rette ettersom gassen må samles opp. Erfaring så langt tyder på at mange gassuttak har lav effektivitet.

6.1.1.5 Forbrenningsdirektivet

Felles EU – regelverk som førte til egen forskrift og til dels strengere krav til avfallsforbrenning i Norge. Ga større legitimitet for forbrenningsløsningen og dermed indirekte et incitament til økt energiutnyttelse av avfall, men ikke til økt energiutnyttelsesgrad på anleggene.

6.1.1.6 Forbrennings-/avfallsforskrift

Fastsetter krav til utnyttelse av termisk energi så langt som praktisk mulig. Må betraktes som et virkemiddel for økt energiutnyttelse og økt energiutnyttelsesgrad, men ikke særlig sterkt virkemiddel i så måte.

6.1.1.7 Nye krav til fastbrenselanlegg

Forslag til nye krav til anlegg som brenner rene brensler er på høring. Kravene kan for noen anlegg innebærer en innskjerping av dagens krav, spesielt gjelder det mindre til mellomstore anlegg (5 – 20 MW). Kravene til eldre anlegg blir vesentlig innskjerpet etter 2015, da alle eksisterende og nye anlegg skal ha de samme kravene. Det er for tidlige å si hvilken effekt forskriften vil ha, men generelt vil innskjerpede krav virke som en barriere for ny utbygging ettersom kostnadseffektiviteten bli dårligere. Ikke noe incitament til økt energiutnyttelse.

6.1.1.8 Tillatelse til forbrenning etter forurensningsloven

Ofte fastsettes krav i tillatelser til avfallsforbrenningsanlegg til min. 50 % energiutnyttelse. Langt sterkere virkemiddel før økt energiutnyttelsesgrad enn avfallsforskriften. Innebærer at det ikke er tilstrekkelig med el. produksjon og gir derfor føring for at forbrenningsanlegg må lokaliseres med mulig avsetning av varme.

6.1.1.9 Forskrift om animalske biprodukter (ABP)

Innebærer strengere krav til behandling av matavfall og organiske biprodukter. Hever kostnader til behandlingsanlegg og kan være en barriere. Hever samtidig standard på anlegg og bidrar til å legitimere løsningen. Ikke noe incitament til økt energiutnyttelse.

6.1.1.10 Gjødselfareforskriften

Gjødselfareforskriften setter krav til innhold av tungmetaller med mer i avfallsbaserte gjødselfarer. På grunnlag av innholdet av tungmetaller blir gjødselfarene inndelt i henholdsvis kvalitetsklasse 0, 1, 2 og 3. Gjødselfarer av klasse 0 kan benyttes "i ubegrenset

mengde”, (beste kvalitetsklasse) kun begrenset med hensyn til gjødselverdi, mens klassene 1, 2 og 3 har økte begrensninger med hensyn til mengde og bruk.

Når avfall behandles i en biogassprosess fjernes om lag halvparten av tørrstoffet i form av biogass (metan og karbondioksid). Dette resulterer i at biorestens innhold av tungmetaller i forhold til tørrstoff øker om lag en klasse, for eksempel at klasse 0 blir til klasse 1 osv. Dette skjer til tross for at mengden tungmetaller i forhold til gjødselvarens gjødselverdi (innhold av nitrogen, fosfor, kalium etc.) ikke endres nevneverdig i en biogassprosess. Som oftest vil imidlertid biorestens gjødselverdi være så høy at bruken ikke kommer i konflikt med gjødselverdiens mengdebegrensninger likevel.

Økonomiske virkemidler

6.1.1.11 Sluttbehandlingsavgiften

Innebærer betydelig økte kostnader for deponering når miljøkostnadene synliggjøres.

Avgiftssatsene er nå så høye at de kan overstige miljøkostnadene ved deponering.

Virkemiddel primært for økt gjenvinning og forbrenning med energiutnyttelse. Gir ikke noe incitament til økt energiutnyttelsesgrad. Regulerer samme forhold som deponiforbudet.

Endring i grunnlaget for og innretningen av sluttbehandlingsavgiften er forventet.

6.1.1.12 Utslippsavgiften

Innebærer økte kostnader til forbrenning og kan derfor være en barriere for økt energiutnyttelse. Bidrar samtidig til å legitimere forbrenning som løsning ettersom i all fall en del av miljøkostnadene er betalt. Dagens innretning gir ikke noe incitament til økt energiutnyttelsesgrad på anleggene.

6.1.1.13 Enova

Enova har tidligere hatt flere programmer for støtte til energianlegg og til distribusjonsanlegg for fjernvarme. Energianlegg er gitt inntil 15% investeringsstøtte, mens distribusjonsanlegg er gitt inntil 30 % støtte. / 17/

Fra 1.1. 2008 ble det foretatt endringer i programmene, og programmene som er aktuelle for avfallsbaser energi er:

1. Program for lokale energisentraler (til el og varme) gir støtte til investering på maks 50 øre per kWh produsert i planlagt anlegg (2 kWh per støttekrone).
2. Program for redusert energibruk i industri (kan også gå til offentlig industri). Gir opp til 20% investeringsstøtte. Biogassanlegg i industri kan inngå her.
3. Program for innovative energiløsninger (Samarbeid mellom Enova, Innovasjon Norge og NFR). Gir opp til 30% investeringsstøtte. Gir støtte til pilotanlegg etc.

Det er ulike kriterier for de ulike programmene. Innenfor varmeprogrammet vil støttes prosjekter opp til en normal avkastning på 8%. Videre har Enova et minstekrav til produksjonsanlegget på 0,5 GWh per år.

Enova støtter kun stasjonær energibruk. Dette utelukker støtte for energiproduksjon til drivstoff. Det er et spørsmål om de støtter innmating på naturgassnett. (Et anlegg som det som planlegges på Ås planlegges i første omgang for produksjon av varme. Selv om de senere ønsker å produsere for drivstoff vil de sannsynligvis kunne motta støtte.)

6.1.1.14 Innovasjon Norge/Skattefunn

Innovasjon Norge støtter primært anlegg mindre enn 0,5 GWh. Det stilles krav til at det framtidige anlegget skal kunne drives med lønnsomhet og prosjektet må ha et visst innhold av nyskapning/innovasjon. Omfanget av støtte reguleres av EØS-avtalen. Innovasjon Norge støtter i dag 2 - 3 mindre gårdsbaserte biogassanlegg (Biowaz).

Kartlegging av drivkrefter, barrierer og virkemidler

Det er gjennomført en aktørundersøkelse for å klarlegge hvordan aktører i energi- og avfallsbransjen opplever dagens virkemidler og hvilke drivkrefter og barrierer som kan være til stede.

Utvalgte personer som har en sentral rolle innen utvikling av prosjekter for termisk avfallsbehandling og biogassproduksjon har fylt ut et spørreskjema med avkrysningsalternativer, jf. vedlegg 6, og en del av dem er deretter intervjuet på telefon. Til sammen 15 personer har besvart undersøkelsen. Av disse har 7 erfaring fra termiske prosjekter mens 8 har erfaring fra biogassprosjekter.

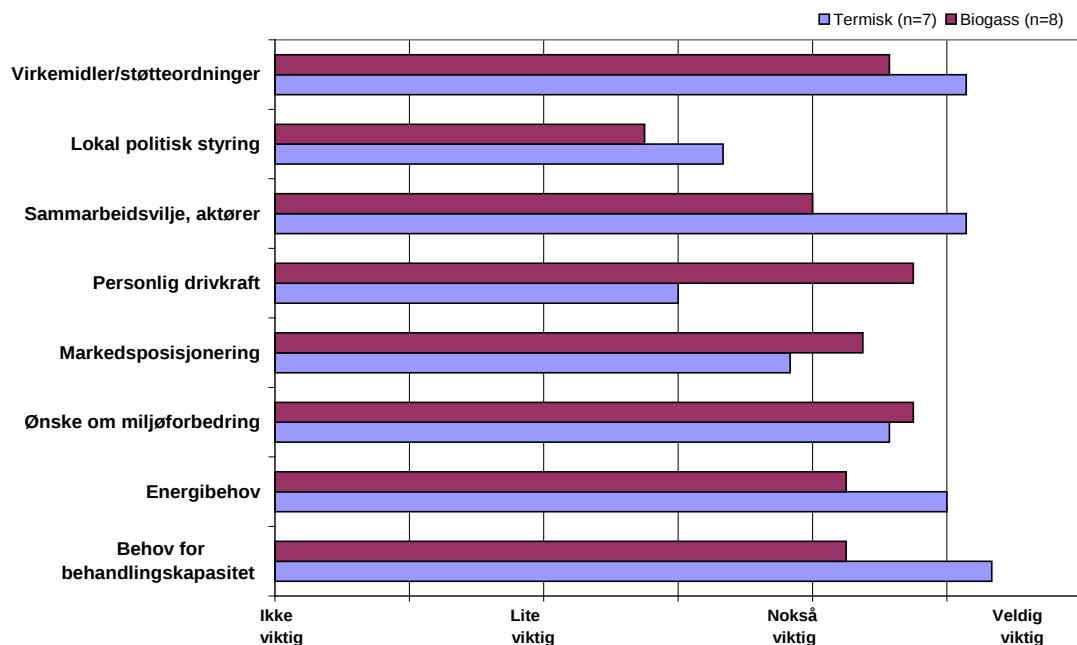
Resultatene fra undersøkelsen belyser mange av de utfordringer man står ovenfor når det gjelder utbygging av behandlingsløsninger for avfall. Vi vil likevel advare mot å trekke altfor klare konklusjoner ut fra dette materialet ettersom det er usikkerhet i resultatene bl.a. som følge av at respondentene har misforstått spørsmålene. Dette kommer bl.a. fram ved at noen av respondentene med bakgrunn fra biogass svarer at kravene om energiutnyttelse ved forbrenning er viktige virkemidler.

Drivkrefter

Resultatene viser at mange ulike drivkrefter har betydning for framdriften i prosjektene, jf. figur 0.1, og det er ganske godt samsvar mellom svarene fra de to teknologiene. Alle svaralternativene får forholdsvis høy score, kanskje med unntak av lokal politisk styring. Blant de termiske anleggene er det behov for behandlingskapasitet for avfall som scorer høyest, men også samarbeidsvilje, virkemidler/støtteordninger og energibehov er viktig for framdrift i disse anleggene. Blant biogassanleggene er personlig drivkraft, styrket konkurranseevne og ønske om miljøforbedring viktige drivkrefter sammen med virkemidler/støtteordninger. Mest påfallende er det kanskje at biogassanleggene ikke ser ut til å mene at energibehov og behandlingskapasitet for avfall er like viktig som de termiske anleggene.

Figur 0.1. Aktørundersøkelse. Drivkrefter.

Hvilke drivkrefter bidrar til framdrift i prosjektet?

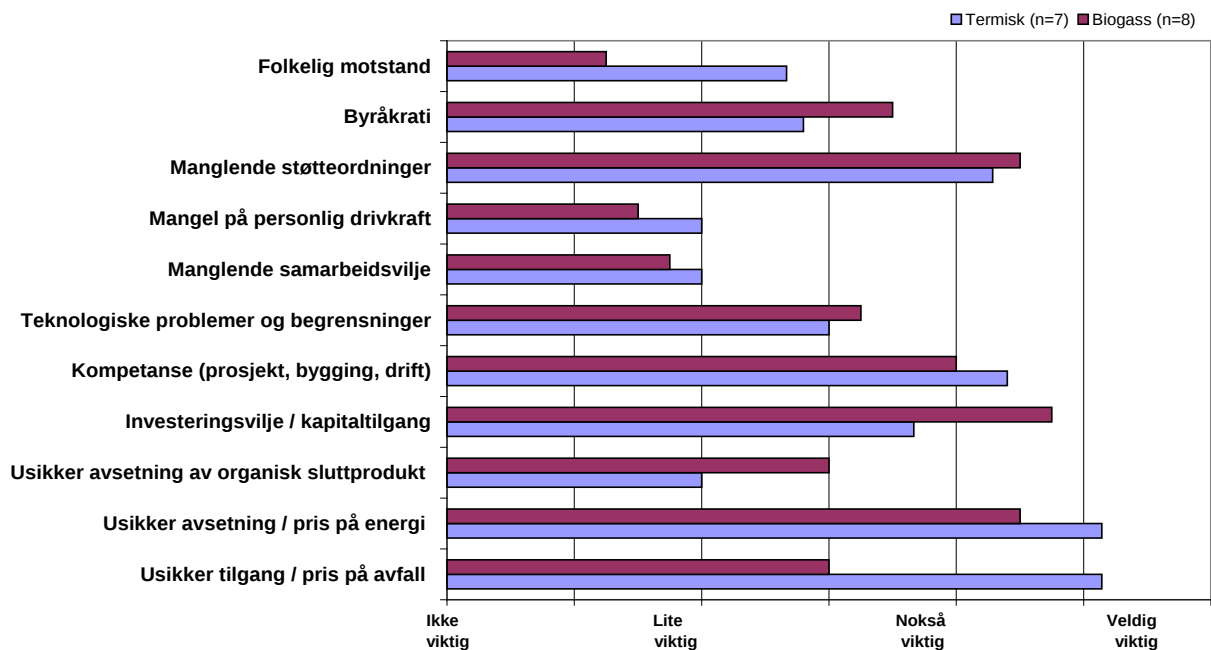


Barrierer

Når vi ser på hva aktørene svarer om barrierer, jf. figur 0.2, oppleves usikker tilgang på avfall som en større barriere for de termiske anleggene enn for biogassanleggene. Usikker avsetning på energi oppleves som viktig for begge typer anlegg. Andre viktig barrierer er usikker investeringsvilje, manglende kompetanse og manglende støtteordninger. Mangel på personlig drivkraft og samarbeidsvilje oppleves ikke som barrierer, men fremheves som viktige drivkrefter, jf. figur 0.1. Når det kommer til folkelig motstand oppleves dette sterkest blant de termiske anleggene, men allikevel ikke særlig sterkt for noen av de to teknologiene. Dette er i og for seg litt underlig ettersom flere forbrenningsprosjekter er stanset eller er blitt utsatt pga. lokal motstand. Byråkratiske hindringer scorer middels blant begge typer teknologier.

Figur 0.2. Aktørundersøkelse. Barrierer.

Hvilke barrierer har blitt avdekket i utvikling av prosjektet?



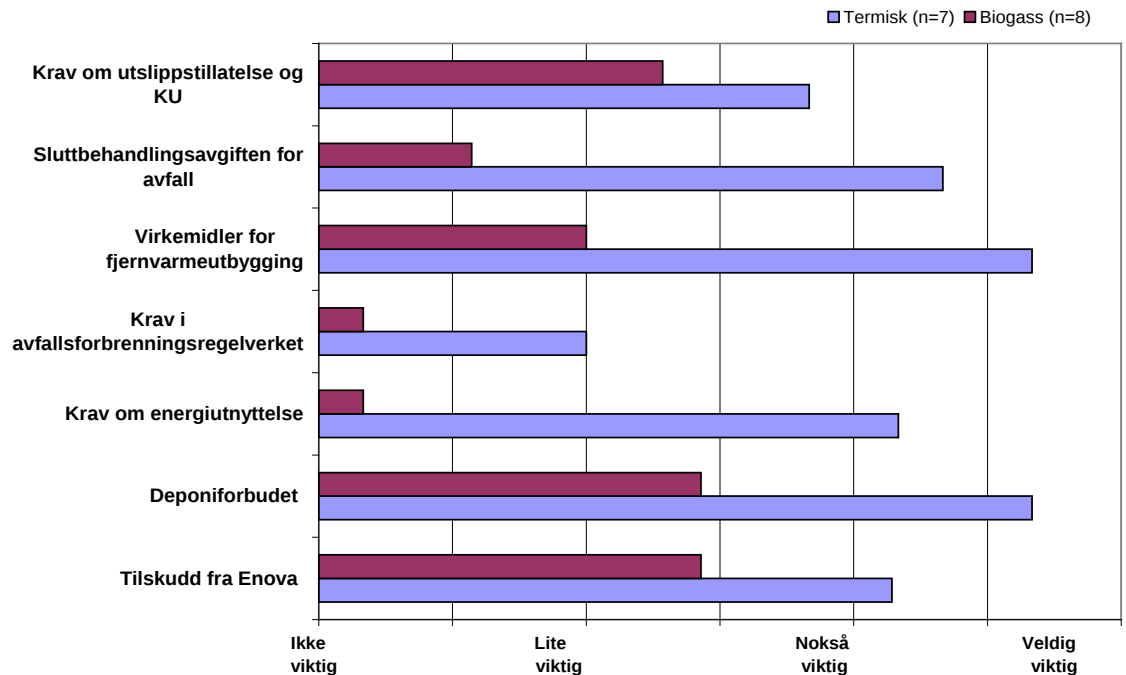
Myndighetenes virkemidler

Når vi ser på hvilke statlige og andre offentlige virkemidler som oppleves som viktige, jf. figur 0.3, er det stor forskjell på svarene fra de to teknologiene. De termiske anleggene får høyere score enn biogassanleggene på alle svaralternativene. Det kan se ut til at de termiske anleggene er mer virkemiddelavhengige enn biogassanleggene. Det kan også være at virkemiddelbruken har vært knyttet til restavfallshåndteringen, og at biogassanleggene ikke har hatt særlig mange virkemidler å forholde seg til, verken i positiv eller negativ forstand. Svarene indikerer også at termisk behandling er mer utsatt for konkurranse, noe som innebærer at de økonomiske virkemidlene blir viktige. De tre virkemidlene som fremheves som de viktigste for termiske anlegg er:

- Deponiforbudet.
- Virkemidler for fjernvarmeutbygging (tilkoblingsplikt, støtteordninger).
- Sluttbehandlingsavgiften.

Figur 0.3. Aktørundersøkelse. Virkemidler.

Hvilke virkemidler har vært viktige for prosjektet positivt/negativt?

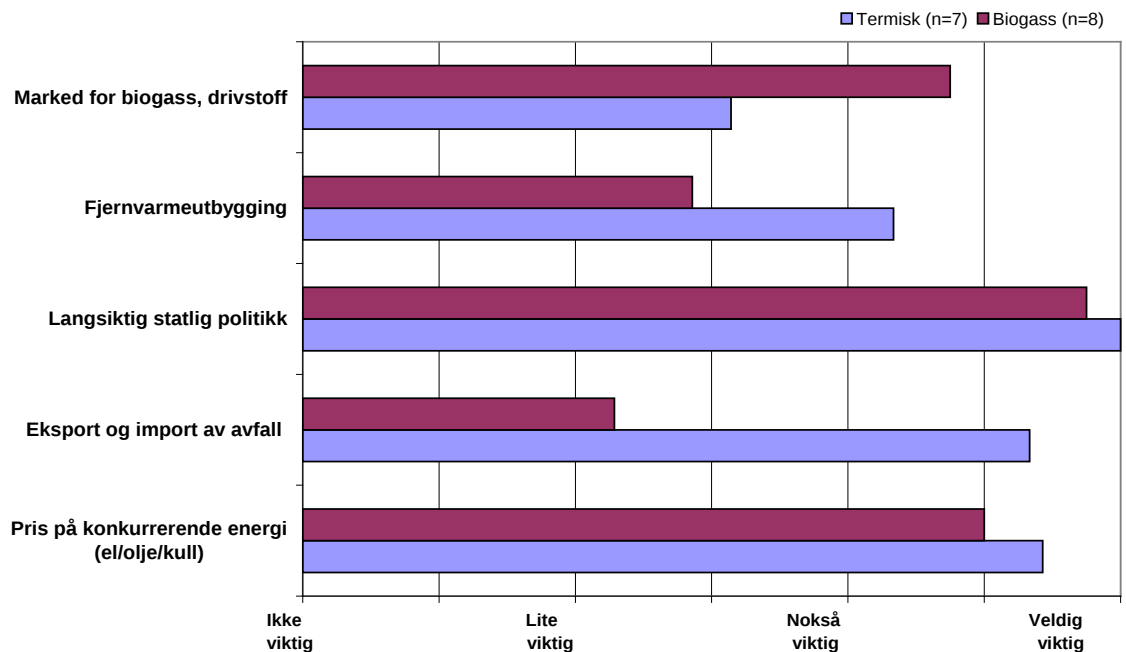


Rammebetingelser

Det siste spørsmålet i undersøkelsen knytter seg til hva som er de viktigste rammebetingelser for utbygging av forbrennings- og biogassanlegg, jf. figur 0.4. Dette oppfatter vi som en oppsummering av de tidligere spørsmålene om drivkrefter, barrierer og virkemidler. Ikke uventet får langsiktig statlig politikk toppscore. Pris på konkurrerende energi fremheves også som viktig. For de termiske anleggene er situasjonen rundt eksport/import av avfall viktig, mens for biogassanleggene er markedsutviklingen for biogass viktig.

Figur 0.4. Aktørundersøkelse. Rammebetingelser.

Hva er de viktigste rammebetingelser for utnyttelse av avfall til energi og drivstoff?



Aktørundersøkelsen viser at det er mange faktorer som til sammen utgjør rammebetingelsene for bygging av biogass- og forbrenningsanlegg. Myndighetene kan derfor benytte ulike typer virkemidler for å styrke eller regulere slike etableringer, men dette kan også innebære en risiko for dårlig koordinert virkemiddelbruk.

Svarene tyder på at forbrenningsanleggene er mer opptatt av de økonomiske rammebetingelsene enn hva biogassanleggene er. Dette er forventet ut fra at forbrenningsteknologien er godt etablert og konkurrerer med andre løsninger både for avfallsbehandling og energi. Når det gjelder biogass er teknologien mindre utprøvet og anleggene er i større grad forsøksanlegg der de teknologiske utfordringene kanskje er viktigere enn de økonomiske. Myndighetene har etablert omfattende krav til forbrenningsanlegg gjennom forskrifter og statlige avgifter. Tilsvarende finnes ikke for biogassanlegg. Biogassanleggene har derfor ikke hatt samme behov for å forholde seg til statlige rammevilkår.

Nye virkemiddel for økt produksjon av varme og el

Det er en flora av ulike virkemidler for økt produksjon av fornybar varme og el, og det kan være behov for å se på nye mer treffsikre virkemidler enn dagens. Vi har her bare pekt på noen av dem.

Grønne el sertifikater

Sverige og noen andre europeiske land har innført et sertifikatmarked for å stimulere til økt bruk av fornybar kraft. Ordningen kan etableres som en frivillig eller en pliktig ordning. I Sverige er det etablert en lovregulert ordning der kraftbrukerne plikter å kjøpe sertifikater for en viss andel av kraftforbruket. Prisen på sertifikatene avhenger av kostnadene for å produsere kraften og har de siste årene ligget på ca. 200 SEK/MWh som et gjennomsnitt. Ordningen innebærer at produsentene får økt pris for den fornybare energien som produseres noe som kan gi økt incitament til å øke produksjonen av fornybar kraft.

Ordningen i Sverige omfatter:

- Teknologinøytralitet, dvs. energien kan produsere fra flere ulike kilder som er fornybare.
- Kvoteplikt for leverandørene, dvs. el. leverandørene er pliktige til å kjøpe sertifikater i forhold til salget av el.

Systemet bør kunne utvides til også å gjelde salg av varme.

Innmatingstariff

Systemet med driftsstøtte/innmatingstariff innebærer at el-produsenten er garantert avsetning av all fornybar kraft som blir produsert, enten til en fastsatt minstepris eller han får et fastsatt tillegg til markedsprisen. Et slikt system finnes bl.a. i Danmark og Tyskland.

I EU er det en gjennomført satsing på produksjon av el fra biogass og 19 land har nå innført et system basert på en fast "feed in" kompensasjon/28/. Tyskland har vært ledende og har et system som består av en basis kompensasjon, en tilleggskompensasjon for energi basert på primærproduksjon, en tilleggskompensasjon for utnyttelse av varmen og en teknologibasert tilleggskompensasjon, jf. tabell 6.4.1. Kompensasjonsperioden er på 20 år. Fra 2005 er det 1,5% reduksjon i basis kompensasjonen. Også gamle anlegg nyter godt av bonusen for primærproduksjonen og her er det ingen reduksjon. Det er heller ingen reduksjon i bonusen for varme/el – koblingen.

Tabell 6.4.1 Støtteordninger for el- og varmeproduksjon i Tyskland i samsvar med §8 EEG fra 1. august 2004.

	Opp til 150 kW el	Opp til 500 kW el	Opp til 5 MW el	Mer enn 5 MW el
Basis kompensasjon	11,5	9,9	8,9	8,4
Primærproduksjons bonus	6	6	4	-
Varme/el koblings - bonus	2	2	2	2
Teknologibasert bonus	2	2	2	-

Alle tall er i eurocent. Kilde: Biogas Journal, nov. 2007. /29/

I de andre landene ligger kompensasjonen i området 5 – 15 eurocent /29/.

Tabell 6.4.2 Støtteordninger for el-produksjon i EU

Land	Kvotebasert (eurocent /kWh)	Land	Feed in (eurocent /kWh)
Wallonia - Belgia	3,7	Danmark	8 første10 år deretter 5,3
Brüssel – Belgia	12,4	Estonia	5,2
Flandria – Belgia	16,3	Frankrike	7,5 – 14 bonusavhengig
UK	11,5	Hellas	7,3
Polen	12,5	Irland	7,0
Romania	9	Kroatia	16,2
Sverige	6,7	Litauen	5,8
		Luxemburg	10,2 (<500kW) 8,8 (<3MW).
		Nederland	Inntil aug 2006: 6,6 fornybar biomasse 3,6 for blandet biomasse 3,0 for dyrefett
		Portugal	10,8
		Slovakia	6,7 – 7,2
		Slovenia	9,4 (<1MW) 9,1(>1MW)
		Spania	13 (< 500 kW) 9,9 (> 500 kW) 17 (< 2 MW fornybar)
		Tsjekkia	8,1 – 10,3
		Østerrike	16,5 (<100 kW) 14,5(100 - 500kW)
		Ungarn	9,9 – 8,7 (avhengig av tidspunkt)
		Kypros	16,4 (< 500 kW) 6,4 (> 500 kW)

Vi har valgt å ta med denne støtteordningen for biogassanlegg selv om det ikke gjelder støtte til drivstoffproduksjon.

Virkemidler for økt produksjon av biometan som drivstoff

Forslag om omsetningspåbud

SFT har utviklet et forslag om krav til drivstoffleverandørene om en viss minimums andel av omsetningen av drivstoff skal være biodrivstoff. Forslaget fra SFT innebærer min. 2% innen 2009. Saken er til behandling i Miljøverndepartementet.

Virkemiddelbruken i Sverige

Sverige er det landet i Europa som har kommet lengst i arbeidet med å legge til rette for bruk av biogass til drivstoff, men også Tyskland og Østerrike arbeider for å legge til rette for slik utnyttelse.

Grunnlaget for satsingen i Sverige er bl.a. strategien utarbeidet av ”Kommissionen mot oljeberoende 2006” som fastsatte mål for å redusere oljeforbruket i ulike sektorer. For vegtransportsektoren er målet å minske oljeforbruket med 40 – 50 % innen 2020. / 26 / .

Det finnes en rekke virkemidler i Sverige som direkte eller indirekte premierer bruk av mer miljøvennlig drivstoff. De fleste virkemidlene gjelder alle typer miljødrivstoff, en del av dem tidsavgrenset og noen gjelder i enkelt kommuner.

Virkemidlene som anvendes i Sverige for økt anvendelse av biogass:

- Biodrivstoff er fritatt for energiskatt og CO₂- skatt.
- Redusert bilskatt på nye biler (CO₂ delen av bilskatten).
- Gratis parkering for biogassbiler (gjelder mange kommuner).
- Fritak for rushtidsavgift (gjelder storbyer).
- Redusert inntekstillegg for biogassdreven firmabil.
- Miljøbilpremie på kjøp av nye miljøbiler. Alle typer miljøbiler (også bensin og dieseldrevne) som tilfredsstiller veimyndighetens krav får utbetalt SEK 10 000,- 6 mnd etter kjøpet.
- Krav om at alle bensinstasjoner over en viss størrelse skal selge et fornybart drivstoff samt investeringsstøtte (30 %) til stasjoner som tilbyr biogass istedenfor etanol.
- Investeringsstilskudd (inntil 30 %) til bygging av biogassanlegg over Klimainvesteringsprogrammet (Klimp) som forvaltes av Naturvårdsverket. Programmet støtter investeringer i tiltak som reduserer klimautslippene, herunder også utbygging av fjernvarme, overgang til biobrensler, energieffektivisering med mer.

Behov for nye virkemidler

Bidrar dagens virkemidler til økt energiutnyttelse fra avfall?

6.1.1.15 Varme og kraftvarme.

Aktørundersøkelsen, jf. kapittel 0, viste at statlige virkemidler har vært en viktig drivkraft for utbygging av behandlingsskapasitet. Det som trekkes fram som særlig viktige virkemidler er:

- Virkemidler for fjernvarmeutbygging (økonomiske støtte og tilknytningsplikt)
- Deponiforbud
- Sluttbehandlingsavgiften
- Krav til energiutnyttelsesgrad
- Tilskudd fra Enova

Samtidig sier alle at langsiktig statlig politikk er den viktigste rammebetingelsen for å kunne bygge ut kapasitet.

Som det pekes på i kapittel 0 synes det ikke å være noe problem å få utløst potensialet for varme og el-produksjon ved termisk restavfallsbehandling. Det er større fare for et kapasitetsoverskudd, i all fall i deler av landet, enn kapasitetsmangel. Ut fra et mål om å ha tilstrekkelig behandlingsskapasitet for brennbart restavfall har derfor dagens virkemidler vært tilstrekkelige. Samtidig har bl.a. krav om minimum 50 % energiutnyttelsesgrad bidrar til relativt høy energiutnyttelsesgrad, i all fall sammenlignet med restavfallsforbrenning på kontinentet. Det er allikevel fortsatt et potensial for å stimulere til økt energiutnyttelsesgrad som i dag i gjennomsnitt ligger på 74 % for avfallsforbrenning. Det kan tilsi en omlegging av støtten slik at høy energiutnyttelsesgrad premieres. Støtte kan f.eks differensieres i trinn for å sikre at anleggene med den høyeste energiutnyttelsesgraden som stimuleres.

6.1.1.16 Drivstoff

Det foreligger vedtak om å tilrettelegge for økt bruk av biodrivstoff i Norge, og EU promoterer bruk av biodrivstoff gjennom en rekke politiske dokumenter. Virkemiddelapparatet er derimot ikke på plass. Det er i dag ingen norske virkemidler som direkte er rettet mot økt produksjon av drivstoff fra biogass utover at det generelt bevilges midler til forskning over Renergi – programmet.

Avfallets bidrag til ny fornybar energi.

Det er fastsatt mål om å realisere ny fornybar energi samt energieffektivisering tilsvarende 30 TWh i perioden 2001 til 2016/8/. I følge Enovas årsrapport for 2007 er det nå kontraktfestet 10,1 TWh og man er på god vei til å nå Enovas avtalefestede mål for 2010 på 12 TWh. / 10/ I følge Econ / 8/ er det et gap i forhold til Regjeringens målsetning på minst 14 TWh med dagens rammebetingelser.

Som vi så i kapittel 4 kan det med den avfallsmengde vi har i dag maksimalt produseres ca. 2,4 TWh/år ny energi basert på termisk behandling i Norge. Ca. 1,9 TWh/år av dette er fornybar energi. I tillegg kan ny fornybar energi fra biogassproduksjon maksimalt utgjøre 1,9 TWh. Samlet sett kan nedbrytbart avfall i beste fall bidra med ca. 3,8 TWh/år ny fornybar energi, men nøkternt anslått ca. 2,0 TWh/år, jf. tabell 4.5.1 og tabell 4.5.3. Nedbrytbart avfall kan derfor bare dekke inn en begrenset andel av behovet for ny fornybar energi. Dette bør man ha klart for seg når virkemiddelapparatet skal utformes.

Forslag til nye virkemidler

6.1.1.17 Avfallsforbrenning

Flere anlegg har fortsatt noe lav energiutnyttelsesgrad og støtten kan eventuelt vris i retning av støtte til hver kWh levert til forbruker og bør være lik for alle, både eksisterende og nye anlegg, slik at konkurransevridding unngås. Støtten bør omfatte all energi som leveres uavhengig om det er el eller varme, men det bør tas hensyn til at bare en andel av avfallsenergien som produseres er fornybar. Grønne sertifikater eller innmatingstariff som også omfatter varmeleveransen kan være en løsning.

6.1.1.18 Bioenergi

Bioenergianlegg som energiutnytter trevirkeavfall har bedre utnyttelse av energien, enn avfallsforbrenningsanlegg, og det bør derfor stimuleres til at trevirkeavfallet blir levert til bioenergianlegg framfor avfallsforbrenning. I utgangspunktet er dagens el- og varmepriser ikke tilstrekkelig til at anleggene får god økonomi. I motsetning til avfallsforbrenningsanlegg som får sine hovedinntekter gjennom mottaksavgiften, har bioenergianleggene kostnader knyttet til sortering og forbehandling av trevirket. Offentlig støtte vil ofte være nødvendig for å utløse utbygging av bioenergiprojekter. Det bør vurderes om en støtteordning som yter støtte pr kWh varme (og el) levert er å foretrekke framfor direkte investeringsstøtte.

6.1.1.19 Mindre biogassanlegg

Biogassanleggene må kunne levere ca. 1 million m³ biometan pr år for at det skal kunne lønne seg å oppgradere biogassen til drivstoff. Det innebærer at anlegg < ca. 10 000 tonn matavfall bør vurdere el og varme som alternativ. Det er i dagens situasjon lite lønnsomt å produsere el fra biogass. Støtte pr kWh levert el og varme vil derfor kunne utløse noe mer energiproduksjon.

Nye virkemidler for økt produksjon av fornybart drivstoff

Det vil være behov for nye virkemidler for å utløse potensialet for drivstoffproduksjon fra biogass. Etablering av biogassanlegg for kildesortert matavfall representerer normalt større risiko enn investering i forbrenningskapasitet for restavfall. For å motivere kommuner og næringer til å øke innsatsen for kildesortering av matavfall og etablering av biogassanlegg bør den økonomiske risikoen reduseres gjennom statlige støtteordninger.

Normalt vil også en gassbil være dyrere enn en tilsvarende bensin- eller diesebil.

Virkemidlene bør derfor settes inn på to områder:

- Virkemidler for å øke produksjonen av biogass.
- Virkemidler for å øke utnyttelse av biogassen som drivstoff.

Det bør benyttes en kombinasjon av økonomiske og juridiske virkemidler, og det kan være behov for en mer inngående vurdering av effekten av virkemiddelbruken i Sverige.

Virkemidler som bør vurderes nærmere er:

- Investeringsstøtte til etablering av biogassanlegg som produserer drivstoff. Støtten kan gis generelt til alle anlegg eller bare til anlegg som oppgraderer biogass til drivstoffkvalitet. Støtten kan eventuelt gis i en oppbyggingsfase for biogass og avvikles etter hvert som behovet for kapasitet blir dekket. I en oppbyggingsfase bør støtteandelen være høy (> 20 %) ettersom det ligger betydelig økonomisk, teknisk og markedsmessig risiko i å etablere biogassanlegg med drivstoffproduksjon i dag. På sikt vil det kunne etableres mer kostnadseffektive løsninger med mindre behov for støtte.
- Omsetningspåbud for drivstoffleverandører. Både for private og profesjonelle brukere er det viktig at det etableres et nett tankstasjoner slik at man ikke må kjøre for store omveier for å fylle riktig drivstoff.
- Reduserte avgifter for biler som kan bruke miljøvennlige drivstoff også andre typer drivstoff enn E 85, som i dag gis en reduksjon i engangsavgiften på kr. 10 000. Støtten må være så høy at den gjør det interressant å velge en bil som benytter miljøvennlig drivstoff når innkjøp og drift ses under ett. En gassdrevet personbil koster kanskje kr 30 - 40 000 mer enn en tilsvarende bensin/dieseldrevet bil. Konvertering ligger i samme området eller høyere, mens en gassbuss koster kr 500.000 – 700 000 mer i innkjøp. Ettersom det er betydelig lavere pris på gass som drivstoff, vil de økte kostnadene til innkjøp nedbetales over relativt få år. Normalt vil særlig private eiere av kjøretøy, være usikre på konsekvensene av valg av kjøretøyer med alternative drivstoff. Redusert innkjøpspris kan derfor bidra til å øke interessen for slike kjøretøy. Avgiftsreduksjon kan vurderes både i engangsavgiften, årsavgift og omregistreringsavgiften.

Det er dessuten viktig at biogassanleggene får tydelige miljøkrav gjennom systemet med tillatelser slik at miljøeffekten sikres. Biogassanlegg over en viss størrelse bør ha krav til energiutnyttelsesgrad tilsvarende avfallsforbrenningsanlegg.

7. Konsekvenser for eksportmarkedet

Det eksporteres betydelig mengder blandet restavfall og trevirke til forbrenningsanlegg i Sverige. Endrede rammevilkår med bl.a. avfallsskatt i Sverige har ført til at mengdene er redusert noe de siste årene samtidig som mengdene til norske avfallsforbrenningsanlegg øker.

Det anses i dagens situasjon uhensiktsmessig å etablere et omfattende særnorsk regelverk for å forhindre eksport av avfall til energiutnyttelse i Sverige. Den eksporterte mengden fra Norge til Sverige utgjør en relativ liten andel av den totale avfallsimporten til Sverige og vil ikke påvirke kapasitetsutbyggingen i Sverige. Eksportmengden vil ikke være avgjørende for kapasitetsutbyggingen i Norge, men lokalt på Østlandet vil det være en fordel å ha noe større avfallsgrunnlag etter 2010 – 2012.

Innledning

En del nedbrytbart og brennbart avfall eksporteres for utnyttelse i termiske eller biologiske anlegg. Spørsmålene som dette reiser er:

- Er mottakerlandene avhengig av avfallsimporten fra Norge?
- Vil en satsing på økt energiutnyttelse i Norge få konsekvenser for planlagt kapasitetsutvidelse i Sverige?
- Vil et økende eksportmarked få konsekvenser for kapasitetsutviklingen i Norge, og bør det innføres eksportrestriksjoner ?

Dagens rammebetingelser for eksport

Grensekryssende transport

Avfall som eksporteres til Sverige og Danmark er underlagt avfallsforskriftens bestemmelser i kap. 13 om grensekryssende transport. Ny eksportforordning av 12. juli 2007 er ennå ikke trådt i kraft i Norge, men forordningen vil ikke endre på noen av hovedprinsippene for eksport av avfall til gjenvinning. Det forventes at forordningen vil tre i kraft innen sommeren.

Avfall til gjenvinning, herunder energiutnyttelse, vil normalt få tillatelse dersom det eksporteres innenfor EU/EØS. Den nye forordningen gir myndighetene større rom for å avslå søknader om eksport, også eksport til gjenvinning. Myndighetene må begrunne et slikt vedtak med at:

- Transporten er i strid med nasjonalt regelverk, EU regelverk eller internasjonale avtaler.
- Andelen til gjenvinning er lav i forhold til andelen som må sluttbehandles.
- Verdien av det som gjenvinnes står ikke i forhold til kostnadene til sluttbehandling.
- Avfallet kan gjenvinnes mer miljøvennlig i eksportlandet.

Det er meldeplikt for eksport av blandet avfall til ulike gjenvinningsoperasjoner. Dette gjelder

- Blandet restavfall fra husholdninger til energiutnyttelse.
- Blandet restavfall fra næringer til energiutnyttelse.
- Ubehandlet (blandet) trevirkeavfall til energiutnyttelse.
- Kildesortert matavfall fra husholdninger/storhusholdninger til energiutnyttelse (biogass).

Det vil ikke være meldeplikt for eksport av en del ensartet (grønt) avfall til gjenvinning, bl.a. rent trevirkeavfall til energiutnyttelse.

Avgift på avfallsforbrenning

Det er innført avgift på avfallsforbrenning både i Danmark, Norge og Sverige, men regelverket har ulik utforming i alle de tre landene.

- **Norge** har en utslippsavgift som beregnes ut fra målte utslippsmengder og verdsettingsanslag for den enkelte utslippskomponent. Avgiftsnivået ligger i området 70 -110 kr pr tonn.
- **Danmark** har en tonnavgift på 330 kr/tonn for brennbart avfall som leveres til de kommunale forbrenningsanleggene.
- **Sverige** innførte i 2006 en tonnavgift mellom SEK 94 - 444 avhengig av anleggenes el-virkningsgrad. Kraftvarmeverk med minst 15 % el-virkningsgrad får den laveste avgiftssatsen, mens rene varmeverk den høyeste.

Deponiforbud

Både Sverige og særlig Danmark var tidligere ut med forbud mot deponering av brennbart/nedbrytbart avfall. Sverige innførte forbud mot deponering av brennbart avfall i 2002 og alt organisk nedbrytbart i 2005. Det har allikevel blitt gitt en del dispensasjoner fra forbudet i påvente av forestående kapasitetsutvidelser. Samtidig har betydelig mengder avfall blitt importert til forbrenning. Denne situasjonen er i ferd med å snu, og det gis nå i liten grad nye dispensasjoner for deponering av avfall som kan forbrennes.

Status for eksport av avfall

Det eksporteres betydelige mengder brennbart restavfall og trevirke til forbrenning med energiutnyttelse, samt noe matavfall/organisk avfall til produksjon av jord/gjødsel.

Datagrunnlaget for eksporten samlet sett er relativt dårlig. For delstrømmer som er underlagt regelverket om grensekryssende transport plikter transportøren å rapportere alle transporter til SFT. Denne statistikken antar vi derfor er relativt god. For avfall som kan eksporteres grønt er det stor usikkerhet.

Eksport til Sverige

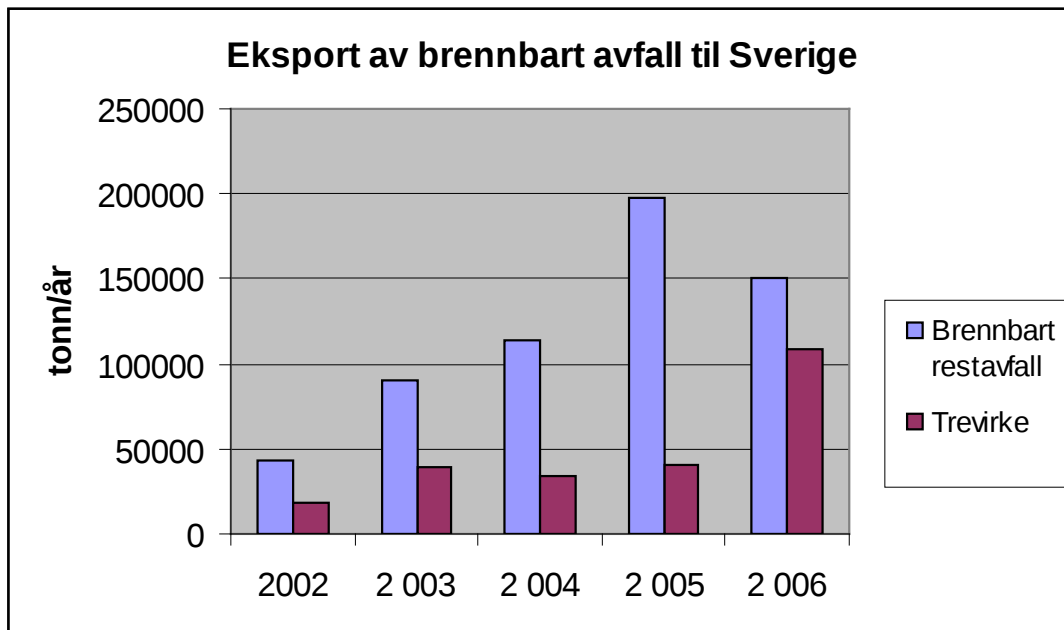
7.1.1.1 Restavfall til energiutnyttelse

Vi har innhentet data fra SFTs eksportstatistikk som viser en sterk økning av mengden restavfall fra husholdninger og næringer fra 2002 til 2005, men fra 2006 viser statistikken en synkende tendens. Dette er i samsvar med det inntrykk vi har fått gjennom kontakt med avfallsaktørene samtidig som det registreres en økning i mengden avfall til norske

forbrenningsanlegg. Totalt ble det eksportert 150 000 tonn husholdnings- og næringsavfall til forbrenning ved svenske anlegg i 2005, en nedgang på 50 000 tonn fra året før.

Av de 150 000 tonnene som eksporteres utgjør husholdningsavfall ca. 50 000 tonn, det øvrige er næringsavfall.

Figur 7.3.1 Eksport av brennbart restavfall og sortert avfallstrevirke til Sverige 2002 - 2006



7.1.1.2 Trevirkeavfall

I henhold til statistikken ble det eksportert nesten 110 000 tonn avfallstrevirke til Sverige i 2006 noe som var en økning på 70 000 t fra året før. Trolig er ikke dette en reell økning, men at flere avfallseksportører velger å melde eksport av denne avfallstypen. Det antas allikevel at mye avfallstrevirke eksporteres som ikke meldepliktig avfall (grønncatet). Naturvårdsverket beregnet i 2002 at ca. 450 000 tonn ubehandlet trevirke ble importert til energiutnyttelse i Sverige fra land i Nord- og Mellom-Europa.

Det antas ut fra foreliggende avfallsstatistikk at mengden returtrevirke som eksporteres til Sverige kan være over 200 000 tonn/år. Det er relativt stor usikkerhet i anslaget.

7.1.1.3 Matavfall

En del matavfall fra husholdninger eksporteres fra tid til annen til biogassanlegg i Sverige. I 2006 utgjorde denne eksporten ca. 10 000 t.

Eksport til Danmark

Organisk biprodukter og bioslurry som produseres av organisk industriavfall og matavfall fra storhusholdninger eksporteres i stor grad som grønt avfall til energiutnyttelse i biogassanlegg i Danmark. Mengde omfattes ikke av eksportstatistikken, men kan utgjøre 25 – 30 000 tonn/år.

Behandlingskapasitet for avfall i Sverige

Varmeverk og kraftvarmeverk

Sverige har en behandlingskapasitet for brennbart avfall på over 4 millioner tonn/år i kommunale avfallsforbrenningsanlegg. I tillegg forbrennes avfall i en del industrianlegg. Avfall Sverige beregnet i 2000 at det ville bli et betydelig kapasitetsunderskudd i Sverige når det ble innført strengere krav til deponering. Det har derfor de siste årene pågått en storstilt utbygging av ny kapasitet, og nye beregninger gjennomført i 2006 viser at det kan bli en overkapasitet i størrelsesorden 500 – 800 000 tonn på avfallsforbrenning i 2010 dersom foreliggende planer iverksettes.

Behandlingskapasiteten for forbrenning av trevirke i Sverige er meget stor både i kraftvarme og varmeverk og innen industrien. Kapasiteten for å ta i mot rivningsvirke er ikke kjent, men i følge Naturvårdsverket brennes over 6 millioner tonn treavfall i Sverige.

Behov for brensel

Den samlede anvendelsen av bio-, retur- og avfallsbrensel samt torv i Svenske kraftvarme og varmeverk utgjør 42 TWh. Avfallsmengdene fra Norge utgjør ca. 2% av dette.

Sverige importere store mengder brensel fra kontinentet i form av restavfall fra husholdninger og næringer, returtrevirke og andre avfallsbrenslar. For å opprettholde forsyningssikkerhet i fjernvarmenettet og unngå økt bruk av fossile energibærere vil Sverige fortsatt ha behov for import av avfallsbrensel. Trolig vil tilgangen på slikt brensel bli mindre ettersom eksportlandene selv vil ha behov for å anvende biobrenslar til erstatning for fossile energibærere.

Statistikken er usikker, men svenske energimyndigheter angir en import av avfall, treflis/trebrensel, tallolje og pellets i størrelsesorden 6,5 – 7 TWh (2005). På energibasis utgjør importen fra Norge samlet sett 13 - 15 % av Sveriges samlede brenselsimport, hvorav husholdnings- og næringsavfall utgjør snaut 40 % av dette.

Dagens prisbilde

Brennbart avfall

Sverige innførte avfallsskatt på husholdningsavfall til energiutnyttelse fra 1. juli 2006. Avgiften gjelder bare ved forbrenning av husholdningsavfall og innføringen innbar at prisdifferansen mellom forbrenning av husholdningsavfall i norske og svenske anlegg sankt fra ca. 300 kr/tonn til ca. 220 kr /tonn. Når transportkostnadene legges til er prisforskjellen i mange tilfeller nå jevnet ut.

For næringsavfall vil situasjonen være en annen. Her ligger svenske anlegg minst 300 kr/tonn under norske anlegg.

Avgiften i Danmark sammen med transportkostnaden innebærer at det ikke vil være lønnsomt å eksportere brennbart avfall fra Norge til Danmark. Det har tidligere vært en begrenset eksport av spesielle fraksjoner og brennbart næringsavfall til sementindustrien.

Matavfall/organisk avfall

Det er betydelig ledig kapasitet ved danske biogassanlegg for husdyrgjødsel for å ta en økt mengde bioslurry/organisk industriavfall fra Norge. Ettersom bioslurry inneholder mye energi sammenlignet med husdyrgjødsel er det stor interesse for denne fraksjonen som eksporteres til lave priser. Avfallet som eksporteres må være forbehandlet og pumpbart. Det ligger derfor en betydelig kostnad i å forbehandle avfallet før det eksporteres.

Utviklingen framover

Endring i rammevilkår

I Sverige diskuteres en endring av avfallsskatten, men resultatene av denne diskusjonen er foreløpig uvisst. Det legges til grunn at Sverige vil ha en avfallsskatt også i årene som kommer som ikke avviker vesentlig fra dagens ordning.

7.1.1.4 Kapasitetsutvikling og infrastruktur i Sverige

Sverige øker kapasiteten på forbrenning uavhengig av avfallet fra Norge. Kapasitetsøkningen drives framover av deponiforbud og målsetninger om økt fornybar energi. I Sverige er det bygget ut betydelig infrastruktur for fjernvarme og ytterligere utbygging vil fortsette i årene som kommer. Klimainvesteringsprogrammet (Klimp) gir betydelig støtte til etablering av ny fornybar fjernvarmeproduksjon samt infrastrukturanlegg.

Bør det innføres eksportrestriksjoner

I dagens situasjon er det i realiteten ingen restriksjoner knyttet til grensekryssende transport av avfall til energiutnyttelse mellom Norge, Sverige og Danmark. Man kan gjerne snakke om et felles avfallsmarked. Ved utbygging av ny forbrenningskapasitet på Østlandet og utvidelse av fjernvarmenettene vil dette blir enda tydeligere. Tilgjengelig kapasitet og kostnader vil være avgjørende for hvor avfallet behandles.

Det kan anses som uheldig at avfall transporteres forbi avfallsbehandlingsanlegg i Norge for å utnyttes i Sverige. Avfallsskatten i Sverige utjevner noe av prisforskjellene når kostnadene til transport tas med i betraktningen. Allerede nå ser vi effekten av denne avgiften med redusert eksportmengden fra 2005 til 2006. Gjennom kontakt med avfallseksportørene befestes inntrykket av at prisene i Sverige er økende og interessen for norsk avfall mindre.

Lange transporter utgjør en miljøbelastning som bør inkluderes i miljøkostnadene for løsningene. Innkjøpsreglementet for offentlige anskaffelser gir åpning for at det kan tas miljøhensyn i anbudskonkurranser, og en del kommuner har begynt å ta slike verktøy i bruk. Dette vil ytterligere styrke konkurranseevnen til norske behandlingsanlegg.

Selv om myndighetene har fått en rolle med å gi tillatelse og kontrollere grensekryssende transport, og har fått flere muligheter til å avslå transporter, er det vanskelig å se at norske myndigheter har hjemmel til å stanse eksporten til Sverige eller Danmark. Eksporten i dag skjer til miljømessig gode løsninger med høyere utnyttelsesgrad enn det vi normalt får til i Norge. Det er samtidig usikkert om Norge i dagens situasjon, og sett i lys av EØS – avtalen, kan etablere et nasjonalt regelverk med strengere restriksjoner på eksport av avfall.

Den eksporterte mengden fra Norge utgjør en relativt liten andel av den totale importen til Sverige. Svenske anlegg vil ikke være avhengig av denne eksporten, men kan eventuelt hente avfall fra andre nordeuropeiske land. Avfallsforbrenningsanleggene i Sverige fungerer i større

grad enn i Norge som energileverandører inn i et fjernvarmenett, og kan derfor tilpasse energiproduksjonen til behovet i nettet. Svenske anlegg kan derfor framover være mer interessert i lagringsstabil avfall som kan anvendes i perioder med stor etterspørsel etter varme, enn husholdnings- og næringsavfall som ikke er så egnet for lagring.

Eksportmengden vil heller ikke være avgjørende for kapasitetsutbyggingen i Norge, men lokalt på Østlandet vil det være en fordel å ha et noe større avfallsgrunnlag etter 2010 – 12. Det synes allikevel lite hensiktsmessig å etablere et omfattende regelverk for å forhindre eksport av noen hundre tusen tonn avfall.

8. Kilder

- / 1/ Amundsen et al., 2004
- / 2/ AvfallNorge 2005. Fornybar andel i nedbrytbart avfall til norske forbrenningsanlegg
- / 3/ Avfall Norge 2006. Fornybar andel i avfall til norske forbrenningsanlegg. Jarle Martinsen - Mepex. Rapport nr 7/2006
- / 4/ Briseid og Norgaard, 1999
- / 5/ Briseid, T. Innspill til OED om bioenergi. Våtorganisk avfall, husdyrgjødsel og avløpsslam, mengder, miljøeffekter, energiinnhold og bruk i biogassanlegg.
- / 6/ Bøen et al., 2004
- / 7/ Civitas 2003. Miljøegenskaper og kostnader for busser, alternative drivstoff og motorteknologier.
- / 8/ Econ 2007. Mulig ny norsk energiproduksjon (Rapport 2007-016)
- / 9/ EIPPCB 2009. Reference Document on the Best Available techniques for Waste Incineration.
- / 10/ Enovas resultat og aktivitetsrapport for 2007
- / 11/ Haarstad et al. 2002
- / 12/ Haarstad og Bergersen 2004
- / 13/ Ingeniøren 2001. Christensen, T.H. (Red): Affaldsteknologi
- / 14/ Lagerkvist, 1986
- / 15/ Lystad, 2001
- / 16/ Norsk Industri 2007 – Klimanytte av gjenvinning
- / 17/ NRF 2005. Rammebetingelser for energiutnyttelse av avfall i Norge (2/2005)
- / 18/ Ohr et al. 2002
- / 19/ Ohr et al. 2005.
- / 20/ Samtale med Gunnar Kjøs (GLØR), 28. februar 2008.
- / 21/ Samtale med Oddvar Tornes (IVAR), 13. mars 2008.
- / 22/ SFT 2005. Marginale miljøkostnader ved luftforurensning. TA-2100
- / 23/ Sitef Energiforskning AS 2007. Reduserte CO2 utslipp som følge av økt fornybar kraftproduksjon i Norge. Ove Wolfgang og Birger Mo. TR A6583.
- / 24/ SSB 2007. The Norwegian Emission Inventory 2007. Kristin Aasestad (ed.). Reports 2007/38.
- / 25/ Steinar Nybruket, NORVAR. E-mail datert 28. februar 2008
- / 26/ Østlandsforskning m.fl. 2007. Bioenergi i Norge – potensialer, markeder og virkemidler
- / 27/ SFT Virkemidler for økt bruk av drivstoff i Norge
- / 28/ Neuman, H., 2007
- / 29/ Biogass Journal nov. 2007.
- / 30/ SFT 2004 Strategi for nedbrytbart avfall

Vedlegg 1: Beregningsforutsetninger energi

Brennverdi	Restavfall	2,9 MWh/t	
	Papir	3,6 MWh/t	
	Treavfall	3,0 MWh/t	Redusert grunnet fuktig bark
	Tekstiler	4,2 MWh/t	
	Våtorganisk avfall	0,8 MWh/t	
	Avløpsslam	0,5 MWh/t	
	Annet brennbart (plast)	8,3 MWh/t	
	Fyringsolje	11,7 MWh/t	
	Metan	9,8 kWh/m ³	
Avfallsforbrenning	Kjelvirkningsgrad	85 %	
	El-virkningsgrad	15 %	
	Internt forbruk	5 %	
	Energiutnyttelsesgrad	75 %	Varmeutnyttelse – Norge
		95 %	Varmeutnyttelse – Sverige
	Klimautslipp	0,41 t CO ₂ /t	
	NOx – utslipp	1,03 kg/t	
	Partikkel utslipp	0,051	
Bioenergianlegg	Kjelvirkningsgrad	88 %	
	Internt forbruk	5 %	
	Energiutnyttelsesgrad	100 %	
	Klimautslipp	0 t CO ₂ /t tre	
	NOx – utslipp	1,058 kg/t	
	Partikkel utslipp	0,053 kg/t	
Biogassanlegg	Biogasspotensial	150 Nm ³ /t	
	Metanandel	65 %	
	Metanutslipp	1 %	
	NOx – utslipp	0	
	Partikkel utslipp	0	
	Klimautslipp	0,0073 t CO ₂ /t	
Oljefyring	Kjelvirkningsgrad	85 %	
	Klimautslipp	3,2 tCO ₂ /t	
	NOx – utslipp	2,5 kg/tonn	
	Partikkel utslipp	0,15 kg/tonn	
Diverse	Nedbrytbar andel i restavfall	55 %	

Vedlegg 2: Avfallsforbrenningsanlegg i Norge

Tabell Mengde og energileveranse i 2007 (Avrundet)

	Anlegg	Mengde avfall(tonn/år)	Lvert energi (GWh)
1	Oslo, Klemetsrud	155 700	249
2	Oslo, Brobekk	104 000	234
3	Frevar	87 500	233
4	Trondheim (TEV)	142 000	305
5	Ålesund (Tafjord)	34 800	70
6	Hallingdal Renovasjon	21 600	24
7	Senja Avfallsselskap	6 300	3
8	BIR avfallsenergi	100 700	152
9	Nordmøre Energigjenvinning	31 700	40
10	Sarpsborg	78 700	170
11	Rakkestad	9 600	9
12	Viken energi	43 000	134
13	Hurum Energigjenvinning	40 000	55
14	Forus Energigjenvinning	44 800	54
15	Norcem	83 000	206
	SUM	983 400	1 938

Vedlegg 3 Slambaserte biogassanlegg i Norge, 2007.

Anlegg (slambasert)	Kommentarer	Energiproduksjon per år
Arendal kommune, Saulekilen renseanlegg	Ikke skaffet detaljert informasjon	
Bekkelaget Vann AS, Bekkelaget renseanlegg, Oslo	Planlegger gass til bussdrift i samarbeid med Oslo EGE, 220 busser totalt	12 GWh ⁵
Ecopro, Nord-Trønderlag	Blander slam med matavfall	
Frevar, Fredrikstad,	Blander med matavfall. Gass til bussdrift	4 GWh ⁵ Produserer ca 650.000 Nm ³ biogass tilsv. ca 430
Gjøvik kommune, Rambekk renseanlegg	Ikke skaffet detaljert informasjon	
HIAS IKS, HIAS renseanlegg		6 GWh ⁵ , herav 3 GWh el
IVAR IKS, SNJ	Blandes med næringsmiddelavfall. Planlegger oppgradering til naturgassnett i samarbeid med Lyse Energi fra 1. januar 2009.	Ca. 23 GWh 3,6 mill Nm ³ biogass med 65% metan per år / 21/
Kongsberg kommune, Sellikdalen renseanlegg	22 000 m ³ slam og 1000 tonn matavfall	
Larvik kommune, Lillevik renseanlegg	Planlegger innblanding med matavfall	
Porsgrunn kommune, Knarrdalsstrand renseanlegg	Ikke skaffet detaljert informasjon	
MOVAR, Fuglevik renseanlegg	Ikke skaffet detaljert informasjon	
Sandefjord kommune, Enga renseanlegg		1,5 GWh / 25/
Sarpsborg kommune, Alvim renseanlegg	Ikke skaffet detaljert informasjon	
Ullensaker kommune, Gardermoen renseanlegg	Ikke skaffet detaljert informasjon	
VEAS, Slemmestad		56 GWh ⁵ Herav 13 GWh el

Norvar er i ferd med å ferdigstille en detaljert oversikt over biogass fra slambaserte anlegg, et arbeid som ventes ferdigstilt våren 2008.

Vedlegg 4: Bioceller

9. Bioceller

1.1 Teknologi

Hoveddelen av denne sammenstilling av bioceller er gitt i / 19/. Behandling av avfall i bioceller omfatter avfall som er helt eller delvis biologisk nedbrytbart, fortrinnsvis etter en forbehandling. Avfallet må være fysisk avgrenset mot omliggende masser. Formålet vil normalt være på en kontrollert optimalisert måte å omdanne organisk materiale til biogass og oppnå en stabil restmasse. En biocelle kan defineres som et spesifikt volum biologisk nedbrytbart avfall som er fysisk lukket mot omkringliggende masser og som gjennomgår en kontrollert og optimalisert biologisk stabilisering i en tidsbegrenset periode.

Det skilles mellom:

- Reaktorbiocelle: der det stabiliserte sluttproduktet graves ut for eventuell viderebehandling og en sluttdisponering utenfor biocellen.
- Deponibiocelle: etablert i et deponi, der sluttproduktet etter en periode er tilstrekkelig stabilt til å bli liggende for sluttdisponering i deponiet.

Det er usikkert om deponicelle vil være en tillatt løsning for nedbrytbart avfall.

Aktuelle bruksområder for bioceller:

- Våtorganisk avfall som ikke kan gå til ordinært kompost/biogassanlegg, for eksempel på grunn av forurensninger eller fremmedstoffer (plast mm.)
- Sikterest fra behandlingsanlegg for våtorganisk avfall eller sorteringsanlegg.
- Ristgods, avløpssjøppel og avløpsslam/avløpsslam av dårlig kvalitet.
- Backup-løsning for ordinært kompost/biogassanlegg ved driftsavbrudd eller kapasitetsproblemer.
- En beredskapsløsning for aktuelle situasjoner med mye lett nedbrytbart avfall, for eksempel kadavre fra fjøsbrann, epidemier, trafikkulykker ved mattransport o.a.
- Midlertidig eller permanent supplement til forbrenning av nedbrytbart avfall.
- Alternativ eller supplement til forbrenningsanlegg, komposts- eller biogassanlegg.
- Et effektivt og miljøvennlig alternativ til ordinær deponidrift for restavfall fra husholdninger.

1.2 Prosesser, ytelse og etterbruk

Produksjon av metan i bioceller i Norge er lite kjent. Målinger og beregninger indikerer en produksjon på ca. 103 liter metan pr. kg tørrstoff, eller 114 liter pr. kg organisk materiale, tilsvarende et potensial på ca. 1000 kWh/tonn avfall / 1/ 15/. Til sammenligning er brennverdien for våtorganisk avfall fra 600 - 900 kWh/tonn avfall.

Gass fra bioceller har samme anvendelsesområde som biogass fra et tradisjonelt biogassanlegg og omfatter varme el og drivstoff. For produksjon av el i et kombinert varme/el-kraftverk må gassen renses for vann, partikler og svovel. Til produksjon av drivstoff vil kravet til rensing være større.

Erfaringer med bruk av bioresten fra bioceller er mangelfull. Haarstad et al. (2002) / 11 / rapporterte forsøk med reaktorkompostering av biorest fra biocelle. Det minst omsatte materiale lot seg kompostere til over 60 °C, mens omsatt materiale viste kun moderat temperaturøkning. Analyser av den ferdige komposten viste betryggende hygienisk kvalitet. Haarstad og Bergersen (2004) / 12 / rapporterte et forsøk med utgraving av ca. 11 tonn fra biocelle, som viste at bioresten lot seg etterkompostere i ranker, og inneholdt ikke salmonella. Innholdet av tungmetaller var også lavt.

Bruk av bioresten fra biogassanlegg deles normalt i en flytende og fast del (Bøen et al., 2004) / 6/. Den flytende andelen inneholder, avhengig av råmaterialet, lett tilgjengelige næringsstoffer, og kan erstatte husdyrgjødsel der det er mangel på dette. Den faste bioresten kan komposteres og inngå i jordblandinger markedsført som dyrkningsmedium, eller avvannes og brukes til jordforbedring både innen landbruket og på grøntarealer.

1.3 Miljøeffekter og kost/nytte-forhold

Behandling av organisk avfall i bioceller kan tenkes utført med nullutslipp. Dette betinger gasstett innlukking av avfallet, oppsamling og returpumping av sigevannet, samt kontroll på avfallsets sammensetning inn og ut av biocellen. Det vil imidlertid alltid være lekkasjer av gass. Målinger ved Lindum viste ikke målbare konsentrasjoner av metan over toppdekket (Haarstad et al. 2002)^{13/}. Leire som benyttes til å dekke biocellen har ca. 10 ganger høyere ledningsevne for gass enn for vann / 14/. Dette indikerer et tap på mellom 1 g og 5 kg metan pr. dekar og år, ved et overtrykk på 100 mbar. Oppsprekking av toppdekket vil øke tapet.

Bioceller etableres ofte i sammenheng med eksisterende infrastruktur for avfallsbehandling, som forbehandlings- og mottaksutstyr, deponi som egner seg som byggemessig underlag, uttaks- og behandlingsutstyr for biogass oa. Tidligere undersøkelser har vist at biocelle som behandlingsform har det beste kost/nytteforhold sammenlignet med andre biogassløsninger. Man opererer her med en behandlingskostnad på om lag kr 350 per tonn for bioceller med utgraving etter behandlingen. I følge Ketil Haarstad har vi i dag relativt lite informasjon om kostnadene i Norge i dag. Kostnadene avhenger av eksisterende infrastruktur samt verdsetting av bruk av utstyr etc.

Bioforsk har i regi av Avfall Norge utarbeidet prosjektet "Dokumentasjon av bioceller — et måleprosjekt for SFT/Avfall Norge". Formålet med dette er å legge opp til et prosjekt som kan dokumentere i hvilken grad bioceller egner seg som behandlingsform for ulike avfallstyper, under ulike men sammenlignbare forhold, og i hvilken kategori teknikken hører hjemme. Prosjektforslaget foreslår føringer for oppbygging av biocellene og hva som kan inngå som avfall. Det er 4-5 anlegg som planlegges bygget og som vil inngå i prosjektet.

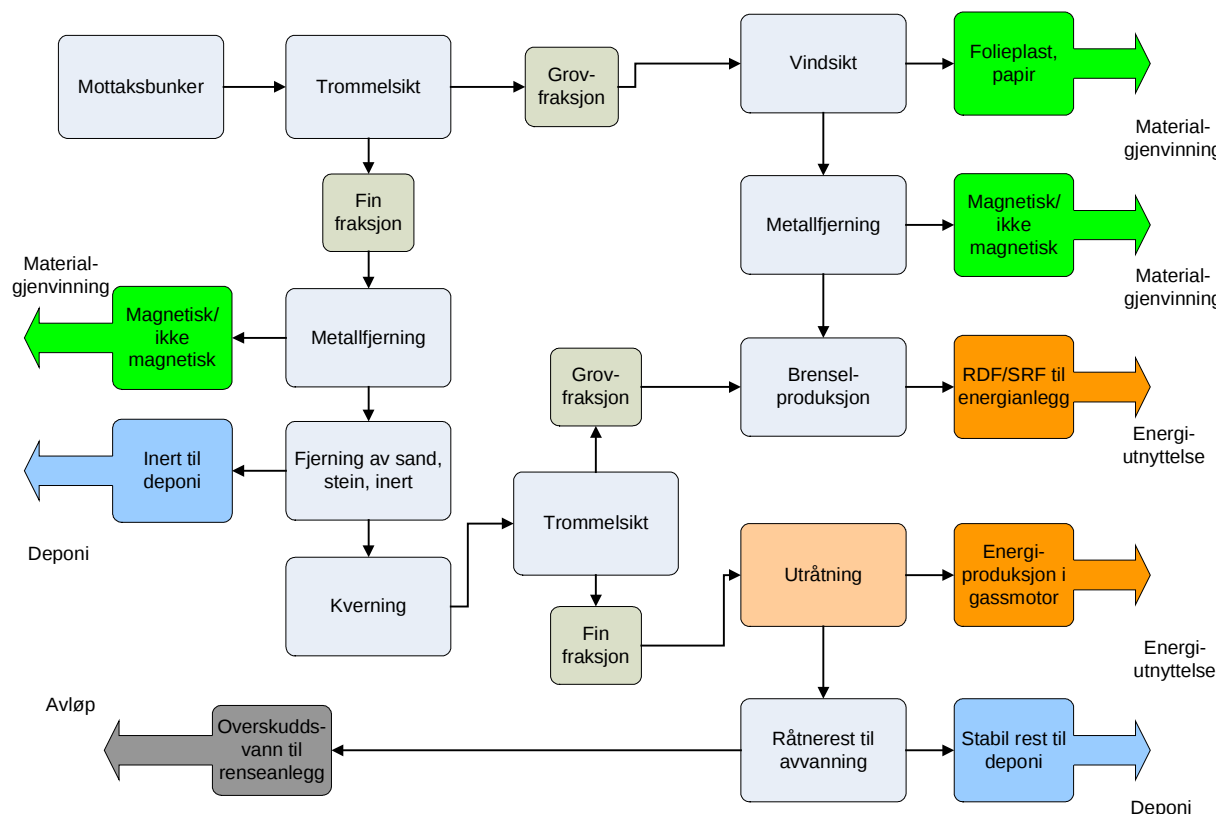
Vedlegg 5 Mekanisk biologisk behandling (MBT)

10. Mekanisk biologisk avfallsbehandling (MBT)

Mekanisk-biologisk behandling (Mechanical Biological Treatment (MBT)) er en metode for restavfallsbehandling som inkluderer både mekaniske, biologiske og eventuelt også termiske prosesser. Behandlingsmetoden, slik den framstår i dag, oppsto i Tyskland på slutten av 90 – tallet som svar på nye strenge krav til deponering av husholdningsavfall, bl.a. krav til maks. 5 % glødetap i deponifraksjonen. Hensikten med en MBT i sin enkleste form er derfor å produsere et biologisk stabilt materiale som kan deponeres innenfor rammen av kravene til deponering.

På den annen side kan MBT også designes for å maksimere gjenvinningen gjennom økt materialgjenvinning og produksjon av hvv. biogass og brensel. Økt materialgjenvinning og energiproduksjon kan gi merverdi for denne løsningen sammenlignet med ren termisk behandling. Teknikken kan anvendes på blandet nedbrytbart avfall fra husholdninger og næringer med eller uten forutgående kildesortering.

Figur 1 Flytskjema MBT med produksjon av biogass og brensel



10.1 Teknisk beskrivelse

MBT er en samlebetegnelse for ulike behandlingsløsninger som minst omfatter mekaniske og biologiske prosesser. Metodene kan inndeles på ulike metoder og det foreligger en til dels forvirrende terminologi.

Felles for alle løsningene er at de omfatter:

- Mekanisk behandling
- Biologisk behandling

Innenfor disse metodene er det stor variasjon i konseptene avhengig av hvilke formål utbygger har hatt med etableringen av anlegget og hvilke lokale forhold som har vært styrende for etableringen. Disponeringen av sluttproduktet, om det er et brensel (RDF/SRF), et kompostlignende produkt (CLO) som skal prosessere videre til et nyttbart jordprodukt eller en stabil rest som skal legges på deponi, vil i stor grad være styrende for valg av teknisk løsning.

10.1.1 Mekanisk behandling

Mekanisk behandling kan benyttes både i forkant og i etterkan av det biologiske trinnet og variere fra det helt enkle til det komplekse. Mekanisk behandling har til hensikt å:

- Sortere ut avfallstyper som kan gjenvinnes (material- eller energigjenvinning).
- Forbehandle avfallet før biologisk behandling (kverning, utsortering av inert avfall)
- Fjerne avfall som kan skape tekniske eller andre problemer i den biologisk prosessen og redusere kvaliteten på sluttproduktet.
- Fjerne fremmedelemer i bioresten.

Mekanisk behandling kan omfatte operasjoner som:

Poseåpner	Trommel, kverner
Neddeling	Shreddere, hammermøller, skjærende pumper. Kverning av fraksjon som skal behandles biologisk eller i brenselproduksjonen.
Sikting	Trommelsikt for å separere avfallet f.eks i en tørr grovfraksjon og en fuktig finfraksjon. Vindsikt for å ta ut plast/lette fraksjoner.
Metallavskilling	Magneter, Eddy Current (ikke magnetisk)
Separering	Flotasjon (skiller på egenvekt), pulping (løse opp og fjerner sand/inert)
Transportører	Transportbånd, skruetransportører, pumper for å transportere ulike fraksjoner gjennom anlegget.

10.1.2 Biologisk behandling

Biologisk behandling i en MBT kan omfatte både aerobe og anaerobe metoder som har til hensikt å:

- Produsere et stabilt sluttprodukt som kan deponeres eller benyttes som overdekkingsmasse på deponier.
- Produsere et kompostlignende produkt (CLO) for utnyttelse som jordforbedringsmiddel.
- Produsere energi (biogass).
- Produsere et stabilt brenselprodukt (SRF – Solid recovered fuel).

10.1.3 Produkter fra MBT

Produkter fra en MBT kan være:

- Materialfraksjoner til materialgjenvinning (Metaller, glass, plast, papir).
- Biogass til energiproduksjon (dersom biologisk trinn inngår).

- Lagringsstabil brensel i form av RDF (Refuse Derived fuel) eller SRF (Solid recovered fuel).
- Kompostlignende jordprodukt CLO (Compostlike output).
- Stabil deponirest.
- Inert materiale til deponi (stein, grus, glass)

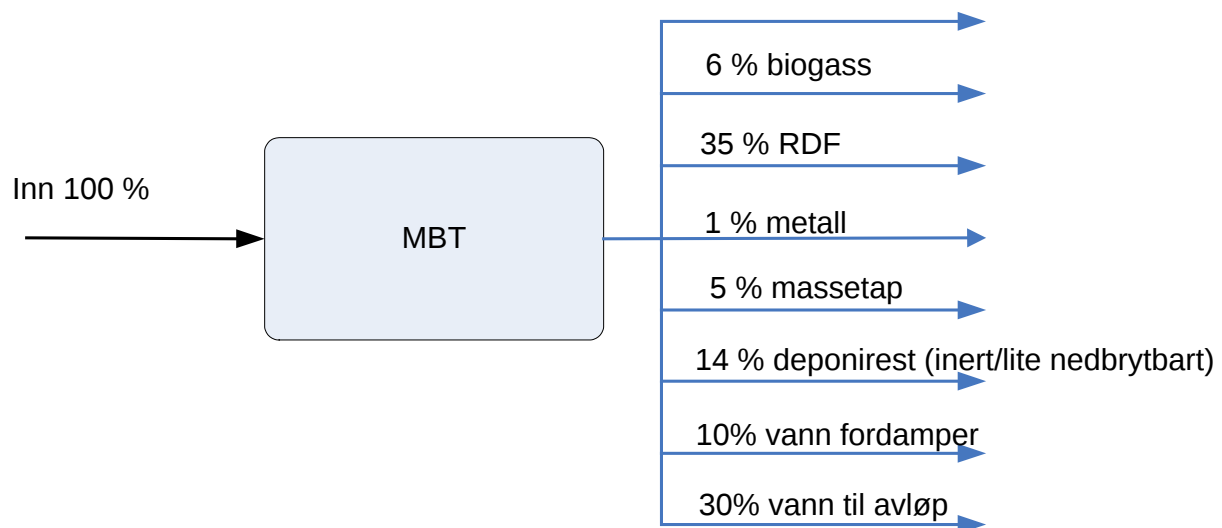
10.2 MBT i lys av deponiforbudet

Det forutsettes her at en MBT kan designes på en slik måte at den er i samsvar med forbud mot deponering av nedbrytbart avfall. Det innebærer at det legges vekt på:

- Utsortering av fraksjoner til materialgjenvinning (metall, plast)
- Produksjon av biogass (anaerobt trinn)
- Produksjon av brenselfraksjon

Det er i denne sammenhengen vurdert et konsept innrettet mot energiproduksjon med en massebalanse som angitt i figuren nedenfor. Miljøeffekter og kostnader er vurdert i forhold til dette konseptet.

Figur 2 Massebalanse MBT med biogassprosess.



Kilde: Biogas AS

10.3 Miljøforhold ved MBT

Ettersom det er betydelig variasjoner i teknisk oppbygging er det vanskelig å gi noen entydig bilde av miljøforholdene ved en MBT. Det vil kunne variere betydelig avhengig av anleggsoppbyggingen, men det er mest nærliggende å sammenligne med biologiske behandlingsanlegg og mekaniske sorteringsanlegg for næringsavfall. Det innebærer at fokus vil være på:

- Lukt
- Støy
- Trafikk
- Utslipp av klimagasser

10.4 Utslippskrav

Det er ingen MBT anlegg i Norge i dag så det er ikke etablert noen praksis for krav til denne type anlegg. Generelt skal både sorteringsanlegg, termiske og biologiske behandlingsanlegg og deponier ha tillatelse normalt fra fylkesmannen. En MBT vil derfor reguleres i samsvar med krav til de operasjoner som inngår i løsningen.

10.5 Kostnader til MBT

På grunn av den store variasjonen i MBT teknologi vil det også være betydelig spredning i kostnadsbildet. Et realistisk kostnadsanslag for MBT kan derfor ikke settes opp uten klare designkriterier for løsningen

Generelt vil kostnadene være avhengig av håndteringen av produktene fra prosessen, inkludert produksjon og kvalitetssikring av brenselsproduktet (RFD/SRF) og kompostproduktet (CLO).

Det må antas at kostnadene ligger i samme område som industriell forbrenning eller høyere.

Vedlegg 6: Aktørundersøkelse

SFT prosjekt: Alternative behandlingsformer for nedbrytbart avfall og tiltak som fremmer kraft, varme- og drivstoffproduksjon

Aktivitet 1.05. Identifisering av barrierer og mulige virkemidler

Aktørundersøkelse

Mepex har i samarbeid med Bioforsk fått i oppdrag fra SFT å utrede alternative behandlingsformer for nedbrytbart avfall og tiltak som fremmer kraft, varme- og drivstoffproduksjon. Som en del av prosjektet skal vi identifisere barrierer, virkemidler og drivkrefter. Dette vil vi gjøre bl.a. ved å spørre aktører i energi- og avfallsbransjen om deres erfaringer og opplevelse av virkemidler, drivkrefter og barrierer for etablering av nye behandlingsløsninger. Undersøkelsen skal gjennomføres ved utfylling/avkrysning av et skjema med eventuell oppfølging over telefon. På forhånd har vi listet opp utvalgte aktører og personer som vi ønsker at skal delta i undersøkelsen (se vedlegg 1).

Opplysningene vil bli fortrolig behandlet i prosjektet og ingen av svarene vil i rapporten kunne knyttes til spesifikke personer eller aktører/prosjekter

Status og rolle:

For å nyttegjøre de opplysningene vi mottar i kartleggingen trenger vi også opplysninger om de aktuelle behandlingsløsningene som er planlagt og eventuelt satt i drift i din virksomhet. Vi trenger også opplysninger om intervjuobjektets rolle i prosjektet.

Kort beskrivelse av behandlingsløsningen / anlegget:
Om intervjupersonen, rolle mv:

Drivkrefter:

Hvilke drivkrefter som har bidratt til framdrift i prosjektet (ene)? Det kan også være interessant å avdekke om drivkreftene endres gjennom prosjektet. Kryss av for hva som oppleves som viktig:

	Meget viktig	Nokså viktig	Mindre viktig	Ikke viktig
Behov for behandlingskapasitet for avfall	☐	☐	☐	☐
Energibehov	☐	☐	☐	☐
Ønske om miljøforbedring -strategi	☐	☐	☐	☐
Styrket konkurranseevne / fortjeneste	☐	☐	☐	☐
Markedsposisjonering	☐	☐	☐	☐
Personlig drivkraft (ildsjel)	☐	☐	☐	☐
Allianse / samarbeidsvilje mellom aktører	☐	☐	☐	☐
Lokal politisk styring	☐	☐	☐	☐
Virkemidler/støtteordninger	☐	☐	☐	☐
Annet (beskriv)				

Barrierer:

Hvilke barrierer har blitt avdekket i utvikling av prosjektet(ene)?

	Meget viktig	Nokså viktig	Mindre viktig	Ikke viktig
Usikker tilgang / pris på avfall	☐	☐	☐	☐
Usikker avsetning / pris på energi	☐	☐	☐	☐
Usikker avsetning av organisk sluttprodukt	☐	☐	☐	☐
Investeringsvilje / kapitaltilgang	☐	☐	☐	☐
Kompetanse (prosjekt, bygging, drift)	☐	☐	☐	☐
Teknologiske problemer og begrensninger	☐	☐	☐	☐
Manglende samarbeidsvilje blant mulige utbyggere	☐	☐	☐	☐
Mangel på personlig drivkraft (ildsjel)	☐	☐	☐	☐
Manglende støtteordninger	☐	☐	☐	☐
Byråkrati	☐	☐	☐	☐
Folkelig motstand	☐	☐	☐	☐
Annet (beskriv)				

Virkemidler:

Hvilke virkemidler har vært viktige for prosjektet positivt/negativt:

	Meget viktig	Nokså viktig	Mindre viktig	Ikke viktig
Tilskudd fra Enova	☐	☐	☐	☐
Deponiforbudet	☐	☐	☐	☐
Krav om energiutnyttelsesgrad ved avfallsforbrenning	☐	☐	☐	☐
Krav i avfallsforbrenningsregelverket (vs. annen forbrenning)	☐	☐	☐	☐
Virkemidler for fjernvarmeutbygging (energikjøp, tilknytningsplikt mv)	☐	☐	☐	☐
Sluttbehandlingsavgiften for avfall	☐	☐	☐	☐
Krav om utslippstillatelse og KU	☐	☐	☐	☐
Annet (beskriv)				

Rammebetingelser:

Hva er de viktigste rammebetingelser for utnyttelse av avfall til energi og drivstoff?

	Meget viktig	Nokså viktig	Mindre viktig	Ikke viktig
Pris på alternativ energi (el/olje/kull)	☐	☐	☐	☐
Eksport og import av avfall	☐	☐	☐	☐
Langsiktig statlig politikk	☐	☐	☐	☐
Fjernvarmeutbygging	☐	☐	☐	☐
Marked for biogass, -drivstoff	☐	☐	☐	☐
Annet (beskriv)				

Merknader / kommentarer:



Statens forurensningstilsyn (SFT)
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo
Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00
Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottak@sft.no
Internett: www.sft.no

Utførende institusjon Mepex Consult AS	Kontaktperson SFT Elisabeth Møyland	ISBN-nummer
---	--	-------------

	Avdeling i SFT Kjemikalie og lokalmiljø	TA-nummer 2475
--	--	-------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Jarle Marthinsen	År 2008	Sidetall 97	SFTs kontraktnummer 3007076
--	------------	----------------	--------------------------------

Utgiver SFT	Prosjektet er finansiert av SFT
----------------	------------------------------------

Forfatter(e) Jarle Marthinsen, Olav Skogesal, Johan Thobek (Alle Mepex Consult. Tormod Briseid Bioforsk.
Tittel - norsk og engelsk Energipotensial i nedbrytbart avfall i Norge. Energy potential from biological waste in Norway.
Sammendrag – summary Rapporten viser energipotensialet i nedbrytbart avfall og peker på tiltak som kan fremme kraft-, varme- og drivstoffproduksjon. Bakgrunnen for prosjektet er det kommende deponiforbudet for nedbrytbart avfall som vil innebære et økt behov for andre behandlingsløsninger for papir, trevirke, tekstiler og våtorganisk. Rapporten viser at 4,7 mill tonn nedbrytbart avfall i Norge er aktuell for energiproduksjon. Allerede utnyttes noe av dagens nedbrytbare avfall til energiformål. Det produseres 2,6 TWh varme og kraftvarme fra restavfall og trevirke. 0,2 TWh produseres i biogassanlegg primært til el og varme. Avfall tilsvarende 1 TWh blir eksportert. Av de 4,7 mill tonn nedbrytbart avfall nevnt over, viser rapporten at 570 000 tonn avfall, som ikke utnyttes til energiformål i dag, egner seg til termisk energiutnyttelse i forbrenningsanlegg, og energimengden tilsvarer 1,5 TWh. Tilsvarende er det 900 000 tonn våtorganisk avfall, som ikke utnyttes i dag, som egner seg til biologisk behandling og utgjør 0,8 TWh biogass til drivstoffformål (biometan). I følge rapporten, er den nødvendige forbrenningskapasiteten langt på vei under utbygging eller prosjektert og de statlige støtteprogrammene virker tilstrekkelig for å utløse potensialet. For å utløse energipotensialet i

våtorganisk avfall til biogassproduksjon til drivstofformål, kreves det økonomiske og administrative virkemidler.

The report explores the available energy potential in biological waste (BW) in Norway. It identifies measures that can realize this potential. In July 2009 Norway will introduce a ban on landfilling of BW. New methods of treatment for paper/cardboard, wood, garden waste, textiles and food waste will be required. Statistics show that there are 4.7 million tonnes of BW in Norway (2005 figures). Some of this waste is already utilized for energy purposes resulting in 2.6 TWh from incineration plants with energy production (mostly heat power). Production of biogas accounts for 0.2 TWh and is mostly producing heat and electricity. BW accounting for 1 TWh is exported. There is an additional potential for producing more energy from the 4.7 million tonnes of BW mentioned above. The report shows that 570 000 tonnes of BW exists as a potential for use in incineration plants producing heat and electricity, representing 1.5 TWh. A further 900 000 tonnes of wet organic waste exists as a potential for use in biological treatment plants for biogas production, representing 0.8 TWh in biomethane/biofuel. According to the report, the necessary incineration capacity is under construction or in the project stage and government aid programmes seems sufficiently developed for realising the remaining potential. To realize the energy potential available in wet organic waste, for the production of biogas for biofuel purposes, a package of measures needs to be developed.

3 emneord
fornybar energi, avfall, klima

3 subject words
renewable energy, waste, climate

Statens forurensningstilsyn

Postboks 8100 Dep,

0032 Oslo

Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00

Telefaks: 22 67 67 06

E-post: postmottak@sft.no

www.sft.no

Statens forurensningstilsyn (SFT) ble opprettet i 1974 som et direktorat under miljøverndepartementet.

SFT skal bidra til å skape en bærekraftig utvikling. Vi arbeider for at forurensning, skadelige produkter og avfall ikke skal føre til helseskade, gå ut over trivselen eller skade naturens evne til produksjon og selvfornyelse.

TA-2475/2009