



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet for miljøvitenskap og teknologi
Institutt for naturforvaltning

Masteroppgave 2015
30 stp

Klimanytte av biogassproduksjon fra matavfall og restråstoff.

Sammenligningsanalyse av potensialet for
etablering av biogassanlegg basert på matavfall og
restråstoff i Arkhangelsk og i Tromsø.

Climate benefits of biogas production from food
waste and residual organic waste.

Comparative analysis of potential for establishing of
biogas production from food waste and residual
organic waste in Arkhangelsk and Tromsø

Tatiana Shishlakova

Forord

Med denne masteroppgaven vil jeg sette punktum for fire lærerike år av mastergrad i fornybar energi ved Institutt for Naturforvaltning ved NMBU. Oppgaven ble skrevet i høstsemester i 2015 og gir 30 studiepoeng.

Å få mastergrad innen dette masterstudie var drømmen min siden jeg kom til Norge. Nå er drømmen blitt oppfylt og jeg retter stor takk til alle som hjalp meg å bli ferdig med dette store prosjektet. Jeg vil rette stor takk til mine to søte barn som kom til verden mens jeg studerte og var veldig snille og tålmodige. Jeg vil takke min veileder Ole Jørgen Hanssen og Kari-Anne Lyng for gode innspill, og for uvurderlig hjelp gjennom hele masteroppgaveskriving. Jeg vil også takke mine biveiledere ved Norsk Institutt for Bioøkonomi, Hilde Helgesen og Valborg Kvakkestad for konstruktive tilbakemeldinger og kildehenvisninger på sine fagfelt.

Jeg er også veldig takknemlig til Bård Jørgensen, administrerende direktør, og Bengt Åge Lind, salgssjef ved Remiks for å svare på mitt spørreskjema og oppfølgende spørsmål via email og telefon.

Jeg sender stor takk over grensen til daglige ledere av matprodusenter i Arkhangelsk som tok seg tid å svare på mine spørsmål.

En spesiell takk går til min mann, Sergei, for motivasjon, diskusjon, samt for hans kjærighet og humor.

Sammendrag

Både Norge og Russland ligger etter i biogassproduksjon fra matavfall sammenliknet med andre land i Europa. Norge og Russland er naboland og har mye til felles. De er landene som jeg har tilknytning til. Med denne masteroppgaven vil jeg bidra til deres samarbeid innen fornybar energisektor.

Målet med denne oppgave er å sammenligne juridiske og politiske forutsetninger, potensialet, miljøeffekter og investeringskostnader av etablering av biogassproduksjon basert på matavfall og restråstoff i to vennskapsbyer, Arkhangelsk og Tromsø.

Oppgaven ble gjennomført gjennom litteraturvurdering, intervjuer av matprodusenter og avfallstjenster, bruk av statistiske data, samt analyse av livsløp av biogassproduksjon. Livsløpsanalyse er gjort ved hjelp av modelleringsverktøy SimaPro, med basis i modeller som er utviklet av Østfoldforskning.

Biogass kan erstatte energi fra andre ikke-fornybare og forurensende energibærere som naturgass, olje og kull, og kan dermed redusere utslipp av klimagasser. Biprodukt ved biogassproduksjon er biorest, som kan anvendes som jordforbedringsmiddel og gjødsel i matproduksjon. I slik tilfelle slipper man å bruke torv og mineralgjødsel som gir høye klimagassutslipp. En del av karbonet i biorest vil lagres i jorda og dermed redusere klimagassutslipp. SimaPro beregner klimanytte ved å anvende biogass i stedet for naturgass, fjernvarme eller diesel og anvende biorest i stedet for mineral gjødsel. Klimanytte er målt i mengde klimagasser som unngås ved å bruke biogass og biogjødsel som erstatning. Resultater er vist i CO₂ ekvivalenter. Det har blitt vurdert to scenarier for matavfall- og restråstoffhåndtering og seks mulige biogass-scenarier i begge byer:

A0- Dagens scenariet i Arkhangelsk er deponi av alt avfall på lagringsplass.

T0- Kompostering er dagens løsning for behandling av matavfall og restråstoff i Tromsø.

De studerte biogass-scenarier er i Arkhangelsk:

A1- Biogass produserer varme ved å erstatte forbrenning av naturgass;

A2- Biogass brukes for å produsere elektrisitet ved å erstatte forbrenning av naturgass;

A3- Biogass brukes i stedet for diesel i kjøretøy.

De studerte biogass-scenarier i Tromsø er:

T1 Biogass produserer varme ved å erstatte fjernvarmemix;

T2 Biogass brukes for å produsere elektrisitet ved å erstatte elektrisitet fra vannkraft;

T3 Biogass brukes i stedet for diesel.

I alle biogass-scenarier erstatter biorest mineralgjødsel.

Gjennomgang av artikler og dokumenter om regelverk for de to land viste at Norge har innført alle EU-direktiver som gjelder klimapolitikk og har flere godt fungerende lover og forskrifter som begrenser klimagassutslipp og sikrer god avfallsbehandling. Det finnes også internasjonale avtaler med Sverige og Russland, for å fremme produksjon av fornybar energi. I tillegg til nasjonale mål har kommuner også ansvar for klimatiltak planlegging. Tromsø kommune utarbeidet handlingsprogram for miljøvern og ressursforvaltning og Klima- og energiplan. Disse dokumenter stimulerer miljøvennlig avfallsbehandling. Foreløpig er regelverk av avfallshåndtering i Russland ikke harmonisert med europeiske regelverk. Det fører til en ubalanse i avfallspolitikken i Russland. Ustabilt investeringsklima i Russland sammen med manglende politisk vilje, manglende FoU kompetanse og manglende virkemidler fra myndighetene er vesentlige hindre.

Det er stort potensial for biogass produksjon i begge regioner. Aktuelle råvarekilder til organisk avfall i Arkhangelsk og i Tromsø er husholdning, avløpsslam, fiskeri, restauranter, butikker og park- og hageavfall. I Arkhangelsk kan man skaffe restprodukter også fra skogsindustri, papirfabrikk, slakteri, fjørfe-slakteri, meieri, samt spritproduksjon. Arkhangelsks befolkning kaster rundt 77000 tonn matavfall og restråstoff årlig. I Tromsø-region kan man skaffe ca. 6 000 tonn matavfall. Troms fylke er en av de fylkene med de største volumene av tilgjengelig restråstoff fra fiskeri og havbruk-145 000 tonn. Her ligger det et stort potensial for både fôr og konsumprodukter samt biogassproduksjon.

Ved å blande forskjellige substrater biogassutbytte økes. Det er vanskelig å konkludere hvor mye av hvert enkelt tilgjengelig substrat er optimalt. Det bør testes gjennom pilotstudier basert på tilgjengelige biprodukter i de to regioner. Biogassutbytte er viktig faktor i lønnsomheten i etablering av biogassproduksjon.

Gjennomførte SimaPro-analysen av alle biogass-scenarier viste at største klimanytte oppnås ved å produsere biogass og erstatte drivstoff. Ved utnyttelse av biogass som drivstoff kan man redusere

utslipp av klimagasser med 127 000 tonn i Arkhangelsk og 3 000 tonn i Tromsø årlig i forhold til dagens løsning.

Forventet biogassproduksjon basert på matavfall og restråstoff i Arkhangelsk og i Tromsø er henholdsvis 48,71 GWh/år og 9,52 GWh/år. Investeringskostnader for slik biogassanlegg i Arkhangelsk er 30,6 millioner EUR pluss årlige driftskostnader 3,2 millioner EUR. For anlegg i Tromsø med forventet biogassproduksjon 9,52 GWh/år er investeringskostnader ca. 6 millioner EUR og driftskostnader er 0,6 millioner EUR, alle priser basert på norsk kostnadsnivå. Mulige inntekter fra biogassproduksjon kan være fra salg av energi i form av varme, elektrisitet eller drivstoff, inntekter fra avfall tjeneste og tilskudd for å fremme fornybar energi.

Å etablere biogassproduksjon i begge regioner er klimafornuftig løsning, så lenge energien og bioresten kan utnyttes effektivt. Man kan redusere rundt 130 000 tonn klimagasser i Arkhangelsk og i Tromsø. Men utbygging av biogassanlegg krever store investeringer og effektive løsninger. For vellykket prosjekt må følgende steger være gjennomført: lukking av deponi; implementering av vel fungerte kildesorteringssystem; vurdering av anvendelse av biogass og biorest; detaljert økonomisk vurdering av kostnader og forventede inntekter.

Generell sett er økt utbredelse av fornybar energi basert på samhandling mellom de tre pilarer: godt fungerte regelverk, både nasjonalt og regionalt, folks klimaforståelse og smarte teknologier. Stimulerende statlig politikk er en avgjørende faktor for å fremme fornybar energi.

Summary

Norway and Russia are behind other countries in Europe in biogas production from biodegradable waste. These countries are neighbors and have a lot in common. These are the countries that I have connection to. With this thesis I wish to contribute to their international cooperation in the renewable energy sector.

The objective of this thesis is to compare the legal and political conditions, potential, environmental effects and the investment costs of establishing biogas production from biodegradable waste, both food waste and residual organic waste in the twin towns, Arkhangelsk and Tromsø.

The thesis is based on literature review, interviews with people from food industry and from waste services, use of statistical data, and analysis of the life cycle of biogas production. Life cycle analysis is done using modeling tool, SimaPro, using models developed by “Østfoldforskning”.

Biogas can replace energy from other non-renewable and polluting energy sources such as natural gas, oil and coal and can therefore reduce greenhouse gas emissions. Byproduct of biogas production is digestate, which can be used as soil improver and fertilizer in food production. A portion of the carbon in the digestate will be stored in the soil and thus reduce greenhouse gas emissions. SimaPro calculates the climate benefit of using biogas instead of natural gas, district heating or diesel and employing digestate instead of mineral fertilizers. Climate benefits are measured in amount of greenhouse gas emissions that would be saved by using biogas and bio fertilizer. Results are shown in CO₂ equivalents. I considered two scenarios for treatment of food waste and residual organic waste and six possible biogas scenarios in both cities:

(A0) Current scenario in Arkhangelsk is landfill of all waste.

(T0) Composting is current solution for food waste and residual organic waste in Tromsø.

The investigated biogas-scenarios in Arkhangelsk are:

(A1) Producing heat from biogas to replace combustion of natural gas;

(A2) Producing electricity from biogas to replace combustion of natural gas;

(A3) Biogas used in place of diesel for vehicles.

The investigated biogas-scenarios in Tromsø are:

(T1) Biogas produces heat to replace power district heating;

(T2) Biogas produces electricity to replace hydropower;

(T3) Biogas used in place of diesel for vehicles.

In all biogas-scenarios digestate replaces mineral fertiliser.

Analysis of regulations for two countries shows that Norway have followed all EU directives concerning climate policy and has many well-functioning laws and regulations that limit greenhouse pollution and ensure good waste treatment. There are also international agreements with Sweden and Russian that promote renewable energy production. In addition to national targets, local authorities are also responsible for planning climate initiatives. Tromsø municipality prepared “the program for environmental protection and resource management” and “Climate and energy plan”. These documents stimulate environmentally friendly waste treatment. Currently regulations for waste management in Russia are not harmonized with EU legislation. This leads to unstable waste policy in Russia. An unstable investment climate in Russia together with a lack of political will, lack of R & D competence and a dearth of policy instruments from authorities are considerable hindrances.

There is great potential for biogas production in both regions. There are several organic wastes sources in Arkhangelsk and Tromsø. There are household, sewage sludge, fisheries, restaurants, shops, and park and garden waste. In Arkhangelsk, one can obtain organic residuals also from forest industry, a paper factory, butchery, poultry slaughterhouse, and dairy and liquor production. Arkhangelsk population throws around 77 000 tons of food waste and residual organic waste annually. In Tromsø region one can obtain approximately 6 000 tons of food waste. Troms province is one of the provinces with the largest volumes of available organic waste from fisheries and aquaculture (145 000 tons). Here there is a great potential for both animal feed and consumer products as well as biogas production.

By mixing various substrates biogas yield can be increased. It is difficult to conclude how much of each available substrate is optimal. It should be tested through pilot studies based on available bioproducts in the two regions. Biogas yield is key factor in the profitability of the establishing of biogas production.

Completed SimaPro analysis of all biogas scenarios showed that the greatest benefit with regard to climate profile is obtained by producing biogas to provide fuel. By utilization of biogas as fuel one

can man reduce greenhouse gas emissions by 127 000 tons in Arkhangelsk and 3 000 tons in Tromsø annually compared to the current situation.

Expected biogas production based on food waste and organic waste in Arkhangelsk and Tromsø are respectively 48.71 GWh / year and 9.52 GWh / year. Investment costs for such biogas plant in Arkhangelsk are 30.6 million EUR plus annual operating costs of 3.2 million EUR. For biogas plant in Tromsø investment costs are approx. 6 million EUR and operating costs are 0.6 million EUR. Prices are based on Norwegian cost level. Possible revenues from biogas production can be from the sale of energy in the form of heat, electricity or fuel, revenue from waste services, subsidies to promote renewable energy.

Establishing biogas production in both regions is climate friendly, so long as the energy and digestate can be used effectively. One can reduce around 130,000 tons of greenhouse gas in Arkhangelsk and Tromsø. But the development of biogas plants requires large investments and effective solutions. For a successful project the following steps must be carried out: closing the landfill; implementation of well-functioning sorting system; assessment of the use of biogas and bio fertilizer; detailed economic assessment of costs and expected revenues.

In general the spread of renewable energy must be based on the interaction of the three pillars: well-functioning, both national and regional, people's understanding of climate issues and smart technologies. Stimulatory state policy is a critical factor in promoting renewable energy.

Innholdsfortegnelse

1	Definisjoner	10
2	Introduksjon.....	12
3	Mål og problemstilling	13
4	Avgrensninger	14
5	Datagrunnlag og metodikken.....	17
5.1	Datagrunnlag	17
5.2	Østfoldforsknings livsløpsmodell og økonomiberegning.	17
5.2.1	Miljømodell.....	17
5.2.2	Økonomiberegning	19
6	Kunnskapsgrunnlaget for oppgaven	21
6.1	Status for fornybarenergi i Russland og i Norge.....	21
6.2	Alternative løsninger for behandling av matavfall og restråstoff	21
6.3	Bruk av biogass som drivstoff.....	22
6.4	Utnyttelse av deponigass i Arkhangelsk	23
7	Resultater	24
7.1	Sammenligning av regelverk i Tromsø og Arkhangelsk regioner	24
7.2	Potensialet for biogassproduksjon.....	28
7.2.1	Potensialet for biogassproduksjon i Arkhangelsk by.....	28
7.2.2	Potensialet for biogassproduksjon i Tromsø (Remiks-området)	29
7.2.3	Utnyttelse av biogjødsel.....	33
7.2.4	Potensialet for metanutbytte fra forskjellige råvarer i Arkhangelsk og i Tromsø.	33
7.2.5	Gjennomgang av artikler om metanutbytte fra restråstoff fra fiskerisektoren.....	35
7.3	Klimanytte av etablering biogassanlegg i Arkhangelsk og i Tromsø	36

7.3.1	Beskrivelse av scenarier i Arkhangelsk o i Tromsø.....	36
7.3.2	Referansescenariet i Arkhangelsk (A0)	36
7.3.3	Referansescenariet i Tromsø (T0).....	37
7.3.4	Beskrivelse av biogassproduksjon-scenarier i Arkhangelsk og i Tromsø (A1,A2,A3;T1,T2,T3)	37
7.3.5	Miljøresultater for Arkhangelsk.....	38
7.3.6	Miljøresultater for Tromsø.....	41
7.4	Investerings- og driftskostnader for biogassanlegg.....	43
7.4.1	Økonomi modell for biogassanlegget i Arkhangelsk.....	43
7.4.2	Økonomi modell for biogassanlegget i Tromsø.....	43
8	Diskusjon.....	45
9	Konklusjon.....	49
10	Anbefalinger for videre arbeid.....	51
11	Literaturliste	52
12	Vedlegg.....	58
12.1	Vedlegg 1. Intervju guide.....	58
12.2	Vedlegg 2. Intervjuet med Bård Jørgensen, daglig leder av REMIKS	59
12.3	Vedlegg 3. Intervjuer med daglige ledere av næringsmiddelvirksomheter i Arkhangelsk.....	62
12.4	Vedlegg 4. Beregning av transportavstand fra avfallkilder til planlagt biogassanlegg i Arkhangelsk	64
12.5	Vedlegg 5. Avstandsberegning til Scenario TO.....	65
12.6	Vedlegg 6. Data fra SimaPro. Klimagasserutslipp og klimanytte i forskjellige scenarier (målt i CO ₂ ekvivalenter)	66

1 Definisjoner

Kapitlet gir oversikt over begrepene brukt i oppgaven (tabell 1). I oppgaven omfatter begrepet *matavfall* følgende kategorier av avfall: matavfall fra husholdning, organisk avfall fra næringsmiddelvirksomhet og matsvinn.

Tabell 1. Definisjoner

Begrep	Definisjon	Referanse
<i>Matavfall fra husholdning</i>	Kildesortert våtorganisk avfall fra husholdninger	
<i>Matavfall fra næringsmiddelvirksomhet</i>	Våtorganisk avfall fra dagligvarebutikker, hoteller og restauranter samt animalske biprodukter og restråstoff fra matproduserende virksomheter.	
<i>Animalske biprodukter</i>	Alt materiale med animalsk opprinnelse eller innhold som ikke er beregnet til humant konsum. De deles i tre kategorier. Kategori I er avfall som inneholder biprodukter med størst risiko for overføring av sykdom til mennesker og dyr. Denne typen avfall må nedgraves eller brennes. Kategori II er <i>slakteriavfall og husdyrgjødsel</i> . Slike materiale skal ikke benyttes til fôr, men kan brukes til gjødsel eller tekniske produkter. Bearbeidede biprodukter fra dette kategorien kan omdannes i et biogass- eller komposteringsanlegg. Kategori III er avfall som var ment som mat. Denne kategorien kalles også matavfall.	(Mattilsynet, 2013) (Nærings- og fiskeridepartementet, Landbruks- og matdepartementet, 2007).
<i>Matsvinn</i>	«Avfallet som kastes, men som på et tidspunkt kunne vært brukt som menneskeføde». Det er flere årsaker til at matsvinn oppstår. Det kan være at holdbarhetstiden har gått over, produkter blir skadet på lager, feilpakking eller merking, feil i produksjonsprosessen eller produkter som ikke tilfredsstiller andre normkrav.	(Hanssen, et al., 2013) (Møller, et al., 2011)
<i>Biogass</i>	Gass som dannes ved anaerob nedbrytning av organisk materiale. Biogass inneholder metan (55-65%), karbondioksid (34-45%), vann og andre forbindelser	(Fjærvoll Olsen, et al., 2013).
<i>Oppgradert biogass</i>	Biogass med metaninnhold større enn 95 %. Oppgradert biogass kan brukes som drivstoff.	(Raadal, et al., 2009)
<i>Biogass-substrat</i>	Organiske restprodukter fra husholdning, næringsmiddelvirksomheter, gårder som kan brukes i biogassproduksjon.	
<i>Biorest</i>	Biprodukt ved biogassproduksjon.	

Biogjødsel	Kvalitet sikret bioest som kan erstatte mineral gjødsel.	
Nm³	Normalkubikkmeter, dvs. gassvolum ved temperatur 0°C og trykk 1,01325 bar.	(Raadal, et al., 2009)
TS	Tørrestoffinnhold i biogass-substrat	(Raadal, et al., 2009)
VS(Volatile solids)	Engelsk begrep på mål av mengde organisk materiale som en andel av tørrestoffet	(Raadal, et al., 2009)
Restråstoff	Produkter som «ikke er primære hovedprodukter ved anvendelse av et råstoff»	(Richardsen, et al., 2014)
Energiressurs	Naturressurser som kan omvandles til nyttige energiformer som varme, elektrisitet og mekanisk energi. Det kan være olje, naturgass, vind, sol, bioenergi.	(snl.no, 2011).
Energibærer	Material som kan frigjøre energi til bruk et annet sted eller på et senere tidspunkt. Eksempler på energibærere er elektrisitet, hydrogen, varme etc.	(Pedersen, 2014).
Miljønytte	Forskjellen i miljøeffekter som oppnås ved å erstatte en energikilde med andre. Man får reduserte klimagassutslipp ved å bruke biogass i stedet for fossile energikilder. I tillegg er det reduksjon av metangass og CO ₂ på deponi.	(Lyng, et al., 2011)
Østfolds-forsknings modeller	Modeller utarbeidet av Østfoldsforskning som beregner klima- og økonominytter av biogassproduksjon i alle livsløpsfasene	(Lyng, et al., 2011)
Remiks	Leverandør av avfallstjenester for husholdningene og næringsmiddelvirksomheter. De samler matavfall og produserer kompost. Remiks har i dag ansvaret for Tromsø og Karlsøy kommuner. I oppgaven forutsettes det at Remiks har full kontroll over håndtering av matavfall restråstoff i Tromsø kommune.	
CO₂ ekvivalent	En enhet som brukes for å sammenligne oppvarmingseffekter fra forskjellige klimagasser. Andre klimagasser har sterkere oppvarmingseffekt enn CO ₂ . CO ₂ ekvivalent sammen veier utslipp av forskjellige klimagasser til den globale oppvarmingseffekten som utslipp av 1 tonn CO ₂ vil ha i løpet av 100 år.	(ssb, 2015)
Valutakurs	1 EUR=9.19 NOK=69.52 RUB per 12.oktober 2015.	(finn.no, 2015)
SimaPro	Modelleringsverktøyet i livsløpsvurdering.	

2 Introduksjon

Både Norge og Russland ligger bak i biogassproduksjon fra matavfall og restråstoff i sammenligning med andre enkelte land. Norge og Russland er nabolandene og har mye til felles. De er landene som jeg tilknyttet til. Med denne masteroppgaven vil jeg bidra til deres samarbeid innen fornybareenergisektor.

Matavfall er en ressurs som kan være en kilde til nye ressurser, både materialer og energi. Norge har mye erfaring med materialgjenvinning og produksjon av energi gjennom avfallhåndtering og kan dele sin erfaringen med sin naboen - Russland.

Organisk avfall inneholder viktige ressurser som både kan forurense miljø og komme til nytte. Gjenvinning gjennom en anaerob behandling i et biogassanlegg har flere fordeler: produksjon av fornybar energi; reduksjon av utslipp av klimagasser; produksjon av flytende organisk gjødsel samt resirkulering av viktige næringsstoffer (Ellingsen & Filbakk, 2014; Lyng, et al., 2015; Klif, 2013).

Som studieobjekter valgte jeg to byer Arkhangelsk og Tromsø, såkalte vennskapsbyer. Miljøsituasjonen i Arkhangelsk er krevende. Det er flere treforedlingsanlegg som forurensar luft og vann, stor biltrafikk og deponi. Deponering er nesten eneste måte for disponering av avfall. Det er ikke forbudt å deponere nedbrytbar avfall i Russland. Det finns heller ingen krav om kildesortering (Statsdumaen, 1998). Tromsø har en del erfaring med matavfall- og restråstoffhåndtering som kan deles med sin vennskapsbyen. Det er et velfungerende kildesorteringssystem i Tromsø som skiller ut våtorganisk avfall fra restavfall.

Miljøsituasjon i Arkhangelsk er en av årsakene at jeg valgte temaet. Jeg synes at en beskrivelse av erfaring i organisk avfallhåndtering fra lokale private matprodusenter og husholdninger i Norge kan gi et godt (forsknings)grunnlag for videre arbeid med å utvikle et system for mer miljø- og ressurseffektiv håndtering av organisk avfall tilpasset forholdene i Arkhangelsk. Resultatet fra studiet kan bidra til å starte ny klimapolitikk gjennom å gi viktig informasjon til myndighetene i Arkhangelsk og i Tromsø både om potensial for biogassproduksjon og regelverket på dette feltet.

Problemet av innføring av biogassproduksjon basert på matavfall og restråstoff er aktuelt fordi avfallsmengde øker, mens klimagasser bidrar til global oppvarming.

3 Mål og problemstilling

Målet med denne oppgaven er å analysere og dokumentere potensialet for etablering av biogassanlegg basert på matavfall og restråstoff i Arkhangelsk og Tromsø, og å sammenstille oversikt over miljønytte for de mulige løsninger for matavfallsbehandling i Arkhangelsk og i Tromsø sammenlignet med dagens løsning for avfallsbehandling.

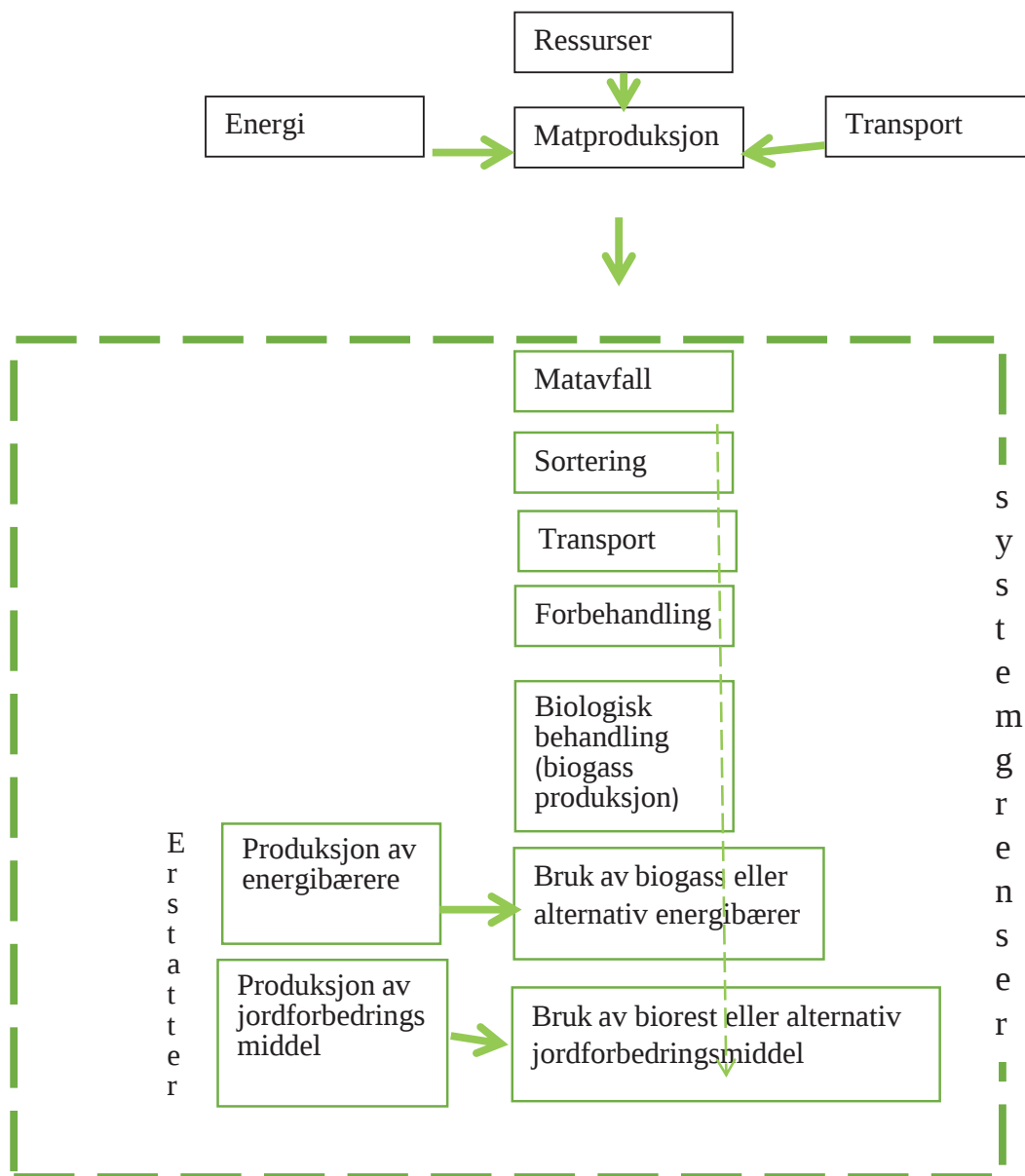
Denne oppgaven søker å besvare følgende hovedproblemstilling:

Hva er juridiske og politiske forutsetninger, potensialet for og netto klimanytte og investerings- og driftskostnader ved etablering av biogassproduksjon fra matavfall fra husholdninger og næringsmiddelvirksomhet og restråstoff i Arkhangelsk, sammenlignet med Tromsø-regionen. Hovedproblemstillingen kan deles i fire forskningsspørsmål:

- 1) Hva er gjeldende regelverk for håndtering av matavfall og restråstoff i Tromsø og i Arkhangelsk og hvordan bidrar disse til å fremme og eventuelt hemme utvikling av biogassproduksjon- og utnyttelse av biogass. Regelverket deles på tre nivåer: global nivå(EU); nasjonal nivå(landet); lokal nivå (kommuner og byen)
- 2) Hvor stort er potensialet for biogassproduksjon fra matavfall og restråstoff i de to regionene: fra husholdning og ulike avfallsfraksjoner fra næringsmiddelbedrifter i Tromsø-regionen og Arkhangelsk, og hvordan kan biogassen utnyttes mest effektivt?
- 3) Hva er netto klimanytte av etablering biogassanlegg i Arkhangelsk og i Tromsø;
- 4) Hva er investerings- og driftskostnader for etablering av biogassanlegg i de to regioner.

4 Avgrensninger

I oppgaven analyseres effekter på klima og forbruk av fornybar energi fra og med matavfall og resråstoff oppstår (i private husholdninger, næringsmiddelvirksomhet) og frem til organisk stoff blir utnyttet i nye produkter eller energibærere som erstatter drivstoff, elektrisitet, varme eller går til annen type behandling. Det ses bort innsatsfaktorer som brukes for å produsere, å transportere, å omsette, å oppbevare og å bruke mat. Figur 1 viser systemgrenser for masteroppgaven.



Figur 1. Systemgrenser i beregninger

Livsløpsmodellen (se kapittel 5.2.1) starter fra beregningen av utslipp fra innsamling av matavfall og restråstoff (transportutslipp). Så beregner modellen utslippene og energiutnyttelse ved forbehandling av matavfall og restråstoff og biogassproduksjon. Til slutt sammenligner modellen bruk av biogass med bruk av andre energibærere. Modellen inkluderer gevinsten ved at biogass og biorester erstatter et annet produkt og energibærere. Det er flere scenarioer som er analysert i oppgaven. Referansesystemet er dagens behandling av avfall i de to regionene: lagring av avfall på deponi i Arkhangelsk og kompostering i Tromsø. Den planlagte matavfall- og

restråstoffhåndteringen er etablering av biogassanlegg. Det er tre mulige scenarier: biogass erstatter varme, elektrisitet eller drivstoff. Flytende biorest brukes som gjødsel og erstatter mineralgjødsel.

Oppgaven fokuserer kun på klimagassutslipp målt i CO₂- ekvivalenter og ikke på forsuring, utslipp av tungmetaller og andre lokale miljøproblemer.

5 Datagrunnlag og metodikken

5.1 Datagrunnlag

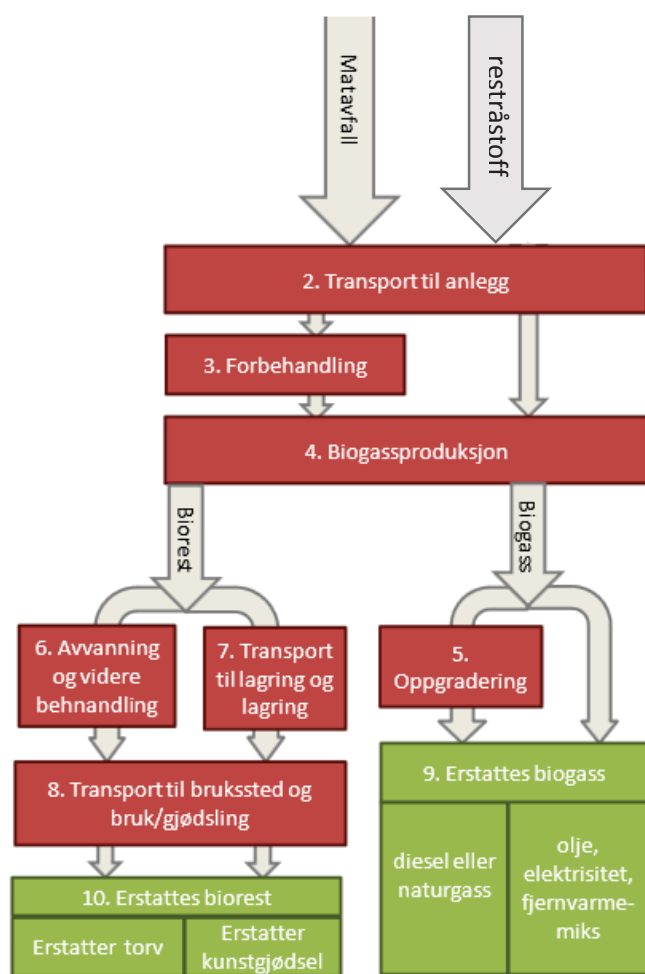
Datagrunnlaget er basert på litteraturstudie, intervjuer, data fra Statistisk Sentralbyrå samt livsløpsmodell utviklet av Østfoldforskning (se kapittel 5.2.1). Det ble intervjuet relevante personer fra forskjellige næringsmiddelvirksomheter i Arkhangelsk og ledelse av avfallstjenesten i Tromsø (svarene fra intervjuer er i vedlegg 2 og 3). Følgende personer var involvert i intervjuer: daglige ledere av meieri (OAO "MOLOKO"), fiskeri ("ARHANGEL'SKIJ RYBOKOMBINAT"), bryggeri (LUDA), fjørfe-slakteri (YEMLYANOCHKA) i Arkhangelsk, samt administrerende direktør og salgssjef i REMIKS Miljøpark AS i Tromsø. Data om mengder avfall fra Arkhangelsk region estimeres basert på statistikk i Russland.

5.2 Østfoldforskningens livsløpsmodell og økonomiberegning.

5.2.1 Miljømodell

I masteroppgave brukes eksisterende modeller utviklet av Østfoldforskning for å kunne analysere miljøeffektene for hele verdikjeden av organisk avfallshåndtering: innsamling, biogassproduksjon samt utnyttelse av biogass og biorest. Gjennom miljømodellen sammenlignes klimagassutslipp fra forskjellige løsninger for å håndtere matavfall og restråstoff ved hjelp av simuleringsprogramvare-SimaPro i Arkhangelsk og i Tromsø.

Østfoldforskningens klimanyttemodell er bygget på livsløpsanalysemetodikken(LCA). LCA er en metodikk for å beregne alle miljø- og ressurspåvirkninger fra et produkt gjennom hele livsløpet. Analysen inkluderer hele livsløpet av produktet: uttak av råvarer, transport, produksjon, bruk og avfallshandtering (Møller, et al., 2012). For biogassproduksjon omfatter det miljøpåvirkningene fra der avfallet oppstår, transport til anlegg, forbehandling, biogassproduksjon og videre bruk av biogass og biorest. Fordeler ved å erstatte et annet produkt (elektrisitet, kull, olje eller drivstoff) er også inkludert i beregningen. Figur 2 viser livsløpsfasene til biogassproduksjon basert på matavfall og restråstoff.



Figur 2. Livsløpsfasene i biogassproduksjon. Bearbeidet basert på (Møller, et al., 2012)

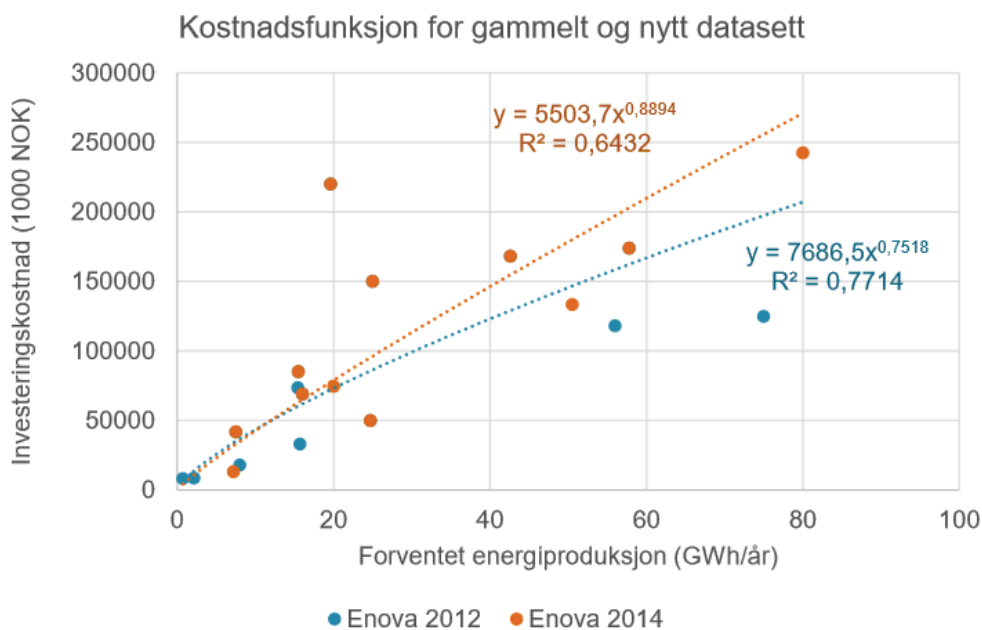
Røde bokser indikerer livsløpsfasene som medfører klimabelastning, mens de grønne signaliserer de som sparer klimagassutslipp ved at biogass og biorest erstatter andre produkter. Biogass kan benyttes til for å produsere elektrisitet, varme eller drivstoff, mens bioresten kan brukes som jordforbedringsmiddel. Erstattet biorest omfatter følgende fordeler: karbonlagring i jord og erstatning av produksjon, spredning og bruk av kunstgjødsel.

I biogassproduksjon brukes ulike substrater som råvarer. Dette kan være matavfall, husdyrgjødsel, avløpsvannet osv. Substratene har ulike egenskaper som har betydning for biogassutbytte. Biogassproduksjon avhenger også av prosessvalg og innblanding av andre substrater. Mengde tørrstoff (TS) i substrater spiller en viktig rolle i biogassutbytte. Mengde tørrstoff i matavfall ca. 33%. Metanpotensialet i kildesortert matavfall har store variasjoner. Gjennomsnitt verdi er 600 Nm³ biogass per tonn TS, hvor metankonsentrasjon tilsvarer ca. 63% (Møller, et al., 2012).

5.2.2 Økonomiberegning

Østfoldforskning sine økonomimodeller beregner totale investerings- og driftskostnader for verdikjeden for biogass. Modellen inkluderer alle ledd i verdikjeden: innsamling av matavfall og restråstoff, transport til anlegg, bearbeiding, biogassproduksjon, oppgradering til drivstoff og inntekter fra salg av energi og biorest. Det er lagt inn forventede investeringskostnader fra søknader om støtte til biogassanlegg fra Enova. Resultatene fra modellen kan presenteres på to måter: levetidskostnader over en forventet levetid på investeringen; og som årlige kostnader og inntekter knyttet til kapitalkostnader og drift (Lyng, et al., 2011).

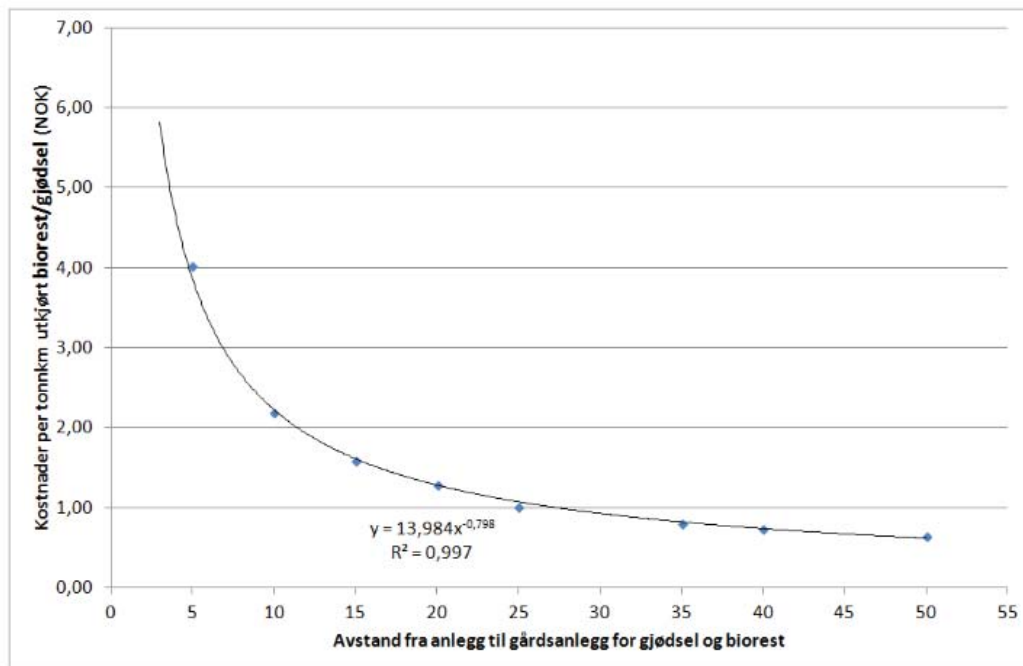
I oppgaven brukes forenklet økonomimodell basert på kostnadsfunksjon og driftskostnader utviklet av Enova. Prikker på figuren indikerer kostnadsestimater for godkjente søknader om investeringsstøtte til biogassanlegg. Forventede investeringskostnader finner man ved hjelp av oransje kurve i Figur 3.



Figur 3. Investeringskostnader for biogassanlegg basert på forventet energiproduksjon

Ny kostnadsfunksjon er: $y = 7686,5 \cdot (X^{0,7518})$, der Y = investeringskostnadene og X er forventet energiproduksjon i GWh (Modahl, et al., 2014).

Transportkostnader for matavfall og restråstoff, samt biorest finner man ved hjelp av beregningsmodell utarbeidet av KlimaKur og Vestfoldprosjektet (Figur 4). Modell inkluderer lasting- og lossingtid, vasking av bil og kjøringen.



Figur 4 Beregningsmodell for transportkostnader for matavfall og biorest. (Modahl, et al., 2014)

I følge figuren er det dyrere å transportere matavfall og biorest over korte avstander, fordi laste- og lossekostnader, årlige fastekostnader, vedlikeholdkostnader er mye større enn drivstoffkostnader og kjøretid.

Kostnader til investering og drift av anlegg for lagring og spredning av biogjødsel er ca. 35 NOK per tonn biorest (3,8EUR) (Modahl, et al., 2014)

6 Kunnskapsgrunnlaget for oppgaven

6.1 Status for fornybarenergi i Russland og i Norge

Andelen av kombinert jordvarme, solenergi, vindkraft, bioenergi og biodrivstoff er på rundt 1% av total energiproduksjon i Russland. Vannkraft har blitt utviklet mer betydelig, og står for nesten 2% av total primær energitilførsel i Russland (World Energy Outlook, 2013). Det er 156 eksisterende store fornybare elkraftanlegg: 6 av dem bruker biomasse, 3 -bruker biogass, 2 -bruker assosiert gass fra kulldriften, samt 2 tidevannskraftverk, 8 vindkraftverk, 134 vannkraftverk og en solkraftverk (Pristupa & Mol, 2015) Det er dog mange fjernvarmeanlegg som bruker biomasse (ved og pellets).

I Norge er andelen av fornybar energi kilder 13,7 % av total produksjon av primær energi. Hvor 6,1% er vann- og vindkraft og 0,6 % er biobrensel og avfall (ssb.no, 2014).

6.2 Alternative løsninger for behandling av matavfall og restråstoff

Det finnes flere alternativer for behandling av våtorganisk avfall: deponi, forbrenning, kompostering og biogassproduksjon. Ved å deponere matavfall belastes miljø med klimagassutslipp. Våtorganisk avfall nedbrytes anaerobt og genererer metangass, CO₂, lystgass og andre gasser over en 100 års periode. I tillegg kommer utslippene fra transport av avfall.

Matavfall sammen med restavfall kan forbrennes i energiutnyttelsesanlegg. Energien som produseres kan erstatte varme- og/eller elektrisitet. Forbrenning av avfallet og transportfase belaster miljø med klimagasserutslippene.

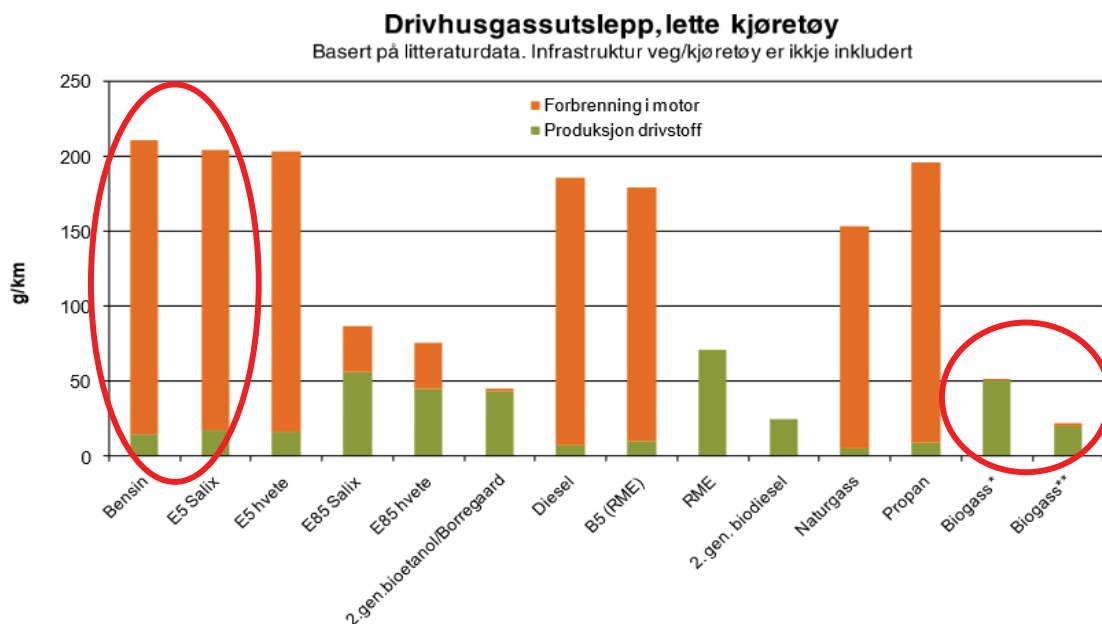
Kompostering er en mer miljøvennlig metoder for behandling av organisk materiale (matrester, hagerester, halm og husdyrgjødsel). Organisk material omdannes til næringsrik jord og humus. Ferdig kompost kan blandes med annen jord og erstatte delvis torv og delvis kunstgjødsel. Den kan blandes inn i bedene til busker, blomster og grønnsaker. Det er flere utfordringer knyttet til kompostering. Organisk avfall kan inneholde tungmetaller, miljøgifter, patogene mikroorganismer, medisinrester og sprøytemiddelrester. Uønskede stoff kan spres til bekker og jord. Kompostering kan også gi utslipp av klimagasser til luft og forurensning vann (Pommeresche, et al., 2011). Ved kompostering genereres det ikke nyttbar energi.

En annen måte å behandle matavfall og restråstoff på er gjennom produksjon av biogass. Man får biogass gjennom en prosess hvor organisk materiale nedbrytes uten tilførsel av oksygen. Ulike

mikroorganismer bryter ned fett, karbohydrat og proteiner. Prosessen kan foregå på avfallsdeponier eller i biogassreaktorer. Sammensetningen av biogassen er metangass (fra 30 til 70%) og CO₂. Det finnes også H₂S og andre forurensende gasser som må fjernes før videre bruk (www.fornybar.no, 2015). Biogass kan brukes for oppvarming ved brenning eller elproduksjon ved hjelp av generator. Man kan oppgradere biogass for å erstatte drivstoff.

6.3 Bruk av biogass som drivstoff

Ett av alternativene for utnyttelse av biogassen som produseres er å erstatte drivstoff. Figur 5 sammenligner drivhusgassutslipp ved bruk av ulike drivstoff: bensin, diesel, biodiesel, naturgass og biogass.



Figur 5. Utslippene av CO₂ ekvivalenter fra forskjellige drivstoff (Raadal, et al., 2009). (Biogas* er biogass fra matavfall, oppgradert ved bruk av vannskrubbing; biogas ** er biogass fra matavfall, oppgradert ved bruk av LPCOOAB (Low pressure Chemical Absorption Process))

Klimagassutslippene i figuren over er fordelt over to faser: produksjon av drivstoff og forbrenning i motor. De fossile drivstoffene har høyere utslipp i bruksfasen enn biodrivstoffene. Biodrivstoff har en del utslipp i produksjonsfasen. Figuren viser at biogass er en av de beste drivstoffalternativene. Hva gjelder andre miljøpåvirkninger (forsuring, overgjødning, utslipp av NO_x og fotokjemisk

oksidantdannelse) har biogass lavere utslipp sammenlignet med andre drivstofftyper. Biogass er et miljøvennlig drivstoff med hensyn til klimagassutslippene og lokale miljøpåvirkninger og bør benyttes til transportformål i tettbygde strøk. Biogass med metaninnhold minimum 95% kan benyttes på samme måte som naturgass som drivstoff (Raadal, et al., 2009).

6.4 Utnyttelse av deponigass i Arkhangelsk

Utnyttelse av deponigass kan være en av energikildene i Arkhangelsk. I følge rapporten (IPCC, 2006) er metangass utslipp fra deponier størst klimagasserkilde i avfallssektor. Deponi i Arkhangelsk ble etablert i 1961. Total mengde deponert avfall er beregnet ca. 1 500 000 tonn (MonaVista, 2015). Eksempel på en beregning av klimagasserutslipp fra norske deponier er klimaregnskap for håndtering deponigass fra Solgård Avfalls plass i Moss kommune. Det er en deponi som ble etablert i 1978 og har total mengde deponert avfall ca. 1 297 000 tonn. Modellberegningene viste en metangassproduksjonen i dette deponiet på 1 310 tonn per år (Svendsen, 2006). Dvs. man kan skaffe mer enn 1 300 tonn metangass fra deponi i Arkhangelsk. Høy oppsamlingseffektivitet kan oppnås ved god gjenlukking av deponier, godt designet og operert oppsamlingssystem (IPCC, 2006). Biogass fra deponert avfall dannes ved lavere temperatur enn i biogassanlegg. Metaninnholdet vil variere med alderen og sammensetningen i deponiet og er ca. 30-65% (Christensen, 1998). Nedbrytningsprosessen i deponi pågår over flere år og biogassproduksjon vil være høyt de første 7 årene, men vil synke i løpet av de neste 30-40 år (Hanssen & Modahl, 2013).

7 Resultater

7.1 Sammenligning av regelverk i Tromsø og Arkhangelsk regioner

For å forstå drivkrefter bak tilstrekkelig avfallsbehandlingssystem må man først og fremst se på lovgivning og regulering av avfallssektoren i landet. I tabell 2 og 3 er det presentert aktuelle lover, dokumenter, programmer og protokoller i matavfall sektor fordelt på fire nivåer i Tromsø og Arkhangelsk.

Tabell 2. Regelverk for avfallshåndtering utdelt på fire nivåer: FN; EU; Norge og Tromsø kommune.

År	Nivå	Dokument	Formålet
1975 1991 2006 2008	EU	Directive om avfall	Å etablere organ med ansvar for å gjennomføre kravene i direktivet, å utvikle og gjennomføre planer innen avfallshåndtering, å innføre av prinsippet om "forurensner betaler", å introdusere obligatorisk registrering og rapportering av avfall, osv. (Council Directive , 1975).
1983	Norge	Forurensningsloven	«Å verne det ytre miljø mot forurensning, å redusere eksisterende forurensning, å redusere mengden av avfall og å fremme en bedre behandling av avfall» (Norges Lover, 1983)
1992	FN	FNs klimakonvensjonen	Å forhindre en negativ menneskeskapt påvirkning på klimasystemet ved å stabilisere konsentrasjonen av klimagasser (Regjeringen.no, u.d.).
1997	FN	Kyotoprotokollen	Industrilandene skulle redusere sine klimagassutslipp med minst 5 prosent i perioden 2008–2012, i forhold til nivået i 1990 (Regjeringen.no, u.d.).
1997	Troms	Handlingsprogram for miljøvern og ressursforvaltning	Å utvikle mål og strategier i Tromskommuner for å redusere utslipp av klimagasser og energiforbruk i fylket (Troms fylke, u.d.).
1999	EU	Direktivet om deponering	Å redusere negative virkninger av deponering på miljø, menneskelig helse ved å innføre strenge tekniske krav til avfall og deponier (Commission, 2014)
2000	EU	Direktivet om avfallsforbrenning	Å redusere negative virkninger av avfallsforbrenning på miljø og å minske risikoen for menneskers helse (Commission, 2014).
2001	EU	Fornybardirektivet	Å øke andelen av fornybar elektrisitet i EU-landene til 22,1% i 2010 (Fornybardirektivet, 2005).
2004	Norge	Forurensningsforskrift	Å begrense av forurensning (Forurensningsforskrift, 2004).
2004	Norge	Avfallsforskrift	Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (Avfallsforskrift, 2004).
2004	Norge		Delegering av ansvar for å samle og behandle avfall til kommunal myndigheter (forurensningsloven, 2015)

2007	Norge	Forskrift om animalske biprodukter som ikke er beregnet på konsum	Ordning om bearbeiding av animalske biprodukter (Lovdata, 2007).
2007	Norge / Mattilsynet	Veiledning til biproduktforskrift	Å presisere tolkning av regelverk (Mattilsynet, 2007)
2008	Tromsø	Klima- og energiplan 2008-2018	Å trekke opp langsiktige linjer for Tromsø kommunes miljøstrategi (Tromsø kommune, 2008).
2009	Norge	Forbud mot deponering av biologisk nedbrytbart avfall	Å redusere klimagassutslippene, miljøgifter og næringsstoffer på deponier (Miljøverndepartementet, 2008).
2009	EU	Fornybardirektivet 2	Å øke andel av fornybar elektrisitet til 20% og fornybardrivstoff til 10% i transport sektor til 2020 (regjeringen.no, 2009)
2010	EU	Roadmap 2050. Low-carbon economy In Europe	Å oppnå en lavkarbonøkonomi i Europa, i tråd med energisikkerhet, miljø- og økonomiske mål i EU (European Climate Foundation, 2010).
2012	Norge	Melding til stortinget 21. Norsk klimapolitikk	Å utvikle biogass i Norge ved å bygge gårdsbaserte biogassanlegg og store behandlingsanlegg for husdyrgjødsel og matavfall (regjeringen.no, 2010).
2012	Norge + Sverige	Grønne sertifikater	Å øke kraftproduksjonen basert på fornybare energikilder med 26,4 TWh fram til 2020 (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2012).
2014	EU	Towards a circular economy: A zero waste program for Europe	Å øke gjenvinning av husholdningsavfall til 70% i 2030; å øke emballasjeresirkulering til 80% i 2030; å utvikle deponering i 2025 for resirkulerbart avfall; å redusere matavfall med 30% innen 2025 etc. (European Commission, 2014)
2014	Norge	Klima- og miljødepartementet : Nasjonal tverrsektoriell biogass strategi	Å legge frem virkemidler for stimulere biogassproduksjon i Norge for redusere nasjonale utslipp mot 2020 (www.regjeringen.no, 2014).
2009 - 2014	Enova	Støtte til biogass og biodrivstoff	Å bidra til å etablere nye anlegg for produksjon av biogass og biodrivstoff i Norge (Enova, 2015)

Norge er forpliktet gjennom EØS avtalen til å innføre alle EU-direktiver som gjelder klima- og avfallspolitikk. EU-Directive om avfall fra 1975 var begynnelse på avfallsbehandlingsarbeid i Norge. Dette direktivet er senere oppdatert flere ganger. På 90 -tallet har FNs Klimakonvensjon som formål å redusere alle lands utslipp av klimagasser. EUs direktiver om deponering og avfallsforbrenning innførte strengere krav i avfallhåndtering. EUs Fornybardirektiver har som mål å øke produksjon av fornybar elektrisitet inkludert fra biogassanlegg. «Roadmap 2050» -programmet skal kjempe mot ressurseffektivt Europa. Poenget med «A zero waste program» er å øke gjenvinning av avfall og redusere matavfall.

I 1983 ble det vedtatt en egen Forurensningslov i Norge. Ett av målene var å redusere mengde av avfall og forbedre behandling av avfall. Avfallsforskrift, forskrift om animalske biprodukter og veiledning til biproduktforskrift presiserer tolkning av eksisterende regelverk i matavfallssektor. Ett viktig steg mot en mer miljøvennlig avfallhåndtering i Norge var forbud mot deponering av biologisk nedbrytbart avfall i 2009. Melding til stortinget 21: «Norsk klimapolitikk» oppfordrer utbygging av biogassanleggene for husdyrgjødsel og matavfall. Samarbeid med Sverige i prosjektet «Grønne sertifikater» øker kraftproduksjon basert på fornybare energikilder. Nasjonal tverrsektoriell biogass strategi beskriver hvordan biogass kan produseres og anvendes og hvordan biogjødsel kan utnyttes. Rapporten viser at det største gjenstående potensialet ligger i utnyttelse av matavfall og husdyrgjødsel. Det tas hensyn til kostnader og nytteeffekter for produksjon av biogass og anvendelse av biogass og biorest (Klif, 2013).

Tromsø kommune har utarbeidet «Handlingsprogram for miljøvern og ressursforvaltning» og «Klima- og energiplan». Målet med Klima- og energiplan er å utvikle en miljøstrategi for Tromsø kommune. Kommunen vil redusere klimagassutslipp og forebygge negative konsekvenser av den forventede, globale oppvarmingen. I følge Klima- og energiplan vil kommunen følge opp nasjonalt målsetningene innen klimagassutslippene. Tromsø kommunen satser på å oppnå karbonnøytralitet innen 2050. I følge «Klima- og energiplanen» bruk av fossil energi til oppvarming skal fases ut; 80 % av nye kjøretøy solgt i Tromsø i 2018 skal være utslippsfrie eller klimanøytrale (Tromsø kommune, 2008).

I tillegg støtter Enova investeringer i nye biogassanlegg med tilskudd. Programmet støtter kun anlegg som benytter avfall og rester. For å få støtte må biogassanlegg ha en årlig produksjon på minimum 1GWh, dvs. ca. 100 000 Nm³ CH₄. Enova investerer i nye prosjekter via tildelte midler

fra Energifondet. Energifondet finansieres gjennom et lite kostnadspåslag på strømgregningen og avkastningen fra "Fondet for klima, fornybar energi og energiomlegging". Det kan gis investeringstilskudd opptil 30 % av totale kostnader (Enova, 2015).

Tabell 3. Regelverk rundt avfallhåndtering i Russland (Arkhangelsk region)

År	Nivå	Dokument	Formålet
1998	Russland	Federal lov: Om avfall fra produksjon og forbruk	Definerer det juridiske rammeverket for avfallshåndtering for å redusere skadelige virkninger på menneskers helse og miljøet, samt involvering i gjenvinning av avfall (Statsdumaen, 1998)
1999	Russland	Federal lov: Om luftvern	Etablerer det juridiske rammeverket for luftvern, og er rettet mot realisering av innbyggernes konstitusjonelle rettighetene til et sunt miljø og pålitelig informasjon om miljøtilstand (Statsdumaen, 1999).
2002	Russland	Federal lov: Om miljøvern	Definerer det rettslige grunnlaget for statens politikk på miljøvern området: sikrer en balansert løsning av samfunnsøkonomiske mål, bevaring av miljø, biologisk mangfold og naturressurser for å møte behovene til nåværende og fremtidige generasjoner (Statsdumaen, 2001)
2008	Russland		Avfallshåndteringsansvar er delegert til lokal selvstyre (rospromeco.com, 2013)
2010	Russland	Energy Strategy of Russia for the period up to 2030	En av målene er utvikling av energiproduksjon fra biomasse (Ministry of Energy of the Russian Federation, 2009)
	EU-land	RUSTEC	Samarbeid mellom EU-landene og Russland innen fornybarenergi sektor. RUSTEC er basert på onnshore vindkraft / biomasse / vannkraft og sammenkopling.

Hoved lov som regulerer avfallssektor i Russland er «Lov om avfall fra produksjon og forbruk». Loven innfører de generelle kravene i håndtering avfall. I følge lov «Om miljøvern» enhver organisasjon skal vurdere virkningen av sin virksomhet på miljø. Således noen ugunstig virkning medfører kostnader. «Directive om avfall» fra 1975 har noen ligningstrekk med russiske «Lov om miljøvern» fra 2002: prinsippet: «forurensers betaler» og rapportering av avfall. Derimot forurensningsloven fra 1983 og russiske lover: «Om luftvern» fra 1999 og loven: «Om miljøvern» fra 2002 har lite til felles med hensyn på avfallhåndtering. Loven: «Om luftvern» sier at avfall som kan forurense luft må deponeres på bestemte områder utenfor byen eller gjenvinnes. Føderale loven: «Om miljøvern» bestemmer hvor kan man deponere avfall og hvilke statlige avgifter må

man betaler for å bli kvitt avfall. Forurensningslovens formål er å redusere forurensning, å redusere mengdeavfall, samt å behandle avfall på bærekraftig måte.

EUs medlemsstater og Nord-Vest Russland deltar i et felles prosjekt «EU- Russland Renewable Energy Plan» (RUSTEC). RUSTEC er basert på onnshore vindkraft / biomasse / vannkraft og sammenkopling (Boute & Willems, 2012).

Drivkreftene for etablering av biogassproduksjon i Norge er både juridiske og økonomiske. Kravene fra sentrale myndigheter er en av drivere for å få til biogassproduksjon i land. Grunn til at etablering av biogassanlegg har blitt støttet gjennom investeringstilskudd ligger i lav avkastning og lang anleggslevetid med usikker framtid. Det er derfor viktig å satse mer på forskning og utvikling for å redusere risiko ved investering i slike biogassanlegg. Foreløpig er regelverk av avfallshåndtering i Russland ikke oppdatert og ikke harmonisert med europeiske regelverk. Det fører til en ubalanse i avfallspolitikken i Russland (rospromeco.com, 2013).

7.2 Potensialet for biogassproduksjon

7.2.1 Potensialet for biogassproduksjon i Arkhangelsk by

Lokale myndigheter har ansvaret for utnyttelse og disponering av industri- og husholdnings avfall. Det er to hovedaktører i avfallhåndtering: deponi og transportselskaper, som transporterer avfall fra sluttbrukere til deponi for forhåndsavtalt pengebeløp (Specavtohozyaistvo, 2014). Deponi i Arkhangelsk er i dårlig tilstand. Den måtte være stengt på grunn av oppbrukt kapasitet før januar 2008. Men deponi fungerer fortsatt (29.ru, 2015).

Den årlige mengde av total avfall i Russland står for 35 millioner tonn (Gosstroy, 2000). Basert på antall innbyggere (146 millioner) beregner man at det er 370 kg per person. Cirka 40 % av avfall består av lett nedbrytbart matavfall (Gosstroy, 2000). Det blir 222 kg per person. Det er ca. 350 000 innbyggere i Arkhangelsk. Byens befolkning generer dermed ca. 77000 tonn matavfall årlig.

Største del av avfall fra næringsmiddelvirksomheter går til sluttbehandling på deponi ifølge intervjuresultater (se vedlegg 3). En del brukes på mer miljøvennlig måte. For eksempel, organisk avfall fra fjørfe-slakteri brukes i produksjon av tør fôr. Man blander kyllingsgjødsel med sagflis for å lage gjødsel. Organisk avfall fra bryggeri (presskake) går til mating av husdyr.

7.2.2 Potensialet for biogassproduksjon i Tromsø (Remiks-området)

I Tromsø finnes det ikke regelverk som pålegger utsortering av organisk avfall fra restavfall. Virksomhetene selv tar ansvaret for ressurseffektiv utnyttelse av matavfall og restråstoff. Det er to selskaper som leverer avfallstjenester i Tromsø: Remiks og Perpetuum.

Perpetuum-gruppen er stor privateide avfallsaktør i Nord Norge. Perpetuum tilbyr tjenester innenfor farlig avfall, næringsavfall og avfall fra olje- og gassindustrien. Alt avfall som samles inn, sorteres i anleggene før det sendes ut til viderebehandling – enten i Norge eller i utlandet (Perpetuum, u.d.).

Remiks er leverandør av avfallstjeneste for husholdning og næringslivet innenfor Tromsø og Karlsøy kommuner. Remiks samler og behandler alt avfall fra husholdninger, private- og offentlige bedrifter (Remiks, u.d.): hoteller, restauranter, dagligvarebutikker, storkjøkken, fiskeforedling, fiskerinæring, slakteri, gårdsdrift, skoler, barnehager samt sykehus og universitet. Alt avfall komposteres i dag ved Skiboth avfallsanlegg. Kompostjord går til forbedring av plenjord. Remiks satser på kompostering i et kort perspektiv (de neste 3-5 år). Etterpå kan biogassbehandling være mer aktuelt. Biogassen kan utnyttes som drivstoff eller til å produsere strøm i regionen. Det økonomiske potensialet ligger hovedsakelig i å produsere drivstoff. En av utfordringer i biogassproduksjon i Tromsø regionen er utnyttelse av biorest. I følge Jørgensen (2015) er det for lite jordbruk i regionen. Det betyr ideelt sett transport-, lagrings- og spredningskostnader.

Remiks strategi er å utvide sitt dekkeområde og aktuelle kommuner kan være Balsfjord, Lyngen, Storfjord, Kåfjord, Skjervøy, Nordreisa, Kvænangen og Salangen. Kommunesammenslåing og regionalt samarbeid vil være faktorer som påvirker dette (Jørgensen, 2015). Transportkostnader spiller viktig rolle i leveranse av avfall. Med hensyn til transportkostnader og miljøbelastning er maksimal avstand mellom behandlingspunkt og hvor avfall oppstår inntil 50 km. Tabell 4 viser mengde matavfall fra husholdning i Troms kommuner.

Tabell 4. Mengde husholdningsavfall fra Troms kommuner i 2014 (Statistisk sentralbyrå, 2015)

	Utsortert husholdningsavfall, tonn	Utsortert våtorganisk avfall fra husholdning, tonn
Remiks kommuner		
Tromsø	12 370	2 403
Karlsøy	405	79
Sum	12775	2482
Aktuelle kommuner i 50 km sone fra Tromsø by		
Balsfjord	555	180
Lyngen	398	129
Sum	953	527
Aktuelle kommuner i REMIKS utvidelse		
Salangen	475	75
Storfjord	252	82
Kåfjord	285	92
Skjervøy	375	121
Nordreisa	641	207
Kvænangen	173	56
Sum	2201	633
Sum fra alle kommuner	15 929	3 424

Fra tabellen ser man at Remiks samler nesten 2500 tonn våtorganisk avfall fra husholdning og har mulighet å øke mengde avfall med 527 tonn ved 50 km-utvidelse eller med 1160 tonn i tilfelle alle 8 omkringliggende kommuner skulle være med.

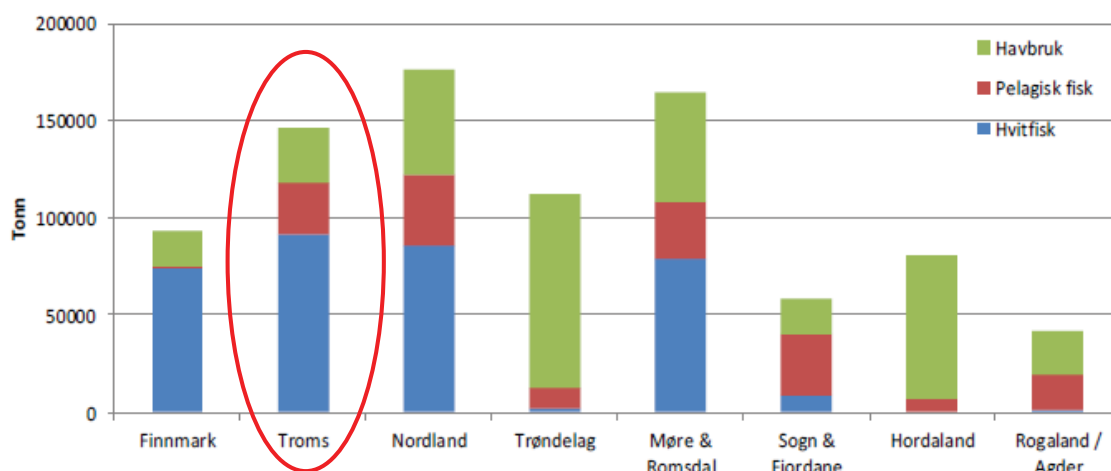
Mengde matavfall og resråstoff fra næringsmiddelvirksomheter (Remikskunder) fordelt på seksjoner er vist i Tabell 5.

Tabell 5. Årlig matavfall- og restråstoffmengder for næringskunder i Tromsø og Karlsøy kommune (Lind, 2015)

Seksjon	Matavfall og restråstoff, tonn
Dagligvare	1302,55
Eiendom	61,16
Hotell og restaurant	382,07
Matproduksjon	124,33
Sykehus/sykehjem	66,92
Undervisning	28,08
Sum	1965,11

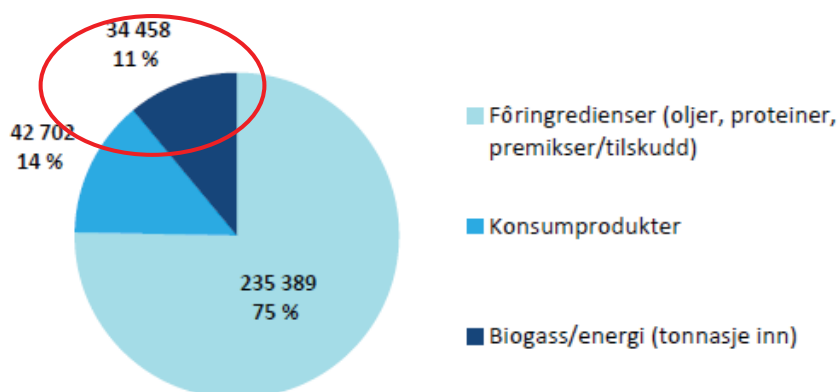
Nesten 2 000 tonn organisk stoff fra næringsmiddelvirksomheter er tilgjengelig i dag. Til sammen er det 4 500 tonn (2 500 tonn fra husholdning samt 2 000 tonn fra næringsmiddelvirksomheter) matavfall kan skaffes for biogassproduksjon i dag. Ved utvidelse av Remiks kan man skaffe ca. 6 000 tonn matavfall og restråstoff. Sammen med avløpsvann er mengde organisk stoff ca. 10 000 tonn. Ved hensyn til mulige utvidelse var det analysert 15 000 tonn i modellen.

Nedenfor får man oversikt over mengder med restråstoff som oppstår fra norsk fiskeri- og havbruksnæringen, hvor mye er utnyttet og hvor mye er ikke utnyttet. Troms fylke er en av de fylkene med de største volumene av tilgjengelig restråstoff fra fiskeri og havbruk-145 000 tonn (figur 6).



Figur 6. Totalt tilgjengelig restråstoff, fordelt på sektor og fylke. (Richardsen, et al., 2014)

En andel av restråstoff går til bioenergi (Figur 7).



Figur 7. Hoved anvendelser av restråstoff (Richardsen, et al., 2014)

11 % av 145 000 tonn går til energiformål i Troms fylke, dvs. 15 950 tonn (Richardsen, et al., 2014). Rundt 70% av restråstoff utnyttes og brukes til fôr til fisk, husdyr, pelsdyr, kjæledyr samt produkter til humant konsum.

I følge Larsen (2012) 85 % (76 500 tonn) restråstoff fra hvitfisk i Tromsø blir ikke utnyttet. For å oppsummere kan man si at det er ca. 92 450 tonn (76 500+15 450) restråstoff fra fiskeri og havbruk kan være tilgjengelig for biogassproduksjon i Troms fylke. Det er viktig å huske at utnyttelse til fôr og til konsumprodukter er miljø- og ressursmessig bedre enn å anvende det til biogass.

7.2.3 Utnyttelse av biogjødsel

Regelverket i landbrukssektoren begrenser mulighet for bruk av biogjødsel. For å kunne bruke biorest som jordforbedringsmiddel, må den tilfredsstillende krav til maksimumskonsentrasjoner av tungmetaller, organiske miljøgifter, plantevernmidler, antibiotika, kjemoterapeutika eller andre miljøfremmede stoffer. Man får anvendelig biorest om biogass-substrat tilfredsstiller miljømessige kvalitetsstandarter. Ved bruk av avløpsslam i biogassprosessen, er det noen begrensninger på anvendelser av biogjødselen på jordbruksarealer. Slik biorest kan ikke spres på områder hvor grønnsaker og frukt skal dyrkes de følgende tre år. Mulige alternative anvendelser er å skille den i en våt, nitrogenrik og en tørr, fosforrike delen. Den tørre fraksjoner kan pelleteres. (Klif, 2013) Blanding av slam, våtorganisk avfall og husdyrgjødsel reduserer anvendbarheten og økonomiske verdier av bioresten. Forbedring av plenjord er en alternativ for anvendelse biorest fra blandende biogass-substrater.

Bruk av biorest som gjødsel gir lav erstatningsverdi mot eksisterende kunstgjødsel. Derfor kostnader for transport og lagerhold må bæres av biogassfabrikken (Sørby, u.d.).

En av muligheter for utnyttelse av biogjødsel er å finne anvendelse i de to regioner der biogassproduksjon oppstår. I Tromsø er det mulig potensialet i plenjordforbedring. I Arkhangelsk området kan man bruke biogjødsel på sine hager og gårder for nyttevekst. En annen mulighet er å bygge tørkeanlegg og å avvanne flytende biorest. Deretter transportere tørt biorest til landbruksområder hvor det trengs. Det trengs markedsanalysen i de to regioner og andre nærliggende områder for behovet, tilbudet og prisnivå på organiske gjødsel. Ut ifra analysene vil det være mulig å fastslå om det lønner seg å investere i tørkeanlegget. Den tredje mulighet er å outsource håndtering av biorest til andre bedrifter som produserer og selger gjødsel.

7.2.4 Potensialet for metanutbytte fra forskjellige råvarer i Arkhangelsk og i Tromsø.

Aktuelle råvarekilder til organiske avfall i Arkhangelsk region er restprodukter fra skogsindustri, husholdning, avløpsslam, papirfabrikk, slakteri, fiskeri, fjørfe-slakteri, meieri, restauranter, spritproduksjon, butikker, park- og hageavfall (tabell 6). Hovedkilder av ressurser til biogassproduksjon i Tromsø er våtorganisk avfall fra husholdning og restråstoff fra matprodusenter og fiskerisektoren. Potensialet av biogassproduksjon beregnes ved et forhold på metanutbyttet normalkubikkmeter $\text{Nm}^3 \text{CH}_4$ per tonn tørr stoff og $\text{m}^3 \text{CH}_4$ per tonn våt vekt.

Tabell 6. Metanutbytte fra forskjellige råvarer

Råvarer kilder	Avfallstype	Metanutbytte	
		m ³ /ton TS	m ³ /ton våt vekt
Husholdning (Svenskt Gasteknisk Center, 2011)	Matavfall, svin	618	204
Papirfabrikk	Biprodukter	94.28(1MWh/tonnTS)*	
Slakteri (Svenskt Gasteknisk Center, 2011)	Slakteriavfall, slam, gjødsel	575	92
Fjørfe-slakteri (Afazelia, et al., 2014)	Gjødsel, blod, fjær	300-800	
Fiskeri (Svenskt Gasteknisk Center, 2011)	Fiskeriavfall	1279	537
Meieri (Linne, et al., n.d.)	Myse og fôring melk, fett slam	471 (5MWh/tonn TS)*	
Bryggeri (Linne, et al., n.d.)	Dravavfall, gjær, kloakkslam	377 (4MWh/tonn TS)*	
Spiritproduksjon (Linne, et al., n.d.)	Våte etterslep, finkel- og sekundær brennevin	377 (4MWh/tonn TS)*	
Restauranter (Svenskt Gasteknisk Center, 2011)	Matavfall	500	125
Butikker (Svenskt Gasteknisk Center, 2011)	Svin, bakervarer, frukt og grønnsaker	513	77
Park- og hageavfall (Nordberg & Nordberg, 2007)	Tørke blader, greiner		250
Avløpslam (Svenskt Gasteknisk Center, 2011)	Avløpslam	300	15

*Kilde (MWh to m3 convesion, 2015)

Matavfall og restråstoff har et betydelig potensiale for produksjon av biogass per mengde råstoff. Restråstoff fra fiskeindustri, slakterier og meierier har et spesielt høyt energiinnhold. Et potensielt viktig råstoff til biogass er restråstoff fra fiskeindustrien. Andre råvarer (hageavfall, avløpslam, skogsindustri) kan også inngå som råvare. Ved å blande forskjellige substrater biogassutbytte økes (Linne, et al., u.d.).

7.2.5 Gjennomgang av artikler om metanutbytte fra restråstoff fra fiskerisektoren

Restråstoff fra fiskerisektoren både i Arkhangelsk og i Tromsø kan være en viktige biogasskilder. Det er flere undersøkelser som indikerer økt metanutbytte for restråstoff fra fiskeindustrien blandet med andre substrater (Tabell 7).

Svenske forskere beregnet metanproduksjon fra fiskeforedling. Metanutbytte er 1,25 MWh/tonn våt vekt (Linne, et al., u.d.). Eksperimenter viste at fiskeslam blandet med storfe gjødsel i et forhold på 87,5: 12,5 gir høyeste metanutbytte med 860L/kg VS (Ytrestøyl, et al., 2013). Tanzaniansk undersøkelse indikerer at høyest utbytte av metangass fra fiskeavfall er 0,39 m³ CH₄ /kg våt vekt. Forfattere mener også at co-nedbrytning av sisal celluloseavfall (67%) og fiskeavfall (33%) gir større metanutbytte 0,62 m³ CH₄ / kg våt vekt (Mshandete, et al., 2009). Engelske forskere prøvde å øke metanutbytte fra storfe gjødsel ved co- nedbrytning med fiskeavfall. De blandet 70 % gjødsel, 20% fiske slakteavfall og 10% fordøyd podestoff. Metanutbytte økte fra 0,28 m³ CH₄ /kg våt vekt til 0,38 m³ CH₄ /kg våt vekt, dvs. økte med 35,7 %. (Callaghat, et al., 1999). En undersøkelse fra Korea indikerer at fiskeavfall bør blandes med brød- eller bryggeriavfall. Blanding fiskeavfall med brødavfall gir biogass med bedre kvalitet. Metanutbytte av slik blanding er fra 441 til 482 ml/g VS (Kafle, et al., 2012). Den anaerobe nedbrytning av 94% hermetisk sjømat avfall med 1% glyserolavfall og 5 % *Wolffia arrhiza* var det optimale blandingsforholdet for metanproduksjon. Blanding har metanutbyttet 789 mlCH₄/ g VS. Metanutbyttet økte med 511 ml CH₄ sammenlignet med fordøyd hermetisk sjømat avfall alene (278 ml CH₄/ g VS) (Panpong, et al., 2014)

Tabell 7. Oppsummeringstabell for metanutbytte fra blandinger av substrater

Blanding av substrater	Metanutbytte
Restprodukter fra fiskeforedling	1,250 m ³ /kg våt vekt (Enova,2015)
Fiskeslam blandet med storfe gjødsel i et forhold på 87,5: 12,5	0,86 m ³ / kg VS
Sisal celluloseavfall (67%) og fiskeavfall (33%)	0,62 m ³ / kg våt vekt
Gjødsel(70 %,) fiske slakteavfall(20%) og fordøyd podestoff(10%)	0,38 m ³ /kg våt vekt
Fiskeavfall blandet med brød- eller bryggeriavfall	0,482 m ³ / kg VS
Hermetisk sjømat avfall(94%),glyserolavfall(1%),(5%) <i>Wolffia arrhiza</i>	0,789 m ³ / kg VS

Det er vanskelig å konkludere hvor mye av hvert enkelt tilgjengelig substrat er optimalt. Det bør testes gjennom pilotstudier basert på tilgjengelige biprodukter i de to regioner. Biogassutbytte er

viktig faktor i lønnsomheten i etablering av biogassproduksjon. Det bør satses på utvikling av et analyseverktøy som beregner automatisk de optimale forholdene for blanding av substrat.

7.3 Klimanytte av etablering biogassanlegg i Arkhangelsk og i Tromsø

7.3.1 Beskrivelse av scenarier i Arkhangelsk og i Tromsø

Tabellen nedenfor viser de ulike scenarioene som er analysert i oppgaven.

Tabell 8 Analyserte generelle scenarioer

Byen	Forkortelse	Beskrivelse av scenarier
Arkhangelsk	Scenario A0	Deponi av våtorganisk avfall
	Scenario A1	Biogass erstatter varme(naturgass). Bioest erstatter flytende gjødsel
	Scenario A2	Biogass erstatter elektrisitet(naturgass). Bioest erstatter flyttende gjødsel
	Scenario A3	Biogass erstatter drivstoff(diesel). Bioest erstatter flyttende gjødsel
Tromsø	Scenario T0	Kompostering av våtorganisk avfall
	Scenario T1	Biogass erstatter varme(norsk fjernvarmemiks inkluderer varme fra forbrenning av restavfall, samt elektrisitet, naturgass og olje i form av spisslast). Bioest erstatter flytende gjødsel
	Scenario T2	Biogass erstatter elektrisitet (nordisk miks inkluderer vannkraft og ubetydelig del av elektrisitet kommer også fra forbrenning av ved og kul, samt kjernekraft). Bioest erstatter flyttende gjødsel
	Scenario T3	Biogass erstatter drivstoff(diesel). Bioest erstatter flyttende gjødsel

7.3.2 Referansescenariet i Arkhangelsk (A0)

Referansescenariet representerer dagens situasjon for matavfallhåndtering i Arkhangelsk. Matavfall, restråstoff sammen med restavfall transporteres til et deponi.

Modellen inkluderer 2 faser i dette scenariet: transport og sluttbehandling- deponi. Transportfase inkluderer alle klimagassutslipp som oppstår ved transportering av organisk avfall sammen med restavfall til sluttbehandlingssted. Transportfase beskrevet i kapittel 7.3.4. Gjennomsnittlig avstand som kjører lastebil fra sted hvor avfall oppstår til deponi er beregnet 10 km (vedlegg 4)

Det beregnes en 100 års perioden for nedbrytningsprosess. Det betyr at utslippene fra deponert avfall representerer totalt potensial for fremtidige metanutslipp fra deponering (Raadal, et al., 2009).

7.3.3 Referansescenariet i Tromsø (T0)

Referansesystem for kildesortert matavfall og restråstoff i Tromsø er kompostering ved Skibotn avfallsanlegg. Dette innebærer at matavfall først transporteres til mottaksstasjon (19 km-gjennomsnitt avstand for Norge (Lyng, et al., 2011)) og deretter sendes til sluttbehandling sted-Skiboth (119 km (se vedlegg 12.5)). Transportfase beskrevet i kapittel 7.3.4. Videre antas det at kompostjord erstatter jordforbedringsmiddel.

7.3.4 Beskrivelse av biogassproduksjon-scenarier i Arkhangelsk og i Tromsø (A1,A2,A3;T1,T2,T3)

Det er vurdert tre forskjellige scenarier: produksjon av biogass for oppvarmingsformål, elproduksjon og biodrivstoff.

De scenariene består av flere livsløpsfasene: transport, forbehandling og biogassproduksjon, eventuell oppgradering og bruk av biogass. Østfoldforskningsmodellen beregner alle klimagassutslipp i de forskjellige livsløpsfasene.

Transportfase inkluderer alle klimagassutslipp som oppstår ved transport av organisk avfall til biogassanlegget inkludert innsamling av kildesortert matavfall hos husholdningene og næringsmiddelvirksomheter, transport til omlastingssted og transport frem til forbehandling. Det forutsettes at forbehandling og biogassproduksjon er lokalisert på samme sted. Modellen omfatter også miljøpåvirkninger fra infrastruktur (nedskrivning av bygging, vedlikehold av vei og kjøretøy) (Lyng, et al., 2011). Gjennomsnittavstand fra kunder til biogassanlegg i Arkhangelsk er ca. 10 km(vedlegg 4) For Tromsø brukes det basisverdier utarbeidet for Norge: fra kilde til mottaksstasjon er 19 km og fra mottaksstasjon til selve anlegget er 28 km.

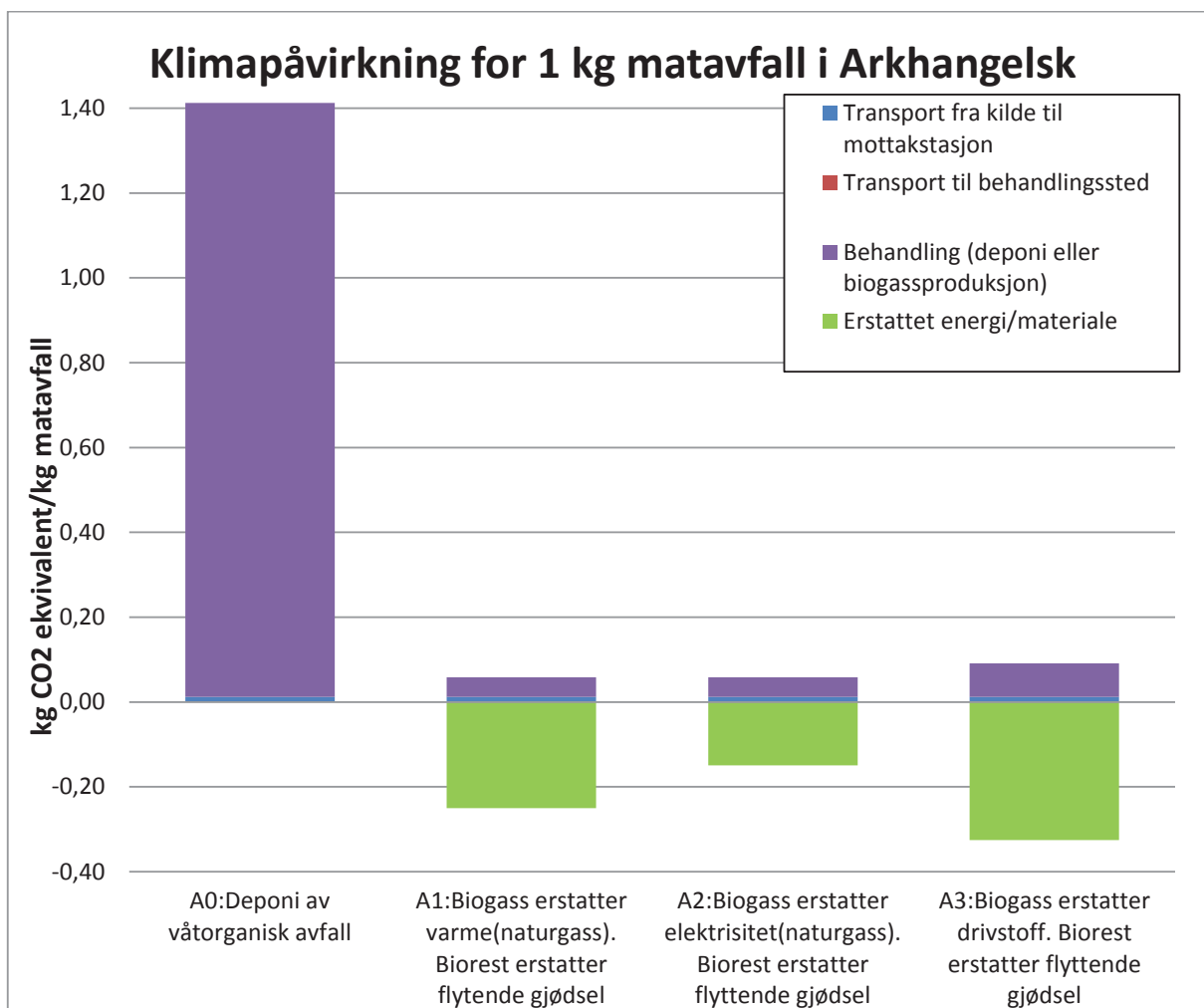
Behandlingsfase omfatter forbehandling av matavfall og biogassproduksjon. Denne fase inkluderer energibruk knyttet til forbehandling biogassproduksjon. Organisk avfall må forbehandles før den kan brukes i biogassreaktor. Det må fjernes fremmedlegemer og oppnås homogen masse. Det forutsettes at sikteresten har samme egenskaper som restavfall og går til forbrenningsanlegg. Gevinsten i modellering omfatter også energiutnyttelse fra forbrenning av sikterest. Biogassproduksjonsfasen består av nedbryting av substrat og eventuell elproduksjon i generatoren. Klimavirkninger i denne fasen er knyttet til energibruk til oppvarming og omrøring av substratet.

Utbygging av både forbehandlingsanlegg og selve reaktor og nedskriving over tid er ikke inkludert i beregningen.

Dersom biogass skal brukes til kjøretøydrivstoff må CO₂ gass fjernes. Volum av karbondioksid i den oppgraderte biogassen må være under 5 prosent (Raadel, et al., 2008). Oppgraderingsfasen omfatter energibruk og utslipp i form av metangass. I biogass-scenarier erstatter biogass naturgass i Arkhangelsk; elektrisitet og fjernvarmenmix- i Tromsø. I Arkhangelsk region er varme- og elproduksjon basert på forbrenning av naturgass (arhenergo., 2015). Kraftproduksjon i Tromsø kommer fra vannkraft. I tillegg ble vindparken i Fakken satt i drift i 2012. Det er også flere olje- og elektrisitets fyrte fjernvarmeanlegg. Brøstadbotn varmeanlegg fyres med biobrensel- skogflis (Troms Kraft, 2015).

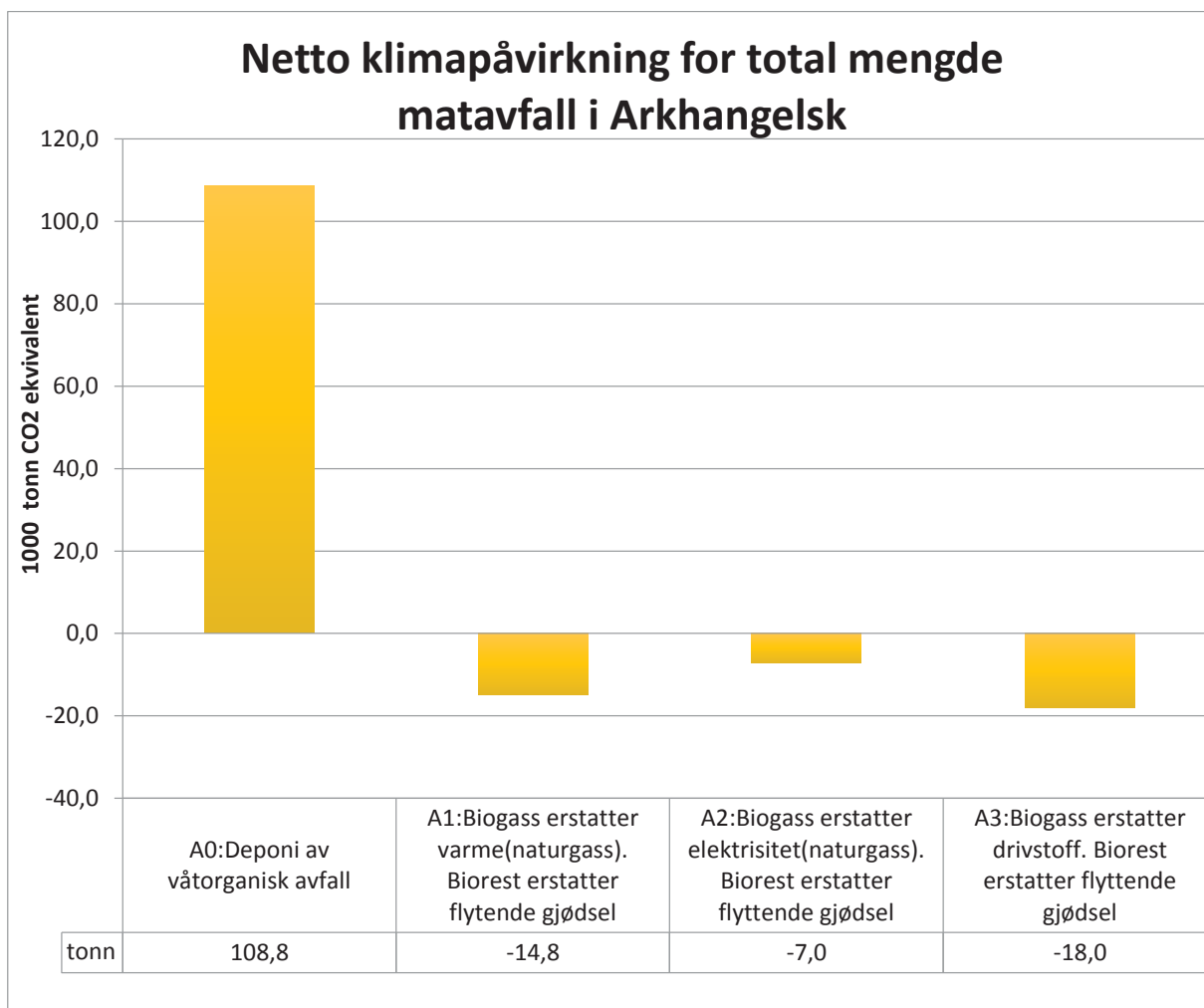
7.3.5 Miljøresultater for Arkhangelsk

Figurene nedenfor og tabell i vedlegg 12.6 viser resultater fra gjennomførte analysene i Simapro. Figur 8 viser klimagasser og klimanytte fordelt på hver livsløpsfase i fire forskjellige scenarier i Arkhangelsk.



Figur 8. Brutto klimanytte fra håndtering av 1 kg matavfall og restråstoff fordelt på livsløpsfasene.

I Arkhangelsk ser man at største klimapåvirkninger kommer fra behandlingsfase, deponi eller biogassproduksjon. Figuren viser at 1 kg deponert matavfall gir 1,4 kg CO₂-ekvivalenter. Klimabelastningen knyttet til produksjon og oppgradering av biogass er større enn ved å forbrenne biogass for å produsere varme og elektrisitet. Grønne kolonner indikerer gevinster man får ved å erstatte fossil energibærer og flytende gjødsel. Det vil si hvor mye klimagassutslipp som erstattes ved å bruke biogass istedenfor naturgass eller drivstoff. Størst gevinster får man ved å erstatte drivstoff. Summen av klimapåvirkninger og gevinster for totale mengder matavfall (77 000 tonn) i Arkhangelsk i form av netto klimanytte er vist i figur nedenfor.

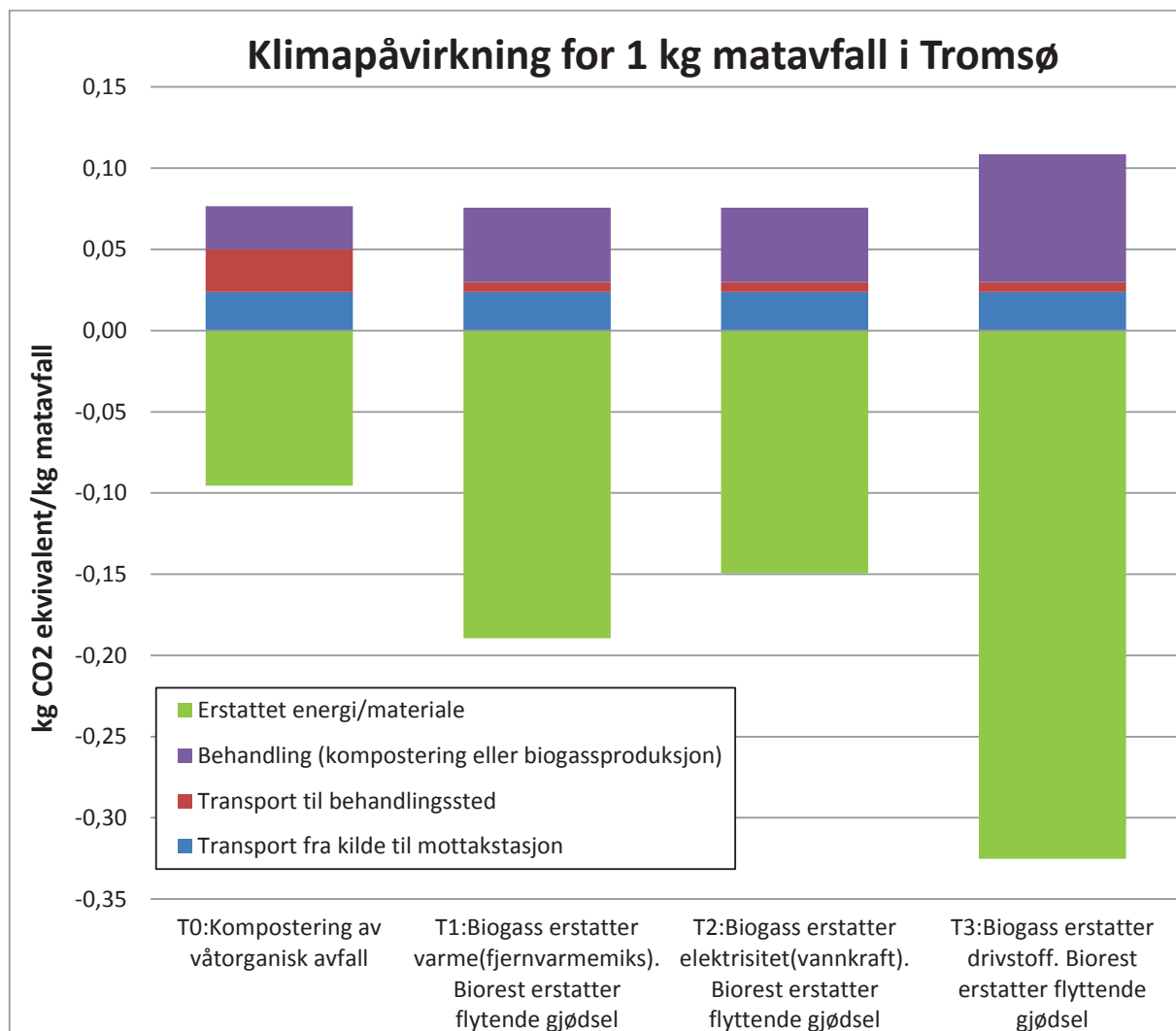


Figur 9 Netto klimagassutslipp for matavfall og restråstoff i Arkhangelsk

Fra figuren ser man at deponi i Arkhangelsk forurensrer miljø med nesten 109 000 tonn CO₂ ekvivalenter årlig. Ved å erstatte naturgass får man reduksjon av klimagasser med 124 tusen tonn i scenariet A1 eller 116 tusen tonn – i scenariet A2 i forhold til referanse scenariet. Beste alternativet ved biogassproduksjon er å bytte diesel med biogass (scenariet A3). Det gir reduksjon av klimagasser med 128 tusen tonn CO₂ ekvivalenter.

7.3.6 Miljøresultater for Tromsø

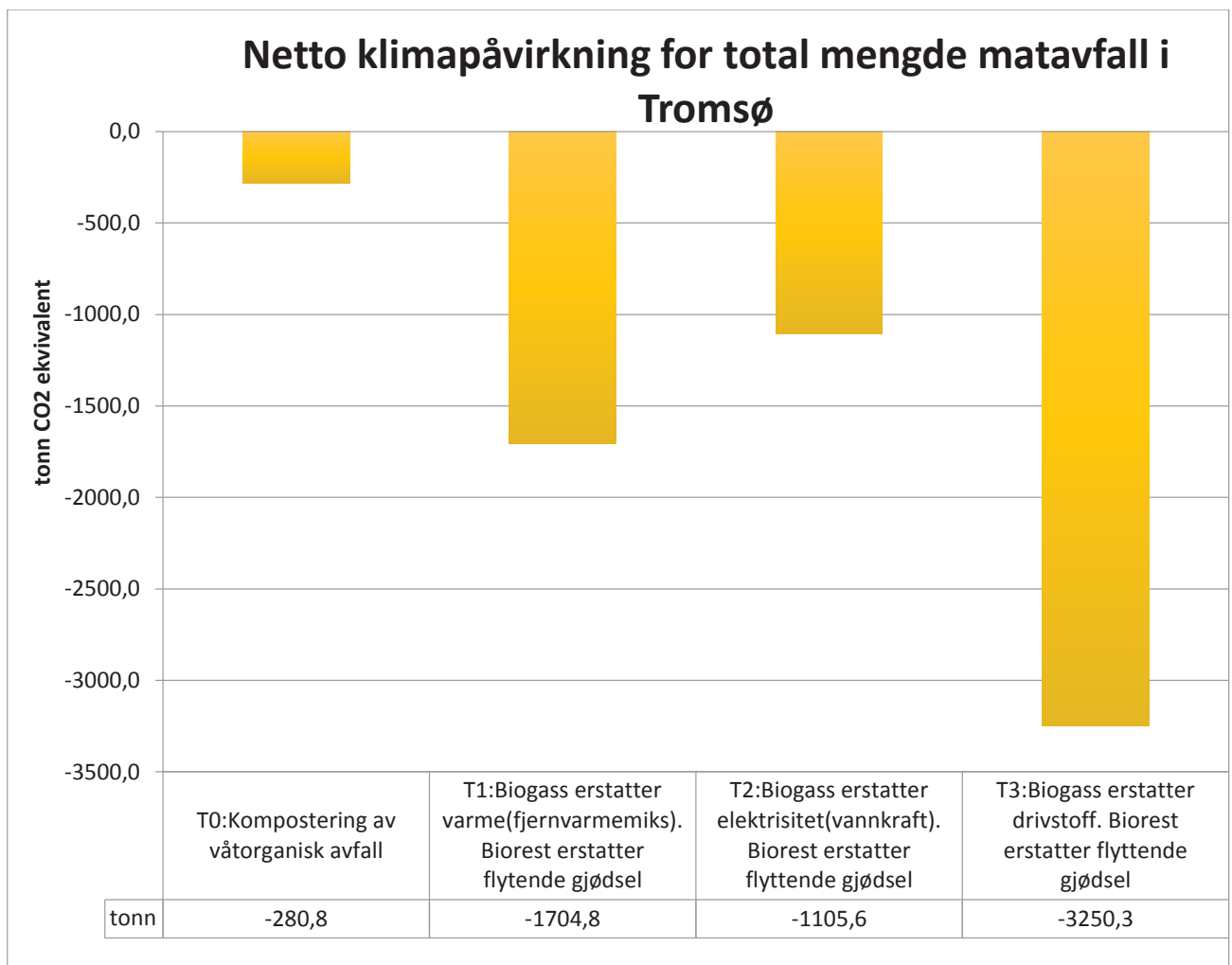
Miljøresultater for dagens scenariet og biogass-scenarier for Tromsø er presentert i Figur 10.



Figur 10. Brutto klimanytte fra håndtering av 1 kg matavfall og restråstoff fordelt på livsløpsfasene.

I følge figur kommer en del av klimapåvirkninger fra transportfase. Transportbelastningen reduseres ved å bygge biogassanlegg nærmere til avfallskilder. Det ser man i tre biogass- scenarier (T1, T2, T3). Klimabelastning ved å kompostere (scenariet T0) er mindre enn ved å produsere biogass (scenarier T1 og T2). Oppgradering av biogass (scenariet T3) krever mer energi derfor klimabelastning er større enn i scenarier T1 og T2. Ved å erstatte fjernvarme(T1) får man større

klimanytte enn å erstatte elektrisitet fordi det reduseres klimagassutslippene fra forbrenningsanlegg. Det trengs å bruke mer energi og ressurser for å få oppgradert biogass(T3). Allikevel får man størst nytte ved å erstatte diesel: scenariet T3. Summen av klimapåvirkninger og gevinster for totale mengder matavfall(15 000 tonn) i Tromsø er vist i figur nedenfor.



Figur 11. Netto klimagassutslipp for matavfall og restråstoff i Tromsø

Figur 11 viser kompostering, scenariet T0, reduserer klimagassutslipp med 280 tonn. Likevel biogassløsninger gir bedre klimaprofiler. Ved å erstatte elektrisitet er gevinst 825 tonn CO₂ ekvivalenter årlig i forhold til dagens løsning. Anvendelse av biogass for oppvarmingsformål er bedre løsning med hensyn til reduksjon av klimagasser 1424. Beste alternative er å erstatte biodrivstoff (scenariet T3). I dette tilfelle får man spare 3 000 tonn klimagasser årlig ved å bytte kompostering.

7.4 Investerings- og driftskostnader for biogassanlegg

7.4.1 Økonomi modell for biogassanlegget i Arkhangelsk

Jeg antar at planlagt biogassanlegg i Arkhangelsk skal ha kapasitet til å behandle 77 000 tonn matavfall og restråstoff årlig. I følge Østfoldforskning modeller (Modahl, et al., 2014) er forventet biogassproduksjon 57,3 GWh/år. Ved å multiplisere dette tallet med virkningsgrad for varmereproduksjon (0,85) får man 48,71 GWh/år. Basert på kostnadsfunksjon (se kapittel 5.2.2) finner man forventede investeringskostnader – 281,5 million NOK, dvs. 30,6 million EUR. I følge kostnadsfunksjonen er årlige driftskostnader 29,1 millioner NOK (3,2 millioner EUR). Driftskostnader er 377,9 NOK (41,6 EUR) per tonn av matavfall (se valutakurs i kapittel 1). Økonomi modell som utarbeidet av Østfoldforskning kan ikke brukes for biogassanlegg i Russland på grunn av forskjellige inntektsnivå, investeringskostnader, priser på byggematerialer osv. og estimatene må derfor justeres til russisk kostnadsnivå.

En annen måte å beregne kostnader fra biogassanlegg i Arkhangelsk presentert nedenfor. Det finns flere selskaper som kan bygge biogassanlegg i Russland. For eksempel er investeringskostnader for biogassanlegg for brenneri er på (ved produksjon av presskake med 100 tonn daglig) 1 280 000 EUR (bioenergosiila, u.d.). En annen eksempel på biogassanlegg basert på husdyrgjødsel. Et anlegg med kapasitet 200 tonn gjødsel daglig kan koste 1 761 000 EUR. Ved mengde avfall 350 tonn daglig er prisen 2 828 000 EUR (agrobiogaz, 2012). Prisen dobles ved produksjon av elektrisitet. Ved årlig mengde avfall 78 000 tonn er daglig mengde 213 tonn. Det vil si investeringskostnader for biogassanlegg i Arkhangelsk kan bli ca. 2 000 000 EUR. Prisene er gitt ved valutakurs på 12.oktober 2015(se kapittel 1).

7.4.2 Økonomi modell for biogassanlegget i Tromsø

Energiproduksjon av anlegget med kapasitet 15 000 tonn avfall tilsvarer omtrent 11,2 GWh per år (9,52 GWh med hensyn til virkningsgrad for varmereproduksjon). Investeringskostnader for et sånt anlegg er 55 millioner NOK (6 millioner EUR) (se kapittel 1). Det brukes følgende virkningsgrader for generator: ca. 85% varmereproduksjon og 35% for elproduksjon (Lyng, 2015). I følge kostnadsfunksjonen er årlige driftskostnader 5,3 millioner NOK (574 000 EUR). Driftskostnader 353,3(38,3 EUR) NOK per tonn avfall.

Forventede inntekter fra biogassproduksjon inkluderer salg av elektrisitet/varme/drivstoff; inntekter fra innsamling av matavfall, investeringsstøtte fra Enova og Innovasjon Norge til biogassanlegg og anlegg for lagring og spredning av biorest; tilskudd fra «Grønne Sertifikater» ordning.

8 Diskusjon

Gjennomlesing av artikler og regelverk for to land viste at Norge har innført alle EU-direktiver som gjelder klimapolitikk og har flere godt fungerende lover og forskrifter som begrenser klimaforurensning og samordner avfallsrutiner. Det finnes også internasjonale avtaler med Sverige og Russland for å fremme fornybar energi produksjon. I tillegg til nasjonale mål har kommuner også ansvar for egen klimaplanlegging. Tromsø kommune utarbeidet handlingsprogram for miljøvern og ressursforvaltning og Klima- og energiplan. Disse dokumenter stimulerer miljøvennlig avfallsbehandling.

Russland har enorme reserver av fossile brensler (olje, naturgass, kull, osv.) og er en av de største eksportører av energiresurser i verden. Denne rikdommen av fossilt brensel begrenser utvikling av alternative energikilder i landet. De andre utfordringer ved etablering av fornybar energi er mangelfull lovgivning innen avfallsbehandling, og nesten fullstendig fravær av stimulerende statlig politikk med hensyn til fornybare energikilder (Kalyuzhnyi, 2008).

Det er stor potensialet for biogassproduksjon både i Arkhangelsk og i Tromsø med hensyn til tilgang til biogass-substrater. Det er ca. 77000 tonn våt organisk avfall årlig, mens i Tromsø antas å være 15000 tonn våtorganisk avfall.

Utførte analysene viser sammenheng mellom forskjellige scenarier i biogassproduksjon sammenlignet med basisscenarioene i Arkhangelsk og i Tromsø. Deponi i Arkhangelsk gir 109 000 tonn klimagasser årlig i CO₂-ekvivalent. Transport tar uvesentlig del av total mengde. Utnyttelse av biogass til oppvarmingsformål reduserer klimagasser med nesten 123 000 tonn. Noe som betyr klimanytte for miljø med nesten 15 000 tonn da biogass erstatter naturgass for oppvarming. Bruk av biogass til produksjon av elektrisitet gir 115 000 tonn reduksjon av årlig mengde klimagasser. Det er 7 000 tonn mindre enn ved 2. scenariet noe som skyldes mindre virkningsgrad for biogassgeneratorer. Ved å oppgradere biogass til bruk som biodrivstoff for kjøretøy kan reduksjon økes ytterligere med 9 000 tonn. Resultatene av gjennomførte analyser har lignende trekk med resultater fra andre studier i Østfoldforskning.

Dagens måte å håndtere matavfall og restråstoff i Tromsø er så vidt klimanøytral (-0,019 kg klimagasser i CO₂ ekvivalent per 1kg matavfall). Hovedkilde til utslipp av klimagasser i komposteringsscenarioet i Tromsø er transport. I biogass-scenarier reduseres utslipp fra transport fordi planlagt biogassanlegg finner sted nær Tromsø by. Total miljø nytte er 1 705 tonn ved

varmeproduksjon og 1 106 tonn ved elektrisitetsproduksjon. Beste løsning er utnyttelse av biogass som drivstoff og særlig i byområder med dårlig luftkvalitet (Raadal, et al., 2009). Den gir reduksjon av klimagasser med 3 250 tonn.

Ved utnyttelse av biogass som drivstoff kan man redusere utslipp av klimagasser med 126 000 tonn årlig i Arkhangelsk, mens i Tromsø 3 000 tonn klimagasser blir redusert med hensyn til dagens måte å håndtere avfall. Det er viktig å huske at det er store forskjeller mellom byene med tanke på avfallsmengde og dagens behandlingssløsning for matavfall. Det er ca. 77000 tonn våt organisk avfall årlig, mens i Tromsø antas å være 15000 tonn våt organisk avfall tilgjengelig for biogassproduksjon. Klimanytte av overgang til biogassproduksjon i Arkhangelsk vil være mye større enn i Tromsø på grunn av dagens bruk av deponi. Kompostering av matavfall er mer miljøeffektiv måte å håndtere matavfall enn å deponere. Modellen demonstrerer også hvor i livsløpet de største klimapåvirkningene oppstår. Største negativ miljøeffekt i Arkhangelsk er klimagassutslipp fra deponi. Utslippene fra transportering av matavfall og restråstoff spiller en ubetydelig rolle i verdikjede.

Flere studier indikerer også at blanding av substrater fra forskjellige næringsmiddelvirksomheter gir større metangassutbytte. Både Troms og Arkhangelsk er områder med forholdsvis omfattende fiskeforedlingsindustri. Metanutbytte fra fiskeavfall er mye større enn fra annen type matavfall. Modellen forutsetter normal metangassutbytte fra husholdningsmatavfall. Ved endring av inndata i Simapro kan man få større metanutbytte da normal metanutbytte fra fiskeavfall er høyere. Modellen inneholder metanutbytte fra matavfall på 600 m³/tonn tørrstoff, mens metanutbytte fra fiskeavfall kan bli opptil 1279 m³/tonn tørrstoff. Det vil si mer enn dobling av utbytte.

Kompostering i Arkhangelsk kan ses på som et mulig mellomsteg mot en mer miljøvennlig avfallsbehandling. Det antas at kompostering krever vesentlig mindre investeringer og ifølge modellen gir klimanytte. Kompostering krever sortering av avfall i byen på samme måte som for biogassanlegg. Noe som ikke fins i Arkhangelsk. Å opprette forsøksområder hvor det jobbes med implementering av sorteringsrutiner kan være første steg i riktig retning.

Utnyttelse av deponigass fra eksisterende deponi i Arkhangelsk er også en av muligheter for å starte med bærekraftig avfallshåndtering. Metangassoppsamling og utnyttelse av metangassen til varmeproduksjon er tiltak som kan gi betydelige utslippsreduksjon. Man kan få mer enn 1 300 tonn metangass per år som kan erstatte en tilsvarende mengde naturgass.

Nord-Vest Russland har store uutnytta ressurser som kan brukes til produksjon av fornybar energi i geografisk nærhet til EU. EU-russisk samarbeid i fornybar energi vil presentere en vinn-vinn-situasjon: medlemsstatene kan oppnå sine 2020 mål på grunnlag av Russlands fornybar energi potensial, mens Russland kunne begynne å utvikle en nasjonal fornybar energi uten å risikere at potensiell pris øker for innenlandske forbrukere. Internasjonale avtaler kan fremme produksjon og bruk av biogass. Samspill mellom Norge og Russland innenfor Barents samarbeidet har også mål for å fremme bærekraftig utvikling generelt. «Norske selskaper må integrere sin kompetanse i det russiske selskapets markedstilbud. Lykkes dette, lykkes også energieffektiviseringen i regionen» (Tverseth, 2015)

Ustabil investeringsklima i Russland gjør det vanskelig å investere i biogassanlegg. Manglende kompetanse kan også være en utfordring. Det krever FoU-innsats fra myndighetene for å utvikle biogasssteknologien slik at den kan bli økonomisk lønnsomt. Myndighetene i Arkhangelsk har direkte ansvar for avfallshåndtering og dermed mulighet til å etablere biogassanlegg. Det mangler kun politisk vilje.

Når det gjelder Tromsøs klimapolitikk ligger forholdene godt til rette for å etablere biogassproduksjon. I følge Klima- og energiplan vil bygningsoppvarming omlegges til fjernvarme; bioenergi og miljøvennlig drivstoff skal innføres. Etablering av biogassproduksjon i Tromsø vil bidra til å oppfylle mål om reduserte klimagassutslipp og energiomplanlegging mot mer fornybar energi.

For å fremme overgang fra fossil til biogass må følgende endringer i virkemidler gjennomføres: lukking av deponi; implementering av vel fungerte kildesorteringssystem; støtteordning til biogassprosjekter.

Generell sett utbredelse av fornybar energi må baseres på samhandling av de tre pilarer: godt fungerende regelverk, innbyggernes klimaforståelse og smarte teknologier. Stimulerende statlig politikk er en avgjørende faktor for å fremme fornybar energi.

Generelle anbefalinger til lokale politikker i de to regioner er:

- Å investere i forskning og utvikling for å utvikle rimeligere teknologier;
- Å utnytte erfaringen fra andre land (for eksempel, Danmark, Sverige),

- Alle deltakere i avfallstjeneste må være enige i strategisk beslutning om å satse på biogass. Dvs. alle matavfall og tilgjengelig restråstoff må anvendes i biogassanlegget, ikke transporteres til utlandet eller brennes;
- Å få tak i fiskeavfall fra fiskeri, havbruk (oppmuntre fiskebåter til å ikke kaste fiskeavfall i havet);
- Å innføre/øke kildesortering;
- Å vurdere anvendelse av biogass og biogjødsel;
- Å gjennomføre detaljert økonomisk vurdering av kostnader og forventede inntekter fra biogassanlegg.

Masteroppgaven er gjennomført med relativt begrensende ressurser, der formålet har vært å kartlegge muligheter for biogassanlegget i begge regioner. Det synes å mangle gode data på hvor stor mengde av matavfall kan samles i private husholdninger, storhusholdning samt restråstoff fra næringsmiddelvirksomheter i Arkhangelsk området. Det er også behov for mer og bedre data på økonomien for å vurdere klimanytte mot kostnader.

9 Konklusjon

Norge innfører alle EU-direktiver som gjelder klimapolitikk og har flere godt fungerende lover og forskrifter som begrenser klimaforurensning og samordner avfallsrutiner. Det finnes også internasjonale avtaler som fremmer fornybarenergi produksjon. Bortsett fra nasjonal målsetting er det kommuner også som har ansvar for klimaplanlegging.

Rikdommen av fossilt brensel i Russland begrenser utvikling av alternative energikilder i landet. De andre utfordringer ved etablering av fornybar energi er mangelfull lovgivning innen avfallsbehandling, og nesten fullstendig fravær av stimulerende statlig politikk med hensyn til fornybare energikilder (Kalyuzhnyi, 2008). Ustabilt investeringsklima i Russland sammen med manglende politisk vilje, manglende FoU kompetanse og manglende virkemidler fra myndighetene, er vesentlige hindre. Det er et stort potensiale for biogassproduksjon både i Arkhangelsk og i Tromsø med hensyn til tilgang til biogass-substrater. Det er flere næringsmiddelvirksomheter, inkludert store matprodusenter og fiskeribedrifter med energirike restråstoff som kan anvendes i biogassproduksjon. Statistiske data viste at man kan skaffe ca. 70 000 tonn våtorganisk avfall i Arkhangelsk og 6 000 tonn i Tromsø.

I følge utført analyse kan man konkludere at biogass er et bedre tiltak for å behandle matavfall og restråstoff i et miljøperspektiv enn kompostering (dagens løsning i Tromsø kommune) eller deponi (referanse scenariet i Arkhangelsk). Beste alternativet for å bruke biogass er å oppgradere gassen til drivstoff og erstatte diesel. Analysen viser at man kan redusere 127 000 tonn CO₂ ekvivalent årlig ved å produsere biodrivstoff i stedet for å deponere matavfall i Arkhangelsk; og 3 000 tonn CO₂ ekvivalent i Tromsø ved skifte kompostering med biogassproduksjon for drivstoff-formål

Etablering av biogassanlegg krever store investeringer. Investeringskostnader for biogassanlegg i Arkhangelsk er 30,6 million EUR med årlige driftskostnader på 3,2 millioner EUR. Investeringskostnader for biogassanlegg i Tromsø er 6,0 million EUR med årlige driftskostnader på 0,6 millioner EUR.

For vellykket biogass prosjekt må følgende steger gjennomført: lukking av deponi; implementering av vel fungerte kildesorteringssystem; vurdering av anvendelse av biogass og biogjødsel; detaljert økonomisk vurdering av kostnader og forventede inntekter.

Generell sett utbredelse av fornybar energi må baseres på samhandling av de tre pilarer: godt fungerende regelverk, innbyggernes klimaforståelse og smarte teknologier. Stimulerende statlig politikk er en avgjørende faktor for å fremme fornybar energi.

10 Anbefalinger for videre arbeid

For å etablere biogassanleggene i de to byene må en del videre arbeidet gjennomføres. Kapittel 10 gir anbefalinger for forskning og beregninger for å etablere biogassanleggene i Arkhangelsk og i Tromsø.

- Å dokumentere mengden av organisk avfall i store næringsmiddelvirksomheter, i private husholdninger og i storhusholdning i Arkhangelsk;
- Å finne ut potensial for utnyttelse av biogass og bioresten;
- Å vurdere tilgjengelighet av husdyrgjødsel;
- Å dokumentere metanutbytte fra blanding av matavfall fra husholdning og næringsmiddelvirksomheter;
- Å beregne kostnader og klimabelastning ved logistikken i anvendelse av biogjødsel.

11 Litteraturliste

European Climate Foundation, 2010. *Roadmap 2050*, s.l.: s.n.

World Energy Outlook, 2013. *IEA. World Energy Outlook*, Paris: OECD: s.n.

29.ru, 2015. *deponi i Arkhangelsk kan ta imot avfall i løpet av 10 år fremover*. [Internett]

Available at: <http://29.ru/text/newsline/31110792990720.html>

[Funnen 29 oktober 2015].

Afazelia, H., Jafaria, A., Rafieea, S. & Nosratib, M., 2014. An investigation of biogas production potential from livestock and slaughterhouse wastes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, June, p. 380–386.

agrobiogaz, 2012. *agrobiogaz.ru*. [Internett]

Available at: <http://www.agrobiogaz.ru/price.php#>

[Funnen 22 september 2015].

arhenergo., 2015. *arhenergo.mrsksevpap.ru*. [Internett]

Available at: <http://arhenergo.mrsksevpap.ru/home>

[Funnen 19 oktober 2015].

Avfallsforskrift, 2004. s.l.: s.n.

bioenergosi, u.d. <http://www.bioenergosi.ru/>. [Internett]

Available at: <http://www.bioenergosi.ru/services/biogas/biogas/>

[Funnen 21 september 2015].

Boute, A. & Willems, P., 2012. RUSTEC: Greening Europe's energy supply by developing Russia's renewable. *Energy Policy*, 6 oktober, pp. 618-629.

Callaghat, F., Wase, D., Thayanithy, K. & Forster, C., 1999. Co-digestion of waste organic solids: batch studies. *Bioresource Technology*, pp. 117-122.

Christensen, T. H., 1998. Affaldsteknologi. *Teknisk Forlag*.

Commission, E., 2014. <http://ec.europa.eu>. [Internett]

Available at: http://ec.europa.eu/environment/waste/landfill_index.htm

[Funnen 1 november 2014].

Council Directive , 1975. Council Directive of 15 July 1975 on waste. *Official Journal of the European Communities*, 25 July, p. 194/39.

Ellingsen, J. G. & Filbakk, T., 2014. *Biogass. Håndbok i etablering og drift av gårdsbaserte biogassanlegg*, s.l.: Norgesvel.

Energigjenvinningsetaten, 2013. *Faktaark*, Oslo kommune: s.n.

energo-consultant, 2015. *www.energo-consultant.ru*. [Internett]

Available at: [http://www.energo-](http://www.energo-consultant.ru/sprav/tarifi)

[consultant.ru/sprav/tarifi](http://www.energo-consultant.ru/sprav/tarifi) na elektroenergiyu na 2015 god/tarifi na elektroenergiyu v Arxangelskoi o blasti15

[Funnen 13 oktober 2015].

Enova, 2015. *Støtte til biogass og biodrivstoff*. [Internett]

Available at: <http://www.enova.no/finansiering/naring/programtekster/stotte-til-biogass-og->

[biodrivstoff/245/2163/](#)

[Funnen 8 november 2015].

European Commission, 2014. *Moving towards a circular economy*, s.l.: s.n.

finn.no, 2015. *Valutakalkulator*, s.l.: finn.no.

Fornybardirektivet, 2005. [www.regjeringen.no](#). [Internett]

Available at: <https://www.regjeringen.no/nb/dokumenter/fornybardirektivet/id523720/>

[Funnen 1 november 2014].

Forurensningsforskrift, 2004. [www.lovdato.no](#). [Internett]

Available at: <https://lovdato.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931>

[Funnen 5 november 2014].

Forurensningsloven, 2015. [lovdato.no](#). [Internett]

Available at: <https://lovdato.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6>

[Funnen 2015 november 15].

Gosstroy, 2000. *A concept of municipal solid wastes management in the Russian Federation*, MDS 13-8.2000. [Internett]

Available at: <http://www.ssa.ru/norms/documents/2156AB34E>

[Funnen 2 desember 2014].

Hanssen, O. J. & Modahl, I. S., 2013. *Klimaregnskap for håndtering av deponigass fra Solgård Avfallsplass, Moss. Notat til Klima- og Energiplan Moss Kommune*, s.l.: Østfoldforskning.

Hanssen, O. J.; Skogesal, O.; Møller, H.; Vinju, E.; Syversen, F., 2013. *Kunnskap om matsvinn fra norske husholdninger. Rapport til Miljødirektoratet*, s.l.: Østfoldforskning.

IPCC, 2006. *Draft 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume5: Waste*. s.l.: IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change.

Jørgensen, B., 2015. [Intervju] 2015.

Kafle, G. K., Kim, S. H. & Sung, K. I., 2012. Ensiling of fish industry waste for biogas production: A lab scale evaluation of biochemical methane potential (BMP) and kinetics. *Bioresource Technology*, 25 september, pp. 326-336.

Kalyuzhnyi, S., 2008. Energy potential of anaerobic digestion of wastes produced in Russia via biogas and microbial fuel cell technologies. *Pure and Applied Chemistry*, 31 oktober, pp. 2115-2124.

Klif, 2013. *Underlagsmateriale til tverrsektoriell*, s.l.: Klima-og forurensnings direktorat.

Larsen, T. A. & Pley, I. E., 2012. *Kartlegging av marint restråstoff i Troms*, s.l.: Nofima.

Lind, B. Å., 2015. *Årlig matavfallsmengder for Remiksnæringskunder* [Intervju] (26 oktober 2015).

Linne, M. et al., u.d. *DEN SVENSKA BIOGASPOTENTIALEN FRÅN INHEMSKA RESTPRODUKTER*, s.l.: s.n.

Lovdata, 2007. *Forskrift om animalske biprodukter som ikke er beregnet på konsum*, s.l.: Lovdata.no.

Lyng, K.-A., 2015. *Østfoldforskning* [Intervju] (19 januar 2015).

- Lyng, K.-A.; Modahl, I. S.; Møller, H.; Morken, J.; Briseid, T.; Hanssen, O. J., 2015. The BioValueChain model: a Norwegian model for calculating environmental impacts of biogas value chains. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, pp. 11367-015-0851-5.
- Lyng, K.-A.; Modahl, I.S.; Morken, J.; Tormod, B.; Vold, B. I.; Hanssen, O. J.; Sørby, I., 2011. *Modeller for beregning av klimanytte- og verdikjedeøkonomi for biogassproduksjon. matavfall og husdyrgjødsel*, s.l.: Østfoldforskning.
- Mattilsynet, 2007. *Veileder til biproduktforordningen*, s.l.: mattilsynet.no.
- Mattilsynet, 2013. *Veileder til biproduktforordningen*, s.l.: Mattilsynet.
- Miljøverndepartementet, 2008. www.regjeringen.no. [Internett]
Available at: <https://www.regjeringen.no/nb/aktuelt/forbud-mot-deponering-av-nedbrytbart-avf/id520348/>
[Funnen 1 november 2014].
- Ministry of Energy of the Russian Federation, 2009. <http://www.energystrategy.ru>. [Internett]
Available at: http://www.energystrategy.ru/projects/docs/ES-2030_%28Eng%29.pdf
[Funnen 28 november 2014].
- Modahl, I.S.; Lyng, K.A.; Møller, H.; Stensgård, A.; Arnøy, S.; Morken, J.; Briseid, T.; Hanssen, O.J.; Sørby, I., 2014. *Biogassproduksjon fra matavfall og møkk fra ku, gris og fjørfe. Status 2014 (fase III) for miljønytte og verdikjedeøkonomi for den norske biogassmodellen BioValueChain*, s.l.: Østfoldforskning.
- Møller, H.; Arnøy, S.; Modahl, Ingunn S.; Hanssen, O. J.; Morken, J.; Briseidek, T.; Sørby, I., 2012. *Miljønytte og verdikjedeøkonomi ved biogassproduksjon, fase II*, s.l.: Østfoldforskning.
- Møller, H., Vold, M., Schakende, V. & Hanssen, O. J., 2011. *Kartlegging av matsvinn i produksjonsbedrifter. Oppsummering fra nettverksprosjekt*, s.l.: Østfoldforskning.
- MonaVista, 2015. *Городская свалка: закрыть нельзя оставить.* (oversettelse: "Byens deponi"). [Internett]
Available at: <http://arhangelsk.monavista.ru/news/291373/>
[Funnen 18 september 2015].
- Mshandete, A., Kivaisi, A., Rubindamayugi, M. & Mattiasson, B., 2009. Anaerobic batch co-digestion of sisal pulp and fish wastes. *Bioresource Technology*, 6 mars, pp. 19-24.
- MWh to m3 conversion, 2015. *RWE Gas Storage*. [Internett]
Available at: <http://www.rwe-gasstorage.cz/en/mwh-to-m3-conversion/>
[Funnen 27 august 2015].
- Nærings- og fiskeridepartementet, Landbruks- og matdepartementet, 2007. *Forskrift om animalske biprodukter som ikke er beregnet på konsum*, s.l.: s.n.
- Nordberg, U. & Nordberg, Å., 2007. Torrötning – kunskapssammanställning och bedömning av utvecklingsbehov. JTI-rapport.. *Lantbruk och industri nr 357. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.*
- Norges Lover, 1983. *Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven)*, s.l.: Det juridiske fakultet ved universitetet i Oslo.
- Norges vassdrags- og energidirektorat, 2012. *Elsertifikater*, s.l.: s.n.

Panpong, K., Srisuwan, G., O-Thong, S. & Kongjan, P., 2014. Anaerobic Co-digestion of Canned Seafood Wastewater with Glycerol Waste for Enhanced Biogas Production. *Energy Procedia* 52 , pp. 328-336.

Pedersen, B., 2014. *energibærer*, s.l.: Store norske leksikon.

Perpetuum, u.d. *perpetuum.no*. [Internett]
Available at: <http://www.perpetuum.no/om-perpetuum/>
[Funnen 22 september 2015].

Pommeresche, R., McKinnon, K., Økologisk, B. & Haugerud, Ø., 2011. Kompostering. *TEMA, N20 Bioforsk*, november.

pravda.ru, 2006. *www.pravda.ru*. [Internett]
Available at: <http://www.pravda.ru/districts/northwest/arhangelsk/06-12-2006/206326-v-arkhangelske-po-isku-prokurora-budet-zakryta-gorodskaja-svalka-0/>
[Funnen 2 oktober 2014].

Pristupa, A. O. & Mol, A. P., 2015. *Renewable energy in Russia: The take off in solid bioenergy*, Wageningen, The Netherlands: Environmental Policy Group.

Raadal, H. L., Modahl, I. S. & Lyng, K.-A., 2009. *Klimaregnskap for avfallhåndtering, Fase I og II. Fase1: Glassemballasje, metallemballasje, papir, papp, plastenballasje og våtorganisk avfall. Fase2: Treavfall og restavfall fra husholdninger*, s.l.: Østfoldforskning.

Raadal, H. L., Morken, J. & Lileng, K., 2009. *E6 som biogassvei fra Göteborg til Oslo. Sluttrapport*, s.l.: Sustainable Innovation.

Raadel, H. L., Schakende, V. & Morken, J., 2008. *Potensialstudie for biogass i Norge*, s.l.: Østfoldforskning.

regjeringen.no, 2009. *Fornybardirektivet 2*. [Internett]
Available at: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2008/apr/fornybardirektiv-2/id2432192/>
[Funnen 2014 november 10].

regjeringen.no, 2010. [Internett]
Available at: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld-st-21-2011-2012/id679374/?ch=1>
[Funnen 14 11 10].

Regjeringen.no, u.d. *Regjeringen.no*. [Internett]
Available at: <http://www.regjeringen.no/templates/Underside.aspx?id=682858&epslanguage=NO-SE>
[Funnen 1 november 2014].

Remiks, u.d. *remiks.no*. [Internett]
Available at: <http://www.remiks.no/behandling>
[Funnen 22 september 2015].

Richardsen, Roger; AS, SINTEF Fiskeri og havbruk; Nystøyl, Ragnar; Strandheim, Gunn; Viken, Andrea; AS, Kontali Analyse, 2014. *Analyse marint restråstoff, 2014. Analyse av tilgang og anvendelse for marint restråstoff i Norge*, s.l.: SINTEF.

rospromeco.com, 2013. *Russian Industrial and Environmental Forum "RosPromEco"*. [Internett]
Available at: <http://rospromeco.com/expertnoe-mnenie/28-analytic/expertnoe-mnenie/90-mnenie-3>
[Funnen 28 november 2014].

snl.no, 2011. *Energikilde*, s.l.: Store norske leksikon.

Sørby, I., u.d. *Mottak av biorest. Premisser for mottak og lagring hos bøndene.Organisering av logistikkssystem*, s.l.: Vestfold Bondelag.

Specavtohozyaistvo, K., 2014. *Transportselskap* [Intervju] (1 oktober 2014).

ssb.no, 2014. *Energibalanse for Norge*. [Internett]
Available at: <http://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/energibalanse/attachment/242189?ts=150425c2ae0>
[Funnen 17 november 2015].

ssb, 2015. *ssb.no*. [Internett]
Available at: <https://www.ssb.no/ajax/ordforklaring?key=177203&sprak=no>
[Funnen 19 oktober 2015].

Statistisk sentralbyrå, 2015. *Avfall frå hushalda*, s.l.: SSB.NO.

Statsdumaen, 1998. *consultant.ru*. [Internett]
Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_149817/
[Funnen 2014 november 28].

Statsdumaen, 1999. *consultant.ru*. [Internett]
Available at:
http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=183029;dst=0;rnd=177853.9085813891578555;SRDSMODE=QSP_GENERAL;SEARCHPLUS=%20%22CE%E1%20EE%F5%F0%E0%ED%E5%20%E0%F2%EC%EE%F1%F4%E5%F0%ED%EE%E3%EE%20%E2%EE%E7%E4%F3%F5%E0.;EXCL=PBUN%2CQSB0%2C
[Funnen 7 november 2015].

Statsdumaen, 2001. *consultant.ru*. [Internett]
Available at: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=171268>
[Funnen 28 november 2014].

Svendsen, B., 2006. *MOVAR Solgård Avfallsplass. Notat vedrørende produksjon av deponigass. Notat av 6.9 2006*, Ås: s.n.

Svenskt Gastekniskt Center, 2011. *BIOGAS.Basdata om biogas*, s.l.: Svenskt Gastekniskt Center.

Troms fylke, u.d. *HANDLINGSPLAN FOR KLIMA & ENERGI I TROMS*. [Internett]
Available at:
<http://www.tromsfylke.no/Portals/0/Vedlegg/Publikasjoner/Planer/Nearing/HKE/Kyoto0000.pdf>
[Funnen 1 november 2014].

Troms Kraft, 2015. *viadora.tromskraft.no*. [Internett]
Available at:
<http://viadora.tromskraft.no/dokumenter/TKN/2015/Kraftsystemutredning%20for%20Troms%202015.pdf>
[Funnen 13 oktober 2015].

Tromsø kommune, 2008. *Klima- og energiplan 2008-2018*. [Internett]
Available at: http://web4.custompublish.com/tromso/tromso_mirror/oasset/19998/1/19998_1.pdf
[Funnen 1 november 2014].

Tverseth, J., 2015. <http://www.norvegia.ru>. [Internett]
Available at: <http://www.norvegia.ru/Norsk/Ambassade-og-konsulater/GKMurmansk/Kontaktinfo/Energisk-i-Murmansk/#top>
[Funnen 24 november 2015].

Veidekke, 2015. veidekke.no: *EGE Biogassanlegg Nes*. [Internett]
Available at: <http://veidekke.no/prosjekter/article83181.ece>
[Funnen 22 september 2015].

www.fornybar.no, 2015. www.fornybar.no. [Internett]
Available at: <http://www.fornybar.no/bioenergi/teknologi>
[Funnen 13 oktober 2015].

www.regjeringen.no, 2014. s.l.: s.n.

Ytrestøyl, T.; Løes, A.K; Kvande, I.; Martinsen, S.; Berge, G.M, 2013. Utnyttelse av slam fra akvakultur i blandingsanlegg for biogassproduksjon: teknologi og muligheter.

12 Vedlegg

12.1 Vedlegg 1. Intervju guide

Listen med spørsmålene til Bård Jørgensen (Administrerende direktør i Remiks miljøpark AS):

Hvordan Tromsø kommune/Fylkesmannen i Troms og Remiks stimulerer private virksomheter til mest mulig miljø- og ressurseffektiv utnyttelse av matavfall og restråstoff?

Hvilke kommuner har Remiks ansvaret for/tilbud til innsamling av matavfall og restråstoff fra husholdning og næring i dag? Har dere planer om å utvide/endre dette området i de nærmeste årene?

Hvordan behandles matavfall og restråstoff som oppstår i kommunene dere samler inn matavfall i dag? Hvordan fordeler mengdene seg på ulike alternativer? Har dere andre løsninger under utredning/vurdering fremover? Er det gjort miljø- og ressursanalyser av klimanytten av dagens behandlingstilstander for matavfall og restråstoff i Remiks?

Vurderer dere mulighet for å produsere biogass? Hvis ja, Hvor stort anlegg ser dere for dere og hvilke typer avfall er tenkt å skulle inngå? Er det gjort noen vurdering av hvor stor investering må til for å etablere et biogassanlegg? Hva er potensialet for å utnytte biogassen i regionen? Hva er potensialet for å utnytte bioresten som alternativ til gjødsel/jordforbedringsmiddel?

Du har vært i Arkhangelsk. Har du noen ideer om dagens måte å håndtere matavfall og restråstoff på der og hvordan dette kan gjøres mer miljø- og ressurseffektivt?

Kjenner du noen i Arkhangelsk som kan hjelpe å finne data om mengde matavfall og restråstoff fra husholdning og/eller næring?

Hva slags næringsmiddel-virksomheter er med i matavfall innsamling og -behandling i Remiks?

Hvor mye organisk avfall oppstår i næringsmiddelvirksomhet i regionen? (Meieri, slakteri, fiskeforedling ...)

Har dere klienter som driver fiskerinæring (oppdrett, slakting, foredling) som leverer restråstoff?

Hvis ja, behandles organisk avfall fra fiskerisektoren på samme måte som annet matavfall?

Hvor mye organisk avfall samler dere fra servicenæring (kantiner, hoteller) og fra dagligvarebutikker i regionen i løpet av et år (2013)?

12.2 Vedlegg 2. Intervjuet med Bård Jørgensen, daglig leder av REMIKS

Hvordan Tromsø kommune/Fylkesmannen i Troms og Remiks stimulerer private virksomheter til mest mulig miljø- og ressurseffektiv utnyttelse av matavfall og restråstoff?

Det stimuleres dessverre ikke til miljø- og ressurseffektiv utnyttelse av matavfall og restråstoff for private virksomheter i dag. Det foreligger ikke regelverk som pålegger utsortering av organisk avfall fra restavfall og behandlingsløsningene for kompostering av matavfall og restråstoff (som er alternativet i regionen i dag) er mer kostbart enn forbrenning av restavfall. Derfor blir det virksomhetene selv må å ansvar - noe vi ser flere virksomheter gjør. Det eneste forvaltningsorgan som kan pålegge en ordning for behandling/utsortering av matavfall og restråstoff i private virksomheter, er Mattilsynet, men det går mest på hygiene

Hvilke kommuner har Remiks ansvaret for/tilbud til innsamling av matavfall og restråstoff fra husholdning og næring i dag? Har dere planer om å utvide/endre dette området i de nærmeste årene?

Remiks har i dag ansvaret for Tromsø og Karlsøy kommuner. Remiks strategi er å utvide dette området, aktuelle kommune kan være Balsfjord, Lyngen, Storfjord, Kåfjord, Skjervøy, Nordreisa, Kvæningen og Salangen. Kommunesammenslåing og regionalt samarbeid vil være faktorer som påvirker dette.

Hvordan behandles matavfall og restråstoffet som oppstår i kommunene dere samler inn matavfall i dag?

Våtorganisk avfall fra både husholdning og næring komposteres i dag ved Skibotn avfallsanlegg. Dette gjelder også emballert matavfall fra næringslivet.

Hvordan fordeler mengdene seg på ulike alternativer?

100% kompostering. (Foruten det avfallet som "feil sorteres" som restavfall til forbrenning. Siste plukkanalyse på husholdningsavfallet utført i 2012 viser at ca. 45% av avfallet i restavfallet kan utsorteres til de andre fraksjonene. Av dette avfallet kunne 35% vært sortert ut som matavfall.

Har dere andre løsninger under utredning/vurdering fremover?

Remiks har valgt å satse på kompostering i et kort perspektiv, de neste 3-5 årene. Deretter forventes det en utvikling på teknologisiden slik at biogassbehandling kan være mer aktuelt. Dette

ses på i samarbeid med Tromsø Kommune vann og avløp som besitter en del slam. Dette komposteres i dag hos konkurrenten vår, Perpetuum.

Er det gjort miljø- og ressursanalyser av klimanytten av dagens behandlingsløsninger for matavfall og restråstoff i Remiks?

At man velger kompostering over forbrenning er ut fra et bærekraft-perspektiv, der en vurderer destruksjon av råstoffene i matavfallet som ikke bærekraftig over tid.

Vurderer dere mulighet for å produsere biogass? Hvis ja, Hvor stort anlegg ser dere får dere og hvilke typer avfall er tenkt å skulle inngå?

Dersom teknologien utvikles slik at man kan bygge anlegg i mindre skala er dette absolutt aktuelt for Remiks. Avfall som burde inngå er 5-6.000 tonn våtorganisk avfall fra Remiks og omkringliggende kommuner i tillegg til ca. 5.000 tonn slam fra vann og avløp.

Er det gjort noen vurdering av hvor stor investering må til for å etablere et biogassanlegg?

Etter det vi kan se er det i dag ikke mulig å bygge et økonomisk forsvarlig biogassanlegg i Tromsø med bakgrunn i mengdene i regionen. Det forventes dog en teknologiutvikling på området de neste årene som gjør småskala-anlegg mer aktuelle. Investeringsnivå vil antakeligvis ligge mellom 50 og 100 millioner.

Hva er potensialet for å utnytte biogassen i regionen?

Biogassen kan enten utnyttes som drivstoff eller til å produsere strøm. Det økonomiske potensialet ligger hovedsakelig i å produsere drivstoff, men da er man avhengig av etterspørsel. Troms Fylkeskommune har tidligere vurdert busser som kan gå på biogass som vil være et godt alternativ. Samtidig er det viktig å huske på at biogass til drivstoff krever en etterprosess, dvs. vasking av gassen. Teknologien vil være enklere hvis «skitten» gass brukes direkte til energiformål.

Hva er potensialet for å utnytte bioresten som alternativ til gjødsel/jordforbedringsmiddel?

Dette er nok den største utfordringen lokalt. Det er lite jordbruk i regionen, og det som er er ganske spredt med store transportavstander. Det gjør mest sannsynlig avsetning av biorest til en kostnad i stedet for en mulig inntekt for et lokalt biogassanlegg.

Du har vært i Arkhangelsk. Har du noen ideer om dagens måte å håndtere matavfall og restråstoff på der og hvordan dette kan gjøres mer miljø- og ressurseffektivt?

Min første reaksjon på dette er at Russland mangler tilstrekkelig og retningsgivende lovgivning på dette området. Det gjelder egentlig hele avfallssektoren. Det offentlige må ta et grep om dette, og sikre ansvaret for en miljøriktig innsamling og behandling. I dag er det stort sett tradisjonelle behandlingsløsninger som gjelder (les deponi). Sistnevnte er også i for liten grad kontrollerte deponier.

Kjenner du noen i Arkhangelsk som kan hjelpe å finne data om mengde matavfall og restråstoff fra husholdning og/eller næring?

Jeg var der i samarbeid med UNN i Tromsø. Lokal samarbeidspartner var Internasjonalt kontor i Fylkesadministrasjonen. Kontaktnavn kan skaffes via UNN. Si fra hvis du trenger hjelp til det.

Jeg antar at daglig leder av Remiks Næring AS- Atle W. Robertsen lettest kan svare på følgende type spørsmål – kan jeg sende disse direkte til ham? Hva slags næringsmiddel-virksomheter er med i matavfall og restråstoff innsamling og -behandling i Remiks?

«Alle» typer næringsmiddel fra Hoteller/restauranter, dagligvarebutikker, Kantineavfall fra kontorer, fiskeforedling og gårdsdrift. Skoler og barnehager, sykehus og universitet.

Hvor mye organisk avfall oppstår i næringsmiddelvirksomhet i regionen? (meieri, slakteri, fiskeforedling ...)

Ca. 2.000 - 2.500 tonn våtorganisk avfall samler RN. Hvor mye som oppstår i regionen er vel et annet spørsmål som er vanskelig å svare på.

Har dere klienter som driver fiskerinæring (oppdrett, slakting, foredling) som leverer organisk avfall? Hvis ja, behandles organisk avfall fra fiskerisektoren på samme måte som annet matavfall?

Ja vi har vel flere både på Kvaløya, Ringvassøy, Vannøy og Reinøy? List kunder! Svært få som leverer matavfall fra fiskerinæringen foruten fiskehandlere (Dragøy etc.)selve oppdrettsanleggene har stort sett kun restavfall.Slakteavfall fra eksempelvis Mydland,Ingebrigtsen er det dog mye av.

Alt som vi samler inn, går til kompostering i Skibotn

Hvor mye organisk avfall samler dere fra servicenæring (kantiner, hoteller) og fra dagligvarebutikker i regionen i løpet av et år (2013)?

Det er litt vanskelig å svare på hvor mye organisk avfall som er samlet inn fordelt på sektorer. Det vil kreve mer statistisk arbeid, og evt. må vi komme tilbake til det hvis dette er viktig for din studie.

12.3 Vedlegg 3. Intervjuer med daglige ledere av næringsmiddelvirksomheter i Arkhangelsk

Svar fra meieri OAO «MOLOKO»

Viser lokale myndigheter hensyn til resirkulering av organisk avfall?

Vi fikk beskjed om behov for renseanlegg.

Hva slags organisk avfall har dere fra fabrikk?

Myse og svinn (feil pakning og lignende)

Hvordan blir dere kvitt organisk avfall?

Myse går i kloakk. Svinn bearbeides. Vi kommer til å installere renseanlegg for å redusere utslipp. Papir-, spillolje, gamle dekk og el avfall går til resirkulering. Restavfall leveres på deponi.

Hvor mye organisk avfall har dere?

En av ansatte beregnet hvor mye myse kastes i avløpet. Han konkluderte at det er ikke lønnsomt å produsere biogass pga. mangel av avfall. Det bør være dobbelt mye avfall. (Jeg skulle treffes med den person. Han ringte ikke tilbake)

Jeg lurer på om dere har lyst å delta i samling organisk avfall for å produsere biogass.

Ja, selvfølgelig. Hvis noen organiserer den ordning, vi vil gjerne være med. Vi vil bidra til forbedring av avfallshåndtering rutiner i vår region.

Svar fra slakteri ZAO " ARHANGEL'SKIJ MJASOKOMBINAT-CMPO"

Vi jobber ikke med studenter og kan ikke gi deg noe informasjon angående teknologiske produksjonsprosessen og avfallhåndtering.

Svar fra fiskeri «ARHANGEL'SKIJ RYBOKOMBINAT»

Det er ikke noe avfall fra kombinat nå. Vi er distribusjonsdel. Vi får fisk fra båt og leverer den til butikker uten fiskeforedling. Før laget vi fiskehermetikk, men ikke nå.

Svar fra bryggeri «LUDA»

Viser lokale myndigheter hensyn til resirkulering av organisk avfall?

Nei.

Hva slags organisk avfall har dere fra fabrikk?

Utarbeidet brygger korn

Hvordan blir dere kvitt organisk avfall?

Lokale bønder henter sekker med utarbeidet korn. Den er kaloririkt avfall og går til mating av svin og kuer.

Hvor mye organisk avfall har dere?

Cirka 100 liter av korn får vi hver dag.

Jeg lurte på om dere har lyst å delta i samling organisk avfall for å produsere biogass.

Det må vurderes.

Svar fra fjørfe-slakteri «UEMLJANOCHKA»

Viser lokale myndigheter hensyn til resirkulering av organisk avfall?

Nei

Hva slags organisk avfall har dere fra fabrikk?

Fjær, kylling gjødsel

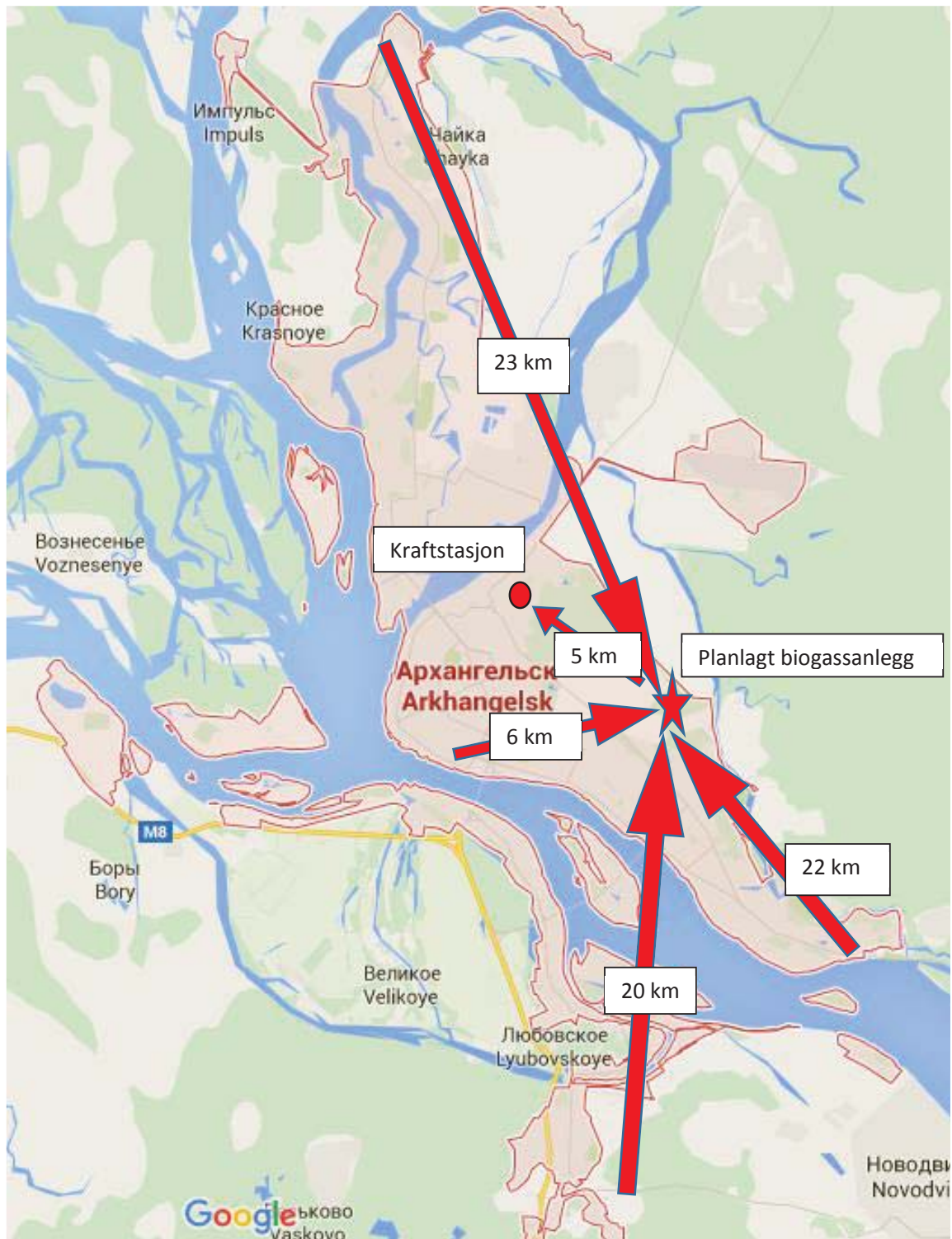
Hvordan blir dere kvitt organisk avfall?

Vi bruker anlegg- Vakuum kjele KVM 4,6 A. Anlegg brukes for koking, sterilisering og dehydrering uspiselige protein råvarer produsert i behandlingen av fjørfe i produksjon av tørr fôr. Denne tørre fôr gis til høner i fabrikk. Ved blanding kylling gjødsel med sagflis får man gjødsel.

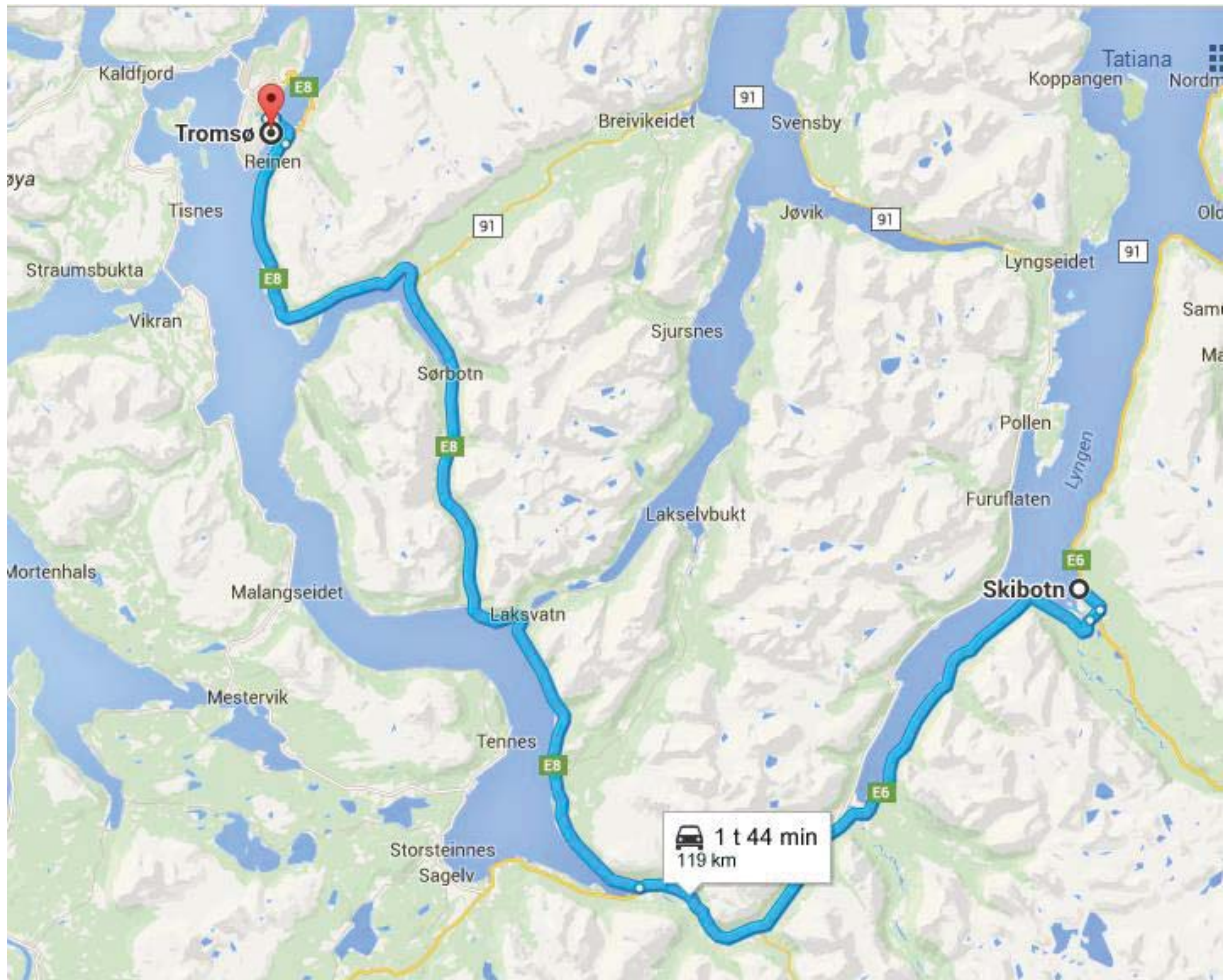
Hvor mye organisk avfall har dere?

Veldig vanskelig å si.

12.4 Vedlegg 4. Beregning av transportavstand fra avfall kilder til planlagt biogassanlegg i Arkhangelsk



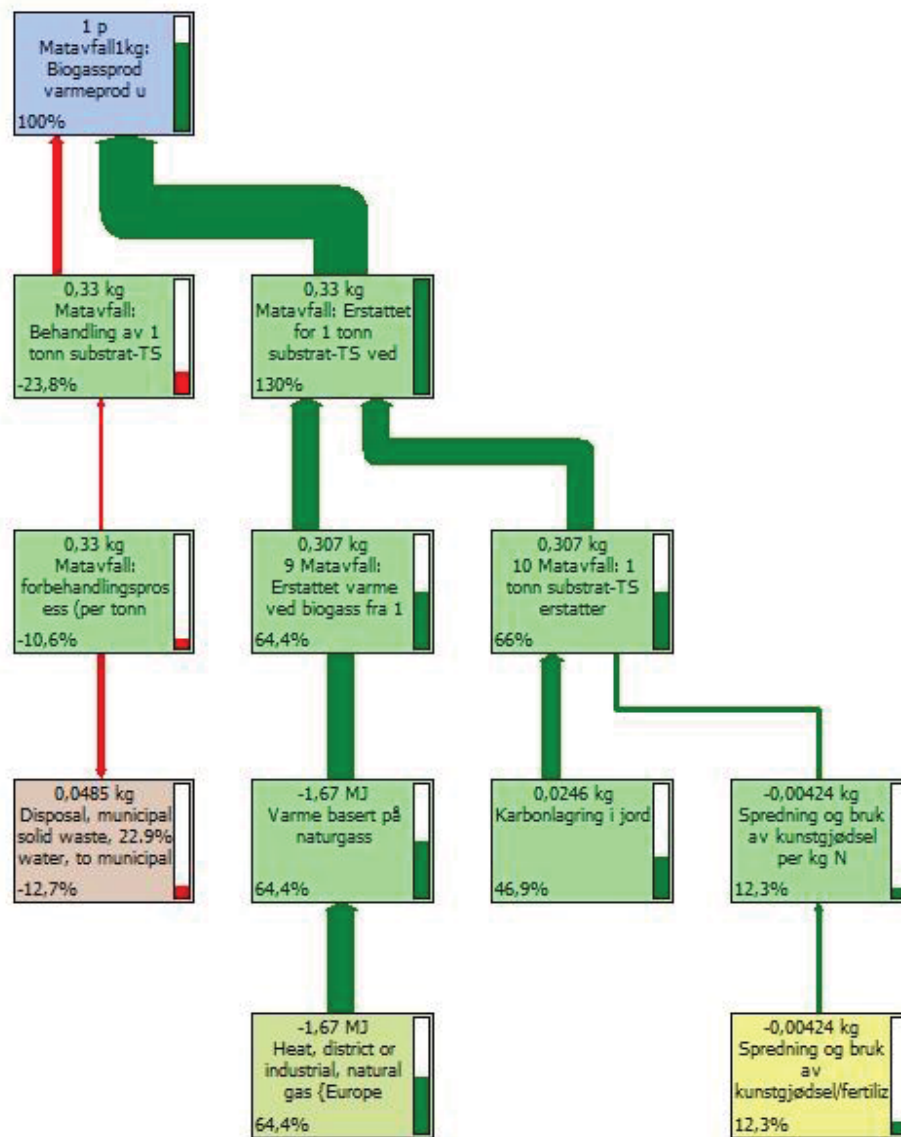
12.5 Vedlegg 5. Avstandsberegning til Scenario TO



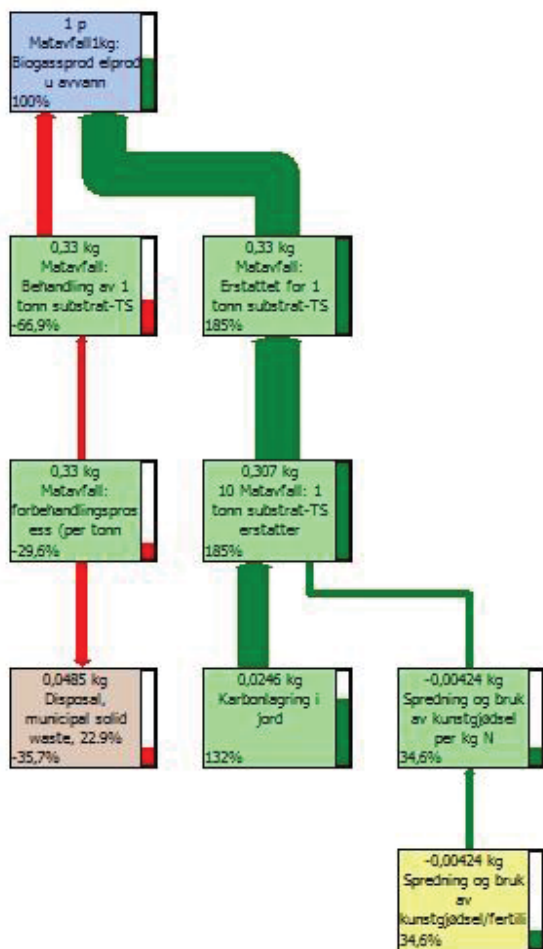
12.6 Vedlegg 6. Data fra SimaPro. Klimagasserutslipp og klimanytte i forskjellige scenarier (målt i CO₂ ekvivalenter)

Scenarior	Kort forklaring	Transport fra kilde til mottaksstasjon	Transport til behandlingsssted	Behandling (deponi eller biogassproduksjon)	Erstattet energi/materiale	Totalt kg matavfall og restråstoff	Totalt, tonn
A0	Deponi	0,013	0,000	1,400	0,000	1,413	108763
A1	Erstatter varme(naturgass)	0,013	0,000	0,046	-0,250	-0,192	-14794
A2	Erstatter elektrisitet (naturgass)	0,013	0,000	0,046	-0,149	-0,091	-7017
A3	Erstatter drivstoff	0,008	0,000	0,079	-0,325	-0,234	-18027
T0	Kompostering	0,024	0,026	0,027	-0,095	-0,019	-281
T1	Erstatter fjernvarme	0,024	0,006	0,046	-0,189	-0,114	-1705
T2	Erstatter elektrisitet	0,024	0,006	0,046	-0,149	-0,074	-1106
T3	Erstatter drivstoff	0,024	0,006	0,079	-0,325	-0,217	-3250

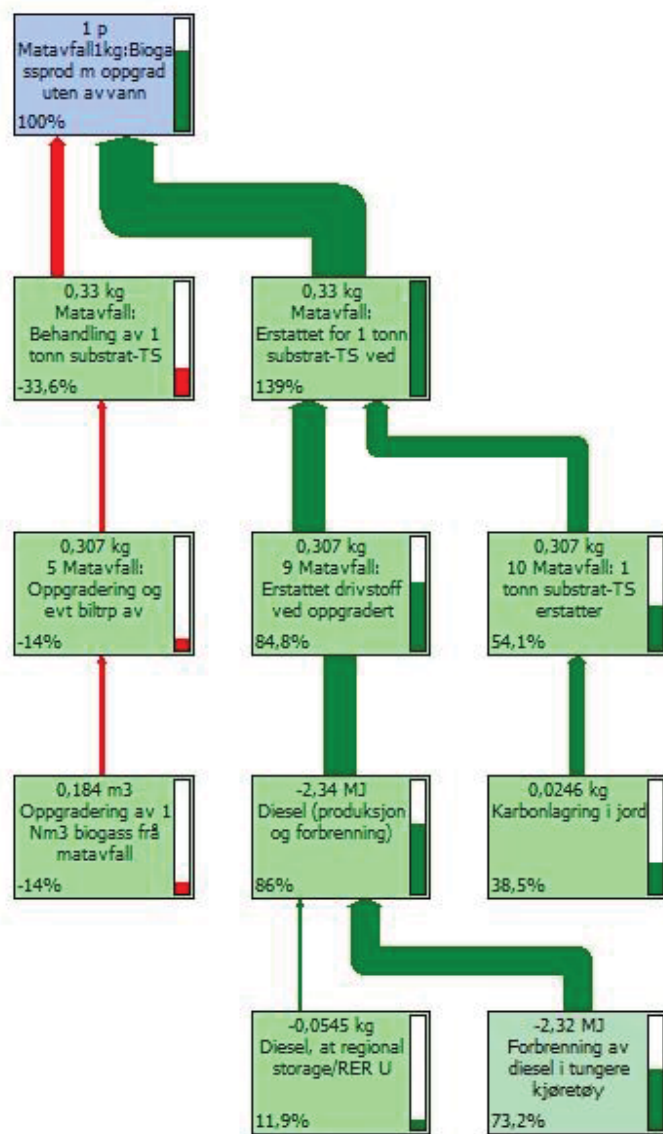
Scenario A1



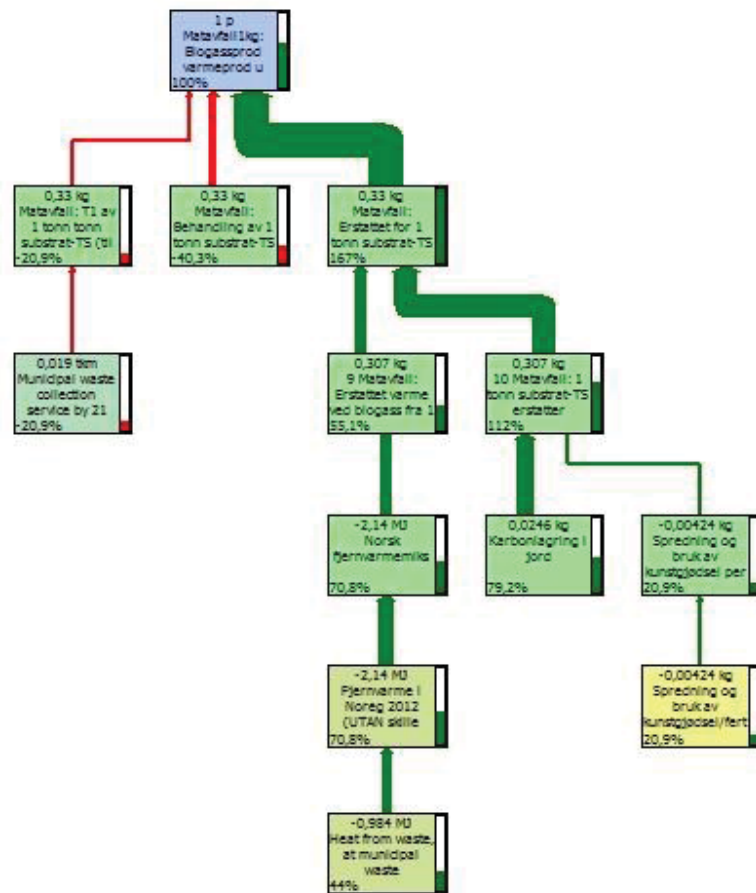
Scenario A2



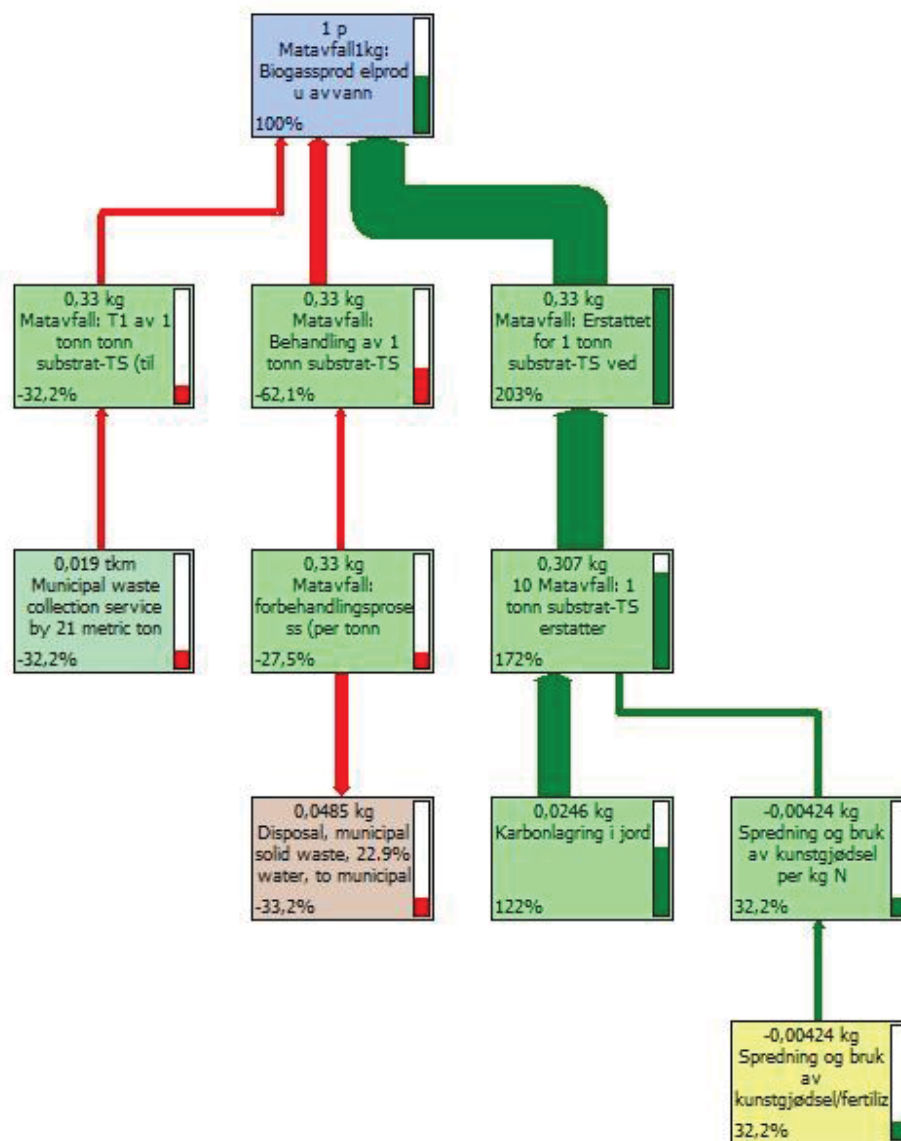
Scenario A3



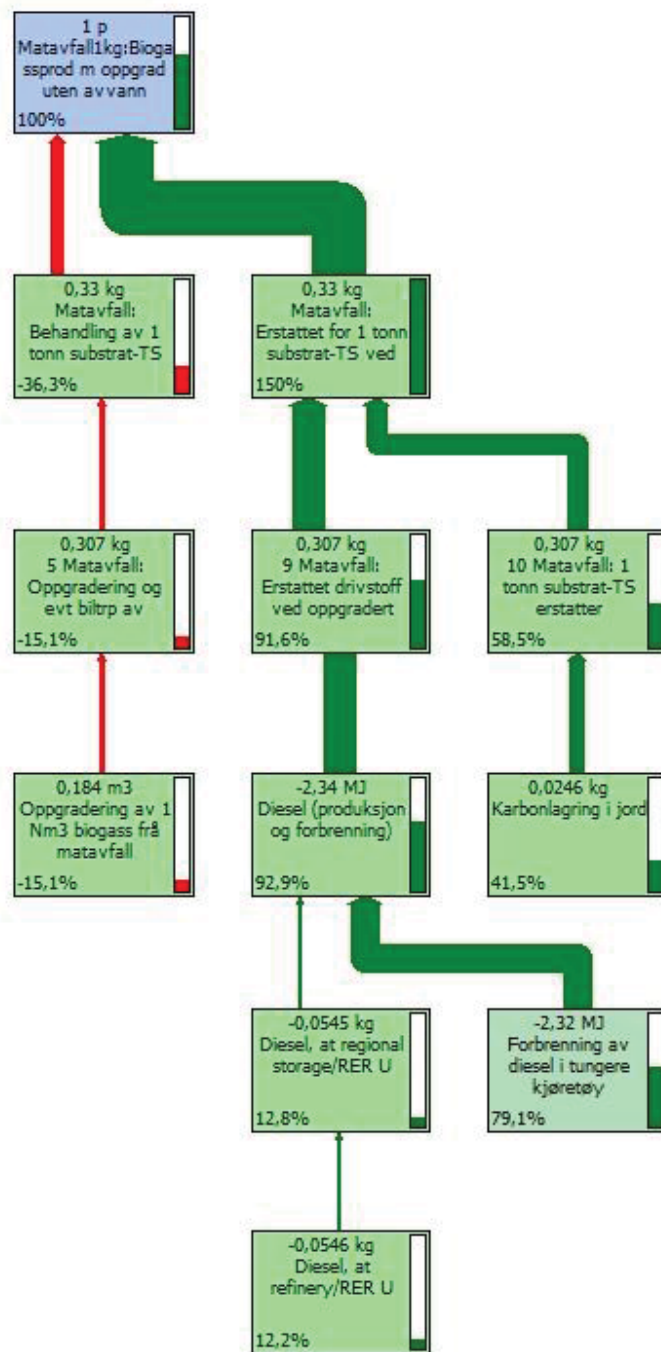
Scenario T1



Scenario T2



Scenario T3





Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no