



## Miljøvurdering af Grønlands affaldssystem

Eisted, Rasmus

*Publication date:*  
2011

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Eisted, R. (2011). *Miljøvurdering af Grønlands affaldssystem*. Technical University of Denmark.

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Miljøvurdering af Grønlands affaldssystem



Rasmus Eisted



# Miljøvurdering af Grønlands affaldssystem

Rasmus Eisted

Ph.d.-afhandling

Maj 2011

DTU Miljø  
Institut for Vand og Miljøteknologi  
Danmarks Tekniske Universitet

**Rasmus Eisted**

**Miljøvurdering af Grønlands affaldssystem**

Ph.d.-afhandling, Maj 2011

Afhandlingen kan downloades som en pdf-fil fra instituttets hjemmeside:  
[www.env.dtu.dk](http://www.env.dtu.dk).

Adresse: DTU Miljø  
Institut for Vand og Miljøteknologi  
Danmarks Tekniske Universitet  
Miljøvej, bygning 113  
DK-2800 Kgs. Lyngby  
Danmark

Tlf. reception: 4525 1600

Tlf. bibliotek: 4525 1610

Fax: 4593 2850

Homepage: <http://www.env.dtu.dk>

E-mail: [reception@env.dtu.dk](mailto:reception@env.dtu.dk)

Tryk: Vester Kopi  
Virum, Maj 2011

Forside: Torben Dolin

ISBN: 978-87-92654-38-0

# Forord

Denne afhandling, med titlen ”Miljøvurdering af Grønlands Affaldssystem”, er udført ved Institut for Vand og Miljøteknologi på Danmarks Tekniske Universitet under vejledning af Professor Thomas Højlund Christensen, Institut for Vand og Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet og medvejleder Lektor Wolfgang Kahlig, Institut for samfundsvidenskab ved Ilisimatusarfik (Grønlands Universitet). Ph.d.-projektet er finansieret af Kommissionen for Videnskabelige Undersøgelser i Grønland (KVUG) og er udført i perioden 1. februar 2008 til 25. marts 2011.

Indholdet af denne ph.d.-afhandling er baseret på fire videnskabelige artikler, der beskriver det grønlandske affaldssystem, karakteriserer husholdningsaffaldet, vurderer potentielle miljømæssige påvirkninger, samt påvirkninger fra transport af affald. I afhandlingen er der refereret til artikler med navn på forfatteren og deres bilagsnummer er skrevet med romertal.

- I.** Eisted, R., Christensen, T.H. (2011a). Waste management in Greenland: Current situation and challenges. *Waste Management & Research*, DOI: 10.1177/0734242X10395421.
- II.** Eisted, R., Christensen, T.H., (2011b). Characterization of household waste in Greenland, *Waste Management*, (accepted).
- III.** Eisted, R. & Christensen, T.H. (2011c). Environmental assessment of waste management in Greenland: Current practice and potential future developments, *Waste Management & Research*, (submitted).
- IV.** Eisted, R., Larsen, A.W. & Christensen, T.H. (2009). Collection, transport and transfer of waste: Accounting of Greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management & Research*, 27, 738-745.

De ovenfor nævnte artikler er ikke inkluderet i denne www-version, men kan rekvireres fra biblioteket på DTU Miljø. Kontaktinfo: Biblioteket, Institut for Vand og Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet, Miljøvej, Bygning 113, DK-2800 Kgs. Lyngby, Danmark eller [library@env.dtu.dk](mailto:library@env.dtu.dk)

Marts 2011  
Rasmus Eisted



# Anerkendelse

Denne afhandling er finansieret af Kommissionen for Videnskabelige Undersøgelser i Grønland og jeg vil i den forbindelse takke Kommissionen for den økonomiske støtte og for troen på, at mit projekt har betydning for det grønlandske samfund og vil bidrage til udviklingen af Grønland.

Jeg vil gerne takke min vejleder, professor Thomas Højlund Christensen og min medvejleder, lektor Wolfgang Kahlig, for god vejledning og inspiration, samt for at have taget imod opfordringen fra min side.

Jeg vil gerne takke de studerende fra den Arktiske Ingeniøruddannelse i Sisimiut og de studerende ved Center for Arktisk Teknologi i Lyngby, for deres engagement og medvirken til indsamling af data.

Jeg vil i øvrigt takke Qeqqata Kommunias tekniske forvaltning og deres medarbejdere ved forbrændingsanlægget i Sisimiut, samt de tekniske forvaltninger ved Kommuneqarfik Sermersooq, Qasuitsup Kommunia og Kommune Kujalleq for imødekommenhed, åbenhed og samarbejde. Desuden vil jeg gerne takke Sanaartormik Ilinniarfik for at have stillet faciliteter og udstyr til rådighed, samt Center for Arktisk Teknologi ved DTU Byg og Post doc. Alessio Boldrin ved DTU Miljø for hjælp med prøvetagning og godt samarbejde.

Til sidst vil jeg gerne takke min familie og specielt min kone, for at have undværet mig i mange måneder hvert år igennem hele projektperioden, men en helt særlig tak skal gå til studieleder, lektor Hans Peter Christensen, for troen på mig og for at have motiveret mig til at gennemføre denne uddannelse.





# Resume Dansk

Affaldssystemet i Grønland, med 56.000 indbyggere, er karakteriseret ved deponering og forbrænding, samt begrænset eksport af metal og farligt affald til Danmark. Den samlede årlige produktion af affald er anslået til 50.000 ton, men datagrundlaget er begrænset og affaldets sammensætning har hidtil været ukendt. De spredte byer og bygder, klimaet og store afstande mellem bosættelserne og genanvendelsesindustrien skaber en kompleks problemstilling i forhold til affaldshåndteringen. Niveaue af den miljømæssige monitorering af perkolater og gasser fra deponier, samt røggas fra forbrændingsanlæg, er derudover lavt.

Sammensætningen af husholdningsaffaldet i Grønland er for første gang undersøgt i detaljer, hvor omkring 2000 kg husholdningsaffald fra hver 7. husstand igennem en uge i Sisimiut, er indsamlet og undersøgt. Det svarer til 15% af husstandene i Sisimiut, der som by udgør knap 10% af befolkningen i Grønland. Affaldet blev sorteret i 10 materialefraktioner, hvoraf de største fraktioner var bioaffald (43%) og brændbart affald (30%), (hvilket inkluderer alt brændbart, der ikke i ren tilstand er genanvendeligt). Derudover udgør papir 8% og glas 7%, mens de resterende 12% består af metal (uden aluminium) (1,5%), aluminium (0,5%), plastik (2,4%), træ (1,0%), ikke brændbart affald (1,8%) og farligt affald (1,2%). Det høje indhold af bioaffald og det lave indhold af papir gør affaldet væsentligt forskelligt fra dansk husholdningsaffald. Vandindhold, brændværdi og kemisk sammensætning af hver fraktion, er sammenlignelig med danske data.

Den nuværende miljøpåvirkning fra affaldssystemet er modelleret ud fra et livscyklus-perspektiv ved brug af LCA-affaldsmodellen EASEWASTE. Resultatet viser, at den samlede potentielle miljøpåvirkning inden for blandt andet global opvarmning og forsurening, begrænser sig til nogle få hundrede personækvivalenter (PE) for det samlede system. Toksiske miljøpåvirkninger, herunder tungmetaller, bidrager med en langt større belastning på grund af luftemissioner fra forbrændingsanlæggene og perkolat fra deponierne, svarende til flere tusinde (PE) for hele systemet.

En række scenarier er modelleret og viser at øget brug af forbrændingsteknologier, bedre udnyttelse af den producerede fjernvarme og forbedret indsamling af farligt affald er nøgleparametre til forbedring af det grønlandske affaldshåndteringssystem set i et miljømæssigt perspektiv. Kildesortering af genanvendelige materialer som papir, pap og bioaffald

reducerer ikke affaldssystemets miljømæssige påvirkning på grund af tab af energi til fjernvarme og lang transport af materialer til genanvendelsesindustrien.

Styrket indsats for øget forbrænding, bedre udnyttelse af produceret fjernvarme fra forbrændingsanlæggene og en solid indsats for borgerinddragelse til forbedret kildesortering og indsamling af farligt affald må anses for at være de afsluttende anbefalinger som resultat af ovennævnte modelleringer.

# Eqikkaaneq Kalaallisut

Kalaallit Nunnaanni, 56000-inik inoqartup, eqqaaveqarneq imatut aaqqissuunneqarnera oqaatigisariaqarpoq tassaasoq toqqortuillunilu ikuallaaneq tamatumalu saniatigut annikitsumik Danmarkimut saviminernik eqqagassanillu ulorianartortalinnik tunisaqartarneq. Ukiumoortumik eqqagassat annertussusiat missiliorneqarpoq 50.000 ton-siusoq, paasissutissalli annikipput eqqakkallu suuneri manna tikillugu ilisimaneqarsimangillat. Illoqarfiit nunaqarfiillu siammasinnerat, silap pissusia najugaqarfiillu imminnut ungasissorujussuunerisa kiisalu atorqiilluni atortusssiorneq eqqagassanik aqutsiniarnermi ajornartorsiutinik assigiinngitsunik pilersitsipput. Imerpalusut seerinerisa nakkutiginerat gassillu toqqorsivinniittut kiisalu ikuallaavinniit gassit pujuisa avatangiisinut iliuuseqarfiginerat tamatumani aamma annikippoq.

Kalaallit Nunaanni eqqagassat aatsaat siullermerutaasumik sukumiisumik misissorneqarput, tassa Sisimiuni sapaatip akunnera naallugu inoqutigiit arfineq-marlorarterutaasa eqqagassaataat 2 ton-sit katersorneqarmata misissorneqarlutillu. Sisimiuni inoqutigiit 15%-eraat Kalaallit Nunaatalu inuisa 10% -iisa missaat tassani najugaqarput. Eqqagassat suuneri najoqqutaralugit qulinut immikkoortiterneqarput amerlanersaat uumasunit/naasunit pisut (43%) ikuallajasullu (30%), (tamatumani pineqarput ikuallassinnaasut tamat, minguitsuunatik atoqqinneqarsinnaanngitsut). Eqqagassat sineri tassaapput pappialat (8%), igalaamineq (7%), savimineq (alumiiniunngitsoq) (1,5%), alumiiniu (0,5%), plastikki (2,4%), qisuk (1%), ikuallassinnaanngitsoq (1,8%), eqqagassarlu navianartoq (1,2%). Eqqagassat uumasunit/naasunit pisunit annertuumik akoqarnerat annikitsunillu pappialanit akoqarnerat danskit inoqutigiit eqqagassaataannut sanilliukkaanni tassuunakkut annertuumik assigiinngissuteqarput. Imermik akoqarneq, ikuallajaneq kiisalu kemiimi akoqarneq danskit eqqagassaataasa nalunaarsorneqarnerannut sanilliunneqarsinnaavoq.

Eqqaaveqarnikkut maannakkut sunnigaaneq ilusilerneqarpoq uumassutsip kaavilluni ingerlasutut eqqarsartarneq LCA-affaldsmodellen EASEWASTE – imiittoq najoqqutaralugu. Inernerata takutippaa avatangiisinut sunniisinaasut tamaasa eqqarsaatigaluit ilaatigut nunarsuup kissakkiartorneranit kiisalu svovlimik imaluunniit kvælstofimik mingutsitsinermiit pisoq inuit hunnorujut ikittuinnaat pilersittaagaattut annertussuseqartoq (PE). Toqunartut avatangiisinut sunniutaat matumani aamma ilaapput aatsitassat oqimaatsut annertunerungaartumik isumakulunnarnerupput tamatumani ikuallaavinniit

silaannarmik mingutsitsineq kiisalu toqqorsivinniit imerpalasut seerinerat pissutaallutik taakkumi aqqissuussineq tamaat isigalugu tuusintilikkaatut nalilik (PE) sunniutigisarmassuk.

Qanoq iliortoqarsinnaanerani assersuutit takutippaat annertunerusumik ikuallaanikkut teknologiinik atuinerup, fjernvarmip pioreersup pitsaannerusumik atornissaa kiisalu sukumiinerusumik eqqagassanik naviartunik katersineq tassaasut kalaallit eqqaaveqarnikkut aqqissuussaanerata pitsanngorsarneqarnerani avatangiisit eqqarsaatigalugit aqqutissaasut. Atoqqinneqagqissinnaasunik immikkoortitserineq soorlu pappiara, pappi aamma uumasunit/naasunit pisut eqqagassat eqqaasarnerup avatangiisimut sunniisarnera pitsanngoriartinnigilaa tamatumani pissutaalluni fjernvarmimut nukinnik annaasaqarneq kiisalu atueqqiffiusartumut atortussanik angallasisarnerup ungasippallaarnera pissutigalugu.

Ikuallaasarnerup annertusarnissaa, ikuallaasarfinniit fjernvarmiliamik annertunerusumik atuinissaq innuttaasullu annertunersumik aalakkaasumik eqqakkanik pitsaannerusumik immikkoortitsinermi ilaatinneqarnissaat kiisalu eqqagassanik navianartunik katersisarneq tassaassapput naggataasumik unnersuussutissat qulaani ilusilersuinerit inernerattut. Tamatumani innuttaasut ilaatinneqarnissaat annertunerusumillu paasitinneqarnissaat pingaartinneqarpoq tassaammata annertuumik pingaaruteqartut eqqaaveqarnerup avatangiisit eqqarsaatigalugit aqqissuunneqarnerani.

# Summary English

The waste management system in Greenland (56,000 inhabitants) is characterized by landfilling, incineration and a limited export of recyclable metals and hazardous waste. The total amount of waste is estimated to some 50,000 tonnes but the data is limited and the composition is unknown. The scattered towns and settlements, the climate and the distance from the settlements to the recycling industry make the waste management a challenge. The level of the environmental monitoring of landfill leachate, gasses and flue gas emissions from incineration is limited.

For the first time Greenlandic household waste is investigated. Throughout a week a total amount of 2 tonnes household waste from every 7<sup>th</sup> household in Sisimiut was sorted and analyzed. The number of households is equivalent to 15% of the households of Sisimiut, a town containing approximately 10% of the total population of Greenland. The waste was sorted into 10 different material fractions, of which the largest fractions were biowaste (43%), combustible waste (30%) (non-recyclable combustible materials), paper (8%) and glass (7%). The remaining 12% were metal (not including aluminum) (1.5%), aluminum (0.5%), plastic (2.4%), wood (1.0%), non-combustible waste (1.8), hazardous waste (1.2%). The large amount of biowaste and the limited amount of paper makes the waste different from Danish household waste. Humidity, calorific value and chemical composition of each fraction is comparable to Danish data.

The current environmental impact from the waste management system is modeled in a LCA perspective by use of the modeling tool EASEWASTE. The results show that the total potential impact in categories such as global warming and acidification is limited to some few hundred Personal Equivalents (PE) within the whole system. The potential impact from the toxic impact categories is far higher, stemming from flue gas emissions due to use of incineration and the leachate from landfills. The impact is comparable to thousands of PE for the total waste management system.

The modeling of a number of scenarios indicates that increased use of incineration and increased use of produced heat for district heating together with improved source separation of hazardous waste are key factors in the improvement of the Greenlandic waste management system, seen in an environmental perspective. Source separation of recyclable materials such as paper, cardboard, biowaste do not reduce the environmental impact from the

system because of the loss of energy for district heating and the long distance transport of the recyclable materials to recycling facilities.

Increased use of incineration, increased utilization of produced heat from incineration and a strong involvement of the inhabitants to improve the source separation of hazardous waste are considered to be key factors in the future development of the Greenlandic waste management system.

# Indholdsfortegnelse

<b>1 Introduktion</b>	<b>1</b>
1.1 Affaldshåndtering 1900-1960	1
1.2 Administration af Grønlands affaldssystem	2
1.3 Ph.d.-projektet	3
<b>2 Gennemførte undersøgelser</b>	<b>5</b>
2.1 Affaldssystemet	5
2.2 Affaldskarakterisering og kvantitet	5
2.3 Modelleringer	5
2.4 Transport af affald	6
2.5 Restprodukter	6
<b>3 Grønlands affald og affaldssystem</b>	<b>9</b>
3.1 Affaldssystemet i Grønland	9
3.2 Affaldsproduktion	10
3.3 Affaldssammensætning og kvantitet	11
3.4 Affaldsindsamling	13
3.5 Affaldsbehandling	14
3.6 Eksport af affald	15
<b>4 Miljøpåvirkninger fra affaldssystemet</b>	<b>17</b>
4.1 EASEWASTE modellering	17
4.2 Modellering af grundscenarium – det nuværende system (Scenarium A)	18
4.3 Miljøpåvirkning fra det nuværende system	20
<b>5 Modellering af alternative scenarier</b>	<b>23</b>
5.1 Scenarier (alternative systemer)	23
5.2 Resultater af modellering af scenarier B-H	25
5.3 Usikkerheder ved modellering af scenarier	28
<b>6 Implementering af nye affaldssystemer</b>	<b>31</b>
6.1 Teknisk implementering	31
6.2 Sociologisk implementering	34
6.3 Det økonomiske perspektiv	35
6.4 Systemer i andre lande til inspiration	37
<b>7 Diskussion</b>	<b>41</b>
7.1 Gennemførte undersøgelser	41
7.2 Modelleringsresultater	41
7.3 Implementering af nye systemer	43
<b>8 Konklusion</b>	<b>47</b>
<b>9 Anbefalinger</b>	<b>51</b>
<b>10 Fremtidige undersøgelser</b>	<b>53</b>
<b>11 Reference</b>	<b>55</b>
<b>12 Artikler og bilag</b>	<b>59</b>





# 1 Introduktion

Grønlands geografiske udbredelse (2,5 mio. km<sup>3</sup>) og ca. 56.000 indbyggere fordelt i 18 byer og ca. 60 bygder spredt på kysten, gør affaldshåndtering til en udfordring. I 2010 var godt 60% af befolkningen bosat i de seks største byer Nuuk, Sisimiut, Ilulissat, Qaqortoq, Aasiaat og Maniitsoq. Byer med god interregional infrastruktur og uddannelsesinstitutioner, samt industrielle anlæg for fiskeindustri, skindforarbejdning eller organiseret turisme. Byerne har affaldsforbrændingsanlæg med udnyttelse af varmeproduktion til fjernvarme, samt modtagestationer for farligt affald. De enkelte bosættelser kan betragtes som isolerede med ødrift, da alt skal importeres via luft- eller vandvejen. Det vanskeliggør alle aktiviteter og kræver særlige løsninger for tekniske installationer og systemer i samfundet.

Det grønlandske affaldssystem er funderet på kendte løsninger, der lader sig gennemføre under vanskelige klimatiske forhold. Dertil kommer, at infrastrukturen og den ofte sparsomme befolkning stiller kommunernes tekniske forvaltninger overfor kompromisser med lavteknologiske løsninger, blandt andet inden for affaldshåndteringen. I det grønlandske samfund er det ofte det offentlige der løser opgaver og det er derfor naturligt, at det er en myndighedsopgave at løse affaldsproblemet, uden borgernes deltagelse. Affaldssystemet i Grønland har været under udvikling i årtier og den endelige løsning er ikke fundet.

## 1.1 Affaldshåndtering 1900-1960

Affald var i begyndelsen af det tyvende århundrede et anliggende for landslægeembedet og allerede i 1920'erne var befolkningstætheden i byerne et problem for den sanitære orden og folkesundhed (Grønlands Styrelse, 1938). En ministeriel skrivelse fastslår i 1931, at alle kommuneråd har pligt til at sørge for ordentlige sanitære forhold, så køkkenmøddingerne ikke forurener drikkevandsressourcer og indgangen til boligerne (Grønlands Styrelse, 1949). I 1930'erne igangsatte den proaktive kolonibestyrer i Holsteinsborg et indsamlingssystem med individuelle skankasser og fast tømning, finansieret af kommunekassen ud fra den betragtning, at det er en offentlig opgave (Grønlands Kommissionen, 1950a).

Lægeekspeditionen anbefaler i 1940'erne at der laves en overordnet organisering af affaldshåndteringen og efterfølgende slår Grønlandskommissionens betænkning fast, at "Fjernelse af affald og renovation må foregå på det

offentliges foranledning” (Grønlands Kommissionen, 1950b). Det anbefales, at affaldet afbrændes så lugtgener og sundhedsfarer begrænses. Der skal tømmes affald to gange ugentligt og der skal findes en helårsløsning. I efterkrigstidens Grønland er de sanitære problemer stadig ikke løst og de enkelte kommuneråd udstikker de rammer, der i dag er udgangspunkt for myndighedernes affaldsregulering. Grønlands Kommissionens betænkning nævner, at det flyder med affald og at vejnettet skal udbygges til blandt andet varetagelse af affaldsindsamling. Ved indlemmelsen af Grønland som et amt i det danske rige i 1953, overtager Grønlands Tekniske Organisation (GTO) opgaven, der nu går fra at være et sundhedsanliggende til et teknisk anliggende. Der udpeges områder til lossepladser, kaldet ”Dumpen” i folkemunde og de nødvendige tekniske installationer tilføjes områderne.

## 1.2 Administration af Grønlands affaldssystem

Det grønlandske affaldssystem reguleres af en landstingsforordning af 1988, der efter flere revisioner og en bekendtgørelse i 1993 (Grønlands Hjemmestyre, 1993), endeligt i 2007 fik tilføjet et afsnit, der beskriver affaldshåndteringen (Grønlands Hjemmestyre, 1988). Landstingsforordningen er et resultat af den overførelse af administrative områder, der siden hjemmestyrets indførelse, er tilflydt Grønland. Det fremgår af forordningen, at det er Grønlands Hjemmestyre (nu Selvstyre), der udstikker de overordnede rammer og grundlæggende principper, men at det er kommunerne, der har pligt til anvisning af bortskaffelsesmuligheder. Kommunerne har pligt til at sørge for indsamling og fysisk bortskaffelse. Det er ligeledes kommunalbestyrelsen, der fastsætter takster for gebyrer og afgifter i forbindelse med affaldshåndteringen (Grønlands Hjemmestyre, 2007).

Siden Landstinget i 1996 tiltrådte ”Affaldshandlingsplan 1996”, har der været udarbejdet handlingsplaner i både 2002 og 2008, der dog ikke er tiltrådt. Senest er ”Affaldshandlingsplan 2009-2012”, tiltrådt i juni 2010, identisk med redegørelsen for ”Affaldshandlingsplan 2010-2013”, der evaluerer udbyttet af de tidligere affaldshandlingsplaner. Redegørelsen samler op på de økonomiske forhold og redegør for fjerde gang om, hvad der skal til i det grønlandske affaldssystem, så det lever op en nutidig standard for et moderne land (Grønlands Hjemmestyre, 2010).

Efter tiltrædelsen af den første affaldshandlingsplan er gennemført flere projekter, der har haft til formål at forbedre affaldssystemet og de miljømæssige

påvirkninger. Herunder reduktion af emissioner, behandling af flyveaske, optimering af drift af forbrændingsanlæggene, samt oprydning af metalskrot og miljøtekniske undersøgelser af deponier i Grønland (KaNuKoKa, 2011).

### 1.3 Ph.d. projektet

Det er formålet med dette Ph.d. projekt at kortlægge og vurdere de samlede miljømæssige påvirkninger fra det nuværende affaldssystem i Grønland, samt at vurdere den potentielle miljømæssige påvirkning fra en række forskellige alternative forslag til affaldshåndteringen. Data på affaldsområdet i Grønland er begrænset og det er derfor et delmål i sig selv at frembringe flere pålidelige data om affaldet i Grønland igennem detaljerede undersøgelser af affaldet. Resultaterne af denne forskning skal ses som et bidrag til beslutningsprocessen i Grønland, der skal udstikke kursen for et fremtidigt affaldssystem, hvor der tages hensyn de potentielle miljømæssige påvirkninger og konsekvenser af affaldshåndteringen.

Afhandlingens konklusioner er således udmøntet i et antal anbefalinger, der tidligere har været berørt i sammenhæng med undersøgelser af både forbrændingsanlæg og deponier, men nu er fuldt op af en samlet miljømæssig vurdering af de potentielle påvirkninger fra det grønlandske affaldssystem.



## 2 Gennemførte undersøgelser

I dette projekt er gennemført undersøgelser af affaldssystemet i Grønland, samt en omfangsrig undersøgelse af affaldets sammensætning. Derudover er der foretaget et modelleringsstudium af affaldssystemet og mulige alternativer, samt feltstudier i Alaska og på Færøerne. Der er desuden udført et litteraturstudium af indsamling og transport af affalds bidrag til den globale opvarmning.

### 2.1 Affaldssystemet

Det samlede affaldshåndteringssystem i Grønland er præsenteret i den tekniske rapport ”Waste management in Greenland: Current situation and challenges” (Affaldshåndteringen i Grønland: Nuværende system og udfordringer), (Eisted et al., 2011a). Se bilag I. Artiklen behandler det aktuelle affaldssystem i Grønland og inddeler systemet i affaldsgenerering, affaldsindsamling, affaldsbehandling og slutdisponering. Faktuel viden om affaldet er samlet fra alle byer og de kendte mængder er belyst. Artiklen behandler de udfordringer der er i systemet og konkretiserer de mest afgørende faktorer for affaldssystemet i Grønland. Således peges der i artiklen på, at manglen på data fra affaldssystemet om mængder, sammensætning og typer, er et problem for en miljømæssig vurdering af systemet. Ligeledes peges på, at transport af affald er en faktor i systemet, i sammenhæng med genanvendelse og centralisering. Det grønlandske affaldssystem gennemgås i afsnit 3 *Grønlands affald og affaldssystem*.

### 2.2 Affaldskarakterisering og mængde

I august 2009 er gennemført en omfattende og detaljeret undersøgelse af husholdningsaffaldet i Sisimiut, herunder mængder, materialesammensætning og kemisk sammensætning. Resultatet af disse undersøgelser er præsenteret i det videnskabelige tidsskrift *Waste Management*, under overskriften ”Characterization of household waste in Greenland” (Karakterisering af husholdningsaffald i Grønland), (Eisted et al., 2011b). Se bilag II. Artiklen beskriver prøvetagnings- og analysemetoder, samt præsenterer de opnåede resultater. Resultatet af denne undersøgelse gennemgås yderligere i afsnit 3 *Grønlands affald og affaldssystem*.

### 2.3 Modelleringer

Med baggrund i beskrivelsen af Grønlands nuværende affaldssystem og undersøgelsen af husholdningsaffaldet, er der foretaget en modellering i EASEWASTE (se afsnit 4.1 *EASEWASTE-modellering*) (Kirkeby et al., 2006),

til kortlægning af de miljømæssige påvirkninger fra affaldssystemet. For at imødekomme udviklingen, er der, med baggrund i det nuværende affaldssystem, modelleret en række scenarier til vurdering af de miljømæssige konsekvenser ved indførelse af alternativer til det nuværende system. Dette arbejde er præsenteret i artiklen under overskriften ”Environmental assessment of waste management in Greenland: Current practice and potential future developments” (Miljømæssig vurdering af affaldssystemet i Grønland: Nuværende praksis og mulige fremtidige alternativer). Manuskriptet ses i bilag III. Artiklen beskriver systemerne og de deraf følgende miljømæssige påvirkninger. Dette gennemgås nærmere i afsnit 4 *Miljøpåvirkninger fra affaldssystemet*.

## 2.4 Transport af affald

Litteraturstudiet om indsamling og transport af affalds bidrag til den globale opvarmning er præsenteret under overskriften ”Collection, transfer and transport of waste: Accounting of greenhouse gases and global warming contribution” (Indsamling, omlastning og transport af affald: opgørelse over bidrag af drivhusgasser til global opvarmning) (Eisted et al., 2009). Det er af International Panel on Climate Changes (IPCC) (Metz et al., 2007) slået fast, at affaldshåndtering på verdensplan bidrag med en væsentlig del til den samlede udledning af drivhusgasser og derfor bør inddrages i løsningen af problemet med globale opvarmning (Eisted et al., 2009). I artiklen er opstillet seks scenarier med forskellig kombination af indsamling, omlastning og transport af affald, samt deres bidrag til den globale opvarmning. Konklusionen er, at indsamling, omlastning og transport af affald bidrager til den globale opvarmning, men at indsamling og omlastning udgør en relativt begrænset del i forhold til transporten, hvor transportmiddel og lastens mængde har betydning. De mindste bidrag til den globale opvarmning fås fra fyldte transportmidler med stor lasteevne, og det må derfor antages at der er stordriftsfordele at opnå i transportsektoren generelt (Eisted et al., 2009). Se i øvrigt bilag IV.

## 2.5 Restprodukter

I august 2010 blev gennemført undersøgelser af restprodukter (slagge og flyveaske) og røggas fra forbrændingsanlægget i Sisimiut. Baggrunden for disse undersøgelser var at sikre et datasæt for restprodukterne til modellering af affaldsscenerierne.

Et døgn forbrændingsslagge blev udtaget fra Sisimiut forbrændingsanlæg sammen med prøver fra restprodukter fra røggasrensningen. Prøverne fra både

slagge og flyveaske blev analyseret og data er anvendt i EASEWASTE modelleringerne. Der er ligeledes udtaget røggasprøver fra forbrændingsanlægget i Sisimiut, men disse prøver er behæftet med nogen usikkerhed og data fra undersøgelsen, er kun brugt til at påvise tilstedeværelsen af bestemte tungmetaller. Se i øvrigt bilag V.



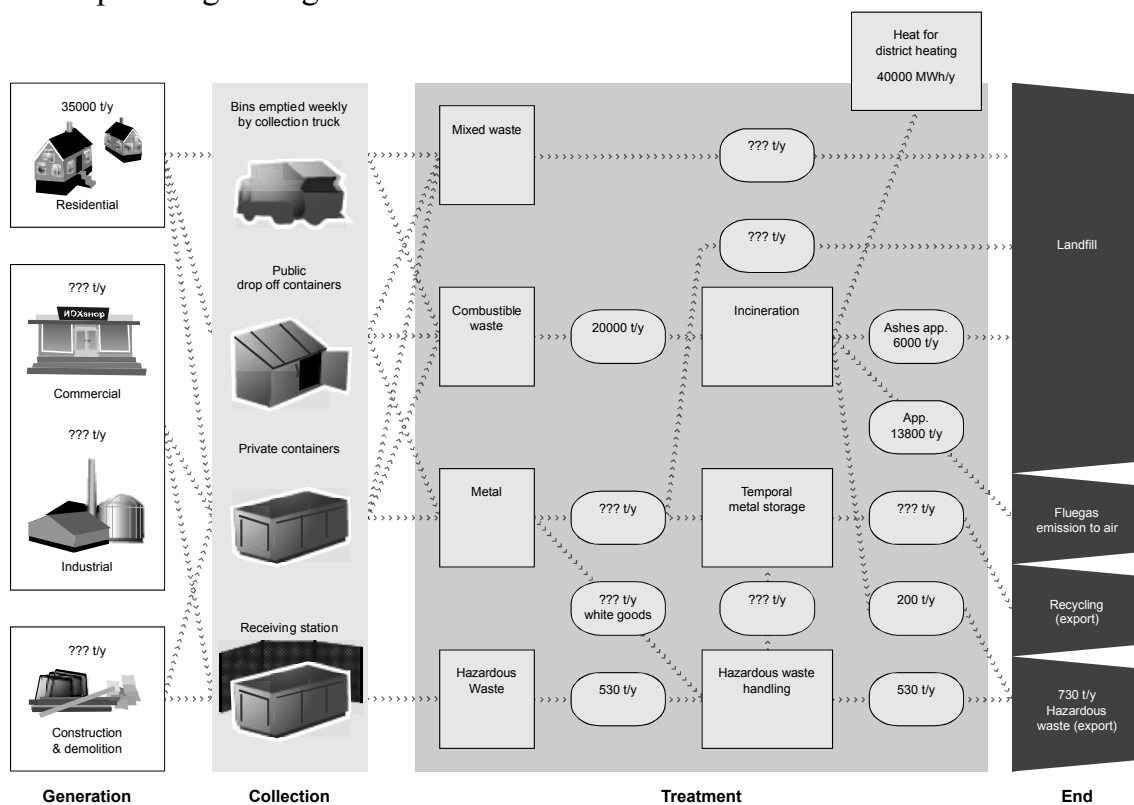


### 3 Grønlands affald og affaldssystem

Der føres kun begrænset registrering og opgørelse over affaldet i Grønland. Derfor er data for produktionen af affald og dets sammensætning sparsomme. Et delmål i dette projekt er at bestemme affaldsmængderne og deres sammensætning i Grønland via konkrete undersøgelser og analyser.

#### 3.1 Affaldssystemet i Grønland

Det samlede affaldssystem i Grønland består af mange mindre enheder fordelt på 18 byer og ca. 60 bygder. Militære installationer, meteorologiske stationer og fåreholdersteder er udeladt, da datagrundlaget er fraværende. Affaldssystemet kan inddeles i affaldsgenerering, affaldsindsamling, affaldsbehandling og slutdisponering. Se figur 3.1.



**Figur 3.1** Grafisk fremstilling af affaldssystemet og kendte masseflows i det grønlandske affaldssystem. Systemet er inddelt i affaldsproduktion (generation), indsamling (collection), behandling (treatment) og slutdisponering (end) (Eisted et al., 2011a).

Affaldsproduktionen inddeles i husholdningsaffald, erhvervsaffald, industriaffald og konstruktions- og nedrivningsaffald. Da både industri- og nedrivningsaffald er begrænset, behandles dette under et i kategorien erhvervsaffald. Affaldsindsamlingen dækker over det ugentligt indsamlede husholdningsaffald,

drop-off-containere til storskrald, private containere og modtagestationerne i byerne. Det indsamlede affald kategoriseres som blandet affald, forbrændingseget affald, metal affald og farligt affald. Affaldsbehandlingen består af affaldsforbrænding, midlertidigt oplag af metal og håndtering af farligt affald. Slutdisponering for affaldet er deponering og eksport af materialer til Danmark.

### 3.2 Affaldsproduktionen

Produktionen af affald i Grønland er bestemt af mængden og typen af importerede varer, samt mængden af emballage i forhold til de importerede varer. Mængden af affald fra egenproduktionen i Grønland, fra henholdsvis virksomheder og private kan negligeres.

Husholdningerne bidrager med affald, der kan betegnes som rester fra blandt andet køkkener, papirkurve og toiletspande (ikke at forveksle med natrenovation). De grønlandske forbrugere har adgang til de samme produkter som danskerne og generere derfor affald med de samme komponenter. Der findes ikke nævneværdige mængder af jagtaffald i husholdningsaffaldet. Det var antaget, at der på grund af transportforholdene var større mængder emballageaffald i det grønlandske husholdningsaffald end for eksempel dansk affald, hvilket har vist sig ikke at være tilfældet (Eisted et al, 2011a). Dertil kommer, at husholdningerne genererer en ukendt mængde storskrald, der typisk indeholder møbler, cykler og større emballager. Storskrald indregnes af praktiske årsager i erhvervsaffaldsdelen og er lovgivningsmæssigt ikke en del af kategorien husholdningsaffald (Grønlands Hjemmestyre, 1993).

Erhvervsaffaldet genereres fra detailhandlen, institutioner, kontorer og håndværkere. Den præcise sammensætning er ukendt, men det formodes at erhvervsaffaldet indeholder blandt andet pap, madaffald, træ, plastik, metal og isoleringsmaterialer. Der foretages sjældent nedrivning, hvorfor beton, murbrokker med mere, ikke indgår i affaldssystemet. Industriaffald udledes med spildevandet fra fiskeindustrien og opfattes ikke som en del af affaldssystemet.

Metal udgør samlet set en mindre del af affaldet, samt hundredvis af ton af metalskrot på organiserede og uorganiserede oplag spredt på kystens bosættelser. Farligt affald defineres her, som affald, der ved bortskaffelse kan være eller er til skade for miljøet og folkesundheden. Det er enkeltmaterialer og kompositmaterialer, der indeholder tungmetaller og persistente miljøfremmede

stoffer. Stofferne findes i elektronik, batterier, kemikalier, malinge, olieprodukter og kommer fra virksomheder såvel som fra husholdninger. Den udstrakte brug af biler, snescootere og både bidrager med oliefiltre, motorolier og kemikalier, der ved undersøgelser er fundet i husholdningsaffaldet (Eisted et al., 2011b).

### 3.3 Affaldssammensætning og mængde

Undersøgelserne af husholdningsaffaldet i Sisimiut i august 2009 (Eisted et al., 2011b) giver et hidtil ukendt billede af affaldssammensætningen og et overblik over mængderne. Undersøgelsen dækker en uges husholdningsaffald fra 15% af husstandene i Sisimiut (der udgør 10% af den samlede befolkning). De indsamlede data må anses for at være bedst tilgængelige og repræsentative data, da andre ikke findes. Sammenholdt med tidligere begrænsede undersøgelser af mængder og sammensætninger, er de fundne resultater sammenlignelige (Carl Bro, 1996). Se afsnit 1.2 *Grønlands affaldshåndtering*.

Undersøgelserne viser, at husholdningsaffaldet udgør ca. 20% af affaldet og at den gennemsnitlige bybefolkning producere 135 kg husholdningsaffald pr. person pr. år eksklusive storskrald. Et uventet resultat af undersøgelsen af husholdningsaffaldets sammensætning er, at de genbrugelige materialefraktioner er begrænsede og at sammensætningen afviger noget fra andre nordiske landes affaldssammensætninger (Christensen, 2011a).

**Tablet 3.1** Sammensætning af husholdningsaffald i Sisimiut ved undersøgelse i august 2009 (Eisted et al., 2011b).

Fraktion	Grønlandsk husholdningsaffald		Dansk husholdningsaffald
	%	kg per person per år	%
Papir	8,4	11,2	22,9
Pap	3,0	4,0	4,5
Metal: non-aluminium	1,5	2,0	1,7
Metal: aluminium	0,5	0,7	0,8
Glas	7,1	9,4	8,8
Plastik	2,4	3,2	1,7
Træ	1,0	1,3	0,3
Bioaffald	42,8	56,9	33,8
Brændbart	30,4	40,4	21,3
Ikke-brændbart	1,8	2,4	3,2
Farligt affald: batterier	0,1	0,1	0,1
Farligt affald: WEEE <sup>a</sup>	0,6	0,8	0,3
Farligt affald: andet	0,5	0,7	0,7
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>133</b>	<b>100</b>

a: Waste Electrical and Electronic Equipment (affald af elektrisk og elektronisk udstyr).

Af tabel 3.1 ses det, at mængderne af de genbrugelige materialer er begrænsede, om end der er forholdsvis meget madaffald i bioaffaldsfraktionen. Selvom store mængder mad bliver smidt ud, er indholdet af lokalt fangede råvarer stort set fraværende. En vigtig fraktion er farligt affald, der udgør ca. 1,2% og som burde havde været afleveret til modtagestationen. Af denne fraktion er 8% batterier.

Erhvervsaffaldets præcise sammensætning er ukendt, men det indeholder relativt store mængder emballagepap, husholdningslignende affald, træ og metal. Det antages at erhvervsaffaldet i Sisimiut er repræsentativt for de grønlandske byer. Grundlæggende for affaldet fra husholdninger og erhverv er, at det er blandet og derfor både indeholder brændbare og ikke-brændbare dele. Erhvervsaffaldet udgør ca. 75% af affaldet og en undersøgelse af sammensætningen på baggrund af vægt og volumen på visuelt estimerede fraktioner er præsenteret i tabel 3.2. Undersøgelsen blev udført i foråret 2010, hvor 63 ton affald fra en uges indsamling blev kategoriseret og vejjet.

**Tabel 3.2** Sammensætning af erhvervsaffald i Sisimiut ved undersøgelse i foråret 2010.

Fraktion	%
Bio	28
Pap	20
Papir	10
Udefinerede materialer	9
Plastik	8
Træ	8
Rest: beton, glas, isolering, metal, møbler, tekstil.	17
Total	100

Projektets undersøgelser omfatter ikke metalskrot udover det indeholdt i husholdningsaffaldet. Metalskrot indeholder flere typer metal, men visuelle sonderinger viser, at hovedparten af metalskrottet er jern og stål, samt begrænsede mængder af aluminium og kobber. Sisimiut by har anslået den årlige tilførsel af metalskrot til at være ca. 35 kg pr. person (Kristensen, 2008).

Mængden af farligt affald er usikker udover de 500-600 ton, der årligt eksporteres til Danmark, sammen med 200 ton flyveaske. Det farlige affald er sammensat af mange forskellige komponenter og fra undersøgelsen af husholdningsaffaldet i Sisimiut er det påvist, at det alene i husholdningsaffaldet fra ca. 300 husstande er muligt at finde batterier, elektronik, medicin, kemikalier, olieprodukter og fugematerialer, samt malinger, opløsningsmidler og drivgasser, på trods af afleveringspligt (Eisted et al., 2011b). Det farlige affald i husholdningsaffaldet ender i forbrændingsanlæggene og indgår derfor ikke i en

registrering. Det vurderes at omkring 25% af det farlige affald fra husholdningerne afleveres på modtagestationerne. Affaldet vejes af hensyn til afregning med modtagestationen i Aalborg og til transporten med Royal Arctic Line. Den eksporterede mængde afspejler ikke den genererede mængde, da det farlige affald ofte opmagasineres og eksporteres i en ujævn strøm. Den eksporterede mængde siger ikke noget om succesraten for indsamlingen af farligt affald. Der afleveres årligt ca. 10 kg farligt affald pr. person (Eisted et al., 2011b).

Der er fundet 0,1% batterier i husholdningsaffaldet, hvilket svarer til 700 kg på årsbasis og modsvarer mængden af solgte batterier i Sisimiut i år 2008 (Eisted et al., 2011b) (Brugsen, 2010) (Pisiffik, 2010). Der findes ingen data for indsamling af batterier i 2009, men indsamling af batterier fra husholdningerne i Sisimiut i 2004-2005 viser kun mængder på 200-300 kg (Kristensen, 2008). Da Brugsen og Pisiffik antages at være hovedleverandører af batterier i Sisimiut, vurderes det, at batteriindsamlingen er mindre effektiv end forventet.

### 3.4 Affaldsindsamling

Affaldsindsamlingen i Grønland varierer, men ens for byerne er, at det er kommunen eller en privat vognmand, under kommunalt regi, der står for indsamlingen af husholdningsaffaldet. Affaldet samles typisk fra individuelle affaldsstativer med poser og kun i få tilfælde er det tømning af større containere i boligområder, hvor borgerne aflevere affaldet i drop-offsystemer. Renovationsordningen koster typisk 50-100 kr. pr. måned og flere byer tilbyder afhentning 2-3 gange ugentligt. For storskrald gælder, at der er faste afhentningsdage eller at private kan anmode kommunen om transport, hvor affaldet stilles i vejsiden og en kommunal vogn dernæst afhenter affaldet (Eisted et al., 2011a).

Erhvervsaffaldet afleveres af virksomhederne selv ved privat containerafhentning eller som en del af det offentlige system. Har virksomhederne storskrald, skal det typisk fjernes med en privat vognmand. Metalskrot fragtes med privat vognmand til modtagestationen og det er typisk biler, entreprenørmaskiner, udstyr fra fiskeindustrien og trawlerne. Det gælder både for private og virksomheder, at der skal betales afgift for indlevering af større mængder metalskrot. Prisen ligger på 1000-2000 kr. pr. ton, men der er kommunale forskelle.

Indsamling af farligt affald er pålagt den enkelte borger eller virksomhed ved afleveringspligt til den lokale modtagestation. Modtagestationerne sorterer, adskiller, aftapper og pakker det farlige affald med henblik på eksport. Der er forskel på byernes modtageforhold og procedurer. Byer med mindre en 3000 indbyggere har ikke et forbrændingsanlæg, hvor en modtagestation naturligt er tilknyttet. De mindre byer og bygderne har i sagens natur mindre mængder farligt affald at håndtere og derfor begrænsede modtageforhold. De større byer har ofte organiserede modtageforhold, hvor der er lagt mere eller mindre i at få systemet til at fungere rationelt og enkelt. Tidligere undersøgelser nævner væsentlige forskelligheder i modtagestationernes praksis, som et miljømæssigt problem (Jørgensen, 2002). Affaldsindsamlingen i bygderne er typisk en kommunal opgave, hvor en person er ansat til at tage sig af det praktiske. Alt efter bygdens størrelse, klares det med All Terrain Vehicle (ATV), snescooter eller trillebør, men systemets succes afhænger typisk af enkeltpersoners indsats.

### 3.5 Affaldsbehandlingen

Det nuværende affaldssystem bygger på forbrænding og deponi, samt indsamling og eksport af metalskrot og farligt affald. Alle beboede lokaliteter i Grønland har minimum et deponi eller dump, hvor affaldet henkastes. De seks største byer har store forbrændingsanlæg og ca. 30 mindre byer og bygder har simple små forbrændingsanlæg. Ved indsamlet data er det konstateret, at ca. 45% (20.000 ton) af affaldet forbrændes, mens resten (ca. 50% eller 23.000 ton) deponeres og kun en begrænset del (ca. 5% eller 2500 ton), i form af metal og farligt affald, eksporteres til Danmark. Se tabel 3.3 for forbrændt affald.

**Tabel 3.3** Affald forbrændt i de seks grønlandske byer med forbrændingsanlæg (Grønlands Hjemmestyre, 2008). Tabellen repræsenterer data fra forskellige år (2006-2009), (Eisted et al., 2011a).

By (År for indsamlede data)	Antal indbyggere	Antal husholdninger	Personer per husholdning	Forbrændt affald	
				per år (ton/år)	per indbygger per år (ton/pers./år)
Aasiaat (2007)	2977	1231	2,4	1279	0,430
Ilulissat (2007)	4512	1580	2,9	3132	0,694
Maniitsoq (2007)	2842	1187	2,4	1514	0,532
Nuuk (2008)	15083	5782*	2,5*	9371	0,621
Qaqortoq (2007)	3238	1313	2,5	1755	0,542
Sisimiut (2006)	5399	1913	2,8	2724	0,505
Total	34051	13003	-	19775	-

\*Data fra 2007

Husholdningsaffaldet forbrændes overvejende og enkelte af forbrændingsanlæggene er udstyret med en neddeler, så blandingen af affaldet kan blive homogen. I de mindre byer og bygder med små forbrændingsanlæg, brændes det brændbare husholdningsaffald, men da ikke alle disse anlæg fungerer, smides hovedparten af affaldet på dumpen. Storskrald i byerne brændes i det omfang det er brændbart og ellers deponeres det. I de mindre byer og bygderne er der kun mulighed for dumpning, da forbrændingsanlæggene ikke kan klare så store emner. De store forbrændingsanlæg vejer det indfyrede affald, hvilket giver et forholdsvist præcist billede af den forbrændte mængde affald. Tallene i tabel 3.3 siger ikke noget om mængden af affald, der produceres i byerne som helhed og giver derfor et uklart billede af affaldsmængderne. Erhvervsaffaldet i byerne er generelt brændbart, på nær mindre dele af metal og beton. Bygderne har kun et begrænset antal virksomheder, der ofte er fiskeindustri anlæg, som udleder bioaffaldet med spildevandet.

Metalskrot deponeres eller oplagres til eksport. Før en eventuel udskibning, neddeles og sorteres affaldet, inden det pakkes i containere. Der foretages ikke yderligere behandling af metalskrot i Grønland. Byer som Sisimiut har metal nok til at en egentlig ophugning kan finde sted og en af byens entreprenørvirksomheder har startet arbejdet med at sortere, neddele og udskibe metal med henblik på en egentlig forretning. Det farlige affald behandles ikke i Grønland, men adskilles, sorteres og pakkes. Køle- frysemøbler tømmes for kølemidler. Elektronik adskilles og ikke farlige brændbare dele indgår i det forbrændingsegnede affald. Den tidskrævende proces skal sikre højest mulige indtægt ved videresalget (Espersen, 2008).

### 3.6 Eksport af affald

Det farlige affald i Grønland, herunder flyveaske fra de 6 store forbrændingsanlæg, eksporteres til I/S Mokana i Aalborg, der er et fælleskommunalt selskab, som de grønlandske kommuners landsforening KaNuKoKa (Kalaallit Nunaanni Kommunit Kattuffiat) har en samarbejdsaftale med. I/S Mokana sender emballage til Grønland på anmodning og det grønlandske transportselskab Royal Arctic Line RAL fragter emballagen vederlagsfrit. Eksporten er en vigtig del i arbejdet med at sikre en minimal spredning af miljøfarlige stoffer til den sarte arktiske natur. Derudover har salget af materialer, der kan genbruges fra det farlige affald, herunder elektronik, metaller med mere, en betydning for økonomien i affaldssystemet (Espersen, 2008).





## 4 Miljøpåvirkninger fra affaldssystemet

For at kunne vurdere den miljømæssige effekt af ændringer og alternativer til det nuværende affaldssystem, skal den samlede potentielle miljømæssige påvirkning fra affaldssystemet vurderes. Dette er gjort ved modellering af det nuværende affaldssystem i modelleringsværktøjet EASEWASTE (Kirkeby et al., 2006).

### 4.1 EASEWASTE modellering

EASEWASTE er et modelleringsværktøj til livscyklusanalyse (LCA) udviklet af forskere på Danmarks Tekniske Universitet (DTU). EASEWASTE er det mest avancerede modelværktøj på markedet og bruges, blandt flere danske universiteter, af forskningsgrupper på Institut for Vand og Miljøteknologi på DTU til vurdering af affaldssystemers påvirkning på miljøet. Modelleringen er omfangsrig og dækker affaldsflows fra affaldsgenereringen ved husstande og virksomheder med kildesortering og indsamling, samt affaldsbehandlingen og slutdisponeringen. Transport af affald, omlastninger, samt up-streams produktion af energi er inkluderet og systemet modregner materialeforbrug og energisubstitution i forhold til fortrængning af jomfruelige materialer.

EASEWASTEs LCA-metode er som udgangspunkt EDIP-metoden (Environmental Assessment of Industrial Products (EDIP)), der samler relativt store mængder data i få kategorier, der repræsenterer miljømæssige påvirkninger og ressourceforbrug (Wenzel et al., 1997). Resultaterne, der fremkommer ved modelleringerne, er angivet som potentielle miljømæssige påvirkninger uanset hvor de udledes i det modellerede system. Således er positive resultater ensbetydende med potentielle miljømæssige effekter og negative resultater ensbetydende med reduktion i de miljømæssige belastninger eller ligefrem en undgået potentiel miljøpåvirkning.

EASEWASTE medtager desuden ressourceforbruget af fossile brændsler, metaller og fornybare ressourcer, samt modregner materiale forbruget ved eventuelle genanvendelser. I tillæg til de i tabel 4.1 nævnte kategorier, angiver modelleringsresultatet de mulige ødelagte grundvandsressourcer og lagrede miljøfremmede og forurenende stoffer i forbindelse med deponering af affald.

De endelige resultater i EASEWASTE kan angives som samlet påvirkning, men normaliseres som udgangspunkt, så de kan sættes i forhold til det omgivende samfunds totale miljømæssige påvirkning af omgivelserne. Normaliseringen beregnes ud fra normaliseringsreferencerne i EDIP-metoden (Wenzel et al.,

1997) og resultatet vises i personækvivalenter (Person Equivalents) [PE], hvilket gør resultaterne fra forskellige scenarier sammenlignelige.

**Table 4.1** EASEWASTE modelleringskategorier til vurderingen af affaldssystemers miljømæssige påvirkning (Stranddorf, 2005).

Kategori	Indhold	Enhed
Global opvarmning	Alle drivhusgasemissioner	CO <sub>2</sub> -ækvivalenter (kg CO <sub>2</sub> )
Næringsstofberigelse	Alle næringsstofberigende emissioner	NO <sub>3</sub> - ækvivalenter (kg NO <sub>3</sub> )
Forsuring	Alle emissioner, der fører til forsuring	SO <sub>2</sub> - ækvivalenter (kg SO <sub>2</sub> )
Økotoxicitet i jord og vand	Alle toksiske emissioner med potentiel miljømæssig påvirkning	jord og vand i m <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )
Human Toksicitet i jord, vand og luft	Alle toksiske emissioner med potentiel human sundhedsmæssig påvirkning	jord, vand og luft i m <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )
Stratofærisk Ozonreduktion	Alle emissioner, der fører til stratosfærisk ozonreduktion	CFC11-ækvivalenter (kg CFC11)
Fotokemisk Ozondannelse	Alle emissioner, der fører til fotokemisk ozondannelse	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -ækvivalenter (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )

## 4.2 Modellering af grundscenarium - det nuværende system (Scenarium A)

Affaldssystemet i Grønland kan opfattes som et lukket system, hvor alt hvad der skal håndteres tilføres udefra. En begrænset del af affaldet eksporteres, en del forbrændes med fjernvarmeproduktion og over halvdelen deponeres (opmagasineres). Det nuværende affaldssystem er modelleret som et grundscenarium i EASEWASTE. Se figur 3.1.

Grundscenariet (kaldet scenarium A) tager udgangspunkt i de kendte mængder af affald og de ved undersøgelserne fremkomne data om affaldets sammensætning og kemiske indhold. I scenariet antages fire typer af affald; husholdningsaffald, erhvervsaffald, metalskrot og farligt affald. Det antages, at 60% af husholdningsaffaldet forbrændes og 40% deponeres. For erhvervsaffaldet er tallene 46% og 54% henholdsvis til forbrænding og deponi. Metalskrot og farligt affald eksporteres til Danmark og ophobning af metalskrot og farligt affald antages ikke at have betydning, da modellen er lineær og tidsdimensionen derfor er uden betydning.

EASEWASTE modellen indeholder ikke alle typer transportmidler, men det antages, at transportmidlerne til affaldsindsamling ikke afviger fra almindelige køretøjer og at vognparken har en alder, hvor køretøjerne lever op til EURO III. Køretøjernes forbrug af brændstof i forhold til lasteevne og udnyttelsesgrad følger data fra Larsen et al. (2009). Da alle affaldshåndteringsområder i Grønland er placeret i byerne, og der ikke er nogle veje mellem byerne, anses den lokale transport af affald for værende uden betydning og kan sidestilles med indsamling.

De fraktioner der eksporteres til Aalborg, antages i gennemsnit at blive transporteret 4000 km ad søvejen med Royal Arctic Lines (RAL) containerskibe, hvilket er modelleret som 2000 ton oceangående bulk carrier/containerskibe. Den videre transport er ukendt, men er sat til 300 km med 25 tons lastvognstransport eller 300 km med skib af samme tonnage som RALs. Transporten inkluderer omlastning mellem de forskellige transportformer.

Affaldsforbrændingen er modelleret ud fra de tilgængelige data for de seks forbrændingsanlæg i Grønland og der er taget hensyn til, at anlæggene kun har elektrostatiske filtre. Restprodukter er modelleret ud fra indsamlede data for de eksisterende anlæg (se afsnit 2.5 *Restprodukter*). Fjernvarmeproduktionen er fastsat ud fra energiudnyttelsesgraden og gennemsnittet af solgt fjernvarme ved de seks eksisterende anlæg. Den gennemsnitlige udnyttelse af den producerede fjernvarme til opvarmning i boligområder er 63%, der substituerer fossilt brændsel. Slaggen fra forbrændingen transporteres i gennemsnit under en kilometer til deponering og det vurderes, at denne transport er uden betydning for systemet. Slaggen antages brugt som afdækning på eksisterende dumpe eller sammenlignelig deponering. Slaggen er uafdækket og udsættes for vejrliget med deraf følgende frigivelse af stoffer til recipienten (Eisted et al., 2011b). Flyveasken sendes som farligt affald til Aalborg og videre derfra til Langøya i Oslofjorden i Norge, hvor den anvendes i neutraliseringsprocesser og deponeres. Denne del af systemet anses for værende neutral, i forhold til det grønlandske affaldssystem.

Deponeringen af affald er modelleret som en dump uden sikring, membraner eller barrierer. Der er ingen kontrolleret gas- og perkolatopsamling og affaldet udsættes i kompakteret stand for et årligt nedbør på 350 mm. Affaldet deponeres i et 4 m tykt lag med en densitet på 1 ton/m<sup>3</sup>. Metalfraktionen er modelleret som værende stål og jern. Det farlige affald antages at være en blanding af WEEE,

batterier med mere. Det antages at 25% af det farlige affald fra husholdningerne indsamles og at resten indgår i de andre affaldstyper.

### 4.3 Miljøpåvirkning fra det nuværende system

De normaliserede resultater af modelleringen af potentielle miljømæssige påvirkninger ses i tabel 4.2, som personækvivalenter [PE]. For de fem standardkategorier ses at affaldshåndteringen for 56.000 indbyggere har en påvirkningsgrad i størrelsesordenen 400-900 PE, hvilket må betragtes som en begrænset del af den samlede miljømæssige påvirkning i Grønland fra al menneskelig aktivitet.

Det ses af resultaterne, at forbrænding giver en besparelse (-1049 PE) for potentiel global opvarmning, hvilket skyldes brugen af fjernvarme. Overordnet set viser resultaterne, at forbrænding modvirker brugen af energi andre steder i systemet, så længe fjernvarmen udnyttes. Generelt har genanvendelse ikke nogen indflydelse på den samlede miljøpåvirkning, og indsamling og transport har kun en begrænset del af den samlede miljøpåvirkning fra affaldssystemet. Affaldsforbrændingen er det, der giver de største miljømæssige gevinster, hvorimod deponering bærer den tungeste del den samlede miljøpåvirkning.

For de toksiske kategorier er både forbrænding og deponering dominerende, og både genanvendelse, indsamling og transport kan negligeres. For forbrænding er det særligt humantoksiske påvirkninger, der har betydning, hvilket kan tilskrives røggassen og den begrænsede røggasrensning. For deponeringen af affald er det påvirkning fra lagrede tungmetaller, der hovedsageligt er ansvarlige for miljøpåvirkningerne, samt det potentielt forurenede grundvand, hvilket er et mindre problem i Grønland (Eisted et al., 2011c).

**Tabel 4.2** Modelleret potentielle miljømæssige påvirkninger udtrykt i PE (personækvivalenter) for det nuværende affaldssystem i Grønland (Scenarium A, grundscenarium). Tabellen viser bidraget fra hver af processerne i systemet, indsamling, transport, forbrænding, deponering, genanvendelse samt den samlede påvirkning i hver kategori. Negative værdier repræsenterer miljømæssige besparelser, mens positive værdier repræsenterer belastninger for miljøet (Eiested et al., 2011c).

Proces	Potentiel Global Opvarmning [PE]	Forsuring [PE]	Næringsstofberigelse [PE]	Stratosfærisk Ozonnedbrydning [PE]	Fotokemisk Ozondannelse [PE]	Økotoksicitet i vand [PE]	Økotoksicitet i jord [PE]	Human toksicitet via luft [PE]	Human toksicitet via jord [PE]	Human toksicitet via vand [PE]	Ødelagt Grundvandsressource [PE]	Lagret Økotoksicitet i jord [PE]	Lagret Økotoksicitet i vand [PE]
Indsamling	127	99	107	0	58	965	0,0	109	13	8	0	0	0
Transport	26	59	67	0	12	174	0,0	32	2	1	0	0	0
Forbrænding	-1049	-709	-126	0	-26	1220	0,2	-19	32.635	116.753	0	0	0
Deponering	1468	16	16	867	363	152	1,4	25	1450	30	92.760	1085	2062
Genanvendelse	8	3	3	0	1	16	0,0	2	3	6	0	0	0
Total	579	-533	66	867	407	2528	1,6	149	34.102	116.799	92.760	1085	2062



## 5 Modellering af alternative scenarier

For at kortlægge hvordan ændringer i affaldssystemet vil påvirke miljøet, er der opstillet seks scenarier (B, C, D, E, F og G), der hver især viser hvordan miljøpåvirkningen udtrykkes ved ændring af en bestemt parameter i systemet. Det sikrer, at kendskabet til den pågældende parameters indflydelse er størst mulig. Dernæst er lavet et optimeret scenarium H, der kombinerer dele af scenarierne B-G og repræsenterer det miljømæssigt bedst mulige alternativ til det nuværende affaldssystem, målt på flest mulige miljøpåvirkningskategorier. Ved valg af parametre er der taget hensyn til det, under forholdene, praktisk mulige i et alternativt affaldssystem.

### 5.1 Scenarier (alternative systemer)

Ved hvert af scenarierne B-G er der foretaget ændring af en parameter. Ved scenarierne E-G er der modelleret flere eksempler med forskellig værdi af den pågældende parameter, så også ekstremer er modelleret, som grænsetilfælde. Scenarierne H1 og H2 viser en kombination af flere parametre (se tabel 5.1).

Alle scenarierne tager udgangspunkt i grundscenariet (scenarium A).

Scenarium B: Mængden af forbrændt affald øges til 90% for både husholdnings- og erhvervsaffald. Når 10% efterlades til deponi, skyldes det, at enkelte bygder vil være afhængige af deponering. Modelleringen af scenarium B skal give et billede af situationer, hvor affaldsforbrændingen intensiveres.

Scenarium C: Alt affald deponeres, som det var tilfældet før indførelsen af affaldsforbrændingsanlæg. Deponeringen vil være total og den vil finde sted under de almindelige kendte forhold for deponi i Grønland. Dette scenarium viser, hvordan det ville se ud, hvis affaldsforbrænding ikke var indført i Grønland.

Scenarium D: Et ekstremscenarium, hvor 90% af affaldet eksporteres til affaldsforbrændingsanlægget RENO-Nord I/S i Aalborg. De resterende 10% af affaldet antages, ligesom i scenarium B, deponeret lokalt. Scenariet er ekstremt, men er et alternativ blandt flere. Der er i dette scenarium, ikke taget hensyn til eventuelle omlastninger af affaldet eller mulige kapacitetsproblemer på RENO-Nord I/S. Fjernvarmen vindes i Danmark og erstattes af fossilt brændsel i Grønland.



Scenarium E: Er magen til grundscenariet, men sorteringsgraden for farligt affald i husholdningsaffaldet er øget fra 25% til henholdsvis 75% (scenarium E1) og 100% (scenarium E2). Sorteringsgraden for farligt affald er generelt lav og 75% indsamling antages muligt. Derimod er 100% urealistisk, men ekstremscenariet er nødvendig for at fastslå vigtigheden af høj sorteringsgrad. Der er ikke taget hensyn til den relativt store variation i sammensætningen af farligt affald.

Scenarium F: Produktionen af fjernvarme og den deraf følgende fortrængning af fossilt brændsel, er vigtigt for miljøgevinsten i affaldssystemet. Derfor er graden af udnyttelse af den producerede fjernvarme væsentlig. Scenariet er delt i to scenarier hvor udnyttelsesgraden er sat til 80% (scenarium F1) og 90% (scenarium F2). Det er urealistisk at forestille sig en større udnyttelse gennemsnitlig over året, da behovet for varme i de tre sommer måneder er begrænset.

Scenarium G: Scenariet er delt i tre systemer, der hver modellerer kildesortering af en ofte genanvendt fraktion. I scenarium G1 kildesorteres 60% af papiret i husholdningsaffaldet, indsamlet ved drop-off-containere og 60% af pappet i erhvervsaffaldet ved separat aflevering. Da ikke alt papir og pap er egnet til genanvendelse, antages 60% at være et realistisk mål. I scenarium G2 kildesorteres 60% af glasaffaldet, både fra husholdnings- og erhvervsaffaldet, og indsamles i et drop-offsystem. Det antages, at 60% er et realistisk mål. Det sidste scenarium G3 udtrykker systemet ved frasortering af 60% af bioaffaldet fra både husholdninger og erhverv. Bioaffaldet komposteres og bruges som jordforbedrende materiale i byerne. Det antages, at 60% er et praktisk realistisk mål. Både papir, pap og glas er ofte nævnt som naturlige fraktioner til frasortering i Grønland, hvilket begrundes valgt af disse. Derudover arbejder Kommuneqarfik Sermersooq og Kommune Kujalleq med biogasprojekter og kompostering, hvorfor bioaffaldet er valgt. Det antages at bioaffaldet komposteres lokalt, mens papir, pap og glas eksporteres til genanvendelse i Europa.

Scenarium H: Kombinationen af enkeltparameterscenarierne, er et forsøg på at opnå et optimum. Scenariet tager udgangspunkt i det, under omstændighederne, praktisk mulige. Scenarium H1 er således en kombination af øget forbrænding fra scenarium B (husholdningsaffaldets forbrændingsandel øges fra 60% til 70% og erhvervsaffaldet fra 46% til 75%). Kildesortering af farligt affald (øges fra 25% til 80% et sted i mellem scenarium E1 og E2). Udnyttelsen af produceret fjernvarme øges fra 63% til 80% som i scenarium F1. Det sidste scenarium H2 er

magen til H1, men der er tilført kildesortering af fraktioner til genanvendelse. Fra husholdningsaffaldet kildesorteres 70% glas, 70% papir og 70% metal, mens der fra erhvervsaffaldet kildesorteres 75% pap og 75% metal. Det antages, at de kildesorterede fraktioner eksporteres til Europa. Når metal er taget med i denne modellering skyldes det, de alvorlige problemer med små metaldele, der slider unødigt på for brændingsanlæggene.

**Tabel 5.1** Overblik over scenarierne A-H. Scenarium A er grundscenarium, scenarierne B-G er modelleret med ændring af en parameter og scenarium H er et kombinationsscenario (Eisted et al., 2011c).

Scenarier	Beskrivelse af scenarier: Scenarium A er grundscenariet og scenarierne (B-H2) er modifikationer af grundscenariet.
A	Nuværende affaldssystem i Grønland. 46% af husholdnings- og erhvervsaffaldet forbrændes og 50% deponeres. Farligt affald og metalskrot eksporteres (5%) til Europa. Scenarium A er grundscenariet.
B	Øget forbrænding fra 46% til 90% på bekostning af deponering.
C	Alt affaldet deponeres.
D	Næsten alt affald (90%) sendes til Danmark til forbrænding; 10% deponeres endnu.
E1	Øget indsamling af farligt affald fra 25% til 75%.
E2	Øget indsamling af farligt affald fra 25% til 100%.
F1	Øget udnyttelse af produceret fjernvarme fra forbrænding fra 63% til 80%.
F2	Øget udnyttelse af produceret fjernvarme fra forbrænding fra 63% til 90%.
G1	Kildesortering af papir (60%) fra husholdningsaffald og kildesortering af pap (60%) fra erhvervsaffald eksporteret til genanvendelse i Danmark.
G2	Kildesortering af glas (60%) fra husholdningsaffald og kildesortering af glas (60%) fra erhvervsaffald eksporteret til genanvendelse i Danmark.
G3	Kildesortering af bioaffald (60%) fra husholdningsaffald og kildesortering af bioaffald (60%) fra erhvervsaffald til lokal kompostering.
H1	Optimeret scenarium af dele fra scenarier B-E2.
H2	Optimeret scenarium af dele fra scenarier B-G3.

## 5.2 Resultater af modellering af scenarier B-H

De akkumulerede resultater af de modellerede miljøpåvirkningskategorier fra scenarierne B-H ses i tabel 5.2 sammen med resultaterne af det modellerede grundscenarium (scenarium A).

Resultaterne af det modellerede scenarium D (eksport af affald) ser i et miljømæssigt perspektiv attraktive ud. Der er tydeligvis tale om reduktioner på alle miljøpåvirkningskategorier, på nær næringsstofberigelse, der på grund af den øgede transport stiger. Energiproduktionen ved forbrænding i Danmark tilskrives som udgangspunkt systemet i Danmark. Øget transport af fossilt brændsel til

substitution af fjernvarm, har ikke noget større indflydelse på systemet (Eisted et al., 2001c).

I scenarium C antages det, at alt affaldet deponeres som praksis var før forbrændingsanlæggene blev indført. Dette kan dog ikke anbefales, da resultaterne af modellering klart viser, at miljøbelastningerne stiger og kun kategorierne for human toksicitet reduceres. Derudover er det forholdsvis ressourcekrævende, hvis alle deponier skal miljøsikres. Dette viser i øvrigt, at indførelsen af affaldsforbrændingsanlæggene i Grønland er en miljømæssig fordel. Dette ses blandt andet af resultaterne for scenarium B (forbrænding), hvor alle kategorierne reduceres markant på nær kategorien for human toksicitet, da den afhænger af røggasemissionerne.

Et tiltag der yderligere vil mindske udledningerne fra røggassen er frasortering af farligt affald som modelleret i scenarium E1 og E2. Frasortering af farligt affald ændrer ikke ved hovedparten af kategorierne, men kategorien human toksicitet kan reduceres betragteligt og en 100% frasortering er helt afgørende for reduktion af emissioner via røggassen. Ligeledes ses det, at en øget udnyttelse af den producerede fjernvarme (scenarium F1 og F2) har betydning for reduktion af belastningerne på global opvarmning, forsuring og næringsstofberigelse. Desværre øges miljøpåvirkningen fra røggasemissionerne, hvilket kan modvirkes ved kildesortering af farligt affald, som i scenarium E.

Ved modellering er scenarium G (genanvendelse) ses det, at de miljømæssige fordele ved kildesortering af papir, pap, glas og bioaffald er begrænsede. Særligt papir, pap og glas fraktionerne (scenarium G1 og G2) giver ikke betydende reduktioner på de miljømæssige påvirkninger fra affaldssystemet. Det skyldes, at den ekstra energi, der bruges til transport og indsamling, samt den energi der mistes i forbrændingen modsvarer vindingen ved genanvendelse. Bioaffaldet i scenarium G3 giver få gevinster på miljø siden, men kan fortrænge import af kompostjord.

Kombineres dele af scenarierne B-G fremkommer scenarium H. Det ses, at der er miljømæssige gevinster forbundet med at kombinere øget forbrænding af affald, øget udnyttelse af den producerede fjernvarme og øget kildesortering af farligt affald (scenarium H1). Kombineres dette scenarium med kildesortering af papir, pap, glas og metal, ses det, at scenarium H2 ikke har så store miljøgevinster som scenarium H1.

**Table 5.2** Modelleret potentielle miljømæssige påvirkninger udtrykt i PE (personækvivalenter) for det nuværende affaldssystem (Scenario A, grundscenarium) og alternative scenarier (B-H2). Den samlede påvirkning er udtrykt som nettoverdier, hvor negative værdier repræsenterer miljømæssige besparelser, mens positive værdier repræsenterer belastninger for miljøet (Eisted et al., 2011c).

Scenarier	Potentiel Global Opvarmning [PE]	Forsuring [PE]	Næringsstofberigelse [PE]	Stratosfærisk Ozonnedbrydning [PE]	Fotokemisk Ozondannelse [PE]	Økotoksicitet i vand [PE]	Økotoksicitet i jord [PE]	Human toksicitet via luft [PE]	Human toksicitet via jord [PE]	Human toksicitet via vand [PE]	Ødelagt Grundvands-ressource [PE]	Lagret Økotoksicitet i jord [PE]	Lagret Økotoksicitet i vand [PE]
A	579	-533	66	867	407	2528	1,6	149	34,102	116,799	92,760	1085	2062
B	-1043	-1141	-49	267	134	3182	0,8	113	56,615	201,767	18,032	234	406
C	5682	186	201	2281	1017	1444	3,6	188	3829	93	180,356	2269	4193
D	-3444	-102	379	267	164	2512	0,3	438	2648	7325	18,050	319	1008
E1	579	-534	66	867	408	1889	1,4	142	12,039	42,107	92,568	457	1404
E2	581	-533	68	867	408	1708	1,3	139	777	3983	92,474	151	1083
F1	-21	-944	-109	867	397	2502	1,5	138	33,502	116,788	92,760	1085	2062
F2	-243	-1728	-377	867	372	2659	1,5	106	40,920	146,902	57,412	768	1390
G1	1284	-457	119	867	463	1821	1,6	198	34,252	116,811	82,236	1083	2028
G2	592	-531	79	867	414	2660	1,6	164	34,059	116,750	91,106	1080	2055
G3	1627	-347	158	867	416	2563	1,6	159	34,453	116,805	81,859	1091	2082
H1	-417	-1530	-270	701	307	1826	1,0	97	5688	27,915	46,598	141	621
H2	144	-1258	-140	742	351	1953	1,1	158	4983	23,319	53,761	168	650

Det generelle billede er, at hvad der marginalt reduceres i enkelte kategorier modsvares af forøgelse i andre kategorier. Energitabet er dog så stort i kategorien for global opvarmning, at nettoværdien går fra at være en besparelse i H1 (-417 PE) til at være et tab i H2 (144 PE).

### 5.3 Usikkerheder ved modellering af scenarier

Da virkeligheden ofte er mere kompleks end den umiddelbart kan gengives og da flere parametre ofte er uden for overordnet kontrol, må modelleringer almindeligvis afvige mere eller mindre fra den virkelighed, der modelleres og ønskes forudsagt. I en vurdering af de modellerede resultater for det grønlandske affaldssystem, er det væsentligt at holde sig de relativt begrænsede mængder affald for øje, som affaldssystemet håndterer. Selvom opgaven med affaldshåndteringen er omfangsrig for de enkelte kommuner, må affaldsmængderne (ca. 45.000 ton pr. år) anses for at være små. En væsentlig problemstilling i den overordnede planlægning af affaldssystemet er, at hver lokalitet selv må tage hånd om problemstillingerne, uanset kommunal inddeling. Ved modellering af affaldssystemet er det antaget, at Grønland er en samlet by og at lokale forskelle i affaldshåndteringen ikke kommer eksplicit til udtryk i resultatet.

Forbrændingsanlæggene i Grønland er dimensioneret til mellem 2000 og 10.000 ton årlig forbrænding. Der er taget hensyn til, at der kun er elektrostatiske filter til røggasrensning, men det er sandsynligt, at luftemissionerne er større end de modellerede resultater angiver, da temperaturen i forbrændingsprocessen ofte er svære at kontrollere i så små anlæg. Målinger fra andre undersøgelser viser store forskelle i luftemissionerne (Zielke, et al., 2002). Der tages i øvrigt ikke højde for affaldets inhomogenitet, ovnpasserens erfaring eller anlæggenes vedligeholdelsesstand. Parametre der, i værste fald, kan have negativ effekt på forbrændingsprocessen. Der er set bort fra bygdeanlæggenes forbrænding, da datagrundlaget er sparsomt.

Deponierne i Grønland kaldes lokalt for ”Dumpen”, hvilket de også er. Der er ingen egentlige systemer til opsamling, tilbageholdelse eller rensning af perkolater og gasser. Modelleringen af deponierne er et gennemsnit af lagtykkelser, kompaktering og sammensætning. Gasemissionerne fra deponierne er ukendte og er modelleret efter almindelige principper for deponier. Der er ikke taget hensyn til permafrostdannelser og udtørring af affaldet, der kan reducere

omsætning af materiale og derved reducere eller øge udledningen af miljøproblematisk stoffer til recipienten.

Indsamling og transport af affaldet foregår med de transportmidler af vesteuropæisk standard, det er muligt at vælge i EASEWASTEs veldokumenterede database. Det er vurderet at køretøjerne lever op til kravene for EURO III klassificering og at Royal Arctic Lines containerskibe er sammenlignelige med andre transatlantiske skibe. Der er ikke taget hensyn til afstanden imellem bosættelser, ligesom afstanden til Grønland er modelleret som et gennemsnit af afstanden ad søvejen mellem hver af de enkelte byer og Aalborg. Det er ikke sandsynligt, at ændrede valg af køretøjer og skibe, vil have betydende indflydelse på resultaterne, da transport og indsamling udgør en begrænset del af den samlede miljøpåvirkning. Se i øvrigt tabel 4.2.

Det modellerede grundscenarium bygger blandt andet på datagrundlaget fra undersøgelserne af affaldet i Sisimiut, herunder fordelingen af affaldet i materialefraktioner, samt kemiske karakteristika for både de enkelte fraktioner, slaggen og flyveaske. Datagrundlaget dækker en uge i Sisimiut i august og må antages at være bedst tilgængelige repræsentative data, om end der kan være årstidsvariationer og forskelle byer og bygder imellem. I Sisimiut bor 10% af den grønlandske befolkning, hvilket er vurderet til at være repræsentativt.

Modelleringen af de alternative scenarier er baseret på grundscenariet og det er i scenarium B forudsat, at forbrændingskapaciteten er til stede lokalt. Transport af affald er ikke taget med, men er vurderet til ikke at have væsentlig betydning. Se tabel 4.2. Den miljømæssige påvirkning fra nyopførelser af forbrændingsanlæg, antages at være uvæsentlig i forhold til anlæggets levetid. I scenarium D (eksport) forudsættes det, at affaldet leveres på havnen og der er ikke taget højde for intern transport af affaldet bygder og byer i mellem, der antages at bidrage negativt til det samlede resultat. Med udgangspunkt i scenarium A vurderes det, at bidraget har mindre betydning.

Sammensætningen af det farlige affald er ukendt, men undersøgelserne af affaldet viste, at der i husholdningsaffaldet fandtes alt fra batterier og elektronik til kemikalier, medicin og olieprodukter. I modelleringen er det ikke muligt at reproducere den variation farlige affald spænder over. Ikke desto mindre viser scenarium E, at kildesortering af farligt affald har afgørende betydning for emissionsniveauet af humantoksiske stoffer. En svag overestimering af

materiale mængden i farligt affaldsfraktionen, rykker ikke ved det generelle billede.

Genanvendelsen af materialer er begrænset i Grønland og modelleringerne bygger på antagelser og erfaringer fra andre lande. Det er forudsat, at der er en udbredt velvilje hos befolkningen og at kildesorteringen har en høj renhedsgrad. Da den miljømæssige gevinst er begrænset, kan ringere sorteringsgrad og lav lødighed på de kildesorterede fraktioner ikke ændre det generelle billede væsentligt. Det er antaget at genanvendelse, på nær kompostering, finder sted i Europa, hvorfor transporten har indflydelse. I et tilfælde med lokal genanvendelse, vil billedet ændres, om end den sparede transport ikke kan opveje energitabet til produktion af fjernvarme ved forbrænding. Det kombinerede scenarium H indeholder de samme antagelser og usikkerheder som hvert af de enkelte scenarier.

## 6 Implementering af nye affaldssystemer

Affaldssystemet er i dag opbygget med udstrakt kommunalt funktionelt selvstyre. De overordnede regler er udstukket af Grønlands Selvstyre, men det er kommunerne, der forvalter regelsættet og udsteder lokale vedtægter for affaldshåndteringen i byer og bygder. Det er derudover kommunerne, der har det daglige ansvar for den fysiske udførelse af affaldshåndteringen. Implementering af alternative affaldssystemer, vil forudsætte af ændringer i både lovgivning og den kommunale daglige praksis.

### 6.1 Teknisk implementering

De modellerede scenarier er udtryk for alternative muligheder i det grønlandske affaldssystem og der er generelt taget hensyn til det, under forholdene, praktisk mulige. Enkelte af scenarierne forudsætter væsentlige og endog radikale ændringer af affaldssystemet.

I scenarium B, hvor forbrændingsintensiteten øges fra 20.000 ton pr. år (45%) til op mod 40.000 ton pr. år (90%), skal den nuværende kapacitet på ca. 25.000 ton udvides, hvilket vil kræve investeringer i millionklassen (Grønlands Hjemmestyre, 2008). Da forbrændingsanlæggene i Nuuk og Sisimiut har nået deres kapacitetsgrænser, vil der være tale om udbygninger i de to byer eller nyopførelser af anlæg i andre byer. Da ca. 60% af befolkningen lever i byerne, kan systemet udvides med en transportløsning, som den i Narsaq, hvor affaldet forsøgsvis sejles til Qaqortoq. Det forudsætter, at byer og bygder udstyres med materiel til affaldskomprimering og ballering, samt mulighed for lastning af affaldet. Alle teknologier er på markedet i dag, men vil kræve en omorganisering af affaldsindsamlingen. Alternativt kunne Nuuk, Sisimiut og Ilulissat (der dækker 45% af befolkningen) have væsentligt større centrale forbrændingsanlæg, der kunne aftage affald fra de nærmeste bygder og byer. En øget produktion af fjernvarme, kan til dels komme i konflikt med elopvarmning fra vandkraftværkerne, men da energiforbruget kan være stigende og potentialet begrænset, vil affaldsforbrænding være et godt alternativ. I den forbindelse vil det være vigtigt at fokusere på kildesortering af farligt affald og røggasrensning, hvis den miljømæssige påvirkning skal reduceres markant. En affaldsforbrændingsgrad et sted imellem 45% og 90%, vil stadigvæk være til gavn for miljøet.

Deponering af affald kan ikke anbefales, da miljøomkostningerne er store under de nuværende forhold. Alternativt skal nye deponier anlægges, hvilket



forudsætter membraner, drænsystemer og perkolatrensning. Grønlands landarealer er store og der er derfor ikke noget til hinder for en sådan løsning, udover at affaldet ikke ressourcemæssigt udnyttes med mindre gassen fra deponiet opsamles. En ukendt faktor i denne sammenhæng er omdannelsesprocesserne i deponeret affald i permafrostområder.

En eksportløsning er et grænsescenarium, der forudsætter radikale ændringer i affaldshåndteringen, hvis alt affald skal udskibes til Danmark. Hver by og bygd skal udstyres med materiel til komprimering og ballering af affaldet, så det kan udskibes i almindelige containere. Kildesortering af bioaffald vil kunne nedsætte mængderne af affaldet, samt løse problemer med gasudvikling i affaldet på grund af nedbrydningsprocesserne. Det vil kunne forlænge oplagringstiden, begrænse mængderne og vil ved kompostering kunne bidrage med jordforbedrende materiale i byerne. I den situation, hvor affaldet eksporteres, vil Grønland komme til at mangle energi til fjernvarmeproduktionen, hvilket umiddelbart løses ved import af fossilt brændsel. En styrkelse af de alternative og vedvarende energiformer vil kunne modvirke dette til en hvis grad. En tidligere undersøgelse har vurderet problematikken og konkludere, at et eksportsystem er muligt, men at det vil kræve store investeringer i omlastningsfaciliteter (Miljøstyrelsen, 2005). Royal Arctic Line sejler under alle omstændigheder med friplads retur til Danmark, der i givet fald burde kunne udnyttes. Affald betragtes som miljøgods eller farligt gods, hvilket dog fordyrer transporten.

I forbindelse med større udnyttelse af den producerede fjernvarme, som modelleret i scenarium F1 og F2, vil den miljømæssige gevinst være en reduktion i den potentielle globale opvarmning. En øget udnyttelse af den producerede fjernvarme forudsætter generelt udvidelse af fjernvarmenettet i de seks byer. Ledningsnettet er en begrænsende faktor, i de varme vinterperioder og sommermånedene, for en 100% udnyttelse. Flere byer har delte fjernvarmenet, der servicerer forskellige dele af byerne og det er derfor nødvendigt at forbinde disse net lokalt, så den producerede varme kan udnyttes optimalt. Det vil reducere bortventileringen af den producerede varme og nedsætte importen af fossilt brændsel til fjernvarmeproduktion. Der kan i visse byer oplagres brændbare affaldsfraktioner, der kan afbrændes i de kolde måneder med henblik på at gemme energiressourcen til behovet for energi opstår.

Indsamlingen af farligt affald, der er modelleret i to scenarier (E1 og E2) er helt afgørende for den miljømæssige gevinst ved affaldsforbrænding. Den miljømæssige påvirkning fra humantoksiske stoffer er betydelig. Problemet

ligger i det indfyrede affald og løsningen er at reducere mængden af farlige stoffer i det forbrændingsegnede affald. Dette kan gøres ved øget kontrol af affaldet og fokus på effektiv indsamling af farligt affald. Modelleringerne viser, at indholdet af humantoksiske stoffer reduceres markant ved reduktion af farligt affald i det indfyrede affald. Indsatsen på området skal skærpes og borgerne skal inddrages væsentligt mere i processen af hensyn til succesraten. Det vil formodentligt ikke være muligt at nå 100% indsamling, men af hensyn til miljøet og folkesundheden, bør der lægges mere vægt på netop indsamling af farligt affald. I sammenhæng med øget brug af forbrænding i scenarium B, er indsamlingen af farligt affald særligt vigtig i det, at det vil have afgørende indflydelse på udledningen af humantoksiske stoffer.

Scenarium G1, G2 og G3 modellerer genanvendelse og med udgangspunkt i den Europæiske Unions affaldshierarki (Europaparlamentet, 2008), hvor genbrug og genanvendelse står over energiudnyttelse og deponi, er det naturligt at fokusere på indsamling af genanvendelige materialer. I det nuværende system indsamles metal og farligt affald af hensyn til henholdsvis forbrændingsanlægget og miljøet. En implementering af kildesortering forudsætter ændringer i affaldssystemet og vil nødvendiggøre massiv borgerinddragelse. De gennemførte undersøgelser har vist, at kampagner for aflevering af farligt affald og kildesortering af metaldele, langt fra er tilfredsstillende. Skal genanvendelse med kildesortering indføres, kræver det en solid opbakning fra befolkningen og faciliteter til indsamlingen. Ingen byer har faciliteter, udover modtagestationen, til indsamling af kildesorteret affald.

Vejret er en betydende faktor i Grønland og ved opbygningen af et kildesorteringssystem, må løsningen være en centralt placeret drop-off-containerløsning. Det kunne være 600 liters containere i små huse med afskærmning mod vejrliget eller 9 m<sup>3</sup> containere i metal med mindre indkastningsluger. Fordelen ved et mindre hus, hvor affaldet fra 20-30 familier samles er, at det kan indeholde 6-8 containere til henholdsvis husholdningsaffald, farligt affald og metaldele. Det er i den sammenhæng vigtigt, at containeren til farligt affald har et indkast, der ikke kan give børn anledning til at rode i affaldet. Derudover kan et mindre træhus indgå æstetisk i bybilledet uden at skæmme. Systemet vil kunne udbygges med flere containere, hvis kildesortering skal udbredes til andre fraktioner. De større metalcontainere kan ikke stå sammen, da de fylder en del og skæmmer bybilledet. Derudover, vil der være lang tid i mellem tømningerne af farligt affald og metal affald, der i givet fald kan give forureninger på stedet. I alle tilfælde anses det for hensigtsmæssigt, at benytte

lokale drop-off-systemer af hensyn til sne, storme, hunde og fugle, der kan være et problem ved andre typer indsamlingssystemer.

I scenarier H1 og H2 kombineres øget forbrænding fra 45% til 70%, der forudsætter en kapacitet på ca. 31.000 ton pr. år med større udnyttelse af den producerede fjernvarme. Det er 6000 ton mere end den nuværende kapacitet. Det betyder, at der skal nyopføres et centralt anlæg med modtagefaciliteter fra flere byer eller et mindre anlæg for eksempel et i Tasiilaq og en linjeudvidelse i Nuuk, hvor kapacitetsgrænsen er nået. Anlæggene i Aasiaat og Qaqortoq har overkapacitet og det er politisk besluttet at overføre affald fra henholdsvis Qeqertarsuaq og Narsaq til de respektive anlæg, så overkapaciteten udnyttes (Grønlands Selvstyre, 2010). Det er i øvrigt væsentligt at sikre, at fjernvarmenettet kan modtage den producerede fjernvarme, ved at forbinde de isolerede fjernvarmenet så de dækker hele byen. Det er i Sisimiut beregnet, at der kun skal 2-3 års salg af fjernvarme, produceret ved affaldsforbrænding, til at tilbagebetale investeringen i en forbindelsesledning (Løgstrup, 2010). I øvrigt kunne det lovgivningsmæssigt facilitere dette tiltag ved at prisregulere, således at fjernvarme er et økonomisk attraktivt alternativ. Det vil så være økonomisk fordelagtigt at drive forbrændingsanlæggene optimalt og medvirke til produktionsoptimering. I takt med en øget forbrænding og øget udnyttelse af den producerede fjernvarme vil emissionerne fra forbrændingsprocessen stige i samme grad. Derfor er indsamling af farligt affald afgørende for at reducere miljøpåvirkningerne fra forbrændingsanlæggenes emissioner.

Scenarium H2 viser at genanvendelse under de modellerede forhold ikke kan svare sig miljømæssigt og at der derfor ikke skal lægges store investeringer i sådanne systemer. Ikke desto mindre er det nødvendigt med indsamling af farligt affald og metalaffald, hvilket bør tænkes ind i en given løsning, således at fremtidige implementeringer af kildesortering kan bygges videre på tidligere valgte løsninger.

## 6.2 Sociologisk implementering

Implementering af nye systemer kræver omstilling, restrukturering og planlægning, samt engagement og motivation af aktørerne, for at sikre en succesfuld overgang til af nye systemer. Ledelsesteoretikeren Kotter (1997) peger på ofte forekommende fejl, som kan forhindre realisering af forandringer, så som, at visionen er kommunikeret dårligt ud til omgivelserne, at der er for lidt fokus på de kortsigtede delmål og at forankringen af forandringen i

virksomheden er for ringe. Kotter peger i øvrigt på dårlig planlægning, som en væsentlig årsag til ringe succes for systemændringer. Implementering af et nyt affaldssystem kan sammenlignes med virksomhedsmæssige systemændringer, hvor myndighederne kan betragtes som virksomhedsledelsen og borgerne som medarbejdere. For at imødegå problemer med indførelse af et nyt system eller forbedring af et eksisterende, kan ledelsesteorier som empowerment, co-management og situationsorienteret ledelsesstil anvendes.

Empowerment deler magt, ejerskab og ansvar ud på flere aktører i en fælles fremadrettet strategi, der stræber efter forandring. Medinddragelse fører til engagement, der leder til medejerskab, der igen leder til motivation og succes (Andersen et al., 2007). Det er gængs opfattelse, at empowerment er et brud med ”business as usual” og ”det har vi prøvet” –tankegangen, der er i en sammenhæng med implementering tale om en mainstream disciplin (Perkins et al., 1995). Situationsorienteret ledelse er kendt som Hersey og Blanchards model, der bygger på vurdering af medarbejderens evner og modenhed. Ledelsstilen skal afpasses til medarbejderens niveau og udvikling, der skal ende som fuldt selvforvaltende og besluttende (Skriver et al., 2004). Co-management bygger på gensidig åbenhed og information imellem aktørerne i systemet, der i nogen grad kan sammenlignes med borgerinddragelse som implementeringsværktøj. Co-management indeholder et element af ”learning by doing”, med et feedback til en vurderingsfase, så den opnåede erfaring påvirker næste handling (Borrini-Feyerabend, 2000).

Affaldssystemet i Grønland er ikke i sig selv en virksomhed, men der er mange lighedspunkter imellem ledelsesteoriene og succes i implementeringen af nye affaldssystemer. En af de vigtige faktorer, der kendetegner det grønlandske samfund er det multikulturelle aspekt, hvor der er brug for interkulturel ledelsesstil. Det kan summeres til det, der kaldes kulturel co-management (Kahlig, 2001). I den kulturelle co-managementteori, handler det om at bygge bro mellem to eller flere kulturer og trække på de lokale kræfter i arbejdet, i stedet for at negligere dem.

### 6.3 Det økonomiske perspektiv

Det grønlandske affaldssystem er kendetegnet ved et økonomisk princip om, at affaldshåndteringen skal ske på kommunal foranledning og bekostning (Grønlands Styrelse, 1938). Selvom salg af fjernvarme, metalskrot og farligt affald bidrager til driften af systemet, så er det skatteyderne der lægger det største

bidrag. Ved den eneste større undersøgelse af de økonomiske forhold i affaldshåndteringssystemet, blev der i 2008 udarbejdet en oversigt (Grønlands Hjemmestyre, 2008). Rapporten viser, at overskuddet fra salget af genanvendelige materialer og fjernvarme dækker under 6% af den samlede årlige omkostning på omtrent 98 mio. kr., mens 45% af udgifterne er skattefinansieret. Kun 28% dækkes af indtægter fra affaldsgebyrer og 21% af afleveringsgebyrer. Samlet set er Grønlands affaldsmængder begrænsede og salget af materialefraktioner vil kun bidrage sparsomt til udgifterne. Derfor er stordriftsfordele helt afgørende for økonomien i det grønlandske affaldssystem.

Genanvendelige materialer er værdifulde særligt ved høj renhed og store mængder (Esbersen, 2009), hvilket er et vigtigt element i en rentabel udnyttelse af genanvendelige materialer i det grønlandske affald. De begrænsede mængder i husholdningsaffaldet, vil kun dårligt i sig selv kunne bygge en rentabel virksomhed op, uden at tage andre dele af affaldsområderne med i betragtning. Der er i det erhvervsmæssige affald relativt store mængder pap, papir og plastik, der ved en ringe indsats kunne kildesorteres, uden større omkostninger. Erhvervsaffaldet indeholder op til 20 % pap (Eisted et al., 2011b), der i Sisimiut årligt giver op imod 600 ton. Et tal der på landsbasis nærmer sig 4-5000 ton. Da resultater af de modellerede scenarier i dette projekt ikke viser nogle direkte fordele ved genanvendelse, idet transporten udligner energifordelene og da genanvendelse af materialer kræver faciliteter til oparbejdning, som ikke findes i Grønland, må mulighederne for lokal genanvendelse anses for værende begrænsede.

De relativt begrænsede mængder affald, giver det grønlandske affaldssystem dårlige vilkår for private initiativer. Det er kun i få tilfælde, at private er involveret i affaldssystemet, ved indsamling af affald og metalskrotbehandling. Da affaldssystemet er skattefinansieret og indtægterne i systemet er små, har de enkelte kommuner ikke noget specielt incitament til at hverken ændre ved systemet eller igangsætte nye tiltag. Selvom der igennem KaNuKoKa er et fælles kommunalt organ fremmer det ikke fælleskommunale affaldsopgaver eller udveksling af viden.

Salg af fjernvarme burde være en attraktiv forretning, men fordi de enkelte kommuner står for den dyre og komplicerede drift af forbrændingsanlæggene, hænger økonomien ikke sammen. Den producerede fjernvarme er underlagt en national prisstruktur, hvor prisen på fjernvarme er den samme som på fossilt brændsel. Strukturen på fjernvarmedistributionsnettet gør det vanskeligt at

afsætte den producerede fjernvarme, der i stedet må bortventileres. Fjernvarmen skal lovgivningsmæssigt have højere prioritet af hensyn til miljøet og udledningen af drivhusgasser fra fossilt brændsel.

## 6.4 Systemer i andre lande til inspiration

Der er gennemført feltstudier i Alaska og på Færøerne på grund af sammenlignelige forhold med Grønland og deres, på nogle punkter, anderledes indgangsvinkel til affaldshåndteringen.

### Leirvik (Færøerne)

Færøerne er administrativt og befolkningsmæssigt (40.000 indbyggere) sammenlignelige med Grønland. Øgruppen er afsides beliggende og har et udfordrende klima, samt en produktion af varer, der begrænser sig til fårehold, fiskeri og turisme. Færøerne har samme affaldsmæssige problemstillinger som andre vestlige samfund og har udviklet et affaldssystem på kendte teknologier. Systemet dækker indsamling, sortering, omlastning og behandling. De 17 beboede øer har to forbrændingsanlæg; et for hovedstadens ca. 20.000 indbyggere og et andet samlet under Interkommunali Renovatiónsfelagsskapurin (IRF). IRF råder over modtage- og omlastningsstation (se figur 6.1), samt et forbrændingsanlæg, der betjener borgere uden for hovedstaden. Færøerne har valgt at centralisere affaldshåndteringen og samle affaldet et sted, på trods af øgruppens vanskelige infrastruktur. Broer og færger gør det muligt at samle affaldet og transportere det med lastbil. Centraliseringen giver stordriftsfordele, selvom affaldet fra 20.000 indbyggere overordnet set er begrænset. Forbrændingen af affald bidrager til produktionsenheder og ikke til boligopvarmning. Færøerne har valgt at forbrænde affaldet og begrænse deponi videst muligt, samt have begrænset genanvendelse. Der er således indført kildesortering og eksport af farligt affald, papir, pap og plastik, hvilket har udskudt blandt andet udvidelsen af forbrændingsanlægget (Fjallstein, 2008).

### Tanana (Alaska)

Alaska har i bred forstand et affaldssystem som andre afsides områder med småbyer. Simple indsamlingssystemer til husholdningsaffald og separate systemer til storskrald og farligt affald. Alle steder har et deponi og enkelte byer har simple forbrændingsanlæg. Det meste storskrald i Alaska havner i forhaven eller den omkringliggende natur. Hverken myndigheder eller lokale udviser større interesse for at ændre på forholdene. Det anses ikke for at være et problem. Den største organisation i Alaska, Yukon River Inter-Tribal Watershed Council

(YRITWC), består af stammeledere fra småbyerne i oplandet til Yukon River. Organisationen dækker Canadiske North West Territories og det Nordamerikanske Alaska. Organisationens økonomiske fundament hviler på private donationer og tilskud fra statslige og føderale myndigheder. Organisationen tager sig af sundhedsmæssige opgaver, oplysningskampagner, uddannelse og miljømæssig kontrol og styring. Tanana med 300 indbyggere ligger ca. 200 km fra Fairbanks og kan nås med fly eller via floden. Tanana er en typisk afsides landsby i Alaska. Befolkningen er primært Athabakanske indianere. Indbyggerne lever i en blanding af moderne livsstile med bekvemmeligheder og traditionel indianerkultur.

Et af YRITWCs projekter er "Back Haul Program", der en gang for alle skal rydde op. Med Yukonfloden som transportvej rejser personale fra organisationen rundt og samler farligt affald og metalskrot. Projektets succes er i høj grad betinget af de lokales holdning, engagement og deltagelse. En del af projektet er uddannelse af lokale til at forestå oprydningsarbejdet, samt ændre holdningen til affaldshåndtering og miljø hos befolkningen. En succesfaktor er, at der bliver samlet så meget farligt affald som muligt, af hensyn til miljøet og så meget metalskrot som muligt, af hensyn til økonomien. YRITWC benytter sig af utraditionelle metoder og har blandt andet fået lavet en "Pink dot" (10 cm stor lyserød rund mærkat) til at markere det affald, der skal fjernes. Det skaber opmærksomhed og samler de lokale om projektet (se figur 6.2).

### Konklusioner fra feltstudier

Feltstudierne belyser vigtige faktorer, der fører til høj succesrate i affaldssystemet. Infrastrukturen spiller en afgørende rolle i affaldshåndteringen på Færøerne. Det centraliserede system giver stordriftsfordele, der giver overskud på baggrund af lave ressourcemæssige omkostninger på transporten set i forhold til udbyttet. Selvom Grønland har en væsentligt anderledes infrastruktur, er det værd at drage nytte af stordriftsfordele, så mange steder som muligt i systemet, blandt andet af økonomiske og miljømæssige hensyn.

Alaska er meget afsides og et sparsomt befolket område med varme somre og kolde vintre, der minder om Grønland. Livsstilen er på mange måder den samme og flere lever isoleret og afsides. YRITWCs bottom-up-system, hvor styringen af projekterne kommer nedefra og hvor lokalbefolkningen inddrages markant, er absolut værd at tage op i fremtidige systemer i Grønland. Resultaterne er opsigtsvækkende i Tanana og andre byer, hvor det er lykket at vende udviklingen fra ligegyldighed til interesse for egne omgivelser.





**Figur 6.1** Interkommunali Renovatiónsfelagsskapurin (IRF)s omlastningsstation for papir, pap og plastik i Leirvik. Sorteringsanlægget ses til højre i billedet (foto: Eisted privat foto).



**Figur 6.2** Varevogn i Tanana markeret med "Pink dot", der angiver at emnet kan fjernes med ejerens billigelse og videresælges til genanvendelsesindustrien (foto: Eisted privat foto).





# 7 Diskussion

## 7.1 Gennemførte undersøgelser

Ved undersøgelsen af affaldet, blev det konstateret, at almindelige genanvendelige materialer som papir, pap, glas og metal, hver især udgør under 8% af husholdningsaffaldet. Da disse fraktioner fra husholdningsaffaldet ikke kildesorteres og genanvendelse er forbundet med transport, samt at de samlede mængder generelt er små, må det anses for at være mest nyttigt at forbrænde disse fraktioner, med undtagelse af metal. Det vil dog kræve, at der indføres systemer til at absorbere det kildesorterede metalaffald. Det kan givetvis være til inspiration, at kigge på andre nordiske lande, hvis Grønland i fremtiden vil implementere kildesortering. Færøernes system er bygget op omkring en økonomisk fordel, der, hvis den forsvinder, vil trække tæppet væk under systemet. Derfor er det afgørende for implementeringen af kildesortering, at der ligger undersøgelser og målsætninger til grund for nye tiltag, hvis de skal have miljømæssig og økonomisk effekt. Metal i husholdningsaffaldet er et godt eksempel på en fraktion, der burde kildesorteres af hensyn til vedligeholdelsen og livslængden af forbrændingsanlæggene. Begrundelsen for kildesortering af metal er da, at det har økonomisk betydning for kommunen at skulle vedligeholde anlæggene.

## 7.2 Modelleringsresultater

Affaldsforbrændingen i Grønland er årsag til potentielle miljømæssige påvirkninger, igennem røggasemissionernes indhold af humantoksiske stoffer. De elektrostatiske filtre ved forbrændingsanlæggene fjerner en betydelig del af det partikulære materiale, men kræver omhyggelig overvågning på grund af anlæggenes størrelse, hvor forbrændingstemperaturen er helt afhængig af affaldsmassens homogenitet. Specielt er dioxindannelsen i ovnen og det elektrostatiske filter høj ved ukontrollerede temperatursvingninger. Derudover er metaller som kviksølv vanskelige at fange i det elektrostatiske filter, der således spredes til recipienten (Hjelmar, 2011). Fordelene ved øget udnyttelse af den producerede fjernvarme er helt afhængig af bedre røggasrensning og kontrol med det indfyrede affalds tungmetallindhold. Da yderligere røggasrensning er bekosteligt at indføre, er den eneste tekniske foranstaltning, der kan indføres at nedbringe mængden af tungmetalholdigt affald og styre forbrændingstemperaturen bedst muligt.

Det deponerede affald medfører lagring af persistente, toksiske og miljømæssigt problematiske stoffer. Af modelleringen ses det, at netop de kategorier har stor miljømæssige betydning ved brug af deponi uden miljøsikring til dræning og perkolatopsamling. Derudover er der en potentiel stor mængde grundvand, der kan blive kontamineret på grund af deponier rundt på kysten. Da grundvandsmagasinerne i Grønland er begrænsede og ikke er drikkevandsressource, må perkolatudsivninger til det maritime miljø anses for værende problematiske. Det er påvist af Miljøstyrelsen, at emissionerne af tungmetaller fra deponierne har et problematisk niveau (Grønlands Hjemmestyre, 2005). Teknisk set er flere løsninger inden for rækkevidde, men økonomisk set er det næppe rentabelt at omlægge alle deponier i Grønland frem for at ophøre deponeringsproceduren. Til problemstillingen hører, at slaggen fra forbrændingen deponeres de samme steder og indeholder betydelige mængder tungmetaller.

En komplet transportløsning for det grønlandske affald er en mulighed med afgørende miljømæssige gevinster, om end ikke alle aspekter er taget i betragtning. Et eksportsystem vil kræve omlastningsfaciliteter til ballering og komprimering med tekniske og miljømæssige dimensioner, der bør vurderes. Et containerskib kan sørge for transporten til Europa, men bør indgå i en større transportløsning, så returfriplads undgås, hvilket vil belaste miljøgevinsten negativt. Det er tidligere undersøgt om fripladsen ombord på Royal Arctic Lines containerskibe kan bruges til affald, men da dette opfattes som farligt gods, kræver det særlige forhold (Miljøstyrelsen, 2005). Ingen er interesseret i at benytte containere, hvori der har været transporteret affald tidligere. Disse problemstillinger kan løses og burde ikke nødvendigvis forhindre et sådant system. Et interessant forslag kunne være, at lade affaldet gå til Island i stedet for Europa, det vil halvere energiforbruget til transport på grund af den kortere afstand.

Det er et åbent spørgsmål, hvorfor der ikke kildesorteres affald i Grønland eller genanvendes mere end tilfældet er. Derfor er modelleringer af systemer med genanvendelse væsentlige for den overordnede vurdering. Afgørende for denne modellering er, at der er taget udgangspunkt i genanvendelse i Europa, hvorfor transportbehovet stiger. Med udgangspunkt i lokalgenanvendelse i form af produktion af papiruld til isolering, glas som tilslag i beton eller fyld i vejklaser, vil transportbehovet reduceres og ligeledes transport ved import af konventionelle produkter og materialer. Det ændre dog ikke på, at tabet af fjernvarme skal erstattes indførelse af genanvendelse.

En kombination af flere tiltag er den løsning, der umiddelbart giver det bedste resultat. Selvom der er taget udgangspunkt i det praktisk mulige, så forudsætter kombinationen af øget forbrænding, øget udnyttelse af den producerede fjernvarme og kildesorteringen af farligt affald, investeringer på det tekniske og menneskelige plan. Det kræver økonomi at bygge affaldsforbrændingsanlæg, hvilket vil være krævet, da de eksisterende anlæg kun har en begrænset overkapacitet. Derudover skal fjernvarmenettet udbygges, hvilket også kræver investeringer. Til gengæld vil kildesortering af farligt affald være forholdsvis enkelt at iværksætte. Det kræver organisering og at borgerne får medansvar for processen og for opgaven. Kotter (1997) nævner manglende forankring af forandringen som årsag til dårlige resultater, hvilket er forholdsvis tydeligt i spørgsmålet om kildesortering af farligt affald i Grønland.

Den Europæiske Unions affaldshierarki er ofte trukket frem i affaldssammenhænge i Grønland. Ud over at skulle forhindre affaldsgenerering og minimere affaldsmængderne, så skal affaldet genbruges og genanvendes, før forbrænding og slutteligt deponi. Det ser ud til i det grønlandske affaldssystem, at affaldshierarkiet for nuværende har affaldsforbrænding over genbrug og genanvendelse set i et miljømæssigt perspektiv.

### 7.3 Implementering af nye systemer

Set ud fra et affaldsmæssigt perspektiv i Grønland, synes afstanden mellem borger og myndighederne at være stor. Systemet er top-down styret og hovedparten af befolkningen synes ikke at have forståelse for systemet i sin helhed. Det grønlandske system er top-down-styret, til forskel fra Alaska, der har et bottom-up-styret system. Implementering af nye affaldssystemer i Grønland skal ses i et bredt samfundsmæssigt perspektiv. Med afsæt i Alaska vil det være naturligt, at tage utraditionelle metoder i brug. Alaska har et bottom-up styret system med en overraskende synergieffekt af oprydning, borgerinddragelse og borgermedansvar, hvilket har været succesfuldt fordi niveauet af borgerinddragelse er langt højere end i Grønland. I Alaska er der sammenhæng mellem succesfuld affaldsindsamling og borgernes medvirken.

De politiske mål i affaldssystemet er relevante, men synes ofte langt fra implementering, på grund af for svag kommunikation mellem myndighed og borger. I udformningen af et alternativt affaldssystem, er det værd at inddrage gode erfaringer fra udlandet i udviklingsprocessen. Det vil være naturligt at drage fordel af stordriftsfordele igennem øget samarbejde mellem de enkelte

forbrændingsanlæg. Der kunne således dannes et fælleskommunalt affaldsselskab, som det er tilfældet på Færøerne (se afsnit 6.4 *Systemer i andre lande til inspiration*), blandt andet af hensyn til at oppebære en større del af egenfinansiering i systemet, baseret på effektiv produktion og salg af fjernvarme.

Undersøgelsen af husholdningsaffaldet og dettes fraktion af farligt affald, herunder batterier og elektronik, viser at ca. 90 ton tungmetalholdigt materiale ender i husholdningsaffaldet, hvoraf ca. 55 ton forbrændes. Det sker på trods af Grønlands Selvstyres bestræbelser på en organiseret indsamling. Det kan skyldes manglen på empowerment og borgerinddragelse. Det er udbredt blandt borgere i Grønland, at affaldshåndteringen er et kommunalt anliggende, der ligger uden for borgerens indflydelse. Indførelse af nye affaldssystemer er erfaringsmæssigt forbundet med en lang implementeringsfase for medarbejderne og brugerne af systemer (Christensen, 2011b). Udbyttet af et hvert affaldssystem afhænger helt og aldeles af brugernes villighed til at anvende systemet og gøre det korrekt. Ifølge Hoffmann (2000) er informationsniveauet til brugerne af systemet af overordentligt stor betydning, samtidigt med at systemet skal være logisk og attraktivt at bruge.

Hoffmann (2000) nævner at information ikke nødvendigvis fører til viden, hvilket i sig selv er interessant, fordi kampagner kan skyde forbi målet. Viden fører ikke automatisk til handling, hvilket betyder, at borgerne måske godt ved, at farligt affald er miljøproblematisk, men det betyder ikke at de afleverer det. Slet ikke hvis affaldet er svært at komme af med. Informationen skal være tilstrækkelig og målrettet, hvis implementeringen af et nyt system skal blive en succes (Christensen, 2011b). En anden komponent i informationsstrømmen er opfattelsen af et problem. Det som myndighederne opfatter som et problem, er ikke nødvendigvis et problem for borgerne med et grønlandsk verdensbillede (Hansen et al., 2002). Det betyder, at kampagner brugt i Danmark ikke altid kan overføres direkte til grønlandske forhold.

For at implementeringen af nye affaldssystemer skal have brugbar effekt, er det afgørende, at arbejdet gennemføres med borgerinddragelse. Det kan gøres ud fra teorier om co-management og empowerment. Således, at de af Kotter (1997) omtalte fejl, kan undgås. Indsamlingen af farligt affald i Grønland er et eksempel på tiltag, der i højere grad burde være velforankret hos borgerne, ud fra en betragtning om ansvarsbevidste handlinger, der er til eget og fællesskabets bedste. At borgerne lader både farligt affald og metalaffald ende i det forbrændingsegnede affald, skyldes formodentligt en ligegyldighed og afmagt

over for et uforståeligt system. Derudover har den enkelte borger en begrænset viden om affaldssystemet og dets baggrund, hvorfor det er af uvidenhed, at metalstykker og farligt affald havner i det forbrændingsegnete affald. Ved implementering af nye affaldssystemer i Grønland, er det vigtigt at arbejdet udføres af medarbejdere med et højt modenhedsniveau og dermed højt indsigt i og viden om Grønlands affaldsproblematik for at sikre en succesfuld introduktion af nye tiltag (Larsen, 2002).



## 8 Konklusion

Resultatet af de gennemførte undersøgelser af det grønlandske affaldssystem viser, at manglen på data og konkret viden om affaldets mængde, materialesammensætning og kemiske sammensætning, gør vurdering af affaldssystemet, samt udfærdigelsen af alternative løsninger vanskelig.

Ved en samlet kortlægning af affaldssystemet i Grønland, er affaldet opdelt i fire typer; husholdningsaffald, erhvervsaffald, metalskrot og farligt affald. Den totale affaldsmængde i Grønland er årligt ca. 45.000 ton, hvoraf 7600 ton er husholdningsaffald, 33.600 ton er erhvervsaffald og den årlige tilførsel af metalskrot er ca. 2000 ton. Det farlige affald udgør årligt ca. 600 ton, samt 200 ton flyveaske. Kortlægningen viser, at ca. 45% (20.000 ton) forbrændes i de seks største byer, at ca. 50% (22.500 ton) deponeres og at metalskrot og farligt affald, opmagasineres, men overtid eksporteres.

Igennem de detaljerede affaldsundersøgelser af 15% af det ugentlige indsamlede husholdningsaffald i Sisimiut, der som næststørste by repræsenterer 10% af befolkningen i Grønland, er der tilvejebragt ny viden om affaldets mængde og sammensætning. Hver borger genererer 135 kg husholdningsaffald årligt, med en kemisk sammensætning der ligner andre vestlige lande, men at fordelingen af affaldet i materialefraktioner afviger fra de samme lande. Den største fraktion er bioaffald i form af køkkenaffald, der udgør 43%. Dernæst kommer den brændbare fraktion uden genanvendelige materialer, der udgør 30%. De genanvendelige fraktioner udgør i omvendt numerisk rækkefølge: papir (8%), glas (7%), pap (3%), plastik (2%) og metal (2%). Dertil kommer fraktionen af ikke-brændbare materialer (2%), farligt affald (1%) (herunder 0,1 % batterier) og træ (1%).

Erhvervsaffaldets præcise sammensætning er ukendt, men det er vurderet ved visuel estimering, at halvdelen af affaldet består af pap, bioaffald og træ, mens den anden halvdel består af en længere række materialer. Mængden er vurderet til at være 500-600 kg pr. person pr. år. Indholdet af det private storskrald er ukendt, men er indregnet i erhvervsaffaldet af praktiske årsager. Mængden af metalskrot og sammensætningen er ukendt, men er vurderet til at være ca. 35 kg pr. person pr. år og primært at indeholde stål, jern, aluminium og kobber. Derudover har de gennemførte undersøgelser af slagge vist, at der er metaldele i det forbrændingsegnede affald, hvilket slider på de mekaniske dele i forbrændingsanlæggene. Det farlige affald bliver i et vist omfang samlet, men det



anslås at kun 25% af det farlige affald i husholdningerne, herunder særligt batterier og elektronik afleveres til modtagestationerne. Undersøgelserne af både husholdningsaffaldet og slagge viser at kun en beskedne mængde af batterierne afleveres, mens resten ender i det brændbare affald.

Med udgangspunkt i de bedst mulige data, opnået ved undersøgelse af både affald og restprodukter, samt ved indsamling af data fra kommunernes tekniske forvaltninger og Grønlands Selvstyre, er der gennemført en miljømæssig vurdering af det nuværende affaldssystem. Vurderingen af den miljømæssige påvirkning fra systemet er modelleret i EASEWASTE.

Det samlede affaldssystem har, set ud fra et samlet samfundsmæssigt perspektiv, en moderat påvirkning på miljøet. Affaldsforbrændingsanlæggene bidrager med potentielle humantoksiske emissioner, primært på grund af de forholdsvis små anlæg og deres begrænsede røggasrensningssystemer, men også indirekte på grund af begrænset frasortering af farligt affald. Det vurderes, at deponeringen af affald har betydning for kvaliteten af grundvandet og lokalt har betydning for omgivelserne. Det nuværende affaldssystem er bedre end ensidig deponering af affald, men modelleringerne viser, at der er behov for reduktion af emissionerne fra forbrændingsanlæggene. Dette indebærer blandt andet et øget fokus på indsamlingen af farligt affald med henblik på behandling i Danmark. En øget udnyttelse af den producerede fjernvarme er, set i et samfunds- og miljømæssigt perspektiv, den bedste løsning for en udnyttelse af den ressource affaldet udgør. Modelleringerne har vist, at det er der de største miljømæssige gevinster findes. Dette afhænger dog i høj grad af indsamlingen af farligt affald, der er en nøgelfaktor i affaldsforbrændingernes påvirkning på miljøet.

De store afstande og relativt små mængder affald besværliggøre vurderingen af øget genanvendelse, men da genanvendelige materialer skal eksporteres, kan afstandene til Europa og USA gøre genanvendelse mindre attraktivt og derved gøre lokal genanvendelse til en parameter i vurderingen. Der er ingen anlæg i Grønland til oparbejdning af genanvendelige materialer og de forholdsvis små mængder gør det ikke videre attraktivt at udføre. Med udgangspunkt i eksporten af genanvendelige materialer, er der ingen gevinst ved kildesortering af fraktionerne papir, pap og glas. Tabet af energi i systemet til fjernvarmeproduktion, ved eksport af affaldsfraktioner som papir og pap, modsvarer ikke gevinsten ved genanvendelse, særligt ikke når energi til transportarbejdet medregnes. Metal, der findes i relativt store mængder og som for nuværende eksporteres jævnligt kan godt miljømæssigt svare sig.

Modelleringerne indikerer at eksport af alt affald fra Grønland til forbrænding i Danmark er en løsning, der er til fordel for miljøet på trods af transporten. Det vil i den sammenhæng være nødvendigt med kildesortering, da ikke alt affaldet er forbrændingseget og det vil være nødvendigt at leve op til danske krav til affaldshåndtering. En så gennemgribende ændring af det grønlandske affaldssystem kræver flere analyser af økonomiske og logistiske forhold.

Det ses af de modellerede scenarier, at selvom enkelttiltag i affaldssystemet giver gode resultater og belaster miljø mindre end det nuværende system, så er kombinationen af flere tiltag det, der giver den absolut største gevinst. Særligt viser modelleringen, at en kombination af øget forbrænding, øget udnyttelse af den producerede fjernvarme og stærk indsats på sorteringsområdet, når det gælder farligt affald, har en betydelig effekt på reduktionen af potentielle miljøpåvirkninger fra affaldssystemet i Grønland. Bidrag fra kildesortering af genanvendelige materialer som papir, pap og bioaffald bidrager ikke væsentligt til reduktionen af den miljømæssige påvirkning på miljøet.



## 9 anbefalinger

Formålet med denne afhandling er at bidrage med viden om affaldssystemet til det grønlandske samfund og vurdere det nuværende affaldssystems miljømæssige påvirkninger, samt alternative systemers relative positive eller negative konsekvenser for miljøet. Det kan derfor, på baggrund af konklusionerne af dette arbejde, anbefales:

### **At øge mængden af affald der forbrændes.**

Resultaterne af modelleringerne viser, at der er miljømæssige gevinster forbundet med øget affaldsforbrænding. Det vil særligt være de miljømæssige påvirkningers bidrag til global opvarmning, hvor gevinsten er stor. Det er dog en forudsætning for miljøgevinsten, at den producerede fjernvarme udnyttes fuldt ud, da fortrængningen af fossilt brændsel er en hovedfaktor i besparelserne inden for den potentielle globale opvarmning, samt at der sikres en effektiv indsamling af farligt affald, da netop denne affaldsfraktion er afgørende for udledningen af humantoksiske stoffer fra forbrændingsanlæggene.

### **At udnytte den producerede fjernvarme fuldt ud.**

Modelleringerne viser, at fuld udnyttelse af fjernvarmepotentialet fra affaldsforbrændingerne er en nøgleparameter i reduktionen af miljøpåvirkningens potentielle bidrag til global opvarmning. Det er afgørende for Grønlands indsats i kampen mod den globale opvarmning, at affaldssystemet tænkes med ind og bidrager mest muligt ved at undgå deponi af omsætteligt materiale og øge udnyttelsen af fjernvarme fra forbrændingsanlæggene. Det anbefales, at de krævede investeringer i ledningsnettet foretages og at der arbejdes målrettet mod et maksimalt salg af fjernvarme fra affaldsforbrændingsanlæggene. Det er dog en forudsætning for den miljømæssige gevinst, at der sikres en effektiv indsamling af farligt affald, således at udledningen af humantoksiske stoffer fra forbrændingsanlæggene reduceres.

### **At indsamlingen af farligt affald forbedres radikalt.**

Det er nødvendigt med en forbedring af indsamlingen af farligt affald, hvis forbrændingspotentialet skal udnyttes fuldt ud. Emissionerne af humantoksiske stoffer skyldes fraktionen af farligt affald i det forbrændingsegnede affald. Ved en massiv og effektiv indsats inden for indsamling af farligt affald, vil miljøpåvirkningen fra affaldsforbrændingens luftemissioner kunne mere end halveres. Det anbefales, at implementere mere effektive indsamlingssystemer til farligt affald ved hjælp af borgerinddragelse og bedre information.

### **At der føres et affaldsregnskab over mængder og sammensætning af affaldet.**

For at kunne tilpasse affaldssystemet i Grønland til den samtidige affaldssituation, vil det være nødvendigt at udarbejde lokale og nationale affaldsregnskaber. Regnskaberne skal indeholde opgørelser over mængder af indsamlet, afleveret, forbrændt, deponeret og eksporteret affald, samt opgørelser over typer af materialefraktioner i affaldet. De indsamlede data skal bruges til at udvikle affaldssystemet og vurdere miljømæssige konsekvenser af ændringer i systemet. Affaldsregnskaberne skal føres af medarbejderne ved modtagestationer, forbrændingsanlæg og deponier på standardiserede regnskabsark, der kan samles og administreres af Grønlands Statistik eller KaNuKoKa.

### **At borgerinddragelse bliver et nøgleværktøj i affaldssystemet.**

Det anses for afgørende for succesraten i indsamlingen af farligt affald og kildesortering af metalaffald, at borgerne inddrages massivt i udviklingen af affaldshåndteringsløsninger. Det vil øge den almene bevidsthed om affaldssystemet og styrke borgernes ansvarsfølelse over for deres eget miljø. Det anbefales, at implementeringen af nye affaldssystemer tager udgangspunkt i teorier for empowerment eller co-management for at sikre tilfredsstillende resultater og opnå fuldt udbytte af systemet.

### **At et kombineret system implementeres.**

For at sikre, at de potentielle miljømæssige påvirkninger fra affaldssystemet er færrest mulige, bør både øget affaldsforbrænding, fuld udnyttelse af den producerede fjernvarme og forbedret indsamling af farligt affald indgå i et fremtidigt affaldssystem i Grønland. Det anbefales, at kommunerne i Grønland går sammen om opgaven og sikre interkommunalt samarbejde såvel som deling af viden, til sikring af et miljømæssigt velfunderet grønlandsk affaldssystem.

## 10 Fremtidige undersøgelser

En af udfordringerne i kortlægningen af de potentielle miljømæssige påvirkninger fra det grønlandske affaldssystem, er manglen på data. Det er derfor nødvendigt for Grønland, at der i fremtiden satses på indsamling af viden om affaldets mængde og sammensætning. Dette projekt har bidraget med data om husholdningsaffaldets mængde og sammensætning i Sisimiut, målt i en uge i august måned. For at øge mængden af data og styrke det repræsentative grundlag af de kendte data, bør der foretages yderligere undersøgelser af affaldet om vinteren, samt i forskellige byer og bygder.

Da erhvervsaffaldet udgør størstedelen af den samlede affaldsmængde, bør der foretages undersøgelser af erhvervsaffaldets sammensætning og mængden af mulige genanvendelige materialer. Undersøgelserne bør foretages under hensyn til indbyggertal og sæsonvariationer på de enkelte lokaliteter, samt over længere perioder.

For at styrke viden om indsamling af farligt affald, bør der foretages studier af de importerede varegrupper, for derigennem at kunne planlægge den nødvendige indsats på indsamlingsområdet med hensyn til batterier, elektronik med mere. Da Grønland teknisk set kan opfattes som et lukket system med ødrift, vil undersøgelser af adfærdsmønstre i affaldsindsamlingen og studier af implementering af affaldssystemer være interessante, fordi systemet kan overvåges detaljeret. Det er i den forbindelse nærliggende at kigge nærmere på virkningen af borgerinddragelse og dens indflydelse på succesraten i indsamlingssystemet, hvor for eksempel byer eller bydele holdes op imod hinanden.

Der foreligger på nuværende tidspunkt undersøgelser af emissioner fra forbrændingerne i enkelte byer og bygder, men det forhindrer ikke at nye undersøgelser kan foretages, specielt i sammenhæng med øget forbrænding og udnyttelse af fjernvarmepotentialet fra forbrændingsanlæggene. Ligeledes foreligger der undersøgelser af perkolater fra deponier på kysten, men viden om omsætningsprocesser og nedbrydning af materialer under arktiske forhold er begrænset og kunne gøres til genstand for undersøgelser på videnskabeligt plan.



# 11 Referencer

- Andersen, M.L., Brok, P.N. & Mathiasen, H. (2007), Empowerment – teori og praksis, Dafolo a/s, Frederikshavn.
- Borrini-Feyerabend, G. (2000), Co-management of Natural Resources: Organising, Negotiating and Learning by Doing, IUCN, Yaoundé, Cameroon.
- Kotter, J.P. (1997), I spidsen for forandring, Peter Asschenfeldts nye Forlag a/s, København.
- Brugsen, (2010), Personlig kommentar fra ledende medarbejder i Brugsen i Sisimiut, Sisimiut, Grønland.
- Carl Bro, (1996), Grønland – Handlingsplan for den fremtidige affaldshåndtering i byerne i Grønland in Danish, July 1996, Carl Bro as, Glostrup.
- Christensen, T.H. & Matsufuji, Y. (2011b), Chap. 6.3 Source Segregation and Collection of Source-Segregated Waste, Christensen, T.H. (2011), Solid Waste Technology & Management, John Wiley and Sons, Ltd. Publications, vol. 1 pp. 296-310.
- Christensen, T.H., Simion, F., Tonini, D. & Møller, J. (2011a), Chap. 3.3 LCA Modeling of Waste Management Scenarios, Christensen, T.H. (2011), Solid Waste Technology & Management, John Wiley and Sons, Ltd. Publications, vol. 1 pp. 162-179.
- Eisted, R., Christensen, T.H. (2011a). Wastes management in Greenland: Current situation and challenges. Waste Management & Research, (in press). DOI: 10.1177/0734242X10395421
- Eisted, R., Christensen, T.H., (2011b). Characterization of household waste in Greenland. Waste Management, (accepted).
- Eisted, R., Christensen, T.H., (2011c). Environmental assessment of waste management in Greenland: Current practice and potential future developments, Waste Management & Research, (submitted).
- Eisted, R., Larsen, A.W., Christensen, T.H., (2009), Collection, transport and transfer of waste: Accounting of greenhouse gasses and global warming contribution. Waste Management & Research, 27, 738-745.
- Espersen, C. (2009), Leder af modtagestation, I/S Mokana modtagestation for farligt affald, Aalborg, Danmark, 31.10.2009. (Personlig rundvisning).
- Europaparlamentet, (2008), EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2008/98/EF af 19. november 2008 om affald og om ophævelse af visse direktiver, Den Europæiske Unions Tidende L 312/3, 22.11.2008.



Fjallstein, I. (2008), Miljøvejleder, IRF, Leirvik, Færøerne. (Personlig rundvisning).

Grønlands Hjemmestyre, (1988), Landstingsforordning nr. 12 af 22. december 1988 om beskyttelse af miljøet, Grønlands Hjemmestyre, Nuuk, Grønland, [www.nanoq.gl/gh.gl-love/dk](http://www.nanoq.gl/gh.gl-love/dk)., 01.02.2008.

Grønlands Hjemmestyre, (1993), Hjemmestyrets bekendtgørelse nr. 28 af 17. september 1993 om bortskaffelse af affald, Grønlands Hjemmestyre, Nuuk, Grønland, [www.nanoq.gl/gh.gl-love/dk](http://www.nanoq.gl/gh.gl-love/dk)., 01.02.2008.

Grønlands Hjemmestyre, (2005), Miljøtekniske undersøgelser af lossepladser i Grønland, Carl Bro Gruppen, Miljøstyrelsen, DANCEA projekt M127/001-0113, Danmark.

Grønlands Hjemmestyre, (2007), Landstingsforordning nr. 8 af 15. november 2007 om ændring af landstingsforordning om beskyttelse af miljøet, Grønlands Hjemmestyre, Nuuk, Grønland, [www.nanoq.gl/gh.gl-love/dk](http://www.nanoq.gl/gh.gl-love/dk)., 01.02.2008.

Grønlands Hjemmestyre, (2008), Redegørelse – Affaldshandlingsplan 2010-2013, Grønlands Hjemmestyre, Departementet for Infrastruktur og Miljø, Miljøstyrelsen, Nuuk, Grønland.

Grønlands Hjemmestyre, (2010), Affaldshandlingsplan 2009-2012, Grønlands Hjemmestyre, Departementet for Infrastruktur og Miljø, Miljøstyrelsen, Nuuk, Grønland.

Grønlands Kommissionen, (1950a) Grønlands Kommissionens betænkning 1, Indledning, Planlægning og udformning af bebyggelse, Den fremtidige anlægsvirksomhed, København, Danmark. pp 100-101.

Grønlands Kommissionen, (1950b) Grønlands Kommissionens betænkning 4, Sundhedsvæsenet, Boligbyggeriet og Sociale forhold, København, Danmark. Vol. I pp 39 og Vol. II pp 102-103.

Grønlands Selvstyre, (2010), Pressemeddelelse fra Departementet for Indenrigsanliggender, Natur og Miljø, Grønlands Selvstyre, Nuuk, Grønland, [www.nanoq.gl/emner/landsstyre/departementer/](http://www.nanoq.gl/emner/landsstyre/departementer/).

Grønlands Styrelse, (1938), Beretninger og Kundgørelser vedrørende Kolonierne i Grønland for årene 1933-1937, København, pp. 920-937.

Grønlands Styrelse, (1949), Beretninger vedrørende Grønlands styrelse, Beretninger fra den af Sundhedstyrelsen til Grønland udsendte Lægespedition 1947-1948, Nr. 1. pp 106-108.

Hansen, K.G. & Rasmussen, R.O. (2002), Aspekter af bæredygtig udvikling i Grønland, Sisimiut museum/NORS, Del II.

Hjelmar, O., Johnson, A. & Comans, R. (2011), Chap. 8.4 Incineration: Solid Residues, Christensen T.H. (2011), Solid Waste Technology & Management, John Wiley and Sons, Ltd. Publications, vol. 1 pp. 430-462.

Hoffmann, B. & Kofoed, J. (1999), Fra tilskuer til deltager metoder til borgerdeltagelse i byøkologi og agenda 21, Danmarks Naturfredningsforening og Friluftsrådet, København.

Jørgensen, M.L., (2002), Barrierer for en miljø- og sundhedsmæssig forsvarlig håndtering af affald i Grønland, KaNuKoKa, Nuuk, Grønland.

KaNuKoKa, (2011), De grønlandske kommuners forenings hjemmeside, [www.kanukoka.gl/da/kommunale\\_sagsomraeder/teknik\\_og\\_miljoe/miljoe/affald](http://www.kanukoka.gl/da/kommunale_sagsomraeder/teknik_og_miljoe/miljoe/affald)., Nuuk, Grønland, 01.02.2011.

Kahlig, W. (2001), Inter-cultural Leadership and Cultural Co-management in the Greenland Labor Market, (Participatory Ownership and Management in Greenland and other Circumpolar regions – Proceedings from a Network Seminar in Ilulissat), pp 171-191, Atuagkat, Nuuk, Greenland.

Kirkeby, J.T., Hansen, T.L., Birgisdóttir, H., Bhandar, G.S., Hauschild, M.Z., Christensen, T.H., (2006). Environmental assessment of solid waste systems and technologies: EASEWASTE. Waste Management & Research, 24, 3-15.

Kristensen, L. (2008), Miljømedarbejde, Teknisk Forvaltning, Qeqqata Kommunia, Sisimiut, Grønland, 21.02.2008. (Personlig kommentar).

Kotter, J.P. (1997), I spidsen for forandring, Peter Asschenfeldts nye Forlag, København, 1. udg., 3. opl.

Larsen, A.W., Vrgoc, M., Lieberknecht, P. & Christensen, T.H. (2009). Diesel consumption in waste collection and transport and its environmental significance. Waste Management & Research, 27, 652-659.

Larsen, B (2002), Meningen i galskaben, Introduktion til ledelsesteoriene, Jurist- og Økonomiforbundets Forlag, Danmark.

Løgstrup, L. (2010), Direktør for teknik, miljø og økonomi i Qeqqata Kommunia, indlæg på Artek Events Konference, 16-18. marts 2010, Arctic Energy Supply - Production, Distribution, Management and Legislation, Sisimiut, Grønland.

B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds), (2007), Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Miljøstyrelsen, (2005), Grønland - Transport af forbrændingsegnet affald, projektrapport, København, Danmark.

Perkins, D.D. and Zimmerman M.A. (1995), Empowerment Theory, Research and Application, American Journal of Community Psychology, vol. 23, No. 5, 1995, pp 569-579.

Pisiffik, (2010), Personlig kommentar fra ledende medarbejder på Pisiffiks hovedkontor i Sisimiut, Sisimiut, Grønland.

Riber, C., Rodushkin, I., Spliid, H. & Christensen, T.H. (2007): Method for fractional solid-waste sampling and chemical analysis. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 87, pp 321-335.

Skriver, H.J., Staunstrup, E. & Kærgård, A. (2004), *Ledelse i praksis*, Trojka a/s, Nykøbing F., pp 95-100.

Stranddorf, H.K., Hoffmann, L., Schmidt, A., 2005. Impact categories, normalisation and weighting in LCA, Updated on selected EDIP97-data. *Environmental News No. 78 2005*. Danish Environmental Protection Agency, Danish Ministry of the Environment, Copenhagen, Denmark.

Wenzel, H, Hauschild, M. & Alting, L. (1997) *Environmental Assessment of Products, Vol. 1: Methodology, Tools and Case Studies in Product Development*. Institute of Product Development, Kluwer Academic Publishers, Hingham, MA. USA.

Zielke, U., Kriegbaum, M. & Knudsen, K.U. (2002), *Emissioner fra affaldsforbrænding i Grønland*, Grønlands Hjemmestyre, Nuuk, Grønland.

## 12 Artikler og bilag

- I. Eisted, R., Christensen, T.H. (2011a). Wastes management in Greenland: Current situation and challenges. *Waste Management & Research*, DOI: 10.1177/0734242X10395421.
- II. Eisted, R., Christensen, T.H., (2011b). Characterization of household waste in Greenland, *Waste Management*, (accepted).
- III. Eisted, R. & Christensen, T.H. (2011). Environmental assessment of waste management in Greenland: Current practice and potential future developments, *Waste Management & Research*, (submitted).
- IV. Eisted, R., Larsen, A.W. & Christensen, T.H. (2009). Collection, transport and transfer of waste: Accounting of Greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management & Research*, 27, 738-745.
- V. Eisted, R., Resultater af undersøgelser af flyveaske, slagge og røggas fra forbrændingsanlægget i Sisimiut.

De ovenfor nævnte artikler er ikke inkluderet i denne www-version, men kan rekvireres fra biblioteket på DTU Miljø. Kontaktinfo: Biblioteket, Institut for Vand og Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet, Miljøvej, Bygning 113, DK-2800 Kgs. Lyngby, Danmark eller [library@env.dtu.dk](mailto:library@env.dtu.dk)





Institut for Vand og Miljøteknologi (DTU Miljø) forsker inden for fire ingeniørvidenskabelige temaer:

Water Resource Engineering, Urban Water Engineering,  
Residual Resource Engineering og Environmental Chemistry & Microbiology.  
Hver tema består af to til fire forskningsgrupper.

Instituttet blev grundlagt i 1865 af Ludvig August Colding, som gav den første forelæsning i teknisk hygiejne, bl.a. som følge af koleraepidemien i København, hvor flere end 4000 personer døde i 1853.

**DTU Miljø**  
**Institut for Vand og Miljøteknologi**  
Danmarks Tekniske Universitet

Miljøvej, bygning 113  
DK-2800 Kgs. Lyngby  
Danmark

Tlf.: 4525 1600  
Fax: 4593 2850  
e-mail: [reception@env.dtu.dk](mailto:reception@env.dtu.dk)  
[www.env.dtu.dk](http://www.env.dtu.dk)

ISBN 978-87-92654-38-0