

# **ALTERNATIVE DRIVMIDLER TIL RENOVATIONSBILER**

BILAGSRAPPORT

Januar 2013

<b>INDHOLDSFORTEGNELSE</b>	<b>SIDE</b>
<b>BILAG 1: LITTERATURSTUDIE</b>	<b>3</b>
<b>BILAG 2: DATA GRUNDLAG FOR BEREGNING</b>	<b>34</b>
<b>BILAG 3: LOVGIVNING FOR MOTORBRÆNDSTOFFER</b>	<b>50</b>

## BILAG 1: LITTERATURSTUDIE

### Litteraturstudie og kortlægning

28. august 2012

#### FORKORTELSER OG TEKNISKE BETEGNELSER

I dette afsnit vil forkortelser og tekniske betegnelser, der anvendes i forbindelse med biobrændstoffer og eldrift, blive forklaret. Alle de forklarede forkortelser og tekniske betegnelser vil ikke nødvendigvis blive benyttet i dette notat.

AFME – Animal Fatty Methyl Ester betegner biodiesel fra animalsk fedtstof.

Brændværdi – Et mål for energiindholdet i en gas, væske eller faststof og angives typisk i MJ/kg. Der findes en øvre brændværdi (HHV) og en nedre brændværdi (LHV). Den øvre brændværdi angiver den energi, der bliver frigjort ved forbrænding, mens den nedre angiver den energi, der bliver frigjort ved forbrænding minus den energi, der frigøres, når vanddampen i røggasen kondenseres. I Danmark anvendes den nedre brændværdi.

B XX – B'et står for biodiesel, og det efterfølgende tal angiver volumenprocenten af biodiesel blandet i almindelig diesel. Blandingerne findes typisk i >B30 i henhold til EU-standarder og som B100 - ren biodiesel.

CBG – Compressed Biogas, typisk gældende for ca. 97 % methan komprimeret til 200 bar tryk.

CH<sub>4</sub> – Methan.

CNG – Compressed Natural Gas.

CO – Carbon Monoxid.

CO<sub>2</sub> – Kuldioxid.

Dual Fuel – Refererer til en forbrændingsmotor, der er i stand til at køre på en blanding af to typer brændstof, f.eks. flydende biogas og biodiesel.

Destillering – Betegner en metode, der separerer væsker eller faste stoffer ved forskellige kogepunkter. I forbindelse med biobrændstoffer bruges det til at adskille alkohol i bioethanol-produktionen.

DME – DiMethylEther, biobrændstof, der blandt andet kan produceres fra syntesegas.

E XX – E'et står for ethanol, og det efterfølgende tal angiver volumenprocenten af bioethanol. Resten består typisk af tilsatte smøremidler, da bioethanol har dårlige smøringsevner. Blandingerne findes op til E100, hvor E100 består af 100 % bioethanol. Dette ses kun i modificerede motorer.

Elhybrid – Betegner et køretøj, der drives af en elmotor og suppleres med en forbrændingsmotor, der drives enten af fossile- eller biobrændstoffer

EURO X – EURO er en standard, der angiver køretøjets partikeludledninger, og det efterfølgende nummer angiver, hvor lav køretøjets partikeludledning er. Numrene rangerer fra 1–6, hvor 6 er optimalt.

FAME – Fatty Acid Methyl Ester, betegnelsen er et andet udtryk for biodiesel og dækker både betegnelserne AFME og RME.

Fermentation – Kemisk proces, hvor organisk materiale nedbrydes til andet organisk og/eller uorganisk materiale. I forbindelse med biobrændstoffer bruges det om nedbrydelse af sukkerstoffer til alkohol i bioethanol-produktion.

FFV – Flexible Fuel Vehicle, har samme betydning som dual fuel, blot refererer FFV til selve bilen.

H<sub>2</sub> – Hydrogen.

H<sub>2</sub>S – Hydrogen Sulfit, udgør en lille del af biogas og fjernes ved opgradering.

HHV - Higher Heating Value.

Hydro Carbon gasser – Gastyper, der indeholder kulstof (C) og hydrogen (H).

kWh – Kilowattimer, bruges i forbindelse med el/elhybridkøretøjer og angiver kapaciteten af batteriet.

LBG – Liquid Biogas, typisk gældende for 97-100 % CH<sub>4</sub>.

LHV – Lower Heating Value.

Li-Ion – Betegner den type batterier, der bruges i elkøretøjer eller elhybrider.

LNG – Liquid Natural Gas.

Opgraderet biogas – Betegner biogas, hvor uønskede stoffer er fjernet, og der er ca. 97 % methan tilbage.

Nm<sup>3</sup> – Normal Cubic meter, angives om en gasvolumen ved 1.013 bar og 0 °C.

RME – Rapeseed Methyl Ester betegner biodiesel fra rapsolie.

## 1 INDLEDNING

Dette er en sammenfatning af det litteraturstudie, der er foretaget i forbindelse med nærværende projekt. Litteraturstudiet havde til hovedformål at præsentere en status for relevante biobrændstoffer og el/elhybrid i forbindelse med køretøjer. Studiet omfatter en beskrivelse af udbredelsen af teknologierne og den tilhørende infrastruktur samt relevante projekter i Danmark, Sverige og EU, som kan anvendes direkte eller være til inspiration for dette projekt. Yderligere omfatter litteraturstudiet en kort teknologibeskrivelse for de udvalgte drivmidler og de dertilhørende motorteknologier.

## 2 EKSISTERENDE FORHOLD FOR BIOBRÆNDSTOFFER OG ELDRIFT

### 2.1 Danmark

#### 2.1.1 Biobrændstoffer

Biobrændstoffer til transportsektoren er ikke så fremtrædende i Danmark, hvilket hovedsagligt skyldes, at biomasse i stedet bliver anvendt i kraftvarmesektoren. Grunden til dette er, at det i Danmark vurderes, at der kan opnås en højere udnyttelsesgrad af biomassen i kraftvarmesektoren end i transportsektoren. Den højere udnyttelsesgrad i kraftvarmesektoren er ligeledes et udtryk for Danmarks meget udbyggede fjernvarmeforsyning, som muliggør en effektiv udnyttelse af varmen fra kraftværkerne. Dette er også afspejlet i afgiftsreglerne, hvor biomasse er afgiftsfritaget i kraftvarmesektoren, mens biobrændstoffer er afgiftsbelagt i transportsektoren.

Mulighederne for at erstatte fossile brændstoffer i transportsektoren er begrænsede, og det er reelt set kun el og biobrændstoffer, primært bioethanol, biogas og biodiesel, der er holdbare løsninger. I Danmark er dette også kommet på dagsordenen, hvilket har ført til mere forskning på området og etablering af demonstrationsprojekter med køretøjer drevet af biobrændstoffer.

Udbredelsen af biogas eller andre biobrændstoffer er bremset af den høje energifgift, der pålægges brændstoffet. Eksempelvis har Danmark som det eneste land i EU afgiftsbelagt biobrændstoffer ud fra energiindholdet på lige fod med benzin og diesel. Energifgiften er fra 2011 hhv. 3,01 kr./l diesel, 3,24 kr./m<sup>3</sup> NG (også gældende for opgraderet biogas) og 4,28 kr./l benzin inkl. CO<sub>2</sub> afgift [1].

Samtidig koster lastbiler og busser der skal køre på biobrændstoffer mere end et tilsvarende dieselkøretøjer.

#### 2.1.2 Eldrift

Til trods for den megen omtale af elbiler i Danmark var der ved udgangen af 2010 kun 394 elbiler i Danmark – et tal, der dog er vokset til 1.191 ved udgangen af juli 2012. Af de 1.191 elkøretøjer er 999 elbiler, hvilket betyder, at der findes godt 200 køretøjer såsom busser, varevogne og lastbiler drevet af el [3].

Der har været stor fokus på udbredelsen af elbiler/elhybrider samt den nødvendige infrastrukturen for el drift i Danmark. Dette har eksempelvis været en af grundene til, at der er kommet elhybridbusser på testbasis, gang i udviklingen af et smart grid og flere ladestander i de store byer. I Energiforliget fra 2012 er der desuden afsat 70 mio. kr. blandt andet til en udrulning af ladestander til elkøretøjer [4].

Udbredelsen af eldrevne køretøjer går dog desværre stadig trægt, idet det økonomiske incitament til at anskaffe sig et elkøretøj ikke er stort nok. Elkøretøjer er godt nok afgiftsfritaget i Danmark, men prisen er stadig højere end tilsvarende køretøjer drevet af benzin eller diesel, hvilket primært skyldes, at batteripakken stadig er dyr at producere. Det vil derfor være nødvendigt at indføre subsidier eller yderligere skattelemper for at skabe et økonomisk incitament til anskaffelse af et elkøretøj.

Udviklingen inden for elkøretøjer er generelt ikke lige så langt fremme som den for biobrændstoffer, men med Danmarks udviklingstiltag på området såsom smart grid samt det faktum, at målet er, at 50 % af elforbruget i 2020 skal komme fra vindmøller, tyder det på, at der satses på dette drivmiddel i fremtiden.

## 2.2 Sverige

### 2.2.1 Biobrændstoffer

Sverige er medtaget separat i dette afsnit, da Sverige på mange måder er et foregangsland og sammenligneligt med Danmark, når det gælder biobrændstoffer til både biler, lastbiler, busser og sågar toge. De seneste kendte opgørelser i Sverige (februar 2012) viser, at der er solgt ca. 230.000 personbiler af den såkaldte flexible-fuel vehicles (FFV) type [5], der er biler, der kan køre på en blanding af biobrændstoffer og fossile brændstoffer, i Sverige typisk i blandingsforholdet 85 %/15% (E85). Sverige har også den største transportflåde af busser, der kører på bioethanol med et antal på over 600 busser, primært i Stockholm [6], men også Göteborg og Malmø har en del af busflåden, der kører på biogas.

Grunden til den hastige vækst i antallet af biler, busser og lastbiler drevet af biobrændstoffer i Sverige skal hovedsagligt findes i de politiske tiltag, der blev taget tilbage i 2005 for at møde klimamålene sat i Kyoto Protokollen, EU's mål for brugen af biobrændstoffer, samt regeringens ønske om at eliminere import af olie i 2020 [7]. De politiske tiltag til at fremme biobrændstoffer i køretøjer omfattede på forbrugersiden blandt andet [7]:

- Biobrændstoffer var fritaget for CO<sub>2</sub>- og energiafgifter
- Ved køb af en FFV gav staten 10.000 SEK i bonus
- Fritagelse for afgift ved passage af Stockholms betalingsring
- 20 % besparelse på bilforsikringer
- Gratis parkeringspladser i større svenske byer
- 25 % af alle regeringens bilindkøb (undtagen politi-, brandbiler og ambulancer) skal være biler drevet af biobrændstoffer.

De politiske tiltag omfattede på forsyningsiden [7]:

- Benzintanke med et salg på mere end 3 mio. liter brændstof årligt blev påkrævet at tilbyde minimum én type biobrændsel. Senere er dette tiltag blevet reguleret til at gælde for alle benzintanke med salg på mere end 1 mio. liter brændstof årligt.  
Busser, der kører på bioethanol og senest biogas, har været i drift i Sverige i de sidste 25 år, hvorimod bioethanol og biogas anvendt i lastbiler først er blevet mere almindeligt de sidste par år. Grunden er, at infrastrukturen ikke var klar til kommercialisering af lastbiler drevet af biobrændstoffer, men med de politiske tiltag fra 2005 er forsyningsinfrastrukturen hurtigt blevet klar i Sverige. Scania og Volvo har siden hen udviklet lastbiler til bioethanol, biodiesel, biogas og DME og med samme motor, som bruges i deres respektive busser eller med mindre modifikationer.

### 2.2.2 Eldrift

Ligesom i Danmark er elkøretøjer ikke særlig udbredte i Sverige. I alt er der kun ca. 300 elkøretøjer i hele Sverige. Det er dog ambitionen, at biogas og el skal være fremtidens drivmiddel i transportflåden [8].

## 2.3 EU



I EU er udbredelsen af både biobrændstofskøretøjer og eldrevne køretøjer meget forskellig fra land til land. For at fremme biobrændstoffer dikterer direktiv 2003/30/EC, at medlemsstaterne skal opfylde et krav om 5,75 % biobrændstof i det fossile brændstof inden udgangen af 2010 og 8 % i 2020.

Der findes ikke nogen gældende EU-lovgivning for udbredelsen af rene biobrændstofskøretøjer, elhybrider og elkøretøjer. EU giver dog støtte til store omfattende forsøgsprogrammer, der indeholder en lang række mindre forsøg. Eksempelvis kan programmerne biofuel-cities (biofuel-cities.eu), BEST-europe (best-europe.org), Framework Programme 7 (<http://cordis.europa.eu/fp7/home>) og European Green Cars Initiative (Green-cars-initiative.eu) nævnes.

I Figur 1 herunder ses en tabel for udbredelsen af gaskøretøjer og tankstationer i EU-lande. Det har ikke været muligt at finde tilsvarende tabeller for bioethanol og biodiesel, da der ikke umiddelbart føres statistik over E100 og B100 køretøjer og påfyldningsstationer, der leverer ren bioethanol og ren biodiesel.



**NGVs and refueling stations in Europe**

Country	Total NGV population (other than ships, trains and aircraft)						Total NGV population (other than ships, trains and aircraft)				NGVs and refueling stations in Europe								
	Total NGVs	LD+MD+HD Vehicles	LD Vehicles	MD+HD Buses	MD+HD Trucks	Other	% of total LD+MD+HD vehicles in the country	% of total NGVs in the area	Year	Total	Public	Private	Planned	% of total CNG stations in the area	L-CNG stations	LNG stations	All stations	VRA **	Date
<b>EU countries</b>																			
Austria	5.992	5.319	97	576	0	0,13%	0,59%	December 2011	202	172	30	0	0	7,2%	0	0	202	12	December 2011
Belgium	283	278	0	5	0	0,00%	0,03%	December 2011	14	9	5	28	0	0,5%	0	0	15	15	December 2011
Bulgaria	61.506	61.250	236	20	0	1,84%	6,06%	December 2011	102	101	1	5	0	3,6%	0	0	102	0	December 2011
Czech Republic	3.477	3.409	356	41	68	0,07%	0,34%	December 2011	49	37	12	10	0	1,7%	0	0	49	83	December 2011
Denmark	14	14	0	0	0	0,00%	0,00%	December 2011	1	1	0	0	0	0,0%	0	0	1	0	December 2011
Estonia	110	100	7	3	0	0,02%	0,01%	December 2011	2	2	0	3	0	0,1%	0	0	4	0	December 2011
Finland	985	875	75	15	20	0,03%	0,10%	December 2011	18	17	1	3	0	0,6%	0	0	18	10	December 2011
France	13.500	10.200	2.400	900	0	0,04%	1,33%	December 2011	177	37	140	10	0	6,3%	0	0	177	100	December 2011
Germany	96.215	94.504	1.560	93	58	0,22%	9,49%	December 2011	903	839	64	100	0	32,2%	0	0	903	804	December 2011
Greece	526	526	6	412	108	0,01%	0,05%	December 2011	3	3	0	3	1	0,1%	0	0	3	0	November 2010
Hungary	322	320	70	0	2	0,01%	0,03%	December 2011	3	3	0	3	0	0,1%	0	0	3	14	December 2011
Ireland	3	3	0	0	0	0,00%	0,00%	December 2011	1	0	1	1	0	0,0%	0	0	1	1	December 2011
Italy	779.090	775.590	2.300	1.200	0	1,91%	76,82%	December 2011	858	811	47	38	0	30,6%	2	0	860	199	December 2011
Latvia	18	18	0	0	0	0,00%	0,00%	December 2011	0	0	0	0	0	0,0%	0	0	0	1	December 2011
Lithuania	190	190	75	115	0	0,01%	0,02%	December 2011	3	3	0	5	0	0,1%	0	0	3	5	December 2011
Luxembourg	249	249	39	0	0	0,07%	0,02%	December 2011	8	6	2	2	0	0,3%	0	0	8	0	January 2011
Netherlands	4.301	4.300	590	180	1	0,05%	0,42%	June 2011	150	85	65	40	0	5,3%	2	0	152	558	December 2011
Poland	2.094	1.794	1.502	288	4	0,01%	0,21%	November 2011	46	32	14	0	0	1,6%	0	0	47	19	November 2011
Portugal	586	486	46	354	86	0,01%	0,06%	December 2011	5	1	4	1	0	0,2%	0	0	5	0	December 2011
Slovakia	864	864	344	80	0	0,05%	0,09%	June 2011	13	9	4	3	0	0,5%	0	0	13	15	June 2011
Slovenia	38	38	18	20	0	0,00%	0,00%	December 2011	2	1	1	1	0	0,1%	0	0	2	6	December 2011
Spain	3.219	3.176	574	1.503	1.099	0,01%	0,32%	December 2011	57	14	43	14	0	2,0%	3	1	61	0	December 2011
Sweden	40.029	37.700	1.750	577	2	0,83%	3,95%	December 2011	179	132	47	0	0	6,4%	4	0	183	21	December 2011
United Kingdom	559	519	3	496	40	0,00%	0,06%	December 2011	9	1	8	4	0	0,3%	9	13	31	10	December 2011
<b>Total</b>	<b>1.014.170</b>	<b>995.534</b>	<b>12.519</b>	<b>5.483</b>	<b>634</b>	<b>0,38%</b>	<b>100,00%</b>		<b>2.805</b>	<b>2.313</b>	<b>492</b>	<b>272</b>	<b>20</b>	<b>100,0%</b>	<b>18</b>	<b>2.843</b>	<b>1.873</b>		

Figur 1: Oversigt over antallet af gaskrøtøjer og påfyldningsstationer i EU-lande [9]

Ud fra tabellen ses det, at Italien har suverænt flest gaskøretøjer, efterfulgt af Tyskland, Bulgarien og Sverige. Tabellen skelner ikke mellem "naturgas" og "forædlet biogas".

I Tyskland har de et meget veludbygget gasnetværk og producerer mere biogas pr. indbygger end både Danmark og Sverige. Biogassen bliver dog ikke nødvendigvis forædlet til brug i transportsektoren – dette afhænger af efterspørgslen. På 38 påfyldningsstationer tilbydes 100 % biometan, og på 180 påfyldningsstationer tilbyder de CNG i 2011 [2].

Eldrift er ligesom i Danmark ikke så udbredt i EU, men der gives store beløb til forskning og forbedring af el- og elhybridkøretøjer og den tilhørende infrastruktur. Eksempelvis kan nævnes, at i slutningen af 2011 tildelte EU €24 mio. til udvikling af elkøretøjer.

## **2.4 Internationalt**

Der har i litteraturstudiet ikke været fokus på status og erfaringer internationalt set.

### 3 PROJEKTER OG AKTIVITETER I DANMARK, SVERIGE OG INTERNATIONALT

Den stigende fokus på klimaforandringer og minimering af CO<sub>2</sub>-udslip har ført til mange projekter og aktiviteter med biobrændstoffer og eldrift i transportsektoren i de seneste år i såvel Danmark som i udlandet.

I de følgende afsnit præsenteres udvalgte projekter, der foregår eller har foregået i Danmark, Sverige og EU/internationalt. Grunden til, at kun udvalgte projekter er præsenteret er, at det ikke er muligt at liste alle de udførte projekter og igangværende projekter. Der er generelt kun tilgængelige oplysninger om de større projekter, der har fået tildelt forskningsmidler og dermed indebærer offentliggørelse af projektbeskrivelse og ved afslutning en rapport med resultater. Typisk er der også mange mindre projekter, der er indeholdt i et stort projekt. Der vil derfor være fokus på de store og mere veldokumenterede projekter, der tilmed må forventes at opnå, eller har opnået, mest interessante erfaringer.

#### 3.1 Danmark

I de følgende afsnit præsenteres de udvalgte projekter kort i det omfang, det er muligt, hvorefter der henvises til en projektrapport, hvis projektet er afsluttet.

##### 3.1.1 Relevante EUDP-projekter

De EUDP-projekter, der er blevet gennemført i forbindelse med biobrændstoffer, er generelt i forbindelse med bioethanol. Der er også mange EUDP-projekter, der omhandler biogas, men de er alle i forbindelse med biogas til kraftvarmeproduktion og er derfor ikke relevante for nærværende projekt. Inkluderet er også 2 EUDP-projekter med elkøretøjer.

Herunder er der lavet en oversigt over nyligt afsluttede eller igangværende EUDP-projekter inden for biobrændstoffer. Ingen af de nævnte projekter omhandler pilotprojekter, hvor biobrændstoffer testes i praksis, men mere udvikling af selve teknologien. Eldriftprojekterne er mere af praktisk karakter.

Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transportopgave	Status
Effektive og ikke-forvridende biobrændstof politikker	Danmark	Alle biobrændstoffer	-	Afsluttet
Bedre 2. generations bioethanol teknologi	Danmark	Bioethanol	-	Afsluttet
BornBioFuel – Et demonstrationsanlæg på Bornholm	Bornholm	Bioethanol	-	Afsluttet

Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transportopgave	Status
Partnerskab for biobrændstoffer	Danmark	Alle biobrændstoffer	-	Afsluttet
Ensilering af grønne afgrøder til 2. generations bioethanol	Danmark	Bioethanol	-	Igangværende
Demonstration af 2. generations bioethanol produktion	Kalundborg	Bioethanol	-	Afsluttet
Optimering af 2. generations bioethanol	Danmark	Bioethanol	-	Afsluttet
Gærstammer til 2. generations bioethanol	Danmark	Bioethanol	-	Afsluttet
Måleprogram på gasdrevne køretøjer - IEA	Danmark / internationalt	Biogas/NG	Busser Lastbiler	Igangværende
Integreret fremdriftssystem til elbiler	Danmark	El	Biler	Igangværende
Hybridbiler og elektrisk biler - IEA	Danmark / internationalt	El	Biler	Igangværende

### 3.1.2 Forsøg med biodiesel – Center for Grøn Transport

Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transportopgave	Status
"Forsøg med biodiesel"	Danmark	Biodiesel (AFME og RME)	Busser Renovationsbiler Varebiler	Afsluttet

Som følge af EU's brændstofdirektiv, der pålagde medlemslandene en tvungen andel (5,75 % målt efter energiindhold) af biobrændstoffer i brændstofferne til transport, blev der afsat 60 mio. kr. til forsøg med biodiesel i demonstrationsprojekter i Danmark. Projektet blev delt op i 3 hovedområder – bilindustrien, brugere og forsyningsindustrien - og inkluderede 29 interessenter. På forsynings siden stod forskellige olieselskaber for at distribuere, forsyne og lagre biobrændstoffer. Desuden stod disse for at blande biobrændstoffet med diesel i korrekt blandingsforhold. Det var primært bus- og transport selskaber, der stod for at teste biobrændstofferne i forskellige blandingsforhold og driftssituationer. DAKA i Ringsted og Egeskov Oliemølle i Odense stod for henholdsvis produktion af AFME og rapsolie. DAKA producerer i dag stadig

biodiesel fra diverse typer kødaffald. En sammenfattende projektrapport kan findes i [10].

### 3.1.3 Bioethanol i fremtidens dieselmotorer – Teknologisk Institut

Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transportopgave	Status
Bioethanol i fremtidens dieselmotorer	Danmark	Bioethanol	Alle typer	Igangværende

Projektets formål er at udvikle en brændstof procesenhed, der er i stand til at omdanne bioethanol til DME, således at brændstoffet kan anvendes direkte i dieselmotorer uden behov for modificering af motoren. Dette projekt er også støttet af EUDP [11].

### 3.1.4 Biogas fra alger som 2. generations biobrændstof – Teknologisk Institut

Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transportopgave	Status
Biogas fra alger som 2. generations biobrændstof	Danmark	Biogas	Alle typer	Igangværende

Dette projekt er en del af et større internationalt projekt, hvor projektets mål er at udvikle og demonstrere et integreret anlæg til udnyttelse af organisk affald og CO<sub>2</sub> fra energiproduktion til – gennem dyrkning af alger - at producere 2. generations biobrændstof i form af biogas [12].

### 3.1.5 Gas på vej – Fredericia Kommune, Tunge køretøjer på gas – Økologisk Råd

Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transportopgave	Status
Gas på vej	Fredericia	Biogas	Bybusser Renovationsbiler Kommunebiler	Igangværende
Tunge køretøjer på gas	Danmark	Biogas	Busser Renovationsbiler Lastbiler Varevogne	Igangværende

Begge projekter er en del af Trafikstyrelsens forsøgsprogram "Energieffektive transportløsninger". I Fredericia omfatter projektet "Gas på vej", at der skal etableres en påfyldningsstation i forbindelse med byens biogasanlæg. Påfyldningsstationen skal levere biogas til bybusser, renovationsbiler samt nogle af kommunens biler.

Projektet "Tunge køretøjer på gas" er ledet af Økologisk Råd i samarbejde med Københavns Kommune og har til formål at iværksætte forsøg med gas i bl.a. renovationsbiler.

### 3.1.6 Go' Bus - Arriva

Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transportopgave	Status
Go' Bus	Danmark	Biogas	Busser	Igangværende

Go' Bus er et projekt, der er udført af Arriva i Danmark i samarbejde med bl.a. Helsingborg By, Skånetrafikken og Nordvästra Skånes Renhållningsbolag (NSR). Projektet omfatter ombygning af 10 traditionelle dieselbusser, så de kan køre på dual fuel i form af flydende biogas og biodiesel. Busserne skal så sættes i drift i et demonstrationsforsøg i 2012 og 2013.

### 3.1.7 Kacelle – DONG Energy/Inbicon

Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transportopgave	Status
Kacelle	Kalundborg	Bioethanol	-	Igangværende

Kacelle er et projekt udført af Inbicon under DONG Energy i samarbejde med Koninklijke DSM, Universidade Do Minho, Statoil hydro, Deutsches Biomasseforschungszentrum Gemeinnuetzige og Københavns Universitet. Projektet er EU-støttet og har til formål at optimere Inbicons anlæg i Kalundborg til produktion af bioethanol fra cellulose, hvilket skal gøre produktionsteknologien mere kommerciel og tiltrække investorer.

### 3.1.8 "El-Hybrid Skraldebil" – energibesparende batterifunktion, som også gør renovationskøretøjer støjsvage

Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transportopgave	Status
"El-Hybrid Skraldebil"	Danmark	Elhybrid	Renovationsbiler	Igangværende

Projektets formål er at skabe grundlag for en hurtig global markedsopskalering af det innovative hybrid-elektriske koncept til renovationskøretøjer gennem international afprøvning og videreudvikling.

Hybridkonceptet foregår i praksis ved, at det eksisterende hydrauliksystem til løft og komprimering, hvor kraftudtaget sker fra motoren, er erstattet af en eldrevet løsning, der medvirker til forbedring af miljø- og arbejdsmæssige forhold i forbindelse med affaldsindsamling. Løsningen giver en væsentlig reduktion af energiforbruget, mindre støjbelastning samt fjernelse af partikel-forurening.

Det batteridrevne kraftudtag og dataanalyseværktøjet testes i projektperioden på seks testkøretøjer i henholdsvis Tyskland, Holland, Sverige, Frankrig og Spanien, således at der i alt afprøves 30 testkøretøjer [13].

### 3.1.9 Elhybridbusser

En række danske byer har testet (og tester) elhybridbusser for at undersøge parametre såsom partikeludledning og driftsøkonomi:

- Movia i Hovedstadsområdet, 2011, 3 busser.
- Arriva i Kolding, 2012, 4 busser
- Midttrafik og Aarhus Sporveje, 2011, 2 busser
- City-Trafik, Aalborg og København, 2011, 6 busser

### 3.2 Sverige

Sverige er som nævnt langt fremme, når det gælder udbredelse af bio-brændstoffer (og el i mindre grad) i transportsektoren. Det betyder samtidig, at der er mange projekter og aktiviteter, så de følgende projekter er vurderet til at være særligt interessante for nærværende projekt og er derfor udvalgt og beskrevet kort.

#### 3.2.1 Biofuel Region

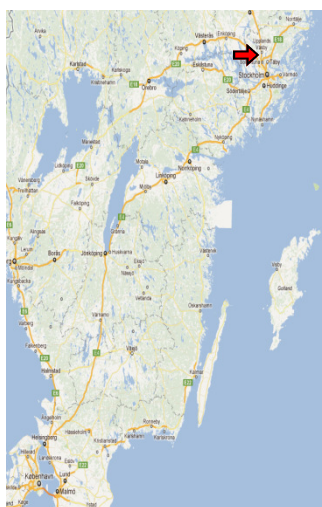


Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transportopgave	Status
Biofuel Region	Nordsverige 400 km fra Stockholm og opad	Biogas DME El Bioethanol Pine diesel Syntetisk diesel	Busser Lastbiler Renovationsbiler Flexible Fuel Vehicles	Igangværende

Biofuel Region, opstartet i 2003, omfatter hele Nordsverige og har mål om at være verdensførende region inden for omstilling fra fossile brændsler til bio-brændsler i både energi- og transportsektoren [14]. Biofuel Region er et meget omfattende projekt og inkluderer 44 kommuner, ca. 900.000 mennesker, 4 universiteter samt en lang række interessentvirksomheder inden for blandt andet produktion, distribution og formidling.

Biobrændsler bliver anvendt til stort set alle transportformål, inkl. renovationsbiler, i regionen, lige med undtagelse af togdrift. Desuden bliver der anvendt både biogas, DME, el, bioethanol, pine diesel og syntetisk diesel til energiproduktion og brændstof til køretøjer. Der benyttes primært bioethanol og biogas til tung transport (busser, lastbiler, og renovationsbiler).

#### 3.2.2 Stockholm Arlanda Lufthavn



Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transportopgave	Status
Arlanda Lufthavn	Stockholm	Bioethanol Biogas El	Alle transportserviceopgaver på Arlandas område	Igangværende

I Stockholms lufthavn Arlanda er der stor fokus på at nedbringe lufthavnens egen udledning af CO<sub>2</sub>. Dette indebærer blandt andet, at Swedavia, der ejer, driver og udvikler Arlanda, har sat det som mål, at alle dets servicekøretøjer inden for lufthavnens område skal være drevet af biobrændstoffer eller el allerede i 2012. Det er desuden muligt i dag at tanke biogas og bioethanol samt oplade køretøjer i lufthavnen. Arlanda har siden 2004 reduceret deres CO<sub>2</sub>-udledning fra egne køretøjer med 50 % [15].

### 3.2.3

### Biogas i Linköping, Sverige



Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transportopgave	Status
IEA Bioenergy Task 37			Busser Lastbiler	Ingen afslutningsdato
100 % Biogas for urban transport in Linköping, Sweden	Linköping	Biogas	Varebiler/biler Renovationsbiler Tog	

Projektet "100 % biogas for urban transport in Linköping, Sweden" er en del af IEA Bioenergy task 37, hvor målet er at få hele transportflåden konverteret til biogas. Linköping er et eksempel på en konsekvent satsning på biogas på grundlag af bred politisk enighed mellem alle politiske partier og et stærkt kommunalt ejet selskab i Svensk Biogas til at lede biogasudvidelsen.

Svensk Biogas, der er et datterselskab til Tekniska Verken i Linköping AB, står for hele forsyningskæden, lige fra indsamling, produktion, opgradering og distribution. Eksempelvis leverer en række bønder i det omkringliggende opland ressourcer til produktionen, ligesom de tager imod restprodukterne, der kan anvendes til gødning.

Biogassen bliver produceret lokalt i Linköping, men også i den nærliggende by Norrköping. Produktionsanlægget i Linköping blev sat i drift i 1996 og står for hoveddelen af biogasproduktionen, mens anlægget i Norrköping blev sat i drift i 2007 og producerer lidt mindre. Biogassen produceres primært af slagteriaffald, men også organisk industriaffald, gylle fra grise og køer, og senest også organisk husholdningsaffald (fra april 2012). De to anlæg producerer samlet 12 mio. m<sup>3</sup> forædlet biogas årligt, hvilket alt sammen anvendes som brændstof til transportsektoren.

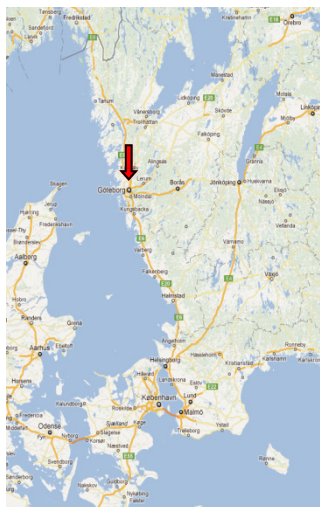
På nuværende tidspunkt kører næsten alle busser til offentlig transport på biogas. Östgötatrafik driver busflåden i Linköping og har 100 bybusser på biogas og en del biogasbusser til provinsruter. Målet er, at alle deres busser skal køre på biobrændstof inden 2015. Yderligere er der en del lastbiler, varevogne og biler, der kører på biogas. På nuværende tidspunkt kører 7 % af alle personbiler i Linköping på biogas. Svensk Biogas har 13 tankstationer i regionen og 5 tankstationer samt en bustankningsplads i selve Linköping.

Produktionschefen oplyser, at en renovationsbil bruger 1,13 Nm<sup>3</sup>/km. Skraldevognenes samlede årlige forbrug er 14.600 Nm<sup>3</sup>, hvilket er i overensstemmelse med E.ON's data på 15.000 Nm<sup>3</sup> om året. Generelt bruger en gasbil 15-20 % mere brændstof sammenlignet med ren diesel [16].



3.2.4

GoBiGas - Gothenburg Biomass Gasification Project



Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transportopgave	Status
GoBiGas – Gothenburg Biomass Gasification Project	Gøteborg	Biogas	-	Igangværende

GoBiGas omfatter anlæg og idriftsættelse af et stort biogasanlæg i Gøteborg. Göteborg Energi er ansvarlig for projektet i samarbejde med E.ON. Projektet blev tildelt en finansiel støtte på 222 mio. SEK af den svenske Energistyrelse, med accept fra Europakommissionen.

Projektet startede i 2006 med indledende studier, og første blok med en produktionskapacitet på 20 MW biogas ventes at stå færdig og i drift i slutningen af 2012. En anden blok med en produktionskapacitet på 80 MW biogas ventes at stå færdig og i drift i 2016. I 2020 er det meningen, at anlægget skal levere 1 TWh årligt, svarende til brændstof til 100.000 biler [17].

Produktionen af biogas sker ved en forgasning af andre biobrændstoffer og skovmateriale fra Nordsverige.

Anlægget er placeret lige ved Göta Elv, hvilket muliggør, at biomasse kan sejles til anlægget, og brændstof kan sejles fra anlægget. Det er dog hensigten, at forædlet biogas skal transporteres via det eksisterende naturgasnet.

Ud over produktionen af biogas vil der også blive produceret en betydelig mængde varme, der skal anvendes til fjernvarme og som varmekilde til store varmepumper, der hæver temperaturen, så det også kan anvendes til fjernvarme.

Gennemsnitstal fra 2012 på 3-akslede renovationsbiler (24 - 26 ton totalvægt):

Motortype gas = Ottomotor (tændrør) med 85 % fossilfri gas.

Motortype diesel = dieselmotor med fossil diesel

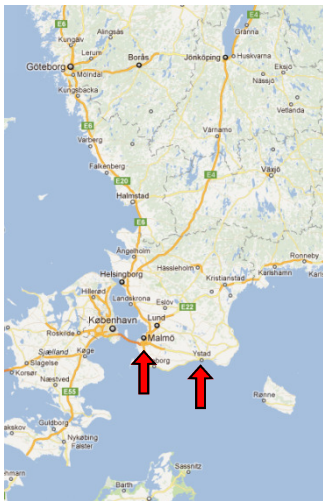
Motortype biodiesel = dieselmotor med biodiesel (RME)

Motortype diesel/gas = dieselmotor MD. Drives med gas/dieselblanding

	Antal fordon	m3/ km	Liter/ km	m3/ ton	liter/ ton	CO2/ton	CO2/km	kWh/ton
Motortyp gas	3	1,17		10,19		1,63	0,19	100,7
Motortyp Diesel	4		0,62				1,50	
Motortyp Biodiesel	12		0,54		6,16	2,09	0,22	58,5
Motortyp Diesel/Gas	5	0,29	0,45	1,83	3,15	6,4	0,8	48,7

3.2.5

Biogas on the net – CIVITAS SMILE



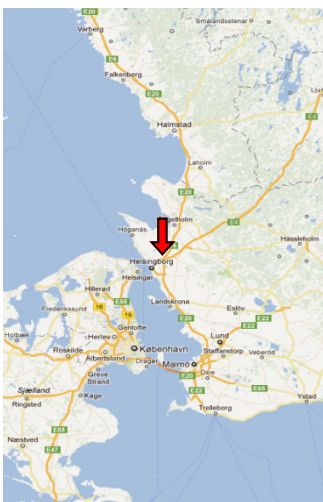
Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transportopgave	Status
CIVITAS SMILE				
Biogas on the net	Malmö/ Ystad	Biogas	Busser Lastbiler Varevogne Biler	Afsluttet

Dette projekt var et omfattende projekt, der forløb fra 2005-2009, og blev udført i et samarbejde mellem blandt andet CIVITAS, E.ON, Skånetrafikken og Skånemejerierne. Hovedformålet med projektet var at få mere opgraderet biogas ind i naturgasnettet, så en større del af transportflåden i Malmö kunne komme til at køre på biogas. Dette indebærer, at der blev installeret større anlægskapacitet til at opgradere biogas, der blev etableret to biogas påfyldningsstationer, og der blev sørget for, at en større del af gassen i nettet blev benyttet i transportsektoren [18].

Som et underprojekt indkøbte Skånemejerierne 10 biogas-drevne lastbiler og fik installeret et såkaldt "slow fuelling system", der kunne tanke lastbiler over længere tid om natten.

3.2.6

NSR - Helsingborg



Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transport opgave	Status
NSR	Helsingborg	Biogas	Busser Renovationsbiler FFV	I gang-værende

Nordvästra Skånes Renhållning (NSR) ejes af seks kommuner rundt om Helsingborg. NSR's hovedopgave er genbrug, biologisk behandling, produktion af affaldsbrændsel, håndtering af farligt affald og bortskaffelse.

NSR administrerer og driver desuden et stort biogasanlæg i Helsingborg, som blev bygget i 1996. I 2007 blev produktionskapaciteten fordoblet, og i 2013 kommer der en tredje produktionslinje. Anlægget modtager affald fra industri, slagterier, mejerier, landbrug og husholdninger og producerer biogas til kraftvarme. Desuden kan anlægget opgradere biogassen til naturgas-kvalitet, så det kan bruges som transportbrændstof. Årligt modtager anlægget ca. 60.000 tons affald og producerer 4,5 MNm<sup>3</sup> opgraderet biogas.

Indsamling af affald sker i eget regi med 35 renovationsbiler, hvoraf 12 er biogasdrevne. NSR har bestilt 23 nye biogasdrevne renovationsbiler med levering i 2013.

Forædlet biogas leveres blandt andet til en tankstation tilknyttet biogasanlægget, hvor privatbiler og renovationsbiler kan tanke. Resten af produktionen leveres til naturgasnettet, hvorigennem byens busser også får brændstof. I øjeblikket leverer værket biogas til ca. 100 bybusser, 30 regionalbusser, 25 renovationsbiler og et større antal personbiler (Flex Fuel Vehicles, FFV). Siden 2005 har alle bybusser i Helsingborg kørt på biogas.

NSR's produktionsanlæg adskiller sig ved, at restproduktet fra biogasproduktionen (der indeholder store mængder kvælstof, kalium og ammoniak) benyttes til landbrugsgødning, ved at det pumpes direkte fra værket via rørledninger til nærliggende gårde inden for en afstand på 10 km. Det sparer ca. 2.250 lastvognslæs årligt [19].

### 3.2.7

#### BioDME

Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transport opgave	Status
BioDME	Sverige	DME	Lastbiler	Igangværende

BioDME er et EU-støttet projekt. Projektet udføres af Volvo, Chemrec, Delphi, ETC, Haldor Topsoe, Preem, Total og den svenske Energistyrelse. Projektet omhandler 8 forskellige etaper, med det formål at optimere produktion af DME, anlægge et produktionsanlæg, anlægge påfyldningsstationer, udvikle motorer til DME og modificere lastbiler, samt at vejteste 10 modificerede lastbiler [20].

## 3.3

### EU / internationalt

Internationalt set findes der også mange afsluttede og igangværende projekter med biobrændstoffer. For et meget fyldigt overblik over projekter og aktiviteter henvises der til [21], hvilket er en rapport udarbejdet af Biofuel-Cities, som lister alle projekter og aktiviteter i Europa og angiver land, by, projektnavn, projektypen og projektformålet. Rapporten er udgivet i december 2009, og den er derfor ikke fuldstændig opdateret, men viser det store omfang af projekter og aktiviteter.

I forbindelse med eldrift har andre storbyer erfaringer med eldrevne renovationsbiler. I dette litteraturstudie er medtaget referencer fra Berlin og Paris.

### 3.3.1

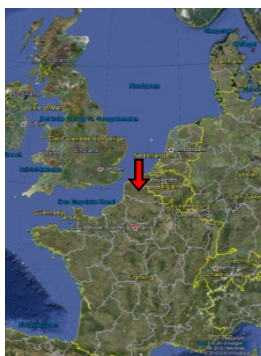
#### BEST – Bioethanol for Sustainable Transport

Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transport opgave	Status
The BEST experiences with bioethanol	Stockholm, Sverige (koordinator)	Bioethanol	FFV Busser	Afsluttet
	Biofuel region, Sverige			
	Somerset, England			
	Brandenburg, Tyskland			
	La Spezia, Italien			
	Baskerlandet, Spanien			
	Madrid, Spanien			
	Nanyang, Kina			
	São Paulo, Brasilien			
	Rotterdam, Holland			

BEST-projektet var et meget omfattende projekt, der foregik fra 2006-2009. Projektet var koordineret fra Stockholm i Sverige og havde til formål at skabe et markedsgennembrud for bioethanol som biobrændstof i biler og busser i de deltagende byer og regioner. I løbet af projektet er 100.000 biler og 160 busser drevet af bioethanol blevet sat i drift. Desuden er et større antal af E85 og E95 påfyldningsstationer åbnet. Samtlige erfaringer fra deltagende byer og regioner kan findes på BEST's hjemmeside [22].

### 3.3.2

#### Biogasbusser i Lille



Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transportopgave	Status
Biogasbusser i Lille	Lille (Frankrig)	Biogas/NG	Busser	Igangværende

Kommunen i Lille Metropole i Frankrig besluttede allerede i starten af 1990'erne at anvende biogas, der blev produceret ved behandling af kloakslam i stedet for at brænde det af. I 1995 åbnede de et testanlæg til forædling af biogassen og leverede brændstof til 8 busser. Da det viste sig at være en succes, blev 100 % af busflåden konverteret til at køre på biogas. Biogassen bliver i dag produceret fra fast organisk husholdningsaffald samt affald fra restauranter og parker. Årligt produceres der i Lille 4 mio. Nm<sup>3</sup> forædlet biogas, hvilket er nok til at forsyne omkring 100 busser med brændstof.

### 3.3.3

#### Renovationsbiler Berlin



Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transportopgave	Status
The Berliner Stadtreinigung	Berlin	Bio-gas/CNG/EI-hybrid	Renovationsbiler	Igangværende

Siden 1996 har Berliner Stadtreinigung (BSR) testet renovationsbiler, der kører på CNG (komprimeret naturgas), men det var først i 2002, at det rigtig tog fart med anskaffelsen af 50 CNG renovationsbiler og egen påfyldestation.

Siden juli 2008 har Berliner Stadtreinigung (BSR) haft en serie af x2eco hybrid renovationsbiler kørende i Berlin. Renovationsbilerne er drevet af CNG, men dette vil i fremtiden blive erstattet af biogas fra egen produktion. Desuden har bilerne et eldrevet lift- og komprimeringsystem. Renovationsbilerne er af mærket Mercedes-Benz, mens lift og komprimator er opbygget af Haller Umweltsysteme GmbH.

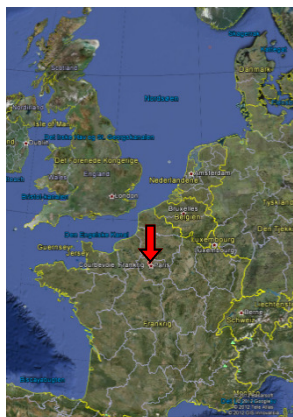
Ifølge BSR giver denne løsning en 95 % lavere benzenudledning, støjreduktion og en betydelig reduktion i CO<sub>2</sub>-udledningen.

I dag råder BSR over i alt 297 renovationsbiler, hvoraf 120 er af typen x2eco.

Renovationsbilerne påfyldes biogas på en af BSR's fyldestationer, der er tilknyttet deres egne biogas- og forædlingsanlæg. På fyldestationerne har BSR et "fast-filling" system, der er dimensioneret til at kunne fylde 30 renovationsbiler med 50 kg gas inden for en time. En enkelt renovationsbil vil være fyldt på ca. 7 min. På offentlige tankstationer vil samme påfyldning tage ca. 25 min [23].

### 3.3.4

#### Elrenovationsbiler Paris



Projekt navn	Lokation	Drivmiddel	Transportopgave	Status
SITA France	Paris	El	Renovationsbiler	Igangværende

Det franske renovationsselskab SITA France har gennem mange år haft erfaring med eldrift af renovationsbiler. De ejer omkring 50 enheder af ældre elektriske lastbiler, der har kørt i mere end 15 år. Disse køretøjer blev opbygget med blysyrebatterier og DC-strøm motor. Der har været behov for nye køretøjer for at leve op til nye udbud for dagrenovation, hvilket har resulteret i en ny 100 % eldrevet bil leveret i samarbejde med PVI, der selv har over 15 års erfaring med eldrevne lastbiler.

Siden juni 2011 har SITA haft en af de nye biler i drift, siden januar 2012 har der været en fuld flåde på 13 renovationsbiler, som kun er drevet af elmotorer. Renovationsbilerne kører i Paris-forstaden Courbevoie, der har 85.000 indbyggere. Der forventes at være leveret samlet 40 biler i udgangen af 2012.

Renovationsbilerne er udviklet af de franske firmaer PVI/Renault og Semat, og Lithium-ion batteripakken er udviklet af Dow Kokam. Renovationsbilerne vejer omkring 26 tons og er en smule mindre end de traditionelle, diesel-drevne renovationsbiler. Batteripakken har en kapacitet på 250 kWh, hvilket betyder, at en renovationsbil kan køre omkring 8 timer på en opladning eller har en rækkevidde på 50 km, alt efter kørselsmønster. Rækkevidden er nok til, at hver bil dagligt kan indsamle gennemsnitligt 16 tons affald ad to omgange og efterfølgende nå til ladestanderen med en vis sikkerhedsmargin.

De årlige vedligeholdelsesomkostninger er i samme størrelsesorden som for en almindelig renovationsbil. Batteripakken er vedligeholdelsesfri, fordi det er faste Lithium-ion batterier. Desuden er batteripakken overvåget af renovationsbilens elektriske system, der kan vise fejltypen i tilfælde af problemer.

Ifølge PVI er renovationsbilerne mere støjsvage og har en lav CO<sub>2</sub>-udledning i forhold til renovationsbiler, der kører på diesel. Lokalt er der ingen CO<sub>2</sub>-udledning, og dermed reduceres den årlige lokale CO<sub>2</sub>-udledning med 130 tons pr. renovationsbil ifølge det franske renovationsselskab SITA France [24].

**Transport**

Strækning til behandlingsanlæg (km)	=	13,0	km
Forbrug	=	59,7	MJ
Forbrug pr. km (transport)	=	1,3	kWh/km
Forbrug pr. km (transport)	=	4,6	MJ/km

**Indsamling**

Strækning ved indsamling (km)	=	12,6	km
Forbrug	=	85,4	MJ
	=	6,8	MJ/km

**Komprimering og lift**

indsamlet tons	=	6775,0	kg
Antal spande af 35 kg	=	193	Spand
Forbrug	=	56,8	MJ
	=	0,082	kWh/spand
	=	0,294	MJ/spand

**TOTAL FORBRUG**

= **201,8**

## 4 TEKNOLOGIBESKRIVELSER

I de følgende afsnit er relevante brændstofteknologier (biogas, bioethanol, syntesegas og el) kort beskrevet i henhold til tekniske specifikationer, produktion, distribution, lagring og påfyldningsteknologi. Beskrivelserne er en kort information om teknologierne, der har til formål at skabe et grundlag for en dialog omkring de videre fokusområder. Hvert af de valgte tekniske områder vil blive forklaret mere detaljeret i den afsluttende rapport som følge af øget viden og erfaringer fra besøgte projekter.

### 4.1 Biogas

Biogas produceres typisk fra husdyrgødning, organisk affald, energiafgrøder, biomasserester og/eller kloakaffald. Disse ressourcer har Danmark en betydelig mængde af, hvilket gør, at biogas er den type biobrændstof, der har det største potentiale i Danmark. Danmarks produktionspotentiale i 2012, ud fra uudnyttede ressourcer, er blevet vurderet til at udgøre 35 PJ, svarende til 25 % af det samlede vejtransportforbrug [25].

#### 4.1.1 Tekniske specifikationer

Biogas består af 50-75 % metan ( $\text{CH}_4$ ), 25-45 % kuldioxid,  $\text{CO}_2$  samt små mængder af vand ( $\text{H}_2\text{O}$ ), hydrogen sulfat ( $\text{H}_2\text{S}$ ), nitrogen ( $\text{N}_2$ ), oxygen ( $\text{O}_2$ ) og ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) [26].

Efter opgradering vil biogas indeholde ca. 97 % metan. Metan har en nedre brændværdi på  $35,9 \text{ MJ/Nm}^3$  [27].

For at anvende opgraderet biogas som transportbrændstof er det nødvendigt at komprimere gassen, så den bliver flydende for at mindske den nødvendige volumen og dermed også øge energidensiteten. For at biogassen kan fyldes på en brændstoftank, komprimeres den typisk til et tryk på 200 bar.

#### 4.1.2 Produktion

Produktionen af biogas foregår forenklet set, ved at husdyrgødning, organisk affald, energiafgrøder, biomasserester og/eller kloakaffald løbende fyldes i store fermenteringstanke ovenfra, så den nederste del af affaldet bliver komprimeret af vægten af det påfyldte affald. Det komprimerede affald bliver dermed afskærmet fra ilt og starter en anaerob proces, hvor der frigives biogas. Tilført varme vil accelerere processen. Den frigivne biogas stiger opad i tanken og ledes hen til kompressorer, der komprimerer gassen og derefter opgraderer den til naturgaskvalitet. For at biogassen kan anvendes til transportformål, skal den opgraderes fra rå-biogas til biometan (fjernelse af primært  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  og  $\text{H}_2\text{O}$ ). Opgradering kan ske ved forskellige typer af processer, adsorption, absorption, permeation, cryogenisk opgradering. Opgraderingsprocessen er generelt energikrævende, og det er derfor vigtigt, at en sådan proces er optimal og helst foregår i stor skala [25].

På nuværende tidspunkt anvendes biogassen direkte i kraftvarmeproduktion, hvor den brændes uden nogen form for opgradering af gaskvaliteten. Der er en enkelt undtagelse, idet biogasproduktionen fra Fredericia Rensningsan-

læg som det eneste sted i Danmark opgraderes og sendes ud i naturgasnettet.

#### 4.1.3 Distribution

Den opgraderede biogas fyldes enten direkte i naturgasnettet via biogasanlæggets opkobling, hvor den blandes med naturgassen og fragtes gennem dette, eller opsamles i separate tanke og fragtes til tankningsstedet via tankvogne.

#### 4.1.4 Lagring

Lagring af biogas kan foregå på samme måde som andre hydro-carbon gasser. Biogas som transportbrændstof vil som nævnt være tryksat til 200 bar for at holde volumen nede og øge energidensiteten. At komprimere biogas til 200 bar er energikrævende i el til drift af kompressorer.

#### 4.1.5 Påfyldningsteknologi

Påfyldningen af biogas foregår lidt ligesom påfyldning af benzin og diesel med en påfyldningspistol. Der findes dog forskellige typer af påfyldningsstandere, fordi der er forskel på, hvor højt sugetrykket er i opbevaringstanken på køretøjet, og hvor hurtigt påfyldningen skal ske. Der findes både hurtige påfyldningsstandere, der kan fylde tankene på en bus på ca. 6 minutter, og langsomme påfyldningsstandere, der kan fylde tankene på en bus på 8-10 timer.

#### 4.1.6 Marked

Biogas er blevet en energiform, der har vakt stor interesse i såvel Danmark som resten af verden. Biogas som brændstof er ikke nyt, men har fået en opblomstring som følge af det øgede fokus på at nedbringe CO<sub>2</sub>-udslippet fra transportsektoren.

Biogas som transportbrændstof er ikke afgiftsfritaget og bliver beskattet ud fra energiindholdet på lige fod med benzin og diesel. Dette gør, at ikke meget biogas bliver forædlet i Danmark, fordi der ikke er behov for det, så længe det ikke er økonomisk rentabelt. Naturgas kan dog bruges i stedet for forædlet biogas, da det praktisk talt er det samme, hvilket minimerer afhængigheden af import.

I Danmark produceres der årligt ca. 500 mio. Nm<sup>3</sup> biogas, hvoraf det i fremtiden forventes, at 10-50 % bliver forædlet.

Produktionsprisen for opgraderet biogas kan variere mellem 5 – 6,50 kr. alt efter investeringen, der er gjort i produktionsanlægget, og hvilke subsidier der gives.



## 4.2 Bioethanol

Bioethanol er produceret af vegetabilsk affald, der indeholder stivelse og sukker, såsom korn, roer, kartofler, halm, pil, elefantgræs, træflis og andet plantemateriale. Danmark har en anseelig mængde vegetabilsk affald, der er uudnyttet, fordi det ikke er egnet til forbrænding eller dyrefoder. Danmark har i 2012 et vurderet produktionspotentiale af bioethanol på 27 PJ, svarende til 15 % af den samlede andel af energiforbruget til vejtransport [25].

### 4.2.1 Tekniske specifikationer

Bioethanol har en gennemsnitlig brændværdi på 21,3 MJ/kg, og E85 har en gennemsnitlig brændværdi på 22,9 MJ/kg. Begge dele er væsentligt under bioethanols sammenlignelige brændstof benzin, hvis brændværdi er på 35,9 MJ/kg [28].

### 4.2.2 Produktion

Bioethanol er produceret af vegetabilsk affald, der indeholder stivelse og sukker, såsom korn, roer, kartofler, halm, pil, elefantgræs, træflis og andet plantemateriale. Bioethanol bliver produceret lidt forskelligt, alt efter hvilken type affald der anvendes. Forskellen ligger i de indledende processer, hvor affaldet skal forarbejdes for at gøres klar til fermentation. Generelt for alle de forskellige typer affald er, at de skal gennemgå fermentering, hvor sukker gærer til alkohol, derefter destillering, hvor alkoholen separeres fra, og til sidst fordampning for at separere vand fra alkoholen.

### 4.2.3 Distribution

Bioethanol kan distribueres på samme måde som biodiesel – med tankbiler, toge eller tankskibe enten direkte til påfyldningsstedet eller til et raffinaderi, hvor det blandes med almindelig benzin eller smøremidler. En rapport i forbindelse med det nævnte projekt BEST giver en meget dybdegående gennemgang af distribution, lagring og påfyldning af bioethanol [29].

### 4.2.4 Lagring

Lagring af bioethanol kan ske på samme måde som med benzin, men dampene fra bioethanol er meget mere brændbare, og der bør derfor laves sikkerhedsforanstaltninger, der tager højde for dette aspekt. Desuden er bioethanol mere korroderende over for flere typer metaller, specielt aluminium, og der bør derfor vælges materialer til komponenter og lagringstanke, der ikke påvirkes af bioethanol.

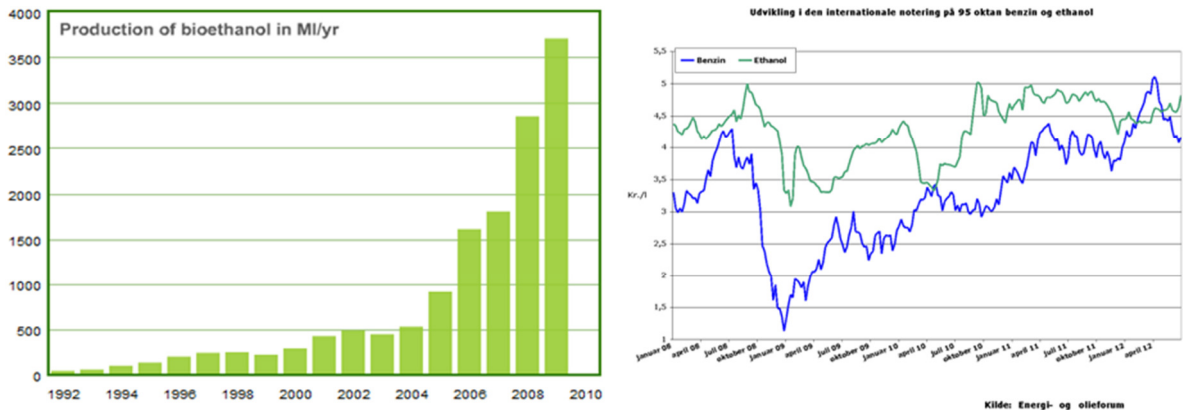
### 4.2.5 Påfyldningsteknologi

Påfyldningen af bioethanol sker på samme måde som med benzin og diesel, da brændstoffet er flydende ved stuetemperatur og ikke kræver at blive tryksat. Dog er det vigtigt at tage højde for de sikkerhedsaspekter og korroderende egenskaber, som er nævnt under afsnittet om lagring.

#### 4.2.6 Marked

Bioethanol bliver produceret i store mængder, særligt i USA og Brasilien, hvoraf sidstnævnte anvender en stor del af det som transportbrændstof. EU producerer årligt 3.703 MI, hvilket er under 1/10 af USA's og Brasiliens respektive produktioner. EU producerer en del mindre på grund af en generelt lavere efterspørgsel og færre ressourcer til produktion af bioethanol. Dog er den årlige produktion af bioethanol i EU steget med gennemsnitligt 30 % om året i perioden 1992-2009.

I 2009 havde Danmark ingen produktion af bioethanol, hvilket betyder, at Danmark er afhængig af import fra udlandet for at opfylde kravet om 5 % bioethanol i benzinen. Sverige har et højere forbrug af bioethanol end Danmark og importerer eksempelvis en stor del af deres bioethanol fra Brasilien, da mange af deres busser og FFV anvender bioethanol som brændstof.



**Figur 2: Til venstre: Udviklingen i den samlede produktion af bioethanol i EU fra 1992 - 2009. Til højre: Udviklingen i markedsprisen for benzin 95 oktan og bioethanol [30]**

På Figur 2 ses udviklingen i markedsprisen på (bio)ethanol. Til en vis grad følger udviklingen af ethanolprisen prisen for benzin, selvom der er enkelte store udsving.

I maj 2012 var markedsprisen for ethanol ca. 4,80 kr./l, mens markedsprisen for benzin var ca. 4,10 kr./l.

#### 4.3 Biodiesel

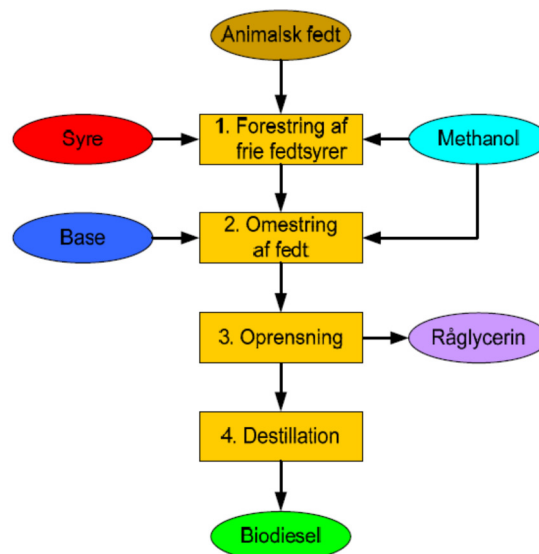
Produktionen af biodiesel er afhængig af olie- og fedtholdigt affald såsom kødaffald, raps og i nogle tilfælde spildevandsslam. Disse ressourcer er forholdsvis begrænsede selv i Danmark, der har et stort antal svin, kvæg og rapsmarker. Dette betyder dermed, at produktionspotentialet i Danmark er begrænset og er vurderet til at udgøre 14 PJ, svarende til 8 % af den samlede andel af energiforbruget til vejtransport i 2012 [25].

#### 4.3.1 Tekniske specifikationer

Biodiesel har gennemsnitligt en brændværdi på 37,27 MJ/kg, men denne afhænger af, hvilke ressourcer der benyttes til produktionen af biodiesel. Brændværdien er ca. 9 % lavere end for fossilt dieselbrændstof, men det er vurderet, at biodiesel giver bedre smøring af motoren og en mere komplet forbrænding, hvilket kompenserer for den lavere brændværdi [31].

#### 4.3.2 Produktion

Produktionen af biodiesel foregår i flere trin, som kan ses på Figur 3, hvor der i første trin separeres ikke-olieholdige bestanddele fra, f.eks. jord og forkullet affald. Herefter fjernes vand fra blandingen, da de såkaldte triglycerider, der senere bliver til methyl estere, ellers vil blive lavet om til sæbe via en hydrolyse. I næste trin, kaldet "transesterfikation", tilsættes syre og en alkohol, enten methanol eller ethanol, hvor syren virker som en katalysator. Herefter tilsættes en base, der også virker som en katalysator, for at danne frie methyl estere (biodiesel) og råglycerin. Råglycerin fjernes i næste trin for kun at have methyl estere tilbage, der til sidst destilleres til biodiesel brugbart til transportbrændstof [31][32].



Figur 3: Produktionsstep i produktionen af biodiesel [33]

#### 4.3.3 Distribution

Distributionen af biodiesel afhænger af, hvor produktionen er placeret. I Danmark bliver stort set alt produceret biodiesel eksporteret, hovedsagligt til Tyskland på grund af fordelagtige afgiftsregler, der har skabt et stort marked. Biodieselen distribueres først ved transport via tankbiler, alternativt via tanke på togvogne eller tankskibe, hvor det fragtes enten direkte til påfyldningsstationer, i tilfælde af at biodieselen skal kunne tankes rent, eller til raffinaderier der blander biodieselen i det almindelige dieselbrændstof. Denne blanding vil så herefter fragtes til påfyldningsstationer via tankvogne.

#### 4.3.4 Lagring

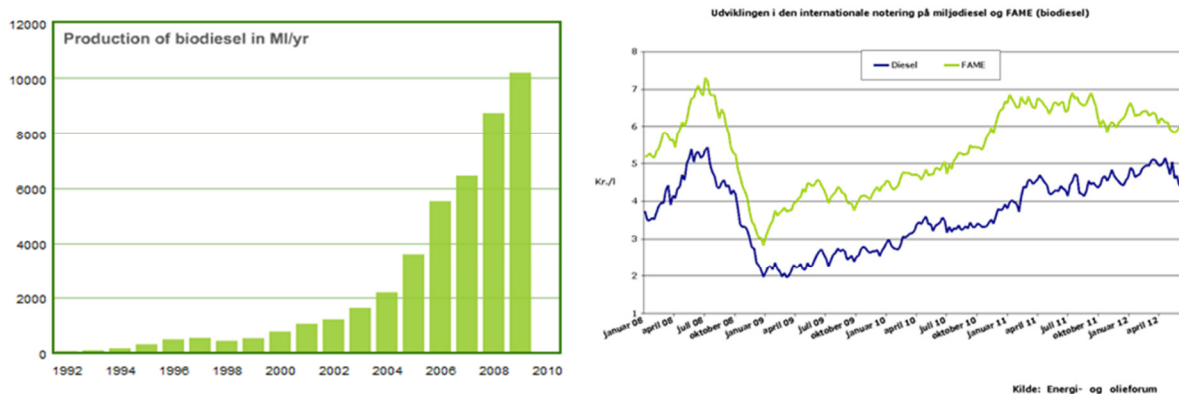
De samme lagringsregler som for almindeligt dieselbrændstof er gældende, dog vil biodiesel nedbryde gummimaterialer, så det skal undgås, at biodiesel kommer i kontakt med sådanne materialer. Dette er også en af grundene til, at andelen af biodiesel i et dual fuel brændstof er begrænset, da eksempelvis gummislanger i køretøjers brændstofs system vil ødelægges. Ved E100 er motoren modificeret således, at der ikke anvendes en materialetype, der kan ødelægges af biodiesel.

#### 4.3.5 Påfyldningsteknologi

Påfyldningsteknologien er den samme som for almindeligt dieselbrændstof, herunder flydende tilstand ved stuetemperatur og ingen behov for at være tryksat. Det er vigtigt, at påfyldningsslangerne på tankstationerne er af et materiale, der ikke kan nedbrydes af biodieselen.

#### 4.3.6 Marked

Produktionen af biodiesel på verdensplan er ikke nær så høj som for bioethanol. En primær årsag er, at produktionen af biodiesel kræver animalske fedtstoffer, hvilke er en mindre tilgængelig ressource. EU, hovedsageligt Tyskland og Frankrig, producerer årligt 10.187 MI og er den del i verden med den højeste produktion. I 2009 havde Danmark en biodiesel-produktion på 151 MI/år, hvilket gør Danmark afhængig af import fra udlandet for at opfylde kravene om 7 % biodiesel i den fossile diesel.



Figur 4. Til venstre: Udviklingen i den samlede produktion af bioethanol i EU fra 1992 - 2009. Til højre: Udviklingen i markedsprisen for almindelig diesel og biodiesel [30].

På Figur 4 ses udviklingen i markedsprisen på biodiesel. Udviklingen af biodieselpriisen følger prisen for almindelig diesel uden de store enkelte udsving. Markedsprisen for biodiesel ligger generelt i den højere ende for almindelig diesel.

I maj 2012 lå markedsprisen for biodiesel og almindelig diesel på henholdsvis ca. 6 kr./l og 4,2 kr./l.

#### 4.4 Syntesegas

Syntesegas er et produkt af forgasning af kul, affald eller anden form for anvendelig biomasse. Gassen er et mellemprodukt bestående af CO og H<sub>2</sub> samt en mindre del af andre stoffer. Syntesegas kan omdannes til transportbrændstoffer, primært biomethanol, DME og opgraderet biogas (naturgas). På nuværende tidspunkt er forgasning af biomasse til syntesegas udbredt i Danmark, men gassen anvendes til kraftvarmeproduktion i stedet for transportbrændstoffer.

##### 4.4.1 Tekniske specifikationer

Brændværdien af syntesegas afhænger kraftigt af den biomasse, der anvendes til produktionen, samt hvilken teknologi der benyttes til forgasningen. Typisk vil brændværdien være mellem 10-20 MJ/Nm<sup>3</sup>, men ved omdannelse til et biobrændstof fjernes uønskede stoffer, og brændværdien øges.

##### 4.4.2 Produktion

Produktionen af syntesegas foregår ved, at biomassen opvarmes til mellem 600 – 1.000 °C, nogle gange højere afhængigt af biomassetypen [34]. Opvarmningen gør, at de komplekse kulstofkæder i biomassen nedbrydes og bliver til mere simple molekyler, primært CO og H<sub>2</sub>. Ved denne opvarmning dannes der både andre gasser og faste stoffer såsom kul, aske og tjære. Disse gasser og stoffer fjernes i efterfølgende processer for at opnå en tilstrækkelig gaskvalitet til at kunne blive benyttet som transportbrændstof.

##### 4.4.3 Distribution

Distributionen afhænger igen af det endelige produkt, som syntesegassen omdannes til. DME, methanol og opgraderet biogas vil typisk blive transporteret i tankbiler eller via tanke på godstog og skibe. Yderligere kan opgraderet biogas distribueres via naturgasnettet, hvis produktionsanlægget ligger tæt på dette.

##### 4.4.4 Lagring

Lagringformen er typisk i tanke, men kravene til tankene kommer an på, hvad syntesegassen omdannes til. De nævnte typer biobrændstof skal alle holdes tryksat for at være i flydende tilstand ved stuetemperatur. Biomethanol skal desuden lagres i tanke af specielt materiale, fordi stoffet er meget korroderende for nogle metaller, specielt aluminium.

##### 4.4.5 Påfyldningsteknologi

Påfyldningsteknologien for biogas er nævnt under biogas. Påfyldning af DME og biomethanol sker også under tryk, hvor brændstoffet er flydende og kan ske i næsten samme hastighed som med benzin og diesel.

## **4.5 EI**

I det følgende afsnit beskrives teknologien og mulighederne for brug af el i renovationsbiler. Der skelnes mellem to slags eldrift; en hvor fremdriften helt eller delvist drives af en elmotor, og en hvor hydraulikken til løft og komprimering drives af en elmotor, der er forbundet til forbrændingsmotoren.

### **4.5.1 Tekniske specifikationer**

Til udnyttelse af el som drivmiddel benyttes en elektrisk akkumulator. Det kan blandt andet gøres med et lithium-ion batteri. De kan have et spændingsniveau på 560V – 700V jævnstrøm. Denne metode ses flere steder, for eksempel i busser og biler. Men der er også flere eksempler på affaldsbiler, der benytter el som drivmiddel enten som ren el eller en plug-in hybrid-løsning. I en sådan hybrid-løsning består eldelen af et batteri-, et elektronik- og et hydraulikmodul. De kan fungere i samspil med den eksisterende motor eller monteret separat på lastbilen og driver komprimator og liften, mens fremdriften af køretøjet fortsat leveres af lastbilens dieselmotor eller lignende. Batteriet kan lades op med strøm fra elnettet og ved overførelse af energi ved opbremsning.

### **4.5.2 Produktion**

Der er mange former at producere el på. Der er teknologier, der laver el fra både vind, sol, vand og mange andre former for energikilder.

### **4.5.3 Distribution**

Distributionen af el kan ske via det eksisterende elnet.

### **4.5.4 Lagring**

En batteripakke til håndtering af en komprimator skal lades op i de perioder af døgnet, hvor køretøjet ikke er i brug. Det kan tage op til 5 timer. Dette giver tilstrækkelig kapacitet til en hel dag. Med et større forbrug kan der komme problemer med batterikapaciteten.

### **4.5.5 Påfyldningsteknologi**

Dette batteri har en begrænset kapacitet, hvorefter det skal lades op igen, hvilket foretages ved en ladestation opsat til formålet. Det kan gøres, når bilen ikke er i drift - typisk om natten.

## **4.6 Teknologiudvikling**

### **4.6.1 Udvikling af lastbiler til biobrændstoffer**

Udvikling af lastbiler til biobrændstoffer og el er ikke et enkeltstående projekt, men en løbende udvikling. Det vil i dette afsnit kort blive beskrevet, hvilket teknologisk stadie lastbiler er på i forbindelse med biobrændstoffer og el. Busser drevet af biobrændstoffer har længe været brugt kommercielt, men det er som tidligere nævnt først de seneste år, at lastbiler drevet med biobrændstoffer er blevet kommercielle. Set fra et motormæssigt synspunkt er

busser og lastbiler ikke så forskellige og kan sagtens anvende samme type motor, men lastbiler til biogas, bioethanol, biodiesel og DME har ikke været serieproduceret indtil for få år siden, da forsyningsinfrastrukturen ikke har været klar til det. Busser til offentlig transport kører typisk en fast rute og returnerer til en busholdeplads sidst på dagen, hvor de så kan tanke bio-brændstof, hvilket eliminerer behovet for en omfattende forsyningsinfrastruktur. Lastbiler har ikke samme kørselsmønstre, med undtagelse af renovationsbiler, hvorfor eksempelvis svenske lastbilsproducenter (Scania og Volvo) ikke har gjort dem kommercielle, før forsyningsinfrastrukturen i Sverige var klar til det.

#### 4.6.2 Udvikling af eldrevne/ elhybridlastbiler

Tunge køretøjer, der udelukkende drives af el, er endnu ikke så kommercielt udbredt, og det er usikkert, om de bliver meget udbredte. Der findes dog tilfælde såsom referencen i Paris, hvor renovationsbiler kun er drevet af el. En af de større barrierer for kommerciel udbredelse er, at det kræver en batteripakke af betydelig størrelse, hvilket gør køretøjet meget dyrt sammenlignet med et tilsvarende køretøj på diesel eller biobrændstoffer.

Der skelnes mellem to slags elhybridbiler i forbindelse med renovationsbiler. Den ene slags er, hvor en elmotor supplerer en forbrændingsmotor til at skabe fremdrift. Den anden er, hvor løft- og komprimeringsenheden er separeret fra forbrændingsmotoren og drives af en elmotor. Der findes forskellige virksomheder, der tilbyder disse enheder til renovationsbiler. Eksempelvis tilbyder den danske virksomhed Banke Accessory Drives en løft- og komprimeringsenhed, der er eldrevet. Der er for ganske nyligt blevet udarbejdet en rapport, der sammenligner støjniveau på en sådan enhed med en traditionel enhed, der er drevet af et udtræk fra motoren. Se [35].

## 5 LITTERATURLISTE

- [1] [www.ens.dk/da-DK/Info/...og.../Energiavgifter/.../Afgift\\_2011.xls](http://www.ens.dk/da-DK/Info/...og.../Energiavgifter/.../Afgift_2011.xls)
- [2] Gas til transportsektoren, COWI rapport, 2011
- [3] Notat om elbiler, Trafikstyrelsen, 03.08.2012, <http://www.trafikstyrelsen.dk/DA/Presse/Nyhedsarkiv/CfGT/2012/08/~//media/DD8CAD48E3CA473A9C53F47D37939B2B.ashx>, læst 16.08.2012
- [4] Energiaftale 2012, <http://www.kemin.dk/Documents/Presse/2012/Energiaftale/Aftale%2022-03-2012%20FINAL.doc.pdf>, læst 20.08.2012
- [5] Oversigt over antallet af solgte FFVs i Sverige, <http://www.baff.info/english/>, læst 29.02.12
- [6] "Scania delivering 85 new ethanol busses for Stockholm fleet" <http://www.greencarcongress.com/2010/06/scaniabus-20100621.html>, læst 29.02.12.
- [7] "FFVs flourish in Sweden" <http://www.ethanolproducer.com/articles/4463/ffvs-flourish-in-sweden/>, Kroh, E., 08 Juli 2008, Ethanol Producer Magazine
- [8] Elbiler skal opfylde grønne ambitioner i Øresundsregionen, <http://www.oresundskomiteen.org/2012/06/elbiler-skal-opfylde-gronne-ambitioner-i-oresundsregionen/>, 18.06.2012.
- [9] NGVs & refuelling stations in Europe, 23.02.2012, <http://www.ngvaeurope.eu/european-ngv-statistics>, læst 16.08.2012
- [10] Forsøg med biodiesel – en sammenfattende rapport, Center for Grøn Transport, Trafikstyrelsen, 01-2011, <http://www.trafikstyrelsen.dk/da/groen-transport/konkrete-co2-reducerende-tiltag/~//media/3C9DEDA77ED34BF794ACA8A1CDC81F58.ashx>, læst 19.03.2012
- [11] Projekt – Bioethanol i fremtidens dieselmotorer, Teknologisk Institut, <http://www.teknologisk.dk/projekter/26438>, læst 20.03.2012
- [12] Projekt – biogas fra alger som 2. generations-biobrændstof, Teknologisk Institut, <http://www.teknologisk.dk/projekter/28328>, læst 20.03.2012
- [13] "El-Hybrid Skraldebil" – energibesparende batterifunktion som også gør renovationskøretøjer støjsvage, <http://www.fornylsesfonden.dk/projektdb/0/24/488>
- [14] Biofuel regions hjemmeside, <http://www.biofuelregion.se/page.cfm?tp=1&page=2>, læst 09.03.12
- [15] Stockholm Arlanda Lufthavn, <http://www.arlanda.se/en/Information-about/Environmental/Reducing-carbon-dioxide-emissions/>, læst 09.03.12
- [16] 100 % biogas for urban transport in Linköping, Sweden, Information from IEA Bioenergy task 37 Energy from biogas and landfill gas, [http://www.iea-biogas.net/download/linkoping\\_final.pdf](http://www.iea-biogas.net/download/linkoping_final.pdf), læst 20.03.2012
- [17] Gothenburg Biomass Gasification Project, Göteborg Energi, [http://www.goteborgenergi.se/English/Projects/GoBiGas\\_Gothenburg\\_Biomass\\_Gasification\\_Project](http://www.goteborgenergi.se/English/Projects/GoBiGas_Gothenburg_Biomass_Gasification_Project), læst 20.03.2012
- [18] Biogas on the net, CIVITAS SMILE, <http://www.civitas-initiative.eu/docs/malmo%205-2.pdf>, læst 20.03.2012
- [19] Biogas – the fuel at the centre of the cycle, Nordvästra Skånes Renhållning (NSR), <http://www.nsr.se/Default.aspx?ID=858>, læst 30.03.2012
- [20] BioDMEs hjemme, <http://www.biodme.eu/work-packages>, læst 21.03.2012
- [21] Biofuel-cities, Biofuel Projects and Activities in the EU, version 3, December 2009
- [22] <http://www.best-europe.org/>



- [23] Biogas fleet of the BSR, NGV2011 Berlin, 2<sup>nd</sup> NGVA Europe International Show and Workshops, 09.06.2011, Renate Lemke.
- [24] SITA France, Fully electric trucks in Courbevoie Paris, <http://www.emag.suez-environnement.com/en/fully-electric-trucks-courbevoie-2921>
- [25] Redegørelse om renere brændstoffer og teknologi til transport, Københavns Kommune, Center for Miljø, Maj 2007, ISBN elektronisk version: 978-87-90947-02-6.
- [26] Overview on (biogas) upgrading technologies, Beil.M., Hoffstede.U., Biogasmax, European Biomethane Fuel Conference", 09-09-2009
- [27] Basisdokumentation for biogaspotentialiet i organisk dagrenovation, Miljøstyrelsen, <http://www2.mst.dk/common/Udgivramme/Frame.asp?http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2003/87-7972-590-2/html/bilag03/kap03.htm>, læst 12-03-12
- [28] Creating Markets for Renewable Energy Technologies in EU, RES technology Marketing Campaign" RESTMAC, [http://www.eubia.org/uploads/media/RESTMAC\\_-\\_Bioethanol\\_Production\\_Use.pdf](http://www.eubia.org/uploads/media/RESTMAC_-_Bioethanol_Production_Use.pdf), læst 13-03-12
- [29] The BEST experiences with distribution of bioethanol for vehicles, BEST deliverable No. 4.20, BioEthanol for Sustainable Transport, 03-2010.
- [30] Produktion og prisudvikling af bioethanol og biodiesel, <http://www.eof.dk/Priser-og-Forbrug/Biobrandstoffer.aspx>, læst 13.09.2012
- [31] Biodiesel Production, Wikipedia.org, [http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel\\_production](http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel_production), læst 13-03-12
- [32] Hvad er biodiesel?, DAKA Biodiesel, <http://www.dakabiodiesel.dk/page566.asp>, læst 13-03-12
- [33] Biodiesel produktionsstep, DAKA, <http://www.dakabiodiesel.dk/lib/files.asp?ID=458>
- [34] Hot Gas Conditioning: Recent Progress With Larger-Scale Biomass Gasification Systems. Stevens, Don J., Pacific Northwest National Laboratory. 2001, National Renewable Energy Laboratory. Publication NREL/SR-510-29952.
- [35] Measurement of sound power level from a refuse collection vehicle equipped with Banke 40 kWh E-PTO, Delta, 12.06.2012

## **BILAG 2 - DATAGRUNDLAG FOR BEREGNING**

## 1 SCENARIEBESKRIVELSE

I det følgende afsnit tages der udgangspunkt i tre konkrete eksempler på indsamling af dagrenovation i Danmark. Disse tre bruges som grundlag for beregningsmodellen.

Der anvendes mange forskellige typer og størrelser af biler til indsamling af affald. Der er i denne rapport taget udgangspunkt i den mest almindelige type, nemlig en 3-akslet komprimatorbil med en nyttelast på 12 tons og en maks. vægt på 26 tons.

**Tabel 1. 3-akslet dagrenovationsbil, der anvendes i beregningerne**

Affald	Dagrenovation
Mærke	Mercedes Econic EEV
Chassis	3-akslet
Skraldekasse og lift	Zoeller
Drivmiddel	Diesel
Start / Stop	Nej

Der er valgt tre konkrete ruter, der køres af MLarsen, i henholdsvis København, Ballerup og Lillerød, hvor der på alle ruterne køres med den samme biltype – mærke, chassis, skraldekasse, lift og drivmiddel. De indsamlede data for de tre ruter samt yderligere data benyttet til at opbygge beregningsmodellen er kort beskrevet i det følgende.

### 1.1 Rute 1

Indsamling af dagrenovation fra tre områder på Østerbro. Ruten er vist nedenfor sammen med en beskrivelse af nogle af de vigtigste faktorer.

Eksempel 1 består af tre indsamlingsområder på Østerbro. Det indsamlede affald leveres til Amagerforbrænding. Denne rute er repræsentativ for storbyområder som f.eks. København, Århus og Aalborg, der præges af mindre gader og tæt byggeri med lejligheder, samt områder i større provinsbyer, med lignende forhold.

Bilen kører fra mandag til fredag på denne og lignende ruter. På grund af den høje koncentration af boliger kan en bil i dette område have mellem 2 og 3 ture til behandlingsanlæg per dag. Denne bil indleverede i august måned dog kun gennemsnitligt 1,87 læs/dag á 7.815 kg på Amagerforbrænding. Antallet af tømte beholdere og mængden af indsamlet affald på denne rute er vist i tabel 3 og 4.

**Tabel 2. Dagrenovationsindsamling på Østerbro den 20. august 2012.<sup>1</sup>**

	Ruter per dag	1	stk./dag
	Personer	2	pers./per skift
	Antal skift	2	stk./dag
	Indsamlede tons	27	ton
	Antal fyldninger af bil	3	stk.
	Antal tømte beholdere	1026	stk.
	Transport til/fra behandlingsanlæg	41	km
	Transport til/fra rute	9	km
	Indsamlingsruter	19	km
	Samlet kørsel	69	km
	Gennemsnitlig afstand mellem beholdere (i indsamlingsområde)	19	m
	Beholderstørrelse	26	kg/beholder
	Løft per beholder	1	stk.
	Komprimering per løft	0,33	stk.
	Gennemsnitlig stoptid per beholder	17	sek./beholder
Gennemsnitlig tid i tomgang per beholder	7,5	sek./beholder	

**Tabel 3. Antal tømte beholdere.<sup>2</sup>**

	Man	Tir	Ons	Tor	Fre	Sum total
Formiddag	410	380	405	251	453	1.898
Eftermiddag	616	248	356	359	512	2.091
Total	1026	628	761	610	965	3.989

**Tabel 4. Ind- og udvejningen for bilen på Amagerforbrænding.<sup>3</sup>**

	Dato	1.(kg)	2.(kg)	Netto (kg)
Formiddag	20-08-2012	24.400	14.250	10.150
Eftermiddag	20-08-2012	23.610	14.160	9.450
Eftermiddag	20-08-2012	21.310	14.230	7.080

## 1.2 Rute 2

Fordelingen mellem transport på og uden for ruten er i dette tilfælde mere lige. Bilen kører i Ballerup og leverer affaldet på Vestforbrænding. På denne rute ligger indsamlingsområdet hovedsagelig i villakvarterer med nogle enkelte etageboliger.

<sup>1</sup> TrackUnit - der registrere al kørsel af MLarsen biler.

<sup>2</sup> MLarsen

<sup>3</sup> Amagerforbrænding

**Tabel 5. Dagrenovationsindsamling i Ballerup den 3. september 2012.<sup>1</sup>**

	Ruter per dag	1	stk./dag
	Personer	2	pers./per skift
	Antal skift	1	stk./dag
	Indsamlede tons	15	ton
	Antal fyldninger af bil	1,2	stk.
	Antal tømte beholdere	628	stk.
	Transport til/fra behandlingsanlæg	15	km
	Transport til/fra rute	23	km
	Indsamlingsruter	25	km
	Samlet kørsel	63	km
	Gennemsnitlig afstand mellem beholdere (i indsamlingsområde)	40	m
	Beholderstørrelse	24	kg/beholder
	Løft per beholder	1	stk.
	Komprimering per løft	0,33	stk.
	Gennemsnitlig stoptid per beholder	44	sek./beholder
Gennemsnitlig tid i tomgang per beholder	19,3	sek./beholder	

Bilen kører fra mandag til fredag på denne og lignende ruter og har 1 til 2 daglige ture til behandlingsanlægget. Gennemsnitligt i uge 36 2012 er der kørt 1,2 gange til Vestforbrænding pr. dag. Den gennemsnitligt indvejede mængde for august og september er 8.958 tons pr. læs.

Antallet af tømte beholdere samt mængden af indsamlet affald på denne rute er vist i tabel 6 og 7.

**Tabel 6. Antal tømte beholdere.<sup>2</sup>**

		Man	Tir	Ons	Tor	Fre	Sum total
Rute 1	Sæk 125 l	335	704	343	278	558	2.218
	140 l beholder	284	349	178	226	281	1.318
	400-660 l minicontainer	9	26	207	186	223	651
	600 l - småt brændbart	0	0	0	6	0	6
<b>Rute 1 Total</b>		<b>628</b>	<b>1.079</b>	<b>728</b>	<b>696</b>	<b>1.062</b>	<b>4.193</b>

**Tabel 7. Ind- og udvejningen for bilen på Vestforbrænding.<sup>4</sup>**

	Dato	1.(kg)	2.(kg)	Netto (kg)
Rute 1	3-09-2012	-	-	13.580

### 1.3 Rute 3

Denne rute køres af en bil hjemmehørende i Nordsjælland, indsamlingsruten er i Lillerød, og affaldet leveres til Nordforbrænding. Ruten omfatter mange kilometer til transport uden for indsamlingsruten, dels til forbrændingen for aflæsning og dels til og fra "garage".

**Tabel 8. Dagrenovationsindsamling i Lillerød den 4. september 2012.<sup>1</sup>**

	Ruter per dag	1	stk./dag
	Personer	1	pers./per skift
	Antal skift	1	stk./dag
	Indsamlede tons	12	ton
	Antal fyldninger af bil	0,5	stk.
	Antal tømte beholdere	898	stk.
	Transport til/fra behandlingsanlæg	36	km
	Transport til/fra rute	37	km
	Indsamlingsruter	14	km
	Samlet kørsel	87	km
	Gennemsnitlig afstand mellem beholdere (i indsamlingsområde)	16	m
	Beholderstørrelse	14	kg/beholder
	Løft per beholder	1	stk.
	Komprimering per løft	0,1	stk.
Gennemsnitlig stoptid per beholder	13	sek./beholder	
Gennemsnitlig tid i tomgang per beholder	5,7	sek./beholder	

Bilen kører kun 4 dage om ugen på denne og lignende ruter. Der køres 2 ture til Nordforbrænding per uge. Dvs. bilen kører i gennemsnit til Nordforbrænding 0,5 gange per dag. Der blev i gennemsnit leveret 12.812 tons/læs til forbrænding.

Som det ses af nedenstående tabel, er en stor del af affaldet indsamlet i mindre sække.

<sup>4</sup> Vestforbrænding

**Tabel 9. Antal tømte beholdere.<sup>2</sup>**

		Man	Tir	Ons	Tor	Fre	Sum total
Rute 1	110 ltr sæk	698	539	649	597	-	2.483
	110 ltr sæk / Dagpleje	3	1	3	3	-	10
	240 l. beholder	2	14	28	1	-	45
	50 ltr sæk	390	203	353	260	-	1.206
	50 ltr sæk / Dagpleje	3	1	3	3	-	10
	5m regel ej overholdt	41	137	85	168	-	431
	660 l. beholder	17	3	35	13	-	68
Rute 1 Total		1.154	898	1.156	1.045	-	4.253

**Tabel 10. Ind- og udvejningen for bilen på Nordforbrænding.<sup>5</sup>**

	Dato	1.(kg)	2.(kg)	Netto (kg)
Rute 1	4-09-2012	27.140	14.770	12.370

#### 1.4 Biltype

Som tidligere nævnt er der taget udgangspunkt i en 3-akslet kompaktor bil med en totalvægt på 26 tons. Da der er en stor besparelse i brug af start/stop, og da dette ses som standard i mange nye biler, er denne funktion taget med som standard i alle beregningerne.

I beregningerne for el hybrider til udnyttelse af den kinetiske energi er antaget at der opnås en besparelse på 20 % af energiforbruget ved kørsel under indsamling.<sup>6</sup>

For at få det bedste sammenligningsgrundlag er der indhentet yderligere referencer og data om biler fra Banke Accessory Drive og PITA / PVI. Disse er beskrevet nedenfor i tabel 11.

Hybrid: 3-akslet Volvo renovationsbil med Banke Accessory Drive tilsluttet.  
 Rene elbiler: 3-akslet Renault fra PVI, der kører i Paris.

**Tabel 11. Renovationsbiler fra Banke og SITA.<sup>2</sup>**

	Banke	SITA/PVI
Affald	Dagrenovation	Dagrenovation
Mærke	Volvo	PVI/ Renault
Chassis	3-akslet	3-akslet
Skraldekasse og lift	Faun	PVI
Drivmiddel	Hybrid diesel/el	Ren el
Start / Stop	Nej	Ja
Udnyttelse af kinetisk energi	Nej	Ja

<sup>5</sup> Nordforbrænding

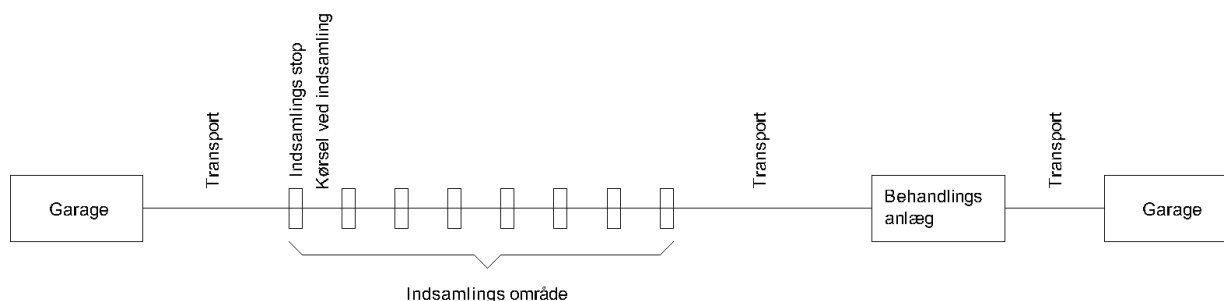
<sup>6</sup> Banke, SITA/PVI

## 1.5 Energiforbrug

Energiforbruget for de tre dagrenovationsbiler kan opdeles i følgende dele:

- Transport til og fra ruten;
- Transport til og fra aflæsning/behandlingsanlæg;
- Transport på ruten, og
- Brug af lift og komprimator i forbindelse med tømning af beholdere.

Under indsamlingsstop stopper bilen, mens de pågældende beholdere/sække hentes, hvorefter starter motoren når der gøres brug af lift og komprimator. Mellem indsamlingsstoppene er der typisk korte strækninger, hvor brændstofforbruget bliver ekstra højt pga. accelerationen. På figuren nedenfor er kørselsmønstret for en dagrenovationsbil illustreret.



En rute kan bestå af flere indsamlingsområder med transport imellem, og/eller flere ture til behandlingsanlæg for samme indsamlingsområde. Transport uden for ruten som for eksempel til garage og til det benyttede behandlingsanlæg varierer meget for de enkelte indsamlingsområder afhængig af de lokale forhold. Derfor har vi valgt at se denne del separat fra selve indsamlingsdelen.

Den generelle tommefingerregel for energi- og tidsforbruget under indsamling er vist i nedenstående tabel, her er ikke indregnet forbrug til transport.

**Tabel 12. Fordeling af energi- og tidsforbrug ved indsamling af dagrenovation.<sup>7</sup>**

	Tidsfordeling	Energiforbruget	
Kørsel (ved indsamling)	20-30%	60-65%	
Komprimering	25-40%	15-20%	85-90%
Lift			10-15%
Tomgang	35-50%	20-25%	

I forbindelse med tankning er det i alle beregningerne forudsat, at der ikke køres ekstra km for at tanke/oplade bilerne. Dette vil i praksis betyde, at der skal etableres centralt placerede fyldestationer. Enten ved behandlingsanlæggene eller ved transportørens holdeplads(er), hvor bilerne parkeres for natten.

<sup>7</sup> Göteborg; Banke, egne beregninger



Bilerne kan indstilles til at komprimere automatisk eller manuelt. Mange biler indstilles til at komprimere efter et bestemt antal tømte beholdere / løft med liften. Dette styres af den enkelte vognmand, ud fra hans erfaring.

I beregningerne for storby (rute 1) er det antaget, at der komprimeres automatisk efter hvert 3. løft.

For provinsbyer (rute 2) er der ved godt halvdelen af indsamlingspunkterne sække. Da både beholdere og sække indeholder mindre affald i dette område, vil der kun blive komprimeret efter hver 4. beholder/sæk. I landområdet (rute 3) er der primært sække i indsamlingsområdet, de fleste små 50 liter sække, hvorfor der kun komprimeres efter hver 10. sække.

Energiforbruget til komprimering og lift er beregnet på følgende måde.

**Tabel 13. Energiforbruget til komprimering og lift.<sup>8</sup>**

Proces	Tid, sec	Mech. Power kW	Effektivitet	kWh
op	2	10	1	5,56E-003
vent	1	0	1	0,00E+000
ned	2	3,3	1	1,85E-003
<b>Total</b>				0,007407

Proces	Tid, sec	Mech. Power kW	Effektivitet	kWh
Presplade ud	5	11,25	1	1,56E-002
Transportplade ned	5	18,75	1	2,60E-002
Presplade ind	4	18,75	1	2,08E-002
Transportplade op	6	30	1	5,00E-002
<b>Total pr. kompression</b>				0,112500

Den overvejende del af energiforbruget til liften er direkte afhængigt af vægten, der løftes og ikke antallet af løft. De fleste nyere biler har desuden to lifte, således at de smalle 2-hjulede beholdere kan løftes af kun en enkelt lift, hvorimod de bredere 4-hjulede minicontainere kræver brug af begge lifte samtidig. På denne baggrund vurderes det, at energiforbruget til bilens hydrauliksystem ikke påvirkes væsentligt af beholdertypen.

## 1.6 Lasteevne

Den 3-akslet bil vi har regnet på har en nyttelast på ca. 12 tons. Som følge af reglerne for akseltryk og totalvægt kan en øget egenvægt, som følge af en større/tungere tank eller batteri, have betydning for bilens nyttelast.

<sup>8</sup> Banke Accessory Drive

For gasbiler er egenvægten større pga. vægten og volumen af gastankene. Dette betyder, at bilens nyttelast bliver tilsvarende mindre, og at der således kan indsamles mindre affald pr. læs end ved dieslbiler. Traditionelt har producenterne benyttet tanke af stål til opbevaring af gassen på bilerne. Ståltanke for gas forøger bilens vægt med ca. 1 ton og reducerer dermed bilens lasteevne til 11 tons. For at øge nyttelasten mest muligt benyttes i dag tanke af kompositmateriale, som kun forøger bilens vægt med omkring 500 kg og reducerer lasteevnen til ca. 11,5 tons. I beregningerne regner vi med en lasteevne for gasbiler på 11,5 tons.<sup>9</sup>

En ren elbil har på grund af det store batteri en nyttelast på kun 9 tons. Hybridbiler med brug af el til kompressor og lift har en reduceret nyttelast på op til 1 ton. Ifølge bilproducenter er det en udfordring at holde vægtfordelingen med 20 % på forakslen, og derfor lægges normalt ca. 600 kg bly i kofangeren. En batteripakke på 500-900 kg kan derfor erstatte denne metode. Selve batteriets volumen sætter dog i sig selv en begrænsning for skraldekassens størrelse.<sup>10</sup>

Bilerne udnytter sjældent kapaciteten 100 %, dette skyldes typisk lokale forhold. I storbyområder og områder med kort afstand til behandlingsanlægget vil bilen oftest blive tømt efter dagens rute, uafhængigt af mængden af affald i bilen. I områder med længere afstande til behandlingsanlægget vil bilen derimod kun blive tømt, når den er fyldt. For at spare den lange tur, med kun et halvt læs, parkeres bilen i stedet over natten med et halvt læs og fyldes derefter helt op den efterfølgende dag, før der køres til anlægget. Derfor ses en bedre udnyttelse af kapaciteten, hvis der er langt at køre til aflæsningsstedet. For de tre områder (rute 1 – 3) indsamles der i gennemsnit følgende mængder: 7.814 kg for rute 1, 8.958 kg for rute 2 og 12.812 kg for rute 3.

For at opnå et godt sammenligningsgrundlag mellem de forskellige drivmidler er der for de tre opbyggede scenarie (I, II og III) estimeret en udnyttelsesgrad for kapaciteten af bilerne. Dette vil simulere en sammenlignelig drift / ruteplanlægning for de forskellige typer biler.

Bilernes nyttelast er opgivet fra producenterne af de forskellige biler. Kun for elbilerne er der en betydelig reduktion i lasteevnen. I tabellen er endvidere angivet, hvor stor en del der i praksis udnyttes.

**Tabel 14. Bilernes nyttelast og den i praksis gennemsnitlige nyttelast.**

	Udnyttelsesgrad		Diesel	Biodiesel	Bioethanol	Gas	Hybrid	El
<b>Nyttelast (producent)</b>	100 %	Kg	12000	12000	12000	11500	12000	9000
<b>Scenarie I</b>	75 %	Kg	9000	9000	9000	8625	9000	6750
<b>Scenarie II</b>	75 %	Kg	9000	9000	9000	8625	9000	6750
<b>Scenarie III</b>	90 %	Kg	10800	10800	10800	10350	10800	8100

I beregningerne tages reduktionen på lasteevnen med i betragtning, idet der indregnes, at der ved mindre kapacitet skal køres ekstra ture til aflæsningsstedet per indsamlet mængde affald.

<sup>9</sup> Mercedes, Scania

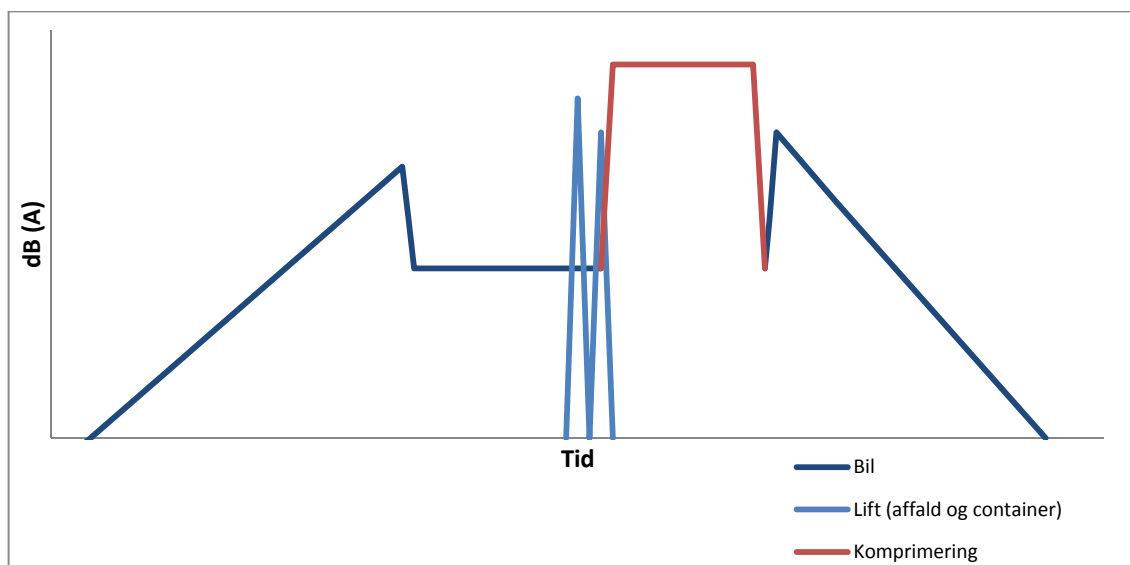
<sup>10</sup> Mercedes, Banke Accessory Drive

## 2 MILJØPÅVIRKNINGER

### 2.1 Støj

Den oplevede støj i forbindelse med renovationsbiler er illustreret i nedenstående figur.

**Figur 1. Støjbillede - forbundet med kørsel, brug af lift og komprimator.<sup>11</sup>**



Den mørkeblå linje indikerer renovationsbilen, der ankommer, standser, går i tomgang, accelererer og kører væk. Den lyseblå linje viser støjen fra tømmingen af affaldsbeholderne (affaldet der falder ned i bilen). Den røde viser støjen fra komprimeringen.

En konventionel diesebil ligger på 79-80 dB(A) ved kørsel og 95 dB(A) ved komprimering. Brug af biodiesel eller bioethanol ændrer ikke på støjniveauet.

En gasbil ligger derimod en lille smule lavere, og det absolut laveste støjniveau kommer fra elbilen.

Støjniveauet fra komprimeringen kan reduceres med ca. 10 dB(A) ved brug af elhybrid til drift af bilens hydraulik, fordi bilens hovedmotor ved hybridene kører i tomgang eller er stoppet og ikke i forceret tomgang under komprimeringen.

Ved at benytte hybrid på hovedmotoren kan der opnås en reduktion ved almindelig kørsel, da hybridmotoren benyttes til at aflaste motoren under høje belastninger f.eks. under acceleration.

<sup>11</sup> Banke Accessory Drive

**Tabel 15. Støjniveau i dB(A).<sup>12</sup>**

	Diesel	Biodiesel	Bioethanol	Gas	Hybrid	El
Kørsel	79-80	79-80	79-80	78-80	75	63
Standstøj (forceret tomgang)	88-91	88-91	88-91	88	-	-
Komprimering	95	95	95	92-93	85	85

## 2.2 Klimapåvirkning, CO<sub>2</sub>-emissioner

I forbindelse med CO<sub>2</sub>-emissioner tales der om emission ved produktion og ved anvendelse (lokalt). Det nedenstående skema viser emissionen fra forskellige kilder:

**Tabel 16. CO<sub>2</sub>-emissioner i forbindelse med produktion og anvendelse af forskellige drivmidler.<sup>13</sup>**

	Produktion [g CO <sub>2</sub> /MJ]	Produktion anvendt i beregning [g CO <sub>2</sub> /MJ]	Anvendelse [g CO <sub>2</sub> /MJ]
Diesel	25	25	74
Biodiesel 1. generation	52 (rapsfrø) 41 (solsikke) 58 (sojabønner) 68 (palmeolie, ikke specificeret proces) 37 (palmeolie, proces med methanopsamling fra oliemølle)	55	0
Biodiesel 2. generation	14 (vegetabilsk eller animalsk olieaffald) 4 (Fischer-Tropsch, træaffald) 6 (Fischer-Tropsch, dyrket træ)	14	0
Bioethanol 1. generation	24 (sukkerrør) 40 (sukkerroer) 70 (hvede, procesbrændsel ikke præciseret) 70 (hvede, brunkul som procesbrændsel i kraftvarmeanlæg) 55 (hvede, naturgas som procesbrændsel i konventionelt kedelanlæg) 44 (hvede, naturgas som procesbrændsel i kraftvarmeanlæg) 26 (hvede, halm som procesbrændsel i kraftvarmeanlæg) 43 (majs produceret i Fællesskabet, naturgas som procesbrændsel i kraftvarmeanlæg)	40	0
Bioethanol 2. generation	13 (hvedehalm) 22 (træaffald) 25 (dyrket træ)	13	0
Biogas	23 (organisk kommunalt affald, som komprimeret naturgas) 16 (gylle, som komprimeret naturgas) 15 (fast husdyrgødning, som komprimeret naturgas)	16	0
Naturgas	8,52 (EU mix 2010) 14,02 (NG pipeline 4000 km) 21,69 (NG pipeline 7000 km)	8,52	57,98
El grøn	4 (vind, 0,5 MW, onshore, Danmark) 6 (vind, 0,5 MW, offshore, Danmark) 15 (sol PV, 4,8 kW, single-cryst, Tyskland) 14 (sol PV, 13 kW, multi-cryst, Tyskland)	5	0
El sort	103	103	111

<sup>12</sup> Scania, Renault og Banke Accessory Drive (beregnet af DELTA)

<sup>13</sup> Europa Parlamentets og Rådets Direktiv 2009/28/EF, Institute of Energy Economics at the University of Cologne (EWI), Energistyrelsen, World Energy Council, Brancheforeningen Energi- og Olieforum og EA Energianalyse.

Ud over CO<sub>2</sub> (kuldioxid) udledes der også CO (kulmonooxid), NO<sub>x</sub> (nitrogenoxid, fælles betegnelse for NO og NO<sub>2</sub>), HC (kulbrinte), partikler (PM) og H<sub>2</sub>O (vand).

Emissionsniveauerne i Tabel 17 gælder for nye renovationsbiler. Det har ikke været muligt at få oplysninger om emissioner for biodiesel, men ifølge producenten ligger de tæt på værdierne for almindelig diesel og bioethanol.

**Tabel 17. Emissionsniveauer målt i g/kWh.<sup>14</sup>**

	EURO V (Stationær)	Diesel	Biodiesel	Bioethanol	El
CO	1,5	0,0	(0,0)	0,0	0
HC	0,46	0,01	(0,01)	0,06	0
NO <sub>x</sub>	2,0	1,8	(1,8)	1,8	0
Partikler	0,02	0,01	(0,01)	0,01	0
Røgtæthed	0,5	0,12	(0,12)	0,04	0

**Tabel 18. Emissionsniveauer målt i g/kWh.<sup>14</sup>**

	EEV (Transient)	Gas
CO	3,0	0,1
HC	0,40	0,0
NO <sub>x</sub>	2,0	1,1
Partikler	0,02	0,0

Hybridbilens udledninger hænger sammen med reduktionen i forbruget af diesel og vurderes i forlængelse heraf at kunne reduceres med 20 % i forhold til det benyttede drivmiddel.

Generelt kan det konstateres, at emissionsniveauerne er faldet markant i takt med de stigende krav udtrykt i Euro-normerne, og forskellen på de forskellige brændstoftyper er derfor i dag beskeden. Den største forskel ligger mellem elbiler og de øvrige drivmidler.

<sup>14</sup> Scania

### 3 ØKONOMI

I det følgende afsnit beskrives, hvilke faktorer der påvirker økonomien ved valg af forskellige drivmidler. På både investerings- og driftssiden vil der være forskelle.

#### 3.1 Investering

##### *Tankningsanlæg*

For både biodiesel og bioethanol er det på kort sigt nødvendigt at etablere tankningsanlæg/standere, da der ikke kan tankes på almindelige tankstationer. Vi har forudsat at det gøres med en lokal stander hos den enkelte renovatør, måske ved anvendelse af en eksisterende dieselstander. Investeringen i et sådant system afhænger bl.a. af forbruget på stedet. Hos større renovatører er der flere steder opstillet diesel tank uden omkostninger for renovatøren selv.

For gas har vi forudsat at der etableres nye tank anlæg, og at det vil være nødvendigt at etablere ledning fra distributionsnettet til tankstationen. For opladning af elbiler og plug-in hybridbiler har vi forudsat at der etableres lade-standere.

*En 10 m<sup>3</sup> tank inklusive pumpe, slange og pistol koster ca. 125.000 kr. i investering.*

Der er i nedenstående to tabeller lavet en oversigt over investeringsomkostningerne for både større anlæg (ca. 50 biler tilknyttet) og mindre anlæg (5 biler). Skemaet er delt op i "fast" og "slow" tankningsanlæg.

**Tabel 19. Investeringsomkostninger i forbindelse med større anlæg.<sup>15</sup>**

Metode	Diesel	Komprimeret gas		Biodiesel	Bioethanol	Elbatteri
		Koblet til nettet	Med eget lager			
Fast	400.000	3.500.000	4.000.000	400.000	400.000	n/a
Slow	n/a	15.000.000	n/a	n/a	n/a	300.000

**Tabel 20. Investeringsomkostninger i forbindelse med mindre anlæg.<sup>15</sup>**

Metode	Diesel	Komprimeret gas		Biodiesel	Bioethanol	Elbatteri
		Koblet til nettet	Med eget lager			
Fast	125.000	2.500.000	3.000.000	125.000	125.000	n/a
Slow	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	8-11.000

<sup>15</sup> Q8, MLarsen, Dong Energy og Processkontroll

Anvendelse af alternative drivmidler medfører ændringer i, hvordan tankning af bilerne kan foregå, og tankningen kan dermed have indflydelse på de daglige rutiner, som igen påvirker driftsøkonomien. Dette kan f.eks. være i tilfælde, hvor den nye teknologi kræver, at bilen står til opladning/tankning et centralt sted, og chaufførerne i dag efter endt arbejdsdag parkerer ved privatadressen. Dette sker ofte i landområder og i nogen udstrækning i provinsbyer. I beregningerne forudsættes det, at bilerne er parkerede ved ladestander om nødvendigt. Ekstra transport fra hjemadresse til parkering/ladestander for vognmanden er ikke medregnet.

#### *Bilen*

Investeringsomkostningerne for renovationsbiler varierer afhængigt af mærke, motor, chassis og skraldekasse. Den 3-akslede dieselbil med en nyttelast på 12 tons koster omkring 1,3-1,4 millioner kr. En tilsvarende renovationsbil, der kan køre på ren biodiesel, er ikke dyrere i indkøb, mens en bil, der kan køre på ren bioethanol, er en anelse dyrere (knap 50.000 kr.).

En renovationsbil, der kan køre på komprimeret gas, er 200-300.000 kr. dyrere i indkøb. Ligeledes er en hybridbil med hybrid på hovedmotoren noget dyrere og koster ca. 2 mio. kr., mens en batteripakke til at drive kompressor og lift kan installeres (på alle biltyperne) for en merpris på 500.000 - 750.000 kr. Den rene elbil er den dyreste og kræver en investering på ca. 3-4 millioner kr. Som følge af den høje investeringspris udbydes både hybridbiler og elbiler primært i leasing aftaler.

**Tabel 21. Investeringsomkostninger for renovationsbiler.<sup>16</sup>**

	Diesel	biodiesel	Ethanol	Gas	Hybrid 1	Hybrid 1+2	Ren el
Investerings pris (mio. DKK)	1,4	1,4	1,45	1,7	2,1	3,0	3,5

### 3.2 Drift og vedligeholdelse

Der er lidt højere omkostninger til vedligeholdelse af biler, der kører på gas, biodiesel og bioethanol, set i forhold til en traditionel dieselbil. Udgifterne relaterer sig til ekstra olieskift, specielle brændstoffiltre, rensning af dyser mv. Ligeledes er driftsomkostningerne højere som følge af de højere brændstofpriser og den nuværende afgiftsstruktur.

Ifølge producenterne er der ingen ekstra omkostninger til vedligeholdelse af den rene elbil i forhold til en almindelig dieselbil.

For hybridbilen er der en besparelse på driftsomkostningerne sammenlignet med dieselbilen, idet dieselforbruget kan reduceres med op til 20 % ved anvendelse af en parallelhybrid på hovedmotoren, som opsamler og anvender den kinetiske energi, og ekstra 15-20 % ved at anvende el til komprimering og lift.

Tankningen er yderligere en faktor, der påvirker driften. Tankning af bilen og den brugte tid for vognmanden varierer mellem de forskellige brændstoftyper og tankemetoder.

<sup>16</sup> Scania, Banke Accessory Drive (Volvo), Phoenix Danmark, SITA/PVI og Meldgaard MILJØ A/S

**Tabel 22. Tankningstid.<sup>17</sup>**

Metode	Tid for	Diesel	Komprimeret gas	Biodiesel	Bioethanol	El	Hybrid batteri
Fast	Vogn	3-5 min	20 min	3-5 min	3-5 min	n/a	n/a
	Vognmænd	3-5 min	20 min	3-5 min	3-5 min	n/a	n/a
Slow	Vogn	n/a	4-6 timer	n/a	n/a	5 timer	3-4 timer
	Vognmænd	n/a	1-2 min	n/a	n/a	1-2 min	1-2 min

Tankningstiden kan variere fra nogle minutter op til 5-6 timer. Hvis bilerne oplades over natten, gør dette ikke den store økonomiske forskel, da forskellen for den enkelte vognmand kun vil variere mellem 3-20 min. Med de ovenfor angivne tankningstider og ud fra antal tankninger, der er nødvendige med de forskellige drivmidler, bliver den ekstra tid dagligt til maksimalt 6 min. Denne meromkostning anses for at være så lille, at vi har valgt ikke at medregne i den efterfølgende økonomivurdering.

*Tryg Forsikring oplyser, at renovationsbiler koster 23-67.000 kr. i årlig forsikringspræmie.*

Forsikring af renovationsbiler er en årlig omkostning for renovatøren. Det er de færreste forsikringsfirmaer har en tarif for renovationsbiler, der kører på alternative brændstoffer. Det vil derfor være en vurdering af den enkelte sag, primært ud fra investeringsprisen, men hvor der også tages højde for renovatør, vognmænd og tidligere skadesrate.<sup>18</sup>

**Tabel 23. Forsikringspræmie for renovationsbiler.**

	Diesel	biodiesel	Bioethanol	Gas	Hybrid 1	Hybrid 1+2	Ren el
<b>Forsikring årligt (DKK)</b>	25.000	25.000	25.893	30.357	37.500	53.571	62.500

I økonomiberegningerne er der inkluderet drifts- og vedligeholdelsesomkostninger for tankanlægget og for bilerne. Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger for normale dieseltanke er ikke store, de årlige omkostninger er på omkring 4- 5.000 kr. For vedligeholdelse af "bio" tanke (til bioethanol og biodiesel) skal der forventes en ekstra omkostning på omkring 1.000 kr. per år.

For biogas tankstationer er der højere driftsomkostninger, fordi gassen skal komprimeres. Ifølge svenske leverandører er der et elforbrug på 0,3 kWh/Nm<sup>3</sup> for et anlæg, der er koblet til N-gas nettet, yderligere er der vedligeholdelse på 15-40 SEK øre/Nm<sup>3</sup>. Elstandere kræver meget lidt vedligeholdelse, og der er i rapporten medregnet en årlig omkostning på 5 % af investeringsomkostningerne.<sup>17</sup>

Vedligeholdelsesomkostningerne for bilerne dækker ekstra olieskift, ekstra brændstoffdyser/tændrør, meromkostning til specielle brændstoffiltre, batteri eftersyn og generel serviceaftale. I forhold til dieslbiler der er ikke ekstra vedligeholdelsesomkostninger i forbindelse med rene elbiler.<sup>17</sup>

<sup>17</sup> Q8, MLarsen, Processkontroll, Scania, Banke og driftserfaring fra Linköping

<sup>18</sup> Tryg Forsikring



### **BILAG 3 - LOVGIVNING FOR MOTORBRÆNDSTOFFER**

Der er flere standarder for både diesel og ethanol. For biogas er der ikke nogen dansk standard, men i Sverige har de brugt biogas i flere år og har en standard for biogas.

### **Svenske standarder**

SS 15 54 35 Motorbränslen - Dieselbränsle av miljöklass 1 och 2 för snabbgående dieselmotorer - Krav och provningsmetoder

SS 155438 Motorbränslen - Biogas som bränsle till snabbgående ottomotorer

SS 155480 Motorbränslen - Etanol E85 - Krav och provningsmetoder

SS 155437 Motorbränslen - Alkoholer för bränsle till snabbgående dieselmotorer

### **Internationale standarder**

SS-EN 15376:2011 (Findes også som DS/EN 15376)  
Motorbränsle - Etanol som blandningskomponent i bensen - Krav och provningsmetoder

ISO 15403-1:2006 (findes også som DS/EN/ISO 15403-1)  
Natural gas -- Natural gas for use as a compressed fuel for vehicles -- Part 1: Designation of the quality

DS/EN 14214 + A1:2009

**Dansk titel** Motorbrændstof - Fedtsyremethylester (FAME) til dieselmotorer - Krav og prøvningsmetoder

DS/CEN/TR 15993:2010

**Dansk titel** Motorbrændstof - Ethanolbrændstof (E85) til køretøjer - Baggrund for de krævede parametre og deres respektive grænser og bestemmelse

DS/CEN/TS 15293:2011

**Dansk titel** Motorbrændstof – Ethanolbrændstof (E85) til køretøjer – Krav og prøvningsmetoder

DS/CWA 16379:2012

**Dansk titel** Brændsel og biobrændsel - Rent planteoliebrændsel til dieselmotorer - Krav og prøvningsmetoder

DS/EN 15376:2011

**Dansk titel** Motorbrændstof - Ethanol som blandingskomponent til benzin - Krav og prøvningsmetoder

DS/EN 15837:2010

**Dansk titel** Ethanol som en blandingskomponent til benzin - Bestemmelse af fosfor-, kobber- og svovlindhold - Direkte metode ved hjælp af optisk emissionspektrometri med induktivt koblet plasma (ICP OES)

DS/EN 15938:2010

**Dansk titel** Motorbrændstof - Ethanol som blandingskomponent og ethanolbrændstof (E85) - Bestemmelse af elektrisk ledningsevne