

# Redegørelse om renere brændstoffer og teknologi til transport



Københavns Kommune  
Center for Miljø



Grontmij | Carl Bro A/S i samarbejde med

Maj 2007



# Københavns Kommune Center for Miljø

## Redegørelse om renere brændstoffer og teknologi til transport

Maj 2007

Udgivelsesdato : 7. maj 2007  
Projekt : 30.5464.01

Udarbejdet : Thomas Engell, Thomas Capral Henriksen og Gritt Jakobsen, Grontmij| Carl Bro  
Mikael Sloth, Jesper Nissen Boisen og Per Koustrup, H2 Logic

Kontrolleret : Birte Busch Thomsen, Center for Miljø, Københavns Kommune  
Godkendt : Thomas Engell, Grontmij | Carl Bro

## DATABLAD

TITEL	REDEGØRELSE OM RENERE BRÆNDSTOFFER OG TEKNOLOGIER
UDGIVET AF	KØBENHAVNS KOMMUNE, CENTER FOR MILJØ
UDARBEJDET AF	GRONTMIJ   CARL BRO A/S
REDAKTION AFSLUTTET	1. MAJ 2007
ABSTRAKT	KØBENHAVNS KOMMUNE VIL GÅ FORREST NÅR DET GÆLDER ANVENDELSE AF MILJØVENLIGE ALTERNATIVE DRIVMIDLER I TRAFIKKEN. DENNE REDEGØRELSE BESKRIVER MULIGE PROJEKTER FOR ANVENDELSE AF BIOBRÆNDSTOFFER, BRINT, EL OG HYBRIDBILER I KOMMUNALE KØRETØJER OG KØBTE TRANSPORT YDELSER. REDEGØRELSEN INDEHOLDER FORSLAG TIL HANDLINGSPLAN FOR IMPLEMENTERING, ORGANISATION SAMT FINANSIERING. PROJEKTFORSLAGENE FORSLÅS GENNEMFØRT I PERIODEN 2008 TIL 2012.
EMNEORD	MILJØ, BIOBRÆNDSTOFFER, BRINT, ELBILER, HYBRID, EFFEKTIVE KØRETØJER, PILOT OG DEMONSTRATIONS- OG INTRODUKTIONSPROJEKTER
KILDEANVISNING (GENGIVELSE MED KILDEHENVISNING ER TILLADT)	
ISBN (ELEKTRONISK)	978-87-90947-02-6
INTERNETVERSION	RAPPORTEN FINDES ELEKTRONISK PÅ CENTER FOR MILJØS HJEMMESIDE <a href="http://WWW.MILJOE.KK.DK">WWW.MILJOE.KK.DK</a> ELLER <a href="http://WWW.KK.DK/LUFTUDSIGT">WWW.KK.DK/LUFTUDSIGT</a>

<b>INDHOLDSFORTEGNELSE</b>		<b>SIDE</b>
<b>1</b>	<b>INDLEDNING</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>SAMMENFATNING OG ANBEFALINGER</b>	<b>6</b>
2.1	Projekter	7
<b>3</b>	<b>BAGGRUND</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>PERSPEKTIVER</b>	<b>17</b>
4.1	Fremtidsperspektiver – biobrændstoffer	17
4.2	Fremtidsperspektiver – batteri & brint elektriske hybrid biler	26
<b>5</b>	<b>HANDLINGSPLAN</b>	<b>32</b>
5.1	Handlingsplan	33
5.2	Organisation	35
5.3	Budget	37
5.4	Projektmuligheder – Pilot og demonstrationsprojekter	38
5.5	Projektmuligheder – Introduktionsprojekter	39
<b>6</b>	<b>SAMLET MILJØMÆSSIG VURDERING AF PROJEKTER</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>LITTERATURLISTE</b>	<b>43</b>
<b>BILAG</b>		
<b>1. Teknologi og miljøvurdering</b>		
<b>2. Efterspørgsel &amp; indpasningsmuligheder i København</b>		
<b>3. Projektmuligheder</b>		

## Anvendte forkortelser

1. generation	1. generation – til denne type biobrændstoffer bruges primært landbrugs-afgrøder som majs, sukkerroer, hvede, sukkerrør, rapsfrø eller andre olieholdige frø. Teknologierne er udviklet.
2. generation	2. generations biobrændstoffer produceres på basis af restprodukter fra plantemateriale eller andre organiske ressourcer. Teknologierne er eller er ved at blive udviklet.
APU	Auxiliary power unit, er betegnelsen for en sekundær strømproducerende enhed ombord på køretøjer eller fartøjer generelt
Batteri elektriske køretøjer	Strøm lagres i batterier ombord på køretøjet og frigives direkte til elmotoren
Brint elektriske køretøjer	Hydrogen lagres ombord på køretøjet og omdannes til strøm i en brændselscelle
Bioethanol	Ethanol fremstillet på basis af biomasse
BSE	BSE kaldes også kogalskab og er en forkortelse for Bovine Spongiform Encephalopathy
Cetantal	Cetantallet er et mål for diesels antændelseskvalitet hvilket påvirker koldstart, forbrænding og emissioner
CO	Kulmonooxid (kullite) er en meget giftig gasart, som dannes ved ufuldstændig forbrænding af kulstoffet i fossile brændsler. Ved fuldstændig forbrænding dannes CO <sub>2</sub> . CO giver forureningsproblemer da det indgår i smogdannelse.
CO <sub>2</sub>	Kuldioxid, en farveløs, lugtfri og ikke giftig gasart, som udledes fra forbrænding af fossile brændsler, og som er en normal del af den omgivende luft. Drivhusgas.
DKK	Danske kroner
DME	Dimethylether er en gasart som fremstilles ud fra f.eks. gylle og kan bruges som erstatning af fossile brændstoffer.
DOE	US Department of Energy
D5, D30	Diesel der er iblandet henholdsvis 5 og 30 pct. biodiesel
D100	100 pct. biodiesel
EFP	Energi Forsknings Program der administreres af Energistyrelsen
ETBE	Ethyltertærbutylether bruges som tilsætning til benzin for at forbedre forbrændingen og hæve oktantallet.
EUDP	Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram har til formål at mindske kløften mellem forskningen og demonstration. Programmet erstatter Energiforskningsprogrammet (EFP) og kan både støtte udviklings- og demonstrationsprojekter indenfor biobrændstoffer samt brint, el- og hybridteknologi.
E5, E10, E85	Benzin, der er iblandet henholdsvis 5, 10 og 85 pct. bioethanol
FAME	Fatty Acid Methyl Esters – bio-oilier der kan erstatte diesel helt eller delvist.
FFV	Flexi Fuel Vehicle: Bil der kan køre på op til 85 % ethanol iblandet benzinen. Kan også køre på ren benzin.
H <sub>2</sub>	Dihydrogen (brint) er en gasart.
H <sub>2</sub> S	Hydrogensulfid (svovlbrinte), en farveløs og giftig gas som bl.a. dannes ved anaerob nedbrydning af organisk materiale.
Hybrid elektriske	Strømproduktionen ombord på køretøjet sker i en kombination af brint og batterier. Forbrændingsmotor hybrid: hydrogen anvendes som brændstof i

JTI	en forbrændingsmotor i kombination med batterier. Joint Technology Initiative, et initiativ i EU til fremme af offentligt privat partnerskab
LPG	Liquified Petroleum Gas er en gasart som kan bruges som brændstof i køretøjer eller til opvarmning.
KMC	Kalvebod Miljøcenter
KTK	Kommune Teknik København
Metan	Metan, CH <sub>4</sub> , er en farveløs, ikke giftig brandbar gasart som dannes ved anaerob nedbrydning af organisk stof. Kraftig drivhusgas.
N <sub>2</sub>	Nitrogen er en gasart der bruges til forskellige formål og er den mest almindelige gasart i atmosfærisk luft, hvor den udgør 80 %.
NO <sub>2</sub>	Nitrogendioxid, en meget giftig gasart som dannes når nitrogen fra forbrændingsreaktioner (i motorer) reagerer med luftens ilt.
NO <sub>x</sub>	Dieseldrevne biler er skyld i størstedelen af NO <sub>2</sub> emissionerne. Kvælstofoxider, forbrændingsprodukt fra transport og punktkilder og væsentligt bidrag til forurening og dannelse af jordnært ozon i troposfæren.
Partikler	Små flydende eller fast partikler, såsom støv, røg, dampe eller smog, tilstede i luft eller udledninger. Partikelemission afgrænses efter partikelstørrelse og oftest anvendes PM10, hvilket er de partikler, der er mindre end 10 mikrometer
OPP	Offentlig Privat Partnerskab
PJ	Peta Joule er en energienhed.
RME	Rapsolietmestylester, 1. generations biodiesel fremstillet på basis af vegetabiliske olier.
SEK	Svenske kroner
SHHP	Scandinavian Hydrogen Highway Partnership
SO <sub>2</sub>	Svovldioxid, en tung, lugtende, farveløs og luftforurenende gasart skabt primært ved forbrændingsprocesser af fossilt bændsel. Virker forsurende/ætsende.
WTW	Well-to-Wheels – en ”kilde-til-hjul” analyse inkluderer det samlede energiforbrug og drivhusgasemission i alle led fra energien produceres (ved ”kilden”) frem til det hjulene drejer. Endvidere benyttes følgende betegnelser for analyse efter energien er produceret til lagring i tanken ombord i bilen: ”Grid-to-Tank”; og på anvendelse af energien ombord på køretøjet: ”Tank-to-Wells”

## 1 INDLEDNING

Københavns politikere har i forbindelse med budgetforhandlingerne for 2007 vedtaget at Københavns Kommune skal gå forrest når det gælder anvendelse af miljøvenlige alternative drivmidler i trafikken. På denne baggrund er der udarbejdet en redegørelse med projektforslag til hvordan kommunen alene eller i samarbejde med andre interessenter kan gennemføre projekter med anvendelse af fx brint og 2. generations biobrændsler.

Projektet blev ledet af Birte Busch Thomsen og Jakob Fryd fra Center for Miljø i Københavns Kommune. Rådgivere på projektet var Grontmij | Carl Bro ved Thomas Engell, Thomas Capral Henriksen og Gritt Jakobsen samt H2 Logic som underrådgiver på brint og batteri hybrid elektriske køretøjer ved Mikael Sloth, Jesper Nissen Boisen og Per Koustrup.

Denne redegørelse er udarbejdet i tæt dialog mellem Center for Miljø, de øvrige forvaltninger i Københavns Kommune og eksterne interessenter og eksperter. I perioden januar til april 2007 blev afholdt to workshops og gennemført møder med repræsentanter fra forvaltningerne i Københavns Kommune og potentielle aktører på området samt mulige leverandører af 2. generations biobrændstoffer og hydrogen og brændselscelle teknologi.

I forbindelse med udarbejdelse af redegørelsen har der været tilknyttet en reference-gruppe bestående af følgende eksperter:

- Kaj Jørgensen, seniorforsker, RISØ
- Frank Elefsen, Centerchef, Teknologisk Institut
- Finn Palmgren Jensen, seniorforsker, DMU
- Uffe Juul Andersen, miljøchef, Amagerforbrænding
- Peter Dam-Hendriksen, forsyningsdirektør, Statoil
- Thomas Budde Christensen, PhD studerende, RUC
- Jesper Kaas Petersen, ingeniør, Movia
- Aksel Mortensgaard, programleder, Energistyrelsen
- Allan Schrøder, seniorforsker, RISØ
- Jens Oluf Jensen, lektor, DTU
- Ulf Hafsel, Business Development Manager, Norsk Hydro
- Mads Ventzel, miljø og udviklingsleder, Q8 Danmark A/S
- Peter Harling Lykke, udviklingschef, EnergiDanmark
- Anton Gammelgaard, programudvikler, Danmarks Radio
- Christian Erik Kampmann, Lektor, Copenhagen Business School

Vi vil gerne rette en tak til de konstruktive forslag og kommentarer til denne redegørelse som deltagerne i referencegruppen og repræsentanter fra Københavns Kommunes forvaltninger har givet.



## 2 SAMMENFATNING OG ANBEFALINGER

Københavns Kommune som Europas miljøhovedstad er en vision der forpligter. Derfor gør kommunen en særlig indsats for miljøområdet. Et væsentligt indsatsområde er at reducere miljøpåvirkningen fra vejtransport i kommunen, og hvis dette gribes rigtigt an vil det også kunne mindske luftforureningen fra trafikken på vejnettet.

København danner i 2009 ramme om det næste og afgørende klimatoptagelse, hvor efterfølgeren til Kyoto Protokollen skal vedtages, og der vil til den tid blive stor fokus på hvordan man i Danmark (og København) tackler klimaudfordringen. København kan således blive et udstillingsvindue til Verden, og i den forbindelse vil nye og innovative løsninger på transportområdet være meget synlige.

Københavns Kommune har før vist at det kan lade sig gøre at gå foran og vise vejen som eksempelvis den forestående etablering af miljøzoner i Københavns Kommune fra september 2008.

Københavns Kommune har målsætninger om at afprøve nye muligheder – renere brændstoffer og teknologier til transport – for at gå forrest når det gælder anvendelse af miljøvenlige, alternative drivmidler i trafikken. Derfor er det vigtigt at igangsætte initiativer, der kan demonstrere nye muligheder, og at være med til at sikre at der etableres en infrastruktur for renere brændstoffer og nye teknologier i Københavns Kommune, samt at inspirere andre til også at handle.

En vision for Københavns Kommune for implementering og anvendelse af bæredygtige brændstoffer og teknologier til transport år 2035 kan formuleres således:

*Københavns Kommune skal være kendt som miljøhovedstaden i Europa hvor 100 % af alle kommunens køretøjer i 2035 er bæredygtige igennem anvendelse af biobrændstoffer, batteridrevne køretøjer og elektriske hybrid køretøjer baseret på brint og batterier, Københavns Kommune skal være et forgangseksempel der er med til at drive den teknologiske udvikling og vise vejen og stimulere og motivere virksomheder og private til at gøre det samme.*

For at indfri målsætningerne om bæredygtige teknologier i København Kommunes transport skal en række projekter igangsættes som suppleres med politiske handlingstiltag.

Et projekt opfattes i denne kontekst som et konkret tiltag hvor en teknologi bringes i afprøvning med henblik på enten videreudvikling eller på påbegyndelse af en kommerciel introduktion. Politiske tiltag opfattes som beslutninger og rammebetingelser der muliggør eller fremmer en kommerciel introduktion af de bæredygtige teknologier i transporten.



## 2.1 Projekter

Da de forskellige bæredygtige teknologier til transporten befinder sig på forskellige udviklings og modningstrin varierer projektypen også herefter. Der skelnes mellem to projektyper.

- **Pilot og demonstrationsprojekter**
  - skal bidrage til videreudvikling af en teknologi
- **Introduktionsprojekter**
  - vurdere om teknologi er klar til kommerciel introduktion

Brint og brændselscelle baserede elektriske hybrid køretøjer befinder sig teknologisk på et stadie hvor pilot og demonstrationsprojekter fortsat er nødvendig, mens biobrændstoffer samt elkøretøjer baseret på batterier i overvejende omfang er klar som introduktionsprojekter.

Hvad angår offentlig og anden støtte til projekterne er mulighederne herfor specifikt beskrevet indenfor de forskellige teknologier andet steds i redegørelsen. Dog kan nævnes at det primært kun er mulig at indhente ekstern støtte til pilot og demonstrationsprojekter hvor introduktionsprojekter typisk ses som værende for tæt på markedet og hovedsagelig må forventes at bæres af kunden og virksomhederne selv. På baggrund af den omfattende analyse af efterspørgslen og indpasningsmuligheder for bæredygtige teknologier til transport som beskrevet andet steds i redegørelsen er følgende projektforslag blevet udviklet.

### Pilot og demonstrationsprojekter

- Brændselscelle brint busser i København
- Brint elektriske hybrid personbiler i Kommunen
- Brint elektriske hybrid arbejdskøretøjer i Kommunen
- Brændselscelle brint havnebus i København
- Brændselscelle elektrisk hybrid midi bus i København

### Introduktionsprojekter

- Batteribiler i Center for Miljø og hjemmeplejen
- Bioethanol på FFV biler (E85)
- Bioethanol på benzindrevne personbiler i hjemmeplejen og Center for Miljø
- Biodiesel på dieseldrevne personbiler i Center for Miljø og andre forvaltninger
- Biodiesel på entreprenørmaskiner i Kalvebod Miljøcenter

Projekter hvor Københavns Kommune gennem køb af serviceydelser kan påvirke brændstofvalg:

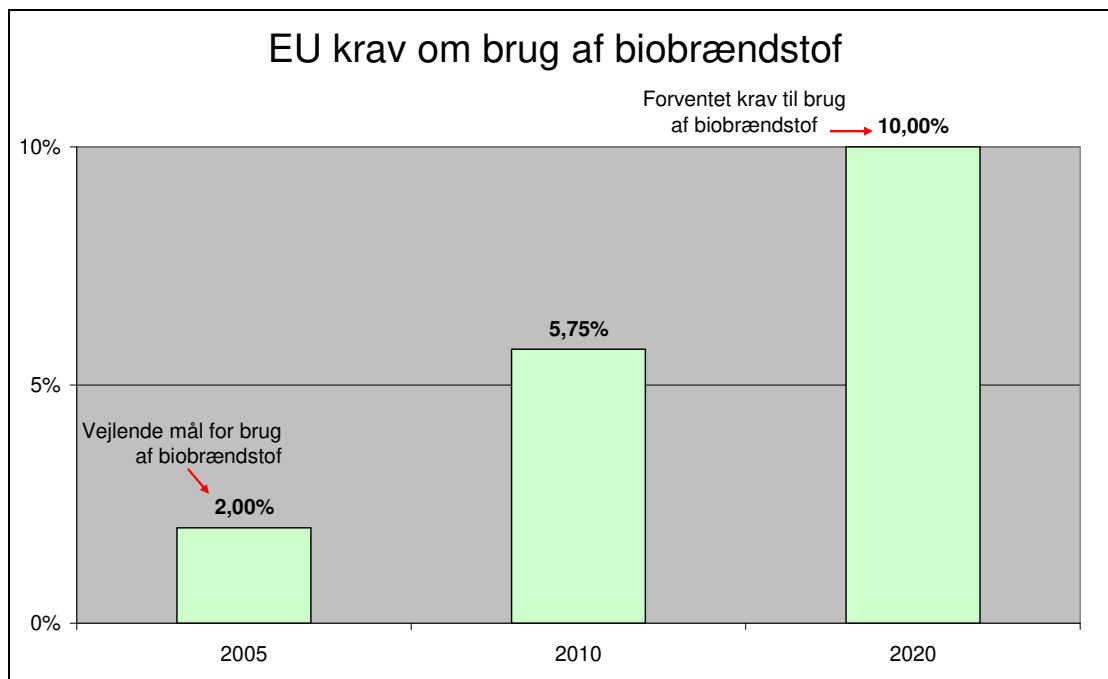
- Bioethanol bus i København
- Biodiesel busser i København
- Biodiesel renovationskøretøjer i København

Alle projekter er mere detaljeret beskrevet i ”projektkataloget” i Bilag 3.

### 3 BAGGRUND

#### Transportsektorens afhængighed af olie kalder på nye løsninger

I de kommende år forventes transportforbruget vokse med to procent om året i Europa, og i dag er ca. 95 % af al transport på globalt plan baseret på olie. Produktionen af olie forventes at toppe allerede omkring 10-20 år. Vejtransporten i EU tegner sig for 26,5 % af EU's samlede energiforbrug, mens den i Danmark tegner sig for ca. 25 % af det samlede bruttoenergiforbrug. Der forventes en fortsat stigning i transportarbejdet i Danmark.<sup>1</sup>



Figur 1. EU målsætning om iblanding af biobrændstof i benzin og diesel

Både EU og USA har opstillet mål om at mindske afhængigheden af olie ved i øget omfang at bruge biobrændstoffer. Øget anvendelse af biobrændstoffer kan reducere afhængigheden af olie, og have en positiv effekt på beskæftigelsen i landbruget, men det grundlæggende problem er at biomasse er en begrænset ressource, og måske kan anvendes mere effektivt andre steder i energisystemet end til transport. Herudover kan krav om energieffektivitet være med til at reducere forurening fra vejtransport, og EU har for nyligt fremsat forslag om bindende krav til bilindustrien.<sup>2</sup> Danmark har indtil for nyligt været forbeholden overfor brug af biobrændstoffer til transport ud fra den betragtning at biomasse mere økonomisk og med større miljøeffekt kan anvendes i kraft- og varmesektoren. Perspektiverne for anvendelse af biobrændstoffer ligger i 2. generations biobrændstoffer, hvor restprodukter anvendes.

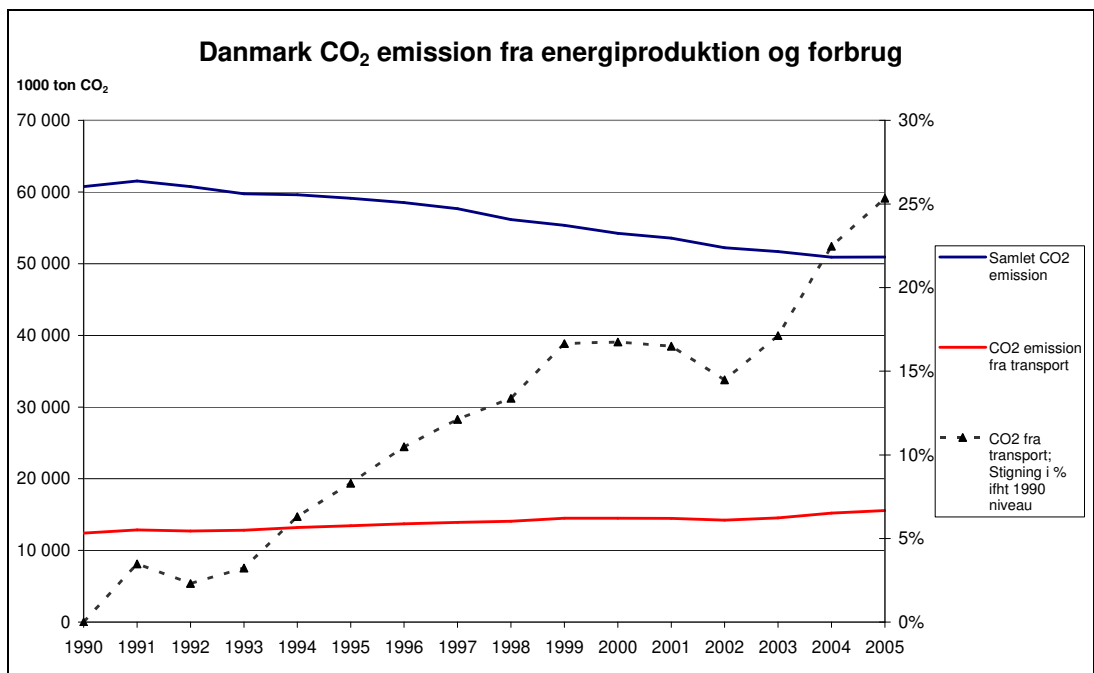
<sup>1</sup> Kilde: Langsigtet fremskrivning af vejtrafik, Danmarks Transportforskning. Der forventes en fordobling af den danske bilpark i 2030, med mulige kritiske trængselsproblemer til følge såfremt kapaciteten i trafiksystemet ikke udvides.

<sup>2</sup> Kilde: Meddelelse fra Kommissionen til rådet og Europaparlamentet, Resultater af revision af Fællesskabets strategi for nedbringelse af CO<sub>2</sub>-emissionerne fra personbiler og lette erhvervskøretøjer, Bruxelles den 7.2.2007 KOM (2007) 19 endelig

Da en stor del af den øgede mængde vedvarende energi produktionsanlæg som opstilles i disse år producerer strøm arbejdes der således på udvikling af brint biler. Brinten kan produceres ved at anvende den vedvarende energi i form af strøm til at spalte vand. Ombord på køretøjet omdannes brinten til strøm i en brændselscelle ved en lydløs og forureningsfri proces ved meget høj effektivitet. Senest er man også begyndt at kombinere brint og batteri biler da de to teknologier supplerer hinanden godt. Brinten kan sikre lang aktionsradius og hurtig optankning mens batterier er mere effektive, kan opsamle bremseenergien og levere meget energi under acceleration. Brint og batteri biler, der anvender strøm kan således fungere som et supplement til biobrændstoffer.

### Vejtransportens miljøpåvirkninger – den store udfordring også i Danmark

Det kan vise sig svært at leve op til en national forpligtelse om reduktion af CO<sub>2</sub> udledning, når transportsektorens udledning fortsat stiger som følge af fortsat anvendelse af fossile brændsler (benzin og diesel). Der er således et behov for at se på hvilke fremtidige muligheder Københavns Kommune har for at benytte andre og renere brændstoftyper og teknologier, der kan afhjælpe disse problemstillinger.



Figur 2. Udvikling i dansk udledning af CO<sub>2</sub> og transportsektorens andel

Det er ikke muligt hurtigt at ændre incitamentet til mere miljørigtige valg i transportsektoren før nationale registreringsafgifter, grønne afgifter mv. ændres. I slutningen af april 2007 fremlagde regeringen lovforslag om ændring af registreringsafgift der begunstiger energieffektive biler og straffer tunge og ineffektive køretøjer (typisk firehjulstrækkere over 3,0 ton).<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Lovforslag L217 lægger op til en lempelse af benzin/dieselmotorer der kører mere end 16 km/l (diesel 18 km/l) der belønnes med et fradrag i registreringsafgiften på 4.000 kr. per km/l ud over de 16 (eller 18). Tilsvarende sker der tillæg i afgiften, hvis bilen kører kortere end de 16/18 km per liter. Der sker stramninger i afgifter på varebiler (typisk fire hjulstrækkere) mellem 2,0 og 2,5 ton (fra 30 til 50 pct.) og der er fremover intet afgiftsloft på de helt tunge fire hjulstrækkere over 3,0 ton.

Det er på nuværende tidspunkt for tidligt at vurdere hvilken samlet miljømæssig effekt omlægning af registreringsafgiften vil få.

Transportsektoren forventes i 2007 samlet set at indbringe omkring 50 milliarder kr. i afgifter (registreringsafgift, vægtafgift, samt energi og CO<sub>2</sub> afgifter).<sup>4</sup> I Danmark er brugen af biobrændstoffer ikke væsentligt udbredt endnu, da biobrændstofferne er pålagt de samme energiafgifter som fossile brændstoffer, dog er de fritaget for CO<sub>2</sub> afgift. Regeringens begrundelse for at bibeholde energiafgiften har været, at det ud fra et samfundsøkonomisk synspunkt, giver et større udbytte at bruge biomassen i energisektoren (kraft- og varmegærker). Hvad angår elektriske køretøjer er batterier biler fritaget for alle afgifter frem til 2009 og ved det seneste forslag til energihandlingsplan er det foreslået at brintbiler ligeledes fritages for afgifter.

### Trafikkens miljøeffekter i København

Miljøpåvirkning fra trafik er et stadigt stigende problem i Københavns Kommune. København er en by i udvikling. Der bygges til stadighed nye boliger og skabes nye arbejdspladser, og samtidig køber københavnere flere biler. Det kan ses på trafikudviklingen. Vejtrafikken i kommunen er fra 1995 til 2005 steget med ca. 18%.<sup>5</sup> Det er især forurening med partikler og kvælstofoxider samt støjgener der er de mest påtrængende lokale miljøproblemer, mens trafikken i København endvidere giver anledning til globale miljøproblemer i form af udledning af CO<sub>2</sub>. Vejtransporten indenfor kommunegrænsen bruger hvert år omkring 5 PJ, eller ca. 150.000 m<sup>3</sup> brændstof.

Trafikstøj udgør også en forurening i København. I Danmark anslås det, at 700.000 boliger er støjplagede med et støjniveau over Miljøstyrelsens vejledende grænseværdi på 55 dB(A). Ca. 150.000 boliger er stærkt støjplagede og har et støjniveau, der er over 65 dB(A). Af de 150.000 stærkt støjplagede boliger findes de 40.000 i København. I det seneste årti er antallet af stærkt støjplagede boliger i København steget med 3.000. Skønsmæssigt koster støjen fra vejene samfundet fem milliarder kr. om året i form af omkostninger til øget sundhedsmkostninger og tidligere dødsfald.

De vigtigste virkemidler til at begrænse miljøpåvirkning fra trafikken råder Københavns Kommune ikke direkte over, og er som andre kommuner underlagt national lovgivning. Københavns Kommune har dog før vist at det er muligt at gå foran og ændre de overordnede rammebetingelser, eksempelvis med indførelse af miljøzoner i København.

Københavns Kommune er ikke underlagt specifikke CO<sub>2</sub> reduktionskrav, men nogle større energiproducenter og forbrugere er kvoteomfattede og har en øvre grænse for udledning af CO<sub>2</sub>. I 2002 vedtog Københavns Kommune følgende målsætning i "CO<sub>2</sub>-plan for København 1990-2010":

CO<sub>2</sub> udledningen fra energiforbrug, transport og affaldshåndtering i Københavns Kommune skal reduceres med 35 % i perioden 1990-2010

4 Finansloven 2007

5 Kilde: Trafikken i København 2005. Københavns Kommune

De planlagte tiltag Københavns Kommunes CO<sub>2</sub>-plan fra 2002 vil på transportområdet udelukkende sikre at trafiksektorens CO<sub>2</sub>-bidrag ikke stiger yderligere.

Politikerne står således overfor en udfordring om både at reducere trafikken for at få nedbragt CO<sub>2</sub> udledningen og andre miljøproblemer samt at finde løsninger der kan medvirke til at udvikle og introducere brugen af miljøvenlig teknologi.

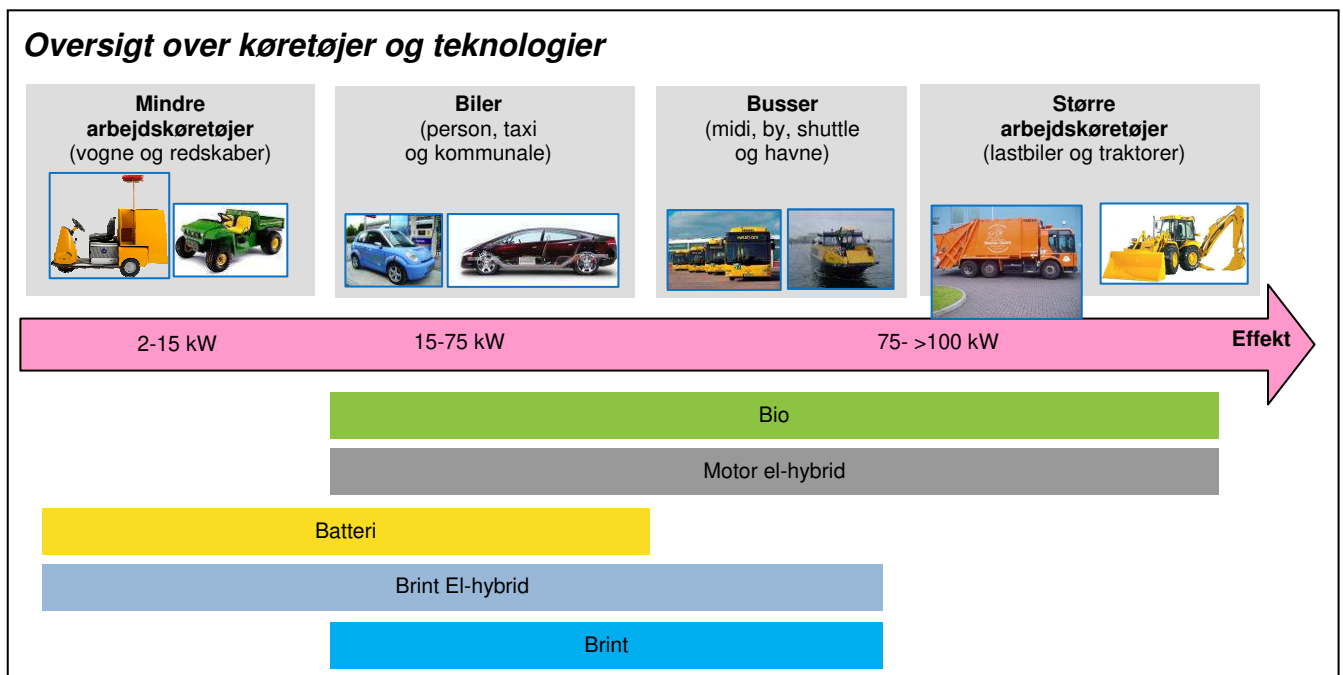
Reduktion af CO<sub>2</sub> udledning og øvrige miljøproblemer kunne ske ved at tage en række virkemidler i brug:

- Reducere og/eller ændre måden hvorpå transportbehov opfyldes
- Mere effektive køretøjer
- Skifte til nye bæredygtige typer af brændstoffer og teknologier
- Integre transport i energisystemet

I denne redegørelse er vurderet konkrete projektmuligheder i Københavns Kommune, der kan pege i retning af en mere effektiv udnyttelse af benzin og diesel, skift til andre brændstoffer eller energibærere, samt en delvis integration af transportsektoren i energisektoren.

### Projektets afgrænsning

Til transport findes der mange forskellige alternative drivmidler, hvoraf teknologistadiet er meget varierende for brændstofferne. I projektets formulering er det bestemt at kigge nærmere på mulighederne for biobrændstoffer og brint, samt vurdere de generelle perspektiver for el- og hybridkøretøjer.



Figur 3: Sammenhængen mellem køretøjer, teknologier og brændstof

I de følgende afsnit uddybes de forskellige teknologier, brændstoffer og deres anvendelighed.

### Biobrændstoffer som drivmiddel

Europæiske og danske undersøgelser har vist at "bæredygtig" udnyttelse af lokal biomasse kan dække mellem 10 og 15 % af bruttoenergiforbruget i EU25. De danske biomasseressourcer udgør 14 % af bruttoenergiforbruget. Jo større andel der anvendes i energisektoren til kraft-/varmeproduktion jo mindre vil være til rådighed til transportsektoren.

Der findes forskellige biobrændstoffer, som helt eller delvist kan erstatte benzin og diesel som brændstof til biler og lastbiler – mest udbredt er dog blandinger af fossile brændstoffer og biobrændstoffer. De mest almindelige biobrændstoffer er bioethanol, biodiesel, biogas og syntetiske brændstoffer. Tabellen nedenfor viser en oversigt over disse biobrændstoffer, samt hvilke ressourcer der bruges til fremstillingen og den potentielle dækning af det nuværende energiforbrug til transport. Den sidste række viser en vurdering af den potentielle mængde biobrændstof der kan produceres på basis af tilgængeligt og ikke udnyttet dansk biomasse, og i procent er angivet hvor stor en del af det nuværende brændstofforbrug til vejtransport i Danmark det pågældende biobrændstof kan dække.

Bioethanol	Biodiesel	Biogas	Syntetiske brændstoffer
Korn, roer, kartofler, halm, pil, elefantgræs, træflis og andet plantemateriale, organiske restprodukter samt affald	Raps Animalsk fedt, Kød affald	Husdyrgødning, organisk affald, energiafgrøder, rest af biomasse fra plejekrævende arealer	Principielt alle typer biomasse, gylletørstof, slam fra rensningsanlæg og organisk affald (herunder plastic)
27 PJ (15 %)	14 PJ (8 %)	35 PJ (25 %)	

Tabel 1: Oversigt over mulige biobrændstoffer i Danmark, produktionspotentiale samt andel af vejtransportenergi i 2012

Denne redegørelse afgrænser sig dog fra at behandle biogas og syntetiske brændstoffer i videre omfang. Begrundelsen herfor er, at oparbejdningen af biogas til naturgaskvalitet<sup>6</sup> er meget energikrævende, og anvendelse af biogas i lokale kraftvarmesystemer vil være mere effektivt, ud fra en betragtning om energieffektivitet og økonomi. Syntetiske brændstoffer kan bruges direkte som motorbrændstof, og ændring af køretøjernes indretning eller infrastruktur er således ikke nødvendig, hvorfor det ikke vil blive behandlet yderligere.

Det nationale ressourcepotentiale er forskelligt, alt efter hvilke ressourcestype der er tale om, men kan generelt set udvides yderligere ved inddragelse af flere typer restprodukter og affald (eller ved import). I denne Redegørelse er alene taget udgangspunkt i mulig dansk produktion af afgrøder og uudnyttede restprodukter. Denne tilgang er valgt for at undgå at påvirke biodiversitet og fødevarer sikkerhed i udlandet negativt.

<sup>6</sup> Såfremt biogas skal introduceres i større stil i Danmark vil det være hensigtsmæssigt at oparbejde biogas til naturgaskvalitet så den vil kunne anvendes i en større flåde af køretøjer. Det har endvidere den fordel at den eksisterende infrastruktur, naturgasnettet, kan bruges til distribution af biogas.

I denne Redegørelse er fokus lagt på bioethanol og biodiesel, og hvilke udfordringer der kan være forbundet med introduktion af disse i de kommunale køretøjer. Biobrændstoffer fremstilles på basis af forskellige ressourcer og der skelnes, i den forbindelse, mellem 1. og 2. generation biobrændstoffer:

⇒ 1. generation – til denne type biobrændstoffer bruges primært landbrugsafgrøder som majs, sukkerroer, hvede, sukkerrør, rapsfrø eller andre olieholdige frø.

*Teknologierne til produktion af 1. generations biobrændstoffer er udviklet*

⇒ 2. generations biobrændstoffer produceres på basis af restprodukter fra plantemateriale eller andre organiske ressourcer samt affald.

*Der er behov for en væsentlig forsknings-, udviklings- og optimeringsindsats for at forbedre energiregnskabet samt økonomien i produktionen af brændstofferne*

Ved introduktion af biobrændstoffer i transportsektoren, vil det være nødvendigt at foretage nogle omstillinger af infrastrukturen. Omfanget heraf afhænger af iblandingskoncentrationen, da der ved lave koncentrationer ikke nødvendigvis vil være behov for omfattende omstillinger, mens højere koncentrationer kan kræve en mere gennemgribende omstilling og ikke mindst investeringer i nye køretøjer.

### Batteri og brint elektriske hybrid biler

Hvor biomasse ressourcerne i Danmark er en begrænset ressource kan vedvarende energi i form af strøm fra f.eks. vindmøller mere end rigeligt forsyne transportsektorens energibehov.

Biler baseret på brint og batterier til fremdrift er alle elektrisk drevne hvor forskellen mellem teknologierne er måden hvorpå elektricitet lagres og frembringes ombord på køretøjet. Generelt skelnes der mellem tre varianter af elektriske køretøjer som vist i tabellen nedenfor.

	<b>Virkemåde</b>	<b>Fordele</b>	<b>Ulemper</b>
<b>Batteri elektriske</b>	Strøm lagres i batterier ombord på køretøjet og frigives direkte til elmotoren	Høj effektivitet Opsamling af bremse energi	Kort aktionsradius Lang opladning Høj vægt
<b>Brint elektriske</b>	Hydrogen lagres ombord på køretøjet og omdannes til strøm i en brændselscelle	Lang aktionsradius Hurtig optakning	Ny og dyr teknologi Lavere effektivitet
<b>Hybrid elektriske</b>	Strømproduktionen ombord på køretøjet sker i en kombination af brint og batterier	Kombinerer fordele fra brint og batterier	Ny og dyr teknologi

Tabel 2. Varianter af elektrisk drevne køretøjer

Som det ses har de tre varianter hver deres fordele og anvendes derfor også i forskellige typer køretøjer, dog er der på internationalt plan en klar tendens hen imod øget brug af hybrid elektriske køretøjer dvs. en kombination af batterier og brint. Rationalet for denne kombination er at disses forskellige egenskaber supplerer hinanden på optimal vis og derved kan muliggøre anvendelsen af eldrevne køretøjer til transport.



Brint drevne brændselsceller kan give en lang aktionsradius og hurtig optankning i lighed med benzin biler mens batterier kan sikre høj effektivitet, opsamling af bremseenergi og forsyne energi til accelerationer mens brændselscellen kan nøjes med at køre på en basisbelastning.

Fælles for alle tre varianter af elektrisk drevne køretøjer er at deres miljøegenskaber er benzin og diesel biler overlegne. Elektrisk drevne køretøjer er mere end dobbelt så energieffektive, udleder ingen forurening i lokalområdet og er samtidig lydløse i drift. Forbrændingsmotorer hybridkøretøjer kan være et tidligt og omkostningseffektivt alternativ til brændselscelle hybridkøretøjer, dvs. brint kan anvendes som brændstof i en konventionel forbrændingsmotor der er modificeret hertil. Brint hybrid køretøjer med forbrændingsmotorer og batterier er således væsentligt billigere p.t. end brændselscelle køretøjer om end de ikke er lige så effektive og lydløse.

Brint og batterier er ikke energikilder i sig selv men blot teknologier der kan fungere som energibærere af elektricitet i transportsektoren. Batterierne kan oplades ved at koble dem til stikkontakten, mens brint kan produceres ved at bruge elektricitet til at spalte vand. Elektriciteten til batterierne og brinten kan være baseret både på vedvarende energi og fossile energikilder alt afhængig af det elektricitetsmix der er tilgængelig i elnettet. Så rationalet for at anvende brint og/eller batterier til transport er, at muliggøre anvendelse af elektricitet til transport, baseret på vedvarende energikilder. På den måde kan brint og batterierne også bidrage til at balance den flukturerende vedvarende energi.

Hvis den eksisterende bilpark i Danmark på 1,9 mio. biler skal køre på strøm fra vindmøller vil der teoretisk skulle opstilles ca. 50 vindmølleparker på størrelse med Middelgrundens vindmøllepark ved København hvis bilernes fremdrift baseres på batterier. Hvis bilerne i stedet kører på brint vil det kræve 110 tilsvarende vindmølleparker, men dog væsentligt mindre hvis brinten kombineres med batterier i en hybrid løsning.

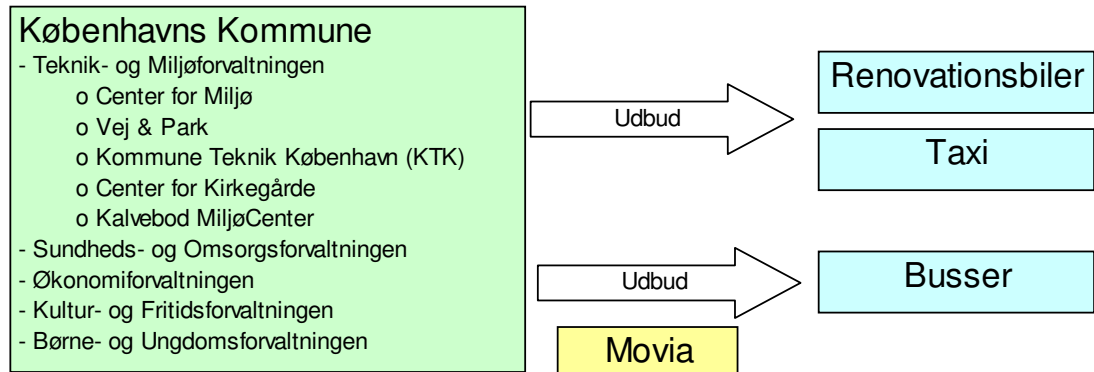
### **Københavns Kommunes transportopgaver**

Københavns Kommune har igennem de forskellige forvaltninger omkring 2.000 forskellige køretøjer som enten ejes eller lejes/leases. Køretøjerne spænder vidt, fra større materiel som lastbiler, gravkøer, dumpers og busser til personbiler og mindre arbejdsredskaber.

Københavns Kommune har endvidere mulighed for at stille krav og påvirke andre aktører til hvorledes kørsel skal foregå i forbindelse med kommunens køb af serviceydelser eksempelvis renovation, taxa samt busdrift samt behovsstyret trafik (handicaptransport mv.) eller brændstofleverandør (der p.t. er Statoil). Dette øger det "volumen" som kommunen kan påvirke. Endelig kan kommunen i forbindelse med miljønetværk initiativet påvirke virksomheder i kommunen der ønsker at gøre noget ekstra for miljøet.

Kommune Teknik København (KTK) har ansvaret for driften af over 800 forskellige arbejdskøretøjer (fra lastbiler til små ladvogne). KTK spiller en central rolle i forbindelse med udlicitering af opgaver indenfor køb eller leasing af køretøjer samt drift og vedligehold af samme. Herudover assisterer KTK de øvrige forvaltninger i forbindelse med udbud af køretøjer til kommunale opgaver.

Endvidere står Center for Miljø for udbud af serviceydelser indenfor kørselsområdet (renovations- og taxakørsel) mens Økonomiforvaltningen i tæt samarbejde med Movia stiller krav til entreprenører der står for drift af busdrift.



Figur 4: Transportopgaver for Københavns Kommune – egne og eksterne opgaver

### Mulighed for at påvirke ved køb af serviceydelser

I forbindelse med køb af serviceydelser indenfor kørselsområdet kan der stilles krav til brændsel, energieffektivitet samt udledning af partikler mv.

I forbindelse med at kørselsopgaverne i det kommunale R98 skal udbydes til private renovationsselskaber vil der foregå en udlicitering i tre runder, hvor en tredjedel udliciteres i henholdsvis 2009, 2010 og 2011. Det er en forudsætning at de private renovationsselskaber overtager kommunens eksisterende vognpark, og i forbindelse med hver licitationsrunde kan det komme på tale at udskifte de ældste renovationsbiler.

Det er uklart hvordan taxi organisationerne stiller sig til introduktion af "Grønne taxier" og hvorvidt Københavns Kommune vil kunne købe en sådan ydelse. Det overvejes om Københavns Kommune fremover vil stille krav i forbindelse med et nært stående udbud, at bilerne er A- eller B-mærkede og desuden at dieslbilerne skal have et partikelfilter monteret. Der foreligger ikke en entydig definition af begrebet "Grøn taxi".

Økonomiforvaltningen varetager den overordnede planlægning af bl.a. kollektivtrafik, herunder indkøb af offentlig transport og busdrift igennem det offentligt ejede trafiksselskab Movia. Movia varetager planlægningen og udbud af busdriften på Sjælland. Der indgås kontrakter for 6 års perioder og med mulighed for 2 års forlængelse (på baggrund af forskellige kriterier) og der foretages rullende udbud. Der kører omkring 600 busser igennem Københavns Kommune, og heraf kører knap 10 linier udelukkende indenfor kommunegrænsen. Der kan i forbindelse med Movia's udbud stilles krav til brændstoftype, men generelt anbefaler Movia at der stilles krav til funktion/graden af miljøvenlighed og ikke specifik brændstoftype. Københavns Kommune kan sammen med Movia stille særlige krav til busdrift på udvalgte buslinier eller afprøve ny teknologi og brændstof på udvalgte pilot- og forsøgsprojekter. Dette åbner op for afprøvning af busdrift på bioethanol, biodiesel, brint, el og naturgas/biogas.<sup>7</sup> For en nærmere beskrivelse af projekter med biobrændstoffer og brint se afsnit 5, samt Bilag 3.

<sup>7</sup> Det skal bemærkes at der kun p.t. findes en leverandør af ethanolbusser, hvilket ud fra konkurrencemæssige årsager, kan vanskeliggøre at der specifikt stilles krav om drift på ethanol.

## Finansieringsmuligheder

Energiteknologisk Udviklings – og Demonstrationsprogram (EUDP) skal mindske kløften mellem forskningen og demonstration. Programmet skal som hovedregel give støtte til etablering af pilotanlæg og gennemførelse af demonstrationsprojekter, men også forskningsaktiviteter i forbindelse med procesoptimering fra laboratoriet til fuldskala anlæg. 2. generations biobrændstoffer til transport og anden anvendelse af biomasse, vil være et indsatsområde med særlig interesse for EUDP. I løbet af sommeren 2007 kommer der et udbud om Energiforskningsprogrammet (EFP) samt EUDP midlerne, som kan søges gennem Energistyrelsen. Endvidere har Regeringen i 2006 afsat 200 millioner kroner til demonstration af 2. generations- biobrændstoffer i årene 2007-2010. Ligeledes er Højteknologifonden og strategiske forskningsprogrammer under ministeriet for Videnskab og teknologi mulige funding kilder.

I EU's 7. rammeprogram for perioden 2007-2013 er til energiområdet afsat 1,75 milliarder kroner. Støtten bliver givet til forskellige prioriterede temaer, herunder 'vedvarende energi til brændstof', og et af indsatsområderne i udbudsrunderen i juni 2007 er demonstrationsprojekter omkring 2. generations biobrændstoffer.

I 2005 offentliggjorde Energistyrelsen en storstilet strategi for Danmarks satsning og offentlige støtte til forskning, udvikling og demonstration indenfor brint og brændselsceller. Strategien opsatte en anbefaling til en årlig støtte på 200 mio. kr. til brint og brændselsceller til både transport, stationær og bærbare energi applikationer årligt de næste 10 år. Den offentlige danske støtte til brint og brændselsceller i 2006 var på ca. 100 mio. kr. I Energistyrelsens strategi for hydrogen og brændselscelle forskning og demonstration foreslås en 200 mio. kr. satsning årligt de næste 10 år

I EU har forskellige industri, myndigheds og forskningsaktører i Europa, udviklet en ambitiøs Implementeringsplan for kommercialiseringen af hydrogen og brændselscelle teknologien frem mod år 2015. Prisen for planens realisering er estimeret til 55 mia. kr. (€7,4 milliarder) hvoraf hovedparten skal anvendes på demonstration og tidlig markedsudrulning af teknologierne. Implementeringsplanen og finansieringen heraf planlægges at ske i et Europæisk Offentligt Privat Samarbejde (*Joint Technology Initiative JTI*) hvor finansieringen af de 55 milliarder kr. skal komme fra EU, nationale myndigheder i medlemslande, regioner i medlemslande, virksomheder og slutbrugere.

I Norden arbejder *Scandinavian Hydrogen Highway Partnership (SHHP)* på at tiltrække EU midler fra JTI programmet til finansiering af et storskala demonstrationsprojekt i Norge, Danmark og Sverige i 2012. Det danske hydrogen transport netværk *Hydrogen Link* udgør den danske del af det Skandinaviske samarbejde. De senere beskrevne brintprojektforslag i Københavns Kommune vil kunne indgå i det danske Hydrogen Link netværk og vil på den måde have større chancer for at tiltrække nationale midler. Gennem Hydrogen Link vil de Københavnske projekter også blive indarbejdet i de Skandinaviske planer vil dermed have bedre chancer for at kunne tiltrække EU midler.

For en mere detaljeret beskrivelse af finansieringsmuligheder henvises til Bilag 1, afsnittene 2.2, 2.3 samt 5.8.

#### 4 PERSPEKTIVER

##### 4.1 Fremtidsperspektiver – biobrændstoffer

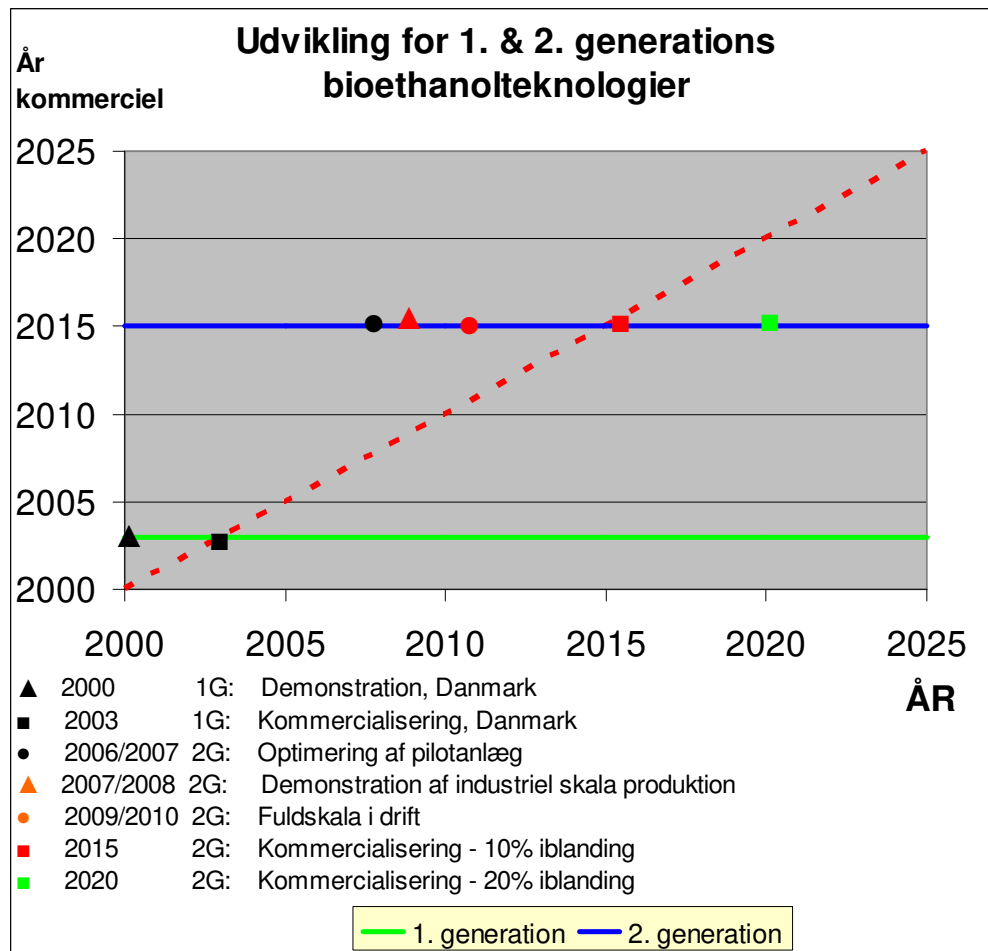
###### Kommerciel udvikling og økonomi

###### Bioethanol

Teknologien til produktion af 1. generations bioethanol er fuldt udviklet og fungerer i kommerciel skala primært i udlandet. Der finder endnu ikke en kommerciel produktion af 2. generations bioethanol sted. Danmark er i front på området med flere markante forsknings- og udviklingsprojekter, men der er fortsat behov for yderligere forskning, udvikling, optimering og demonstration før teknologien er kommerciel.

Følgende 2. generationsprojekter er under udvikling i Danmark;

IBUS	halm og restprodukter	2008-2010
MAXI Fuel / Biogasol	halm, våd biomasse mm	2009+
Renescience	affald på Amagerforbrænding	2008+



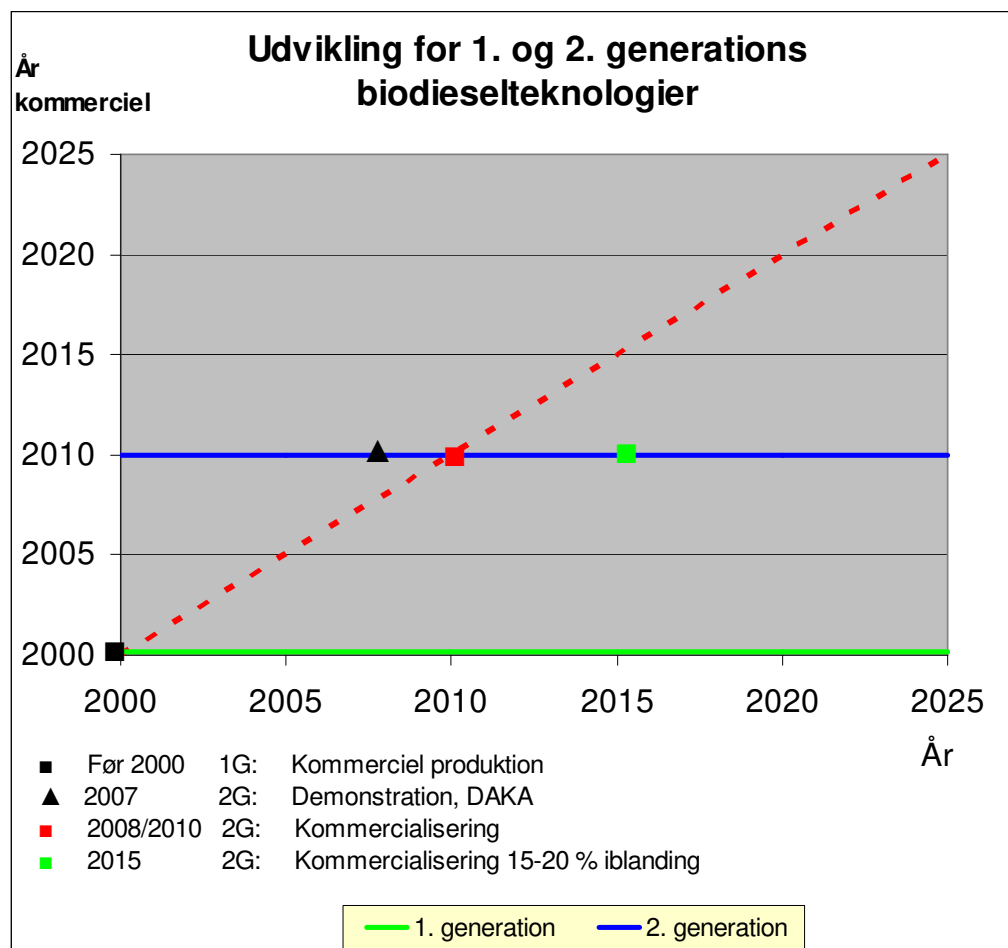
Figur 5: Oversigt over forventet udvikling af bioethanol teknologi (1. og 2. generation)

Figuren viser udviklingstendenser for 1. og 2. generations bioethanol teknologier, og hvornår disse forventes at være kommercielle. 1. generations produktion af bioethanol foregår allerede kommercielt i udlandet, mens det i Danmark er blevet kommercielt indenfor de seneste år. 2. generations bioethanol produktion forventes derimod først at være fuldt kommercielt i 2020 og gennemgå en modning af teknologien (pilot, demonstration, fuldskala samt kommerciel produktion svarende til 10 henholdsvis 20 pct. iblanding)

### Biodiesel

Teknologien til produktion af 1. generations biodiesel er udviklet og fungerer i kommerciel skala. Danmark eksporterer hovedparten af den producerede biodiesel til Tyskland, hvor mere favorable afgifter på biobrændstoffer har skabt et stort marked. Der er ved at blive etableret en fabrik til produktion af biodiesel baseret på animalske restprodukter. Følgende 2. generationsprojekter er under udvikling i Danmark;

DAKA	restprodukt fra kødindustri	2008
Grundfos	spildevandsslam	2007+



Figur 6: Oversigt over forventet udvikling af biodiesel teknologi (1. og 2. generation)

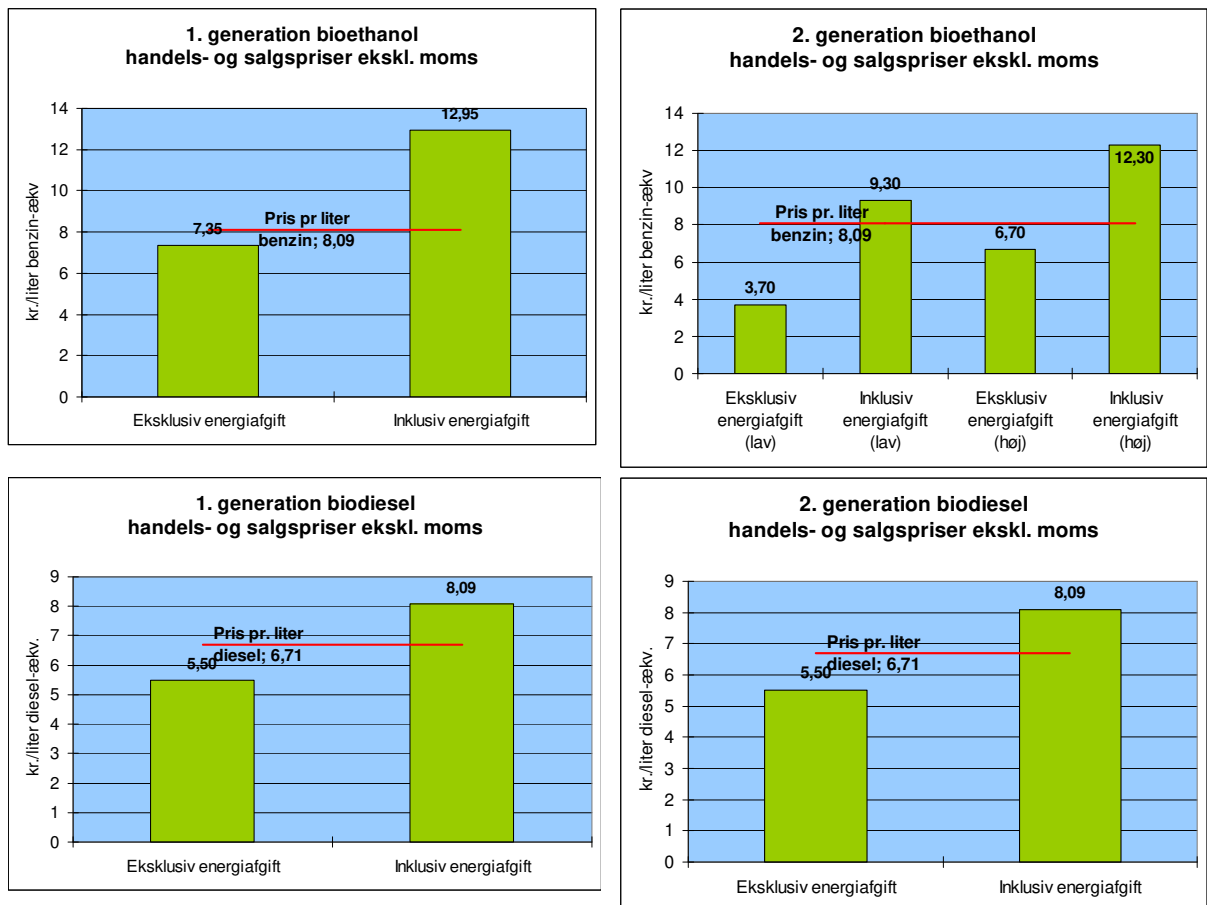
Figuren viser at 1. generationsproduktion af biodiesel allerede er fuld kommerciel (dog men en uhyre begrænset afsætning i Danmark), mens der vil foregå produktion af 2. generations biodiesel på demonstrationsbasis fra 2007 og kommerciel produktion senest fra 2010 og med en kapacitet til 15-20 pct. iblanding fra 2015.

### Biogas

Biogas er den største indenlandske biobrændstof ressource der på længere sigt kan være relevant at anvende til transport, evt. i en kombination med naturgas som en "overgangsløsning".

Den potentielle produktion stammer typisk fra restprodukter fra animalsk produktion og er typisk lokaliseret i Jylland. Såfremt biogassen ikke udnyttes i lokale kraft- og varmekværker kan den evt. benyttes i transportsektoren. Hvis Københavns Kommune skal anvende biogas til transport vil dette kræve at den enten oprenses til naturgaskvalitet og distribueres via naturgasnettet eller at den komprimeres og transporteres via tankvogne.

I nedenstående figurer er vist produktions- og handelspriser for bioethanol og biodiesel med og uden CO<sub>2</sub>- og energiafgift sammenlignet med det tilsvarende fossile brændstof.



Figur 7: Forventede produktions- og handelspriser for bioethanol og biodiesel .  
Kilde: Teknologirådet, 2007

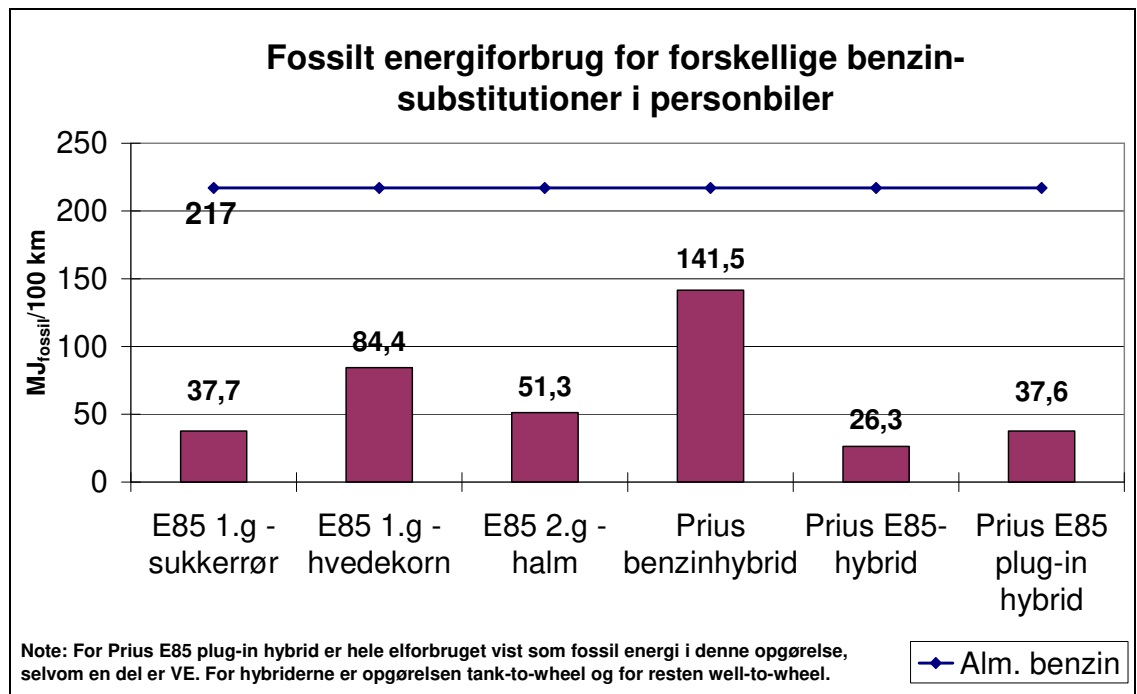
I ovenstående figurer ses hvordan priserne for 1. og 2. generations bioethanol og biodiesel er og forventes at være i forhold til benzin og diesel. For produktionen af 2. generations bioethanol er angivet både et højt og et lavt skøn for prisen, da den endelige pris for produktet ikke kendes. For 2. generations bioethanol er prisen derfor opgivet i det interval Teknologirådet har opgivet. For 2. generations biodiesel kendes prisen ikke, så der anvendes samme pris for 1. og 2. generationsbrændstoffer.

### Samlet energiregnskab "Well-to-Wheels"

Som udgangspunkt for vurdering af energiregnskabet ved anvendelse af forskellige teknologier i transportsektoren er taget udgangspunkt i det internationalt anerkendte studie "Well-to-Wheels" der er udarbejdet af EU Kommissionen i samarbejde med bil- og olieindustrien og inkluderer den forventede teknologiudvikling efter 2010. "Well-to-Wheels" er en betegnelse for en "kilde-til-hjul" analyse, der inkluderer en opgørelse af det samlede energiforbrug og drivhusgasemission i alle led fra energien produceres (ved "kilden") frem til det hjulene drejer. Denne opgørelsesmetode muliggør at der kan foretages meningsfulde sammenligninger af energiforbrug og drivhusgasudledning fra vidt forskellige energiformer og teknologier.

I nedenstående figurer er vist, hvor energieffektivt biobrændstoffer kan introduceres i forhold til eksisterende gennemsnitlige forbrug ved brug af benzin-, diesel- og naturgasfyrede motorer.

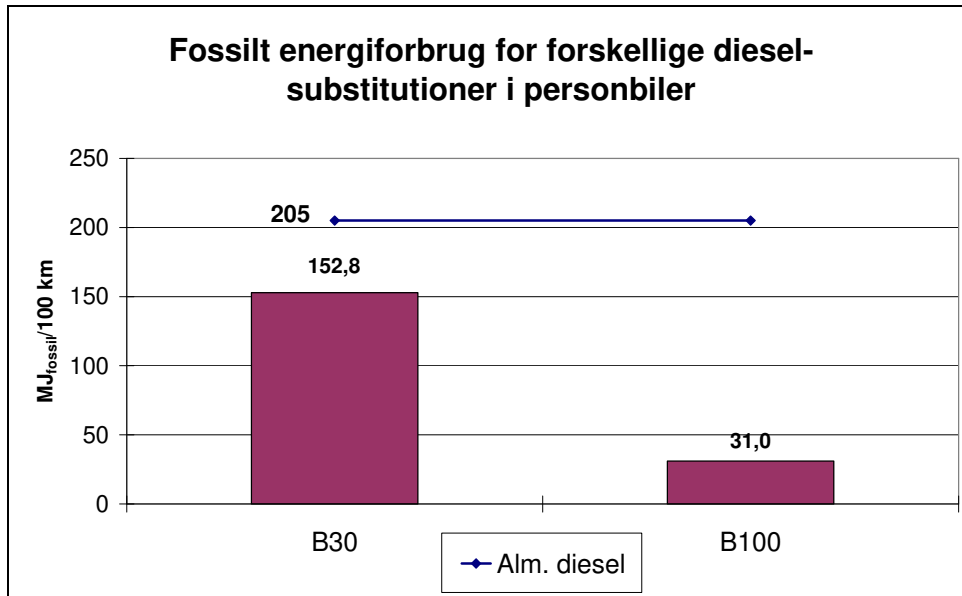
I figurne 8 og 9 er vist hvordan det fossile energiforbrug pr. tilbagelagt 100 km er for personkøretøjer, der traditionelt kører på henholdsvis benzin og diesel.



Figur 8. Fossilt energiforbrug for benzinpersonbiler

Note: E85 = 85 % ethanol og 15 % benzin

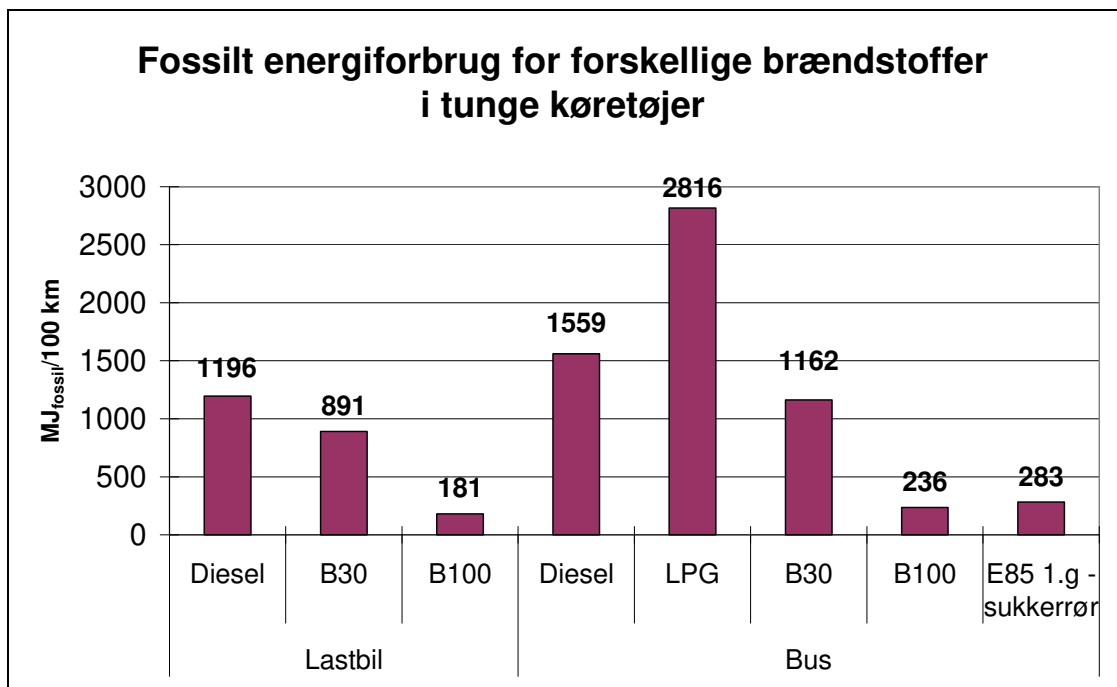




Figur 9. Fossilt energiforbrug for dieselpersonbiler

Note: B30 = 30 % biodiesel og 70 % fossil dieselolie; B100 = 100 % biodiesel;

Figur10 viser det fossile energiforbrug pr. tilbagelagt 100 km for tunge køretøjer (lastbil og bus).



Figur 10. Fossilt energiforbrug for tunge køretøjer.

Note: E85 = 85 % ethanol og 15 % benzin; B30 = 30 % biodiesel og 70 % fossil dieselolie; B100 = 100 % biodiesel; LPG = Liquefied Petroleum Gas (restprodukt fra olieraffinerings).

Det generelle billede er, at biobrændstoffer giver anledning til anvendelse af mindre fossil energi i hele energikæden, men at også forskellige elektriske hybrider og især plug-in hybrider giver en lavere anvendelse af fossil energi.

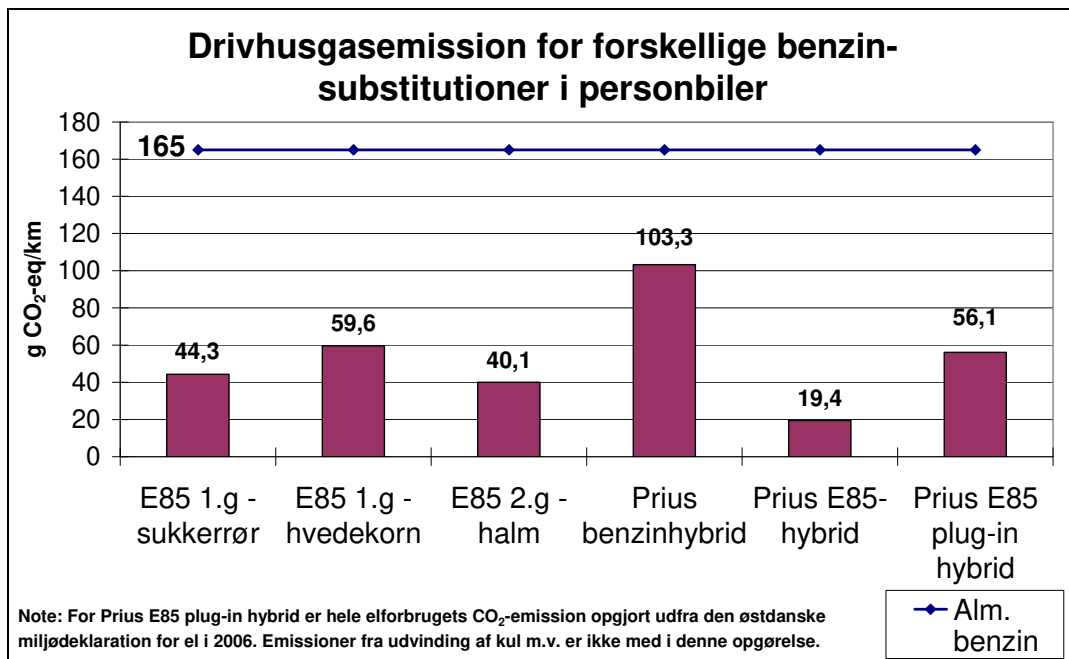
Energiforbruget for tunge køretøjer pr. tilbagelagt kilometer er markant højere end for personkøretøjer, da tilbagelagt antal kilometer pr. liter brændstof er meget mindre for de tunge køretøjer.

### Miljøpåvirkning

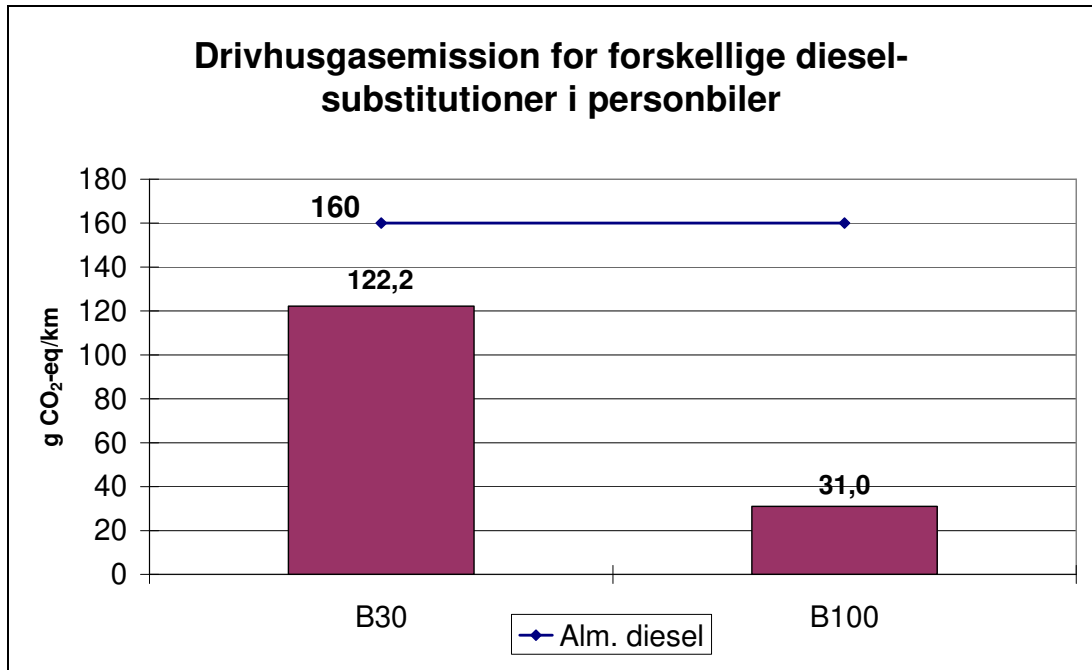
Brug af biobrændstoffer, hvis rigtigt produceret og forarbejdet, kan reducere udledningen af drivhusgasser og afhængigt af brændsel kan der herudover være en vis forbedring af andre miljøparametre.

- CO<sub>2</sub>

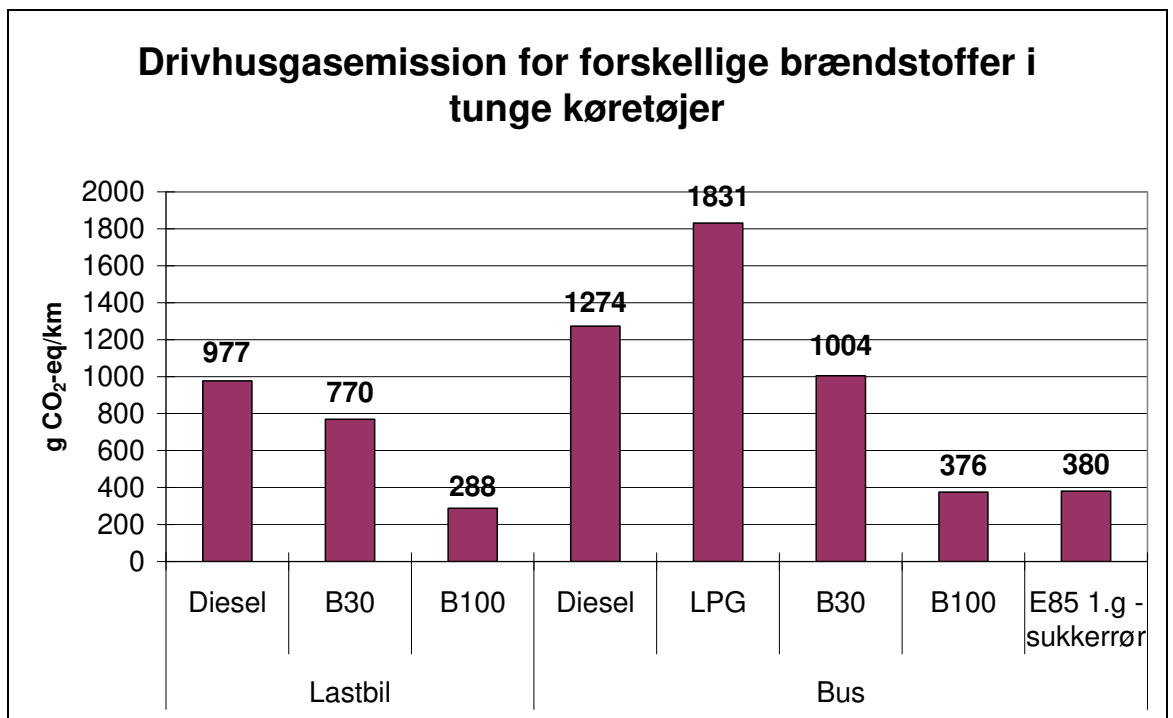
Ved anvendelse af biobrændstof kan udledningen af CO<sub>2</sub> fra transport mindskes. Der er uenighed om, hvor stor CO<sub>2</sub> reduktionen der kan opnås ved anvendelse af henholdsvis 1. og 2. generations biobrændstoffer. Endvidere hævder nogle at biomasse mere effektivt kan udnyttes til reduktion af CO<sub>2</sub> udledning ved at blive anvendt i kraft- og varmesektoren.



Figur 11. Fossil CO<sub>2</sub> udledning for benzinpersonbiler



Figur 12. Fossil CO<sub>2</sub> udledning for dieselpersonbiler



Figur 13. Fossil CO<sub>2</sub> udledning for tunge køretøjer

- Partikler, NO<sub>x</sub> og anden udledning  
Der er ingen væsentlig ændring i udledning af partikler eller NO<sub>x</sub> som følge af iblanding af biobrændstof. For at reducere udledningen af disse er det afgørende at der anvendes henholdsvis partikelfiltre samt katalysatorer. Ved brug af biodiesel er der rapporteret om at dette kan skade partikelfiltret. Derfor skal partikelfiltrene udvikles sideløbende med indfasning af biodiesel. Derudover indebærer øget brug af bioethanol en risiko for forøget udledning af VOC der blandt andet medvirker til dannelse af smog, hvilket omfanget af i øjeblikket forsøges estimeret af bl.a. DMU.
- Støj  
Der sker ingen væsentlig ændring i støjniveau ved brug af biobrændstoffer. Dog kan evt. anvendelse af biogas/naturgas medføre lavere støjniveau.

Over 200 miljø-, udviklings- og landbrugsorganisationer har appelleret til Europas ledere om ikke at vedtage bindende mål om biobrændstoffer, da de frygter at millioner af hektar regnskov, naturarealer og landbrugsarealer vil blive omdannet til monokulturer med det ene formål at levere råvarer til produktion af biobrændstoffer. Det kan få katastrofale følger for klimaet, de lokale samfund og ikke mindst fødevarer sikkerheden.

Københavns Kommune bør sikre sig at biobrændstoffer er fremstillet på forsvarlig vis, fortrinsvis stammer fra nærområdet og er fremstillet ved en 2. generationsproces.<sup>8</sup>

### Erfaring fra andre lande

Der er omfattende erfaringer med brug af biobrændstoffer i vore nabolande. I Sverige er der en delvis afgiftslempelse og der gives støtte til køb af miljørigtige biler.<sup>9</sup> Der findes en udbygget infrastruktur for biobrændstoffer i Sverige der årligt koster den svenske statskasse i størrelsesordenen 1,3 milliarder SEK. Diesel forhandles i blandingsforhold (B5 og B100), stort set al benzin iblandes 5 % bioethanol og der sælges E85 mange steder men endnu forhandles ikke E100. Der findes omkring 10.000 køretøjer der kører på en blanding af biogas og naturgas (fordongas).

Tyskland er ligesom Sverige langt fremme med produktion og brug af biobrændstoffer og er Europas største producent og forbruger af biobrændstoffer.

Det tyske forbrug af biobrændstoffer var således i 2005 omkring 2 millioner tons, primært biodiesel. Fra starten af 2007 er det nu lovfæstet i tysk lovgivning at der skal iblandes biobrændstof til benzin og diesel.

---

<sup>8</sup> Miljøorganisationer har i Norge ønsker at der stilles kontante krav til producenter og importører af biobrændstof såfremt det skal fritages for afgift. Endvidere ønsker miljøorganisationerne at det samlede udslip af drivhusgasser ved produktion, transport og dyrkning skal være på et lavt niveau, at produktionen ikke medfører tab af væsentlige naturværdier, fældning af regnskov, og at den ikke må føre til brud på menneskerettigheder.

<sup>9</sup> For at opnå støtte på 10.000 SEK som miljøbil i Sverige er følgende krævet:

- Konventionelle biler: benzin og dieslbiler med et CO<sub>2</sub> udslip som ikke overstiger 120 g/km
- Alternativt brændstof: andre brændsler end benzin og diesel og som ikke har et større forbrug end 0,92 liter benzin per 10 km, 0,84 liter diesel per 10 km eller 0,97 m<sup>3</sup> gas per 10 km
- Elbiler: energiforbruget må ikke overstige 0,37 kWh per 10 km

Udenfor Europa, har Brasilien og USA satset kraftigt på brug af bioethanol til iblanding i benzinen. Brasilien har siden starten af 1980'erne produceret bioethanol til transportsektoren og er i dag nettoeksportør af bioethanol. Brasilien forventer at øge produktionen af sukkerrør således at de i 2010 kan producere 19 millioner tons, heraf 4 millioner tons til eksport. USA har ligeledes siden 1980'erne produceret bioethanol (på basis af majs) og den årlige produktion er 8 millioner tons. I begge lande findes der et betydeligt antal af Flexible Fuel Vehicles (FFV).

### **Støttemuligheder**

Der er mulighed for at opnå støtte til biobrændstof projekter fra den danske stat samt fra EU's 7. rammeprogram.

### **Status og Vision**

Allerede i dag anvender Københavns Kommune bioethanol (E5) i benzindrevne biler. Det vil endvidere være muligt at anvende biodiesel iblandet 5 procent i diesel på samtlige køretøjer, mens introduktion af højere procenter vil kræve godkendelse af køretøjsfabrikant for at opretholde garantier. Det er muligt at få leveret fossile brændstoffer (benzin og diesel) med højere iblandingsprocent af biobrændstof enten via eksisterende servicestationer, hvor der etableres tankningsmulighed eller på hjemmeanlæg, fx Kalvebod Miljøcenter samt nogle af KTKs 14 depoter.

Københavns Kommune vil kunne gå foran og vise muligheder for hvorledes biobrændstoffer kan introduceres i transportsektoren i Danmark. Selvom biobrændstoffer anvendes i stort omfang i udlandet vil anvendelse i Danmark i øget omfang være ny, og dette vil kræve ny infrastruktur og kompetencer.

En øget anvendelse af biobrændstoffer kan medvirke til nedbringelse af udledning af drivhusgasser og vil kunne i et vist omfang reducere brugen af fossile brændstoffer og vil kunne supplere initiativer med andre brændstoffer og teknologier.

Det er målsætningen at miljøpåvirkningen fra vejtransport i Københavns Kommune over tid reduceres markant.

## 4.2 Fremtidsperspektiver – batteri & brint elektriske hybrid biler

### Perspektiver for anvendelse af batterier og brint i Københavns Kommune

Anvendelsen af batteri og brint køretøjer i Københavns Kommune kan resultere i store miljøforbedringer i bymiljøet.

I år 2035 kan 45 % af køretøjerne i Københavns Kommune være elektrisk drevet baseret på brint og batterier. Det vil betyde at 45 % af køretøjerne i Kommunen ikke vil udlede nogen former for forurening af udstødningsrelaterede partikler, støj eller CO<sub>2</sub> i lokalområdet, samtidig med at energiforbruget til køretøjerne vil være mere end halveret i forhold til benzin og diesel.

København Kommunes personbiler kan med fordel anvende en kombination af brint og batterier, altså hybrid teknologi, mens busserne og de mindre arbejdskøretøjer kan anvende brint som brændstof i brændselsceller. Anvendelsen af batterier og brint kan igangsættes gennem en række pilot, demonstrations og introduktionsprojekter som er yderligere beskrevet andet steds i redegørelsen.

### Økonomi og kommercialiseringsstadie for batterier og brint

#### Batterier

Siden den mislykkede introduktion af batteribiler i slutningen af 90'erne er der sket en positiv udvikling indenfor batterier. De bedste batteri biler i dag kan køre op til 150-200 km. på en opladning mens nye biler baseret på Li-ion batterier forventes at kunne nå op på 200-300 km. Fælles for batteribilerne uanset batteritype er en lang opladningstid og at de næppe nogensinde vil kunne opnå samme aktionsradius som benzin biler eller brint biler. Indenfor det seneste halve år er man derfor også begyndt at kombinere batterier med brint og brændselsceller for på den måde at opnå en længere aktionsradius og hurtigere optankning.<sup>10</sup>

Alt afhængig af køretøjsanvendelsen kan batterier alene dog sagtens være fuldt ud tilstrækkelig i f.eks. mindre bybiler hvor der kun kræves en kort aktionsradius.

#### Brint og brændselsceller

I forhold til eksisterende fossile brændstoffer og batteriteknologier til transport befinder brint og brændselsceller sig stadig på et forsknings, udviklings og demonstrationsstadie.

#### *Brint produktion*

Produktionsprisen for brint er stadig højere end eksempelvis benzin. P.t. er det muligt med eksisterende lovgivning i Danmark at producere brint til samme pris som benzin, dog hvor benzin er pålagt brændstofafgifter, mens brinten kun er pålagt elafgifter som er langt lavere.<sup>11</sup>

<sup>10</sup> Opladningstid for batterier er ca. 12-24 timer mens optankningstiden for en brint bil er under 5 min. ligesom med en benzinbil.

<sup>11</sup> Ved central storskala produktion af brint baseret på naturgas er dette væsentligt billigere end brint. Hvor meget er vanskeligt at angive da industrigasproducenterne ikke oplyser om deres produktionspriser. Brint produceret decentralt på mindre anlæg og baseret på naturgas kan ikke konkurrere med elektrolyse grundet de p.t. gældende naturgasafgifter i Danmark.

På de få tankstationer som der findes rundt om i verden sælges brint også ofte til samme pris som benzin for at gøre det økonomisk rentabelt for brugeren.

#### *Brint lagring*

Brint fylder mere end benzin og netop lagring af tilstrækkelig brint ombord på køretøjerne er en af udfordringerne. De fleste brint biler i dag har en aktionsradius på omkring 200-300 km baseret på eksisterende teknologi. Der pågår dog stadig store forsknings og udviklingsaktiviteter med henblik på at optimere lagringsteknologien og Honda har således udviklet en brintbil der kan køre 600 km på en optagning.

#### *Brint infrastruktur og tankstationer*

P.t. findes der omkring 140 brint tankstationer i verden primært placeret i Californien, USA, Tyskland og Japan samt 2-3 stationer i Skandinavien, men endnu ingen i Danmark.

#### *Brint biler*

Brændselscelle teknologien er afgørende for at brint biler for alvor kan rulle ud på vejene. Indenfor de sidste år er brændselscelle komponent prisen faldet fra over 10.000 dollars pr. kW til under 70 dollars pr. kW ved en teoretisk masseproduktion på 500.000 enheder årligt. Hvad angår levetid er brændselsceller tæt på at nå målsætningen omkring 5000 timers driftstid hvilket rækker til mere end 200.000 km i en personbil.

I 2006 var der ca. 600 brintbiler og busser i drift rundt om i verden. Der er primært tale om bilindustriens forskellige store køretøjsflåder og et antal uafhængige producenters og konsortiers egen udviklede køretøjer. I 2007 forventes antallet af brint køretøjer at runde 900 stk. på verdensplan. P.t. er det ikke muligt at anskaffe en brint bil fra bilindustrien med mindre man er placeret i de områder og byer i Californien, USA, Tyskland og Japan hvor bilindustrien foretager afprøvning af deres brint biler. Det samme er gældende for brint busserne. Fælles for både busserne og bilerne er, at de er mere end 3-10 gange så dyre som eksisterende benzin eller diesel drevne køretøjer. Dog findes der uafhængige mindre producenter af brint køretøjer bl.a. THINK i Norge hvor prisen på en brint drevet bybil er nede i 1-1,2 mio. kr. til sammenligning med bilindustriens ca. 1 mio. dollars for en brintbil.

#### **Samlet energiregnskab "Well-to-Wheels"**

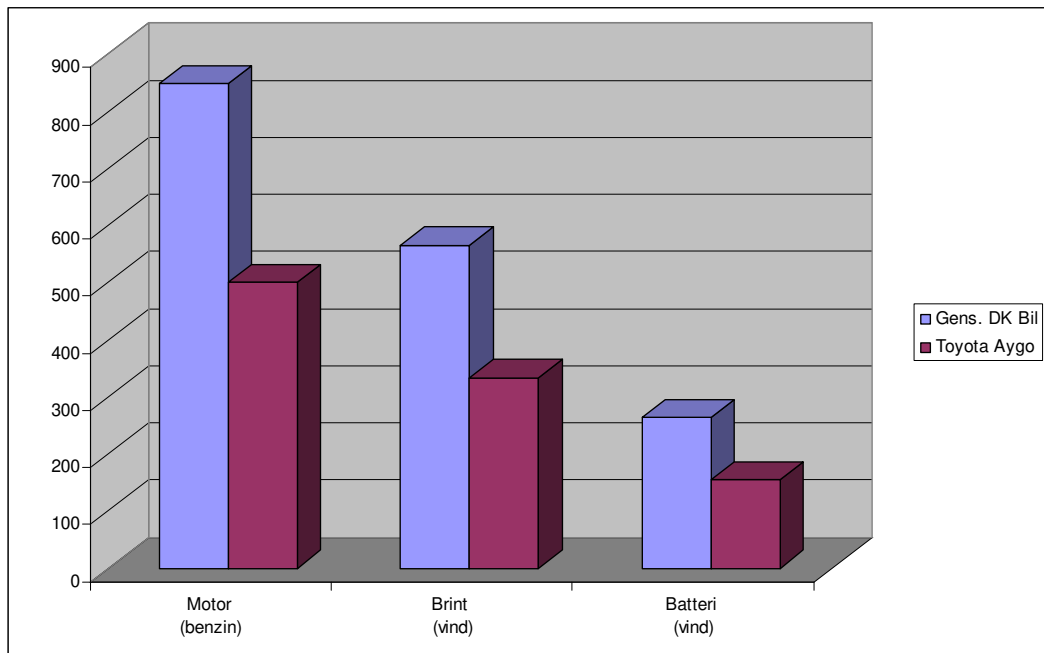
Well-to-Wheels er en ofte anvendt betegnelse for at angive det samlede energiforbrug fra selve energikilden (well) frem til omdannelsen til fremdriftsenergi i køretøjet (Wheel).

Tallet for enten energiforbrug eller effektivitet som man opnår ved en Well-to-Wheels beregning afhænger meget af hvordan energikæden fra Well-to-Wheels er sammensat. Der findes derfor selvsagt rigtig mange løsninger da energikædernes teknologier og effektivitet varierer meget. De tal som er vist i det følgende skal derfor kun ses som en overordnet "macro" og gennemsnitlig angivelse af forskellen i energieffektiviteten mellem fossile brændsler, batterier og brint. Der findes mange specielle afarter af den Well-to-Wheels kæde der er beskrevet nedenfor.



	Forbrændings- motor Benzin	Brint Vind	Batteri Vind
<b>Gennemsnitlig DK bil</b>	<b>849 Wh/km</b>	<b>566 Wh/km</b>	<b>264 Wh/km</b>
<b>Toyota Aygo</b>	<b>501 Wh/km</b>	<b>334 Wh/km</b>	<b>156 Wh/km</b>

Tabel 3. Energiforbrug målt i Wh/km Well-to-Wheels



Figur 14. Energiforbrug målt i Wh/km Well-to-Wheels<sup>12</sup>

Der regnes på to typer biler, en bil der er udtryk for energiforbruget i en gennemsnitlig dansk personbil samt for en mindre personbil i form af en Toyota Aygo. Der regnes Well-to-Wheels for hvert af køretøjerne baseret på en benzin drevet forbrændingsmotor, batteri drevet elbil og brint drevet brændselscelle bil. Bemærk venligst at der ikke er beregnet på en hybrid bil der anvender både brint og batterier, denne vil være placeret ca. midt imellem den rene brint og rene batteri bil. Af tabellen og grafen ses det at brint bilen anvender ca. 2/3 (67 %) af den energi som motorversionen anvender, og at elbilen anvender ca. 1/3 (31 %) af den energi, som motorversionen anvender. Det skal oplyses at grundet stigende energiomkostninger til udvinding af olie som følge af mangeårig produktion fra mange oliebrønde er Well-to-Wheels tallet for "motor benzin" energikæden generelt stigende, mens tallet er faldende for især brint grundet teknologiudvikling der forbedrer energieffektiviteten.

<sup>12</sup> Beregninger baseret på Emmett ( 2007c) og Praëm ( 2007d)

Energiregnskabet for hydrogen som brændstof i køretøjer er komplekst, da produktionsmetoderne og anvendelserne er mange. På baggrund af beregning foretaget af Grontmij | Carl Bro er i nedenstående tabel vist energiforbrug og drivhusgasemissionen (Well-to-Wheels) for visse af produktionsformerne præsenteret. Det er valgt udelukkende at præsentere resultater, hvor brinten anvendes i brændselsceller, da det vil være mere energieffektivt og miljøvenligt at anvende komprimeret naturgas end brint i eksplosionsmotorer. (JRC, 2006)

<b>Produktionsteknologi og brintbil på brændselsceller</b>	<b>MJ/100 km</b>	<b>g CO<sub>2</sub>-eq/km</b>
Kul, EU-mix, central reformering, rør distribution	~225	~220
Naturgas, 4000 km, central reformering, rør distribution	~160	~93
Naturgas, 4000 km, lokal reformering	~185	~105
Vind, central elektrolyse, rør distribution	~164	~15
Kul elektricitet, EU-mix, lokal elektrolyse	~382	~400
Elektricitet, EU-mix, lokal elektrolyse	~436	~200
Naturgas, 4000 km, CCGT, lokal elektrolyse	~318	~138

Tabel 4. Energiforbrug og CO<sub>2</sub> emissioner i g/km <sup>13</sup>

Sammenligningen viser, at brint helst skal være produceret på vindkraft for at der er en stor CO<sub>2</sub>-fortrængning. Forskellig tilvejebringelse af brint fra naturgas anvendt i en brændselscelle-bil vil dog også give en CO<sub>2</sub>-reduktion sammenlignet med anvendelse af benzin eller diesel i en eksplosionsmotor.

Københavns Kommune bør undersøge mulighederne for at indkøbe akkrediteret grøn el fx i henhold til passende standard<sup>14</sup>, dvs. el baseret på nye vedvarende produktionsanlæg, i forbindelse med produktionen af brint for på den måde at sikre optimal bæredygtighed gennem hele Well-to-Wheels kæden.

<sup>13</sup> Udregninger af Grontmij | Carl Bro A/S baseret på JRC, 2006

<sup>14</sup> For at understøtte forbrugere der ønsker at købe grøn strøm fra vedvarende energikilder har en række NGO'er udviklet og anbefalet brugen af Eugene Standard. I Danmark er for nylig indgået en aftale mellem Novo Nordisk og DONG Energy om leverance af grøn strøm fra nye havvindmøller der kan sætte nye standarder for at grøn strøm ikke medregnes flere gange.

### Miljøpåvirkning (partikler, CO<sub>2</sub>, Støj)

Eldrevne køretøjer baseret på brint, batterier eller hybrid udleder ingen partikler, støj eller CO<sub>2</sub> emission og belaster således ikke miljøet i lokalområdet på nogen måde.

Der kan være en regional og global miljøpåvirkning fra produktionen af strømmen som lades på batterierne og som anvendes til produktionen af brinten. Såfremt strømmen er produceret på basis af vedvarende energi er der ingen miljøpåvirkning eller CO<sub>2</sub> udledning mens det modsatte er tilfældet hvis det er fossil baseret strøm eller f.eks. anvendelse af naturgas til brint produktion.

Tabellen nedenfor angiver CO<sub>2</sub> emissionen fra Well-to-Wheels for en Toyota Aygo bil baseret på forskellige fossile og vedvarende energi kilder og forskellige fremdriftsteknologier.

	Forbrændings- motor Benzin	Batterier Strøm	Brændselscelle Brint
<b>Fossil energi</b>	Almindelig benzinmotor <b>138 g/km (100 %)</b>	El fra kulkraftværker <b>119 g/km (86 %)</b>	Brint fra naturgas, central produktion <b>96 g/km (70 %)</b>
<b>Vedvarende energi</b>	-	El fra vindmøller <b>0 g/km (0 %)</b>	Brint fra elektrolyse baseret på vindmøllestrøm <b>0 g/km (0 %)</b>

Tabel 5. CO<sub>2</sub> emissioner i g/km i Toyota Aygo

I den ovenstående tabel ses det, at en Toyota Aygo 1,0 L vil udlede 138 g CO<sub>2</sub>/km fra Well-to-Wheels. Elbiler der kører på strøm der produceres fra kul producerer næsten ligeså meget CO<sub>2</sub>, hvilket dels skyldtes, at kul indeholder mere CO<sub>2</sub> pr energienhed end olie, og dels at der er et meget stort energitab forbundet med at omsætte kul til strøm på samme måde som der er et stort energitab forbundet med energiomsætningen i en forbrændingsmotor. De 119 g CO<sub>2</sub>/km er dog et teoretisk tal og kan være langt lavere i virkeligheden, når der tages udgangspunkt i at 42 % (2005) af Danmarks strømproduktion er baseret på kul mens resten er baseret på enten naturgas eller vedvarende energikilder<sup>15</sup>. Hvis strømmen anvendes til produktion af brint vil effektiviteten falde yderligere og CO<sub>2</sub> udledningen ligeledes stige i forhold til direkte anvendelse af strømmen i batterier.

CO<sub>2</sub> udledninger fra brint produceret fra naturgas og anvendt i brændselsceller er lavere end for el produceret fra kul til batterier, hvilket skyldes, at naturgas indeholder langt mindre kulstof (C) end henholdsvis olie og kul samt at der kan opnås bedre virkningsgrad i brændselsceller end i forbrændingsmotorer.

<sup>15</sup> Den ovenfor anførte udledning af CO<sub>2</sub> er baseret på en gennemsnits- og ikke en marginalbetragtning, og hvor det forudsættes at varmen fra elproduktion udnyttes til opvarmning.

### **Brint udslip i atmosfæren**

Såfremt brint anvendes i stor skala som en energibærer i transport kan der forventes at der vil være en mindre mængde brint udslip fra selve infrastrukturen til omgivelserne. I de senere år er der igangsat forskningsprojekter som skal afdække om brint udslippet kan føre til øget drivhuseffekt i atmosfæren. I Danmark udfører Danmarks Miljø Undersøgelser og Risø et forskningsprojekt, HYSCENE, der skal klarlægge brints samlede miljøeffekter herunder også påvirkningen af drivhuseffekten. I udlandet har en række analyser konkluderet at brint udslip til atmosfæren dels vil være begrænset og ikke vil udgøre et problem. Viden på området er dog begrænset, hvorfor HYSCENE projektet forhåbentlig kan bidrage med ny viden.

### **Brint sikkerhed**

Generelt er brint både brændbart og eksplosivt i et større koncentrationsinterval i luft end benzin. Men sikkerhedsegenskaberne ved brint i forhold til benzin under udslip og forbrænding er meget anderledes end benzin hvorfor den generelle konklusion er at brint er lige så farlig som benzin, dvs. at de begge skal håndteres med varsomhed. Nogle af forskellene er:

- At afbrænding af brint udleder mindre varme end benzin og brænder meget hurtigere, dvs. mindre risiko for at branden spreder sig
- At brint diffunderer hurtigere ud i omgivelserne end benzin hvorved risiko for antændelse mindskes

På verdensplan er en række udredningsarbejder i gang med at udvikle og beslutte standarder for hydrogen sikkerhed indenfor både infrastruktur og brændselscelle systemer ombord på køretøjer. Seneste resultat er at brint drevene biler er blevet typegodkendt i Norge, og det forventes at denne typegodkendelse kan sikre en betydelige lettere og hurtigere godkendelse af tilsvarende køretøjer i Danmark.

## 5 HANDLINGSPLAN

Københavns Kommune som Europas miljøhovedstad er en vision der forpligter. Derfor gør kommunen en særlig indsats for miljøområdet. Et væsentligt indsatsområde er at reducere miljøpåvirkningen fra vejtransport i kommunen, og hvis dette gribes rigtigt an vil det også kunne mindske luftforureningen fra trafikken på vejnettet.

København danner i 2009 ramme om det næste og afgørende klimatopmøde, hvor efterfølgeren til Kyoto Protokollen skal vedtages, og der vil til den tid blive stor fokus på hvordan man i Danmark (og København) tackler klimaudfordringen. København kan således blive et udstillingsvindue til Verden, og i den forbindelse vil nye og innovative løsninger på transportområdet være meget synlige.

Københavns Kommune har før vist at det kan lade sig gøre at gå foran og vise vejen som eksempelvis den forestående etablering af miljøzoner i Københavns Kommune fra september 2008.

Københavns Kommune har målsætninger om at afprøve nye muligheder – renere brændstoffer og teknologier til transport – for at gå forrest når det gælder anvendelse af miljøvenlige, alternative drivmidler i trafikken. Derfor er det vigtigt at igangsætte initiativer, der kan demonstrere nye muligheder, og at være med til at sikre at der etableres en infrastruktur for renere brændstoffer og nye teknologier i Københavns Kommune, samt at inspirere andre til også at handle.

En vision for Københavns Kommune for implementering og anvendelse af bæredygtige brændstoffer og teknologier til transport år 2035 kan formuleres således:

*Københavns Kommune skal være kendt som miljøhovedstaden i Europa hvor 100 % af alle kommunens køretøjer i 2035 er bæredygtige igennem anvendelse af biobrændstoffer, batteridrevne køretøjer og elektriske hybrid køretøjer baseret på brint og batterier, Københavns Kommune skal være et forgangseksempel der er med til at drive den teknologiske udvikling og vise vejen og stimulere og motivere virksomheder og private til at gøre det samme.*

For at indfri målsætningerne om bæredygtige teknologier i København Kommunes transport skal en række projekter igangsættes som suppleres med politiske handlingstiltag.

Et projekt opfattes i denne kontekst som et konkret tiltag hvor en teknologi bringes i afprøvning med henblik på enten videreudvikling eller på påbegyndelse af en kommerciel introduktion. Politiske tiltag opfattes som beslutninger og rammebetingelser der muliggør eller fremmer en kommerciel introduktion af de bæredygtige teknologier i transporten.

## 5.1 Handlingsplan

I dette afsnit er beskrevet en handlingsplan for hvordan Københavns Kommune alene og i samarbejde med andre interessenter kan gennemføre pilot-, demonstrations- og introduktionsprojekter for anvendelse af miljøvenlige alternative drivmidler. Handlingsplanen indeholder forslag til hvorledes brint, 2. generations biobrændstoffer samt el- og hybridbiler kan afprøves i København i de næste år. Denne handlingsplan omhandler hovedsageligt om de virkemidler, som kommunen har en væsentlig indflydelse på.

Der skal løbende træffes beslutninger og følgende tiltag

- Beslutning om kommunale midler til projekter
- Københavns Kommune deltager i Offentligt Privat Partnerskab (OPP), det danske *Hydrogen Link* netværk og *Scandinavian Hydrogen Highway Partnership* (SHHP)
- Bæredygtighedskriterier indbygges i udbudsmateriale
- Forureningsfri køretøjer kan parkere gratis i Københavns Kommune
- Indførsel af miljøzoner kun for forureningsfri køretøjer
- Forureningsfri køretøjer fritages for kørselsafgifter
- Delebiler er forureningsfrie

Endvidere bør følgende tiltag undersøges nærmere i samarbejde med Movia:

- Forureningsfri køretøjer må anvende busbaner

Der bør søges om supplerende finansiering til gennemførelse af pilot-, demonstrations- og introduktionsprojekter fra henholdsvis den danske stat og EU fra følgende ordninger:

- Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP)
- Støtte til forsøg med miljødiesel administreret af Færdselsstyrelsen
- EU' s 7. rammeprogram

I forhold til den praktiske implementering af projektmulighederne forslås nedsat Følgegrupper for projekterne og udarbejdet et kommissorium. For at undgå fremtidige uheldige projekter som fx elbilerne i Københavns Kommune er det vigtigt at inddrage brugerne i processen og løbende have en information om projekterne. Endvidere bør der i forbindelse med planlægning af projekterne både planlægges hvorledes der sikres tilstrækkelig service og vedligehold gennem indgåelse af aftaler med relevante parter, samt at projekterne monitoreres og evalueres og at der finder en struktureret erfaringsopsamling sted. I forbindelse med projektets planlægning skal der endvidere udarbejdes en "Exit strategi" der nærmere beskriver hvornår og under hvilke forudsætninger Københavns Kommune afslutter projekterne.

Nedenfor er vist en handlingsplan for hvorledes at Københavns Kommune kan gennemføre de aktiviteter der skal igangsættes i for at sikre gennemførelsen af projekter og politiske handlingstiltag.

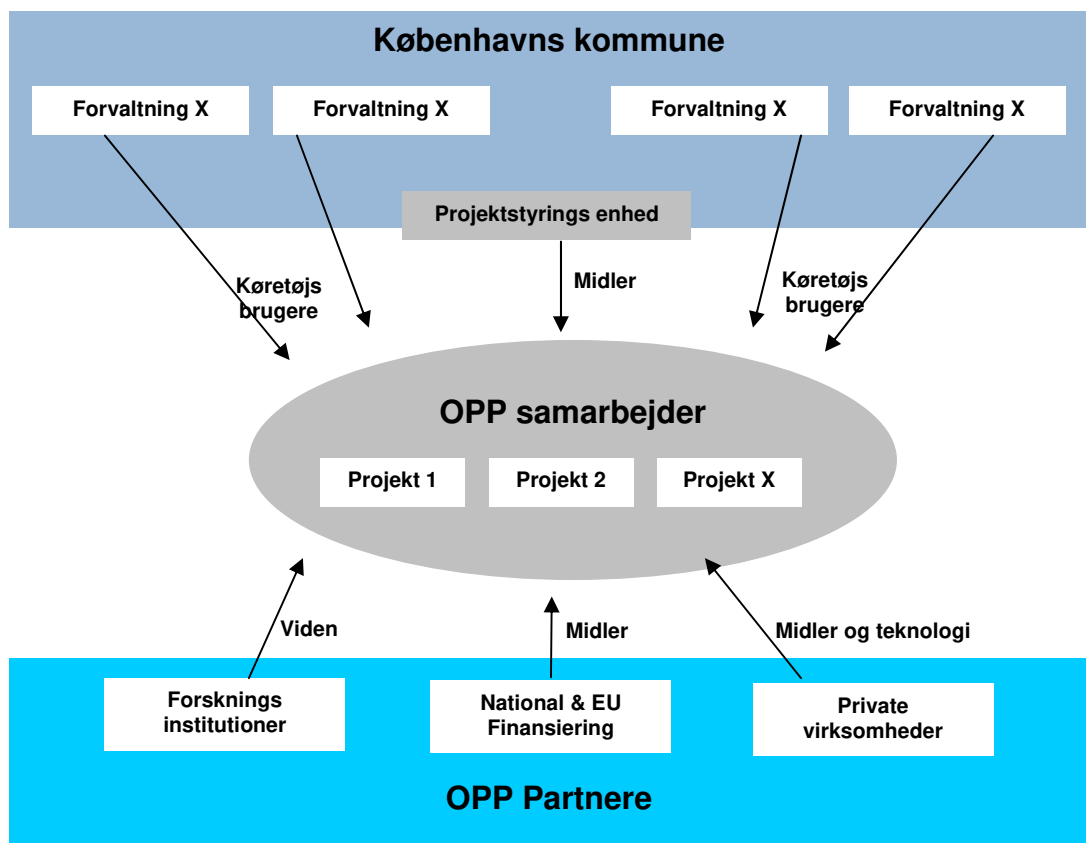
<b>Handlingsplan</b>		2007				2008				2009				2010				2011				2012							
Milepæl (MP) er markeret med	År →	3.		4.		1.		2.		3.		4.		1.		2.		3.		4.		1.		2.		3.		4.	
	Kvartal →	3.		4.		1.		2.		3.		4.		1.		2.		3.		4.		1.		2.		3.		4.	
	Aktivitet ↓																												
<b>Pilot og demonstrationsprojekter</b>																													
Fundraising og planlægning af pilotprojekter <i>MP1 – Midler til pilotprojekter er tilvejebragt</i>																													
Gennemførelse af pilotprojekter <i>MP2 – Pilotprojekter er gennemført</i>																													
Fundraising og planlægning af demonstrationsprojekter <i>MP3 – Midler til demonstrationsprojekter er tilvejebragt</i>																													
Gennemførelse af demonstrationsprojekter <i>MP4 – Demonstrationsprojekter er gennemført</i>																													
<b>Introduktionsprojekter</b>																													
Planlægning af projekter og tilvejebringelse af midler <i>MP1 – Midler til projekter er tilvejebragt</i>																													
Gennemførelse af projekter <i>MP2 – Projekter er gennemført</i>																													
Forberedelse af videreførelse i kommerciel introduktion <i>MP3 – kommerciel introduktion påbegyndes</i>																													
<b>Politiske handlingstiltag</b>																													
Løbende udvikling og beslutning af handlings tiltag <i>MP1 – Beslutning om kommunale midler til projekter</i> <i>MP2 – Kommunen deltager i OPP, Hydrogen Link og SHHP</i> <i>MP3 – Bæredygtighedskriterier indbygges i udbudsmateriale</i> <i>MP4 – Forureningsfri køretøjer må anvende busbaner</i> <i>MP5 – forureningsfri køretøjer kan parkere gratis i København</i> <i>MP6 – Forureningsfri køretøjer fritages for kørselsafgifter</i> <i>MP7 – Delebiler er forureningsfrie</i>																													

Figur 15: Tidsplan for aktiviteter



## 5.2 Organisation

En organisationsstruktur af projektaktiviteterne i Københavns Kommune er nødvendig, dels fordi projekterne sker på tværs af forskellige forvaltninger og dels fordi især pilot og demonstrationsprojekterne forventes at ske igennem Offentlig Privat Partnerskab (OPP) samarbejder for at fremskaffe den resterende finansiering. Nedenstående organisationsstruktur foreslås etableret.



Figur 16: Organisation af projektimplementering

I Københavns Kommune etableres en fælles projektstyringsenhed som er den der på Kommunens vegne indgår i OPP-samarbejderne omkring projekterne. Det er således projektstyringsenheden der koordinerer de forskellige forvaltningers deltagelse i projekterne og som varetager Kommunens økonomiske bidrag til OPP-samarbejderne og projekterne. På operationelt niveau er de forskellige forvaltninger naturligvis modtagere og brugere af de køretøjer som sættes i drift i projekterne. For især pilot og demonstrationsprojekterne er det ovenstående OPP samarbejdsform der skal sikre og muliggøre at Københavns Kommune kan geare deres investering med nationale, EU og private midler så det samlede budget på den måde kan finansieres.

OPP har hidtil primært været anvendt i Danmark i forbindelse med bygge- og anlægsarbejder og der eksisterer derfor meget få erfaringer med anvendelsen indenfor udviklings og demonstrationsprojekter. Indenfor brint og brændselscelle området har Energistyrelsen dog igangsæt et Partnerskab der kan danne ramme om OPP samarbejder i konkrete udviklings og demonstrationsprojekter. Indenfor brint og brændselscelle partnerskabet er de første erfaringer og værktøjer til OPP under udvikling. De forslåede brintprojekter i Københavns Kommune er tænkt ind i en sammenhæng med det nationale *Hydrogen Link* netværk som er en hovedaktivitet i det national Partnerskab for brint og brændselsceller og kan således drage nytte af og bygge på OPP erfaringerne heri.

### 5.3 Budget

Det samlede omkostninger forbundet med realisering af henholdsvis pilot og demonstrationsprojekterne samt introduktionsprojekterne vil i perioden 2008 til 2010 beløbe sig til ca. 50 millioner kr. mens det i den efterfølgende periode 2010 til 2012 beløber sig til ca. 140 millioner kr.

Det er anslået at der vil kunne opnås supplerende finansiering fra andre kilder hvorfor Københavns Kommunes andel i perioden 2008 til 2010 beløbe sig til ca. 25 millioner kr. mens det i den efterfølgende periode 2010 til 2012 beløber sig til ca. 40 millioner kr.

<b>Pilot og demonstrationsprojekter</b>		
<b>Projekt</b>	<b>År 2008-2010</b>	<b>År 2010-2012</b>
1. Brændselscelle brint busser i København	15 mio. kr.	80 mio. kr.
2. Brint elektriske hybrid personbiler i Kommunen	8 mio. kr.	38 mio. kr.
3. Brint elektriske hybrid arbejdskøretøjer i Kommunen	4,5 mio. kr.	---
4. Brændselscelle brint havnebus i København	---	2,5 mio. kr.
5. Brændselscelle elektrisk hybrid midi bus i København	---	1,5 mio. kr.
<b>TOTAL</b>	<b>27,5 mio. kr.</b>	<b>122 mio. kr.</b>
<b>Københavns Kommunes finansieringsandel</b>	<b>12-14 mio. kr.</b>	<b>20-25 mio. kr.</b>

<b>Introduktionsprojekter</b>		
<b>Projekt</b>	<b>År 2008-2010</b>	<b>År 2010-2012</b>
6. Batteri biler i hjemmeplejen	1,5 mio. kr.	---
7. Bioethanol (E85) på udvalgte biler (fx borgmesterbiler)	2,0 mio. kr.	2,3 mio. kr.
8. Bioethanol-hybrid (E85-elektrisk plug-in Prius) <sup>16</sup>	1,1 mio. kr.	1,8 mio. kr.
9. Bioethanol (E10) i hjemmeplejen og Center for Miljø	5,0 mio. kr.	---
10. Biodiesel (B5-B30) på dieselkøretøjer	5,0 mio. kr.	---
11. Biodiesel (B30-B100) på udvalgt entreprenørmateriel	0,5 mio. kr.	---
12. Bioethanol (E85) på busser	4,5 mio. kr.	10,0 mio. kr.
13. Biodiesel (B30-B100) på busser	2,0 mio. kr.	---
14. Biodiesel, evt. ethanol, på renovationskøretøjer	0,5 mio. kr.	0,5 mio. kr.
<b>TOTAL</b>	<b>22,1 mio. kr.</b>	<b>14,6 mio. kr.</b>
<b>Københavns Kommunes finansieringsandel</b>	<b>Ca. 21 mio. kr.</b>	<b>Ca. 14 mio. kr.</b>


Inkluderet i budgetoverslag er investeringsudgifter i etablering af nye tankningsanlæg. Der er i investeringsomkostninger til nye køretøjer alene indregnet meromkostning i forbindelse med nyanskaffelse i forhold til den løbende udskiftning der sker.

<sup>16</sup> Denne model er under udvikling og forventes på markedet 2008/2009. Den nuværende Prius er ikke en plug-in.

#### 5.4 Projektmuligheder – Pilot og demonstrationsprojekter

Der er udviklet forslag til 6 projekter i Københavns Kommune som kan være med til at igangsætte en introduktion af brint og batteri køretøjer samt 8 projekter om anvendelse af renere brændstoffer.

<p><b>1. Brændselscelle brint busser i København</b> Pilotafrøvning af en brint bybus baseret på brændselsceller i Københavns Kommune i perioden 2008-2010 eller som en Shuttlebus til Malmø. I perioden 2010 – 2012 forsættes projektet (efter udbud) i en demonstration af 15-20 brintbusser i København. På længere sigt efter 2015 kan brintbusser introduceres på tidlig kommercielle vilkår i bybusdriften. Samlet pris for pilot fasen 15 mio. kr. og for demonstrationsfasen 80 mio. kr. Der planlægges betydelig national, EU og virksomheds medfinansiering.</p>	
<p><b>2. Brint elektriske hybrid personbiler i Kommunen</b> Pilotafrøvning af op til 5 stk. brint elektriske hybrid personbiler i forskellige forvaltninger i Københavns Kommune i perioden 2008-2010. Køretøjerne baseres enten på brændselsceller eller forbrændingsmotor teknologier. I perioden 2010 – 2012 forsættes projektet i en demonstration af 30-50 personbiler i København.  Samlet pris for pilot fasen 8 mio. kr. og for demonstrationsfasen 38 mio. kr. Der planlægges betydelig national, EU og virksomheds medfinansiering.</p>	
<p><b>3. Brint elektriske hybrid arbejdskøretøjer i Kommunen</b> Demonstration af op til 10 stk. mindre brændselscelle elektriske hybrid arbejdskøretøjer i forskellige forvaltninger i Københavns Kommune i perioden 2008-2010, som en del af et nationalt demonstrationsprojekt med samlet 50-100 arbejdskøretøjer i byer rundt om i Danmark. Efter år 2010 kan en tidlig kommerciel introduktion af mindre brint batteri elektriske hybrid arbejdskøretøjer påbegyndes såfremt resultaterne af demonstrationen er positive.  Samlet pris for projektet 4,5 mio. kr. Der planlægges medfinansiering fra forskellige nationale programmer samt virksomheder.</p>	
<p><b>4. Brændselscelle brint havnebus i København</b> Pilotafrøvning af brændselscelle brint havnebus i København i perioden 2010-2012. Efter år 2012 kan yderligere afprøvning ske demonstrationsprojekter i større styktal, og på sigt en tidlig kommerciel introduktion såfremt projektresultaterne er positive.  Samlet pris for projektet 2,5 mio. kr. Ekstern medfinansiering kan evt. tilvejebringes</p>	

<p><b>5. Brændselscelle elektrisk hybrid midi bus i København</b>                  Pilotafprøvning af brændselscelle elektrisk midi bus i København i perioden 2010-2012. Efter år 2012 kan yderligere afprøvning ske demonstrationsprojekter i større styk tal, og på sigt en tidlig kommerciel introduktion såfremt projektresultaterne er positive.                  Samlet pris for projektet 1,5 mio. kr. Ekstern medfinansiering kan evt. tilvejebringes.</p>	
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

For en mere detaljeret beskrivelse af projektmulighederne henvises til bilag 3.

## 5.5 Projektmuligheder – Introduktionsprojekter

<p><b>6. Batteri biler i hjemmeplejen</b>                  Introduktionsprojekt af 5-10 biler i hjemmeplejen og evt. også i Ejendomsforvaltningen i perioden 2008-2010. Efter 2010 kan antallet gradvis udvides hvis resultaterne er positive.                   Samlet pris for projektet ca. 1,5 mio. kr.</p>	
<p><b>7. Bioethanol (E85) på udvalgte biler</b>                  Introduktionsprojekt af 10 stk. FFV i forskellige forvaltninger i Københavns Kommune i perioden 2008-2010. Fra 2010-2012 demonstrationsprojekt med yderligere 15 stk. FFV. Efter 2012 kan antallet udvides såfremt resultaterne er positive.                   Samlet pris for projektet ca. 4,5 mio. kr.</p>	
<p><b>8. Bioethanol –hybrid (E85-elektrisk plug-in)</b>                  Introduktionsprojekt af 1 stk. elektrisk plug-in hybridbil med E85 generator til brug af borgmestre og direktører for forvaltninger i Københavns Kommune. I perioden 2010-2012 fortsættes projektet med demonstration af yderligere 3 stk. elektriske plug-in hybridbiler.                   Samlet pris for projektet ca. 3 mio. kr.</p>	
<p><b>9. Bioethanol (E10) i hjemmeplejen og Center for Miljø</b>                  Introduktionsprojekt for brug af E10 i hjemmeplejen og Center for Miljø's biler i perioden 2008-2010. Der etableres op til 10 standere til tankning.                   Samlet pris for projektet 5,0 mio. kr.</p>	
<p><b>10. Biodiesel (B5-B30) på dieselskøretøjer i Københavns Kommune</b>                  Introduktionsprojekt af 6 stk. biler i Center for Miljø på B30 og øvrige dieselskøretøjer på B5 i perioden 2008-2010. Etablering af 1 stander til tankning af B30. Forudsætningen er dog, at biodiesel ikke medfører skader og nedsat effektivitet på partikelfiltre og deNO<sub>x</sub>-katalysatorer. Efter 2010 kan antallet gradvis udvides hvis resultaterne er positive.                   Samlet pris for projektet 0,5 mio. kr.</p>	

<p><b>11. Biodiesel (B30-B100) på udvalgt entreprenørmateriel</b> Introduktionsprojekt for anvendelse biodiesel på Kalvebod Miljøcenters entreprenørmateriel. Der etableres en ekstra hjemmetank til forsøg med iblanding af B30-B100 på udvalgt materiel. Drifts- og vedligeholdelsesudgifter samt emissioner følges løbende. Forudsætningen er dog, at biodiesel ikke medfører skader og nedsat effektivitet på partikelfiltre og deNO<sub>x</sub>-katalysatorer.</p> <p>Samlet pris for projektet 0,5 mio. kr. Der planlægges ansøgning om tilskud fra nationale programmer for anvendelse af biodiesel 2007-2009</p>	
<p><b>12. Bioethanol (E85) på busser</b> Demonstration af 2. stk. bioethanol bybusser i Københavns Kommune i perioden 2008-2010. I perioden 2010-2012 anskaffes yderligere 5 stk. bioethanol busser under forudsætning af resultaterne fra pilotafprøvning er positive som fx at biodiesel ikke medfører skader og nedsat effektivitet på partikelfiltre og deNO<sub>x</sub>-katalysatorer.</p> <p>Samlet pris for projektet 14,5 mio. kr.</p>	
<p><b>13. Biodiesel (B30-B100) på busser</b> Introduktionsprojekt for anvendelse biodiesel på udvalgte buslinier i København. Sammen med Trafikselskabet Movia etableres der forsøg med anvendelse af biodiesel på busser. Op til 4 ekstra hjemmetanke til forsøg med iblanding af B30-B100 på udvalgt bustyper. Drifts- og vedligeholdelsesudgifter samt emissioner følges løbende.</p> <p>Samlet pris for projektet 2,0 mio. kr. Der planlægges ansøgning om tilskud fra nationale programmer for anvendelse af biodiesel 2007-2009</p>	
<p><b>14. Biodiesel, evt. bioethanol, på renovationskøretøjer</b> Introduktionsprojekt for anvendelse biodiesel på udvalgte renovationskøretøjer i København. I forbindelse med udlicitering af kørsel med renovation (R98 materiel) etableres der forsøg med anvendelse af biodiesel på mindre renovationskøretøjer. Op til 2 stk. standere etableres til tankning. Drifts- og vedligeholdelsesudgifter samt emissioner følges løbende.</p> <p>Samlet pris for projektet 1,0 mio. kr. Der planlægges ansøgning om tilskud fra nationale programmer for anvendelse af biodiesel 2007-2009</p>	

Der vil anvendes 2. generations biobrændstoffer når dette er kommercielt tilgængeligt, og der vil forsøges at få levering fra de prækommercielle produktioner af henholdsvis bioethanol fra fx Amagerværket og biodiesel fra DAKA,

For en mere detaljeret beskrivelse af projektmulighederne henvises til bilag 3.



## 6 SAMLET MILJØMÆSSIG VURDERING AF PROJEKTER

Følgende kriterier indgår i forbindelse med vurdering af hvorledes tiltag og projekter indenfor transport kan vurderes i forhold til bæredygtighed og miljø, lokalt såvel som globalt:

- Forsyningssikkerhed
- Klimapåvirkning (CO<sub>2</sub>)
- Partikel, NO<sub>x</sub> & støjforurening
- Energieffektivitet
- Bæredygtighed
- Økonomi & teknologi stadie

Især partikel og støjforurening samt udledning af NO<sub>x</sub> mv. har stor betydning for lokalmiljøet i København.

Projekter med biobrændstoffer kan have en vis betydning i forhold til udledning af CO<sub>2</sub>, men giver ingen eller små forbedringer i forhold til udledning af andre stoffer eller i forhold til støj. Projekter med brint og elbiler har ingen negative lokale miljøeffekter, men kan, afhængigt af hvorledes brint og/eller elektriciteten produceres, have ringe eller betydelige miljøkonsekvenser. Projekter med iblandinger af biodiesel kan give anledning til øget askedannelse i filtret og for at undgå at dieselmotoren ødelægges skal der ske en hyppigere kontrol / service af filtrene. En forudsætning for at Københavns Kommune kan indgå i forsøg med biodiesel vil være at det sker i samarbejde med filterproducenter samt at der sker opfølgende målinger og opsamling af driftserfaringer og holdbarhed af filtre.

### *Partikelforurening*

Partikelforurening er et problem i bymiljøet og derfor er det vigtigt med en indsats for at nedbringe disse emissioner. Størstedelen af partiklerne stammer fra udstødningsgasserne; især fra dieslbiler uden partikelfilter. Dog er andelen af partikelemissionen, der stammer fra slid på bremses og dæk steget i takt med strengere emissionsstandarder fra motorer. Således opgør DMU at bremse- og dækslid udgør 43 % af udledningen af TSP (Total Suspended Particulates; dvs. alle partikelstørrelser) og 21 % af udledningen af PM<sub>2.5</sub> (Particulate Matter <2.5µm i diameter, dvs. fine og formentlig mere sundhedsskadelige partikler). (Winther, 2007) Der vil derfor også være en partikel-emission fra el- og brintdrevne køretøjer, selvom udstødnings-emissionerne af partikler fra disse typer køretøjer ikke eksisterer lokalt. Partikelemissionen fra bremseslid kan desuden reduceres i helt eller delvist eldrevne køretøjer ved at anvende regenerative bremses, da den elektromagnetiske modstand gør en del af bremsearbejdet. Erfaringer fra busser med regenerative bremses halverer omtrent slidtagen på bremseklodserne. [NYC Transit Riders Council, 2000]. Partikelemissionen fra dækslid vil være noget nær uændret for alle typer køretøjer, selvom de bliver drevet af alternative brændstoffer.



Projekterne i nærværende redegørelse har forskellige indvirkning på miljøet. I nedenstående skema er teknologierne og deres overordnede potentielle virkning på miljø, forsyningssikkerhed af energi, m.v. skitseret.

	Bioethanol		Biodiesel		Hybrid		El		Brint	
	1. g	2. g	1. g	2. g	Fossil	Brint	Fossil	VE	Fossil	VE
Forsyningssikkerhed										
Klima										
Partikelforurening										
Støjforurening										
Bæredygtighed										
Økonomi										

- Forringelse
- Uændret
- Mindre forbedring
- Stor forbedring

Tabel 6. Miljømæssig vurdering af brændstoffer og teknologier

I ovenstående skema er det kvalitativt skitseret hvordan det forskellige brændstoffer forventes at indvirke på de parametre projekterne skal vurderes på baggrund af. Da der er tale om en kvalitativ vurdering af parametrene skal farverne tages som en overordnet indikation for påvirkningen snarere end entydig kategorisering og rangordning. Årsagen til at 1. generations bioethanol anses for mindre bæredygtigt end 1. generations biodiesel er at ethanol som oftest produceres i udviklingslande, hvor presset på dels landbrugs- og naturarealer kan være stort. Løsninger hvor drivmidlet er enten el eller brint genereret fra fossile ressourcer ventes at give en klimamæssig forringelse, da køretøjernes højere energieffektivitet ikke i tilstrækkelig grad kompenserer for at det marginale brændsel i elproduktionen i Danmark er kul.

For de konkrete projekter kan laves en mere detaljeret miljøvurdering af hvor stor fortrængning af CO<sub>2</sub>, der eksempelvis kan opnås for et givet beløb. Det er naturligvis vigtigt at afveje sin indsats og prioritere de projekter, hvor der kan opnås den største miljøgevinst for pengene. I projekterne er beregnet hvad reduktionsomkostningen for CO<sub>2</sub> vil være ved at implementere projektet. Disse projektbeskrivelser findes i bilag 3.

En egentlig rangordning af projekterne efter miljøgevinst pr. investeret krone kan godt opsættes, men det er tydeligt at de projekter, der indeholder en betydelig teknologiudvikling for at realisere projektet, vil have meget høje reduktionsomkostninger sammenlignet med projekter, hvor kommercialiseret teknologi anvendes. Derfor anbefales det ud fra et miljømæssigt synspunkt at iværksætte et relativt stort volumen på afprøvede teknologier og en håndfuld pilotprojekter, der tilsammen viser og afprøver ny teknologi og kan have betydelig signalværdi, men som her og nu giver en begrænset miljøgevinst pr. investeret krone.

## 7 LITTERATURLISTE

- ATV Visioner for dansk bioethanol, februar 2007  
Bioenergi Bioenergi nr. 16, 2006  
CONCAWE, 2006 Well to Wheels analysis of future automotive fuels and power trains in the European context, version 2b May 2006
- Danmarks Transportforskning Langsigtet fremskrivning af vejtrafik, februar 2007  
Dansk Energi, 2006. Anvendelse af biomasse i transportsektoren. Udarbejdet af COWI 2006.
- EEA EEA Briefing 2004-04.  
EEA, 2004. UNEP og EEA EEA, 2004. UNEP & EEA - High nature value farmland: Characteristics, trends and policy challenges.
- el & energi el & energi nr. 10, 2006  
Energistyrelsen, 2003 Dokumentationsberegninger for CO<sub>2</sub>-reduktionsomkostningen ved anvendelse af biodiesel - revideret udgave, 8/12 2003
- Energistyrelsen, 2005 Strategi for forskning og udvikling vedr. fremstilling af flydende biobrændstoffer, 2005
- Energistyrelsen, 2006. Energistatistik 2005.  
Erhvervsbladet Erhvervsbladet 14. marts 2007  
EU Kommissionen Meddelelse fra Kommissionen til rådet og Europaparlamentet, Resultater af revision af Fællesskabets strategi for nedbringelse af CO<sub>2</sub>-emissionerne fra personbiler og lette erhvervskøretøjer, Bruxelles den 7.2.2007 KOM (2007) 19 endelig
- Folketinget Finanslov 2007  
IEA, 2004. Biofuels for transport – an international perspective 2004.
- Ingeniøren 18-11-05 Spritbiler i overhalingsbanen  
Ingeniøren 08-03-07 Miljøfolk: Sig nej til biobenzin. Ingeniøren 8. marts 2007  
Ingeniøren 30-03-07 Svenskerne får 10.000 kroner i rabat på miljøbiler. Ingeniøren 30. marts 2007
- Ingeniøren 10-04-07 Miljøkrav til biobenzin. Ingeniøren 10. april 2007  
Københavns Kommune Trafikken i København 2005.  
NYC Transit Riders Council New York City Transit Riders Council: "Analysis of Alternative Fuel Technologies for New York City Transit Buses", February 2000, <http://pcac.org/reports/pdf/cleanfuel2000.pdf>
- Regionsudvalgets udtalelse REGIONSUDVALGETS UDTALELSE af 11. oktober 2006 om 1) Grønbog - En europæisk energistrategi: bæredygtighed, konkurrenceevne og forsyningssikkerhed KOM(2006) 105 endelig; 2) Meddelelse fra Kommissionen - Handlingsplan for biomasse KOM(2005) 628 endelig; 3) Meddelelse fra Kommissionen - En EU-strategi for biobrændstoffer KOM(2006) 34 endelig
- Skatteministeriet, 2007 L 217: Forslag til lov om ændring af registreringsafgiftsloven og vægtafgiftsloven. (Omlægning af bilbeskatningen for at mindske CO<sub>2</sub>-udledningen m.v.)
- Steen Hartvig Jacobsen Energiteknologiprogram med uafhængig og proaktiv bestyrelse. Steen Hartvig Jacobsen, 8. februar 2007.
- Steen Hartvig Jacobsen Forskningsresultater skal ud på markedet. Steen Hartvig Jacobsen, 8. februar 2007.
- Teknologirådet, 1994. Biomasse til energiformål

- Teknologirådet, 2006.  
US Department of Energy  
Winther, M. 2007  
ØE, 2004
- Morgendagens transportbrændstoffer - danske perspektiver.  
Handbook for handling, storing, and dispensing E85. US  
Department of energy - Energy efficiency and renewable energy.  
Danish emission inventories for road transport and other mobile  
sources. Inventories until year 2004. National Environmental  
Research Institute,  
Denmark. 204 pp. – Research Notes from NERI no. 236.  
<http://www.dmu.dk/Pub/-AR236.pdf>  
Økonomi- og Erhvervsministeriet, Redegørelse om  
implementering af EU's biobrændstofdirektiv, juni 2004

### Hjemmesider

[www.biogasol.dk](http://www.biogasol.dk)  
[www.bioethanol.info](http://www.bioethanol.info)  
[www.dongenergy.com](http://www.dongenergy.com)  
<http://www.folkecenter.net/dk/folkecenter/publikationer/eu-direktiv>  
[www.scandinavianhydrogen.org](http://www.scandinavianhydrogen.org)  
[www.hydrogenlink.net](http://www.hydrogenlink.net)  
[www.hydrogennet.dk](http://www.hydrogennet.dk)

**BILAG 1**  
**Teknologi og miljøvurdering**



## BIOBRÆNDSTOFFER

### 1. FREMTIDSPERSPEKTIVER – BIOBRÆNDSTOFFER

Der findes forskellige biobrændstoffer, som helt eller delvist kan erstatte benzin og diesel som brændstof til biler og lastbiler – mest udbredt er dog blandinger af fossile brændstoffer og biobrændstoffer. De mest almindelige biobrændstoffer er bioethanol, biodiesel, biogas og syntetiske brændstoffer. Tabellen nedenfor viser en oversigt over disse biobrændstoffer samt hvilke ressourcer der bruges til fremstillingen og den potentielle dækning af det nuværende energiforbrug til transport;

Bioethanol	Biodiesel	Biogas	Syntetiske brændstoffer
Korn, roer, kartofler, halm, pil, elefantgræs, træflis og andet plantemateriale, organiske restprodukter	Raps Animalsk fedt, kødaffald	Husdyrgødning, organisk affald, energiafgrøder, restbiomasse fra plejekrævende arealer	Principielt alle typer biomasse, gylletørstof, slam fra rensningsanlæg og organisk affald (herunder plastic)
27 PJ (15 %)	14 PJ (8 %)	35 PJ (25 %)	-

Tabel 7. Oversigt over mulige biobrændstoffer i Danmark, produktionspotentiale samt andel af vejtransportenergi i 2012 <sup>17</sup>

Europæiske og danske undersøgelser har vist at "bæredygtig" udnyttelse af lokal biomasse kan dække mellem 10 og 15 % af bruttoenergiforbruget i EU25. De danske biomasseressourcer udgør ca. 14 % af bruttoenergiforbruget. Jo større andel der anvendes i energisektoren til kraft-/varmeproduktion jo mindre vil være til rådighed til transportsektoren. De danske biomasseressourcer til energiproduktion udgør ca. 165 PJ/år, hvoraf omkring halvdelen udnyttes i dag. En stor del af den biomasse der bruges til energiproduktion importeres bl.a. træ. Ressourcegrundlaget i Danmark kan udvides ved inddragelse af brakarealer eller dyrkning af andre afgrøder kan give et større energiudbytte. På den anden side kan ressourcegrundlaget også blive mindre, hvis arealer udlægges til naturområder eller lignende.

Denne redegørelse afgrænser sig dog fra at behandle biogas og syntetiske brændstoffer i videre omfang. Begrundelsen herfor er, at oparbejdningen af biogas til naturgaskvalitet er meget energikrævende, og anvendelse af biogas i lokale kraftvarmesystemer vil være mere effektivt, ud fra en betragtning om energieffektivitet og økonomi. Syntetiske brændstoffer kan bruges direkte som motorbrændstof – omstilling af infrastruktur og ændring af køretøjernes indretning er således ikke nødvendig, hvorfor det ikke vil blive behandlet yderligere.

Det nationale ressourcepotentiale er forskelligt, alt efter hvilke ressource type der er tale om, men kan generelt set udvides yderligere ved inddragelse af flere typer restprodukter og affald, eller ved import. I denne Redegørelse er udgangspunktet og opgørelsen af ressource mængderne den danske produktion af afgrøder eller restprodukter. Denne tilgang er valgt ud fra ønsket om national forsynings sikkerhed og uafhængighed af import.

<sup>17</sup> Teknologirådet: 13, 54

I denne Redegørelse er fokus lagt på bioethanol og biodiesel, og hvilke udfordringer der kan være forbundet med introduktion af disse i de kommunale køretøjer. Biobrændstoffer fremstilles på basis af forskellige ressourcer og der skelnes, i den forbindelse, mellem 1. og 2. generation biobrændstoffer;

- ⇒ 1. generation – til denne type biobrændstoffer bruges primært landbrugsafgrøder som majs, sukkerroer, hvede, sukkerrør, rapsfrø eller andre olieholdige frø. Teknologierne til produktion af 1. generations biobrændstoffer er udviklet.
- ⇒ 2. generation – til denne type biobrændstoffer bruges restprodukter som halm, træ eller andet plantemateriale.  
Der er behov for en væsentlig forsknings-, udviklings- og optimeringsindsats for at dels forbedre energiregnskabet samt økonomien i produktionen af brændstofferne.

Ved introduktion af biobrændstoffer i transportsektoren, vil det være nødvendigt at foretage nogle omstillinger af infrastrukturen. Omfanget heraf afhænger af iblandingskoncentrationen, da der ved lave koncentrationer ikke vil være behov for omstilling, men højere koncentrationer vil kræve en mere gennemgribende omstilling – og ikke mindst investeringer i særlige flexi fuel køretøjer. I det følgende er nærmere beskrevet hvilke biobrændstoffer der vil være til rådighed for omstilling af køretøjer i København, bioethanol og biodiesel, der fremstilles i henholdsvis en 1. og 2. generationsproces.

### 1.1 Energiregnskab for transport – Well-to-Wheels

Som opgørelse af energiregnskabet for forskellige teknologier anvendt i transportsektoren er taget udgangspunkt i "Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context, Version 2b May 2006" af EU Kommissionens Joint Research Centre, CONCAWE og EUCAR. (JRC, 2006)

Studiet er en kortlægning af teknologiske udviklingsspor for anvendelse af renere brændstoffer i den europæiske transportsektor. Der findes mange forskellige studier og endnu flere resultater på dette område, men grundlæggende kan positivt siges om det anvendte studie:

- at det er meget omfattende mht. til inddragelse af forskellige teknologier
- at bil- og olieindustriens bud på udviklingen er inddraget i vidt omfang.
- at metoden øger sammenligneligheden mellem forskellige teknologier
- at forventet teknologiuudvikling frem til 2010 er inddraget.

Ulemperne ved anvendelse af studiet kan være:

- at bil- og olieindustriens synspunkter får overvægt i undersøgelsen
- at studiet er europæisk og energiregnskaberne ikke nødvendigvis svarer helt til den danske situation
- at alternativ anvendelsen af biomasse skal vurderes separat

For energiregnskaberne gælder, at der regnes med 2010+ køretøjer, hvilket vil sige at der er lavet en fremskrivning af øget brændstof-effektivitet fra historiske 2002-data til og med 2010. Fremskrivningen er baseret på effektivisering af konventionel teknologi frem til 2010, hvorefter der ikke er skitseret noget teknologisk udviklingsperspektiv..

Anvendelse af benzin til transport er opgjort i en europæisk kontekst efter Well-to-Wheels (WTW) metoden, dvs. hvor også fremstilling og distribution (Well-to-Tank) er indeholdt. Dette resulterer gennemsnitligt i et fossilt energiforbrug på ca. 217 MJ<sub>to</sub>/100 km kørt og en drivhusgasemission på ca. 165 g CO<sub>2</sub>.eq/km. (JRC, 2006)



Brugen af konventionel diesel kan på europæisk plan efter et Well-to-Wheels studie resultere ca. af et fossilt energiforbrug på 205 MJ<sub>to</sub>/100 km kørt og en heraf afledt drivhusgasemission på ca. 160 g CO<sub>2</sub>-eq/km. (JRC, 2006)

Disse opgørelser anvendes som baseline for emissionsberegninger i de konkrete projekter.

## 2. BIOETHANOL

Bioethanol er ethanol fremstillet på basis af biomasse – alt efter typen af biomasse, skelnes der mellem 1. og 2. generations bioethanol.

Bioethanol kan iblandes benzin i forskellige koncentrationer og bruges som brændstof til benzindrevne biler. Mængden af bioethanol der må blandes i benzinen begrænses dog af standarden EN228, der tillader et maksimalt indhold på 5 %. Det betyder at fx E10 vil være omfattet af kemikalielovgivningen og kræve en særlig mærkning af en evt. stander, da det under gældende lovgivning ikke må kaldes benzin. Disse forhold skal afklares mere præcist i et detaljeret projekt, men indtil videre er den største udfordring at få bilfabrikanterne til at stille garanti for at deres biler kører på produkter der ligger udenfor standarden EN228. Derfor skal bilparken hvorpå der ønskes anvendt E10 tages i betragtning. For visse af Suzukis biler tillades fx iblanding af op til 10 % ethanol i benzinen i henhold til instruktionsbogen. I sådanne tilfælde vil den gældende lovgivning omkring produktet E10 formentlig ikke blive en hindring for projektet.

Der findes flere biltyper på markedet som kan køre på blandinger af bioethanol og benzin - de såkaldte flexi-fuel biler. Derudover findes også biler der kan køre på ren ethanol. Producenter af flexi-fuel biler er eksempelvis Ford (Ford Focus), Volvo (S40, V50), Saab (9-5 Biopower) m.fl. Saab har også produceret en bil som kan køre på E100, hvilket VW også har.

### 2.1 Bioethanol 1. generation

1. generations bioethanol produceres på basis af sukkerholdige ressourcer – som er det, der gennem en gæringsproces, udnyttes i fremstillingen af bioethanol. Dette kan eksempelvis være sukkerroer, korn eller majs.

Ressourcegrundlaget i Danmark til produktion af 1. generations bioethanol vurderes at være store (ca. 16 PJ) og kan udvides ved at bruge et større areal til dyrkning af roer og korn.<sup>18</sup>

#### Kommerciel udvikling og økonomi

Teknologien til fremstilling af 1. generations bioethanol er baseret på en simpel gæring af sukkerholdige eller stivelsesholdige ressourcer og en efterfølgende destillation. Teknologien har været brugt gennem mange år, og er kommercielt udviklet.

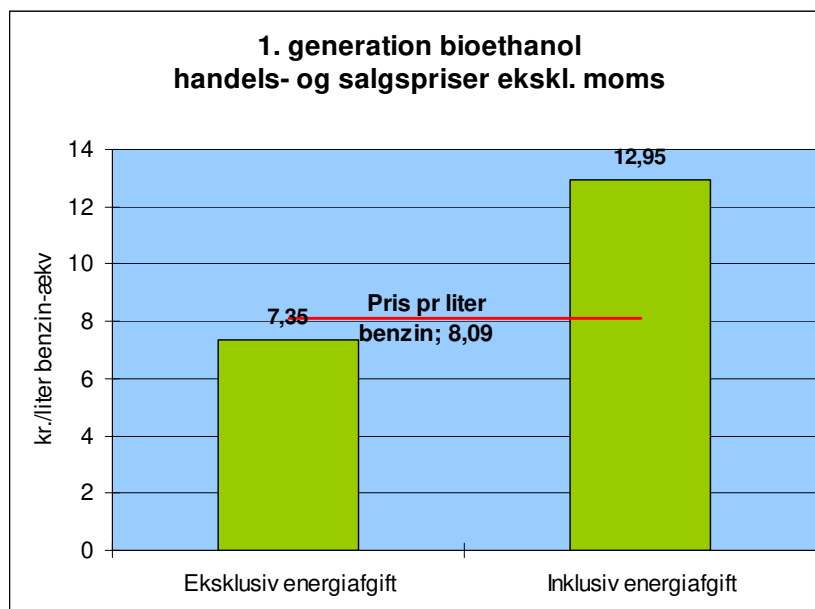
Produktionsprisen på 1. generations bioethanol blev i 2006 vurderet til ca. 3,50 kr./liter, hvilket svarer til 5,2 kr./liter (omregnet til benzinækvivalenter). Handelsprisen opgjordes til ca. 5,00 kr./liter bioethanol eller 7,35 kr./ liter benzin ækvivalent.<sup>19</sup> Til handelsprisen skal lægges en energifgift som er fastsat til 5,61 kr./liter<sup>20</sup> – dette giver salgsprisen. Salgsprisen på 1. generation bioethanol er stadig højere end benzinen hvilket medfører, at 1. generation bioethanol ikke er konkurrencedygtig med benzin.

<sup>18</sup> Morgendagens transportbrændstoffer – danske perspektiver, side 13, december 2006, Teknologirådet

<sup>19</sup> Energiindholdet i bioethanol er lavere end i benzin og prisen er derfor beregnet på baggrund af den mængde bioethanol der kræves til erstatning af den samme mængde benzin.

<sup>20</sup> Energifgiften er korrigeret for energiindhold i bioethanol vs. benzin ~ 1,47

Grafen nedenfor viser en oversigt over priserne eksklusiv (handelspris) og inklusiv (salgspris) energiafgift – den røde linie illustrerer prisen på benzin som er 8,09 kr. per liter eksklusiv moms (10,11 kr./liter inklusiv moms).<sup>21</sup>



Figur 17. Forventede produktions- og handelspriser for 1. generations bioethanol

#### Produktion af 1. generation bioethanol – eksisterende og kommende producenter

Statoil importerer 1. generations bioethanol der forhandles som Bio95. Bio95 er en blanding af ca. 5 % bioethanol og 95 % benzin – alle biler kan køre på denne blanding.

#### Samlet energiregnskab "Well-to-Wheels"

Baseret på sukkerrør kan produceres 1. generations bioethanol med et lavt fossilt energiforbrug, fordi restproduktet fra sukkerrør (bagasse) som regel anvendes til at dække energiforbruget til gæringsproces og destillation. Dermed er det udelukkende transporten af bio-ethanolen, der belaster det fossile energi- og drivhusgasregnskab.

Bioethanol baseret på sukkerrør giver et fossilt energiforbrug på ca. 6 MJ<sub>10</sub>/100 km kørt og drivhusgasemission på ca. 23 g CO<sub>2</sub>.eq/km. (JRC, 2006)

Anvendelse af hvedekorn til fremstilling af bioethanol som er en anden 1. generations hovedproduktionsform for tilvejebringelse af brændstoffet i en europæisk sammenhæng viser et ringere energiregnskab end sukkerrørsbaseret bioethanol. Hvis restproduktet (Distiller's Dried Grain with Solubles - DDGS) fra processen anvendes til dyrefoder, som traditionelt har været tilfældet anslås det fossile energiforbrug til at udgøre ca. 61 MJ<sub>10</sub>/100 km kørt og drivhusgasemissionen til at udgøre ca. 41 g CO<sub>2</sub>.eq/km. (JRC, 2006)

Energiindholdet i bioethanol er væsentligt lavere (ca. 30 %) end i almindelig benzin, hvorfor aktionsradiusen bliver væsentligt reduceret, *med mindre* at tankvolumen øges. Flexi Fuel bilerne kører typisk 30-40 % kortere på literen. Det lavere energiindhold medfører således en stigning i brændstofomkostninger, *med mindre* bioethanolen fritages for energiafgiften. I takt

<sup>21</sup> Oplyst på [www.oil-forum.dk](http://www.oil-forum.dk) 26 marts 2007

med teknologiudviklingen vil der sandsynligvis opnå en bedre nyttevirkning af bioethanolen – hvis der er tale om motorer udviklet specielt hertil. Den ringere brændværdi af bioethanol er medregnet i Well-to-Wheels studiet.

#### Miljøpåvirkning

Det miljømæssige potentiale ved 1. generation bioethanol, set i forhold til CO<sub>2</sub> fortrængning er moderat – CO<sub>2</sub> udledningerne kan reduceres med 45-70 % (fratrasket den mængde energi der forbruges under forarbejdning, indsamling, produktion mm. af 1. generations bioethanol).<sup>22</sup> Fortrængningen af CO<sub>2</sub> ved anvendelse af bioethanol kan opgøres som forskellen mellem udledningen pr. kørt km for benzin og for den anvendte bioethanol fra Well-to-Wheels studiet multipliceret med iblandingsforholdet, fx 10 % eller 85%.

#### Luftforurening; partikler, NO<sub>2</sub> og støj

Det kan være svært at vurdere de præcise miljøeffekter ved brugen af bioethanol som brændstof, da det afhænger af hvilket perspektiv der anlægges. Hvis produktionskæden vurderes som helhed, vil der under produktion, forarbejdning, distribution mm. også udledes luftforurenende stoffer og partikler som har indflydelse på den samlede miljøregnskab. Således skal energiforbruget og brug af miljøforstyrrende elementer (eksempelvis i dyrkningsfasen) søges minimeret for at opnå det mest positive miljøregnskab.

Generelt vil brugen af bioethanol medføre emissioner af svovl, CO og NO<sub>x</sub>, men brug af katalysatorer og lignende (som bruges på biler i forvejen), kan afhjælpe en del af disse emissioner. Den overordnede vurdering af bioethanol er, at der ikke er væsentlig forskel på emissionerne herfra i forhold til fossile brændstoffer – kun hvad angår CO<sub>2</sub> emissioner, da bioethanol som biobrændstof er CO<sub>2</sub> neutralt (den CO<sub>2</sub> der udledes ved brugen af bioethanol, er den samme som biomassen har optaget under væksten/dyrkningen). Brugen af bioethanol vil således have positiv indflydelse på drivhuseffekten.

Udover de positive effekter på CO<sub>2</sub> emissionerne vil emissioner af partikler, benzen og formaldehyd blive reduceret. Emissioner af acetaldehyd vil til gengæld stige.

Det svenske Vägverket udgav i 2006 en rapport der anslog at iblanding af 5 % ethanol i benzin ville give en stigning i VOC-emissionerne på ca. 18 %, på grund af øget damptryk.<sup>23</sup> De danske beregninger i forhold til denne undersøgelse foretaget af DMU viste derimod at VOC-emissionen fra trafikken formentlig ville stige med 5 % ved iblanding af 5 % ethanol i den danske benzin. Dermed konkluderede Miljøstyrelsen at den samlede VOC-emission ville stige med ca. 1 %.<sup>24</sup> Ved højere iblandingsforhold af ethanol er der imidlertid risiko for større udledning af VOC'er, hvilket en nyere amerikansk undersøgelse indikerer. DMU har imidlertid endnu ikke nået at sammenligne rapportens resultater med danske forhold, hvorfor konklusionen er uvis.<sup>25</sup>

I forhold til støj vil brugen af 1. generation bioethanol som brændstof ikke være anderledes end ved brug af fossile brændstoffer.

#### Biodiversitet

Hvis landbrugsarealer eller brakarealer omlægges til intensiv produktion af energiafgrøder til produktion af biobrændstof – og der skabes en såkaldt monokultur – vil det forstyrre det lokale økosystem hvilket medfører tab i biodiversitet og i landskabelige værdier. Produktionen af

<sup>22</sup> Morgendagens transportbrændstoffer – danske perspektiver, side 26, december 2006, Teknologirådet

<sup>23</sup> Vägverket, 2006

<sup>24</sup> Ingeniøren, 19. oktober 2006

<sup>25</sup> Ingeniøren, 18. april 2007

ressourcer skal således være så bæredygtig som muligt, men uanset hvilken metode der vælges, kan biodiversiteten blive påvirket.

Brugen af arealer til landbrug mm. er reguleret såvel nationalt og regionalt som på EU plan, hvilket skal være med til at sikre, at der ikke sker en overudnyttelse og biodiversiteten bevares – dette sker eksempelvis gennem Natura 2000 direktiverne (fx Habitat - og Fugledirektivet), hvis formål er, at beskytte naturen mod overudnyttelse og tab i biodiversitet mm.

Med hensyn til produktion af ressourcer til biobrændstoffer udenfor EU, har der den senere tid, været fremført mange argumenter både for og imod den øgede efterspørgsel og dermed øget produktion af biobrændstoffer. Problematikken knytter sig især til, at der ved øget efterspørgsel efter biobrændstoffer, skal bruges større arealer til dyrkning af de ressourcer der bruges i produktionen. Dette kan godt synes problematisk hvis biodiversiteten skal bevares. Det skal i forlængelse heraf dog tilføjes, at eksempelvis den stigende brug af palmeolie til fødevarer- og produktionsindustri, har langt større konsekvenser end hvad dyrkningen af ressourcer til biobrændstoffer vil få – også ved væsentlig øget brug.

### Fødevarer sikkerhed

Brugen af fødevarer til produktion af brændstoffer kan ses som problematisk ud fra et etisk perspektiv. Et ofte omdiskuteret emne er, hvorvidt det kan forsvares at bruge fødevarer til andet end det de er tiltænkt, set i lyset af, at mennesker dør af sult i fattige dele af verden – og ikke mindst den forventede fremtidige stigning i befolkningen, der kun vil medføre et endnu større fødevarerbehov. Derudover er der i nogle få lande allerede observeret en sammenhæng mellem stigende fødevarerpriser og produktion af biobrændstoffer. Eksempelvis har der i USA været stigende efterspørgsel efter majs til bioethanolproduktion hvilket har medført en stigning i majspriserne, som kan blive problematisk for de fattige samfund – Mexico har allerede oplevet en prisstigning på tortilla som følge heraf.

Imidlertid er tilstrækkeligheden af fødevarer betinget af mange forhold, som lokale konflikter og lignende. Derudover kan det i den etiske diskussion påpeges, at landbrugsarealer i mange år har været brugt til dyrkning af nonfood afgrøder som fx bomuld uden at dette har ført til etiske kvaler, selvom det i sidste ende vil influere på prisdannelsen på fødevarer, hvis landbrugsarealer er en knap ressource.

Ved brug af 2. generations ressourcer, som vil blive behandlet i næste afsnit, vil fødevarerproblematikken ikke længere være så relevant, til gengæld er der en ressourcemæssig begrænsning primært begrundet i 2. generationsressourcernes nuværende anvendelse i kraftvarmesektoren.

### Mulighed for introduktion og anvendelse i København fra 2008

1. generation bioethanol bliver, som nævnt, solgt på Statoil som Bio95 og anvendes derfor allerede som brændstof til de benzindrevne kommunale køretøjer. Statoils Bio95 indeholder dog 'kun' ca. 5 % bioethanol der ikke er danskproduceret. Hvis koncentrationen af bioethanol i benzinen skal øges og Københavns Kommune investerer i flexi fuel biler, kan behovet dækkes ved import fra eksempelvis Brasilien – efter samme model som der benyttes i Sverige og i andre steder.

#### **Produktion af Bioethanol af danske virksomheder**

En række virksomheder og organisationer enten planlægger eller undersøger i øjeblikket mulighederne for at opføre fabrikker til produktion af bioethanol.

- Danisco har investeret i forskning og udvikling inden for bioenergi, og har senest bygget et anlæg i Tyskland. Danisco vurderer mulighederne for at udbygge sukkerfabrikken i Nakskov til også at producere bioethanol.
- Statoil overvejer, i samarbejde med blandt andet Dansk Landbrugs Grovvarereselskab, DLG, at etablere et 1. generations bioethanol anlæg i tilknytning til selskabets raffinaderi i Kalundborg. Den endelige beslutning om etablering af anlægget vil afhænge af den politiske vilje til at etablere et marked for biobrændstoffer.
- Bio-Energipark Tønder har som langsigtet mål at få etableret en bioenergipark ved Tønder og overvejer mulighederne for at etablere et aktieselskab til bygning af et bioethanol anlæg.
- Danish Biofuel Grenaa overvejer mulighederne for at etablere et bioethanol anlæg på Grenaa Havn.

Planerne for anlæggene i Tønder og Grenå inkluderer kraft-/varmeforsyning baseret på biomasse i form af biogas og halm.

[Akademiet for tekniske videnskaber. Visioner for dansk bioethanol.]

#### Erfaringer fra andre lande

##### **Erfaringer fra Sverige med brug af bioethanol som brændstof**

Sverige er langt fremme med brugen af biobrændstoffer, baseret på både 1. og 2. generationsressourcer, i transportsektoren – E85 kan tankes på knap 300 tankstationer rundt om i Sverige! Prisen for 1 liter 95 oktan benzin ligger i Sverige på mellem 11,00 - 11,50 SEK, hvor prisen for 1 liter E85 ligger mellem 7,33 - 7,95 SEK, da E85 er fritaget for afgifter. Således var det svenske forbrug af bioethanol i 2005 omkring 250.000 m<sup>3</sup> og forventes stigende fremover – derudover bruges en del biodiesel og biogas.

Drivkraften bag den svenske indsats er at opfylde målene i EU's Biobrændstofdirektivet, øge forsyningssikkerheden samt reducere drivhusgasudledningerne.

For at fremme udbredelsen af biobrændstoffer og leve op til ovenstående mål, har de svenske myndigheder valgt at tilgodese miljøbilerne ved at tildele dem nogle fordele overfor de almindelige benzindrevne biler. Udover lavere brændstofpriser omfatter disse blandt andet;

- Lavere registreringsafgift
- Fri parkering på offentlige parkeringspladser i flere store byer
- Fritagelse for bompenger i Stockholm (maksimalt 60 SEK/dag)

Efterfølgende har markedsandelen for miljøbiler været jævnt stigende – markedsandelen for miljøbiler var i oktober 2005 7,8 %, hvilket var en tredobling af antallet i 2004.

Den svenske indsats koster staten omkring 1,3 milliarder SEK årligt.

[Teknologirådet 62; Ingeniøren 18-11-05]

#### **Erfaringer fra Tyskland med brug af bioethanol som brændstof**

Tyskland er ligesom Sverige langt fremme med produktionen og brugen af biobrændstoffer – faktisk så langt, at de til dato er Europas største producent og forbruger af biobrændstoffer. Det tyske forbrug af biobrændstoffer var således i 2005 omkring 2 millioner tons, primært biodiesel.

Grunden til denne placering på markedet, er at den tyske stat, ligesom den svenske stat, har valgt at give nogle fordele til biler der anvender bioethanol og biodiesel, der blandt andet omfatter følgende;

- Afgiftsfritagelse ved ren anvendelse af biobrændstoffer og ved opblanding med fossile brændstoffer
- Tilskud til opførelse af flere biobrændstoffabrikker

Pr. 1. januar 2007 er det desuden blevet et lovkrav, at der skal iblandes biobrændstoffer til benzin og diesel. Dette skyldes, at det blev for omkostningsfuldt for den tyske stat at give støtte til iblandingen. Alligevel vil der stadig gives tilskud til ren biodiesel og E85.

[Teknologirådet 62]

#### Støttemuligheder

Regeringen ønsker at fremme 2. generations biobrændstoffer ved at give støtte til projekter indenfor 2. generationsteknologierne, hvorfor dette punkt først vil blive uddybet under 2. generation bioethanol.



## 2.2 Bioethanol 2. generation

2. generations bioethanol produceres på basis af restprodukter fra plantemateriale eller andre organiske ressourcer. Dette kan eksempelvis være halm, træ eller lignende, som under en fællesbetegnelse kaldes 'lignocellulose'.

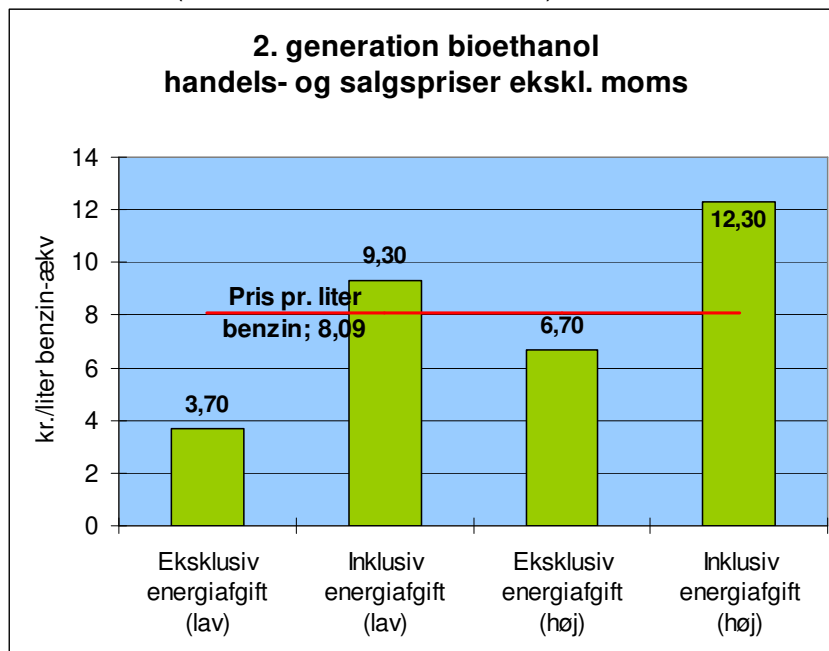
Ressourcegrundlaget i Danmark til produktion af 2. generations bioethanol vurderes at være moderate (ca. 11 PJ), men kan ved inddragelse af f.eks. affald (dagrenovation) og lignende blive væsentligt større.

### Kommerciel udvikling og økonomi

Teknologien til fremstilling af 2. generations bioethanol er mere kompliceret end 1. generationsteknologien. Dette skyldes den molekylære opbygning af 2. generations ressourcerne som er med til at vanskeliggøre nedbrydningen og omdannelsen til ethanol. Teknologien forventes kommercialiseringsklar om 5-10 år.

Produktionsprisen på 2. generations bioethanol blev i 2006 vurderet til mellem ca. 2,50 og 4,50 kr./liter, hvilket svarer til mellem 3,7 og 6,7 kr./liter (omregnet til benzinækvivalenter).<sup>26</sup> Til produktionsprisen lægges en avance på 1,5 kr./liter bioethanol, som er antaget for 1. generationsbiobrændsler. Hertil skal lægges en energiafgift som er fastsat til 5,61 kr./liter – dette giver salgsprisen. Den forventede salgspris på 2. generation bioethanol er stadig højere end benzinprisen hvilket medfører, at 2. generation bioethanol (med de nuværende afgiftsregler) ikke er konkurrencedygtig med benzin.

Grafen nedenfor viser en oversigt og priserne eksklusiv (handelspris) og inklusiv (salgspris) energiafgift ved lavt og højt prisskøn<sup>27</sup> – den røde linie illustrerer prisen på benzin som er 8,09 kr. per liter eksklusiv moms (10,11 kr./liter inklusiv moms):



Figur 18. Forventede produktions- og handelspriser for 2. generations bioethanol

<sup>26</sup> Energiindholdet i bioethanol er lavere end i benzin og prisen er derfor beregnet på baggrund af den mængde bioethanol der kræves til erstatning af den samme mængde benzin

<sup>27</sup> Prisen på 2. generation bioethanol kan variere alt efter hvilken proces og hvilke forudsætninger de baseres på. Den lave pris er en optimistisk vurdering af investerings – og enzymomkostninger, den høje pris er baseret på beregninger fra Elsams IBUS-anlæg.



### Produktion af 2. generation bioethanol – eksisterende og kommende producenter

Danmark har ikke en kommerciel produktion af 2. generation bioethanol, men flere aktører er involveret i forskning og udvikling af 2. generation teknologien – eksempelvis IBUS (halm, restprodukter) tidshorisont 2008-2010, Amagerforbrænding (affald) tidshorisont 2008 +, MaxiFuel / Biogasol tidshorisont 2009+ (halm mm.). Der er behov for yderligere forskning, udvikling, optimering og demonstration i 2. generationsteknologierne.

#### **IBUS – fra halm til ethanol**

IBUS (Integrated Biomass Utilisation System) er et demonstrationsprojekt der startede i 2003 med det formål, at udvikle omkostnings- og energieffektive systemer til produktion af bioethanol, el og varme.

Det primære råmateriale til produktionen har været halm, som er en 2. generations ressource. Til at begynde med kørte anlægget med 100 kg. halm i timen, men blev senere opskaleret til 1 ton i timen. Anlægget er i 2006 blevet flyttet fra Fynsværket til Skærbækværket. Her er det planen, at der skal kunne køres med op til 4 ton i timen – dette svarer til en femtedel af en fuldskala produktion.

Produktionen af ethanol er tænkt ind i en bredere sammenhæng. IBUS-anlægget er således koblet til et eksisterende kraftværk, hvorved overskuddsdamp fra dette kan bruges til produktionen af bioethanol. Den overskydende biomasse herfra bruges til foder, mens resten brændes i kraftværket og derved producerer el og varme.

DONG Energy satser specielt på, at blive førende inden for teknologi til forbehandling af råmaterialerne. Netop forbehandlingen er den afgørende faktor i forhold til at få processen med fremstilling af bioethanol på 2. generations ressourcer til at fungere. Selvom DONG Energy også har projekter i gang med udnyttelse af 1. generations ressourcer (herunder specielt hvede) er det således inden for 2. generations teknologien, at man satser på at skabe sig en teknologisk platform på markedet for biobrændstoffer.

Projektet er ledet af DONG Energy med deltagelse af en række aktører; KVL, DTU, Sicco K/S samt TMO (UK). Projektet er delvist finansieret gennem EU's 6. rammeprogram med 6,5 mio. €.

[Energistyrelsen, 2005; [www.dongenergy.com](http://www.dongenergy.com), [www.bioethanol.info](http://www.bioethanol.info)]

#### **MaxiFuel på DTU**

DTU har længe forsket i 2. generations biobrændstoffer og har gennemført en række projekter, herunder opførelsen af det såkaldte MaxiFuel-anlæg i 2006. Her fremstilles bioethanol på basis af halm og restproduktet anvendes til produktion af biogas og brændselspiller.

Forskellen på processen i IBUS og MaxiFuel er ikke kun anvendelsen af restproduktet, men også udnyttelsen af glukosen i råmaterialet ved produktionen af ethanol. På DTU er det lykkedes at udvikle en metode, som gør det muligt at udnytte ikke bare de lettest tilgængelige C6-glukosemolekyler, men også den såkaldte xylose (C5-glukosemolekyler). Dermed opnås et højere udbytte af ethanol i forhold til mængden af råmateriale.

MaxiFuel konceptet er udviklet i et samarbejde mellem Biocentrum-DTU med professor Birgitte Kiær Ahring i spidsen, samt Risø, KVL og Novozymes. MaxiFuel er dels finansieret af midler fra Energistyrelsen, dels investeringer fra partnernes side.

[Bioenergi nr. 16, 2006; [www.biogasol.dk](http://www.biogasol.dk)]

### Samlet energiregnskab "Well-to-Wheels"

I Well-to-Wheels studiet udført af EU Kommissionens Joint Research Centre opgøres det fossile energiforbrug til udnyttelse af hvedehalm til bioethanol til at udgøre ca. 22 MJ<sub>to</sub>/100 km kørt og drivhusgasemissionen til at udgøre ca. 18 g CO<sub>2</sub>.eq/km. (JRC, 2006)  
Det samme som ved 1. generation bioethanol mht. energiindhold og reduceret aktionsradius.

### Miljøpåvirkning

Det miljømæssige potentiale set i forhold til CO<sub>2</sub> fortrængning er stort – CO<sub>2</sub> udledningerne kan reduceres med op til 90 % (fratrasket den mængde energi der forbruges under produktionen af 2. generations bioethanol, som dog stadig skal 'findes' et sted). Fordelen i forhold til 1. generation er, at der ved 2. generation er tale om bi – og affaldsprodukter, som ikke kræver energi til fremstilling (dyrkning mm.) – derfor det store CO<sub>2</sub> reduktionspotentiale.

Kritikere af 2. generation bioethanol mener dog at der kan være et ressourcemæssigt problem med 2. generations ressourcerne, hvorfor denne skal bruges til el og varmeproduktion og ikke til biobrændstofproduktion. Danmark bruger i dag en stor del biomasse som ressource i kraftvarmeverkerne, hvor denne fortrænger kul og olie. Resultatet kan derfor risikere at blive, at transportsektoren vil opleve væsentlige reduktioner i CO<sub>2</sub> emissionerne og kraftvarmesektoren vil opleve stigninger i CO<sub>2</sub> emissionerne. Samtidig vil omkostningerne ved at reducere CO<sub>2</sub> emissionerne stige ved brug af biomassen til biobrændstofproduktion i forhold til at fortsætte den nuværende brug af biomassen i kraftvarmeverkerne.

Fortalere for biobrændstoffer er ikke afvisende overfor denne kritik, men argumenterer for, at de alternative drivmidler er den eneste løsning på transportsektorens store og i fremtiden stigende CO<sub>2</sub> emissioner.

### Luftforurening; partikler, NO<sub>2</sub>, Støj

Det samme som ved 1. generation bioethanol.

### Biodiversitet & Fødevarerikkerhed

Biodiversitet og fødevarerikkerhed er ikke så relevant i forhold til 2. generation bioethanol, da ressourcerne som bruges i produktionen er affalds- og restprodukter mm., som derfor ikke vil påvirke fødevarergrundlaget eller dyrkningen af landbrugsarealer. Dog er det ikke usandsynligt, at halmprisen vil stige, hvis efterspørgslen herefter stiger som følge af en bioethanolproduktion på basis af halm, der alternativt afbrændes i kraftvarmeverker.

### Mulighed for introduktion og anvendelse i København fra 2008

Mulighederne for introduktion og anvendelse af danskproduceret 2. generation bioethanol i den nærmeste fremtid afhænger af teknologiudviklingen. Umiddelbart er det usandsynligt at teknologien er kommercialiseringsklar og i stand til levering af den mængde bioethanol der vil være behov for allerede i 2008. Hvis brændstof behovet er af et mindre omfang eller skal 'afprøves' i en mindre forsøgsordning, kan denne mængde muligvis produceres på forsøgsanlæggene.

### Erfaring fra andre lande

Teknologien til produktion af 2. generation bioethanol er som nævnt ikke en kommercialiseret, så der er endnu ingen erfaringer fra andre lande. Principielt vil det være de samme ordninger som for 1. generation bioethanol der kan tages i brug for øget anvendelse mm.

### Støttemuligheder

Støttemuligheder til biobrændstoffer, er af Regeringen rettet primært mod 2. generations biobrændstoffer. Der findes følgende muligheder:

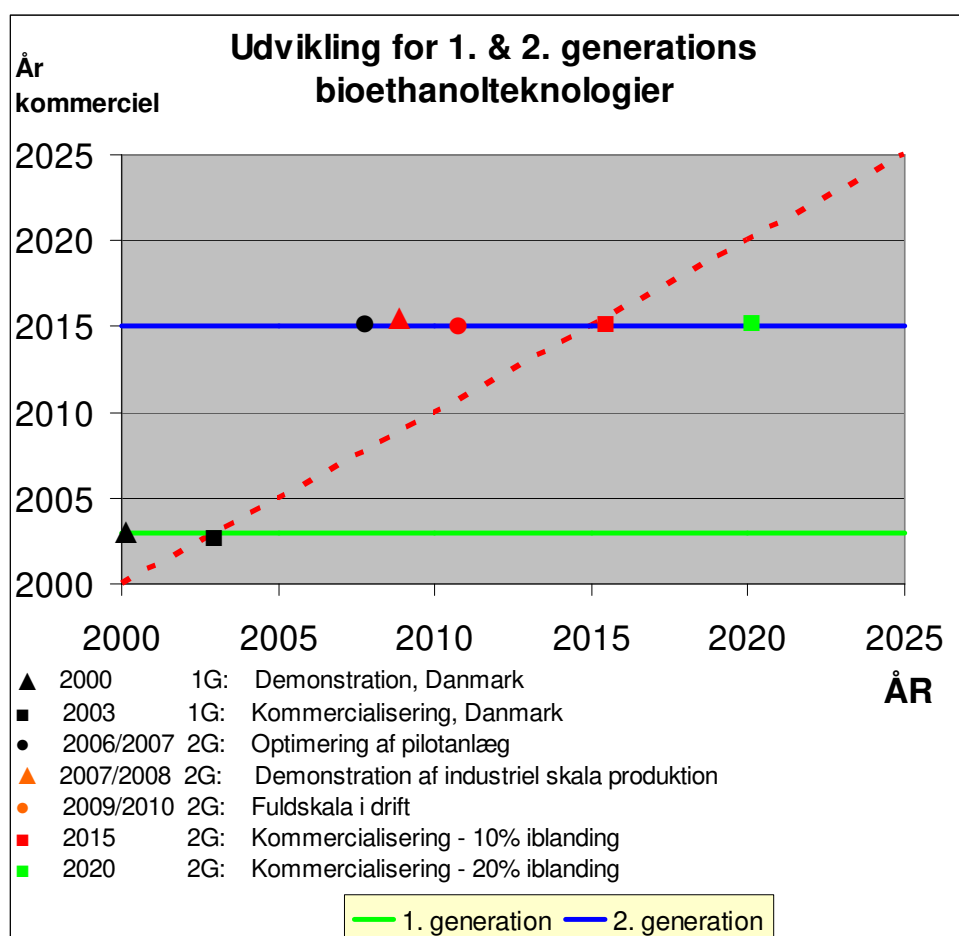
- **Energiteknologisk Udviklings – og Demonstrationsprogram;**  
Transport – og Energiminister Flemming Hansen har i februar 2007 sendt et lovforslag i høring og et Energiteknologisk Udviklings – og Demonstrationsprogram (EUDP). Formålet med programmet er, at mindske kløften mellem forskningen og demonstration – der ofte er blevet fremhævet som problematisk. EUDP skal erstatte Energiforskningsprogrammet (EFP), som bestyres af Energistyrelsen. Programmet skal som hovedregel give støtte til etablering af pilotanlæg og gennemførelse af demonstrationsprojekter, men også forskningsaktiviteter i forbindelse med procesoptimering fra laboratoriet til fuld-skala anlæg.  
I bemærkningerne til lovforslaget har Regeringen peget på, at blandt andet 2. generations biobrændstoffer til transport og anden anvendelse af biomasse, vil være et indsatsområde med særlig interesse for EUDP. I løbet af sommeren 2007 kommer der et udbud om EFP/EUDP midlerne, som kan søges gennem Energistyrelsen.
- Regeringen har i 2006 afsat 200 millioner kroner til demonstration af 2. generations-biobrændstoffer i årene 2007-2010.
- EU's 7. rammeprogram. Rammeprogrammet råder over 380 milliarder kroner, hvorunder energiområdet har 1,75 milliarder kroner, der skal afsættes i perioden 2007-2013. Støtten bliver givet til forskellige prioriterede temaer indenfor energiområdet, herunder 'vedvarende energi til brændstof'. Da rammeprogrammet foregår i EU regi, er der krav om europæisk samarbejde i de projekter der søges om midler til – dvs. i tilfældet med Københavns Kommune kunne eksemplet være at en strategi og projektidé omkring biobrændstoffer der udmøntes i flere lande.  
Ansøgningsfristen for at søge midler til demonstrationsprojekter er d. 28. juni 2007 – et af indsatsområderne i denne udbudsrunde er demonstrationsprojekter omkring 2. generations biobrændstoffer. Finansieringen fra EU vil typisk udgøre mellem 30-50 % af de samlede projektomkostninger.  
Eurocenter er den danske formidler af rammeprogrammet der giver information om udbud mm.

Forventet udvikling af bioethanol teknologierne

Teknologien til produktion af 1. generations bioethanol er fuldt udviklet og fungerer i kommerciel skala primært i udlandet. Der finder endnu ikke en kommerciel produktion af 2. generations bioethanol sted. Danmark er i front på området med flere markante forsknings- og udviklingsprojekter, men der er fortsat behov for yderligere forskning, udvikling, optimering og demonstration før teknologien er kommerciel.

Følgende 2. generationsprojekter er under udvikling i Danmark;

IBUS	halm og restprodukter	2008-2010
MAXI Fuel / Biogasol	halm, våd biomasse mm	2009+
Renescience	affald på Amagerforbrænding	2008+



Figur 19: Oversigt over forventet udvikling af bioethanol teknologi (1. og 2. generation)

Figuren viser udviklingstendenser for 1. og 2. generations bioethanol teknologier, og hvornår disse forventes at være kommercielle. 1. generations produktion af bioethanol foregår allerede kommercielt i udlandet, mens det i Danmark er blevet kommercielt indenfor de seneste år. 2. generations bioethanol produktion forventes derimod først at være fuldt kommercielt i 2020 og gennemgå en modning af teknologien (pilot, demonstration, fuldskala samt kommerciel produktion svarende til 10 henholdsvis 20 pct. iblanding)

Oversigt over positive og negative egenskaber ved bioethanol

<b>Positive egenskaber i forhold til benzin</b>	<b>Hvilket indebærer:</b>
Lavere emission af skadelige stoffer ved forbrænding	Emissionen af partikler, benzen og formaldehyd vil afhængig af iblandingen reduceres
Er biobaseret	Lavere CO <sub>2</sub> -emission
CO <sub>2</sub> emissioner kan hurtigt nedbringes	Bioethanol kan umiddelbart iblandes benzin i lave koncentration og anvendes i de fleste køretøjer
Miljømæssig signalværdi ved brug af bioethanol som brændstof	Ved succesfuld introduktion kan efterspørgslen efter bioethanol stige og brede sig til resten af befolkningen
<b>Negative egenskaber i forhold til benzin</b>	<b>Hvilket indebærer:</b>
Øget efterspørgsel kan have konsekvenser for økosystemerne	Øget efterspørgsel kan dog også forringe biodiversiteten og fødevarer sikkerheden
Omstilling af eksisterende distributionssystem	Omkostningsfuld omstilling af det nuværende distributionssystem er nødvendig
Højt damptryk	Vil give anledning til øget fordampning af kulbrinter
Højere emission af skadelige stoffer ved forbrænding	Emissionen af acetaldehyd vil afhængig af iblandingen øges
Dårlig smøre evne	Øget slid i motoren, og kan forårsage rustdannelse på metaller i motoren
Lavere energiindhold pr. liter (30 % i forhold til benzin)	Bilerne kører færre km. pr. liter

[[www.oil-forum.dk](http://www.oil-forum.dk)]

### 3. BIODIESEL

Biodiesel er fællesbetegnelsen for FAME (Fatty Acid Methyl Esters - Fedt Syre Methyl Ester), der produceres ud fra vegetabiliske eller animalske olier. Biodiesel kan iblandes fossilt produceret dieselolie i forskellige koncentrationer og bruges som brændstof til dieseldrevne køretøjer. Mængden af biodiesel der må blandes i fossil diesel begrænses dog af standarden EN590, der tillader et maksimalt indhold på 5 %, hvis garantien på køretøjerne skal gælde (alle producenter har således accepteret iblandingen på op til 5 %).

Principielt kan alle dieseldrevne køretøjer køre på blandinger af biodiesel og fossil diesel såvel som på 100 % ren biodiesel (dette gælder dog primært større motorer). Nogle producenter fraråder dog brugen af 100 % biodiesel, men anbefaler en iblanding på op til 30 %.

Ændringer af køretøjerne er ikke nødvendigvis et krav, i modsætning til ved brug af bioethanol som alternativt brændstof. Det der kan sætte begrænsninger i dieseldrevne køretøjer er biodieselens opløsende effekt, som kan påvirke nogle gummi- og plastmaterialer i brændstofssystemet. Derfor fremstilles nogle køretøjer i en biodiesel version, der således er indrettet til dette brændstof [Teknologirådet: 18]. Derfor er det centralt at få garanti fra køretøjsfabrikanterne i forbindelse med introduktion af biodiesel.

Biodiesel har bedre smøreegenskaber end fossil diesel og vil derfor reducere sliddet på motoren samt et højere antændelsespunkt der kan forbedre sikkerheden ved håndtering af biodiesel som brændstof.

På den anden side har biodiesel også nogle negative egenskaber, der kan have andre konsekvenser for køreegenskaberne og emissioner – disse opsummeres sidst i afsnittet.

#### 3.1 Biodiesel 1. generation

1. generations biodiesel fremstilles på basis af vegetabiliske olier fra eksempelvis sojabønner, solsikkekerner og rapsfrø – sidstnævnte kaldes RME (rapsoliemethylester) som er den mest udbredte type biodiesel i Europa.

Ressourcegrundlaget i Danmark til produktion af 1. generations biodiesel, vurderes at være begrænset (ca. 10 PJ) på grund af begrænsede dyrkningsarealer, men kan muligvis øges ved udvikling af mere ydende rapssorter og en bedre udnyttelse af frøene.

#### Kommerciel udvikling og økonomi

Teknologien til fremstilling af 1. generations biodiesel er udviklet og fungerer i kommerciel skala. Teknologien kan optimeres i form af lavere energiforbrug i processen og bedre udnyttelse af ressourcerne.

Produktionsprisen på 1. generations biodiesel (raps) blev i 2006 vurderet til 4 kr./liter (omregnet til dieselækvivalenter) og handelsprisen til 5,5 kr./liter.<sup>28</sup> Til handelsprisen skal lægges en energifgift som er fastsat til 2,59 kr./liter<sup>29</sup> – dette giver salgsprisen. Salgsprisen på 1. generation biodiesel er på nuværende tidspunkt lavere end dieselpriisen og 1. generation biodiesel er derfor konkurrencedygtig. Ved salg af biodiesel fra tankstationerne, vil der dog blive tillagt en yderligere omkostning, således at olieselskaberne opnår en avance<sup>30</sup> ved salg, og den reelle salgspris er derfor ikke konkurrencedygtig.

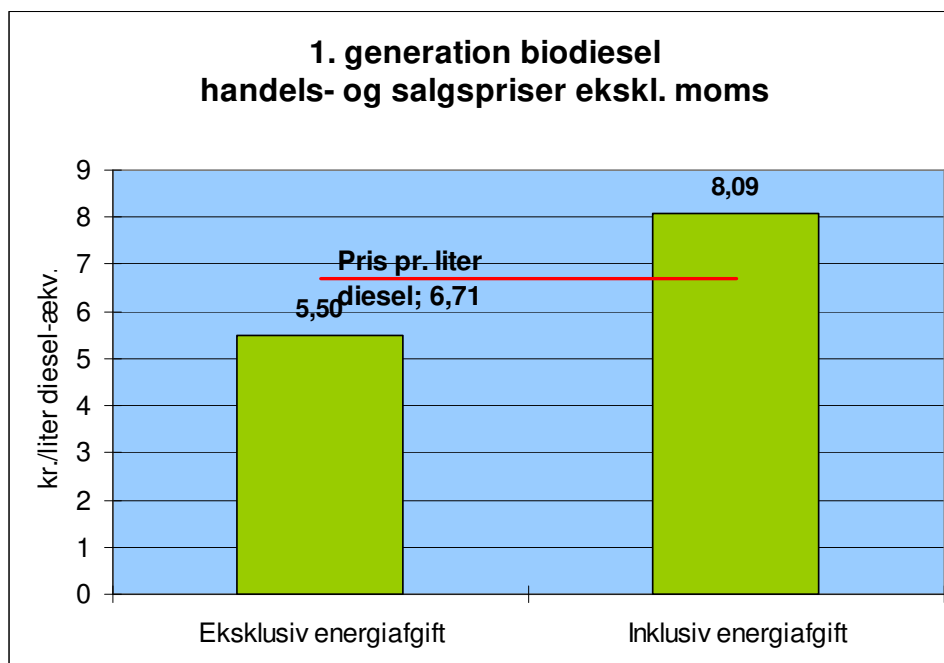
<sup>28</sup> Energiindholdet i biodiesel er lidt lavere end i diesel og prisen er derfor beregnet på baggrund af den mængde biodiesel der kræves til erstatning af den samme mængde diesel.

<sup>29</sup> Energiavgiften er korrigeret for energiindhold i biodiesel vs. benzin ~ 1,04

<sup>30</sup> Hvordan olieselskaberne fastsætter størrelsen af avancen vil ikke blive uddybet i denne redegørelse.



Grafen nedenfor viser en oversigt og priserne eksklusiv (handelspris) og inklusiv (salgspris) energiafgift – den røde linie illustrerer prisen på fossil diesel som er 6,71 kr. per liter eksklusiv moms (eller 8,39 kr./liter inklusiv moms)<sup>31</sup>:



Figur 20. Forventede produktions- og handelspriser for 1. generations biodiesel

#### Produktion af 1. generation biodiesel – eksisterende og kommende producenter

1. generation biodiesel fremstilles i Danmark af Emmelev A/S, der producerer omkring 60.000 tons 1. generation biodiesel årligt på basis af raps – størstedelen eksporteres.

#### Samlet energiregnskab "Well-to-Wheels"

Det fossile energiforbrug på anvendelse af RME (Raps Methyl Ester) opgøres til ca. 21 MJ<sub>10</sub>/100 km kørt, hvis overskydende glycerin anvendes som kemikalie eller ca. 31 MJ<sub>10</sub>/100 km kørt anvendes til dyrefoder. Dette svarer i drivhusgasemissioner til henholdsvis ca. 25 g CO<sub>2</sub>.eq/km og 34 g CO<sub>2</sub>.eq/km. (JRC, 2006)

Til sammenligning opgøres i Energistyrelsens "Dokumentationsberegninger for CO<sub>2</sub>-reduktionsomkostningen ved anvendelse af biodiesel – revideret udgave" at konventionel diesel udleder 2930 g CO<sub>2</sub>/liter i afbrænding og fremstilling, mens anvendelse af biodiesel fører til en reduktion af dette med 2066 g CO<sub>2</sub>/liter diesel-ækv. (Energistyrelsen, 2003) Hvis der regnes med en tilbagelagt distance på 17 km/liter diesel-ækv. svarer til en udledning på ca. 172 g CO<sub>2</sub>.eq/km for konventionel diesel og 51 g CO<sub>2</sub>.eq/km for biodiesel. Således er Energistyrelsens forventning til CO<sub>2</sub>-fortrængning ved brug af rapsbaseret biodiesel en anelse mindre end det europæiske Well-to-Wheels studie. Men den overordnede forventning til fortrængning ligger grundlæggende i samme størrelsesorden.

Energiindholdet i biodiesel er en smule lavere (ca. 4 %) end i almindelig diesel, hvorfor aktionsradiussen bliver reduceret lidt, *med mindre* at tankvolumen øges. Det lavere energiindhold medfører således en mindre stigning i brændstofomkostninger.

<sup>31</sup> [www.oil-forum.dk](http://www.oil-forum.dk) 26 marts 2007



### Miljøpåvirkning

Det miljømæssige potentiale set i forhold til CO<sub>2</sub> fortrængning er stort – CO<sub>2</sub> udledningerne kan reduceres med 70 %. Ved erstatning af 1 liter fossil diesel med 1. generation biodiesel er CO<sub>2</sub> besparelsen ca. 2 kg CO<sub>2</sub>/ liter fossil diesel.

### Luftforurening; partikler, NO<sub>x</sub>, Støj

Fossil diesel er underlagt en række regler (indhold af svovl, emissionskrav), og der er derfor ingen særlig miljømæssig fordel ved at bruge biodiesel i stedet for fossil diesel. Tværtimod kan brug af biodiesel føre til højere NO<sub>x</sub> dannelse. Brug af biodiesel skal som følge af dette ses i sammenhæng med anvendelse af partikel- og DeNO<sub>x</sub> filtersystemer og andet efterbehandlingsudstyr, som i forvejen er monteret på dieselkøretøjer. Problemet er sandsynligvis heller ikke mærkbart ved lavere iblandings koncentrationer af biodiesel [Teknologirådet:20]. Der kan forekomme tilstopning af partikelfiltre ved anvendelse af større iblandinger af biodiesel (10-15-20 % eller mere). Problemet med biodiesel er, at biodiesel i modsætning til fossilt diesel, indeholder kaliumsalte og da kaliumsalte ikke kan afbrændes medfører dette større askedannelse i filteret og dermed også hurtigere tilstopning. Det betyder at der skal ske en hyppigere kontrol / service af filtrene for at undgå at dieselmotoren ødelægges. Hvis Københavns Kommune skal indgå i forsøg med biodiesel, vil det være en betingelse at det sker i samarbejde med filterproducenter samt opfølgende målinger af driftserfaringer og holdbarheden af filtrene.

I forhold til støj vil brugen af 1. generation biodiesel som brændstof ikke være anderledes end ved brug af fossile brændstoffer.

### Biodiversitet

Biodiversitetsproblematikken for 1. generation biodiesel er principielt den samme som for 1. generation bioethanol. Der kræves dog et større areal til dyrkning af ressourcer til 1. generation biodiesel hvis den samme energimængde skal opnås, hvilket kan indebære en større miljøpåvirkning.

### Fødevarerikkerhed

Fødevarerikkerhedsproblematikken for 1. generations biodiesel er principielt den samme som for 1. generations bioethanol. Såfremt en større andel af landbrudsarealerne i Danmark anvendes til dyrkning af biobrændstoffer kan dette betyde en øget import af fødevarer, med en reduceret fødevarerikkerhed til følge.

### Mulighed for introduktion og anvendelse i København fra 2008

Biodiesel kan indenfor en kort periode introduceres og anvendes i København. Ved højere iblandings koncentrationer vil det være nødvendigt, at der stilles en garanti fra producenterne på de relevante køretøjer eller at der indgås en særlig aftale.

### Erfaring fra andre lande

Tyskland er Europas største producent og forbruger af biobrændstoffer, hvoraf en stor andel er biodiesel brugt som B5 iblanding, men også som B100.

Flere flådeejere (fx busselskaber og transportfirmaer) i Tyskland anvender 100 % biodiesel i deres køretøjer og har gode erfaringer med dette.

Tyskland har afprøvet biodiesel i landbrugsmaskiner med et positivt resultat. Maskinerne skal ændres i mindre grad for at opnå stabilitet i driften, samtidig med at biodieselen skal have en vis kvalitet.

### Støttmuligheder

Dette punkt gennemgås i forlængelse af 2. generation biodiesel.

### 3.2 Biodiesel 2. generation

2. generation biodiesel produceres på basis af animalske olier fra eksempelvis kødaffald, fedt og lignende. Dernæst kan fremstilles diverse syntetiske biodiesel-produkter fx gennem forgasning af affaldstræ. De syntetiske produkter er dog meget energikrævende at fremstille.

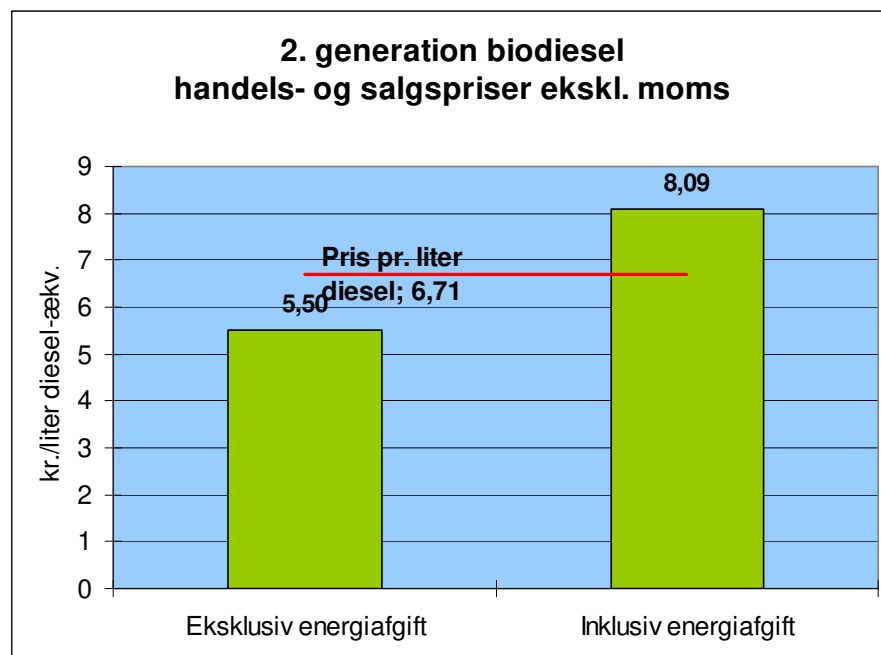
Ressourcegrundlaget i Danmark til produktion af 2. generations biodiesel vurderes at være lille (ca. 4 PJ), men kan eventuelt udvides ved brug af yderligere restprodukter fra industrien. Visse af ressourcerne fra industrien, der potentielt kan anvendes til biodiesel, fx visse typer industrielt fedt kan dog også bruges som booster i biogasanlæg. Derfor kan der indtræffe ressourceknaphed for produktion af 2. generations biodiesel.

#### Kommerciel udvikling og økonomi

Teknologien til fremstilling af 2. generations biodiesel er på et udviklingsstadium som kan bruges kommercielt. Produktionen af animalsk biodiesel er dog mere kompliceret end produktion af vegetabilsk biodiesel på grund af den forbehandling der i visse tilfælde kræves ved animalsk fedt. Derudover er der stadig uløste problemer med biprodukterne / restprodukterne ved processen – primært på grund af restriktioner omkring hvad disse restprodukter må bruges til. Eksempelvis må den glycerin som dannes under fremstillingen af biodiesel ikke anvendes som råvare i den kemiske industri eller bruges i biogasanlæg – den skal forbrændes bl.a. følge af veterinære krav for at undgå BSE.

Produktionsprisen på 2. generations biodiesel er ca. 10 % højere end for 1. generation biodiesel – den blev i 2006 vurderet til 4,40 kr./liter (omregnet til dieselækvivalenter) og der regnes med en handelspris på 5,50 kr./liter. Til handelsprisen skal lægges en energifgift som er fastsat til 2,59 kr./liter – dette giver salgsprisen. Den forventede salgspris på 2. generation biodiesel er på nuværende tidspunkt lavere end prisen på fossil diesel og 2. generation biodiesel er derfor konkurrencedygtigt.

Grafen nedenfor viser en oversigt og priserne eksklusiv (produktionspris) og inklusiv (salgspris) energifgift – den røde linie illustrerer prisen på fossil diesel som er 6,71 kr. per liter eksklusiv moms (eller 8,39 kr./liter inklusiv moms)



Figur 21. Forventede produktions- og handelspriser for 2. generations biodiesel

Produktion af 2. generation biodiesel – eksisterende og kommende producenter  
DAKA A/S opfører en fabrik der skal producere 2. generations biodiesel ud fra animalske restprodukter.

#### **Produktion af 2. generation biodiesel**

Restprodukter fra kødindustrien, der på grund af mulig smitterisiko fra BSE, ikke må indgå i fødekæden igen, kan bruges til produktion af biodiesel.

Processen til fremstilling af den animalske biodiesel er forholdsvis simpel og velkendt, men der er stadig dele af processen som kan optimeres. Udover den biodiesel der skal produceres ud fra de animalske restprodukter, er planen også, at udvikle, optimere og afprøve en teknologi til behandling af våd biomasse – og herudfra fremstille biodiesel. Denne teknologi har yderligere perspektiver i forhold til produktionspotentialet, i og med, at den kan anvendes på spildevandsslam og husdyrgødning.

Potentialet i brugen af biodiesel i Danmark fremstillet på basis af animalsk fedt og spildevandsslam, vurderes at kunne dække omkring 8 % af det samlede dieselforbrug – og potentialet stiger yderligere ved kombination med vegetabilsk produceret biodiesel.

Bag projektet er andelsselskabet DAKA (der repræsenterer størstedelen af den danske og svenske kødindustri), Grundfos, OK benzin og Dinex Emission Technology der har dannet et konsortium, som sammen med DTU og DTI vil opføre biodieselanlægget. Anlægget forventes at stå færdigt i 2008 og er projekteret til en kapacitet på 50.000 tons om året

Projektet er finansieret af Rådet for Teknologi og Innovation samt af de involverede parter.

[Ingeniøren 19. juni 2006 og 22. februar 2007; [www.teknologisk.dk/energi/20579](http://www.teknologisk.dk/energi/20579)]

Udover DAKA's projekt, har Grundfos planer om produktion af 2. generation biodiesel på basis af spildevandsslam – tidshorisonten for dette projekt vurderes at være 2007+.

#### Samlet energiregnskab "Well-to-Wheels"

Der findes flere forskellige 2. generationsprodukter indenfor biodiesel. En temmelig energikrævende proces er fremstillingen af syntetisk diesel via forgasning af biomasse, fx affaldstræ. Anvendelse af syntetisk diesel baseret på affaldstræ anslås til at udgøre ca. 340 MJ/100 km kørt eller omkring 66 % mere energi end brugen af konventionel diesel med både fossil og vedvarende energi inkluderet. Da langt det meste af energiforbruget i produktionen også er biomasse giver det kun en drivhusgasemission på ca. 8 g CO<sub>2</sub>.eq/km.

I 2007 åbner DAKA produktion af 2. generations biodiesel på industrielt fedt og andre restprodukter fra slagteriindustrien. Produktionsdata er indtil videre fortrolige, men det hævdes at anlægget kan producere biodiesel med meget lav CO<sub>2</sub>-udledning.

Energiudbyttet ved brugen af 2. generations biodiesel er det samme som ved 1. generation biodiesel.

### Miljøpåvirkning

Det miljømæssige potentiale set i forhold til CO<sub>2</sub> fortrængning er stort – CO<sub>2</sub> udledningerne kan reduceres med 90 %. Til forskel for 1. generations biodiesel er energiforbruget i produktionsprocessen mindre ved 2. generations biodiesel – således også et højere fortrængningspotentiale.

### Luftforurening; partikler, NO<sub>2</sub>, Støj

Det samme som ved 1. generation biodiesel.

### Biodiversitet & Fødevarerikkerhed

Biodiversitet og fødevarerikkerhed er ikke så relevant i forhold til 2. generation biodiesel, da ressourcerne som bruges i produktionen er affalds- og restprodukter mm., og vil derfor ikke påvirke fødevarergrundlaget eller dyrkningen af landbrugsarealer.

### Mulighed for introduktion og anvendelse i København fra 2008

Mulighederne for introduktion og anvendelse af 2. generation af danskproduceret biodiesel i den nærmeste fremtid afhænger af teknologiudviklingen. Teknologien er ved at være kommerciel og der kan produceres biodiesel allerede fra 2008.

Hvis DAKA og Grundfos' projekter forløber som planlagt, kan biodiesel muligvis leveres herfra i 2008.

### Erfaring fra andre lande

1. generation biodiesel er afprøvet i Tyskland.

### Støttmuligheder

Der kan opnås støtte til afprøvning af biodiesel i afgrænsede flåder af fartøjer.

Færdselsstyrelsen står for administration af tilskud på i alt 60 millioner kr. ligeligt fordelt på årene 2007, 2008 og 2009. Midlerne er øremærket til forsøg med biodiesel i afgrænsede 'flåder'.

Bevillingen af midlerne fandt sted 10. januar 2006 og Færdselsstyrelsen forventer i løbet af foråret 2007 at afholde et åbent udbud. Det er hensigten at forskellige typer af biodiesel afprøves, og gerne på forskellige typer af afgrænsede flåder. Færdselsstyrelsen kan forventes at lægge vægt på følgende kriterier:

- Forskellige typer af biodiesel (RME, DAKA og andre)
- Afgrænsede flåder af en vis størrelse (eksempelvis kunne Movia være en relevant partner)
- Selvfinansieringsgrad (jo mere selvfinansiering jo bedre)
- Konsortium etableret:
- Projektmagere
- Operatører af flåder af køretøjer
- Køretøjsfabrikanter
- Teknologivurdering (motorer, filtre etc.)

OK Benzin har tidligere rettet henvendelse til Energistyrelsen/Færdselsstyrelsen, og det bør overvejes at knytte en tættere forbindelse med henblik på mulig afprøvning i køretøjer i København.<sup>32</sup>

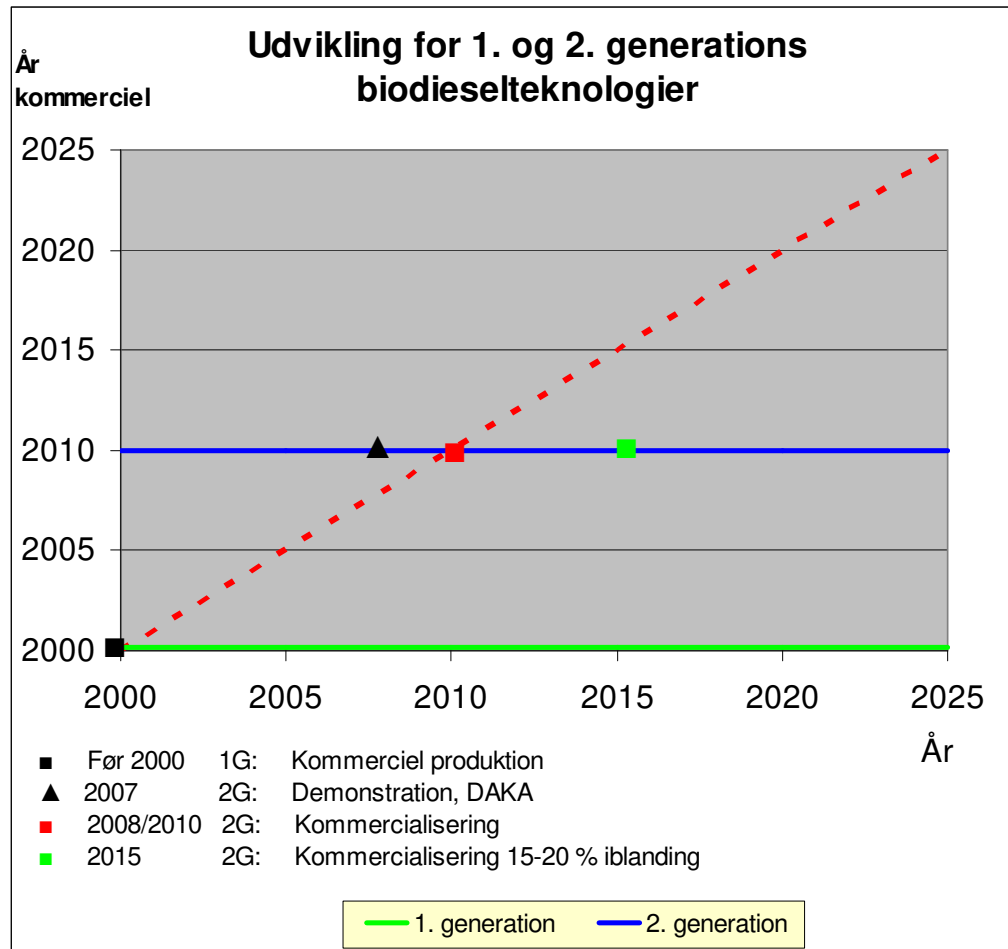
<sup>32</sup> Mulighed for at benytte DAKA biodiesel i køretøjer i København har været diskuteret med sekretariatschef Svend Lykkemark. Endvidere har der været kontakt med en anden partner i DAKA konsortiet vedr. biobrændstoffer, Frank Elefsen, Teknologisk Institut.

Forventet udvikling af biodiesel teknologierne

Teknologien til produktion af 1. generations biodiesel er udviklet og fungerer i kommerciel skala. Danmark eksporterer hovedparten af den producerede biodiesel til Tyskland, hvor mere favorable afgifter på biobrændstoffer har skabt et stort marked. Der er ved at blive etableret en fabrik til produktion af biodiesel baseret på animalske restprodukter. Følgende 2.

generationsprojekter er under udvikling i Danmark;

DAKA	restprodukt fra kødindustri	2008
Grundfos	spildevandsslam	2007+



Figur 22: Oversigt over forventet udvikling af biodiesel teknologi (1. og 2. generation)

Figuren viser at 1. generationsproduktion af biodiesel allerede er fuld kommerciel (dog men en uhyre begrænset afsætning i Danmark), mens der vil foregå produktion af 2. generations biodiesel på demonstrationsbasis fra 2007 og kommerciel produktion senest fra 2010 og med en kapacitet til 15-20 pct. iblanding fra 2015.

Oversigt over positive og negative egenskaber ved biodiesel

<b>Positive egenskaber i forhold til diesel:</b>	<b>Hvilket indebærer:</b>
Højere antændelsespunkt	Forbedrer sikkerheden ved håndteringen af brændstoffet
Højere cetantal	Forbedrer tændingen, og reducerer motorbanken
Er biobaseret	Lavere CO <sub>2</sub> -emission
Højere smøreevne	Reducerer slid i motoren
Miljømæssig signalværdi ved brug af biodiesel som brændstof	Ved succesfuld introduktion kan efterspørgslen efter biodiesel stige og brede sig til resten af befolkningen – med øget CO <sub>2</sub> reduktion til følge
<b>Negative egenskaber i forhold til diesel</b>	<b>Hvilket indebærer</b>
Øget efterspørgsel	Øget efterspørgsel kan dog også forringe biodiversiteten
Mere tyktflydende	Kan give problemer med at opnå den optimale forstøvning af brændstoffet i indsprøjtningssystemet
Dårlige kuldeegenskaber	Vil ved lave temperaturer blive mere tyktflydende end diesel, og kan derfor give startproblemer
Dårlig stabilitet ved iltning	Hvis FAME er i kontakt med luften i længere tid, vil FAME blive harsk og uklar, med dårligere brændstoftekniske egenskaber til følge. Kan føre til skade på motoren.
Lavere energiindhold pr. liter	Bilerne kører færre km. pr. liter, og der skal transporteres mere brændstof

[ [www.oil-forum.dk](http://www.oil-forum.dk) ]

#### 4. **BIOGAS**

Denne redegørelse afgrænser sig fra at behandle biogas som alternativt brændstof til Kommunens køretøjer. Begrundelsen herfor er, at oparbejdningen af biogas til naturgaskvalitet er meget energikrævende, og anvendelse af biogas i lokale kraftvarmesystemer vil være mere effektivt, ud fra en betragtning om energisystemeffektivitet og økonomi. Nedenfor følger dog en kort gennemgang af biogas og potentialet heri som alternativt biobrændstof.

Biogas består af CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S og kan fremstilles ved afgangning af gylle, slam eller lignende. Biogas kan raffineres til en kvalitet der kan bruges som brændstof i særlige motorer.

##### Potentiale

Produktionspotentialet i Danmark til biogas vurderes at være stort (35 PJ) og kan realiseres ved udbygning med biogasanlæg. Hvis udbygningen realiseres vil det svare til at 25 % af transportsektorens energiforbrug i 2012 vil kunne dækkes med biogas.

##### Biogas – et 2. generations biobrændstof

Biogas er et 2. generations biobrændstof, da det fremstilles af restprodukter fra landsbrug, husholdninger og lignende. Biogas kan ved raffinering opgraderes til et brændstof som kan bruges i benzinmotorer. Hvis biogas skal bruges som brændstof er en ombygning af motoren dog nødvendig og denne skal også forsynes med en tryktank.

##### Officiel dansk politik på området

I Danmark bruges alt den producerede biogas til el og varme produktion og der vil derfor være behov for etablering af nye anlæg, hvis produktionen af biogas også skal bruges som drivmiddel i transportsektoren.

##### Kommerciel udvikling og økonomi

Teknologien til fremstilling af biogas er kommercielt udviklet og har været brugt gennem mange år – der foregår dog stadig forskning og udvikling på området for yderligere at billiggøre og effektivisere anlæggene.

Produktionsprisen på biogas blev i 2006 vurderet til at være 4 kr./liter (omregnet til fossil ækvivalent)

##### Miljøpåvirkning

Det miljømæssige potentiale i biogas, set i forhold til CO<sub>2</sub> fortrængning, er meget stort. Hovedbestanddelen i biogas er metan, som fjernes ved afgangning af eksempelvis gylle der ellers ville være bragt ud på markerne og udledt til luften. Dette medfører et væsentligt CO<sub>2</sub> reduktionspotentiale ved brug af biogassen som brændstof – CO<sub>2</sub> emissionerne kan reduceres med op til 160 %, hvis benzin eller diesel erstattes med biogas. Den afgassede gylle vil også lettere kunne optages af planterne på marken – og dermed reduceres risikoen for afvaskning af næringsstoffer, der kan have negative effekter på det lokale vandmiljø i form af uønsket algeopblomstring og på grundvandet i form af forringet drikkevandskvalitet.

##### Luftforurening; partikler, NO<sub>2</sub>, Støj

Biogas som brændstof giver en udstødning der ligger langt under ældre benzin- og dieseldrevne køretøjer, og vil derfor give mindre luftforurening ved brug i Københavns Kommune.



### Biodiversitet & fødevarer sikkerhed

Biodiversitet og fødevarer sikkerhed er ikke relevant i forhold til biogas, da ressourcerne til produktionen ikke vil have indflydelse eller bruges som fødevarer. I det tilfælde, hvor biomasse produktionen udvides til yderligere biogas produktion, kan det komme til at få mindre indflydelse på biodiversiteten – det er dog usandsynligt.

### Mulighed for introduktion og anvendelse i København fra 2008

Biogas kan introduceres som alternativt brændstof i Københavns Kommune, men en del ændringer vil være påkrævet for implementeringen. Blandt andet skal der investeres i særlige køretøjer og distributionssystemet skal indrettes til at kunne håndtere gassen. Sidstnævnte kan være forbundet med væsentlige omkostninger, da der både skal etableres raffinering- og tankningsfaciliteter. Da biogas er en gas, skal den opbevares under tryk eller på flydende form, hvilket besværliggør distribueringen yderligere.

#### **Produktion af biogas i Danmark**

I 1980'erne og 90'erne skete der i kraft af en intensiv satsning på biogas, en væsentlig udbygning med biogasanlæg, hvor formålet var fremstilling af biogas til efterfølgende elproduktion. I 1998 gik udviklingen dog i stå, da det opstod tvivl omkring afregning af elprisen for den producerede el.

I dag er der igen kommet en smule gang i udbygningen med biogasanlæg og i 2006 påbegyndtes etableringen af et biogasanlæg i Foulum, som vil stå klar i midten af 2007. Anlægget, som vil være verdens største af sin slags, skal fungere som forskningsbiogasanlæg.

Biogasanlægget skal ud fra tilført biomasse og husdyrgødning fra omlandet omkring anlægget, producere 850.000 m<sup>3</sup> om året, hvilket kan dække 800 enfamiliehusenes elforbrug og 200 huses varmebehov.

Projektet er ledet af Danmarks Jordbrugsforskning – derudover deltager DTU, Ingeniørhøjskolen i Århus og Agro Business Park i projektet.

#### **Fremtidig udbygning med biogasanlæg**

Regeringens nyeste energiudspil fra 2007 for den fremtidige danske energipolitik, lægger vægt på en udbygning af den vedvarende energi i Danmark frem til 2025, hvor 30 % af energiforbruget skal baseres på vedvarende energi. Denne målsætning skal blandt andet realiseres ved en tredobling af udnyttelsen af biogas – således skal der etableres 50 nye store biogasanlæg. Udbygningen med biogasproduktion skal desuden bidrage til at reducere forbruget af fossile brændsler og udslippet af metan jf. afgangning af gylle samt løse et affaldsproblem for landbruget.

[Morgendagens transportbrændstoffer: 32,33; Ingeniøren 07-02-06, Biogassen får sin egen prøvestation; Transport- og Energiministeriet, En visionær dansk energipolitik.]

### Erfaring fra andre lande

Biogas er i flere lande meget udbredt som brændstof til køretøjer f.eks. Italien, Argentina og Sverige. I Sverige kører omkring 10.000 biler på biogas og naturgas, der kan tankes på omkring 62 tankstationer rundt om i Sverige.

### Støttemuligheder

I kraft af Danmarks udnyttelse af biogas til kraftvarmeproduktion, kan der ikke opnås støttemuligheder til biogasprojekter i transportsektoren. Det er usikkert om der kan opnås støtte fra EU.

## BRINT, BATTERI OG HYBRID

### 5. TEKNOLOGI OG MILJØVURDERING

Dette afsnit belyser det teknologiske stade og miljømæssige potentialer indenfor anvendelsen af brint og batterier til transport.

#### 5.1 Teknologiernes virkemåde og principper

##### Elektriske brint og batteri køretøjer

Køretøjer baseret på brint og batterier til fremdrift er alle elektrisk drevne hvor forskellen mellem teknologierne er måden hvorpå elektricitet lagres og frembringes ombord på køretøjet.

Generelt skelnes der mellem tre varianter af elektriske køretøjer som vist i tabellen nedenfor.

	Virkemåde	Fordele	Ulemper
<b>Batteri elektriske</b>	Strøm lagres i batterier ombord på køretøjet og frigives direkte til elmotoren	Høj effektivitet Opsamling af bremse energi	Kort aktionsradius Lang opladning Høj vægt
<b>Brint elektriske</b>	Hydrogen lagres ombord på køretøjet og omdannes til strøm i en brændselscelle	Lang aktionsradius Hurtig optankning	Ny og dyr teknologi Lavere effektivitet
<b>Hybrid elektriske</b>	Strømproduktionen ombord på køretøjet sker i en kombination af brint og batterier	Kombinerer fordele fra brint og batterier	Ny og dyr teknologi

Tabel 8. Varianter af elektrisk drevne køretøjer

Som det ses har de tre varianter hver deres fordele og anvendes derfor også i forskellige typer køretøjer, dog er der på internationalt plan en klar tendens hen imod øget brug af hybrid elektriske køretøjer dvs. en kombination af batterier og brint.

Rationalet for denne kombineret er at disse forskellige egenskaber supplerer hinanden på optimal vis og derved kan muliggøre anvendelsen af eldrevne køretøjer til transport. Brint drevne brændselsceller kan give en lang aktionsradius og hurtig optankning i lighed med benzin biler mens batterier kan sikre høj effektivitet, opsamling af bremseenergi og forsyne energi til accelerationer mens brændselscellen kan nøjes med at køre på en basis belastning. Forbrændingsmotorer hybridkøretøjer kan være et tidligt og omkostningseffektivt alternativ til brændselscelle hybridkøretøjer, dvs. brint kan anvendes som brændstof i en konventionel forbrændingsmotor der er modificeret hertil. Brint hybrid køretøjer med forbrændingsmotorer og batterier er således væsentligt billigere p.t. end brændselscelle køretøjer om end de ikke er lige så effektive og lydløse.

##### Elektriciteten til køretøjerne og balanceringen af vedvarende energi

Brint og batterier er ikke energikilder i sig selv men blot teknologier der kan fungere som energibærere af elektricitet i transportsektoren. Batterierne kan oplades ved at koble dem til stikkontakten mens brint kan produceres ved at bruge elektricitet til at spalte vand.

Elektriciteten til batterierne og brinten kan være baseret både på vedvarende energi og fossile energikilder alt afhængig af det elektricitetsmix der er tilgængelig i elnettet.

Det "nye" og interessante er at brint og batterier i kombination kan gøre det muligt at anvende elektricitet i transportsektoren hvilket ikke tidligere har været muligt i tilstrækkeligt omfang.

I elsektoren er det især strømproducerende og meget fluktuerende vedvarende energikilder såsom sol, vind og bølger som i dag, og forsat i fremtiden, kan supplere og på sigt udfase de fossile energikilder. Netop derfor er det en større og større udfordring fortsat at opretholde en stabil produktion af elektricitet fordi en større del af produktionskapaciteten baseres på fluktuerende vedvarende energi. Der er behov for teknologi der kan lagre elektriciteten i perioder med overskud til perioder med underskud af vedvarende energi. Batterier og brint og en anvendelse af elektricitet til transportsektoren kan fungere som dette manglende energilager.

Så rationalet for at anvende brint og/eller batterier til transport er at muliggøre anvendelse af elektricitet til transport, baseret på vedvarende energikilder hvor brint og batterierne kan være med til at sikre balance i elnettet uanset de fluktuerende energi input.

#### Brint en bred energibærer med forskellige konverteringsteknologier

Hvad angår brinten kan denne også produceres ud fra andre kilder end elektricitet bl.a. naturgas, kul og biomasse. Hovedparten af verdens brintproduktion sker i dag på naturgas som er langt den billigste produktionsmetode, som derfor også vil blive anvendt i en overgangsfase indtil brintproduktion baseret på vedvarende energi bliver billigere.

Som nævnt tidligere kan brint omdannes til elektricitet i brændselsceller, men da det er en gas kan den også anvendes som et brændstof i modificerede konventionelle forbrændingsmotorer. Anvendelsen af brint i forbrændingsmotorer anses primært kun som en billig overgangsløsning indtil brændselscellerne kommer ned i pris, da konverteringseffektiviteten er væsentlig lavere i motoren end i brændselscellen.

## **5. 2 Teknologiernes forsyningssikkerheds potentiale**

Som nævnt er brint og batterier primært bærere af elektricitet og om der er nok energi til at sikre en fossil uafhængig og indenrigsbaseret forsyning til transport afhænger dels af:

- Danmarks muligheder for at producere elektricitet baseret på vedvarende energikilder
- Energibehovet til en transportsektor baseret på brint, batteri og hybridbiler

Der er p.t. 1,9 mio. personbiler i Danmark og energibehovet til dem afhænger dels af kørestøjsstørrelsen og naturligvis af om der anvendes batterier, brint eller en kombination heraf til fremdriften af køretøjerne.

Nedenfor er givet et case scenario for energibehovet til henholdsvis brint, batteri og hybrid biler i forskellige størrelser og med energiforsyning fra vindmøller.

Tallene nedenfor er baseret på tal fra det senere afsnit om brint og batteri teknologiernes energieffektivitet samt på vindmølle produktionsberegninger og priser fra Dansk Energi. Antallet af vindmøller tager ikke højde for balanceringsproblematikken dvs. at grundet de meget fluktuerende vindinput skal der sandsynligvis opstilles yderligere vindmøller for at sikre en tilstrækkelig stabil produktion. Det er vanskeligt at angive præcist hvor mange ekstra vindmøller der vil være behov for, da det afhænger af hvor gode balancerings og lagringsteknologier der etableres. Hvis hovedparten af personflåden baseres på enten brint, batterier eller en hybrid kombination heraf vil brintproduktionen og opladningen af batterier kunne bidrage med en stor grad af balancering og derved reducere behovet for produktionskapacitet. Hertil kommer muligheden for at balancere elnettet ved eksport og import af elektricitet, hvilket er løsningen som anvendes i dag.

*Case: batteri biler*

Hvis alle Danmarks 1,9 mio. personbiler skulle køre på strøm fra vindmøller vil det, kræve ca. 5 mio. MWh årligt hvis vi alle kører i små Toyota Aygo batteri bybiler (156 Wh/km) og ca. 8,5 mio. MWh (264 Wh/km) hvis vi kører i biler med en gennemsnitsstørrelse som i dag. De 5-8,5 mio. MWh svarer til årsproduktionen fra 600-1000 stk. 2MW vindmøller, dvs. 30-50 hav vindmølleparker på størrelsen med Middelgrundens vindmøllepark ud for København. Prisen for opstillingen af vindmøllerne vil andrage 14-24 mia. Kr. Med nye og større vindmøller i fremtiden vil antallet af nødvendige vindmøller kunne mere end halveres.

*Case: Brint biler*

Erstatning af Danmarks 1,9 mio. personbiler med Toyota Aygo brint biler (334 Wh/km) ville kræve ca. 10,6 mio. MWh årligt og ca. 18,1 MWh med en bil af en gennemsnitlig størrelse som i dag. For Toyota'ens vedkommende vil det kræve opstilling af 1300 stk. 2MW vindmøller (65 Middelgrundens vindmølleparker) og for den gennemsnitlige bil 2200 stk. vindmøller (111 Middelgrundens vindmølleparker)

*Case: Hybrid biler (batteri og brint)*

Hvis alle Danmarks 1,9 mio. personbiler blev erstattet med Toyota Aygo hybrid biler baseret på en kombination af brint og batterier (211 Wh/km) ville det kræve ca. 6,7 mio. MWh år årligt svarende til 800 stk. 2MW vindmøller eller 40 stk. Middelgrundens vindmølleparker.

### 5.3 Teknologiernes energieffektivitet

Hvad angår brint og batterier teknologiernes energieffektivitet sammenlignet med fossile brændsler er det vigtigt, at skelne mellem en række forskellige effektivitetsbetegnelser da der er tale om vidt forskellige teknologier og energikilder som ikke altid er direkte sammenlignelige. Der skeles i dette afsnit imellem følgende betegnelser:

- Well-to-Wheels i et makro perspektiv
- Grid-to-Wheels i et mikro perspektiv
  - o Grid-to-Tank
  - o Tank-to-Wheels

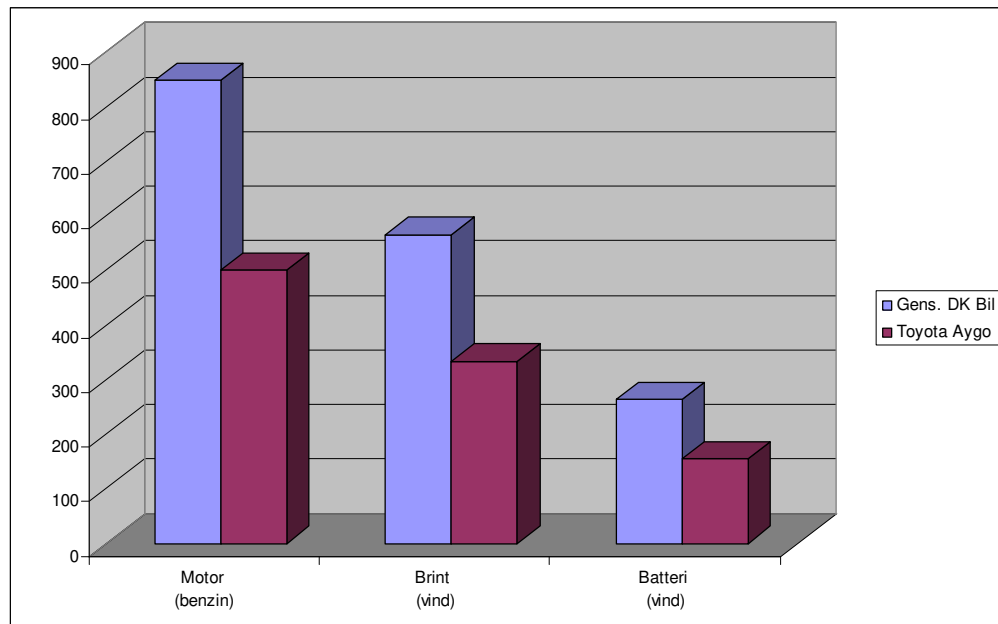
Well-to-Wheel i et makro perspektiv

Well-to-Wheel er en ofte anvendt betegnelse for at angive det samlede energiforbrug fra selve energikilden (well) frem til omdannelsen til fremdriftsenergi i køretøjet (Wheel). Tallet for enten energiforbrug eller effektivitet som man opnår ved en Well-to-Wheel beregning afhænger meget af hvordan energikæden fra Weel-to-Wheels er sammensat. Der findes derfor selvsagt rigtig mange løsninger da energikædernes teknologier og effektivitet varierer meget. De tal som er vist i det følgende skal derfor kun ses som en overordnet "macro" og gennemsnitlig angivelse af forskellen i energieffektiviteten mellem fossile brændsler, batterier og brint. Der findes mange specielle afarter af den well-to-wheels kæde der er beskrevet nedenfor.

	Forbrændingsmotor Benzin	Brint Vind	Batteri Vind
<b>Gennemsnitlig DK bil</b>	849 Wh/km	566 Wh/km	264 Wh/km
<b>Toyota Aygo</b>	501 Wh/km	334 Wh/km	156 Wh/km

**Tabel 9.** Energiforbrug målt i Wh/km Well-to-Wheels

Kilde: Beregninger baseret på Emmett ( 2007c) og Praëm ( 2007d)



Figur 23. Energiforbrug målt i Wh/km Well-to-Wheels

Der regnes på to typer biler, en bil der er udtryk for energiforbruget i en gennemsnitlig dansk personbil samt for en mindre personbil i form af en Toyota Aygo. Der regnes well-to-wheel for hvert af køretøjerne baseret på en benzin drevet forbrændingsmotor, batteri drevet elbil og brint drevet brændselscelle bil. Bemærk venligst at der ikke er beregnet på en hybrid bil der anvender både brint og batterier, denne vil være placeret ca. midt imellem den rene brint og rene batteri bil. Af tabellen og grafen ses det at brint bilen anvender ca. 2/3 (67 %) af den energi som motorversionen anvender, og at elbilen anvender ca. 1/3 (31 %) af den energi, som motorversionen anvender. Det skal oplyses at grundet stigende energiomkostninger til udvinding af olie som følge af mangeårig produktion fra mange oliebrønde er well-to-wheel tallet for "motor benzin" energikæden generelt stigende, mens tallet er faldende for især brint grundet teknologiudvikling der forbedrer energieffektiviteten.

#### Grid-to-Wheel i et mikro perspektiv

Well-to-wheels beregningerne i forrige afsnit er meget overordnede (macro) og repræsenterer et form for gennemsnit af de store forskelle i energikilder der kan lægge til grund for well-to-wheels beregningerne samt de store forskelle i energiteknologiernes effektivitet.

For at konkretisere beregningerne samt udspecificere dem på mere detaljerede energikæder introduceres et begreb kaldet Grid-to-Wheel. I dette begreb tages der ikke højde for energieffektiviteten eller teknologien i selve energifremstillingen men der ses udelukkende kun på energikæden efter fremstillingen af en given energi frem til 1) lagringen i tanken ombord på køretøjet (Grid-to-tank) og 2) på anvendelsen af energien ombord på køretøjet (tank-to-wheel). Introduktionen af Grid-to-Wheel opdelt i 1) Grid-to-Tank 2) Tank-Wheel) gør det lettere at specificere energiforbrug og energieffektivitets tal for specifikke energikæder med udvalgte teknologier i hvert led i den samlede energikæde.

I de følgende afsnit beskrives derfor Tank-to-Wheel og Grid-to-Tank beregninger for energikæder med forskellige teknologier indenfor batteri, brint og hybrider.

*Tank-to-Wheel*

Bil & brændstof	Tank-to-Wheel
<b>Benzin</b>	
Gennemsnitlig DK Bil (12,8 km/l)	688 Wh/km
Toyota Aygo benzin (21,7 km/l)	406 Wh/km
Toyota Prius Hybrid (23,3 km/l)	378 Wh/km
<b>Batteri</b>	
Tesla batteri (sportsvogn)	139 Wh/km
TH!NK batteri (bybil)	98 Wh/km
Toyota Aygo (teoretisk)	Ca. 120 Wh/km
<b>Brint</b>	
GM Sequel (fire-hjulstrækker)	556 Wh/km
Honda FCX (personvogn)	292 Wh/km
Toyota Aygo (teoretisk)	Ca. 228 Wh/km
<b>Hybrid (brint+batteri)</b>	
TH!NK	136 Wh/km
Toyota Aygo (teoretisk)	175 Wh/km
Ford Edge (fire-hjulstrækker)	505 Wh/km

Tabel 10. Tank-to-Wheel for energikæder indenfor batteri, brint og hybrider



*Grid-to-Tank*

<b>Energi tab der skal tilægges Tank-to-Wheel</b>		
<b>Elektricitet til batteri</b>	Tab i el transmissionsnettet	Ca. 10%
	Tab ved opladning	15%
<b>Elektrolyse H<sub>2</sub> Onsite</b> Tab i elnet, produktion og 700bar lagring	Tab i el transmissionsnettet	ca. 10 %
	Tab ved produktion	Uden varme anvendelse ca. 30% Med varme anvendelse ca. 10%
	Tab ved lagring	700 bars = ca. 12 % 350 bar = ca. 8 %
<b>Elektrolyse H<sub>2</sub> Central</b> Tab i elnet, produktion, distribution (tryk eller flydende transport), 700bar lagring	Tab i el transmissionsnettet	ca. 10 %
	Tab ved produktion	Uden varme anvendelse ca. 25% Med varme anvendelse ca. 7%
	Tab ved distribution	Flydende: Tab ca. 40% Tryk 200 bar, 100 km = ca. 6 % Tryk 350 bar, 100 km = ca. 8 % Tryk 700 bar, 100 km = ca. 13 %
	Tab ved lagring	350 bar = ca. 8 % 700 bars = ca. 12 %
<b>Naturgas H<sub>2</sub> onsite</b> Tab i gasdistribution, produktion (reformering lavere effektivitet end central), 700bar lagring	Tab i gas transmissionsnettet	600 km, ca. 1,2%
	Tab i produktion	Uden anvendelse af varme ca. 30% Med anvendelse af varme ca. 10%
	Tab i lagring	700 bars = ca. 12 % 350 bar = ca. 8 %
<b>Naturgas H<sub>2</sub> central</b> Gasdistribution, produktion (reformering), distribution (tryk eller flydende transport), 700bar lagring Total	Tab i gas transmissionsnettet	600 km, ca. 1,2%
	Tab i produktion	Uden anvendelse af varme ca. 10% Med anvendelse af varme ca. 5%
	Tab i distribution	Flydende: Tab ca. 40% Tryk 200 bar, 100 km = ca. 6 % Tryk 350 bar, 100 km = ca. 8 % Tryk 700 bar, 100 km = ca. 13 %
	Tab i lagring	350 bar = ca. 8 % 700 bars = ca. 12 %

Tabel 11. Grid-to-Tank for energikæder indenfor batteri, brint og hybrider

*Grid-to-Wheel overordnede betragtninger*

Ovenstående to skemaer gør det muligt at sammensætte adskillige forskellige energikæder indenfor henholdsvis brint, batteri og hybrid drevne elektriske køretøjer.

Overordnet set er batterikæden mest effektiv mens naturgas og elektrolyse kæden til brint er nogenlunde lige effektiv dog med elektrolyse baseret på vind som mindst forurenende hvad angår især udledning af CO<sub>2</sub>.



## 5.4 Teknologiernes miljø & klima påvirkning

### CO<sub>2</sub> udledning og klimapåvirkning

Eldrevne køretøjer baseret på brint, batterier eller hybrid udleder ingen CO<sub>2</sub> emission i lokalområdet men centraliserer i stedet CO<sub>2</sub> problematikken til det sted elektriciteten eller brinten produceres.

Såfremt den elektricitet der anvendes til opladning af batterierne og produktionen af brinten kommer fra vedvarende energikilder kan transporten siges at være CO<sub>2</sub> fri. Som nævnt tidligere vil elektriciteten altid være baseret på den til enhver tid værende elektricitets miks i elsektoren. Anvendelsen af eldrevne køretøjer fordrer derfor og muliggør en forsat udskiftning af CO<sub>2</sub> udledende fossile brændsler i elsektoren med vedvarende energikilder.

Energiregnskabet for hydrogen som brændstof i køretøjer er komplekst, da produktionsmetoderne og anvendelserne er mange. På baggrund af beregning foretaget af Grontmij | Carl Bro er i nedenstående tabel vist energiforbrug og drivhusgasemissionen (Well-to-Wheels) for visse af produktionsformerne præsenteret. Det er valgt udelukkende at præsentere resultater, hvor brinten anvendes i brændselsceller, da det vil være mere energieffektivt og miljøvenligt at anvende komprimeret naturgas end brint i eksplosionsmotorer. (JRC, 2006)

Produktionsteknologi og brintbil på brændselsceller	MJ/100 km	g CO <sub>2</sub> -eq/km
Kul, EU-mix, central reformering, rør distribution	~225	~220
Naturgas, 4000 km, central reformering, rør distribution	~160	~93
Naturgas, 4000 km, lokal reformering	~185	~105
Vind, central elektrolyse, rør distribution	~164	~15
Kul elektricitet, EU-mix, lokal elektrolyse	~382	~400
Elektricitet, EU-mix, lokal elektrolyse	~436	~200
Naturgas, 4000 km, CCGT, lokal elektrolyse	~318	~138

Tabel 12. Energiforbrug og CO<sub>2</sub> emissioner i g/km<sup>33</sup>

Sammenligningen viser, at brint helst skal være produceret på vindkraft for at der er en stor CO<sub>2</sub>-fortrængning. Forskellig tilvejebringelse af brint fra naturgas anvendt i en brændselscellebil vil dog også give en CO<sub>2</sub>-reduktion sammenlignet med anvendelse af benzin eller diesel i en eksplosionsmotor.

I tabellen nedenfor er vist emissioner fra Well-to-wheels for en Toyota Aygo baseret på forskellige fossile og vedvarende energi kilder og forskellige konverterings og lagringsteknologier.

	Forbrændingsmotor Benzin	Batterier Strøm	Brændselscelle Brint
Fossil energi	Almindelig benzinmotor <b>138 g/km (100 %)</b> <sup>1</sup>	El fra kulkraftværker <b>119 g/km (86 %)</b>	Brint fra naturgas, central produktion <b>96 g/km (70 %)</b>
Vedvarende energi	-	El fra vindmøller <b>0 g/km (0 %)</b>	Brint fra elektrolyse baseret på vindmøllestrøm <b>0 g/km (0 %)</b>

Tabel 13. CO<sub>2</sub> emissioner i g/km i Toyota Aygo<sup>34</sup>

<sup>33</sup> Udregninger af Grontmij | Carl Bro A/S baseret på JRC, 2006

<sup>34</sup> Udregninger baseret på Toyota og Emmett

I den ovenstående tabel ses det, at en Toyota Aygo 1,0 L vil udlede 138 g CO<sub>2</sub>/km fra well-to-wheel. Elbiler der kører på strøm der produceres fra kul producerer næsten ligeså meget CO<sub>2</sub>, hvilket dels skyldtes, at kul indeholder mere CO<sub>2</sub> pr energienhed end olie, og dels at der er et meget stort energitab forbundet med at omsætte kul til strøm på samme måde som der er et stort energitab forbundet med energiomsætningen i en forbrændingsmotor. De 119 g CO<sub>2</sub>/km er dog et teoretisk tal og vil være langt lavere i virkeligheden, da kun 42 % (2005) af Danmarks strømproduktion er baseret på kul mens resten er baseret på enten naturgas eller vedvarende energikilder. Hvis strømmen anvendes til produktion af brint vil effektiviteten falde yderligere og CO<sub>2</sub> udledningen ligeledes stige i forhold til direkte anvendelse af strømmen i batterier.

CO<sub>2</sub> udledninger fra brint produceret fra naturgas og anvendt i brændselsceller er lavere end for el produceret fra kul til batterier, hvilket skyldes, at naturgas indeholder langt mindre kulstof (C) end henholdsvis olie og kul samt bedre virkningsgrad i brændselsceller end i forbrændingsmotorer.

Baseret på vedvarende energi udleder både brint og batteri kæderne ingen CO<sub>2</sub>.

### Partikel og NO<sub>x</sub> forurening

Udledning af partikler fra brint, batteri og hybrid biler er den samme som med CO<sub>2</sub>, dvs. der sker ingen udledning i lokalområdet. Om partikeludledning også undgås centralt hvor elektriciteten og brinten produceres afhænger af om dette sker på basis af vedvarende energikilder.

For brint der anvendes i forbrændingsmotorer udledes små mængder partikler og NO<sub>x</sub> som følge af den forbrænding med atmosfærisk luft der sker i motoren.

### Støjforurening

Elektriske biler baseret på batterier og brint har et støjniveau, der er betydeligt lavere end benzin og dieslbiler. Det skyldes dels at energikonverteringen i brændselcellen og frigivelsen af elektricitet fra batterier er noget nær lydløs mens anvendelsen af elektriciteten i en elmotor har et meget lavt støjniveau i forhold til en forbrændingsmotor.

### Miljøpåvirkning

De materialer og processer som medgår til produktionen af brint, batterier og hybrid elektriske drevne køretøjer har naturligvis forskellige miljøpåvirkninger, især i forhold til livscyklusen på de medgåede materialer til produktionen af teknologierne.

Nedenfor redegøres kort for miljøpåvirkningen fra batterier og brint.

### ***Miljøpåvirkning fra batterier***

De mest gængse batteriteknologier til transport er bly-, Ni-Cd-, Ni-Metal-, Zebra-, og Li-Ionbatterier og disse repræsenterer forskellige miljøpåvirkninger i fremstillingen.

#### *Blybatterier*

Bly er et giftigt grundstof og tilhører gruppen af tungmetaller. Omgang og brug af bly kan have yderst uheldige helbreds- og miljømæssige effekter. Det er især børn under 6 år der er udsatte, og selv små doser af bly i blodet kan resultere i lavere intelligens, koncentrationsbesvær, læse og lære vanskeligheder, svækket vækst og nyreskader (blacksmithinstitute.com 2007). Blyforgiftning er også kodet sammen skizofreni, mænds reproduktionsevne og forhøjet blodtryk (Agency for toxic substances and disease registry 2005;Wikipedia 2007b). Høje doser af bly i blodet kan have døden som følge. Blyforurening er et alvorligt problem alle steder, hvor det udvindes og/eller omsmeltes. Syv ud af verdens 10 mest forurenede steder har problemer med bly – enten fordi bly er udvundet eller omsmeltet disse steder.

#### *Ni-Cd batterier*

I Ni-Cd batterier indgår der både nikkell og cadmium. Begge stoffer er yderst giftige for både mennesker og miljø. Ni-Cd batterier er pr. 1.1.2006 på grund af deres uhensigtsmæssige indvirkninger på mennesker og miljø blevet forbudte at anvende i nye elbiler i EU (Dansk elbil komite 2007).

#### *Ni-Mh*

Nikkel-metal batterierne er en videreudvikling af Ni-Cd batterierne, hvor man har undgået at anvende cadmium (Battery University 2007). Resultatet er, at man får batterier der er betydeligt bedre for miljø og mennesker, men som desværre også aflades hurtigt, og som kun kan holde til 2 – 300 opladninger. Et skift til Ni-Mh batterier vil involvere et stort energitab.

#### *Zebra batteriet*

Zebrabatterierne er så vidt vides de eneste kommercielle batterier indenfor gruppen af "Molten Salt Batteries" (smeltet salt batterier). Batterierne indeholder mindre mængder nikkel, nikkelklorid og natrium. Alt i alt vurderes det på et begrænset kildegrundlag grundet kun en producent heraf i verden at zebrabatterierne er relativt sikre for miljø såvel som for mennesker (Trickett 1998a);(Trickett 1998b).

#### *Li-Ion batterier*

Indånding af lithiumstøv eller andre lithiumholdige stoffer (der ofte er alkaliske) kan irritere næse og svælg. Længere tids arbejde med lithium eller lithiumholdige stoffer kan resultere i væskephobning i lungerne, der i yderste tilfælde kan føre til druknedøden. Til trods for disse alvorlige bivirkninger vurderes det, at udvinding, bearbejdning og genanvendelse af lithium er forbundet med betydeligt færre sundheds- og miljøfarer end udvinding, bearbejdning og genanvendelse af f.eks. bly og cadmium.

#### **Miljøpåvirkning fra brint og brændselsceller**

Da brint og brændselsceller teknologi stadig er under udvikling er den mængde af analyser og dokumentationsmateriale om miljøpåvirkningen af en storskala anvendelse stadig begrænset. Nedenfor er forsøgt redegjort for to væsentlige miljøpåvirkningsforhold vedrørende brint og brændselsceller nemlig brintudslips indvirkning på atmosfæren samt miljøpåvirkningen fra brændselsceller.

#### Brint udslips påvirkning af miljøet og atmosfæren

Danmarks Miljø Undersøgelser, der er en forskningsenhed under Aarhus universitet arbejder sammen med Afdelingen for systemanalyse ved Risø på projektet HYSCENE (Environmental and Health Impact Assessment of Scenarios for Renewable Energy Systems with hydrogen) der skal klarlægge brints samlede miljøeffekter. HYSCENE projektet startede i 2006 og forventes afsluttet ultimo 2008. I projektbeskrivelsen står der bl.a. følgende;

*"Forbrændingen af brint i fx en brændselscelle, som producerer strøm til en bil vil kun udsende vanddamp, og ikke CO<sub>2</sub> og andre skadelige stoffer, som det kendes i dag fra forbrænding af benzin og diesel i en forbrændingsmotor. Brint har mange miljøfordele, idet en reduktion af CO<sub>2</sub> vil mindske drivhuseffekten og klimaforandringer. Luftkvaliteten vil blive forbedret i vores byer, hvor reduceret partikelforurening vil føre til færre sundhedseffekter. En reduktion af de udslip som fører til dannelse af ozon i luften ved jordoverfladen vil også betyde lavere koncentration af ozon, hvilket vil reducere sundhedseffekter samt afgrødetab i landbruget. Reducerede udslip vil forbedre betingelserne for dyr og planter, da mindre deposition af skadelige stoffer i miljøet vil reducere forsuring og overgødskning. Et energisystem, hvor brint indgår som et væsentligt element vil dog lække brint til atmosfæren, som kan trække i den modsatte retning og bidrage til øget debrydning af ozonlaget i den øvre del af atmosfæren og til øget drivhuseffekt."*

### Miljøpåvirkning fra produktion af brændselsceller

I langt hovedparten af brændselsceller indgår der ikke stoffer der har betydelig sundhedsrisiko ved udvinding og/eller brug. I mange brændselsceller anvendes der mindre mængder af ædelmetallet platin og analyser har påvist at der p.t. kun teoretisk er nok platin til at forsyne halvdelen af verdens bilpark med brændselsceller. Det vurderes dog, at dette metal vil udfases til fordel for billigere og mere tilgængelige alternativer i løbet af en årrække. Indenfor de seneste par år er platin forbruget i brændselsceller reduceret med 30%, ligeledes er genanvendelsen af metallet fra brændselsceller mere en 90%.

I forhold til batterier har brændselsceller potentiale til at sikre en højere levetid end batterier og dermed færre udskiftninger over tid end batterier og dermed mindre miljøpåvirkning vedrørende materialeforbrug i forhold til levetiden.

## **5.5 Teknologiernes økonomi og kommercialiseringsstadie**

Batterier, brint og hybrid kombinationer heraf befinder sig på forskellige udviklings og kommercialiserings stadier. Neden for beskrives kort stadie for henholdsvis batteri og brint/brændselsceller.

### Batterier

Hvad angår batteriers teknologi og kommercialiseringsstadie er følgende forhold relevante:

- Energitæthed (kWh/kg) & Aktionsradius
- Opladningstid,
- Antal opladnings cykluser og levetid
- Pris

Nedenfor beskrives kort princippet i de forskellige forhold.

#### *Energitæthed (kWh/kg) og Aktionsradius*

Energitæthed i kWh/kg er et mål for hvor meget en given teknologi vejer. Blybatterier f.eks. er meget tunge i forhold til hvor meget energi de indeholder, hvilket betyder, at der skal utrolig mange kg til for at flytte en bil et givent antal kilometer. Energitætheder i kWh/kg kan være svære at forholde sig til for ikke-teknikere. Tallene regnes derfor ofte om til en lettere forståelig enhed i form af hvor mange kg batterier skal der til hvis en given bil skal kunne køre en given distance på en opladning. Alt over 400 kg batterier er for tungt, idet den energi der skal anvendes til at drive en bil fremad i yderst simplificeret form er et resultat af vægt \* hastigheden opløftet i anden. Batterier der vejer under 200 kg er acceptabel.

#### *Aktionsradius*

Biler baseret på benzin eller diesel har i dag optankningstider på få minutter. En af de største begrænsninger for udbredelsen af batteriteknologier til elbiler er den lange opladning af batterierne på flere timer. Det er ikke acceptabelt at skulle bruge flere timer på at optanke sin bil, hvis man f.eks. er på vej på ferie i Sydeuropa.

#### *Antal opladningscykluser og levetid*

En udfordring for batterier er, at de gradvist får ringere og ringere ydelse. Ydelsen er som hovedregel enten en funktion af tiden og/eller som en funktion af hvor meget de bruges. Ydelsen måles som aktuel ydelse divideret med ydelsen da batterierne var nye, og måles i State-of-Health (SOH). SOH er 100 % når batterierne er nye og falder gradvist. Batterier anses som regel som værende ved end-of-life når SOH når 80 %. Personer der agiterer for udbredelsen af batteridrevne biler undlader ofte at nævne at batteriydelsen gradvist falder, hvilket kan påvirke den samlede energieffektivitet for batterier ganske betragteligt.

Forskellige teknologier har forskellige mål for end-of-life, og end-of-life er til sammenligning som regel fastsat som 90 % SOH for brændselsceller. Brændselscellers højere SOH ved end-of-life betyder at brændselsceller reelt er bedre end batterier på parameteren levetid, og at energieffektiviteten reelt er betydeligt ringere for batterier end tallene umiddelbart viser.

*Pris*

Pris pr. kWh er ligesom kWh/kg en teknisk betegnelse for prisen på energi.

*Eksempel med en Toyota Aygo*

I det følgende anvendes bilen Toyota Aygo som eksempel og der angives de forskellige tidligere parametre i forhold til forskellige typer af batterier (bly, Ni-Cd, Ni-Metal, Zebra, Li-Ion)

I tabellen nedenfor anvendes følgende farveindikator:

- Rød: Ikke tilfredsstillende
- Gul: Acceptabel
- Grøn: Tilfredsstillende

De data niveauer der er valgt for farvelægningen af bestemte data typer ses i kolonnen yderst til venstre. Farvekoderne er ikke endegyldige data, men er udformet på baggrund af en gennemsnitlig betragtning af fysiske, økonomiske og tekniske muligheder og begrænsninger.

	Bly	Ni-Cd	Ni-MH	Zebra	Li-Ion
<b>Antal kg ved 300 km på en opladning</b> 360 +, 180 - 360, 0 - 180	900 - 1440	720 - 1200	480 - 550	316 - 434	180 - 267
<b>Antal Liter ved 300 km på en opladning</b> 300 +, 150 - 300, 0 - 150	360 - 1200	450 - 720	200 - 240	296	90 - 135
<b>Opladningstid i timer/ min.</b> +20t, 10 - 20t, 0 - 10t	10 t = hurtigladning.. 12 - 16 t = normalt.	3 - 6 t ved hurtigladning. 10 - 16 t ved normal ladning	3 - 6 t ved hurtigladning. 10 - 16 t ved normal ladning	4 t	Ca. 3,5 / 24 t
<b>Selvafladning pr. måned i %</b> 10 +, 5 - 10, 0 - 5	3 - 20 %	10 %	30 %	0 - 5 %	5 - 10 %
<b>Levetid antal cyklusser og år</b> 0 - 800, 8 - 1600, 1600 + cyklusser 0 - 3, 3 - 10, 10 + år	Normalt 5 - 800, dog op til 1.500 Ca. 5 år	2.000	500 - 1.000	1000+	Op til 1200 cyklusser 2 - 3 års levetid
<b>Pris for 36 kWh batteri i USD</b> 10.800+, 1.800 - 10.800, 0 - 1.800	900 - 3.600 2.880	5.400 - 10.800	10.800 - 18.000	7.920 USD. (3.600 USD ved masseproduktion)	5.400 - 22.500 USD
<b>Andet</b>	Bly er giftigt under produktionen	Cadmium er giftigt og forbudt i EU		Kun en leverandør i verden	Batterier kan selvantænde Koncentrerede litium ressourcer

Tabel 14. Oversigt over batteriteknologityper og priser

Af generelle betragtninger af ovenstående tabel ses det at bly-, Ni-Cd og Ni-Mh batterier generelt er for tunge og har en for lang opladningstid. Zebrabatterierne har ligesom de andre batterier en lang opladningstid ligesom dens præstationer i forhold til de andre parametre generelt er for dårlige. Li-ion batterier har fornuftige data på alle betydende felter med undtagelse af opladningstid. En opladningstid på 3½ timer er formentlig langt mere end hvad de fleste vil kunne acceptere. Li-ion batterier har desuden to andre problemer:

1) Selvantændelse

Li-ion teknologien har problemer med selvantændelse, hvilket har resulteret i at millioner af li-ion batterier til bærbare computere fra anerkendte firmaer som Apple, Sony, Dell, Hitachi, Fujitsu, IBM og Lenovo er tilbagekaldt (AP 2005;Smith 2006;Williams 2007a).

2) Materiale begrænsning

Der findes meget litium i verden, men grundstoffet er koncentreret på få lande. Ifølge U.S. Geological Survey ( 2007a; 2007b) findes 73 % af verdens litium reserver i Chile, mens Kina, Chile og Brasilien tilsammen besidder mere end 91 % af verdens litiumreserver

### **Brint og brændselsceller**

I forhold til eksisterende fossile brændstoffer og batteriteknologier til transport befinder brint og brændselsceller sig stadig på et forsknings, udviklings og demonstrationsstadiet. Nedenfor beskrives kort i forhold til forskellige måleparametre det teknologiske og økonomiske udviklingsstade for teknologien.

#### *Brint pris*

Produktionsprisen for brint er stadig højere end eksempelvis benzin. P.t. er det muligt med eksisterende lovgivning i Danmark at producere brint til samme pris som benzin, dog hvor benzin er pålagt brændstofafgifter mens brinten kun er pålagt elafgifter som er langt lavere. I Norge hvor den første brint tankstation åbnede i august 2006 sælges brint til samme pris som en benzin liter ækvivalent mængde brint (mængde brint som skal erstatte en liter benzin når der er taget højde for forskellen i effektiviteten i benzin motor og brændselscelle). Den forskningsmæssige og teknologiske udviklingsudfordring er derfor at sænke brint produktionsprisen fra omkring 7-8 kr. pr. benzin liter ækvivalent til 3-4 kr. for at være konkurrencedygtig med benzin.

#### *Brint lagring*

For år tilbage opsatte det amerikanske energiministerium (DOE) en række energitætheds krav i relation til volumen og vægt som brint lagring skal opfylde for at kunne matche benzin lagring ombord på køretøjer. Siden opsætningen af kravene har der dels været megen debat om kravene er for skrappe da de tager udgangspunkt i store energiforbrugende amerikanske biler, ligesom udviklingen af hybrid, dvs. kombinationen af brint og batterier kan øge effektiviteten betydeligt og dermed reducere lagringsbehovet. I forhold til DOE kravene er der endnu ingen kommercialiserbare brint lagringsteknologier der kan opfylde kravene til fulde. Tager man i stedet udgangspunkt i den praktiske verden er der imidlertid udviklet forskellige brintkøretøjer med en aktionsradius tæt på benzin-versionen. Indenfor mindre off-road køretøjer har brint for længst passeret batterier i de applikationer hvor batterier er acceptable. I mindre bybiler hvor f.eks. 300 km på en optakning er rigelig er brintlagring ved 350 bars tryk i en hybridkombination med batterier fuldt ud tilstrækkelig. I forhold til langdistance køretøjer har Honda præsteret 600 km på en optakning i en ren brint bil ved en kombination af tryk og faststofslagring af brint. Ved anvendelsen af samme teknik i et hybrid køretøj vil aktionsradiusen formodentlig kunne udvides betydeligt.



Der pågår dog stadig store forsknings og udviklingsaktiviteter med henblik på dels at optimere flydende og tryklagring af brint ligesom udviklingen af nye faststofs og kemiske lagringsformer af brint forsat er under udvikling.

#### *Brint infrastruktur og tankstationer*

Brint infrastrukturen i form af produktion med distribution til tankstationer eller onsite produktion har over de seneste år udviklet sig fra få mindre tankstationer primært drevet og etableret med det formål at afprøve få køretøjer til større centrale tankstationer med store flåder af køretøjer omkring sig.

I de senere år er der kommet adskillige analyser som begynder at gruppere infrastruktur udviklingen i forskellige faser samt planlægge de næste faser hvor størrelse af tankstationer og antallet øges betragtelig.

P.t. findes der omkring 140 brint tankstationer i verden som er primært placeret i Californien, USA, Tyskland og Japan samt 2-3 stationer i Skandinavien men endnu ingen i Danmark. Indenfor de sidste par år ses en klar tendens hen imod enten centralisering i få store tankstationer i f.eks. Berlin eller Hamburg eller etablering af tankstationer i såkaldte hydrogen highway netværk langs strategiske ruter, f.eks. i Californien, Canada og Skandinavien.

Denne udvikling er et skridt hen imod en tidlig kommerciel udrulning i takt med produktionsstarten for brint biler, se senere afsnit.

#### *Brændselsceller*

Brændselscelle teknologien er den afgørende for at brint biler og dermed infrastrukturen for alvor kan udrulles. Flere tekniske forhold og egenskaber ved brændselscellerne er afgørende for en kommercialisering.

Indenfor de sidste år er brændselscelle komponent prisen faldet fra over 10.000 dollars pr. kW til under 70 dollars pr. kW ved en teoretisk masseproduktion på 500.000 enheder årligt. Pris targetet for brændselscelle stakken er omkring 30 dollars pr. kW. Næste udfordring er at nedbringe prisen pr. kW samlet brændselscelle system fra de nuværende 10.000 dollars til 1000-3000 for de første non-road transport applikationer og ned under 100 dollars pr. kW for road applikationer.

Hvad angår levetid er brændselsceller tæt på at nå målsætningen omkring 5000 timers driftstid hvilket skulle række til mere end 200.000 km drift i en personbil. I laboratoriet er tæt ved 10.000 timer således og blevet demonstreret.

#### *Brint biler*

Den store udfordring i især demonstrations og kommercialiseringsprojekter for brint infrastruktur har og er stadig at få adgang til brint drevne køretøjer i form af biler og busser. P.t. (2006) er ca. 600 brintbiler og busser i drift rundt om i verden. Der er primært tale om bilindustriens forskellige store køretøjsflåder og et antal uafhængige producenter og konsortiers egen udviklede køretøjer. I 2007 forventes antallet af brint køretøjer at runde 900 stk. på verdensplan. P.t. er det ikke muligt at anskaffe en brint bil fra bilindustrien med mindre man er placeret i de områder og byer i Californien, USA, Tyskland og Japan hvor bilindustrien foretager afprøvning af deres brint biler. Det samme er gældende for brint busserne. Fælles for både busserne og bilerne er, at de er mere end 3-10 gange så dyre som eksisterende benzin eller diesel drevne køretøjer. Dog findes der uafhængige mindre producenter af brint

køretøjer bl.a. THINK i Norge hvor prisen på en brint drevet bybil er nede i 1-1,2 mio. kr. til sammenligning med bilindustriens ca. 1 mio. dollars for en brintbil.

I *Scandinavian Hydrogen Highway Partnership* som Danmark er en del af arbejdes der p.t. på at tiltrække forskellige brint drevne biler og busser fra rundt om i verden. Til efteråret forventes udgivet et køretøjskatalog bestående af følgende køretøjer:

- Brint biler baseret på forbrændingsmotorer og brændselsceller
- Brint busser baseret på forbrændingsmotorer og brændselsceller

Køretøjskataloget skal sikre at der kan ske et fælles indkøb af køretøjer i Skandinavien så at prisen kan reduceres betydeligt.

## 5. 6 Sikkerhed og godkendelsesforhold ved teknologien

Generelt er brint både brændbart og eksplosivt i et større koncentrationsinterval i luft end benzin. Men sikkerhedsegenskaberne ved brint i forhold til benzin under udslip og forbrænding er meget anderledes end benzin hvorfor den generelle konklusion er at brint er lige så farlig som benzin, dvs. at de begge skal håndteres med varsomhed.

Brintflammen er næsten usynlig og udsender kun en ringe mængde energi som strålevarme i sammenligning med kulbrinteflammer, selvom selve flammen er ligeså varm. Det betyder også at man skal tæt på flammen for at opdage den, til gengæld er risikoen for antændelse af sekundære brande mindre. En brintflamme afgiver dog UV stråling, der kan forårsage "solskoldning".

Da brint er verdens letteste stof og ca. 14 gange lettere en luft vil der ved udslip være en enorm opdrift. Brintens kraftige opdrift i modsætning til benzin, der spredes langs jorden, begrænser udstrækningen og dermed muligheden for spredning af ild under en evt. brand.

Da brint har en høj diffusionshastighed i luft fortyndes den hurtigt til et niveau hvor den ikke kan antændes eller eksplodere. Dette reducerer betydningen af, at brint har et væsentligt større koncentrationsspænd, inden for hvilket det kan antændes, end andre sammenlignelige brændstoffer. Brint har en antændelsestemperatur på niveau med naturgas og ca. det dobbelte af benzin, ved nedre tændgrænse er brints antændelsesenergi på niveau med naturgas og benzin, hvorimod den ved det ideelle blandingsforhold kan være mere end 10 gange lavere.

På verdensplan er en række udredningsarbejder i gang med at udvikle og beslutte standarder for hydrogen sikkerhed indenfor både infrastruktur og brændselscelle systemer ombord på køretøjer. Seneste resultat er at brint drevne biler er blevet typegodkendt i Norge, og det forventes at denne typegodkendelse kan sikre en betydelige lettere og hurtigere godkendelse af tilsvarende køretøjer i Danmark.

## 5.7 Status og erfaringer indenfor teknologierne

Status og erfaringer indenfor henholdsvis batterier, brint og hybrider er meget forskellig, med størst aktivitetsniveau indenfor brint men med stigende aktiviteter indenfor batterier og især hybrider.

### *Batterier*

Batterier havde sin storhedstid tilbage i 80-90'erne bl.a. med udviklingen af ellerten og Kewet batteri bilerne i Danmark samt vedtagelsen af lovgivning i Californien der pålagde bilindustrien udvikling af forureningsfri biler, dvs. batteri biler. Især tiltaget i Californien førte til introduktionen af mange batteri biler. Brugernes erfaringer med køretøjerne var dog dårlige da batteriteknologien på det tidspunkt ikke var tilstrækkelig udviklet. Bl.a. aktionsradius, optankningstid og levetid var nogle af de store udfordringer. Disse tekniske udfordringer og stor lobbyaktivitet fra bl.a. bilindustrien førte derfor til at Californien i 2002 trak loven om forureningsfri køretøjer tilbage med det resultat at batteri bil udviklingen blev droppet kraftigt ned på verdensplan, til fordel for øgede aktiviteter indenfor bl.a. brint biler.

Dog i takt med udvikling og kommercialisering af bl.a. lithium-ion batterier til computere samt den generelle øgede fokus på alternativer til fossile brændsler til transport er der indenfor det seneste år kommet øget fokus på udvikling af batteri biler, bl.a. med udvikling af forbrændingsmotor hybrid biler i kombination med batterier.

Erfaringerne fra markedsintroduktionsforsøget af batteri biler i 90'erne præger dog fortsat markedet som endnu mangler for alvor at acceptere teknologien.

### *Brint*

Fra at være en nærmest profeti fra Jules Verne i 1800 tallet til en flot vision fra universitets professorer under oliekrisen i 70'erne er brint for alvor i løbet af 90'erne og de seneste år kommet på både den politiske og industrielle dagsorden, bl.a. grundet stigende oliepriser og de dårlige erfaringer med batteri biler. Som beskrevet i tidligere afsnit er antallet af brint tankstationer og antal af brint biler på verdensplan støt stigende.

Bl.a. baseret på disse erfaringer har den samlede bilindustri for første gang i næsten 5 år igen turdet fremsætte udmeldinger om forventet kommercialiserings og markedsintroduktionstidspunkt for brint biler. Udmeldingerne fra de fleste bilproducenter går derfor på en markedsintroduktion i perioden 2010-2020 i forskellige udvalgte markedsområder rundt om i verden, med Californien, USA, Tyskland og Japan som de mest sandsynlige.

### *Hybrid*

Batterier i kombination med brint og brændselsceller har som udgangspunkt altid været anvendt i brændselscelle systemer til biler og køretøjer da der kræves strøm fra batterierne til opstarten af brændselscelle systemet. Men indenfor det seneste ½ år er der dukket adskillige projekter op hvor batterier og brint/brændselsceller kombineres i en noget nær 50/50 løsning hvor brint/brændselscelle systemet fungerer som en APU (Auxiliary Power Unit) dvs. en oplader for batteriet eller operation extender for køretøjet, dvs. brændselscellen leverer en basis energiforsyning for køretøjet mens batteriet leverer energi til top energi belastningen under bl.a. acceleration samt opsamler bremse energi under deceleration.

## **5.8 Støttemuligheder og rammebetingelser i Danmark og EU**

Støtte muligheder og rammebetingelser i forhold til batteri, brint og hybrider er p.t. primært møntet mod brint/brændselsceller, dels fordi batterier stadig er på vej tilbage i det politiske fokus og fordi hybrider først for alvor er kommet i fokus indenfor det seneste ½ år og derfor endnu ikke har fundet vej til de politiske beslutninger og satsninger endnu.

### *Batterier*

Hvad angår batterier til transport findes der ikke p.t. nævneværdige større politiske satsninger eller større støtte ordninger til hverken forskning, udvikling eller demonstration indenfor batterier til transport. I Danmark og Norge er batteri biler dog fritaget for registreringsafgifter (ca. 180 % af bilens salgsværdi uden afgifter) ligesom den årlige ejerafgift er reduceret til omkring 100-200 kr.

### *Brint og brændselsceller*

I 2005 offentliggjorde Energistyrelsen en storstillet strategi for Danmarks satsning og offentlige støtte til forskning, udvikling og demonstration indenfor brint og brændselsceller. Strategien opsatte en anbefaling til en årlig støtte på 200 mio. kr. til brint og brændselsceller til både transport, stationær og bærbare energi applikationer årligt de næste 10 år. Den offentlige danske støtte til brint og brændselsceller i 2006 var på ca. 100 mio. kr. med en forventning om at nå 200 mio. kr. årligt indenfor de næste år bl.a. takket være Regeringens nye forslag til energihandlingsplan fra januar 2007.

Det årlige globale marked for forskning, udvikling og demonstration af brint og brændselscelle teknologi udgjorde således i 2005 \$1,1 mia. i USA og EU og forventes at stige til \$2,3 mia. i år 2010.

USA og Japan anvender årligt omkring \$300 mio. dollars hver til offentlig støtte til forskning, udvikling og demonstration indenfor brint og brændselsceller.

I EU har forskellige industri, myndigheds og forskningsaktører i Europa, udviklet en ambitiøs Implementeringsplan for kommercialiseringen af hydrogen og brændselscelle teknologien frem mod år 2015. Prisen for planens realisering er estimeret til 55 mia. kr. (€7,4 milliarder) hvoraf hovedparten skal anvendes på demonstration og tidlig markedsudrulning af teknologierne. Implementeringsplanen og finansieringen heraf planlægges at ske i et Europæisk Offentligt Privat Samarbejde (*Joint Technology Initiative* JTI) hvor finansieringen af de 55 mia. kr. skal komme fra EU, nationale myndigheder i medlemslande, regioner i medlemslande, virksomheder og slutbrugere. I slutningen af marts 2007 blev en europæisk industri forening (JTI Industry Grouping) stiftet for at samle de Europæiske virksomheder indenfor hydrogen og brændselsceller så at de kan indgå i det offentlige private samarbejde som en enhed. Det er således industri foreningen og EU Kommissionen der nu officielt skal stifte det Offentlige Private Samarbejde om hydrogen og brændselsceller.

I Norden arbejder *Scandinavian Hydrogen Highway Partnership* på at tiltrække EU midler til finansiering af et stor skal demonstrationsprojekt i Norge, Danmark og Sverige i 2012. Det danske hydrogen transport netværk *Hydrogen Link* og dermed også brint aktiviteterne i denne redegørelse for Københavns Kommune indgår i det skandinaviske arbejde og planer.

### *Hybrid*

Som nævnt er hybrid køretøjer med en noget nær 50/50 fordeling af batterier og brint/brændselsceller først kommet i fokus på verdensplan indenfor det sidste ½år, hvorfor de offentlige støtte programmer endnu ikke har sat fokus på dette.

Dog har det Norske forskningsråd støttet et pilotprojekt om at udvikle og producere op til 7 THINK brint batteri hybrid bybiler der skal bringes i pilotafprøvning det Norske hydrogen highway projekt *HyNor* som en del af *Scandinavian Hydrogen Highway Partnership*. Danske H2 Logic skal levere brændselscelle systemerne til den Norske elbilsproducent Think Technology AS der skal levere elbilerne.

**BILAG 2**  
**Efterspørgsel & indpasningsmuligheder i København**

## BILAG 2 EFTERSPØRGSEL & INDPASNINGSMULIGHEDER I KØBENHAVN

	INDHOLDSFORTEGNELSE	SIDE
<b>1.</b>	<b>ERFARINGER MED BÆREDYGTIGE BRÆNDSTOFFER I KØBENHAVNS KOMMUNE</b>	<b>90</b>
1.1	Erfaring med biobrændstoffer	90
1.2	Erfaring med batteri køretøjer	90
<b>2.</b>	<b>KØRETØJSTYPER OG TEKNOLOGIERNES EGNETHED</b>	<b>91</b>
<b>3.</b>	<b>ANALYSE AF EFTERSPØRGSEL I KØBENHAVNS KOMMUNE</b>	<b>92</b>
3.1	Økonomiforvaltningen	92
3.2	Teknik- og Miljøforvaltningen	93
3.3	Sundheds- og Omsorgsforvaltningen	94
3.4	Kultur- og Fritidsforvaltningen (KFF)	94
3.5	Workshops	95
3.6	Delkonklusion anvendelser	96
<b>4.</b>	<b>INDPASNING AF INFRASTRUKTUR</b>	<b>97</b>
4.1	Biobrændstof infrastruktur	97
4.2	Batteri og brint infrastruktur	97

### Efterspørgsel & indpasningsmuligheder i København

Dette bilag beskriver muligheder for anvendelse af bæredygtige brændstoffer i Københavns Kommunes køretøjer samt mulighederne for implementeringen af den nødvendige infrastruktur hertil.

Københavns Kommune har i de forskellige forvaltninger samlet omkring 2.000 forskellige køretøjer som enten ejes, er leaset eller er udliciteret til andre operatører. Køretøjerne spænder vidt fra større materiel som lastbiler, gummigeder, busser og personbiler til mindre arbejdsredskaber.

Fokus i redegørelsesarbejdet har været at analysere de køretøjstyper og konkrete anvendelsesapplikationer i Københavns Kommune hvor der er opnået størst miljømæssig gevinst eller synlighed ved anvendelsen af bæredygtige brændstoffer og hvor disse kan indpasses på en hensigtsmæssig og realiserbar måde i forhold til både brugeren, økonomi, miljø og teknologi.

I forbindelse med udarbejdelsen af redegørelsen er der blevet afholdt 2 workshops med deltagelse fra forskellige forvaltninger/afdelinger i kommunen samt eksperter indenfor teknologierne. Derudover er der blevet afholdt forskellige interview og møder med personer fra forskellige forvaltninger/afdelinger i Kommunen med henblik på at afdække mulighederne for anvendelsen af bæredygtige brændstoffer i København Kommunes forskellige typer af køretøjer.

## 1. ERFARINGER MED BÆREDYGTIGE BRÆNDSTOFFER I KØBENHAVNS KOMMUNE

### 1.1 Erfaringer med biobrændstoffer

Københavns Kommune har efter at have udbudt serviceydelsen om levering af brændstoffer til kommunens køretøjer indgået en aftale med Statoil, foreløbig for en 2 års periode.

Københavns Kommune anvender således E5 (Bio95) på de benzindrevne køretøjer. Der er endvidere gennemført forsøg af Kalvebod Miljøcenter om iblanding af biodiesel, B10 på en række traktorer og en varebil med gode erfaringer. Dette er sket efter konsultation med køretøjsfabrikanter for at sikre at garantiforpligtelser fortsat er gældende.

### 1.2 Erfaringer med batteri køretøjer

Københavns kommune har tidligere gået forrest i anvendelse af batteridrevne køretøjer.

Erfaringerne herfra anvendelsen var ikke gode grundet flere forhold:

- Mangel på kvalificeret service
- Aktionsradius for kort
- Mangel på ensartet standard for laderstik
- Manglende vidensdeling
- For kort levetid/fejl på batterier

Dog er der flere forvaltninger som efterfølgende har prøvet eldrevne køretøjer med noget bedre erfaringer. Siden afprøvningen i 90'erne er batteriteknologien også blevet bedre, dels i forhold til pris, service og kvalitet. Dog kan batterier stadig have nogle brugermæssige ulemper set i forhold til optankningstid og kapacitet.

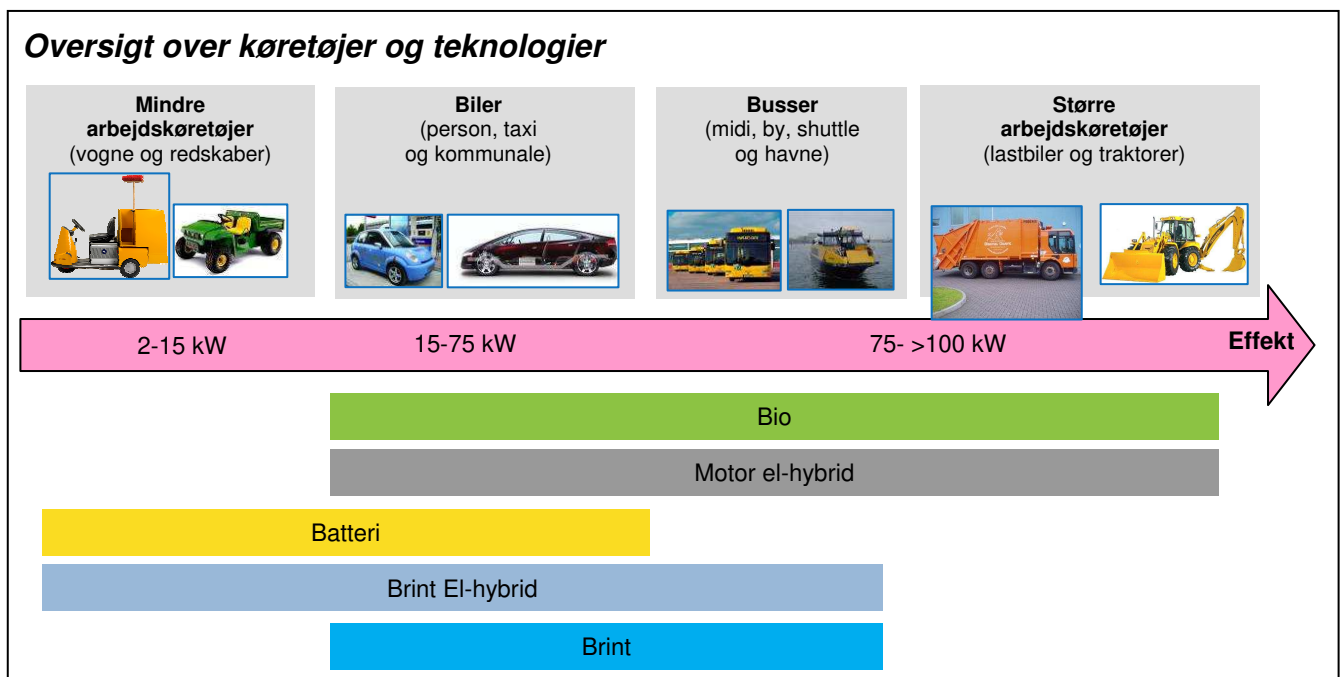
Såfremt nye forsøg skal gennemføres med batterikøretøjer skal det sikres, at der i tilstrækkeligt omfang tages hånd om de problemer som Københavns Kommune tidligere har haft med teknologien.



## 2. KØRETØJSTYPER OG TEKNOLOGIERS EGENETHED

København Kommunes flåde af mere end 2.000 køretøjer består af meget forskellige typer køretøjer med et vidt forskelligt anvendelsesmønster og effektbehov. Netop variationen i anvendelse og effektbehov er meget afgørende i forhold til hvilke bæredygtige brændstofsteknologier der er mest hensigtsmæssige at anvende.

Grafikken nedenfor viser de køretøjstyper som der er blevet undersøgt i forhold til Københavns Kommune samt egnetheden af de forskellige bæredygtige brændstofsteknologier i køretøjerne.



Figur 24: Sammenhængen mellem køretøjer, teknologier og brændstof

Af ovenstående grafik ses det at det nuværende teknologiske stadie for de elektrisk drevne køretøjer kun muliggør en anvendelse i køretøjer med lavere effektbehov såsom mindre arbejdskøretøjer og biler, dog med brintbusser som eneste undtagelse. I takt med at effektbehovet og dermed især aktionsradius for køretøjet stiger tager brinten mere over i forhold til batterier for til sidst at gå over i biobrændstoffer.

Som det ses af grafikken er der store overlapsområder mellem teknologierne hvilket giver flere teknologimuligheder indenfor hver køretøjstype. Da teknologierne imidlertid har forskellige egenskaber i forhold til deres bidrag til miljøforbedringer og teknologiske stadie og pris afhænger valget meget af ønsker og behov i den specifikke køretøjsapplikation.

Generelt er biobrændstoffer og motorhybrider mest udviklede og kommercielt tilgængelige men leverer mindst lokal miljøeffekt mens de elektriske løsninger (batteri og brint) leverer mest lokal miljøeffekt men til gengæld er dyrere og stadig under udvikling, især hydrogen teknologien som stadig er i dens spæde introduktion af teknologien. Netop tidsperspektivet nødvendiggør at alle teknologier fremmes, dog på forskellig vis. For biobrændstoffer og motorhybrider er en tidlig kommerciel introduktion således mulig allerede fra i dag ligesom

dette er muligt for batteridrevne køretøjer. For brint og brint el-hybrider er pilot afprøvning og demonstration i første omgang nødvendig inden en kommercielt introduktion kan påbegyndes.

I forhold til København Kommune er de forskellige bæredygtige teknologier således relevante på tværs af køretøjstyperne dog med forskellige tiltag enten i form af kommercielle indkøb eller pilotafprøvning og demonstration.

### 3. ANALYSE AF EFTERSPØRGSLEN I KØBENHAVNS KOMMUNE

Med henblik på at identificere mulighederne for anvendelse af bæredygtige brændstoffer i København Kommunes køretøjer er der gennemført 2 workshops samt møder og besøg hos følgende forvaltninger i Københavns Kommune:

- Økonomiforvaltningen
- Teknik- og Miljøforvaltningen
  - *Center for Miljø*
  - *Kommune Teknik København (KTK)*
  - *Kalvebod Miljø Center*
  - *Vej og Park*
  - *Københavns Kirkegårde*
- Sundheds- og Omsorgsforvaltningen
- Kultur- og Fritidsforvaltningen (KFF)
  - *Ejendomsforvaltningen*

Nedenfor er resultaterne af besøg hos forvaltningerne samt workshops kort beskrevet.

#### 3.1 Økonomiforvaltningen

Økonomiforvaltningen varetager den overordnede planlægning af infrastruktur af København, deriblandt indkøb af offentlig transport og busdriften igennem det offentligt ejede trafikselskab Movia. Movia varetager planlægningen og udbud af over 1300 busser som kører på Sjælland, ud af disse busser har cirka 600 ruter der går gennem Købehavns kommune.

Busser er særligt interessante da de optræder i bymiljøer hvor der sker en stor miljøpåvirkning grundet udledningen af partikler og støj samt en betydelig CO<sub>2</sub> udledning da busserne tilbagelægger mange km årligt. Anvendelsen af nye bæredygtige teknologier i busserne vil også give en stor visuel effekt i forhold til omverdenen.

Movia har igennem flere omgange været involveret i demonstrationprojekter senest med en naturgasbus og LPG busser, og har erfaring med pilot og demonstrationsprojekter.<sup>35</sup> Movia og Økonomiforvaltningen så perspektiver i anvendelsen af bæredygtige brændstoffer såsom biobrændstoffer og var positive overfor muligheden for at kigge nærmere på projekter med eksempelvis demonstration af brint busser og introduktion af biodiesel på udvalgte eksisterende køretøjer, samt afprøvning af eldrevne busser, naturgasdrevne busser m.fl. Hvad angår netop afprøvning brintbusser er dette ikke sket endnu i Danmark og København har derfor muligheden for at gå forrest her. Afprøvningen vil kunne ske på udvalgte ruter i selve København, eller alternativt være en shuttlebus til Malmø hvor bussen med fordel vil kunne anvende brinttankstationen som allerede er etableret i Malmø.

<sup>35</sup> Endvidere har der i en periode været op til trehundrede LPG-busser i drift, hvoraf cirka halvdelen er stadig i daglig drift.

Det er allerede nu teknisk muligt generelt at anvende biodiesel B5 på alle busser, mens det vil være muligt at anvende en højere iblanding af biodiesel på nogle bustyper. Imidlertid betyder en generel overgang til biodiesel ændrede drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne for operatørerne, hvorfor Økonomiforvaltningen og Movia foretrækker at dette sker i forbindelse med det rullende udbud af entrepriser for at undgå ekstrakrav fra entreprenører. Der bør i de kommende udbud inkluderes muligheden af at bruge biodiesel til busdrift i et nærmere specificeret omfang. Movia er villige til at undersøge muligheden for biodiesel drift, det kræver dog accept fra og kompensation til de entreprenører, der kører i de nuværende kontrakter.

### **3.2 Teknik- og Miljøforvaltningen**

Teknik og miljøforvaltningen har flere afdelinger under sig der anvender en række forskellige køretøjer.

#### **Center for Miljø**

Center for Miljø anvender mindre biler til forskellige inspektionsopgaver typisk af kort varighed dvs. lille aktionsradius. Brugere udtrykte generelt stor interesse for at afprøve anvendelsen af bæredygtige brændstoffer i deres køretøjer.

Bilernes størrelse og anvendelse gør dem velegnede til demonstration af eksempelvis elektriske hybrid biler baseret på brint og batterier. En forudsætning for at indgå i forsøg med batteri biler eller brinthybrid biler er dog, at der sker en løbende evaluering, samt at der indgås serviceaftale med bilproducenten/-leverandøren så der hurtigt kan blive taget hånd om evt. driftsproblemer. Det sker som følge af de tidligere dårlige erfaringer kommunen har haft med el-bil producenten.

Biobrændstoffer er allerede indirekte i brug da der tankes Bio95 fra Statoil, men bilerne vil også kunne komme i betragtning ved introduktion af køretøjer der anvender mere end 5 % biobrændstof. Såfremt motor hybrid biler bliver tilgængelig på markedet kan indkøb af sådanne også kombineres med biobrændstoffer.

#### **Kommune Teknik København (KTK)**

KTK har over 800 forskellige arbejdskøretøjer dækkende fra lastbiler til små ladvogne. Afdelingen sørger for renovation, vedligeholdelse af små veje, parker og lignende. Nogle opgaver er dog udliciteret og udføres af private virksomheder. KTK varetager også indkøb af køretøjer for mange af de forskellige forvaltninger i kommunen som så leaser køretøjerne af KTK. Samlet set er KTK derfor en vigtig spiller i forhold til langt de fleste af køretøjstyperne indkøbes her.

I forhold til de mindre arbejdskøretøjer udtrykte KTK stor interesse for især brintkøretøjer da det vil kunne muliggøre lydløs drift af køretøjerne og ingen udledning af partikler. Især var arbejdskøretøjer til vedligeholdelse af eksempelvis gågader og Rådhuspladsen særligt interessante da miljøforbedringer er særligt vigtige her, ligesom teknologien vil få en større synlighed overfor befolkningen. Baseret på erfaringerne fra introduktion af elbiler var det vigtigt at der udpeges og katalyseres de rigtige brugere, og at de rigtige folk inddrages i projektet.

For at sikre stor opmærksomhed om anvendelsen af de bæredygtige teknologier i især personbiler, blev det foreslået af flere instanser i kommunen at borgmestre eller VIP biler også indgår i flåden af disse køretøjer.

### **Kalvebod Miljøcenter**

Miljøcenteret anvender en række forskellige større arbejdsredskaber såsom gravemaskiner og dumpere i forbindelse med deponering af forurenede jord. Der er allerede gennemført test af anvendelsen af biobrændstoffer og der er interesse for at forsætte dette og øge procentdelen af biobrændstof dog under hensyntagen til om det teknologisk er muligt. Her tænkes især på opretholdelsen af garantier fra køretøjsleverandører og biobrændstoffernes påvirkning af partikelfiltre. Hvad angår af motor hybrid platforme til de større køretøjer er dette stadig på et tidligt udviklingsstadium men kan på sigt blive relevant at afprøve og introducere også.

### **Vej og Park**

Vej og park har omkring 15 personbiler på primært benzin som anvendes til inspektion af vej og park arbejde og kontrol af lysreguleringer mm. Bilerne kører hver ca. 12.000 km pr. stk. om året, primært mindre ture på 50 km i hele Københavns Kommune. Afdelingen er positiv over for ny teknologi, så længe det ikke giver driftsproblemer da det er vigtigt at teknologien virker.

Mulighederne for bæredygtige brændstoffer i Vej og Park bilerne er de samme som ved køretøjerne i Center for Miljø biler dvs. både biobrændstoffer, motor hybrider og el hybrider baseret på brint og batterier.

### **Københavns Kirkegårde**

Københavns Kirkegårde har i alt 5 kirkegårde fordelt rundt i kommunen. De 2 største er Vestre Kirkegård og Bispebjerg Kirkegård. Kirkegårdene bruger forskellige typer af køretøjer i den daglige drift og vedligeholdelse. Københavns kirkegårde var positive over for anvendelsen af nye bæredygtige teknologier der kan mindske især støjforureningen. Især brint i kombination med batterier var af interesse da det vil kunne give en lang driftstid og hurtig optankning tilsvarende den på de eksisterende benzin drevne køretøjer.

### **3.3 Sundheds- og Omsorgsforvaltningen**

Forvaltningen har omkring 100 hjemmeplejebiler der kører omkring 10-12.000 km/året. Bilerne er fordelt over 8 forskellige hjemmeplejecentre hvor de også står parkeret. De bliver brugt hver dag året rundt af sygeplejersker der kører ud om aftenen fra kl. 16-23. Alle biler er på benzin da dieslbilerne forurener mere pga. af mange start og stop og korte ture som kendetegner anvendelsen i hjemmeplejen. Der var fra forvaltningens side en interesse i nye bæredygtige teknologier, herunder bl.a. afprøvning af batteri og brint biler.

Mulighederne for bæredygtige brændstoffer i Hjemmepleje bilerne er de samme som ved køretøjerne i Center for Miljø biler dvs. både biobrændstoffer, motor hybrider og el hybrider baseret på brint og batterier. Grundet den korte aktionsradius og lange "garagetid" er brint eldrevne køretøjer den mest oplagte mulighed. Det er dog uvist om der er de nødvendige ressourcer til at håndtere teknologiafprøvningsprojekter da en forudsætning fra forvaltningen er at den nye teknologi ikke må kræve yderligere ressourcer for brugere.

### **3.4 Kultur- og Fritidsforvaltningen (KFF)**

#### **Ejendomsforvaltningen**

Ejendomsforvaltningen har omkring 50 personbiler/køretøjer som anvendes til forskellige formål såsom internt post, inspektionsopgaver, og udlåns biler til generel kørsel i forvaltningen. Hver bil kører årligt omkring 12-15.000 km. De fleste køretøjer anvender benzin som brændstof og kun fire biler anvender diesel.

Ejendomsforvaltningen anvender også en række mindre arbejdskøretøjer til forskellige formål bl.a. i Fælledparken og Kødbyen.

Ejendomsforvaltningen har vist stor interesse for at anvende nye bæredygtige teknologier.

Hvad bilerne angår, er mulighederne for anvendelsen af bæredygtige brændstoffer den samme som i Center for Miljø's biler, dvs. biobrændstoffer, motor hybrider og el hybrider baseret på brint og batterier. For de mindre arbejdskøretøjer er brint og batteri teknologien oplagte at afprøve i Fælledparken og Kødbyen da det vil sikre stor offentlig bevågenhed omkring teknologien.

### 3.5 Workshops

#### Workshop 1

Første workshop i redegørelsesprocessen var en intern workshop med deltagelse af personer fra forskellige forvaltninger i kommunen. Alle deltagerne var generelt åbne og konstruktive overfor nye bæredygtige tiltag. Blandt andet blev der opfordret til at der fra politisk side bliver defineret nogle målsætninger og en visionsbillede af hvad kommunen skal gøre for at sikre bæredygtighed i transporten. Det blev også foreslået at midler til at iværksætte bæredygtige brændstofs tiltag finansieres igennem en pulje, i stedet for at hver forvaltning skal tilvejebringe midlerne i eget budget.

#### Workshop 2

Workshop nr. 2 havde deltagelse fra de samme personer i kommunen som i første workshop, dog denne gang suppleret med eksterne deltagere fra vidensinstitutioner, myndigheder og virksomheder for at sikre input udefra.

Resultater fra besøgsrunden hos forvaltningerne siden først workshop blev gennemgået for deltagerne. Desuden blev der leveret indlæg fra eksterne eksperter på biobrændstoffer og brint især med fokus på aktiviteter rundt om i Europa.

På baggrund af møder afholdt med de forskellige forvaltninger siden workshop blev en række projektforslag til konkrete tiltag indenfor biobrændstoffer og brint/batterier præsenteret. Efterfølgende blev deltagerne delt op i to grupper for at diskutere projektforslagene og give deres vurdering af deres relevans. Der kom forslag om at inkludere projektmuligheder i redegørelsen indenfor mindre (midi) busser og havne busser  
For en fyldestgørende rapport af diskussionen og resultaterne heraf se Bilag 4..

Kort kan det summeres op at der var bred enighed om opbakning til de fleste projektforslag, med en bred konsensus om at teknologiernes langsigtede miljøeffekt og bæredygtighed skal vægtes meget højt, herunder at brint og batterier er vigtige som et langsigtet supplement til biobrændstoffer. Vigtige konklusioner fra Workshop 2:

1. Hydrogen og brændselsceller i kombination med batterier kan sikre det langsigtede miljøperspektiv
2. Usikkerhedselementer omkring biobrændstoffer såsom CO<sub>2</sub> og miljøregnskabet samt brændstoffernes påvirkning af partikelfiltres levetid skal yderligere afklares
3. Anvendelsen af naturgas i brændstofsektoren kunne være et alternativ eller supplement til biobrændstoffer
4. Kvalifikation til nationale forskning, udvikling og demonstrationspuljer skal ske ved at satse på danske virksomheders og videns institutioners kompetencer og styrke og ved at inddrage disse i projekterne

### 3.6 Delkonklusion anvendelser

Københavns Kommune har mange forskellige typer af køretøjer hvor muligheden for anvendelse af nye bæredygtige teknologier i stor udstrækning er til stede. Mange af forvaltningerne og afdelingerne i Kommunen har udvist en positiv interesse i anvendelsen af bæredygtige teknologier.

Mulighederne for anvendelse af de forskellige bæredygtige teknologier i København Kommunes køretøjer er opsummeret i nedenstående tabel.

	Bio brændstof	Motor el-hybrid	Batteri	Brint el- hybrid	Brint
<b>Mindre arbejdskøretøjer</b>					
<u>Købehavns kirkegårde</u>					
- Vestre Kirkegård					
- Bispebjerg Kirkegård					
<u>Ejendomsforvaltningen</u>				X	X
- Kødbyen					
- Fælledparken					
<u>KTK</u>					
- Rådhuspladsen					
- Strøget					
<b>Person biler</b>					
<u>Center for Miljø</u>					
- Inspektionskøretøjer					
<u>Vej &amp; Park</u>					
- Inspektionskøretøjer					
<u>Sundheds og Omsorgsforvaltningen</u>	X	X	X	X	X
- Hjemmeplejekøretøjer					
<u>KTK</u>					
- Borgmester og VIP køretøjer					
- Personbiler til forvaltningerne					
- Taxi udbud					
<u>Ejendomsforvaltningen</u>					
- Personbiler					
<b>Busser</b>					
<u>Økonomiforvaltningen &amp; Movia</u>					
- Bybusser	X	X		X	X
- Shuttlebus til Malmø					
- Mindre busser					
- Havne busser					
<b>Større arbejdskøretøjer</b>					
<u>Kalvebod MiljøCenter</u>					
- Større arbejdskøretøjer	X				
<u>Center for Miljø (udbud)</u>					
- Renovationslastbiler	X	X			
- Taxa					



## 4. INDPASNING AF INFRASTRUKTUR

### 4.1 Biobrændstof infrastruktur

Københavns Kommune har indgået en aftale med Statoil om levering af brændstof til kommunens kørsel<sup>36</sup>. Statoil leverer som det eneste af olieselskaberne i Danmark benzin iblandet 5 % bioethanol (E5), det såkaldte Bio95, og E5 kan således tankes på alle tankstationer i det Storkøbenhavnske område.

En generel anvendelsen af biobrændstof til transport kan ske ved en iblanding af 5 % bioethanol eller biodiesel i henholdsvis benzin og diesel kunne benytte den eksisterende infrastruktur mod at eksisterende tankstandere i stedet anvendes for biobrændstoffer. I forbindelse med implementering af EU direktivet om biobrændstof må det forventes at der inden 2010 etableres en generel infrastruktur for henholdsvis E5 og 5 % biodiesel (B5).

Ved højere iblanding af biobrændstoffer er der endnu ikke nogen generel garanti fra køretøjsfabrikanterne. Både forsyning af *hjemmeanlæg* og fra servicestationer vil være en mulighed, men for at etablere en infrastruktur for disse brændstoffer vil det kræve at der er et vist volumen.

Det er ikke noget problem at levere brændstof med en højere procentiblanding, og indtil der findes en større efterspørgsel i Danmark vil det være muligt at skaffe brændstoffet fra nabolandene.

### 4.2 Batteri og brint infrastruktur

Anvendelsen af både batterier og brint til transport kræver etablering af en ny infrastruktur.

#### Elbiler

For rene batteribiler er infrastrukturen begrænset til etablering af batteriopladere. Nogle batteribiler har endog opladeren integreret ombord på køretøjet og har således kun behov for adgang til et almindeligt elstik, dog tager opladningen længere tid end ved brug af de eksterne opladere. En af udfordringerne ved oplader infrastrukturen er at sikre en standardisering omkring ladestik. I forhold til eventuel anvendelse af batteribiler i Københavns Kommune vil den meget afgrænsede anvendelse af bilerne dog gøre det muligt at anvende samme sted til opladning. Indkøb i store flåder kan også sikre ensartede køretøjer med samme stik.

#### Brintbiler

Hvad angår brinten kræves der en ny infrastruktur der skal opbygges. Brint er en energibærer ikke en energikilde og skal derfor tilvejebringes gennem en forsyningskæde bestående af 1) fremstilling, 2) distribution og 3) Optankning af køretøjer.

Transporten i Københavns Kommune udmærker sig ved at have mange køretøjsapplikationer der bliver brugt i en radius omkring og opmagasinet på centrale steder. Dette gør at påfyldning kan ske få steder hvorved antal brint påfyldningsstationer kan begrænses. Strukturen gør det også muligt at udbygge optankningsstationerne i flere trin, startende med få steder som så siden hen udvides i antal.

<sup>36</sup> Der er tale om en 2 års aftale med mulighed for forlængelse.



Hvad angår forsyning af brinten til optankningsstationerne findes der flere forskellige muligheder for kommunen.

Selve produktionen af brint ske enten decentralt i et mindre produktionsanlæg ved optankningsstationen eller centralt på større anlæg hvor brinten så efterfølgende distribueres ud til optankningsstationen. Ved brugssteder hvor der anvendes meget brint som f.eks. busser vil det være mest formålstjenligt at producere brint på stedet for på den måde at spare energi på distributionen. Til de brugssteder hvor forbruget ikke er så stort, er det mere hensigtsmæssigt at foretage produktionen centralt og efterfølgende distribuere brinten til brugsstedet.

Hvad angår selve etableringen af driften af infrastrukturen findes der også forskellige muligheder for Københavns Kommune. Hvad angår produktionen vil København Kommune selv kunne etablere og drive mindre decentrale anlæg mens de store centrale anlæg skal etableres og drives af energi og gas- og brændstof-forsyningsselskaber som også kan varetage distributionen af brinten. Selve optankningsstationerne som er placeret på kommunens grund og som kun anvendes af de kommunale køretøjer kan også etableres og drives af kommunen mens offentligt tilgængelige tankstationer bør drives af energi og gasforsyningsselskaberne. Såfremt det er mere økonomisk rentabelt kan kommunen også vælge at lave private aktører etablere og drive de decentrale produktionsanlæg og optankningsstationerne hvorefter kommunen betaler for optankningen som det sker på tankstationer i dag. Det skal dog bemærkes at en privat kompetent aktør bør inddrages i driften af en brinttankstation, da kompleksiteten af driften, især i begyndelsen, vil kræve dette.

Flere energi og gas- og brændstof-forsyningsselskaber såvel i Danmark som udlandet har meldt positivt ud i forhold til etablering og drift af brintinfrastruktur i København. I *Hydrogen Link Denmark* netværket og det Skandinaviske samarbejde *Scandinavian Hydrogen Highway Partnership* findes således alle de nødvendige aktører der kan sikre etableringen og driften af infrastrukturen.

**BILAG 3**  
**Projektmuligheder**

**BILAG 3**

**PROJEKTMULIGHEDER**

<b>INDHOLDSFORTEGNELSE</b>		<b>SIDE</b>
<b>1.</b>	<b>VISION FOR KØBENHAVNS KOMMUNES TRANSPORT</b>	<b>101</b>
<b>2.</b>	<b>MÅLSÆTNINGER</b>	<b>101</b>
<b>3.</b>	<b>PROJEKTER OG POLITISKE HANDLINGSTILTAG</b>	<b>102</b>
3.1	Projekter	102
3.2	Politiske handlingstiltag	104
<b>4.</b>	<b>HANDLINGSPLAN FOR PROJEKTER OG TILTAG</b>	<b>105</b>
<b>5.</b>	<b>BUDGET</b>	<b>106</b>
<b>6.</b>	<b>ORGANISERING OG PROJEKTAKTIVITETER</b>	<b>108</b>
<b>7.</b>	<b>PROJEKTKATALOG</b>	<b>109</b>
7.1	Pilot- og demonstrationsprojekter (brint)	110
7.2	Introduktionsprojekter (biobrændstoffer og batteri biler)	115

## 1. VISION FOR KØBENHAVNS KOMMUNES TRANSPORT

Anbefaling og handlingsplan for implementering og anvendelse af bæredygtige brændstoffer starter med opstillingen af en vision for København Kommunes transport år 2035:

*"Københavns Kommune skal være kendt som miljøhovedstaden i Europa hvor 100 % af alle kommunens køretøjer i 2035 er bæredygtige igennem anvendelse af biobrændstoffer, batteridrevne køretøjer og elektriske hybrid køretøjer baseret på brint og batterier, Københavns kommune skal være et forgangseksempel der er med til at drive den teknologiske udvikling og vise vejen og stimulere og motivere virksomheder og private til at gøre det samme"*

## 2. MÅLSÆTNINGER

En række målsætninger er tilknyttet visionen for at sikre dennes indfrielse, og det er således også disse målsætninger som tiltag og projekter i og handlingsplanen skal sikre opfyldelsen af.

### År 2009

Xxx projekter er gennemført for biobrændstoffer

Pilotprojekter for elektriske hybrid køretøjer baseret på batterier og brint er under gennemførelse.

### År 2012

xxx% af kommunens køretøjer anvender biobrændstof

Demonstrationsprojekter for elektriske hybrid køretøjer baseret på batterier og brint er under gennemførelse

### År 2035

55% af kommunens køretøjer anvender biobrændstof

45% af Kommunens køretøjer er elektriske hybrider baseret på batterier og brint

### 3. PROJEKTER OG POLITISKE HANDLINGSTILTAG

For at indfri målsætningerne om bæredygtige teknologier i København Kommunes transport skal en række projekter igangsættes som suppleres med politiske handlingstiltag.

Et projekt opfattes i denne kontekst som et konkret tiltag hvor en teknologi bringes i afprøvning med henblik på enten videreudvikling eller på påbegyndelse af en kommerciel introduktion. Politiske tiltag opfattes som beslutninger og rammebetingelser der muliggør eller fremmer en kommerciel introduktion af de bæredygtige teknologier i transporten.

#### 3.1 Projekter

Da de forskellige bæredygtige teknologier til transporten befinder sig på forskellige udviklings og modningstrin varierer projektypen også herefter. Der skelnes mellem to projektyper.

- **Pilot og demonstrationsprojekter** – skal bidrage til videreudvikling af en teknologi
- **Introduktionsprojekter** – vurdere om teknologi er klar til kommerciel introduktion

Brint og brændselscelle baserede elektriske hybrid køretøjer befinder sig teknologisk på et stadie hvor pilot og demonstrationsprojekter fortsat er nødvendig, mens biobrændstoffer samt el-køretøjer baseret på batterier i overvejende omfang er klar som introduktionsprojekter.

Pilot og demonstrationsprojekterne er typisk delt op i en 2 års periode med pilotafprøvning af 5-10 køretøjer og en efterfølgende periode på 2 år hvor antal køretøjer udvides til 50-100 køretøjer. Denne stigning i antal køretøjer er med til at forberede teknologien til det højere volumen der kræves for at igangsætte introduktionsprojekter og kommerciel anvendelse.

Hvad angår offentlig og anden støtte til projekterne er mulighederne herfor specifikt beskrevet indenfor de forskellige teknologier andet steds i redegørelsen. Dog kan nævnes at det primært kun er mulig at indhente ekstern støtte til pilot og demonstrationsprojekter hvor introduktionsprojekter typisk ses som værende for tæt på markedet og hovedsagelig må forventes at bæres af kunden og virksomhederne selv.

På baggrund af den omfattende analyse af efterspørgslen og indpasningsmuligheder for bæredygtige teknologier til transport som beskrevet andet steds i redegørelsen er følgende projektforslag blevet udviklet.

#### Pilot og demonstrationsprojekter

- Brændselscelle brint busser i København
  - Pilot: 2008-2010 - 1 stk. bus
  - Demonstration: 2010-2012 - 10-15 stk. busser
- Brint elektriske hybrid personbiler i Kommunen
  - Pilot: 2008-2010 – 5 stk. biler
  - Demonstration: 2010-2012 – 30-50 stk. biler
- Brint elektriske hybrid arbejdskøretøjer i Kommunen
  - Demonstration: 2008-2010 – 10 stk. arbejdskøretøjer
  - Kommerciel introduktion: 2010 → såfremt teknologi tilstrækkelig udviklet
- Brændselscelle brint havnebus i København
  - Pilot: 2010-2012 – 1 stk. havnebus
  - Demonstration: 2012 → såfremt resultater fra afprøvning er positive

- Brændselscelle elektrisk hybrid midi bus i København
  - Pilot: 2010-2012 – 1 stk. midi bus
  - Demonstration: 2012→ såfremt resultater fra afprøvning er positive

### Introduktionsprojekter

- Batteribiler i hjemmeplejen og evt. Center for Miljø
  - Introduktionsforsøg: 2008-2010 – 5 stk. biler
  - Kommerciel introduktion: 2010→ – Såfremt forsøgets resultater er positive
- Bioethanol på FFV biler (E85)
  - Pilot: 2008-2010 < 10 biler på E85 herunder X borgmesterbiler
  - Demonstration: 2010-2012 - 25 biler på E85 inklusive borgmesterbiler
  - Kommerciel introduktion: 2012→ såfremt registreringsafgift for miljøbiler ændres
- Bioethanol på benzindrevne personbiler i hjemmeplejen og Center for Miljø
  - Introduktionsforsøg: 2008→ resterende biler på E10
- Biodiesel på dieseldrevne personbiler i Center for Miljø og andre forvaltninger
  - Introduktionsforsøg: 2008→ alle biler på B5, udvalgte forsøges på B30
  - Demonstration: 2010-2012 - X biler på B30 og forsøg på Y biler med B100
  - Kommerciel introduktion: 2012→ såfremt resultater fra B30 og B100 afprøvning er positive
- Biodiesel på entreprenørmaskiner i Kalvebod Miljøcenter
  - Introduktionsforsøg: 2008→ forsøg med B30 og B100 på udvalgt materiel
  - Kommerciel introduktion: 2010→ alt materiel på B30 og B100 såfremt resultater af afprøvning er positive

Projekter hvor Københavns Kommune gennem køb af serviceydelser kan påvirke brændstofvalg:

- Bioethanol bus i København
  - Pilot: 2008-2010 – 1. stk. bus
  - Demonstration: 2010-2012 - 10-15 stk. busser
- Biodiesel busser i København
  - Pilot: 2008-2010 – 5 stk. busser
  - Demonstration: 2010-2012 – 30-50 stk. busser
- Biodiesel renovationskøretøjer i København
  - Introduktionsforsøg: 2009 – X stk. renovationskøretøjer
  - Demonstration: 2010-2012 - Y-Z stk. renovationskøretøjer
  - Kommerciel introduktion: 2012→ såfremt resultater fra afprøvning er positive

Alle projekter er yderligere beskrevet i afsnit 7 "projektkatalog" i dette bilag til redegørelsen.

### 3.2 Politiske handlingstiltag

Hvor projekterne primært skal agere som katalyserende og igangsættende for anvendelsen af de bæredygtige teknologier skal politiske handlingstiltag sikre rammebetingelser der muliggør en mere bred introduktion og kommerciel anvendelse.

Forskellige politiske handlingstiltag kan igangsættes både i Københavns Kommune og udenfor.

#### Rammebetingelser på nationalt og europæiske plan

Rammebetingelser udenfor kommunens beslutningsfelt, såsom nationale og europæiske kan kommunen naturligvis kun støtte op om, men ikke beslutte. Støtte kan gives enten i form af tilkendegivelser eller ved aktivt at deltage i og bidrage til arbejdet.

Nedenfor er sammenfattet forskellige nationale og europæiske initiativer og rammebetingelser som København Kommune med fordel kan støtte op om, da det vil gavne kommunens muligheder for at tiltrække midler til projekter og for kommerciel anvendelse af de bæredygtige teknologier.

- At beskatning af biler omlægges således at miljøvenlige biler gøres billigere og benzind- og dieselslugende biler væsentligt dyrere
- At afgiftsfritagelsen for batteri biler forlænges efter år 2009
- At Regeringens forslag om afgiftsfritagelse af brint biler gennemføres
- At typegodkendelser udvikles som muliggør indregistrering af brint drevne køretøjer
- At Energistyrelsens brintstrategi tilføres de foreslåede 200 mio. kr. årligt i 10 år
- At der oprettes en national udrulningspulje til støtte af de første 10.000 brint køretøjer
- At der på sigt opsættes bindende mål for brint og batteri elektriske hybrid bilers andel af den danske transport sektor
- At energiafgiften på biobrændstoffer afgiftslempe for at blive konkurrencedygtig i forhold til fossile brændstoffer såfremt de opfylder minimums krav til energi- CO<sub>2</sub> effektivitet samt bæredygtighed

#### Rammebetingelser og politiske handlingstiltag i Københavns Kommune

Internt i Københavns Kommune kan og bør der træffes en række politiske beslutninger og igangsættes handlingstiltag der fremmer og muliggør en anvendelse af de bæredygtige teknologier til transport. Nedenfor er sammenfattet en række mulige politiske handlingstiltag:

- Kommunal politisk beslutning om tilvejebringelse af midler til de skitserede pilot-, demonstrations- og introduktionsprojekter
- At Kommunen er en aktiv aktør i OPP samarbejder omkring projekternes realisering
- Bidrage til og deltage i *Hydrogen Link Danmark* og *Scandinavian Hydrogen Highway Partnership*, herunder et EU støttet Fyrtårnsdemonstrationsprojekter i 2010-2012
- Fastsættelse af bæredygtighedskriterier i udbud og indkøb af transport ydelser der fremmer anvendelsen af forureningsfri køretøjer
- Indførelse af miljøzoner hvor kun forureningsfri køretøjer er tilladt
- Forureningsfri køretøjer er fritaget for eventuelle fremtidige road pricing afgifter
- Forureningsfri køretøjer må anvende busbaner
- Forureningsfri køretøjer kan parkere gratis i Københavns Kommune
- Delebiler skal være forureningsfrie
- Formidlingskampagner der katalyserer ringe i vandet i forhold til private aktører og deres bidrag og tiltag til anvendelse af bæredygtige teknologier til transport



#### 4. HANDLINGSPLAN FOR PROJEKTER OG TILTAG

Nedenfor er opsat en handlingsplan for de overordnede aktiviteter der skal igangsættes i Københavns Kommune for at sikre gennemførelsen af projekter og politiske handlingstiltag.

Handlingsplan														
År →	2007		2008		2009		2010		2011		2012			
Kvartal →	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Aktivitet ↓														
<b>Pilot og demonstrationsprojekter</b>														
Fundraising og planlægning af pilotprojekter <i>MP1 – Midler til pilotprojekter er tilvejebragt</i>														
Gennemførelse af pilotprojekter <i>MP2 – Pilotprojekter er gennemført</i>														
Fundraising og planlægning af demonstrationsprojekter <i>MP3 – Midler til demonstrationsprojekter er tilvejebragt</i>														
Gennemførelse af demonstrationsprojekter <i>MP4 – Demonstrationsprojekter er gennemført</i>														
<b>Introduktionsprojekter</b>														
Planlægning af projekter og tilvejebringelse af midler <i>MP1 – Midler til projekter er tilvejebragt</i>														
Gennemførelse af projekter <i>MP2 – Projekter er gennemført</i>														
Forberedelse af videreførelse i kommerciel introduktion <i>MP3 – kommerciel introduktion påbegyndes</i>														
<b>Politiske handlingstiltag</b>														
Løbende udvikling og beslutning af handlings tiltag <i>MP1 – Beslutning om kommunale midler til projekter</i> <i>MP2 – Kommunen deltager i OPP, Hydrogen Link og SHHP</i> <i>MP3 – Bæredygtighedskriterier indbygges i udbudsmateriale</i> <i>MP4 – Forureningsfri køretøjer må anvende busbaner</i> <i>MP4 – forureningsfri køretøjer kan parkere gratis i København</i> <i>MP5 – Indførelse af miljøzoner kun for forureningsfri køretøjer</i> <i>MP6 – Forureningsfri køretøjer fritages for kørselsafgifter</i> <i>MP7 – Delebil er forureningsfri</i>														

Figur 25: Tidsplan for aktiviteter

## 5. BUDGET

Nedenfor er opstillet budget for de samlede omkostninger til realisering af henholdsvis pilot og demonstrationsprojekterne samt introduktionsprojekterne.

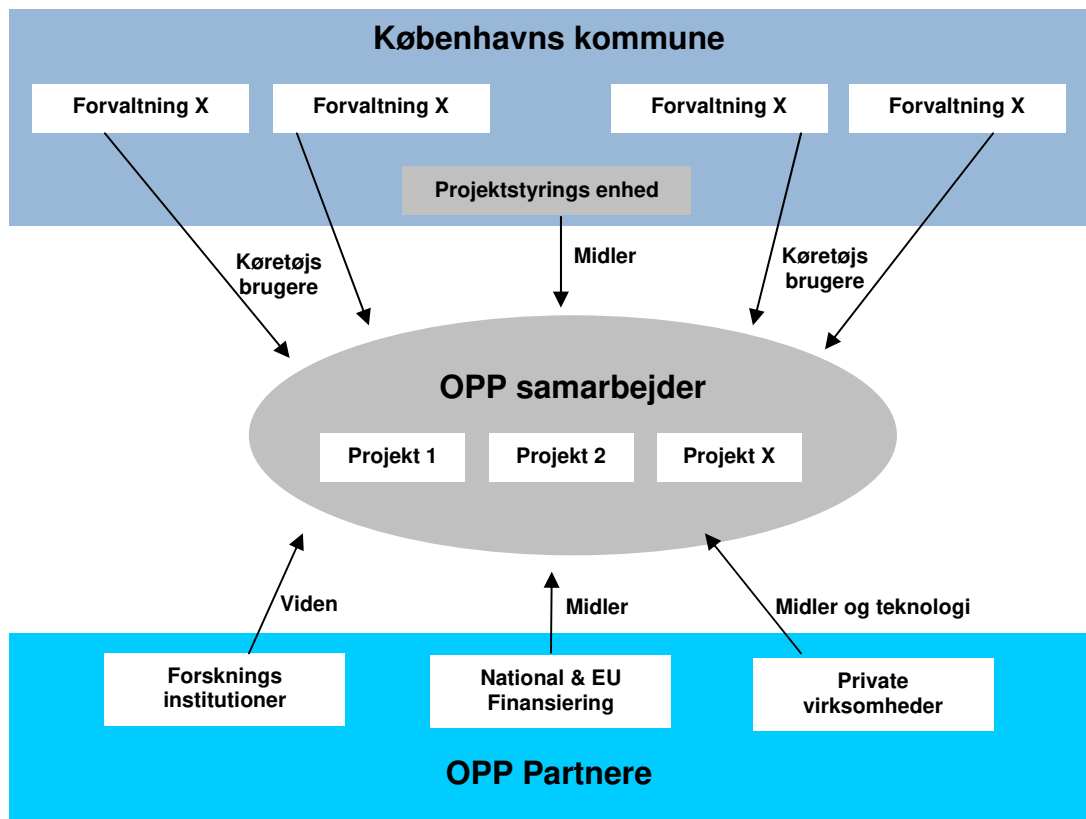
<b>Pilot og demonstrationsprojekter</b>		
<b>Projekt</b>	<b>År 2008-2010</b>	<b>År 2010-2012</b>
Brændselscelle brint busser i København	15 mio. kr.	80 mio. kr.
Brint elektriske hybrid personbiler i Kommunen	8 mio. kr.	38 mio. kr.
Brint elektriske hybrid arbejdskøretøjer i Kommunen	4,5 mio. kr.	---
Brændselscelle brint havnebus i København	---	2,5 mio. kr.
Brændselscelle elektrisk hybrid midi bus i København	---	1,5 mio. kr.
<b>TOTAL</b>	<b>27,5 mio. kr.</b>	<b>122 mio. kr.</b>
<b>Københavns Kommunes finansieringsandel</b>	<b>12-14 mio. kr.</b>	<b>20-25 mio. kr.</b>
<b>Forudsætninger</b>		
<u>Brændselscelle brint busser i København</u> 2008-2010: 1 stk. bus til 7 mio. kr. og produktions og tankstationsanlæg til 8 mio. kr. 2010-2012: 12 stk. busser á 5 mio. kr. og infrastruktur til 20 mio. kr.		
<u>Brint elektriske hybrid personbiler i Kommunen</u> 2008-2010: 5 stk. brændselscelle biler á 1,2 mio. kr. og optankningsstander til 2 mio. kr. 2010-2012: 40 stk. brændselscelle biler á 0,7 mio. kr. og infrastruktur til 10 mio. kr.		
<u>Brint elektriske hybrid arbejdskøretøjer i Kommunen</u> 2008-2010: 10 stk. brændselscellekøretøjer á 0,25 mio. kr. og optankningsstandere til 2 mio. kr.		
<u>Brændselscelle brint havnebus i København</u> 2010-2012: Konvertering af havnebus til brændselsceller 1,5 mio. kr. og optankningsstander til 1 mio. kr.		
<u>Brændselscelle elektrisk hybrid midi bus i København</u> 2010-2012: Konvertering af midibus til brændselsceller 1,5 mio. kr.		

<b>Introduktionsprojekter</b>		
<b>Projekt</b>	<b>År 2008-2010</b>	<b>År 2010-2012</b>
Batteri biler i hjemmeplejen	1,5 mio. kr.	---
Bioethanol (E85) på udvalgte biler (fx borgmesterbiler)	2,0 mio. kr.	2,3 mio. kr.
Bioethanol-hybrid (E85-elektrisk plug-in Prius)	1,1 mio. kr.	1,8 mio. kr.
Bioethanol (E10) i hjemmeplejen og Center for Miljø	5,0 mio. kr.	---
Biodiesel (B5-B30) på dieselskøretøjer	5,0 mio. kr.	---
Biodiesel (B30-B100) på udvalgt entreprenørmateriel	0,5 mio. kr.	---
Bioethanol (E85) på busser	4,5 mio. kr.	10,0 mio. kr.
Biodiesel (B30-B100) på busser	2,0 mio. kr.	---
Biodiesel, evt. ethanol, på renovationskøretøjer	0,5 mio. kr.	0,5 mio. kr.
<b>TOTAL</b>	<b>22,1 mio. kr.</b>	<b>14,6 mio. kr.</b>
<b>Forudsætninger</b>		
<p><u>Batteri biler i hjemmeplejen og Center for Miljø</u>                      2008-2010: 5 stk. biler á 0,3 mio. kr. og etablering af oplader 0,6 mio. kr.; i alt 2,1 mio. kr. – dog er merpris 1,5 mio. kr. hvis det sker i forbindelse med planlagt udskiftning af biler</p>		
<p><u>Bioethanol (E85) på udvalgte biler</u>                      2008-2010: 10 stk. FFV á 0,3 mio. kr. og etablering af E85-stander á 0,5 mio. kr.; i alt 3,5 mio. kr. – heraf udgør merpris ved udskiftning til FFV 1,5 mio. kr. hvis det sker i forbindelse med planlagt udskiftning af biler                      2010-2012: 15 stk. FFV á 0,3 mio. kr.; i alt 4,5 mio. kr. – heraf udgør merpris ved udskiftning til FFV 2,3 mio. kr. hvis det sker i forbindelse med planlagt udskiftning af biler</p>		
<p><u>Bioethanol-hybrid (E85-elektrisk plug-in Prius)</u>                      2008-2010: 1 stk. modificeret Prius á anslået 0,6 mio. kr. og evt. etablering af E85-stander og/eller opladningsstander á 0,5 mio. kr.                      2010-2012: 3 stk. modificeret Prius á 0,6 mio. kr.</p>		
<p><u>Bioethanol (E10) i hjemmeplejen og Center for Miljø</u>                      2008-2010: Etablering af 10 standere á 0,5 mio. kr.</p>		
<p><u>Biodiesel (B5-B30) på dieselskøretøjer</u>                      2008-2010: Etablering af 10 standere á 0,5 mio. kr.</p>		
<p><u>Biodiesel (B30-B100) på udvalgt entreprenørmateriel</u>                      2008-2010: Etablering af 1 tank á 0,5 mio. kr.</p>		
<p><u>Bioethanol (E85) på busser</u>                      2008-2010: 2 stk. ethanol-bus á 2,0 mio. kr. Etablering af 1 stander á 0,5 mio. kr.                      2010-2012: 5 stk. ethanol-bus á 2,0 mio. kr.</p>		
<p><u>Biodiesel (B30-B100) på busser</u>                      2008-2010: Etablering af 4 standere á 0,5 mio. kr.</p>		
<p><u>Biodiesel, evt. ethanol, på renovationskøretøjer</u>                      2008-2010: Etablering af 1 stander á 0,5 mio. kr.                      2010-2012: Etablering af 1 stander á 0,5 mio. kr.</p>		

## 6. ORGANISERING AF PROJEKTAKTIVITETER

En organisationsstruktur af projektaktiviteterne i Københavns Kommune er nødvendig, dels fordi projekterne sker på tværs af forskellige forvaltninger og dels fordi især pilot og demonstrationsprojekterne forventes at ske igennem Offentlig Privat Partnerskab (OPP) samarbejder for at fremskaffe den resterende finansiering.

Nedenstående organisationsstruktur forslås derfor etableret.



Figur 26: Organisation af projektimplementering

I Københavns Kommune etableres en fælles projektstyringsenhed som er den der på Kommunens vegne indgår i OPP-samarbejderne omkring projekterne. Det er således projektstyringsenheden der koordinerer de forskellige forvaltningers deltagelse i projekterne og som varetager Kommunens økonomiske bidrag til OPP-samarbejderne og projekterne.

På operationelt niveau er de forskellige forvaltninger naturligvis modtagere og brugere af de køretøjer som sættes i drift i projekterne.

For især pilot og demonstrationsprojekterne er det ovenstående OPP samarbejdsform der skal sikre og muliggøre at Københavns Kommune kan geare deres investering med nationale, EU og private midler så det samlede budget på den måde kan finansieres.

OPP har hidtil primært været anvendt i Danmark i forbindelse med bygge- og anlægsarbejder og der eksisterer derfor meget få erfaringer med anvendelsen indenfor udviklings og

demonstrationsprojekter. Indenfor brint og brændselscelle området har Energistyrelsen dog igangsat et Partnerskab der kan danne ramme om OPP samarbejder i konkrete udviklings og demonstrationsprojekter. Indenfor brint og brændselscelle partnerskabet er de første erfaringer og værktøjer til OPP under udvikling. De forslåede brintprojekter i Københavns Kommune er tænkt ind i en sammenhæng med det nationale *Hydrogen Link* netværk som er en hovedaktivitet i det national Partnerskab for brint og brændselsceller og kan således drage nytte af og bygge på OPP erfaringerne heri.



## 7. PROJEKTKATALOG


Fælles for alle projektforslagene er, at Center for Miljø vil have en overordnet koordinerende rolle med hensyn til evaluering og miljøeffektvurderingen af igangsatte projekter.

I denne Redegørelse er skelnet mellem "*pilot og demonstration*" og "*introduktion*". Ved *pilot og demonstration* forstås projekter der udover investeringer vil være forbundet med en række ekstra omkostninger ved evaluering og optimering af teknologien, træning af involverede medarbejdere samt information til medarbejdere i organisationen samt til offentligheden. Pilotprojekterne vil være deciderede "vinduesprojekter" med den mest avancerede teknologi indenfor hybrid, el og brint på trods af de evt. mangler i effektivitet og miljøgevinst de måtte have på nuværende tidspunkt.


*Introduktionsprojekter* har til hensigt at introducere brændstoffer og teknologier der er kommercielle men som endnu ikke udbredte i Danmark og hvor Københavns Kommune kan gå foran. Introduktionsprojekter bør som hovedregel finansieres over driften og inkludere en evt. merpris på en leveret ydelse eller brændstof. Der har været en generel positiv vurdering i Center for Miljø og de øvrige centre under Teknik og Miljøforvaltningen samt hos de øvrige forvaltninger i Københavns Kommune til løsninger med biobrændstoffer. Det vurderes at dette kan få en stor signalværdi og miljøforbedring, dog er der et vist forbehold overfor afprøvning af bioethanol til busdrift, projektforslag 12.



## 7.1 Pilot- og demonstrationsprojekter (brint)



<b>Projektforslag 1. Brændselscelle brint busser i København</b>
<b>Projektbeskrivelse:</b> 2008-2010 pilotafprøvning af brint bybus baseret på brændselsceller i Københavns Kommune, eksempelvis på linie 5A den mest anvendte bybuslinie i Danmark eller som en Shuttlebus til Malmø.
<b>Modtager af projektet:</b> Trafikselskabet MOVIA og Økonomiforvaltningen
<b>Brugere af projektet:</b> Folk der anvender offentlige transportmidler i Københavns Kommune.
<b>Aktører:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Københavns Kommune</li><li>• Teknologi og køretøjsleverandører</li><li>• Energi og gas- og brændstof-forsyningsselskaber</li><li>• Aktører fra <i>Hydrogen Link</i> og <i>Scandinavian Hydrogen Highway Partnership</i></li></ul>
<b>Antagelser (fordele):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ingen støj som forbrændingsmotor og partikler – udstødning rent vand</li><li>• Brint kan produceres på basis af vedvarende energi, fossilt uafhængig</li><li>• Stor visuel effekt for brugere i Københavns kommune som beboere og besøgende/turister</li></ul>
<b>Trusler (ulemper):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Over dobbelt så dyr som almindelig busser</li><li>• Mindre rækkevidde end diesel busser</li></ul>
<b>Økonomi:</b> Busserne der kørte i EU CUTE projektet kostede omkring 12-14 millioner pr. stk. Priserne er faldet betydelig og vil også afhænge af muligheden for at pulje indkøb af busser med andre projekter i Norden og storbyer i Europa. En pris omkring ca. 6-8 millioner pr. brint bus forventes at være realistisk. Brint forudsættes leveret til samme pris som benzin/diesel hvilket er normalen i andre Europæiske projekter. Pris for medfølgende brint produktionsanlæg og optakningsenhed 6-10 mio. kr. i alt.
<b>Aktivitet:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Projektsammensætning af aktører</li><li>2. Ansøgning til nationale midler</li><li>3. Opstart af projekt</li><li>4. Bus i drift</li></ol>
<b>Potentiale på sigt:</b> At Københavns Kommune i år 2010 – 2012 deltager i et Skandinavisk EU støttet fyrtårns demonstrationsprojekt med 15-20 busser i drift i København, hvilket vil bringe byen med i front indenfor anvendelsen af brint som drivmiddel. På længere sigt efter 2015 kan brintbusser introduceres på tidlig kommercielle vilkår i bybusdriften.
 

<b>Projektforslag 2. Brint elektriske hybrid personbiler i Kommunen</b>
<b>Projektbeskrivelse:</b> 2008-2010 pilotafprøvning af op til 5 stk. brint elektriske hybrid personbiler i forskellige forvaltninger i Københavns Kommune. Køretøjerne baseres enten på brændselsceller eller forbrændingsmotor teknologier.
<b>Modtager af projektet:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Center for Miljø og Vej &amp; Park</li><li>• Sundheds- og Omsorgsforvaltningen</li><li>• KTK</li><li>• Ejendomsforvaltningen</li></ul>
<b>Brugere af projektet:</b> Køretøjsbrugerne i de forskellige forvaltninger og afdelinger
<b>Aktører:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Københavns Kommune</li><li>• Teknologi og køretøjsleverandører</li><li>• Energi og gas- og brændstof-forsyningsselskaber</li><li>• Aktører fra Hydrogen Link og Scandinavian Hydrogen Highway Partnership</li></ul>
<b>Antagelser (fordele):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ingen støj og partikel udledning hvis baseret på brændselsceller</li><li>• Brint kan produceres på basis af vedvarende energi, fossilt uafhængig</li><li>• Stor visuel effekt for brugere i Københavns kommune</li><li>• Ingen afgift på brint biler</li></ul>
<b>Trusler (ulemper):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Forbrændingsmotor løsningen er mindre effektiv og udleder små mængder partikler</li><li>• Begge teknologier (forbrændingsmotor og brændselsceller) er væsentligt dyrere end batteri og benzin biler</li><li>• Ikke anvendelig til langdistance kørsel udenfor Storkøbenhavn</li></ul>
<b>Økonomi:</b> Pris for brændselscellebaseret løsning: ca. 1,2 mio. kr. pr. bil Pris for forbrændingsmotorbaseret løsning: ca. 0,5 – 0,8 mio. kr. pr. bil. Pris for medfølgende brint optagningsenhed 2 mio. kr.
<b>Aktivitet:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Projektsammensætning af aktører</li><li>2. Ansøgning om nationale midler</li><li>3. Opstart af projekt</li><li>4. Biler i drift</li></ol>
<b>Potentiale på sigt:</b> At Københavns Kommune i år 2010 – 2012 deltager i et Skandinavisk EU støttet fyrtårns demonstrationsprojekt med 30-50 personbiler i drift i København, hvormed byen vil være i front indenfor anvendelsen af brint som drivmiddel. På sigt at 45 % af alle køretøjer i København Kommune i 2035 er baseret på batterier og brint elektriske hybrider.








<b>Projektforslag 3. Brændselscelle elektriske hybrid arbejdskøretøjer i Kommunen</b>
<b>Projektbeskrivelse:</b> År 2008-2010 demonstration af op til 10 stk. mindre brændselscelle elektriske hybrid arbejdskøretøjer i forskellige forvaltninger i Københavns Kommune, som en del af et nationalt demonstrationsprojekt med samlet 50-100 arbejdskøretøjer i byer rundt om i Danmark.
<b>Modtager af projektet:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Købehavns kirkegårde (Vestre Kirkegård og Bispebjerg Kirkegård)</li><li>• Ejendomsforvaltningen (Kødbyen og Fælledparken)</li><li>• KTK (Rådhuspladsen og Strøget)</li></ul>
<b>Brugere af projektet:</b> Køretøjsbrugerne i de forskellige forvaltninger og afdelinger
<b>Aktører:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Københavns Kommune</li><li>• Teknologi og køretøjsleverandører</li><li>• Energi og gas- og brændstof-forsyningselskaber</li><li>• Aktører fra Hydrogen Link og Scandinavian Hydrogen Highway Partnership</li></ul>
<b>Antagelser (fordele):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mindre larm og forstyrrelser ved anvendelsen af køretøjerne</li><li>• Længere driftstid og hurtigere optankning end på batterier</li><li>• Ingen partikel forurening</li><li>• Brint kan produceres på basis af vedvarende energi, fossilt uafhængig</li><li>• Stor visuel effekt for borgerne i Københavns Kommune</li></ul>
<b>Trusler (ulemp):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Brændselscelleteknologien er dyr og stadig under udvikling og afprøvning</li></ul>
<b>Økonomi:</b> Pris pr. køretøj ca. 200.000-300.000 kr. afhængig af køretøjstypen og anvendelsen. Pris for medfølgende brint optakningsenheder 1,5-2,5 mio. kr. i alt.
<b>Aktivitet:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Projektsammensætning af aktører</li><li>2. Ansøgning om yderligere midler fra forskellige programmer</li><li>3. Opstart af projekt</li><li>4. Arbejdskøretøjer i drift</li></ol>
<b>Potentiale på sigt:</b> År 2010 → tidlig kommerciel introduktion af mindre brint batteri elektriske hybrid arbejdskøretøjer. På sigt at 45 % af alle køretøjer i København Kommune i 2035 er baseret på batterier og brint elektriske hybrider.


<b>Projektforslag 4. Brændselscelle Brint havnebus i København</b>
<b>Projektbeskrivelse:</b> År 2010-2012 pilotafprøvning af brint drevet havnebus i København baseret på brændselsceller.
<b>Modtager af projektet:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• MOVIA Trafikselskabet og Økonomiforvaltningen</li><li>• Private aktører f.eks. pågældende entreprenør</li></ul>
<b>Brugere af projektet:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Brugere af havnebusser</li></ul>
<b>Aktører:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Københavns Kommune</li><li>• Teknologi og fartøjsleverandører</li><li>• Energi og gas- og brændstof-forsyningsselskaber</li></ul>
<b>Antagelser (fordele):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ingen støj og udledning af partikler</li><li>• Muliggør erstatning af fossile brændstoffer og forbrændingsmotorer til mindre havnefartøjer</li><li>• Stor visuel effekt for borgerne i Københavns Kommune</li></ul>
<b>Trusler (ulemp):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Brændselscelleteknologien er dyr og stadig under udvikling og afprøvning</li></ul>
<b>Økonomi:</b> Pris for konvertering af elektrisk drevet havnefartøj til brændselsceller og brint ca. 1-2 mio. kr. Pris for medfølgende brint optagningsenheder 1 mio. kr. i alt.
<b>Aktivitet:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Projektsammensætning af aktører</li><li>2. Ansøgning om yderligere midler fra forskellige programmer</li><li>3. Opstart af projekt</li><li>4. Havnefartøj i drift</li></ol>
<b>Potentiale på sigt:</b> Efter år 2012 yderligere afprøvning i demonstrationsprojekter i større styktal. På sigt tidlig kommerciel introduktion af brintdrevne havnebusser i Københavns Kommune.
 

<b>Projektforslag 5. Brændselscelle elektriske hybrid midi busser i København</b>
<b>Projektbeskrivelse:</b> År 2010-2012 pilotafprøvning af brændselscelle elektrisk midi bus i København.
<b>Modtager af projektet:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• MOVIA Trafikselskabet og Økonomiforvaltningen</li></ul>
<b>Brugere af projektet:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Brugere af midi busser</li></ul>
<b>Aktører:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Københavns Kommune</li><li>• Teknologi og køretøjsleverandører</li><li>• Energi og gas- og brændstof-forsyningsselskaber</li></ul>
<b>Antagelser (fordele):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ingen støj og udledning af partikler</li><li>• Muliggør erstatning af fossile brændstoffer og forbrændingsmotorer til mindre busser</li><li>• Stor visuel effekt for borgerne og turister i Københavns Kommune</li></ul>
<b>Trusler (ulempes):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Brændselscelleteknologien er dyr og stadig under udvikling og afprøvning</li></ul>
<b>Økonomi:</b> Pris for konvertering af elektrisk drevet midibus til brændselsceller og brint ca. 1-2 mio. kr. Det forudsættes at eksisterende brint infrastruktur kan anvendes.
<b>Aktivitet:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Projektsammensætning af aktører</li><li>2. Ansøgning om yderligere midler fra forskellige programmer</li><li>3. Opstart af projekt</li><li>4. Midibus i drift</li></ol>
<b>Potentiale på sigt:</b> Efter år 2012 yderligere afprøvning i demonstrationsprojekter i større styktal. På sigt tidlig kommerciel introduktion af brint og batteri elektriske hybrid midibusser i Københavns Kommune.
 


## 7.2 Introduktionsprojekter (biobrændstoffer og batteri biler)

<b>Projektforslag 6. Batteri biler i hjemmeplejen og Center for Miljø</b>
<b>Projektbeskrivelse:</b> Introduktionsprojekt for at afklare mulighederne for en senere kommerciel anvendelse af batteri biler i København Kommunes hjemmepleje køretøjer.
<b>Modtager af projektet:</b> Ejendomsforvaltningen og Hjemmeplejen. <i>Hjemmeplejen</i> 5-10 biler i 2008-2010 der gradvis kan udvides. Hjemmeplejen har i dag omkring 100 biler kørende på benzin. Kørsel pr. dag omkring 30-80km. Batteridrevet bil vil kunne klare kørselbehovet med teknologien i dag. Bilerne opmagasineres centralt i dag. <i>Ejendomsforvaltningen</i> 1-2 Udlåns bil på batteri i 2008-2010 til Ejendomsforvaltningens personale. Udmærker sig ved at være småture, opmagasineret centralt, kun behov for 2 sæder til passagerer. Batterierne vil kunne klare driftsbehovet i dag pr. dag
<b>Brugere af projektet:</b> Ejendomsforvaltningen og Hjemmeplejen under Københavns Kommune
<b>Antagelser (fordele):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ingen støj og partikler</li><li>• Let at implementere – kommerciel teknologi</li><li>• Større miljøeffekt end få dyre hybrid/brændselscelle biler</li></ul>
<b>Aktører:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Københavns Kommune</li><li>• Teknologi og køretøjsleverandører</li></ul>
<b>Trusler (ulempen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tidligere begrænset og dårlig erfaring med batterikøretøjer</li><li>• Udbuddet af elbiler er begrænset</li></ul>
<b>Økonomi:</b> Batteri drevne køretøjer er afgiftsfritaget i Danmark dog er prisen stadig højere end eksempelvis benzinbiler med afgift. Prisen for en mindre elbil vurderes til at koste omkring 250.000-350.000 kr. Hertil kommer omkostninger til vedligehold på omkring 10-15.000 kr. årligt pr. bil.
<b>Aktivitet:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Valg af brugere</li><li>2. Indkøb af biler</li><li>3. Biler i drift</li><li>4. Løbende opfølgning og vidensdeling</li></ol>
<b>Potentiale på sigt:</b> At 45 % af alle køretøjer i København Kommune i 2035 er baseret på batterier og brint elektriske hybrider.
  

<b>Projektforslag 7. Bioethanol (E85) på udvalgte biler (fx borgmesterbil)</b>
<b>Beskrivelse af projektet:</b> Bioethanol som brændstof i Center for Miljø og Hjemmeplejens biler. Bioethanolen introduceres som E85 – en blanding af 85 % bioethanol og 15 % benzin og der indkøbes flexi fuel biler, da 'almindelige' biler ikke kan køre på E85
<b>Modtagere og brugere af projektet:</b> Center for Miljø og Hjemmeplejen i Københavns Kommune
<b>Aktiviteter:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Aftale om leverance af E85 på nærmeste Statoil-tank, hvor der også etableres en E85 stander.</li><li>2. Indkøb af op til 10 Fuel Flexible Vehicles, fx Ford</li><li>3. Instruktion af brugere i optankning ved særlig stander, samt introduktion af E85 som brændstof.</li><li>4. Løbende evaluering af projektet og indflydelsen på emissionsniveauer</li></ol>
<b>Aktører:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Københavns Kommune</li><li>• Statoil (leverance af 1. generation bioethanol), alternativt anden leverandør.</li><li>• Amagerforbrænding (leverance 2. generation bioethanol på længere sigt).</li></ul>
<b>Tidsplan:</b> <p>1. generation bioethanol er i princippet kommerciel, og kan allerede tankes som E5 på Statoil. Import af bioethanol kan arrangeres af Statoil i 2007, således at der kan tankes E85.</p> <p>2. generation bioethanol er endnu ikke kommercielt tilgængelig, men teknologien er under udvikling og optimering. En produktion heraf kan forventes i 2008 – 2010, men vil afhænge af teknologiudviklingen og Amagerforbrændings 'succes' med Renaissance projektet samt IBUS og Maxifuel-koncepternes kommercialisering.</p>
<b>Økonomi:</b> <p>Anslået ekstrapris på E85 er 0,85 kr./liter, derudover vil der være ekstraomkostninger forbundet med brugen af bioethanol, da energiindholdet heri er mindre hvilket reducerer aktionsradiusen (bilerne skal tankes oftere). Omkostninger til etablering af stander vurderes at være omkring 500.000 kr.</p> <p>Indkøb af 10 flexi fuel biler til en pris af 300.000 kr./stk., der afskrives over 10 år med en rente på 4 % p.a. giver 363.000 kr. i årlig afskrivning.</p> <p>Benzin-indkøb er 5.200 liter à 9 kr./liter erstattet af 7.300 liter E85 à 9,85 kr. liter. Differencen svarer til 25.100 kr. i meromkostning for E85</p>
<b>Antagelser:</b> <p>Kørsel af 10 biler gennemsnitlig 25.000 km på 4 år, hvilket svarer til 62.500 km pr. år eller ca. 5.200 liter benzin/år eller 7.300 liter E85/år.</p> <p>Det antages at udgifter til etablering af E85 stander udgør 500.000 kr.</p>
<b>Miljø:</b> <p>CO<sub>2</sub>-emission fra benzinbiler der kører 62.500 km. pr. år ~10,3 tons/år</p> <p>Reduktionspotentiallet ved 62.500 km på E85: ~ 7,5 tons CO<sub>2</sub>/år.</p> <p>Reduktionsomkostning anslået 3.347 kr./ton CO<sub>2</sub> eksklusiv investeringen i FFV, hvis denne investering regnes at erstatte en almindelig bil.</p> <p>Øvrige emissioner vil være uændrede.</p>
<b>Trusler:</b> <p>Dårlige erfaringer fra tidligere projekter kan være en barriere for projektets succes.</p> <p>Forslaget er ikke en billig løsning, men er relativt ufølsomt overfor forskellige trusler. Det påhviler brændselsleverandøren at sikre at leverancerne ikke forurenes med vand, der binder sig til ethanol</p>
<b>Vision:</b> <p>Samtlige af Center for Miljø og Hjemmeplejens biler skal køre på E85. Dette vil også have væsentlig indflydelse på opstarten af et marked for E85 biler i Danmark.</p>




<b>Projektforslag 8. Bioethanol - hybrid (E85-elektrisk som plug-in Prius)</b>																				
<b>Beskrivelse af projektet:</b> Borgmesterbil som Plug-in hybrid med E85 generator																				
<b>Modtager af projektet:</b> Borgmestre i Københavns Kommune																				
<b>Brugere af projektet:</b> Borgmestre og deres chauffører																				
<b>Aktiviteter</b> 1. Etablering af opladningssteder på en eller flere centrale steder 2. Etablering af E85-stander på central optankningsplads																				
<b>Aktører:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Københavns Kommune</li> <li>• Statoil eller anden leverandør,</li> <li>• Toyota eller anden leverandør af plug-in hybrid</li> </ul>																				
<b>Tidsplan:</b> Primo 2008																				
<b>Økonomi:</b> Anslået ekstrapris på E85 er 0,85 kr./liter, derudover vil der være ekstraomkostninger forbundet med brugen af bioethanol, da energiindholdet heri er mindre hvilket reducerer aktionsradiusen (bilerne skal tankes oftere). Omkostninger til etablering af tank vurderes at være omkring 500.000 kr. Indkøb af 3 hybrid (benzin-el) biler og ombygning til plug-in og bio-ethanol generator anslås at udgøre 600.000 kr./stk, der afskrives over 10 år med en rente på 4 % p.a. giver 218.000 kr. i årlig afskrivning. Ændrede driftsomkostninger er ikke opgjort, da der er mange influerende faktorer, der ikke kendes. Der er tale om et pilot-projekt i den forstand.																				
<b>Antagelser:</b> Mulighed for ombygning af Prius til ønsket model, fx jf. <a href="http://www.calcars.org">www.calcars.org</a> , Prius+ projekt.  1 mile = 1,6 km; 1 gallon [US, liquid] = 3,79 liter  Emissioner fra generator i forhold til almindelig benzinmotor er ca. uændret. Der anvendes 1,47 liter E85 for hver liter benzin erstattet E85-elektrisk Prius som plug-in forventes introduceret på markedet i 2008/09. Den nuværende Prius er ikke en plug-in.																				
<b>Miljø:</b> Emissioner pr. forbrændt liter benzin 2,4 kg CO <sub>2</sub> /liter.  Emission pr. kWh el:  <div style="text-align: center;"> <p><b>Miljødeklaration for el leveret i Østdanmark 2006</b></p> <p>Deklaration for el leveret til forbrug via nettet</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><b>Emissioner til luft g/kWh</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CO<sub>2</sub> (Kuldioxid - drivhusgas)</td> <td>586</td> </tr> <tr> <td>CH<sub>4</sub> (Metan - drivhusgas)</td> <td>0,16</td> </tr> <tr> <td>N<sub>2</sub>O (Lattergas - drivhusgas)</td> <td>0,009</td> </tr> <tr> <td>Drivhusgasser i alt (CO<sub>2</sub>-ækvivalenter)</td> <td>592</td> </tr> <tr> <td>SO<sub>2</sub> (Svovldioxid)</td> <td>0,31</td> </tr> <tr> <td>NO<sub>x</sub> (Kvælstofilter)</td> <td>0,74</td> </tr> <tr> <td>CO (Kulilte)</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td>NMVOG (Uforbrændte)</td> <td>0,04</td> </tr> <tr> <td>Partikler</td> <td>0,02</td> </tr> </tbody> </table> </div>	<b>Emissioner til luft g/kWh</b>		CO <sub>2</sub> (Kuldioxid - drivhusgas)	586	CH <sub>4</sub> (Metan - drivhusgas)	0,16	N <sub>2</sub> O (Lattergas - drivhusgas)	0,009	Drivhusgasser i alt (CO <sub>2</sub> -ækvivalenter)	592	SO <sub>2</sub> (Svovldioxid)	0,31	NO <sub>x</sub> (Kvælstofilter)	0,74	CO (Kulilte)	0,15	NMVOG (Uforbrændte)	0,04	Partikler	0,02
<b>Emissioner til luft g/kWh</b>																				
CO <sub>2</sub> (Kuldioxid - drivhusgas)	586																			
CH <sub>4</sub> (Metan - drivhusgas)	0,16																			
N <sub>2</sub> O (Lattergas - drivhusgas)	0,009																			
Drivhusgasser i alt (CO <sub>2</sub> -ækvivalenter)	592																			
SO <sub>2</sub> (Svovldioxid)	0,31																			
NO <sub>x</sub> (Kvælstofilter)	0,74																			
CO (Kulilte)	0,15																			
NMVOG (Uforbrændte)	0,04																			
Partikler	0,02																			
I miljødeklarationen er ikke medtaget emissioner ved fx udvinding af kul. Derfor er der ikke tale om en																				

<b>Projektforslag 8. Bioethanol - hybrid (E85-elektrisk som plug-in Prius)</b>
<p>fuldstændig opgørelse af miljøkonsekvenserne ved brug af diverse køretøjer.</p> <p>Prius i almindelig drift 23,2 km/liter ~ 103,3 g CO<sub>2</sub>.eq/km (tank to wheel)</p> <p>Modificeret Prius, Plug-in med Litium-ion batteri med benzindrevet generator:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Ren elektrisk drift op til 56 km (35 miles): 200 Wh/mile eller 125 Wh/km ved under 55 km/t. Giver en emission på ca. 74,0 g CO<sub>2</sub>.eq/km (tank to wheel).</li><li>- Kombineret tur på 112 km (70 miles), 80 % lande/motorvej ved 88 km/timen (55 mph) og 20 % bykørsel: Giver et energiforbrug på benzinforgbrug på 63,3 km/liter (120-180 mpg, miles per gallon) plus el 83 Wh/km (115-150 Wh/mile). Dette giver en anslået drivhusgasemission på ca. 86,9 g CO<sub>2</sub>.eq/km (tank to wheel).</li></ul> <p>Modificeret Prius, Plug-in med Litium-ion batteri med E85-drevet generator:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Kombineret tur på 112 km (70 miles), 80 % lande/motorvej ved 88 km/timen (55 mph) og 20 % bykørsel: Giver et energiforbrug på E85-forbrug på 50,7 km/liter plus el 83 Wh/km (115-150 Wh/mile). Dette giver en anslået drivhusgasemission på ca. 56,1 g CO<sub>2</sub>.eq/km (tank to wheel).</li></ul> <p>Modificeret Prius med E85-generator:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Estimeret til at køre 18,6 km/l E85 (mod 23,2 km/liter benzin) og 19,4 g CO<sub>2</sub>.eq/km (tank to wheel).</li></ul>
<p><b>Trusler:</b> Afprøvning af kendte teknologier i ny kombination. Det påhviler brændselsleverandøren at sikre at leverancerne ikke forurenes med vand, der binder sig til ethanol.</p>
<p><b>Vision:</b> At pilot-teste anvendelsen af kombinationen af plug-in hybrider og biobrændstoffer i almindelig drift i Danmark.</p>




<b>Projektforslag 9. Bioethanol (E10) i hjemmeplejen og Center for Miljø</b>
<b>Projektbeskrivelse:</b> Bioethanol som brændstof i Hjemmeplejens ca. 100 biler (Suzuki) Bioethanolen introduceres som E10 – en blanding af 10 % bioethanol og 90 % benzin, som hjemmeplejens biler kan køre på og stadig overholde krav til garanti på bilerne. Opstart af projektet til demonstration kan foregå ved introduktion på et af hjemmeplejens centre
<b>Modtagere og brugere af projektet:</b> Sundheds- og Omsorgsforvaltningen i Københavns Kommune – Hjemmeplejen
<b>Aktiviteter</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Aftale om leverance af E10 på nærmeste Statoil-tank eller etablering af bioethanol stander i umiddelbar nærhed af det relevante hjemmeplejecenter.</li><li>2. Instruktion af brugere i optankning ved særlig stander samt introduktion af E10 som brændstof.</li><li>3. Løbende evaluering af projektet</li></ol>
<b>Aktører:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Københavns Kommune,</li><li>• Statoil (leverance af 1. generation bioethanol), alternativt anden leverandør.</li><li>• Amagerforbrænding (2. generation bioethanol på længere sigt).</li></ul>
<b>Tidsplan:</b> <p>1. generation bioethanol er i princippet kommerciel, og kan allerede tankes som E5 på Statoil. Import af bioethanol kan arrangeres af Statoil i 2007, således at der kan tankes E10.</p> <p>2. generation bioethanol er endnu ikke kommercielt tilgængelig, men teknologien er under udvikling og optimering. En produktion heraf kan forventes i 2008 – 2010, men vil afhænge af teknologiudviklingen og Amagerforbrændings 'succes' med Renaissance projektet samt IBUS og Maxifuel-koncepternes kommercialisering.</p>
<b>Økonomi:</b> <p>Anslået ekstrapris på E10 som brændstof er 0,10 kr./liter, derudover vil der være ekstraomkostninger forbundet med brugen af bioethanol, da energiindholdet heri er mindre hvilket reducerer aktionsradiusen (bilerne skal tankes oftere). Omkostninger til etablering af stander vurderes at være omkring 500.000 kr.</p>
<b>Antagelser:</b> <p>I de miljømæssige eksempler er foretaget følgende antagelser:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Scenario 1: Hjemmeplejen har ca. 100 biler, der kører ca. 12.000 km/år/bil. Beregninger er foretaget på baggrund af tal for 1. generation bioethanol</li><li>• Scenario 2: Udgangspunkt i ét af hjemmeplejens centre med 10 biler og kørselsdistancer på 60 km./dag.</li></ul> <p>Det antages i begge scenarier, at Statoil står for udgifter til etablering af E10 stander; 500.000 kr.</p>
<b>Miljø:</b> <p>CO<sub>2</sub>-emission fra benzin er 165 g CO<sub>2eq</sub>/km og fra 1. generation bioethanol 23 g CO<sub>2eq</sub>/km</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Scenario 1:<ol style="list-style-type: none"><li>1. Ved brug af benzin udledes → 198 ton CO<sub>2eq</sub>/år</li><li>2. Ved brug af 10 % bioethanol iblanding udledes → 181 ton CO<sub>2eq</sub>/år</li></ol>Forskelle → 17 ton CO<sub>2eq</sub>/år</li><li>• Scenario 2:<ol style="list-style-type: none"><li>1. Ved brug af benzin udledes → 36 ton CO<sub>2eq</sub>/år</li><li>2. Ved brug af 10 % bioethanol iblanding udledes → 33 ton CO<sub>2eq</sub>/år</li></ol>Forskelle → 3 ton CO<sub>2eq</sub>/år</li></ul> <p>Øvrige emissioner vil være uændrede</p>
<b>CO<sub>2</sub>-reduktionssomkostninger:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Scenario 1:<ol style="list-style-type: none"><li>1. Anslået ekstraomkostning ved brug af 104.700 liter E10 (100.000 liter benzin) → 52.770 kr.</li><li>2. CO<sub>2</sub>-reduktion → 17 ton CO<sub>2eq</sub>/år → Reduktionsomkostning 3104 kr./ton CO<sub>2</sub>.</li></ol></li><li>• Scenario 2:<ol style="list-style-type: none"><li>1. Anslået ekstraomkostning ved brug af 19.108 liter E10 (18.250 liter benzin) → 9631 kr.</li><li>2. CO<sub>2</sub>-reduktion → 3 ton CO<sub>2eq</sub>/år → Reduktionsomkostning 3210 kr./ton</li></ol></li></ul>
<b>Trusler:</b>


**Projektforslag 9. Bioethanol (E10) i hjemmeplejen og Center for Miljø**

Dårlige erfaringer fra tidligere projekter kan være en barriere for projektets succes og det anbefales derfor, at projektet i første omgang startes op på et af hjemmeplejens centre.

**Vision:**

Samtlige af hjemmeplejens biler skal køre med E10 – hvis erfaringer herfra er positive kan det overvejes at investere i flexi fuel biler, der kan køre på E85. Dette vil også give en mere markant reduktion i CO<sub>2</sub> emissionerne.



<b>Projektforslag 10. Biodiesel på biler i Center for Miljø</b>
<b>Beskrivelse af projektet:</b> Biodiesel i 6 Citroën Jumper i Center for Miljø.
<b>Modtager af projektet:</b> Skadedyrs bekæmperne i Center for Miljø
<b>Brugere af projektet:</b> Skadedyrbekæmperne i Center for Miljø
<b>Aktiviteter</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Indhentning af garanti/accept af forsøg hos Citroën</li><li>2. Aftale om leverance af B30 eller B100, evt. på nærmeste Statoil.</li><li>3. Evt. ombygning af biler (B30 = garanti; B100 = mulig ombygning)</li><li>4. Evt. løbende omstilling af øvrige køretøjer.</li><li>5. Montage af partikelfiltre, hvis ikke allerede det er sket.</li><li>6. Løbende evaluering af partikelemissionsniveau.</li></ol>
<b>Aktører:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Københavns Kommune</li><li>• Citroën (alternativt anden bilfabrikant),</li><li>• Statoil (alternativt anden leverandør),</li><li>• Center for Miljø,</li><li>• KTK (leasingaftale)</li></ul>
<b>Tidsplan:</b> Primo 2008
<b>Økonomi:</b> Anslået ekstrapris på B30 er 1,2 kr./liter, Omkostninger til etablering af stander vurderes at være omkring 500.000 kr.
<b>Antagelser:</b> Kørsel på 30.000 km på 4 år, dvs. 7.500 km/år i alt 45.000 km/år for 6 biler. Dieselforbrug ca. 3.000 l/år. Ekstraprisen på 1,2 kr./liter for B30 er anslået på baggrund af oplysninger fra olieselskab om at B5 koster anslået 20 øre/liter mere end alm. diesel. Det påregnes, at der ligger en garanti for produktets kvalitet indeholdt i denne pris, og at prisforskellen kan gøres mindre, hvis der indgås kontrakter direkte med producenter af biodiesel.
<b>Miljø:</b> CO <sub>2</sub> -emission fra konventionel diesel: 160 g CO <sub>2eq</sub> /km; Biodiesel med glycerin anvendt til dyrefoder 34 g CO <sub>2eq</sub> /km. Emission ved konventionel diesel: 7,2 tons CO <sub>2</sub> /år  Reduktionspotentiale ved B30: 1,7 tons CO <sub>2</sub> /år. Reduktionspotentiale ved B100: 5,7 tons CO <sub>2</sub> /år. Reduktionsomkostning ved B30 anslået 2.100 kr./ton CO <sub>2</sub> . Reduktionsomkostning ved B100 anslået 2.100 kr./ton CO <sub>2</sub> . Øvrige emissioner, ca. uændret. Ekstra observation på partikelfilter.
<b>Trusler:</b> Koldstartsproblemer i ekstreme vejrforhold, hvilket dog minimeres en hel del af indendørs-parkering hos Center for Miljø.
<b>Vision:</b> At antallet af gradvist udvides såfremt resultaterne fra perioden 2008 til 2010 er positive.


<b>Projektforslag 11. Biodiesel (B30-B100) på udvalgt entreprenørmateriel</b>
<b>Beskrivelse af projektet:</b> Biodiesel i entreprenørmateriel
<b>Modtager af projektet:</b> Kalvebod Miljøcenter
<b>Brugere af projektet:</b> Kalvebod Miljøcenter
<b>Aktiviteter</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Godkendelse af projektet fra Liebherr, John Deere, etc. og evt. producenter af injektionssystemerne.</li><li>2. Fremskaffelse af biodiesel i kvalitet EN 14214</li><li>3. Etablering af parallelt distributionsspor på KMC</li><li>4. Løbende evaluering af partikelemissionsniveau.</li><li>5. Etablering af ekstra serviceprocedurer, dræn af vand fra fuel tanke og accept af effektnedgang på 8-10 % på materiel.</li></ol>
<b>Aktører:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Københavns Kommune</li><li>• Producenter af entreprenørmateriel,</li><li>• Statoil (alternativt anden leverandør),</li><li>• Kalvebod Miljøcenter</li></ul>
<b>Tidsplan:</b> Primo 2008
<b>Antagelser:</b> Forbrug på 200.000 liter årligt, hvoraf en betydelig del anvendes på entreprenørmateriel og andet tungt materiel. En mindre del af forsyningen bruges på personkøretøjer.
<b>Økonomi:</b> Dieselpriser pr. 3. april 2007 ifølge oliebranchens fællesråd: Diesel: 4,24 kr./liter; Energiafgift 2,49 kr./liter og CO <sub>2</sub> -afgift: 0,24 kr./liter; i alt 6,97 kr./liter ekskl. moms. Prisen på biodiesel fra Emmelev, der overholder EN14214, er 5.215 kr./m <sup>3</sup> , dvs. 7,70 kr./liter inkl. energiafgift, ekskl. moms, ~8,01 kr./liter diesel-ækv. Hvis der regnes med op til 30 % iblanding af biodiesel fra Emmelev bliver gennemsnitprisen 7,28 kr./liter diesel-ækv, dvs. at ekstraomkostningen ved brug af 200.000 liter diesel-ækv. af B30 bliver 62.400 kr./år Etablering af ekstra distributionsspor: 500.000+ kr.
<b>Miljø:</b> CO <sub>2</sub> -reduktion af diesel erstattet med RME: 2,066 kg/l. diesel-ækv. Reduktionspotentiale ved 200.000 liter B30: 124 tons CO <sub>2</sub> /år. Reduktionsomkostning anslået 503 kr./ton CO <sub>2</sub> uden investeringsomkostninger til ekstradistribution. Hvis der regnes med investering i ekstradistributionsspor til 500.000 kr., som afskrives månedligt over 10 år med en rente på 4 % p.a. bliver den årlige afskrivning på 60.545 kr., så den samlede reduktionsomkostninger bliver 991 kr./ton CO <sub>2</sub> . Øvrige emissioner, ca. uændret. Ekstra observation på partikelfilter.
<b>Trusler:</b> Øget risiko for fejl og forkortet levetid på dyrt maskinel. Begrænset erfaring med brug af biodiesel i stort entreprenør-materiel. Den nyeste Liebherr-gravemaskine med fuel-injection er mest velegnet til forsøg på gravemaskiner. Opgør om erstatningsansvar ved fejl på udstyr.
<b>Vision:</b> At Kalvebod Miljøcenter indenfor de næste år overgår til biodiesel på entreprenørmaskiner


<b>Projektforslag 12. Bioethanol (E85) busser i København</b>
<b>Beskrivelse af projektet:</b> Bioethanol som brændstof i de Københavnske bybusser. Bioethanolen introduceres som E85 – en blanding af 85 % bioethanol og 15 % benzin og der indkøbes busser som kan køre på E85
<b>Modtager af projektet:</b> Trafikselskabet MOVIA og Økonomiforvaltningen
<b>Brugere af projektet:</b> Chauffører hos pågældende entreprenører, buspassagerer
<b>Aktiviteter:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Aftale om leverance af E85</li><li>2. Indkøb af X antal busser til bioethanol, E85 hos leverandør</li><li>3. Etablering af E85-stander på central optankningsplads</li><li>4. Instruktion af brugere i optankning ved særlig stander, samt introduktion af E85 som brændstof.</li><li>5. Løbende evaluering af projektet og indflydelsen på emissionsniveauer.</li></ol>
<b>Aktører:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Københavns Kommune</li><li>• Statoil (eller anden brændstofleverandør)</li><li>• Økonomiforvaltningen (udbud af busdrift)</li><li>• Busleverandør</li><li>• Trafikselskabet MOVIA</li><li>• Pågældende entreprenører</li></ul>
<b>Tidsplan:</b> Primo 2008
<b>Økonomi:</b> Anslået ekstrapris på E85 er 0,85 kr./liter, derudover vil der være ekstraomkostninger forbundet med brugen af bioethanol, da energiindholdet heri er mindre hvilket reducerer aktionsradiusen (bilerne skal tankes oftere). Omkostninger til etablering af stander vurderes at være omkring 500.000 kr. Indkøb af 3 busser til en pris af 1.760.000 – 1.945.000 kr./stk., der afskrives over 10 år med en rente på 4 % p.a. svarer til 639.358 – 706.632 kr. i årlig afskrivning. Ændrede driftsomkostninger er ikke opgjort, da der er mange influerende faktorer, der ikke kendes. Der er tale om et pilot-projekt i den forstand.
<b>Antagelser:</b> At det er muligt at foretage udbud når der p.t. kun findes en leverandør af ethanolbusser. Projektsamarbejde om enkelte busser kan gennemføres indenfor nuværende kontraktperioder.
<b>Miljø:</b> CO <sub>2</sub> -reduktionen ved at skifte fra diesel til 1. generations E85 på busser er anslået til 894 g CO <sub>2</sub> -eq/km eller ca. tilsvarende at skifte til B100.  Øvrige emissioner, ca. uændret. Evt. en reduktion af partikelemmissionen med skift fra diesel til benzin og ethanol
<b>Trusler:</b> Det påhviler brændselsleverandøren at sikre at leverancerne ikke forurenes med vand, der binder sig til ethanol.
<b>Vision:</b> At starte et marked for E85-busser og flexi fuel biler i Danmark.


<b>Projektforslag 13. Biodiesel (B30-B100) på busser i København</b>
<b>Beskrivelse af projektet:</b> Biodiesel som brændstof i de Københavnske bybusser. Biodiesel introduceres som B30 – en blanding af 30 % RME og 70 % diesel.
<b>Modtager af projektet:</b> Trafikselskabet MOVIA og Økonomiforvaltningen
<b>Brugere af projektet:</b> Chauffører hos pågældende entreprenører, buspassagerer
<b>Aktiviteter:</b> 6. Aftale om leverance af B30 7. Etablering af B30-stander på central optankningsplads 8. Instruksjon af brugere i optankning ved særlig stander, samt introduktion af B30 som brændstof. 9. Løbende evaluering af projektet og indflydelsen på emissionsniveauer, især indvirkning på partikelfiltre.
<b>Aktører:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Statoil (eller anden brændstofleverandør)</li><li>• Økonomiforvaltningen (udbud af busdrift)</li><li>• Busleverandører</li><li>• Trafikselskabet MOVIA</li><li>• Pågældende entreprenører</li></ul>
<b>Tidsplan:</b> Primo 2008
<b>Økonomi:</b> Anslået ekstrapris på B30 er 1,2 kr./liter, derudover vil der være ekstraomkostninger forbundet med brugen af biodiesel, som hyppigere frekvens for serviceeftersyn. Omkostninger til etablering af stander vurderes at være omkring 500.000 kr.  Indkøb af 200.000 liter diesel skal erstattes af 202.400 liter B30 ved korrektion for brændværdi. Ekstra omkostninger til indkøb af B30 i stedet for diesel anslås til 260.000 kr./år.
<b>Antagelser:</b> Introduktion af biodiesel-drift vil på eksisterende kontrakter kræve accept fra og kompensation til de entreprenører, der kører i de nuværende kontrakter. Samarbejde om enkelte busser kan gennemføres indenfor nuværende kontraktperioder. Tidshorizont for udskiftning af busser er afhængig af gældende kontrakter med entreprenørerne. Ekstraprisen på 1,2 kr./liter for B30 er anslået på baggrund af oplysninger fra olieselskab om at B5 koster anslået 20 øre/liter mere end alm. diesel. Det påregnes, at der ligger en garanti for produktets kvalitet indeholdt i denne pris, og at prisforskellen kan gøres mindre, hvis der indgås kontrakter direkte med producenter af biodiesel.
<b>Miljø:</b> CO <sub>2</sub> -reduktionen ved skift fra diesel til biodiesel er af Energistyrelsen beregnet til 2,066 kg CO <sub>2</sub> /liter diesel-ækv. Eksempelvis er fortrængningspotentiale ved 200.000 liter B30: 124 tons CO <sub>2</sub> /år Fortrængningsomkostning anslået 2100 kr./ton CO <sub>2</sub> . Øvrige emissioner, ca. uændret. Øget observation af partikelfiltre på busser.
<b>Trusler:</b> Evt. forkortet levetid for motor og/eller partikelfiltre.
<b>Vision:</b> At fossil diesel i højere og højere grad kan erstattes af biodiesel


<b>Projektforslag 14. Biodiesel (evt. bioethanol) på renovationskøretøjer</b>
<b>Beskrivelse af projektet:</b> Implementering af biodiesel i renovationskøretøjer i forbindelse med udbud af indsamlingen af husholdningsaffald i perioden 2009, 2010 og 2011
<b>Modtagere og brugere af projektet:</b> Vognmænd som vinder udbud og helt eller delvist overtager renovationsbiler fra Københavns Kommune (tidl. R98 materiel)
<b>Aktiviteter</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Afprøvning af biodiesel på et mindre antal renovationsbiler som anvendes til indsamling af mindre ordninger (fx haveaffald)</li><li>2. Godkendelse af projektet fra fabrikanter af køretøjer etc.</li><li>3. Få udtalelse fra fabrikant af partikelfilter i forhold til brug ved biodiesel drift</li><li>4. Fremskaffelse af biodiesel i god kvalitet</li><li>5. Etablering af ekstra distributionsspor</li><li>6. Indarbejde krav i udbudsmateriale om brug af biodiesel til hel eller delvis erstatning for diesel</li><li>7. Løbende evaluering af partikelemissionsniveau og brændstofforbrug m.v.</li></ol>
<b>Aktører:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Københavns Kommune</li><li>• Producenter af renovationskøretøjer</li><li>• Statoil (alternativt anden brændstofleverandør)</li><li>• Center for Miljø</li><li>• Vognmand</li></ul>
<b>Tidsplan:</b> I forbindelse med udbud af indsamlingen af haveaffald pr. 1. maj 2009 indgår et udviklingsprojekt for afprøvning af hel eller delvis anvendelse af biodiesel. Tidspunktet for gennemførelse af udviklingsprojektet afhænger af tidsperspektiv og økonomisk finansiering af distributionsspor og andre praktiske forhold.
<b>Økonomi:</b> Anslået ekstrapris på B30 er 1,20 kr./liter Der skal ansøges om tilskud gennem fx Færdselsstyrelsen og brændstofleverandør til etablering af distributionsspor (i størrelsesordenen kr. 500.000 +). Forberedelserne af forsøget kan/bør ikke finansieres gennem udbud af affaldsindsamlingen.
<b>Antagelser:</b> Forbrug på ca. 32.000 liter diesel årligt til indsamling af haveaffald (2005 tal). Erfaringer fra udlandet (fx Sverige) Ekstraprisen på 1,2 kr./liter for B30 er anslået på baggrund af oplysninger fra olieselskab om at B5 koster anslået 20 øre/liter mere end alm. diesel. Det påregnes, at der ligger en garanti for produktets kvalitet indeholdt i denne pris, og at prisforskellen kan gøres mindre, hvis der indgås kontrakter direkte med producenter af biodiesel.
<b>Miljø:</b> Haveaffald indsamles i dag med komprimatorbil. Miljøøkonomiske vurderinger viser (R98, rapport af januar 2007), At dieselforbruget til komprimatorbiler ligger på ca. 3,1 l diesel pr. ton affald (2005 tal) At der udledes ca. 31 g. NO <sub>x</sub> /liter diesel (2005 tal (papiraffald)) At der udledes ca. 4,15 g. CO/liter diesel (2005 tal (papiraffald)) At der udledes ca. 1,41 g HC/liter diesel (2005 tal (papiraffald)) At der udledes ca. 0,111 g PM/liter diesel (2005 tal (papiraffald)).  CO <sub>2</sub> -emission fra diesel: 2,65 kg/l. CO <sub>2</sub> -reduktionen ved skift fra diesel til biodiesel er af Energistyrelsen beregnet til 2,066 kg CO <sub>2</sub> /liter diesel-ækv. Eksempelvis er fortrængningspotentiale ved 200.000 liter B30: 124 tons CO <sub>2</sub> /år Fortrængningsomkostning anslået 2.100 kr./ton CO <sub>2</sub> . Reduktion af partikel emissioner koster ca. 1.625.000 kr/ton partikler (investering i partikelfilter) og



<b>Projektforslag 14. Biodiesel (evt. bioethanol) på renovationskøretøjer</b>
<p>overgang til biodiesel overflødig gør ikke partikelfiltre. Ved brug overgang til biodiesel forventes de øvrige emissioner generelt at være på samme niveau som ved brug af diesel. Dog med ekstra observation på effekt af partikelfilter ved brug af biodiesel</p>
<p><b>Trusler:</b> Øget risiko for fejl og forkortet levetid på dyrt maskinel. Begrænset erfaring med brug af biodiesel i stort entreprenør-materiel. Afhængigt af produktion og distribution af biodiesel. Der er potentiel risiko for at anvendelsen af biodiesel øger udledningen af partikler, NO<sub>x</sub> m.fl.</p>
<p><b>Vision:</b> At sikre at kommunen på kort sigt får iværksat en proces, der indeholder:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Afdækning af mulighederne for at indføre nye teknologier/brændstoffer</li><li>• På kort sigt at gennemføre pilotprojekter, i takt med udviklingen i teknologi</li></ul> <p>Og hvor det langsigtede mål er at tilvejebringe en væsentlig reduktion af de miljømæssige påvirkninger, f.eks. partikler, CO<sub>2</sub> og støj, fra affaldsindsamling.</p>
