

Denne artikel er publiceret i det elektroniske tidsskrift
Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet
(Proceedings from the Annual Transport Conference
at Aalborg University)
ISSN 1603-9696
www.trafikdage.dk/artikelarkiv

Emissioner af drivhusgasser fra tunge køretøjer på biogas

Morten Winther, mwi@envs.au.dk

Steen Solvang Jensen, ssj@envs.au.dk

Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab

Abstrakt

Dette studie undersøger CH₄ tabet og de samlede drivhusgasemissionsbesparelser i forbindelse med brugen af opgraderet biogas som brændstof til tunge køretøjer i Danmark. Undersøgelsen fokuserer på emissionerne i forbindelse med køretøjernes drift og emissionerne fra tankning af brændstoffet. Emissionsberegningerne gøres i to scenarier i 2035 med hhv. høje og lave CH₄-tab emissionsfaktorer hentet fra den eksisterende litteratur.

Resultaterne viser at motortab/tankfordampning er den største kilde til CH₄ udslippet efterfulgt af CH₄ lækager ved tankstationen og CH₄ direkte fra udstødningen. Procentandelene for CH₄ emissionen ved lavt/højt CH₄ tab beregnes til 57 % [62 %] for motortab/tankfordampning, 43 % [23 %] for tankstation og 0.4 % [15 %] for udstødningen. De samlede drivhusgasemissionsreduktioner ved lavt og højt CH₄ tab bliver hhv. 91 % og 86 % for tank-to-wheel, og 88 % og 84 % for pump-to-wheel, set i forhold til diesel reference scenariet.

Indledning

Transportsektoren bruger i dag næsten udelukkende fossilt brændstof med blot nogle få procent biobrændstof iblandet, og elektriske køretøjer trænger generelt meget langsomt ind i bilbestanden. For at imødekomme de globale klimaudfordringer har Danmark vedtaget en klimalov, der fastlægger den strategiske ramme for omdannelse til et lavemissionsamfund inden år 2050. For vejtransport isoleret set findes der visse teknologiske muligheder for at nå dette politiske mål.

For lette køretøjer vil den teknologiske udvikling indenfor elbiler og plug-in hybrider gøre det muligt at elektrificere bilbestanden i fremtiden. Også brintbiler eksisterer som en mulighed da de har rækkevidder der svarer til nogenlunde til nutidens bilbestand.

Omvendt bliver lastbiler sandsynligvis ikke eldrevne i fremtiden – undtagen i små køretøjsflåder og til begrænsede anvendelser - da lastbilerne er for tunge og ikke kan oplades hyppigt ved normal drift. Bybusser indsat på kortere strækninger og med mulighed for hurtig opladning lagt ind i køreplanen har potentiale til at blive batteri- eller hybridrevne i fremtiden. Som et andet sandsynligt alternativ kan lastbiler og busser anvende ren biodiesel, men i disse tilfælde kan fremskaffelsen af anden generation

biobrændstoffer fra danske kilder muligvis være begrænset af de tilgængelige mængder af bioressourcer i samfundet.

Naturgas (metan eller CH₄) virker til at være det mest lovende brændstofalternativ for tunge køretøjer i Danmark. Danmark har et stort potentiale for biogasproduktion fra forskellige organiske kilder, f.eks. gylle, halm og husholdningsaffald, og efter en opgradering kan biogassen fordeles i det eksisterende naturgasnet. På grund af disse fordele er der en stærk politisk, administrativ og kommerciel interesse for udnyttelse og anvendelse af biogas i Danmark.

Siden den danske regerings grønne vækstplan i 2009 har det været et politisk mål at bruge op til 50% af husdyrgødningen i Danmark til energiproduktion (sandsynligvis primært biogas) frem mod 2020. Dette mål blev videreført i den nationale energiaftale fra 2012, der støttede biogasudviklingen, og en bio gas task force blev dannet for at realisere målene. Derudover fastlagde en ressourcestrategi fra den danske stat i 2013, at mere organisk affald fra husholdninger, restauranter og købmændsforretninger skal indsamles og bruges til at producere biogas (Miljøministeriet, 2013, Miljøstyrelsen 2014).

Selvom der kan opnås store CO₂-emissionsbesparelser ved at erstatte fossilt brændstof med CO₂-neutral naturgas produceret fra organiske kilder, sker der også tab og udslip af CH₄ gennem hele kæden fra produktion, distribution af gas til tankstationerne, på tankstationerne (stationært tab og ved tankning af køretøjerne) og fra køretøjerne under kørsel. CH₄ er en stærk drivhusgas, og det potentielle tab af CH₄ giver derfor anledning til bekymring for den mulige klimapåvirkning.

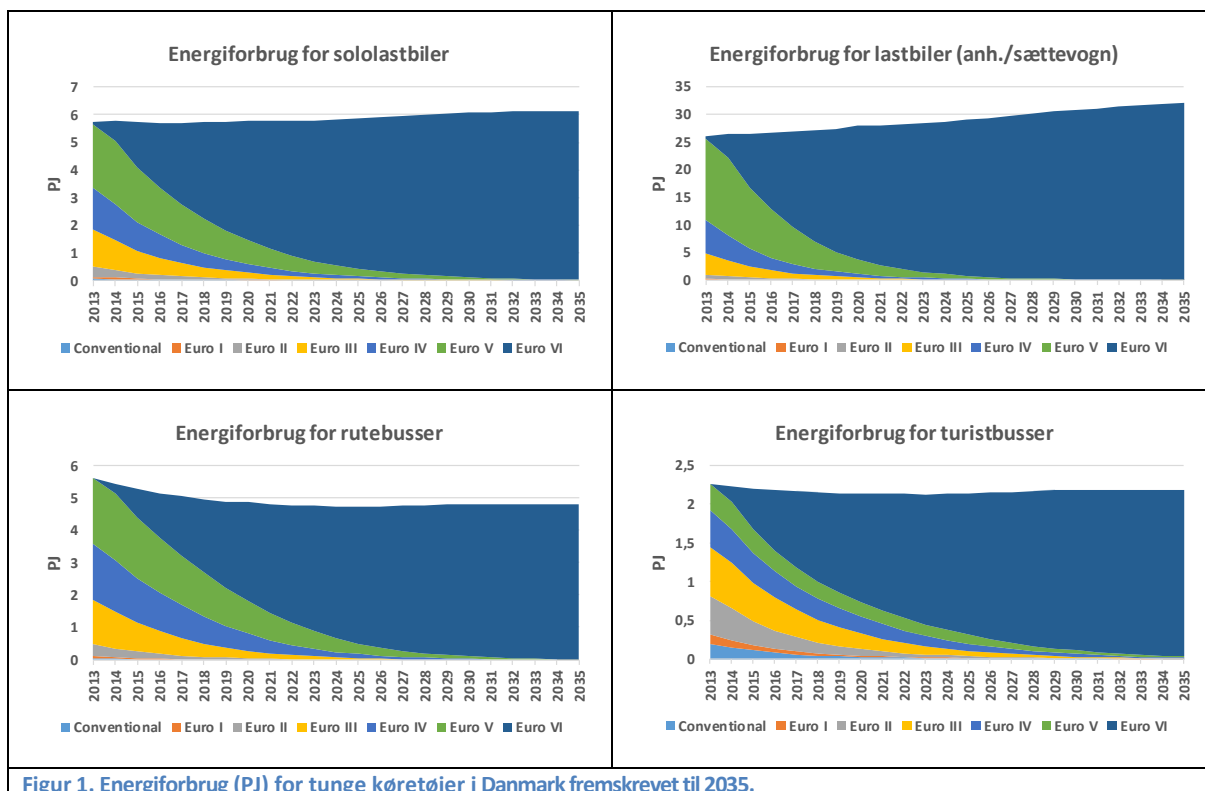
Dette studie undersøger CH₄ tabet og de samlede drivhusgasemissionsbesparelser i forbindelse med brugen af opgraderet biogas som brændstof til tunge køretøjer i Danmark. Undersøgelsen fokuserer på emissionerne i forbindelse med køretøjernes drift og emissionerne fra tankning af brændstoffet. Emissionseffekterne beregnes for scenarieåret 2035 under forudsætning af et skifte i nysalget fra dieseldrevne Euro VI køretøjer til Euro VI CNG eller LNG-køretøjer, der benytter naturgas produceret fra biogas. Emissionsberegningerne gøres i to scenarier med hhv. høj og lav CH₄-tab inputfaktorer hentet fra den tilgængelige litteratur på området.

1. Metode

1.1 Basisfremskrivning af energiforbruget for tunge køretøjer (diesel reference scenariet)

Som basisfremskrivning af energiforbruget for tunge køretøjer i dette projekt frem til 2035 (diesel reference scenariet) bruges tal fra de nuværende danske nationale emissionsfremskrivninger. De tunge køretøjer er opdelt i sololastbiler, lastbiler med anhænger, sættevognstog og busser og er yderligere lagdelt i forskellige vægtkategorier og EU-emissionstrin i henhold til køretøjsopdelingen i EU's COPERT IV-emissionsmodel (EMEP/EEA, 2015). Brændstofforbruget for hvert køretøjsslag i flåden beregnes som produktet af antallet af køretøjer, årligt antal kørte km (km) og energiforbrugsfaktorer (MJ/km) opdelt i by-, land- og motorvejskørsel. Trafik og bestandsdata samt gennemsnitlige rejsehastigheder leveres af Danmarks Tekniske Universitet, og brændstofforbrugsfaktorer stammer fra COPERT IV.

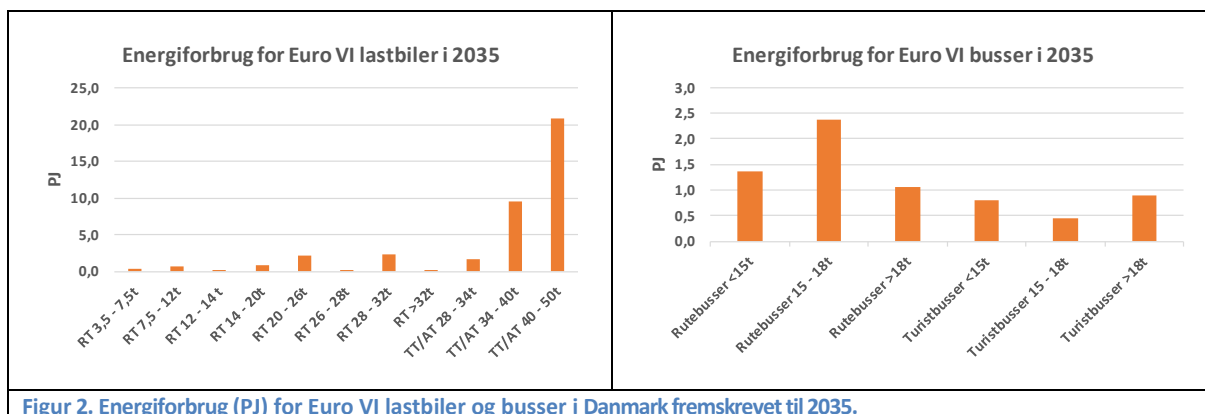
Figur 1 viser fremskrivningen af energiforbruget for sololastbiler, lastbiler med anhænger, sættevognstog, rutebusser og turistbusser. Figuren viser tydeligt hvordan Euro VI-teknologien gradvist bliver mere og mere dominerende i prognoseperioden efterhånden som ældre emissionsteknologier udfases. De samlede energiforbrugsandele for Euro VI køretøjerne i 2020, 2025 og 2030 beregnes til hhv. 81%, 96% og 99%.



Figur 1. Energiforbrug (PJ) for tunge køretøjer i Danmark fremskrevet til 2035.

For de naturgasrelevante Euro VI køretøjer er energiforbruget undersøgt nærmere for 2035. Fordelingen på køretøjstyper og størrelseskategorier er vist i figur 2 (bemærk skaleringen på akserne). På figuren er følgende forkortelser anvendt for sololastbiler (RT: Rigid Truck), lastbiler med anhænger (TT: Truck-Trailer) og sættevognstog (AT: Articulated Truck).

Det samlede energiforbrug for tunge køretøjer beregnes til 45 PJ i 2035. Det beregnede energiforbrug (procentandel i parentes) for lastbiler med anhænger/sættevognstog, sololastbiler, rutebusser og turistbusser bliver hhv. 32 PJ (71%), 6,1 PJ (14%), 4,8 PJ (11%) og 2,2 PJ (5%). En opdeling af energiforbruget på størrelseskategorier viser et forbrug på 21 PJ (46%) for lastbiler med totalvægt mellem 40-50t, og et forbrug på 9,5 PJ (21%) for lastbiler med totalvægt mellem 34-40t. Energiforbrugsresultaterne er også vist i tabel 2.



Figur 2. Energiforbrug (PJ) for Euro VI lastbiler og busser i Danmark fremskrevet til 2035.

1.2 CNG og LNG køretøjer i biogas scenariet

CNG (Compressed Natural Gas) lastbiler og busser er til salg i dag med motorstørrelser op til 320 hp (se f.eks. www.gasbiler.info). CNG køretøjerne opbevarer gassen ombord i tryktanke (200-260 bar). Køretøjerne er udstyret med SI (spark ignition) motorer der fungerer som en benzinmotor. Dagens CNG køretøjer er certificeret som Euro VI og er udstyret med trevejskatalysatorer for at sikre overholdelse af EU's emissionskrav.

En ulempe ved CNG-køretøjerne er den mindre kørselsrækkevidde sammenlignet med dieselskøretøjer. En anden ulempe for CNG er den relativt lave brændstoføkonomi i forhold til diesel. Kun begrænsede mængder af data for brændstoføkonomi er i øjeblikket til rådighed for Euro VI CNG motorer til at sammenligne med diesel.

En sammenligning af brændstoføkonomi for Euro VI CNG og Euro VI dieselskøretøjer udført af Danmarks Teknologisk Institut for Energistyrelsen (2014) viste store forskelle i brændstoføkonomierne afhængig af køretøjsmodel og testcyklus. Et gennemsnit på 19% mere MJ / km for CNG i forhold til diesel kunne udledes af data materialet¹. Grunden til CNG køretøjernes højere energiforbrug er at gasmotorerne har et lavere kompressionsforhold og at motorerne bruger spjæld i indtagningen. Det er dog her forventningen, at en fremtidig introduktion af gasmotorer uden indtagningsspjæld kan give betydelige brændstoffeffektivitetsforbedringer, måske i størrelsesordenen 15% i forhold til dagens CNG-køretøjer (f.eks. Energistyrelsen, 2014).

LNG (Liquefied Natural Gas) køretøjer opbevarer brændstoffet ombord i vakuumisolerede tanke (3-10 bar, -160 °C). LNG-køretøjerne er udstyret med dual fuel motorer, der fungerer på samme måde som en dieselmotor og bruger 5% diesel til at antænde brændstoffet i cylinderen i hvert forbrændingslag. På grund af den højere energitæthed for LNG-brændstoffet, er kørselsrækkevidden mellem hver tankning betydeligt længere for LNG køretøjer end for CNG.

I Europa er salget af LNG lastbiler først for nylig påbegyndt, og i Danmark er der i øjeblikket kun en LNG-lastbil til salg. LNG lastbiler er dog mere udbredt i brug i andre dele af verden. F.eks. er det tilfældet i USA, hvor der er etableret et nationalt netværk af offentlige LNG-brændstofcentre med nye LNG-tankstationer, der løbende tilføjes til netværket.

De kommercielt tilgængelige LNG dual fuel brændstofmotorer i USA dækker i dag hele motorstørrelsesområdet for lastbiler op til 600 hk. Lastbilerne, der kun er certificeret efter det amerikanske marked, er udstyret med SCR-katalysatorer, DOC-katalysatorer og partikelfiltre for at opfylde de skrappeste amerikanske emissionskrav for tunge køretøjer. Ganske som for CNG er energiforbruget for LNG motorer højere end for diesel. International Council for Clean Transport (ICCT, 2015) anslår således en 10% lavere brændstoføkonomi for LNG-køretøjer i forhold til sammenlignelige diesellastbiler.

LNG lastbiler bliver efter alt at dømme også kommercielt tilgængelige i Europa. Indførelsen af LNG som brændstof til vejtransport i Europa understøttes ikke mindst af vedtagelsen af EU's direktiv 2014/94, som giver medlemslandene mulighed for at etablere en infrastruktur med LNG tankningsfaciliteter langs de vigtigste hovedfærdselsårer (TEN T: Trans European Road Network) i EU inden 2025.

I dette projekt erstatter CNG køretøjer dieseldrevne sololastbiler og busser, og dieseldrevne lastbiler med anhænger/sættevogn udskiftes med LNG-lastbiler. For både CNG og LNG køretøjerne antages en 10% lavere brændstoføkonomi i forhold til diesel i biogasscenariene.

1.3 Emissionsfaktorer og faktorer for CH₄ tab

For CO₂ bruges en energirelateret emissionsfaktor på 66.6 g/MJ i diesel reference scenariet. Emissionsfaktoren er vægtet efter CO₂ emissionsfaktoren på 74 g / MJ for ren diesel og 10% iblanding af (CO₂ neutral) biodiesel i dieselbrændstoffet, som Energistyrelsen har antaget for 2035. N₂O og CH₄ emissionsfaktorerne for reference scenariet kommer fra COPERT IV.

CH₄ emissionsfaktorerne for CNG-køretøjer stammer fra målinger foretaget af Teknologisk Institut (DTI), se også DTI (2015). Sidstnævnte undersøgelse har afrapporteret målinger for blandt andet CH₄ for to CNG busser og en Euro CNG lastbil - alle certificeret efter Euro VI standarden – målt på rullefelt ved kørsel af

¹ Undersøgelsen fandt ingen signifikante NO_x og PM (Particulate Matter) emissionsforskelle for Euro VI CNG og diesel ud fra de få målinger der var tilgængelige.

forskellige testcyklusser. De opsamlede målinger fra DTI (2015) ved kørsel efter testcyklussen World Harmonized Vehicle Cycle (WHVC) er brugt i den nuværende undersøgelse, og antages også at repræsentere LNG-køretøjer.

Fra DTI's målinger er høje[lave] emissionsprocenter på 0,196[0,003] % CH₄ afledt pr. brændstofenhed. En vurdering af måleresultaterne for andre emissionskomponenter (CO, NMVOC) gav DTI grund til at tro på, at den høje emissionsfaktor blev målt ved fed forbrænding. Omdannet til g / kWh er denne høje CH₄ faktor lig med 0,47, som ligger lige under Euro VI-emissionsgrænselværdien på 0,5 g / kWh, der gælder for naturgasmotorer.

Udover den direkte CH₄ emission fra udstødningen forekommer der andre CH₄ - udslip fra CNG- og LNG-køretøjer direkte relateret til køretøjernes brug. Disse CH₄ kilder er opsummeret af ICCT (2015) i en emissionsundersøgelse for naturgasdrevne tunge køretøjer. I undersøgelsen anslår ICCT lave og høje emissionsfaktorer baseret på den eksisterende litteratur, og disse emissionsfaktorer bruges også i dette projekt.

For CNG-køretøjer emitteres CH₄ fra krumtaphuset som såkaldte "blow by emissioner", der sker ved læk af CH₄ mellem stempelringe og cylindervægge, der efterfølgende slipper ud i den omgivende luft. LNG-køretøjer bruger diesellignende HPDI-motorer (High Pressure Direct Injection), og i disse motorer bliver CH₄ lejlighedsvis udluftet på grund af trykregulering i brændstofindsprøjtningssystemet. Derudover udluftes CH₄ af sikkerhedsmæssige årsager ved trykdulsløsing fra LNG-køretøjernes brændstoftank. I det følgende benævnes udslippet fra krumtaphus og dynamisk udluftning i indsprøjtningssystemet som motortab.

ICCT (2015) bestemmer også faktorer for CH₄ lækager og udslip fra naturgastankstationer. CH₄ udslip sker fra ventiler, rør og rørsamlinger på tankstationerne, og derudover sker der små udslip af CH₄ ved til- og frakobling af tankdysen i forbindelse med tankning af køretøjet. Derudover forekommer der kompressortab for CNG ved tankstationen, mens der for LNG sker CH₄ afdampning fra lagertankene og CH₄ udluftning fra køretøjernes brændstoftanke inden tankning.

Tabel 1. CH₄ tab (% af leveret brændstof).

CH ₄ kilde	Lavt estimat	Højt estimat
Udstødning	0,003	0,2
Motortab/tankfordampning	0,4	0,8
Tankstation	0,3	0,3

1.4 Beregning af CH₄ tabet

CH₄ emissionen for de enkelte kilder i biogas scenariet beregnes på følgende måde:

$$E_{CH_4} = \frac{FC_{GJ} \times 1.1}{LHV_{CH_4}} \times LF_{CH_4} / 100$$

Hvor:

E_{CH_4} = CH₄ emission (tons)

FC_{GJ} = Energiforbrug (GJ) for dieselskøretøjer i reference scenariet (tabel 2)

1,1: Skaleringsfaktor for brændstoføkonomi for CNG/LNG køretøjer der erstatter dieselskøretøjer.

LHV_{CH_4} = Nedre brændværdi (LHV: Lower heating value) for CNG/LNG brændstof (47,96 GJ/tons; Energistyrelsen, 2014)

LF_{CH_4} = Kildespecifik tabsfaktor for CH₄ (% af leveret brændstof, Tabel 1)

2. Resultater

Emissionsresultaterne for reference scenariet og biogas scenariet er vist i tabel 2.

Tabel 2. Emissionsresultaterne for reference scenariet og biogas scenariet.

	Reference scenarie				Biogas scenarie									
	FC	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Fuel consumption				CO ₂	CH ₄ udstødning		CH ₄ motortab/tankfordampning		CH ₄ Tankstation
					CH ₄	Diesel	CH ₄	Diesel		lav	høj	lav	Høj	
	PJ	Ktons	Tons	Tons	Tons	Tons	PJ	PJ	kTons	Tons		Tons		Tons
Alle lastbiler	38,1	2540	5,1	189	837	41	40,1	1,8	117	25,1	1621	3347	6694	2518
Sololastbiler	6,1	409	1,0	27	140	0	6,7	0,0	0	4,2	272	561	1121	422
Lastvognstog	32,0	2131	4,1	162	697	41	33,4	1,8	117	20,9	1350	2787	5573	2096
Alle busser	6,9	466	0,8	28	159	0	7,6	0,0	0	4,8	309	638	1275	480
Rutebusser	4,8	320	0,5	20	110	0	5,3	0,0	0	3,3	213	440	880	331
Turistbusser	2,2	146	0,3	7	49	0	2,4	0,0	0	1,5	96	197	395	149
Grand total	45,0	3006	5,9	217	996	41	47,8	1,8	117	29,9	1930	3985	7970	2998

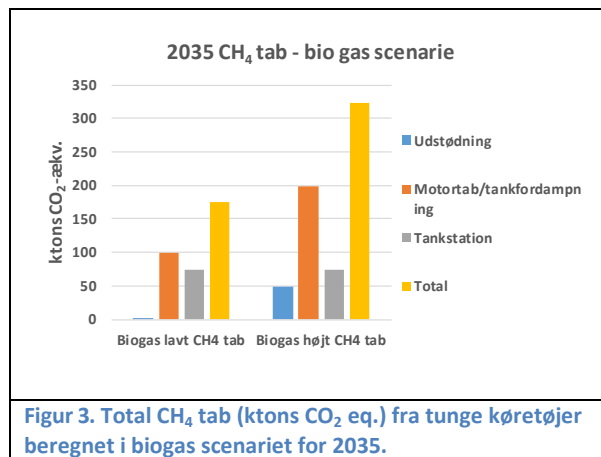
Tabel 3 viser emissionsresultaterne for reference scenariet og biogas scenariet omregnet til CO₂ ækvivalenter ved brug af IPCC's omregningsfaktorer på 25 og 298 for hhv. CH₄ og N₂O (IPCC, 2007).

Tabel 3. Emissionsresultaterne for reference scenariet og biogas scenariet omregnet til CO₂ ækvivalenter.

	Reference scenarie			Biogas scenarie								
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄ udstødning		CH ₄ motortab/tankfordampning		CH ₄ Tankstation	CH ₄ Total		
					lav	høj	lav	høj		lav	høj	
	kTons CO ₂ -ækv.			kTons	kTons CO ₂ -ækv.		kTons CO ₂ -ækv.		kTons CO ₂ -ækv.			
Alle lastbiler	2540	0,13	56	117	0,63	40,5	83,7	167,4	62,9	147	271	
Sololastbiler	409	0,02	8	0	0,11	6,8	14,0	28,0	10,5	25	45	
Lastvognstog	2131	0,10	48	117	0,52	33,7	69,7	139,3	52,4	123	225	
Alle busser	466	0,02	8	0	0,12	7,7	15,9	31,9	12,0	28	52	
Rutebusser	320	0,01	6	0	0,08	5,3	11,0	22,0	8,3	19	36	
Turistbusser	146	0,01	2	0	0,04	2,4	4,9	9,9	3,7	9	16	
Grand total	3006	0,15	65	117	0,75	48,3	99,6	199,2	74,9	175	322	

Målt i CO₂-ækvivalenter beregnes de lave og høje CH₄ tab til hhv. 175 ktons og 322 ktons i biogas scenariet (tabel 3 og figur 3). CH₄ tabet fra hver enkelt kilde er proportional med kildens brændstofrelaterede emissionsfaktor (tabel 1), og indenfor hver enkelt kildekategori er emissionsandelen pr. køretøjskategori proportional med brændstofforbrugsandelen pr. køretøjskategori.

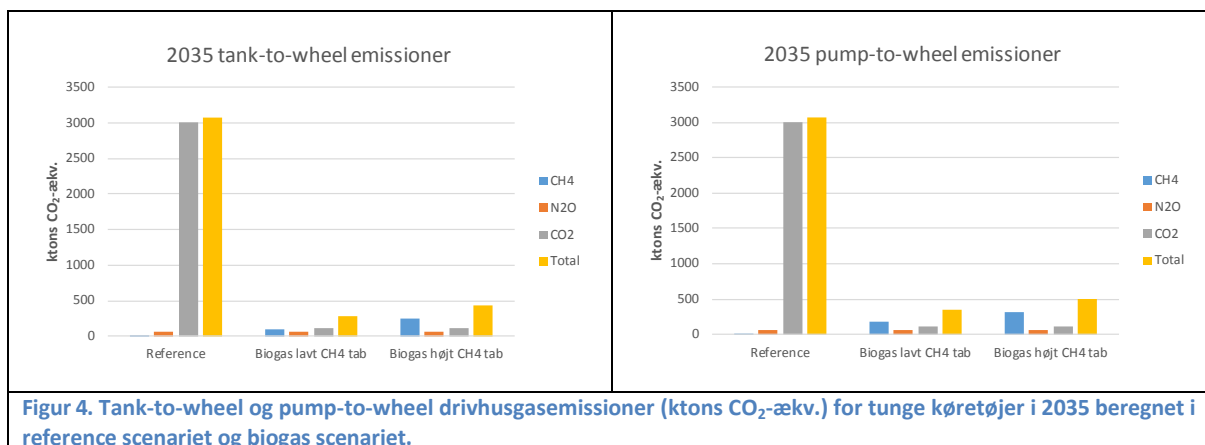
Både ved højt og lavt tab er motortab/tankfordampning den største kilde til CH₄ udslippet efterfulgt af CH₄ lækager ved tankstationen og CH₄ direkte fra udstødningen. Afledt af tallene i tabel 3 bliver emissionsandelene for motortab/tankfordampning[tankstation, udstødning] 57 %[43 %, 0.4 %] og 62 %[23 %, 15 %] hhv. for lavt og højt tab.



De samlede drivhusgasemissioner beregnet ved lavt og højt CH₄ tab i biogas scenarierne er vist i figur 4 for to emissionskæder: "tank-to-wheel" (motortab/tankfordampning og udstødning) og "pump-to-wheel" (motortab/tankfordampning/udstødning/tankstation). CO₂-udledningen beregnet i biogas scenariet stammer fra de 5% diesel pilotbrændstof der bruges i LNG motorerne. På grund af manglende emissionsdata bruges N₂O emissionsfaktorerne for dieselkøretøjerne også for gaskøretøjerne.

De samlede drivhusgasemissionsreduktioner for lavt og højt CH₄ tab bliver hhv. 91 % og 86 % for tank-to-wheel, og 88 % og 84 % for pump-to-wheel, set i forhold til diesel reference scenariet.

For tank-to-wheel bliver de beregnede lav[højt] drivhusgas procentandele for CO₂, CH₄ og N₂O hhv. 42 % [27 %], 36 % [58 %] og 23 % [15 %]. For pump-to-wheel bliver de beregnede lav[højt] CO₂, CH₄ og N₂O emissionsandele hhv. 33 % [23 %], 49 % [64 %] og 18 % [13 %].



3. Konklusion

Dette studie undersøger CH₄ tabet og de samlede drivhusgasemissionsbesparelser i forbindelse med brugen af opgraderet biogas som brændstof til tunge køretøjer i Danmark. Undersøgelsen fokuserer på emissionerne i forbindelse med køretøjernes drift og emissionerne fra tankning af brændstoffet. Emissionsberegningerne gøres i to scenarier i 2035 med hhv. høje og lave CH₄-tab emissionsfaktorer hentet fra den eksisterende litteratur.

Resultaterne viser at motortab/tankfordampning er den største kilde til CH₄ udslippet efterfulgt af CH₄ lækager ved tankstationen og CH₄ direkte fra udstødningen. Procentandelene for CH₄ emissionen ved lavt[højt] CH₄ tab beregnes til 57 % [62 %] for motortab/tankfordampning, 43 % [23 %] for tankstation og 0.4 % [15 %] for udstødningen. De samlede drivhusgasemissionsreduktioner ved lavt og højt CH₄ tab bliver hhv. 91 % og 86 % for tank-to-wheel, og 88 % og 84 % for pump-to-wheel, set i forhold til diesel reference scenariet.

Inputfaktorerne for CH₄ tabet betragtes som relativt usikre (ICCT, 2015), og de beregnede emissioner kan ændre sig, hvis nye CH₄ tabsfaktorer bliver tilgængelige.

Drivhusgasemissionerne, der beregnes fra tank til hjul, er små sammenlignet med emissionerne i diesel reference scenariet, og drivhusgasemissionerne er stadig temmelig lave, selvom CH₄ -tabet fra tankstationer medtages (pump-to-wheel emissioner). Som en sidebemærkning kan det nævnes at de beregnede drivhusgasemissioner bliver yderligere fire procentpoint lavere hvis beregningerne antager at dieselpilotbrændstoffet i LNG motoren er ren biodiesel i stedet for diesel med 10% indhold af biodiesel, som Energistyrelsens energiprognose angiver.

For at få et komplet overblik over de samlede drivhusgasemissionskonsekvenser af et 100% skifte fra diesel til naturgas som brændstof til tunge køretøjer, skal CH₄ tabet også bestemmes for produktion af biogas, distribution af gas til brændstofstationer Og samfundets ændrede emissioner på grund af brugen af bioressourcer til biogasproduktion i stedet for alternativ anvendelse.

Jørgensen & Kvist (2015) har undersøgt CH₄ -tabet ved produktion af biogas. Målinger foretaget på ni biogasanlæg viste et markant gennemsnitligt tab på 4,2 % af den producerede biogasmængde. Et efterfølgende arbejde med sporing og tætning af opdagede lækager nedbragte CH₄ tabet til 0,8% (Agrotech, 2015). Ved at anvende 0,8 % og 4,2 % som lave og høje CH₄ tabsfaktorer for selve biogasproduktionen kan "production-to-wheel" drivhusgasemissionsbesparelsen (eksklusiv gasdistribution) beregnes til ca. 82% og 50% set i forhold til diesel reference scenariet.

På den anden side bliver opstrøms emissionsbesparelserne ved alternativ brug af bioressourcerne meget store. En stor del af bioressourcerne til produktion af biogas forventes at bestå af gødning fra animalsk produktion, som – når det bruges til produktion af biogas - følgelig ikke vil udlede metan fra de forskellige trin i gyllehåndteringen, herunder gylleopbevaring i stalde og gylletanke.

Opstrøms emissionstabt fra naturgasproduktion og distribution af gas fra anlæg til tankstation samt emissionsbesparelser fra alternativ benyttelse af bioressourcer er undersøgt i et projekt udført på Danmarks Center for Miljø og Energi (DCE), Aarhus Universitet, som nærværende undersøgelse også er en del af.

Referencer

Agrotech (2015): Metanemissioner fra danske biogasanlæg. Klimaeffekter af metanlækager fra biogasanlæg, 11 s., Maj 2015.

Teknologisk Institut (2015): Måleprogram for tunge CNG køretøjer, 60 s., Oktober 2015.

Energistyrelsen: Rammevilkår for gas til tung vejtransport, 150 s., December 2014.

Miljøstyrelsen (2014): Danmark uden affald. Ressourceplan for affaldshåndtering 2013-2018. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 4, 2014.

EMEP/EEA (2013): Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, prepared by the UNECE/EMEP Task Force on Emissions Inventories and Projections (TFEIP). Available at: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013> (12-01-2016).

IPCC (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

Jørgensen, L. & Kvist, T. (2015): Methane emission from Danish biogas plants - Quantification of methane losses, Project report, 44 pp., ISBN: 978-87-7795-385-9, Danish Gas Technology Centre, June 2015. Ministry of Environment (2013): Denmark without waste. More recycling – less combustion. October 2013 (in Danish).

Nielsen, O-K., Plejdrup, M. S., Winther, M., Hjelgaard, K., Nielsen, M., Fauser, P., Thomsen, M. (2015): *Projection of greenhouse gases 2013-2035*. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy. (Scientific Report from DCE - Danish Centre for Environment and Energy; Nr. 129).

The International Council on Clean Transportation (ICCT) (2015): *Assessment of heavy-duty natural gas vehicle emissions: Implications and policy recommendations*, White Paper, 34 pp., July 2015.