



---

## Drivmidler til en grønnere bylogistik

---

Dette notat er udarbejdet fra et afsnit i den grønne tænketank, CONCITO's rapport, "[Dekarbonisering af byens logistik](#)". Henrik Gudmundsson har skrevet afsnittet, der refererer fordele og ulemper ved forskellige brændstoffer i bydistribution. En længere og mere uddybet beskrivelse af de forskellige drivmidler med beregninger af energieffektivitet og økonomi kan findes i CONCITO rapporten "[Dekarbonisering af vejgodstransport](#)" fra februar 2020.

### Sammenfatning

Der er en række vidt forskellige teknologier og drivmidler, der tegner sig som mulige alternativer til fossil drift. De byder alle på forskellige fordele og ulemper. Det er dog næppe muligt at forestille sig, at alle løsningerne kan udvikles og slå igennem parallelt, da dette vil medføre behov for dupliserede investeringer og vanskeliggøre opnåelsen af de skalafordele, som er forudsætningen for, at alternativer kan blive rentable. Desuden er ressourcerne langt fra ubegrænsede i lyset af, at hele samfundet skal reducere klimabelastningen. Det er samtidig vanskeligt at udvælge en entydigt optimal løsning her og nu.

Ud fra et klimaperspektiv er overgang til fødevarer baserede biobrændstoffer ikke en bæredygtig løsning, da det vil medføre yderligere dansk afhængighed af en i forvejen meget høj biomasseimport og kan føre til øgede drivhusgasudledninger som følge af arealforskydninger.

Avancerede biobrændstoffer er til gengæld en stærkt begrænset ressource, som bør anvendes, hvor der ikke er alternativer. Naturgas medfører ingen nævneværdige klimafordele. Biogas er en mulig teknisk substitut som i et afgrænset vindue kan bidrage til at fortrænge CO<sub>2</sub>, men også her er der behov for at prioritere ressourcen. Desuden kræves forbrændingsmotorer med emissioner og støj, som ikke er optimal for bymiljøet.

Brint fremstillet på vand og vind via elektrolyse er en form for elektrificering med lokal nulemission. Akilleshælene er behovet for ny tankningsinfrastruktur, høj pris og lav effektivitet i energiudnyttelsen.

De sidste to punkter gør sig endnu mere gældende for electrofuels, som til gengæld vil kunne fungere som drop-in fuel i den eksisterende infrastruktur og køretøjspark, men dog nok tidligst i større skala om mange (op mod 10) år, hvor sidstnævnte alligevel vil være udskiftet.

Direkte elektrificering må anses for at være en af de mest lovende løsninger for i hvert fald store dele af citylogistikken. Teknologien er kendt og den grundlæggende infrastruktur er til stede, også i og med, at personbilparken alligevel elektrificeres. Udledningerne vil nærme sig nul inden 2030 og der vil være andre fordele i form af lav støj mv., som vil understøtte og understøttes af andre citylogistiske tiltag, såsom konsolidering og ydertimelevering. Til gengæld er der økonomiske og praktiske barrierer, som bl.a. kan kræve finansiel og organisatorisk regulering.

## Indledning

Omlægning fra diesel til alternative drivmidler og teknologier er en væsentlig mulighed for til at gøre bydistribution grønnere, og efter alt at dømme den mest effektive vej til CO<sub>2</sub> reduktion. En afgørende forudsætning er dog, at 'alternative' løsninger reelt reducerer CO<sub>2</sub>-udledningen og ikke blot ser sådan ud på grund af formelle regneprincipper, hvor dele af udledningen ikke indgår. En anden central forudsætning er naturligvis, at alternativerne findes eller kan komme på markedet inden for en overskuelig tidshorisont. En tredje vigtig understøttende faktor er, at økonomien for alternativerne er, eller tegner til at blive, tilstrækkelig gunstig.

Det er en udfordring at forudsige, hvilke teknologier der på sigt vil vise sig optimale, eller blive 'vinderteknologien' alt taget i betragtning. Dette kan tale for en såkaldt 'teknologineutral' tilgang, hvor markedet alene afgør, hvad der på sigt slår igennem.

På den anden side vil ønsket om en grønnere bytransport så kunne betyde, at der skal etableres parallelle lokale forsyningssystemer til tankning af adskillige typer af drivmidler, hvis der ikke træffes nogle valg. Dette vil let kunne føre til over- og fejlinvesteringer både i forsyningssystemer og i køretøjer. Det kunne også føre til, at der slet ikke etableres nogen alternativ løsning, eftersom risikoen ved investeringerne i hvert enkelt tilfælde vil være for stor.

Som det vil fremgå af det følgende, vurderer CONCITO, at nogle teknologiske løsninger, tegner klart bedre end andre, hvilket taler for at understøtte disse, uden at dette behøver indebære et direkte 'teknologisk diktat' i reguleringen.

Overordnet er der i debatten peget på følgende typer potentielt CO<sub>2</sub>-reducerende og miljøvenlige alternative drivmidler for vare- og lastbiler:

- Biobrændstoffer i konventionelle forbrændingsmotorer
- Gaskøretøjer med biogassforsyning
- Brintkøretøjer med brug af brændselsceller, elmotor og VE-brintforsyning
- Electrofuels - syntetisk brændstof på VE-el og opsamlet CO<sub>2</sub>
- Elektrificering via brug af elkøretøj, batteri og ladeteknologi

Disse alternativer adskiller sig, hvad angår alle de ovennævnte parametre, dels reel CO<sub>2</sub>-effekt, dels tilgængelighed på markedet de kommende år, og dels økonomi.

**Biobrændstoffer** optræder i form af produkter som biodiesel (FAME) og HVO produceret fra biologisk materiale. Der er i 2020 et krav om iblanding af 7,6% biobrændstof i det transportbrændstof, der sælges i Danmark. Konventionel biodiesel kan i de flere køretøjer kun iblandes i mindre mængder uden justering af motorer, smøring mv., og derfor kun optræder som lav iblanding. HVO kan imidlertid teknisk erstatte diesel 100%. Begge produkter er på markedet i begrænset mængde, FAME er dog langt mest udbredt på grund af iblandingskravene, mens HVO har en langt højere pris og et meget lavt salg.

Råvarerne til begge typer biobrændstoffer kan groft inddeles i: **Første generation**, som baseres på diverse landbrugsafgrøder og **'avancerede'** som baseres på restprodukter fra fx landbrug, bioindustri og skovbrug. Kun øget brug af nogle af de avancerede råvarer har potentialet til at give en reel samlet CO<sub>2</sub>-reduktion, mens de landbrugsbaserede råvarer kan føre til alt fra let reduceret til markant øget CO<sub>2</sub>-udledning sammenlignet med fossil diesel, især på grund af afledte effekter på arealanvendelsen når råvarerne høstes (fx via øget pres på skove og natur).

Derfor har EU lagt loft på brugen af fødevarer baseret biobrændstof og stillet krav om at øge andelen af avancerede brændstoffer. Kravet er dog blot 0,75% i 2021, stigende mod 3,5% i 2030. Dette illustrerer, at

de avancerede biobrændstoffer er yderst knappe ressourcer. Dermed vil væsentligt øget forbrug i transporten bidrage til at forskyde arealanvendelsen globalt på måder, der kan skabe indirekte øgede udledninger.

I Vejtransportaftalen fra december 2020 er det vedtaget at indføre et såkaldt CO<sub>2</sub>-fortrængningskrav, som fra 2020 og frem gradvis skal supplere og erstatte det nuværende krav om iblanding af biobrændstoffer. Der er tale om et positivt skridt i retning af at mindske usikkerheden omkring brændstoffernes fremtidige klimapåvirkning, men det er pt højst usikkert, hvor meget det konkret vil betyde for at mindske biobrændstoffernes CO<sub>2</sub>-effekt, da der stadig ikke umiddelbart tages højde for arealanvendelseeffekterne.

Kørsel på biobrændstoffer vil give luftforureningsemissioner i gaderummet, omfanget vil afhænge af typen af brændsel.

**Samlet set** vurderes biobrændstofferne at kunne medføre en væsentlig CO<sub>2</sub> reduktion, hvis de alene er baseret på avancerede råvarer. Mængden af de avancerede råvarer er imidlertid begrænset, og der er mange sektorer, der vil udnytte dem. Prisen på biobrændsler højere end diesel, men fordelene ved disse brændstoffer er, at de kan anvendes i dieselmotorer.

**Gas** kræver udskiftning af bilparken til gasmotorer og udbygning af gastankstationer. Grundlæggende forsyningsstruktur findes i naturgasnettet, hvor der iblandes en mindre men voksende mængde opgraderet biogas (p.t. nær 20%). Gas kan tankes på motorer i komprimeret (CNG) eller flydende (LNG) form. Især CNG fylder væsentlig mere end diesel og kræver store tanke på motorerne, men findes tilgængeligt i DK og anvendes i bus- og skraldebilsflåder i forskellige byer. LNG-infrastruktur findes derimod ikke i DK.

Langt hovedparten af den gas, der er til rådighed, er stadig fossil naturgas, som ikke giver nævneværdige klimamæssige fordele ift. diesel. Opgraderet biogas er i vækst men kun takket være massive støtteordninger, og det er en forholdsvis dyr løsning på markedsvilkår. Det er kun overgang til biogas, der potentielt kan give en reel CO<sub>2</sub>-reduktion og det endda kun under forudsætning af gennembrud i udnyttelsen af rest-råvarer som halm og desuden streng kontrol med metan lækager i hele forsyningskæden.

Derfor er potentialet for CO<sub>2</sub>-reduktion ad den vej i praksis begrænset, selvom der kan ske en betydelig udbygning af biogasproduktionen i forhold til i dag. Dertil kommer, at biogas også har adskillige andre relevante anvendelser end vejtransport, jf. fx som brændsel i industrier og som råvare til PtX.

At omstille citylogistik til gas vurderer vi ikke kan anbefales som generel strategi, da det kræver udskiftning af bilflåder samt udbygning af den aktuelle produktion og forsyning af biogas på ressourcer såsom halm, hvilket vil tage tid, og vil konkurrere med andre mere hensigtsmæssige anvendelser af gassen.

Der vil stadig være luftforureningsemissioner i bymiljøet, selvom fx partikel udledning reduceres væsentligt i forhold til diesel.

**Samlet set** vil biogasproduktionen anvende de samme affaldsprodukter fra landbruget, og som mange sektorer også ønsker at anvende i den grønne omstilling. Biogas produceret på disse råvarer vil give en væsentlig CO<sub>2</sub> reduktion. Biogas vil kræve nye tankningsanlæg og motorer. Prisen for Biogas er højere end diesel i dag – og fylder mere i motoren. Biogas produktion er stærkt subsidieret i dag.

**Brint** kan udnyttes direkte i motorer, der er udstyret med brændselsceller, elmotorer og brinttanke. Løsningen kræver derfor også udskiftning af bilparken og udbygning af en helt ny infrastruktur til

brintforsyning. Der findes enkelte lette brintvarebiler på markedet også i DK, mens tungere lastbiler alle er i forsøgs- og demonstrationsfase, ligesom brintbusser har været det i snart flere årtier. Der forventes en brintlastbil på markedet i 2023.

En fordel er, at brint kan lagres og tankes væsentlig hurtigere end fx el. Den højere energitæthed ved komprimering af brint til 700 bar gør også, at rækkevidden i dagens køretøjer ligger i nærheden af de fossile. I dag fremstilles næsten al brint dog af fossil energi, hvilket ikke bidrager til reduktion af CO<sub>2</sub>.

Brint fremstillet på VE vil derimod give mulighed for CO<sub>2</sub> reduktion på linje med elektrificering, men med et væsentlig højere energitab. Brint og brændselsceller repræsenterer en energiudnyttelse på omkring 25-30 % mod 70-75 % for direkte elektrificering, hvilket er med til at gøre brintløsninger langt mere kostbare. Desuden ligger det adskillige år ude i fremtiden, før der vil være VE-baseret brint til rådighed i større skala.

Et norsk studie konkluderer, at el-lastbiler i næsten alle sammenhænge vil være økonomisk overlegne ift. brintlastbiler også i fremtiden. Brintkøretøjernes eventuelle niche er i givet fald til lange tunge transporter og mindre relevant til citylogistik. Kørsel på brint vil være ikke udlede luftforurening i byen.

**Samlet set** er brint et potentielt CO<sub>2</sub> neutralt brændstof, men det kræver næsten dobbelt så meget el at producere brinten pr kørt km i forhold til at anvende el direkte. Brint kan blive en løsning på længere sigt, hvor en større udbygning af havvind er gennemført. (I dag leverer sol og vind ca. 40% af elforbruget i Danmark). Brint kræver etablering af ny tankinfrastruktur og nye køretøjer. Brint vil ikke udlede luftforurening i byen.

**Electrofuels** er en samlet betegnelse for en række syntetisk fremstillede brændstoffer på basis af VE-brint og opfanget CO<sub>2</sub> (eller kvælstof), også kaldet PtX. I stedet for at bruge brinten i brændselsceller omdannedes denne til et flydende eller gasformigt brændstof, der kan anvendes i en forbrændingsmotor. Hvis slutproduktet 'X' fx udgøres af syntetisk diesel kan det anvendes i eksisterende køretøjer, mens det kræver udskiftning til nye motorer/køretøjer, hvis der fremstilles fx methanol eller DME. Electrofuels vil betyde luftforureningsemissioner i byen, omfanget er helt afhængigt af typen af brændstof.

Electrofuels er en mulig løsning, som har lang tidshorizont, da det både kræver betydelig udbygning af VE-energi og elektrolyseproduktion (som for brint, ovenfor) og dertil udvikling af CO<sub>2</sub>-opsamlende teknologi, som i dag kun eksisterer i lille skala og til høj pris. Derfor vil energieffektiviteten være endnu lavere end for brint-vejen og prisen yderligere høj.

Energistyrelsen har senest vurderet, at en dansk produktion af electrofuels på omkring 6 PJ vil kunne være etableret i 2030, hvis den igangsættes nu. 6 PJ vil teoretisk set svare til under 10% af vare- og lastbiltrafikens energiforbrug i dag. Desuden er der flere andre relevante anvendelser for PTX-ressourcer til fx fly og skibe, hvor der stort set ikke er andre energiløsninger.

På den baggrund kan en strategi for CO<sub>2</sub> reduktion af bydistribution ikke i dag med rimelighed baseres på overgang til electrofuels. Det kan måske kan blive del af en løsning i langdistance transport efter 2030.

**Samlet set** vurderes electrofuels at være fremtidsmusik, som kræver 3-4 gange større energiforbrug at køre 1 km end ved brug af el direkte. Det er en teknologi, som vil blive udviklet, primært fordi fly og søfart ikke har andre muligheder. På meget lang sigt kan det betyde, at electrofuels vil blive tilgængelige også prismæssigt for den tunge transport mere generelt.

**Elektrificering** er det alternativ som CONCITO vurderer er det mest attraktive alternativ til diesel set fra et miljø- og klimaperspektiv. Elektrificering kræver udskiftning af bilparken til el-køretøjer. Der findes også hybridkøretøjer, som fx kan køre fossilt uden for byen, og skifte til el i byen. Vi fokuserer dog i første omgang her på ren elektrificering.

Den grundlæggende infrastruktur til elektrificering er til stede i form af et distribueret elnet. Det vil dog kræve en særlig udbygning af ladeinfrastruktur, hvis varetransporten skal elektrificeres. Energien udnyttes langt mest effektivt i el-baseret transportsystem på grund af den høje virkningsgrad fra kilde til hjul. Elektrificering er dermed klimamæssigt meget attraktivt.

Allerede i dag er udledning pr kørt km 3-4 gange lavere fra en el-varebil sammenlignet med en tilsvarende dieselmodel. Der vil kunne opnås nær fuld CO<sub>2</sub> reduktion i takt med, at hele den danske elproduktion omstilles til VE, hvilket forventes nået inden 2030, dog delvist afhængigt af brugen af biomasse.

Der findes et begrænset udbud af varebiler og lettere lastbiler på el til bydistribution. Rækkevidden er i dag væsentlig mindre end for dieselmodellerne. Endelig kan det begrænse anvendeligheden, at der skal bruges op til 5-7 timer til opladning. En række europæiske studier har dog efterhånden demonstreret, at elektrificering er en farbar løsning til en lang række af citylogistikens transportopgaver. Desuden er rækkevidde og især udbud af modeller under kraftig udvikling.

Tabel 1 eksemplificerer situationen på markedet for el-varebiler, mens Tabel 2 giver et indtryk af aktuelle og kommende el-modeller på lastbilområdet.

Tabel 1. Udsnit af el-modeller på varebilmarkedet. Kilder: Elbilviden.dk, Data fra firmaernes hjemmesider og Reg. H.

Mærke	Model	Oplyst rækkevidde	Ca. pris
Iveco	Daily-electric	200 km	
MAN	e-TGE	115 km	500.000 kr.
Mercedes-Benz	eVito 111 Lang kassevogn	123 km WLTP	471.256 kr.
	eSprinter Kassevogn 35 kWh	118 km WLTP	605.538 kr.
	eSprinter Kassevogn 47 kWh	155 km WLTP	686.338 kr.
Nissan	e-NV200 Van Comfort	200 km WLTP	284.988 kr.
	e-NV200 Evalia 5	200 km WLTP	337.748 kr.
	e-NV200 Combi Comfort Plus 5	200 km WLTP	321.763 kr.
Peugeot	Boxer EV	140 km	
	e-Expert 50 kWh	230 km WLTP	
	e-Expert 75 kWh	330 km WLTP	241.990 kr.
	e-Traveller		
	e-Partner		
Renault	Kangoo Z.E.	230 km WLTP	245.064 kr.
	MASTER Z.E. L1H1	119 km WLTP	433.625 kr.
Opel	VIVARO-e 50 kWh	220 km WLTP	279.990 kr.
	VIVARO-e 75 kWh	317 km WLTP	309.990 kr.
Fiat	e-Ducato 47/79 kWh	235 km /330 km WLTP	

<b>VW</b>	e-Crafter	115 km WLTP	474.988 kr.
<b>Maxus</b>	E-DELIVER 3 35 kWh SWB	158 km WLTP	249.875 kr.
	E-DELIVER 3 52.2 kWh SWB	240 km WLTP	287.375 kr.
	EV80 ladbil	199 km WLTP	474.875 kr.
	EV80 Varebil LWB H2	192 km WLTP	437.375 kr.
<b>Citroen</b>	E-Jumpy 50 kWh	222 km WLTP	287.488 kr.
	E-Jumpy 75 kWh	330 km WLTP	363.738 kr.

Table 2. Udsnit af el-lastbiler i og på vej på markedet. Kilder: 3Nofoss (2019) og div. hjemmesider og Reg Hovedstaden.

Mærke	Model	Totalvægt	Oplyst rækkevidde	Bemærkning
Daimler	FUSO eCanter	7,49	100 km	Er i handel
Daimler	Mercedes eActros	18-25	200 km	I test, forventet i salg i 2021
Volvo	FL Electric	16,7	300 km	Er i handel (Sverige) Kan købes på bestilling
Volvo	FE Electric	27	200 km	Er i handel (Sverige) Kan købe spå bestilling
MAN	CitE 15 4x2 LL	15	100 km	Forventet 2021
	eTGM	26	190 km	Er i handel
PVI	C-Less.27 Electric	26,8	75 -110 km	Er i handel (renovation)
Banke	eRCV27	27	?	I test (renovation)
Scania	BEV BET	20-28	140-250 km	Er i handel
DAF	CF Electric	40	200 km	I test (kommer tidligst i slut 2021)
Futuricum	Semi 40E	op til 44	op til 380 km	I test
Tesla	Semi	36	400 - 800 km	I test (forventes 2021-2022)

Anskaffelsesprisen for el-køretøjer er generelt væsentlig højere end dieselskøretøjerne, især i de tungere segmenter. Til gengæld er el-køretøjernes driftsomkostninger lavere, dels fordi energiforbruget og -udgiften til el er markant lavere og dels fordi, der er langt mindre behov for service og udskiftning af reservedele. Udfordringen for el-køretøjer er at batteriernes rækkevidde i mange tilfælde endnu ikke kan opfylde kravene i bydistribution.

**Samlet set** er el-køretøjer langt de mest energiøkonomiske. El kræver ny ladeinfrastruktur med hurtigladere både ved distributionsfirmaerne og i mindre grad i byen. Køretøjer i alle størrelser er først ved at komme på markedet, men udviklingen går ret hurtigt. Det er billigere at køre på el end på diesel, men køretøjerne er dyrere. El-køretøjerne udleder ikke luftforurening i byerne.