



Aanpak luchtkwaliteit: waterstof-taxi's in Delft

initiatiefdocument

1. Inleiding

De steden kampen met luchtvervuiling. De grote vervuiler in vrijwel alle steden is het verkeer. Van het totale verkeer zijn dieselauto's met name verantwoordelijk voor de uitstoot van NOx en fijnstof, het meest schadelijk voor de gezondheid.

Dit essay is gericht op de mogelijkheden van waterstof als energiedrager voor elektrisch aangedreven vervoermiddelen in de stad, de zogenaamde Fuel Cell Electric Vehicles (FCEV), te beginnen met taxi's.

FCEV, Fuel cell electric vehicle: Vehicle which uses a fuel cell to power its on-board electric motor, generally using oxygen from air and compressed hydrogen. A fuel cell vehicle fueled with hydrogen emits only water and heat.

We kiezen Delft vanwege de kennis van die Delft als Universiteitsstad nabij heeft, Green Village, de onderzoeksgroep Future Energy Systems van TU Delft, andere kennisorganisaties als CE Delft, en de klimaatambities van de stad Delft.

2. Delft

Luchtvervuiling

Luchtverontreiniging beïnvloedt de gezondheid nadelig na kortdurende (enkele uren tot meerdere dagen) maar ook na langdurige blootstelling (enkele maanden tot jaren). Fijnstof en stikstofdioxide vormen samen met ozon de belangrijkste luchtverontreinigende stoffen als het gaat om de gezondheid.³

'Van de drie grote bronnen (verkeer, industrie en landbouw) van luchtvervuiling is verkeer dominant in de regio Haaglanden¹. De concentraties voor fijnstof zijn in Delft, net als in de andere gemeenten in de regio, onder de Europese normen². Echter ook bij concentraties onder de Europese normen voor stikstofdioxide en fijnstof treden echter nog aanzienlijke gezondheidseffecten op. De hoogste concentraties fijnstof vind je met name langs drukke wegen (meer dan 10.000 motorvoertuigen per dag). In Delft zijn dit onder meer de Kruithuisweg/N470, de route Zuidwal-Westlandseweg, Prinses Beatrixlaan en Vrijenbanselaan³.

Taxi's

Delft kende per 1 januari 2017 35 taxibedrijf-vestigingen waarvan 30 met 1 werknemer en 5 met meer werknemers⁴. Dat betekent dat het aantal taxi's in Delft tussen de 40 en 100 stuks kan zijn. De bijdrage van taxi's aan de luchtkwaliteit is niet bekend. Wel: de verbetering is juist bij taxi's relatief groot: taxi's zijn vrijwel zonder uitzondering diesels.

3. Initiatief: taxi's op waterstof als bijdrage aan verbetering van de luchtkwaliteit

Onderzoek van CE Delft⁶ toont aan dat elektrificatie van voertuigen een zeer effectieve maatregel is om lokaal de uitstoot van CO₂, NO_x en fijnstof te beperken. De CO₂ footprint van diesels is door de hoge efficiency tov. benzinevoertuigen lager, in fijnstof kunnen zelfs 4 maal betere waarden worden bereikt, de uitstoot van NO_x is in het beste geval een factor 15 slechter. Alleen elektrische aandrijving scoort op en CO₂, en NO_x en fijnstof beter.

Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen van personenauto's op diesel

%	(Introductiejaar)	NO _x [*]	Fijnstof aandrijving ^{**}
Euro 5 benzine (referentie)		0,02 g/km 100	0,004 g/km 100
Diesel Euro 3	(2000/2001)	3200	1000
Diesel Euro 4	(2005/2006)	2150	265
Diesel Euro 5	(2009/2010)	2450	25
Diesel Euro 6	(2014/2015)	1450	25

* Directe NO₂-aandeel in de NO_x-uitstoot voor diesel is ca. 30-50%

** Fijnstof van slijtage van banden, remmen, wegdek = 0,016 g/km,
onafhankelijk van Euroklasse

Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen voor personenauto's op elektriciteit (voertuigemissies)

%	NO _x [*]	Fijnstof aandrijving ^{**}
Euro 5 benzine (referentie)	0,02 g/km 100	0,004 g/km 100
Euro 5, benzine plug-in hybride	65-90	65-90
Euro 5, diesel plug-in hybride	<2450	<25
Elektrisch Euro 5 benzine range extender	20-80	20-80
Elektrisch voertuig: elektriciteit gemiddelde mix in NL	0	0

* Directe NO₂-aandeel in de NO_x-uitstoot voor benzine is ca. 5%-10%

** Fijnstof van slijtage van banden, remmen, wegdek = 0,016 g/km,
onafhankelijk van het type voertuig

Praktijkemissies luchtverontreinigende stoffen voor personenauto's met H₂ brandstofcelaandrijving (voertuigemissies)

%	NO _x *	Fijnstof aandrijving*
Euro 5 benzine (referentie)	0,02 g/km 100	0,004 g/km 100
H ₂ brandstofcel	0	0

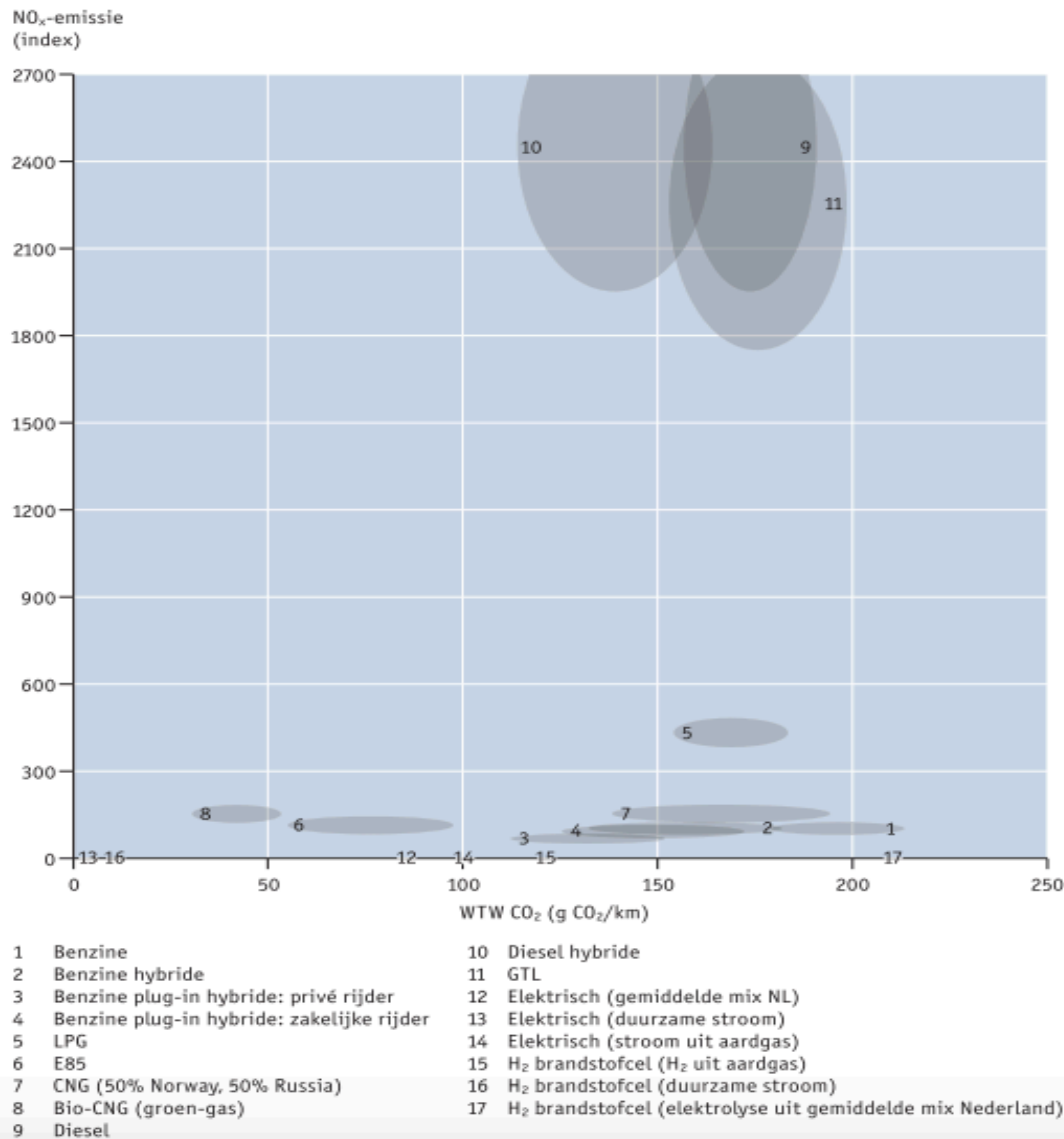
* Fijnstof van slijtage van banden, remmen, wegdek = 0,016 g/km, onafhankelijk van het type voertuig

Praktijkemissies NO_x en Fijnstof vergeleken: benzinemotor vs dieselmotor en elektrische varianten

In het licht van de carbon footprint worden de voordelen van elektrische aandrijving met onderstaande figuur nader geïllustreerd.

TNO / CE Delft

Overzicht NO_x-uitstoot (voertuig) en Well-To-Wheel CO₂-emissie personenauto's op basis van Euro 5 motoren



Praktijkemissies NO_x en CO₂ vergeleken: benzinemotor vs dieselmotor en elektrische varianten

Als er gekozen wordt voor elektrische aandrijving rest de keuze voor batterijen of waterstof als energiedrager. Beide varianten kennen voor- en nadelen ten opzichte van elkaar. Feit is dat beide oplossingen reeds naast elkaar bestaan, de verwachting lijkt gerechtvaardigd dat in de CO₂-vrije toekomst er een hybride situatie ontstaat. In een waterstofeconomie zal de FCEV een onmisbare rol spelen.⁷

In de onderstaande afbeelding is een vergelijking tussen waterstof en conventionele brandstoffen gegeven.



Indicatieve vergelijking FCEV op waterstof uit aardgas-SMR met conventionele brandstoffen

- WTW FCEV-uitstoot ca. 20% lager dan hybride (segment D/E, K)

Brandstof	Eenheid	Emissiefactor kg CO ₂ /eenheid	Verbruik eenheid/100km	Indicatie uitstoot g CO ₂ /km
Waterstof (SMR)	kg	9,0	1,0	90
Benzine	liter	2,3	5,0	114
Diesel	liter	2,7	4,0	107

- Specifiek Hyundai iX35: 1,2 kg H₂/100 km (praktijk) tegen 6,4 en 5,2 l/100 km (test) voor benzine en diesel (1,6 GDi en 1,7 CRDi)

- Vergelijk waterstof met conventionele brandstoffen:

Waterstof	Benzine/diesel/CNG/... (koolwaterstoffen)
+ toekomstgericht; elektrische aandrijving	- status qua; lock-in verbrandingsmotor
+ geen lokale emissies (NO _x , SO ₂ , PM, ...)	- blijvend lokale emissies
+ met H ₂ van aardgas al reductie CO ₂	
- nog duurder (maar betaalbaar op termijn)	+ betaalbaar (maar kosten nemen toe)

4. Vooronderzoek

Technisch concept

Er zijn FCEV-alternatieven voor de standaard MB-taxi beschikbaar op de markt. De merken Hyundai en Toyota hebben een FCEV in het programma. Van meer autofabrikanten is bekend dat ze een FCEV in ontwikkeling hebben.

Laadinfrastructuur is weliswaar binnen bereik (Den Haag) maar behoeft uitbreiding in Delft zelf. Samenwerking/synergie is mogelijk met de kennisinstellingen en duurzame initiatieven.

Inventarisatie van technische aspecten is gewenst.

Business model

Het business model voor de taxi-ondernemers enerzijds en vanuit maatschappelijk perspectief anderzijds behoeft uitwerking. De ambitie is tweeledig: een volwaardig alternatief voor het traditionele taxi-vervoer te ontwikkelen, een doorontwikkeling van de huidige techniek. Ten 2^e is de ambitie een proeve neer te zetten van een duurzaam en toekomstgericht vervoer- en energiemodel.

Stakeholder-analyse

Gegeven de context en samenhang met maatschappelijke en economische thema's kent dit initiatief vele technologische, bedrijfseconomische en beleidsmatige consequenties en uitdagingen. Overleg of samenwerking met alle mogelijk betrokken of te betrekken partijen zal cruciaal blijken te zijn voor duurzaam resultaat. De stakeholder-analyse is de 1^e stap.

5. Conclusies en Aanbevelingen

Conclusies

- ook Delft kampt met luchtvervuiling door uitstoot van voertuigen met conventionele verbrandingsmotoren
- de uitstoot van NO_x en Fijnstof is met name van dieselmotoren
- met elektrische aandrijving van taxi's is relatief grote progressie te boeken
- Delft heeft een uitstekende voedingsbodem voor innovatie van het taxivervoer
- een coalitie is nodig om FCEV-taxi's in Delft te realiseren

Aanbevelingen en acties

- vergaar initieel budget voor een vooronderzoek FCEV-taxi's in Delft
- vooronderzoek: werk technisch concept, business model en stakeholdersanalyse uit
- organiseer een brede coalitie van stakeholders
- voer het initiatief als project uit

Literatuur en referenties

1. Smeets, W. et al. **Emissieramingen luchtverontreinigende stoffen Nederland – Rapportage 2017**. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), 2017. Beschikbaar op URL: <http://www.pbl.nl/onderwerpen/luchtverontreiniging/publicaties/emissieramingen-luchtverontreinigende-stoffen-nederland-rapportage-2017>
2. Rutledge-Jonker et al. **Monitoringsrapportage NSL 2017 - Stand van zaken Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit**. RIVM Rapport 2017-0156. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), 2017. Beschikbaar op URL: <https://www.nsl-monitoring.nl/rapportages-en-documenten/Rijksoverheid>. **Monitoring NSL** [Online]. 2018 (bezoekt op 27 mrt 2018); Beschikbaar op URL: <https://www.nsl-monitoring.nl/viewer/>
3. www.gezondheidsmonitor.ggdhaaglanden.nl/gemeenten/delft/themas/leefomgeving/luchtkwaliteit/ 2018 (bezoekt op 10 dec 2018)
4. Aantallen taxibedrijven, CBS, <https://www.cbs.nl/nl-nl/zoeken?query=keyword%3a%22taxibedrijven%22>
5. Waterstof Essentieel element voor de energietransitie en een duurzame energievoorziening Marcel Weeda en Jörg Gigler 3e workshop H2-platform Utrecht, 5 december 2017
6. Factsheets brandstoffen voor het wegverkeer — Kenmerken en perspectief I Juni 2014
7. <https://www.technea.nl/waterstof-is-nieuwe-gas/>