

## DEMASKING THE BLACK HOLE OF TRANSPORTATION?

### A BLOCKING ROAD NAAR DE ONTWIKKELING VAN EEN CO<sub>2</sub> BLOCKCHAIN-GEORIËNTEERDE (PRODUCT) APP

Y.L. Lont, Hogeschool Rotterdam (Instituut voor de Gebouwde Omgeving)

J.H.R. van Duin, TU Delft (Faculteit Techniek, Bestuur en Management), Hogeschool Rotterdam (Kenniscentrum Duurzame Havenstad)

D.P. Jens, Hogeschool Rotterdam (Instituut voor Bedrijfskunde)

B. van Lier, Steinbeis University Berlin, Hogeschool Rotterdam (Kenniscentrum Creating010)

### Samenvatting

Dit onderzoek komt voort uit de vraag of op basis van blockchain-technologie datadeling tussen logistieke partijen mogelijk is, waarbij vooral gekeken wordt naar de vraag of het mogelijk is om een CO<sub>2</sub>-footprint vast te stellen op productniveau. In de huidige praktijk is exacte CO<sub>2</sub>-monitoring op productniveau onmogelijk en wordt ook wel de '*blackhole of transportation*' genoemd. Onderzoek op basis van 'deskresearch' heeft geresulteerd in de constatering dat blockchaintechnologie op basis van het Paxos-algoritme een geschikte manier is om data tussen logistieke partijen te delen. Betrokken partijen beschikken over de eigen data en zijn in staat om elkaar te controleren op deze data. De manier waarop deze data wordt gevormd en opgeslagen, verzekert de betrokken partijen dat de data integer is en dat deze niet achteraf te manipuleren is. De noodzaak om elkaar te vertrouwen vervalft, omdat de data door het Paxos-algoritme betrouwbaar is. Vervolgens is vastgesteld dat op basis van het OpenTripModel data op een uniforme manier kan worden gedeeld tussen de verladers en vervoerders door de nadruk op interoperabiliteit tussen verschillende netwerken. Uit dit onderzoek blijkt dat de huidige datastromen voldoende informatie bevatten om een CO<sub>2</sub>- footprint te bepalen per product en dat daarbij het brandstofverbruik, de gereden kilometers en de benuttingsgraad van het transport van belang zijn. Echter uit de drie georganiseerde (discussie)bijeenkomsten met de stakeholders uit de use-case lijkt de verwachte toepassing van het gebruik van blockchain niet eenduidig. Daarbij blijkt dat de benodigde ICT bij de verlader nog niet geïmplementeerd is. Aanvullend hierop blijkt uit de peiling gehouden onder eindconsumenten dat de interesse in duurzaamheid de laatste jaren toeneemt, maar dat dit zich niet volledig vertaalt in een vraag naar CO<sub>2</sub> transparantie per product. Hiermee zien we nog wat blokkades op de weg naar ontwikkeling.

**Trefwoorden:** Blockchain, transparantie, ketensamenwerking

## 1. Introductie

Hoe duurzaam producten worden geproduceerd, kan inmiddels worden aangetoond op basis van diverse keurmerken als 'EKO', 'Beter Leven' of 'Fairtrade'. Hoe duurzaam deze producten worden vervoerd, daar is tot nu toe geen informatie over beschikbaar (Schmidt, Foerstl, & Schaltenbrand, 2017). De duurzaamheid van het transport wordt o.a. gemeten op basis van CO<sub>2</sub> uitstoot. Transparantie over de CO<sub>2</sub> uitstoot gedurende het vervoer is een belangrijke voorwaarde om te komen tot duurzame concurrentie (Akerlof, 1970). Wanneer verladers en consumenten begrijpen hoe een product wordt geproduceerd en getransporteerd geeft dit hen de mogelijkheid om duurzame(re) keuzes te maken. Dit stemmen met de voeten is vervolgens weer een incentive voor bedrijven om het transport van hun producten te verduurzamen (Andersson & Sternberg, 2016). Logistieke service providers (LSP's) geven wel aan dat zij de duurzaamheid monitoren, maar in de praktijk blijken zij vaak weinig hierover te weten. De CO<sub>2</sub> uitstoot wordt dan vaak gepresenteerd op vlootniveau, terwijl de vertaling naar producten niet wordt gemaakt. Outsourcing en het gebruik van losse ritten door wegvervoerders zijn daarvan belangrijke oorzaken (Nilsson, e.a., 2017). Transporteurs hebben nog minder inzicht in de duurzaamheid van hun diensten. De eindconsumenten blijven hierdoor onwetend over de duurzaamheid van grote delen van de logistieke keten. Dit gebrek aan inzicht wordt de "*Black hole of transportation*" genoemd. Het betreft niet alleen eindconsumenten maar ook belanghebbenden eerder in de logistieke keten (Andersson & Sternberg, 2016). Zolang het eerste en laatste deel (van afzender tot consolidatieterminal en van terminal naar geadresseerde) tekenen van duurzaamheid tonen, is de duurzaamheid van terminal naar terminal (die meestal het grootste deel van de totale transportafstand bedekt) verborgen (Andersson & Sternberg, 2016). Inmiddels zijn er ook ontwikkelingen op het gebied van regulering in de melding van de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Zo is in de Europese Commissie een politiek akkoord bereikt dat wetgeving in de maak is, waardoor lidstaten van de Europese Unie (EU) worden verplicht om de uitstoot van zware voertuigen op te geven. Dit heeft als doel om de emissie binnen de EU aan te pakken (Europa.eu, 2018). De huidige CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt voornamelijk gemeten op basis van voor- en nacalculatie. Een oplossing die deze data 'real-time' kan weergeven, kan deze methodes verder optimaliseren. De huidige oplossingen hebben tevens geen mogelijkheid om dit op productniveau te zien. Hierdoor is het niet mogelijk voor de betrokken partijen om te zien wat de CO<sub>2</sub>-uitstoot is op productniveau. De verwachting is echter dat hier wel vraag naar gaat komen.

Om dit te kunnen realiseren betekent dit dat vervoerders met elkaar moeten gaan samenwerken door informatie betreffende transporten met elkaar te delen. In eerste instantie lijkt samenwerking tussen concurrenten een probleem. Eén van de redenen hiervoor is omdat de informatie die wordt gedeeld een bepaalde waarde vertegenwoordigt (Kolkhuis Tanke, e.a., 2012). Eén van de mogelijkheden om data te delen tussen deze partijen is blockchain-technologie, waarbij één van de karakteristieken van een blockchain de aanwezigheid is van een zogenaamd consensus-algoritme (Nakamoto, 2008).

Wanneer op basis van blockchain-technologie data kan worden gedeeld, is interoperabiliteit een belangrijk punt. Het is namelijk wenselijk dat logistieke partijen kunnen aanhaken op een platform dat een eenduidige manier gebruikt van datadeling, waarbij de gegevens betrouwbaar zijn. Interoperabiliteit heeft betrekking op de manier van datadeling aangezien dit begrip slaat op de mogelijkheden om verbindingen te leggen tussen verschillende soorten van informatie en netwerken. Door interoperabiliteit is het mogelijk om data te delen tussen verschillende partijen met verschillende type data, eenheden en modaliteiten. (Kolkhuis Tanke e. a., 2012).

In navolging van Anderson & Sternberg is het SIA-Kiem-project "CO<sub>2</sub> transparantie in transport - een blockchain verkenning" gestart begin 2018. In hoeverre is het mogelijk en wenselijk om CO<sub>2</sub> gegevens van het transport per product middels blockchain-technologie te delen en wat is nodig om hier een *proof of concept* voor te realiseren? Dit leidt tot de vraag of er een applicatie kan worden ontwikkeld dat realtime de CO<sub>2</sub>-uitstoot per product kan weergeven en dat gebruikmaakt van blockchain-technologie. Deze informatie moet vervolgens kunnen worden gekoppeld aan bestaande Transport Management Systemen (TMS) binnen bedrijven. Er is momenteel geen inzicht in de mogelijkheid om via zo'n applicatie informatie uit te laten wisselen met een TMS. Daarom is het van belang om eerst te verkennen of zo'n applicatie kan worden ontwikkeld en geïmplementeerd. Dit heeft geleid tot de volgende centrale onderzoeksvraag:

*In hoeverre is het in Nederland mogelijk en wenselijk om CO<sub>2</sub> gegevens van het transport per product middels blockchain technologie te delen en wat is nodig om hier een proof of concept voor te realiseren?*

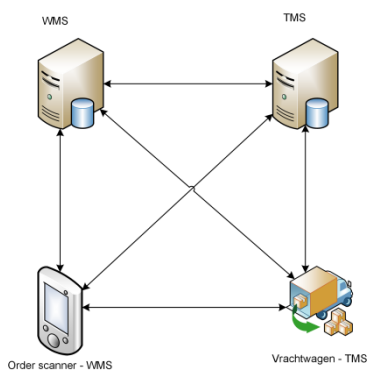
Om inzicht te verkrijgen in deze onderzoeksvraag is een aantal deelaspecten verkend alvorens de vraag te kunnen beantwoorden. In dit paper zullen achtereenvolgens de volgende deelaspecten worden beantwoord. In sectie 2 zal worden nagegaan wat de meerwaarde van blockchain-technologie kan zijn. Sectie 3 zal ingaan op de vraag of het OpenTripModel kan worden gebruikt voor datadeling tussen partijen. Sectie 4 zal een overzicht geven welke data nu beschikbaar is via TMS, WMS, barcodescanner en boordcomputers. Sectie 5 zal eindigen met de conclusie of de CO<sub>2</sub>-footprint nu bepaald kan worden.

## **2. Meerwaarde van de blockchaintechnologie**

Een blockchain kan worden getypeerd als een versleutelde, chronologische gedistribueerde database (Bakker, 2016). Deze database is ongevoelig voor manipulatie, vervalsing en zou transparant en onwizigbaar moeten zijn (Romonesco, 2017). Een gedistribueerd netwerk is een netwerk waarbij databases verspreid staan binnen een netwerk. Deze databases kunnen in hetzelfde complex staan en deze worden door een centraal orgaan aangestuurd. Deze systemen communiceren met elkaar door het versturen van berichten onderling. Waar voorheen een database één systeem kon zijn in hetzelfde gebouw, kan bij een gedistribueerde database verschillende delen van de data apart van elkaar

worden opgeslagen waarbij ook de locatie kan verschillen. (Bakker, 2016). Nakamoto (2008) heeft met zijn Paxos-algoritme het mogelijk gemaakt dat partijen (nodes) in gedistribueerde netwerken in staat worden gesteld om in asynchrone omgeving tot besluiten te komen die ieder in zijn eigen database bewaart.

PwC heeft in 2016 beschreven wat de meerwaarde van blockchain-technologie kan zijn binnen de transportwereld: Fraude kan worden gereduceerd binnen het netwerk doordat gebruik wordt gemaakt van een consensusmodel waarbij partijen elkaar controleren op de opgeslagen data. Tevens kan door het vervallen van de noodzaak van een derde partij mogelijk efficiënter worden gewerkt, er is namelijk een speler minder aanwezig binnen de uitwisselingen van data. Doordat data wordt gedeeld middels een digitaal netwerk, zal papierwerk binnen transacties minder noodzakelijk worden. Tenslotte kan papierwerk leiden tot het maken van fouten. Door de vastlegging van gegevens binnen het netwerk kunnen bepaalde gegevens worden gecontroleerd waardoor de noodzaak vervalt om deze ook nog in papieren vorm te hebben (PwC, 2016). Hierbij kan de implementatie van een blockchainnetwerk op basis van Paxos ervoor zorgen dat dat de betrokken partijen over dezelfde informatie beschikken en deze informatie ook allemaal opslaan in hun eigen database. Tevens wordt enkel de data gedeeld waarbij de partijen zelf aanwezig zijn geweest ten tijde van de datadeling. De opgeslagen gegevens zijn daardoor niet te manipuleren, consistent en onweerlegbaar; voor een juiste vastlegging van de gereden kilometers en het brandstofverbruik een cruciaal uitgangspunt.



*Figuur 1 Datadeling tussen logistieke partijen (Jens, 2018)*

In bovenstaand Figuur 1 wordt het berichtenverkeer getoond tussen logistieke partijen middels blockchaintechnologie op basis van het Paxos-algoritme. Wanneer we hetzelfde algoritme toepassen op mogelijke verschillende partijen binnen een besluitvorming, dan zou bovenstaande illustratie een mogelijk moment kunnen zijn van datadeling. Er zijn minstens vier nodes/apparaten aanwezig die allemaal betrokken zijn bij een bepaald besluit.

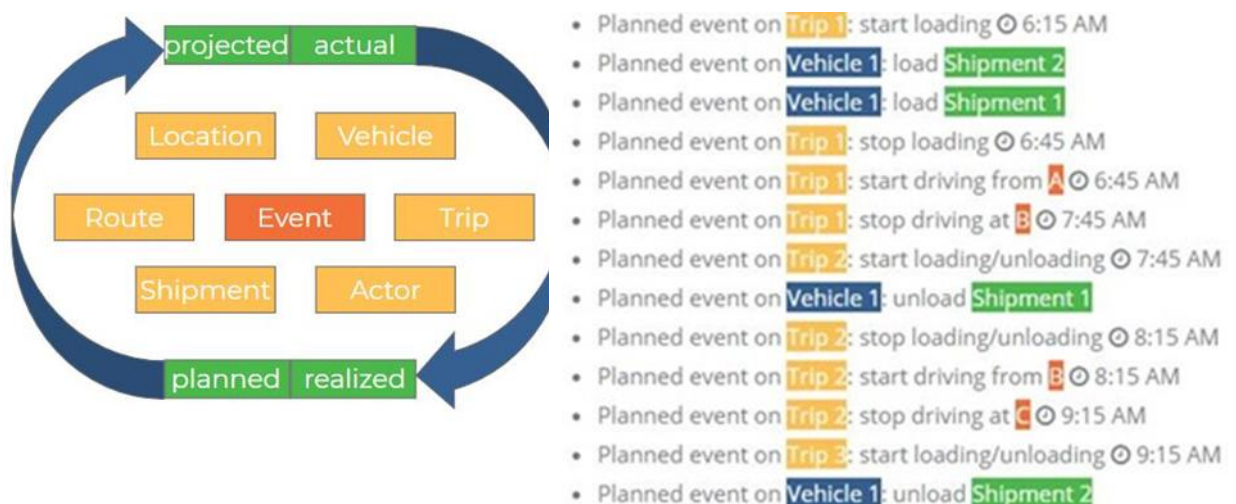
Zo kan de scanner (beschikbaar op één van de nodes 'Orderscanner WMS') op productniveau scannen welke producten klaar worden gezet voor transport. De andere drie nodes zullen deze informatie betreffende de producten die op transport worden gezet, ook noteren in hun eigen database.

Vervolgens kan er data worden uitgewisseld tussen de verschillende nodes over een bepaald transportopdracht. Het WMS stuurt een bericht door naar het TMS van de transporteur dat zij een transport hebben klaarstaan. Deze wordt vervolgens opgehaald en afgeleverd. Zodra deze is afgeleverd, zal via de boordcomputer van een vrachtwagen met daaraan gekoppeld een TMS, een bericht worden verstuurd van aflevering. Bovenstaande beschrijving schetst een reële situatie waarbij apparaten onderling data met elkaar uitwisselen middels het Paxos-algoritme. Iedere partij noteert zijn eigen informatie. Zo kunnen de vier nodes in overeenstemming zijn dat een bepaald product is 'gepickt' of dat een zending op een bepaalde locatie is afgeleverd. Iedereen bewaart deze informatie in de eigen database.

Uit het voorgaande kan worden geconstateerd dat een blockchain-oplossing op basis van het Paxos-algoritme een rol kan spelen wanneer partijen binnen de logistieke sector onderling data gaan uitwisselen waarbij betrouwbaarheid van de data een grote rol speelt. De meerwaarde is te vinden in de betrouwbaarheid van opgeslagen gegevens middels blockchaintechnologie en het decentrale karakter bij de opslag van deze data.

### 3. OpenTripModel voor deze datadeling tussen logistieke partijen

Het OpenTripModel is een eenduidig licentievrij datamodel dat in de logistieke sector gebruikt wordt om realtime logistieke en verkeerskundige data uit te wisselen. Het uitwisselen van verkeersinformatie heeft als doel om onnodig rijden en stilstaan van vrachtwagens te voorkomen. (OpenTripModel, sd). Naast de fysieke route van het transport legt de open standaard vast hoe een transportbeweging is te definiëren in een ICT-omgeving. Figuur 2 laat zien hoe dit model is opgebouwd en wordt weergegeven hoe de verschillende concepten binnen het model zich tot elkaar verhouden.

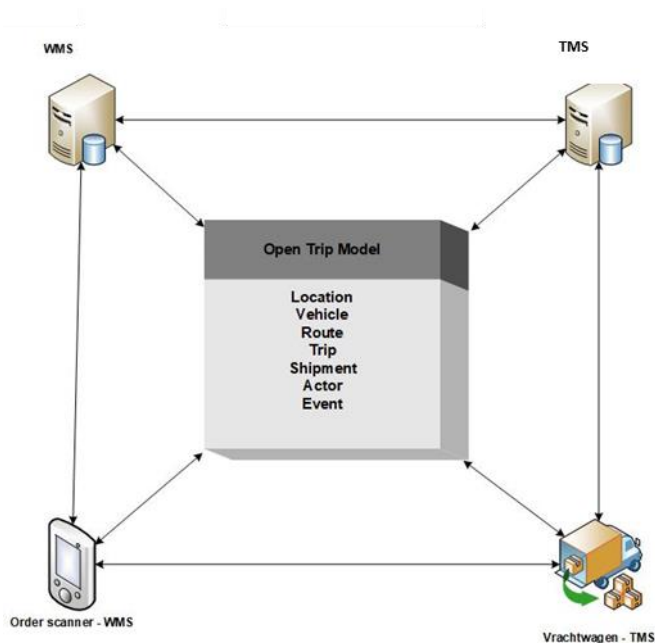


*Figuur 2+3. Lifecycle (OpenTripModel, sd)*

Entiteiten binnen dit model worden gebruikt om verschillende onderdelen binnen een logistiek proces te beschrijven. Binnen bovenstaand Figuur 2 zijn deze weergegeven in de kleur geel. Een entiteit kan

een vrachtwagen zijn, de zending zelf, de locaties en de trips. Trips zijn in dit geval een verzameling van events. Een event geeft de relatie aan tussen entiteiten. De volgorde van deze events geven de workflow aan gedurende de tijd. Daarnaast wordt gebruik gemaakt van een zogenaamde 'lifecycle'. Deze lifecycle kan worden vertaald naar de status van een zending. Deze lifecycle zorgt ervoor dat opdrachten gepland kunnen worden en dat inzichtelijk is wat de actuele status is van een zending en welke events zijn gerealiseerd. In Figuur 3 wordt weergegeven hoe de entiteiten zich tot elkaar verhouden bij het OpenTripModel in een voorbeeld-praktijksituatie.

Uit zowel Figuur 2 als Figuur 3 blijkt dat dat het OpenTripModel een standaard kan zijn waarmee de logistieke partijen data met elkaar gaan uitwisselen. Als dit OpenTripModel op de casus wordt toegepast, kan het netwerk op basis van Paxos en het OpenTripModel de structuur aannemen zoals in Figuur 4.



*Figuur 4. Toepassing van het OpenTripModel (Jens, 2018)*

Te zien is hoe verschillende partijen met elkaar in verbinding staan en dat deze volgens de standaard van het OpenTripModel data gaan delen. Zo kan een orderscanner informatie bevatten over een 'shipment' oftewel een zending, omdat deze in contact staat met een WMS. Daardoor koppelt de scanner informatie over de producten aan een bepaalde gescande zending. Zodra de orderscanner meldt aan het WMS welke producten zijn gescand, zal dit worden gedeeld met de andere partijen in het netwerk waar hij op dat moment mee in verbinding staat, waarbij ieder systeem/apparaat de nieuwe informatie noteert in de eigen ledger. In de praktijk betekent het dat er een veelvoud van verschillende netwerken en apparaten met elkaar in verbinding komen te staan bij de datadeling.

Door een standaard te gebruiken zoals het OpenTripModel wordt er data gedeeld volgens een vaste standaard waardoor modaliteiten dezelfde betekenis krijgen binnen de datadeling.

#### **4. Beschikbaarheid van data tussen TMS, WMS, barcodescanner en boordcomputer**

Vervolgens rijst de vraag welke datastromen beschikbaar zijn binnen de logistieke sector en of deze kunnen worden gekoppeld aan het OpenTripModel. Hier zal in dit gedeelte aandacht aan worden besteed.

##### *TMS systeem*

Het TMS systeem bevat de volgende onderdelen: Ordermanagement, Registratie van vrachtwagens en materieel, Brandstofmutaties, Geografische locaties, Berichten uit de boordcomputer, Ritafhandeling, Geplande ritten en gerealiseerde ritten ( Gerealiseerde tijden • Gerealiseerde aantallen).

*Ordermanagement.* Op de order staan naast de klantgegevens ook de artikelen, de planeenheden van waarin iets wordt vervoerd en uiteraard de afzender en het bestemmingsadres. Ook worden de bijhorende acties (bijvoorbeeld laden of lossen) die van toepassing zijn op de order genoteerd.

*Brandstofmutaties.* Gegevens die hierbij worden opgeslagen zijn: soort brandstof, datum en tijd van de mutatie, het materieel en de kilometerstand van het materieel. Op basis van twee afgetankte mutaties en de kilometerstanden kan worden berekend wat de verbruikerscijfers zijn. Doordat bekend is wat de kilometerstanden zijn bij twee tankbeurten en de getankte liter per mutatie, kan worden berekend hoeveel liters brandstof er zijn verbruikt voor die gereden kilometers.

*Ritafhandeling.* Bij het ordermanagement werd beschreven dat een order kan worden gekoppeld aan een rit. Deze ritten worden vervolgens ingepland. Het TMS heeft de volgende parameters voor de ritplanning: geplande, actuele en initiële planning.

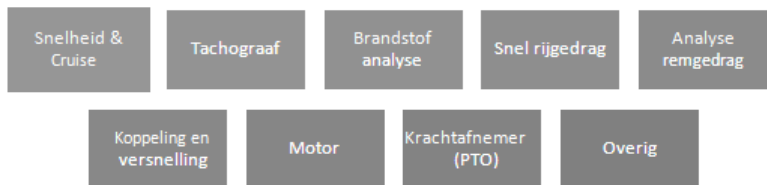
*Berichten uit de boordcomputer.* Deze gegevens worden veelal geïmporteerd via een 'communicator'. Berichten afkomstig uit de boordcomputers van vrachtwagens kunnen ook in het TMS worden opgeslagen. Zo kan de activiteit met het bijbehorende voertuigID, chauffeursID en locatie worden doorgestuurd naar het TMS. Naast de geo-positie worden ook de datum en tijd opgeslagen. Ook is er de optie om de kilometers van het voertuig middels een boordcomputer door te sturen naar het TMS van Centric met daarbij informatie over de ritactie (laden of lossen bijvoorbeeld), informatie over de laatste activiteit en de bijhorende locatieposities.

*Ritcalculatie.* Om de gereden kilometers en gemaakte uren te berekenen worden meerdere gegevens opgeslagen voor de ritten, op basis van een zogenaamd voertuigprofiel. Doordat de specificaties en kwalificaties van voertuigen worden geregistreerd kan dit profiel worden opgesteld. Met dit profiel kunnen de afstanden, rijtijden en tolkosten van een rit worden bepaald. Dit wordt voor zowel de voor- als nacalculatie gedaan. Tevens wordt bij een rit de beladingsgraad bepaald. Op basis van de



planeenheid, het totaal aan beladen kilometers en de maximale beladingskilometer kan worden berekend in hoeverre een 'resource' (bijvoorbeeld een vrachtwagen) kan worden ingezet. Dit geschiedt ook weer op basis van voor- en nacalculatie.

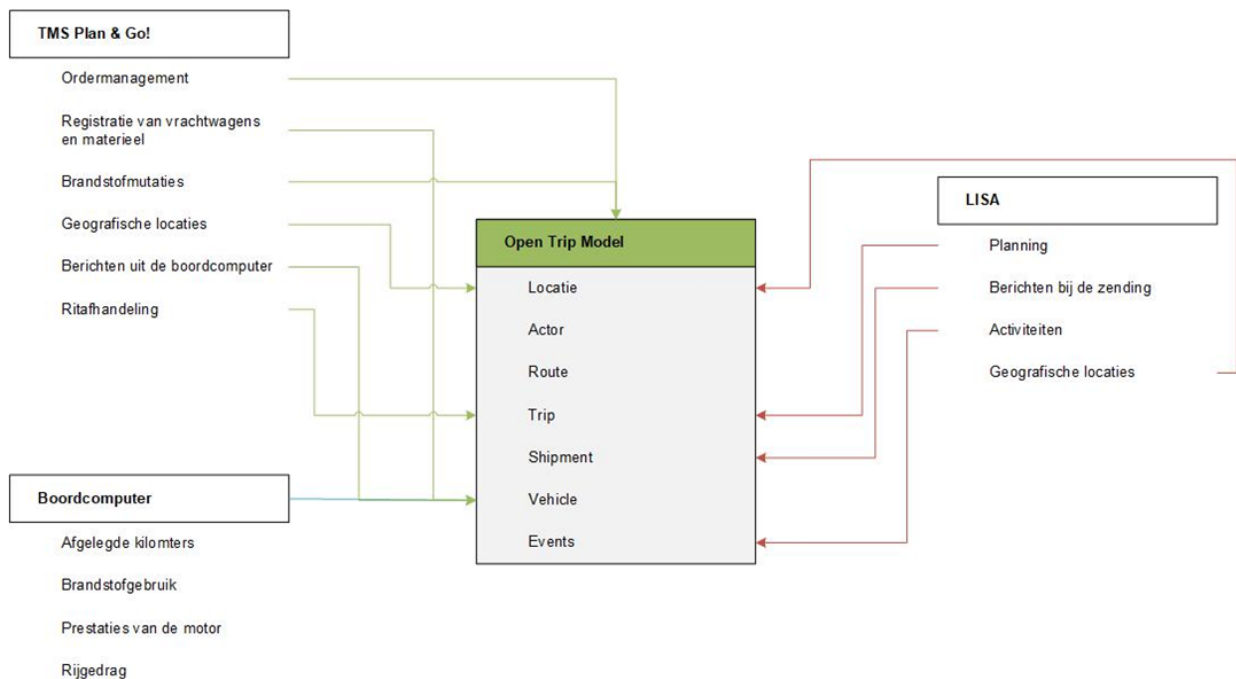
### Boordcomputers



De gegevens uit de boordcomputer kunnen worden samengevoegd in het volgende: brandstofgebruik, prestaties van de motor, rijgedrag en afgelegde kilometers.

Figuur 5. Beschikbare data uit de boordcomputer (Squarrel (sd))

De koppeling van de data met het OpenTripModel kan als volgt gerealiseerd worden.



Figuur 6. Koppeling gegevens met OpenTripModel (Jens, 2018)

Zoals is af te leiden aan bovenstaand Figuur 6 kunnen de huidige datastromen worden gekoppeld aan de bestaande entiteiten in het OpenTripModel. De kernfunctionaliteit van het TMS is ordermanagement. Aangezien hier alle entiteiten binnen het OpenTripModel onder vallen, is daar direct een lijn naar getrokken. Alle informatie betreffende het voertuig uit de losse boordcomputerdata en registratie van vrachtwagens en materiaal uit het TMS, kunnen worden gekoppeld aan de 'Vehicle' entiteit binnen het OpenTripModel. De entiteiten zoals vrachtwagens en materiaal kunnen worden geschaard onder 'Vehicle' en desgewenst kunnen er diverse attributen aan worden toegevoegd.



Brandstofmutaties zoals deze nu worden opgeslagen binnen het TMS van Centric kunnen worden ontleed aan de gegevens van een 'Trip'. Een trip is immers een verzameling van de betrokken entiteiten waardoor brandstofverbruik en gereden kilometers door geografische locaties kunnen worden berekend. In de use case wordt hierbij behalve TMS en boordcomputer gebruik gemaakt van LISA (zie figuur 6), een zogenoemde 'lightweight broker' van data, die ook interfacefunctionaliteit kan verzorgen tussen TMS en boordcomputer.

Het bovenstaande zal niet alleen voor de onderzochte informatiesystemen van Centric gelden, het model is zo ingericht dat verschillende apparaten kunnen worden gekoppeld aan dit datamodel zodat op een vaste manier, in een bepaalde semantiek, informatie kan worden uitgewisseld. Door deze informatie op een eenduidige manier vast te leggen in het OpenTripModel kunnen aangesloten apparaten in dezelfde taal en modaliteiten informatie uitwisselen. Door daarbij de informatie uit te wisselen volgens het Paxos-algoritme is de informatie betrouwbaar en consistent. Concluderend kan worden gesteld dat componenten binnen de huidige informatiestromen kunnen worden gekoppeld aan het OpenTripModel.

## 6. Discussie en conclusies

Uit het onderzoek is voortgekomen dat om de CO<sub>2</sub>-footprint op productniveau te berekenen het aantal kilometers bekend moet zijn die het betreffende product heeft afgelegd, samen met het brandstofverbruik over dat betreffende traject en de benuttingsgraad van het product in relatie tot het maximale laadvermogen van het transport en de andere transportopdrachten. Deze gegevens kunnen in een blockchain worden gezet. De uiteindelijke exacte berekeningswijze vormt nog een onderdeel van dit onderzoek dat zal worden uitgevoerd.

De wens meer transparantie over CO<sub>2</sub>-emissie te bieden sluit aan bij de waargenomen trend dat consumenten meer duurzaamheidsbesef hebben (Resultaten Dossier Duurzaam 2017, 2017) Hieruit zou geconcludeerd kunnen worden dat een CO<sub>2</sub> blockchain georiënteerde (product)-app interessant is om te implementeren. Echter uit de in dit kader gehouden enquête blijkt dat nog een meerderheid (57,5%) van de respondenten (n=81) geen interesse heeft om een dergelijke app te downloaden. Kenmerkend voor de gemiddelde consument is dat zij worden gezien als *welwillender*; deze consumenten hebben wel oog voor duurzaamheid maar het moet hen wel aantrekkelijk, leuk en gemakkelijk worden gemaakt (Diri, e.a., 2018).

Op basis van onze ervaringen in het project kan gesteld worden dat ondanks het feit de importeur en de vervoerder al jaren een goede klantleveranciers-relatie hebben, de vertrouwensrelaties met Blockchain op de proef worden gesteld. Blockchain vereist volledige transparantie, hetgeen onomstotelijk de vervoerprestaties zichtbaar maakt en daarmee de controle van de verladende partij vergroot. Indien dit niet tegelijkertijd met andere leveranciers wordt opgepakt, kan dat als nadelig worden ervaren door de participerende vervoerder. Afsluitend naar aanleiding van dit onderzoek kan

gesteld worden dat de techniek Blockchain het mogelijk maakt om de businessrelaties te veranderen, maar daardoor wel mogelijke blokkeringen kunnen ontstaan door het transparant verstrekken en delen van informatie.

## Dankwoord

De auteurs willen Dirk-Pieter Jens bedanken voor het ter beschikking stellen van zijn afstudeerscriptie als basis voor dit artikel, Centric- voor de toelichting op hun TMS systeem, Squarell voor het aanleveren van een handboek dat onder andere de mogelijkheden beschrijft van hun product. Daarnaast danken we SIA RAAK (KIEM.LOG01.010) voor het verstrekken van de subsidie om dit onderzoek mogelijk te maken. Wij danken onze projectpartners voor de bijdragen aan de blockchain- discussies.

## Referenties

- Akerlof, G. A. (1970). The market for "lemons": quality uncertainty and the market mechanism. *The quarterly journal of economics*(vol. 48), 488-500.
- Andersson, M., & Sternberg, H. (2016). Informating Transport Transparency. *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences*, (pp. 1841 - 1850). Haiti, Hawaii.
- Bakker, J. (2016). *Blockchain technology, an exploratory case study to identify the underlying principles and to determine the corresponding capabilities*. Universiteit Leiden
- Commission welcomes ambitious agreement on first ever EU legislation to monitor and report CO2 emissions from heavy-duty vehicles [Persbericht]. (2018, 27 maart). Geraadpleegd op 27 september 2018, van [https://ec.europa.eu/clima/news/commission-welcomes-ambitious-agreement-first-ever-eu-legislation-monitor-and-report-co2\\_en](https://ec.europa.eu/clima/news/commission-welcomes-ambitious-agreement-first-ever-eu-legislation-monitor-and-report-co2_en)
- Diri, S., Korthals, J., Van Noord, T., De Ronde, T., & Vlot, R. (2018). *Transparency is the new objectivity. A search for consumer interest*. Hogeschool Rotterdam.
- Jens D.P. (2018) *CO<sub>2</sub> footprint op de blockchain. Een verkenning van de mogelijkheden voor een real time berekening van CO<sub>2</sub> uitstoot met gebruikmaking van blockchain-technologie*. Hogeschool Rotterdam.
- Heijden, T. v. (2017). Simacan draagt Open Trip Model over aan sector. *Transport & Logistiek*, 17(12), 16-17
- Kolkhuis Tanke, R., Van Lier, B., Schuts, M., & De Waard-Pels, Y. (2012). *Onderzoeksrapport en actieprogramma werkgroep - Reverse Logistics*.
- Nakamoto S. (2008) Bitcoin: A Peer-to-Peer electronic cash system, [www.bitcoin.org](http://www.bitcoin.org)
- Nilsson, F., Sternberg, H., & Klaas-Wissing, T. (2017). Who controls carbon emissions from transport and who cares? Investigating the monitoring of environmental sustainability from a logistics service provider's perspective. *International Journal of Logistics Management*, 28(3).
- OpenTripModel. (sd). *OpenTripModel API specification*. Opgeroepen op 20 mei 2018, van OpenTripModel: <https://developer.opentripmodel.org/#>

PwC. (2016). *Shifting patterns: the future of the logistics industry*. Geraadpleegd van <https://www.pwc.nl/nl/publicaties/shifting-patterns.html>

Resultaten Dossier Duurzaam 2017 (2017). Geraadpleegd op 22 januari 2018, van <http://www.dossierduurzaam.nl/>

Romonesco, P. (2017). *Blockchain; Toekomstmuziek voor het Rijksvastgoedbedrijf?* TIAS.

Schmidt, C. G., Foerstl, K., & Schaltenbrand, B. (2017). The Supply Chain Position Paradox: Green Practices and Firm Performance. *Journal of Supply Chain Management*, 3-25.

Squarell. *Squarell*. Opgeroepen op 6 mei 2018, <https://squarell.com/nl/producten/>