

Modelbeschrijving REST-NL

Model voor het maken van energie-
scenario's voor verkeer in Nederland

Notitie

Delft, februari 2014

Opgesteld door:

Maarten 't Hoen en Huib van Essen



1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In de verkeerssector is een omslag naar een meer duurzame wijze van transport nodig. Dit heeft zich vertaald in concrete doelen voor klimaat, luchtkwaliteit en geluid. In het recent ondertekende Energieakkoord voor duurzame groei, onder regie van de Sociaal-Economische Raad (SER), hebben partijen de basis gelegd voor een breed gedragen, robuust en toekomstbestendig energie- en klimaatbeleid. Op het gebied van mobiliteit en transport zijn partijen het eens over ambitieuze doelstellingen, namelijk een reductie van de CO₂-uitstoot met 60% per 2050 ten opzichte van 1990 en op weg daarnaartoe een reductie tot 25 Mton (-17%) in 2030. In het kader van de beoogde extra energiebesparing van ten minste 100 PJ (finaal) voor de hele economie ten opzichte van het Referentiepad van het akkoord, zijn partijen overeen gekomen dat de transport- en mobiliteitsector hieraan een bijdrage zal leveren door naar verwachting 15 à 20 PJ te realiseren in 2020.

Om deze doelen te realiseren, zijn in het Energieakkoord meerdere concrete stappen afgesproken. Eén daarvan is dat partijen op korte termijn een gezamenlijke visie op de toekomstige energiemix voor de transportsector opstellen. Een dergelijke visie is nodig, omdat de overgang van fossiele brandstoffen - vooral diesel en benzine - naar nieuwe (duurzame) energiedragers een essentieel onderdeel van de transitie is en er dus grote veranderingen nodig zijn. Deze veranderingen zullen verschillend zijn voor de diverse transportsegmenten. Daarnaast zal er in het streven naar de klimaat- en energiedoelen rekening moeten worden gehouden met belangrijke randvoorwaarden en andere doelen, zoals veiligheid, luchtkwaliteit en een duurzame groei van de economie.

Onze toekomstige energie- en brandstofhuishouding is onzeker en van veel factoren afhankelijk. Daarom is het belangrijk om gevoel te krijgen voor de haalbaarheid van de doelen in relatie tot de randvoorwaarden, als een eerste stap op weg naar de integrale visie. Hiertoe heeft het Ministerie van Infrastructuur en Milieu een consortium van ECN, CE Delft en TNO opdracht gegeven om samen met nauw betrokken stakeholders scenario's op te stellen voor de toekomstige mix van energiedragers voor de transportsector¹. Voor het doorrekenen van deze scenario's heeft CE Delft het REST-NL-model ontwikkeld, deels gebaseerd op het REST-model van CE Delft waarmee energiescenario's voor verkeer op EU-niveau worden doorgerekend. In deze notitie wordt een beknopte beschrijving gegeven van het REST-NL-model van CE Delft en van de mogelijke toepassingen ervan.

1.2 Doel van het REST-NL-model

Met het REST-NL-model kunnen scenario's voor de energiemix van de verkeerssector worden doorgerekend. Het model geeft per scenario inzicht in de uitstoot van broeikassen (zowel *tank-to-wheel (TTW)* als *well-to-tank (WTT)*), luchtvervuilende emissies, kosten voor de gebruikers (*Total cost of ownership, TCO*), maatschappelijke kosten en belastingopbrengsten. Het model geeft resultaten voor 2020, 2030, 2040 en 2050.

¹ *Scenarios for energy carriers in the transport sector*, ECN, CE Delft & TNO, January 2014, ECN-E--13-067.



2 Opzet van het REST-NL-model

2.1 Inleiding

Met het model kunnen verschillende scenario's worden doorgerekend. Deze scenario's worden gedefinieerd door een set aan invoerdata. Met behulp van deze data en een aantal vaste modelparameters en rekenregels wordt de output berekend. De scenario's kunnen worden vergeleken met elkaar en met een referentiescenario voor 2010, 2020, 2030, 2040 en 2050. Dit is gebaseerd op de referentieraming voor verkeer van het PBL uit 2012². Het referentiescenario beschrijft o.a. het transportvolume voor alle wegmodaliteiten (mln voertuig-km) en het totale energiegebruik voor de niet-wegmodaliteiten. Op basis van deze volumes en de energie-efficiëntie zijn voor alle modaliteiten het totale energiegebruik per energiedrager bepaald en daarmee dus ook de energiemix.

Het REST-NL-model geeft resultaten voor het basisjaar 2010 en de zichtjaren 2020, 2030, 2040 en 2050. Hiermee kunnen verschillende beleidsdoelen op middellange en lange termijn worden geanalyseerd. Het model is vooral geschikt voor het doorrekenen van scenario's voor de langere termijn.

2.2 Schematisch overzicht van het model

Figuur 1 geeft een overzicht van het REST-NL-model. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen invoerdata (input), berekeningsstappen en output.

De input bestaat uit een uitgebreide set parameters. Alle parameters zijn opgegeven voor het basisscenario in het model. Hierbij is een deel van de inputdata vast voor alle scenario's een deel variabel tussen de scenario's. Per scenario kunnen deze parameters worden aangepast. Dit onderscheid wordt weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Inputdata vast vs. variabel

Vast over alle scenario's	Variabel tussen scenario's
<ul style="list-style-type: none">- Totale transportvraag 2010- Modal split- Opbouw leeftijd voertuigpark- Aantal voertuigen- Onderhoudskosten- Brandstofkarakteristieken (dichtheid, stookwaarde)- Schaduwprizen- Rentevoet	<ul style="list-style-type: none">- Ontwikkeling van de transportvraag (per vervoerswijze, voertuigtype en energiedrager)- Energie-efficiëntie (per vervoerswijze, voertuigtype en energiedrager)- Energiemix (binnen modaliteiten)- Emissiefactoren voor broeikasgassen en luchtvervuilende stoffen (per vervoerswijze, voertuigtype en energiedrager (zowel TTW als WTT)- Bijmenging biobrandstoffen- Voertuigkosten en -belastingen (aanschaf, wegenbelasting, brandstof)- Energieprizen ('kaal' en belastingen)

² Verdonk, M. & W. Wetzels (2012): Referentieraming energie en emissies: actualisatie 2012. Energie en emissies in de jaren 2012, 2020 en 2030. Planbureau voor de Leefomgeving/ ECN, ECN-E--12-039, Den Haag/ Petten, 2012.



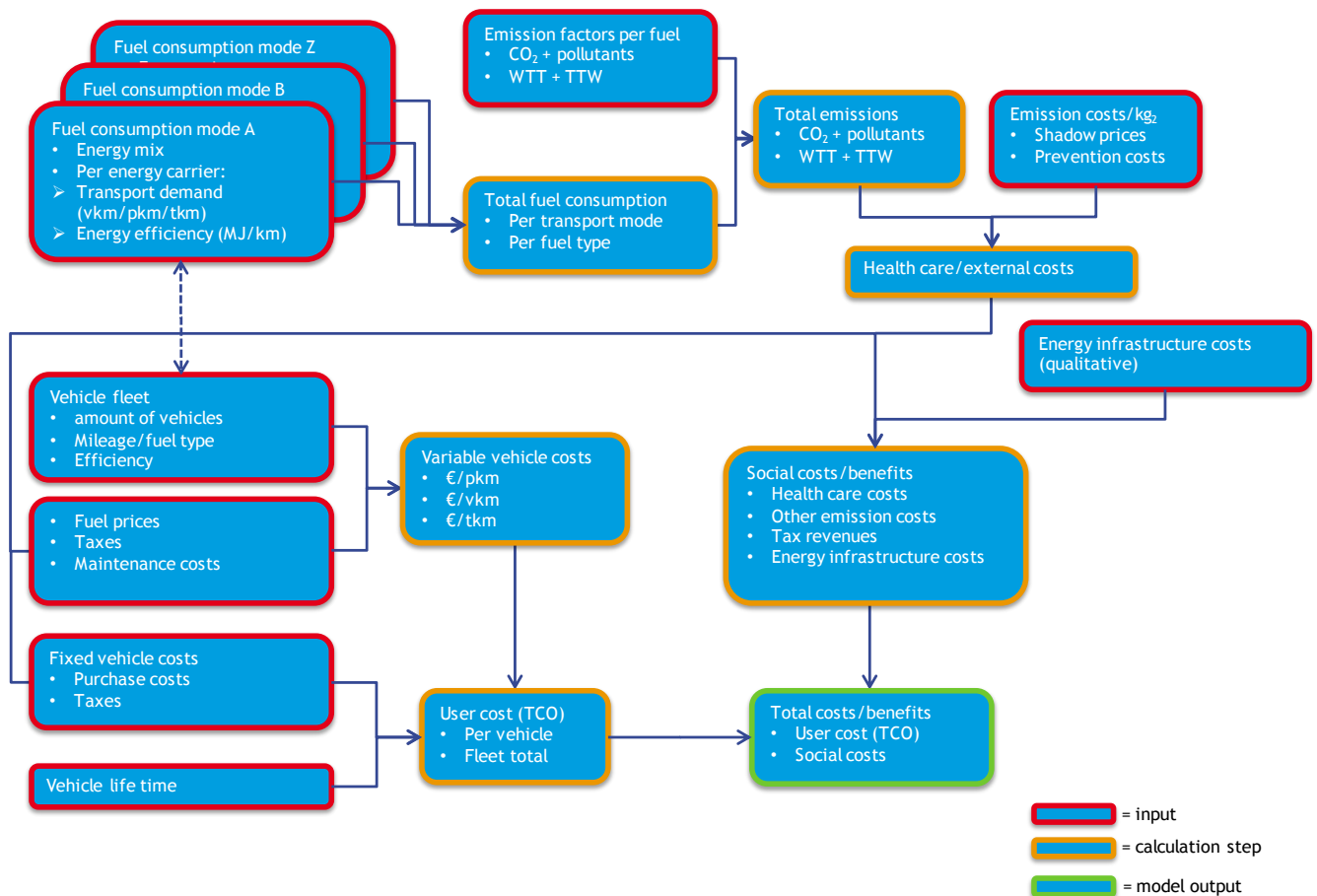
In de berekening maakt het model een opsplitsing naar vervoerswijzen, voertuigtypen en energiedragers. Vervolgens wordt er een emissieberekening en een kostenberekening gemaakt.

De belangrijkste output van het model bestaat uit:

- totale broeikasemissies in CO₂-equivalenten (uitgesplitst naar WTT en TTW);
- totale luchtvervuilende emissies (NO_x, PM₁₀, PM_{2,5})
- totale gebruikerskosten totaal en per kilometer, uitgesplitst naar energiekosten en voertuigkosten, beiden uitgesplitst naar de kosten excl. belastingen en de belastingen;
- maatschappelijke kosten als output.

Een beschrijving van de berekening van de performance indicatoren is weergegeven in Bijlage A.

Figuur 1 Overzicht REST-NL-model



2.3 Vervoerswijzen en energiedragers

In het model wordt een gedetailleerde opsplitsing gemaakt naar vervoerswijzen, voertuigtypen en energiedragers. Voor de vervoerswijzen wordt onderscheid gemaakt tussen wegverkeer en niet-wegverkeer. Een overzicht van de vervoerswijzen is te zien in Tabel 2.

Tabel 2 Overzicht vervoerswijzen

Wegverkeer	Niet-wegverkeer
Personenauto's	Binnenvaart (passagiers/goederen)
Bestelauto's	Recreatievaart
Vrachtauto's en trekkers	Railvervoer (passagiers/goederen)
Bussen	Mobiele werktuigen
Speciale voertuigen	
Tweewielers	

Voor al deze vervoerswijzen is waar van toepassing een onderverdeling gemaakt naar energiedragers. De energiedragers die in het model zijn opgenomen zijn weergegeven in Tabel 3. Bij elektrisch wordt er in het model onderscheid gemaakt tussen volledig elektrische voertuigen en semi-elektrische voertuigen (plug-in hybrides en elektrische voertuigen met een range extender).

Tabel 3 Overzicht energiedragers

Vloeibaar	Gas	Alternatief	Biobrandstoffen
Diesel	LPG	Waterstof	Biodiesel
Benzine	CNG	Elektrisch	Bio-ethanol
MGO/MDO	LPG		Bio-CNG, bio-LNG, bio-LPG
HFO			

2.4 Emissieberekening

De totale emissies worden berekend per vervoerswijze en per brandstof-techniek. Hierbij worden de emissies berekend in de voorketen (WTT), vanaf de uitlaat (TTW) en voor biobrandstoffen en niet-biobrandstoffen apart.

Het is mogelijk om de emissies te berekenen volgens de definitie van de IPCC, maar ook volgens de 'Nederlands-grondgebied'-definitie die gebruikt wordt voor de EmissieRegistratie (bijv. NEC-emissies).

2.5 Kostenberekening

Het model bevat een aparte module waarin verschillende kosten per scenario worden berekend.

De voertuigkosten worden per modaliteit berekend waarbij een uitsplitsing wordt gemaakt naar voertuigtechniek/brandstoftype. De specifieke kosten van voertuigen per techniek zijn standaard gedefinieerd maar kunnen aangepast worden per scenario. Hiermee wordt inzicht gegeven in de verschillen in mogelijke prijsontwikkelingen. De voertuigbelastingen zijn ook standaard gedefinieerd voor alle zichtjaren, maar kunnen ook worden aangepast. Beide kostenaspecten hebben geen directe terugkoppeling met de volumeontwikkeling of modal split in het wegverkeer, dit wordt apart als input gegeven.

De input in de kostenmodule bestaat uit de aanschafprijs, aanschafbelasting en jaarlijkse belasting per brandstofsoort en per modaliteit. Dit wordt vervolgens verwerkt naar kosten per kilometer uitgesplitst naar modaliteit, techniek en kostenaspect. Daarnaast zijn energieprijzen per brandstof voor alle zichtjaren in het basisscenario opgenomen (€/GJ).



Hierbij wordt de aanschafprijs van biobrandstoffen hoger ingeschat met behulp van een kosten-factor ten opzichte van fossiele brandstoffen.

De brandstofkosten, belastingen worden per brandstof berekend op basis van de totale energievraag. Hierbij wordt het aandeel biobrandstof apart doorgerekend.

De externe kosten van de emissies van NO_x , PM_{10} en $\text{PM}_{2,5}$ worden berekend op basis van de schaduwrijzen, en zijn direct gekoppeld aan de emissie-berekeningen.

De output bestaat uit de TCO per vkm en ook de totale TCOs voor zowel kale kosten als belastingen.

3 Toepassing en gebruik van het REST-NL-model

3.1 Scenario's definiëren

De kracht van het REST-NL-model is dat op basis van het referentiescenario eenvoudig nieuwe scenario's kunnen worden aangemaakt, aangepast en doorgerekend. Dit proces is robuust omdat het referentiescenario volledig gevuld is. Hierbij is de inputdata eenvoudig aan te passen met behulp van een eenvoudige inputsheet.

Het uitgangspunt in alle scenario's is de transportvraag, modal split, emissiefactoren in het basisjaar 2010. Op basis daarvan wordt de ontwikkeling van de volumes in het wegverkeer en niet-wegverkeer bepaald door de input per scenario.

3.2 Mogelijke toepassingen

Een aantal vragen dat met het REST-NL-model kunnen worden beantwoord zijn:

- Is het mogelijk om de 60% CO_2 -reductiedoelstelling te verwezenlijken zonder toepassing van waterstof- of elektrische voertuigen?
- Wat is het CO_2 - reductiepotentieel van waterstof over de gehele keten (WTW)?
- Bij welke technologische ontwikkelingen moet de transportvraag worden beteugeld om de CO_2 -doelstellingen te halen?
- Welke technologische ontwikkelingen zijn nodig in een scenario waarin vooral fossiele brandstoffen zullen worden gebruikt?
- Welke invloed hebben ambitieuze beleidsdoelstellingen (via elektrisch of waterstof vervoer) op de vraag naar biobrandstoffen?
- Wat zijn de totale maatschappelijke kosten van een transitie naar elektrische mobiliteit?
- Als het aanbod van biobrandstoffen beperkt is, kan er dan worden voldaan aan de vraag naar biobrandstoffen in een zeer ambitieus biobrandstoffen-scenario?



Bijlage A Berekening van output

Performance indicator	Calculation method
Final energy consumption per energy carrier, per mode of transport	<p>For road modes: $\text{MJ per vkm} * \text{Number of vkm in Reference scenario} * \text{Share in vkm of energy carrier in scenario} * \text{Factor for changes in transport demand compared to reference scenario}$</p> <p>For non-road modes: $\text{MJ in reference scenario} * \text{Share in vkm of energy carrier in scenario} * \text{Ration in TTW energy efficiency of energy carrier compared to diesel} * \text{Factor for changes in transport demand compared to reference scenario}$</p>
CO ₂ emissions TTW per energy carrier, per mode of transport	Final energy consumption * TTW CO ₂ emission factor per type of fuel (According to IPCC methodology TTW emission factor for biofuels = 0)
CO ₂ emissions WTT per energy carrier, per mode of transport	Final energy consumption * WTT CO ₂ emission factor per type of fuel
PM and NO _x emissions TTW and WTT per energy carrier, per mode of transport	<p>For road modes: $\text{Transport volume in vkm} * \text{emission factor in gram per vkm}$</p> <p>For non-road modes: $\text{Energy use in PJ} * \text{emission factor in gram per PJ}$</p>
Vehicle-related costs (TCO) per mode of transport (only for road transport) per energy carrier (in € per vkm)	Based on depreciation of purchase costs plus the annual vehicle costs
Vehicle-related taxes per mode of transport per energy carrier (only for road transport) (€ per vkm)	Based on depreciation of purchase taxes plus the annual vehicle taxes
Fuel-costs TCO per mode of transport per energy carrier (only for road transport) (in € per vkm)	Energy efficiency (in MJ/km) * fuel costs (excl. tax)
Fuel-taxes per mode of transport per energy carrier (only for road transport) (in € per vkm)	Energy efficiency (in MJ/km) * fuel tax
Social cost per mode of transport (only for road transport) and energy carrier (based on TCO excl. taxes and pollutant emissions)	TCO (excl. taxes) + sum-product of pollutant emissions and valuation of the emissions

