



VA-regeling vs. TopTrac en TopTrac vs. TopTracFlex

Ketenanalyse

Rapport

Ketenanalyse

Aveco de Bondt BV

Holten - Amstelveen - Breda - Eindhoven - Nieuwegein

Postbus 64, 7450 AB Holten

T +31 88 004 82 12

info@avecodebondt.nl

avecodebondt.nl

VA-regeling vs. TopTrac en TopTrac vs. TopTracFlex

project Vialis - Ketenanalyse TopTrac
projectnummer 215128
projectleider Thomas Stegenga
opdrachtgever Vialis B.V. - Houten
status Definitief
auteur Valerié Lushpa
gecontroleerd Thomas Stegenga

datum 31 augustus 2022
referentie 215128_AdB_RAP_0003_v0.3



Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Vaststellen onderwerpen ketenanalyses	4
1.2	Leeswijzer	5
2	Doelstelling van het opstellen van de ketenanalyse	6
3	Scope en systeemgrenzen	7
3.1	Scope	7
3.2	Systeemgrenzen: ketenbeschrijving	9
3.3	Ketenstappen	1
3.4	Ketenpartners	3
4	Kwantificeren van emissies	4
4.1	Verkeerssituatie 1: VRI met VA-regeling	4
4.1.1	Winning en productie	4
4.1.2	Assemblage	4
4.1.3	Transport	4
4.1.4	Installatie	4
4.1.5	Gebruik	5
4.1.6	Einde levensduur	6
4.1.7	Overzicht gehele keten VRI met VA-regeling	6
4.2	Verkeerssituatie 1: toevoeging TopTrac-regeling	7
4.2.1	Gebruik	7
4.3	Verkeerssituatie 2: iVRI met TopTrac-regeling	8
4.3.1	Winning en productie	8
4.3.2	Assemblage	8
4.3.3	Transport	8
4.3.4	Installatie	9
4.3.5	Gebruik	9
4.3.6	Einde levensduur	10
4.3.7	Overzicht gehele keten iVRI met TopTrac-regeling	10
4.4	Verkeerssituatie 2: toevoeging TopTracFlex-regeling	11
4.4.1	Gebruik	11
4.5	Conclusie	12
5	Reductiemogelijkheden	13
5.1	Reductiemogelijkheden	13
5.1.1	Reduceren door toepassing en optimalisatie	13
5.1.2	Reduceren in andere ketenstappen	13
5.1.3	Conclusie	14
5.2	Reductiedoelstellingen	14
6	Onzekerheden	15
7	Bronvermelding	16

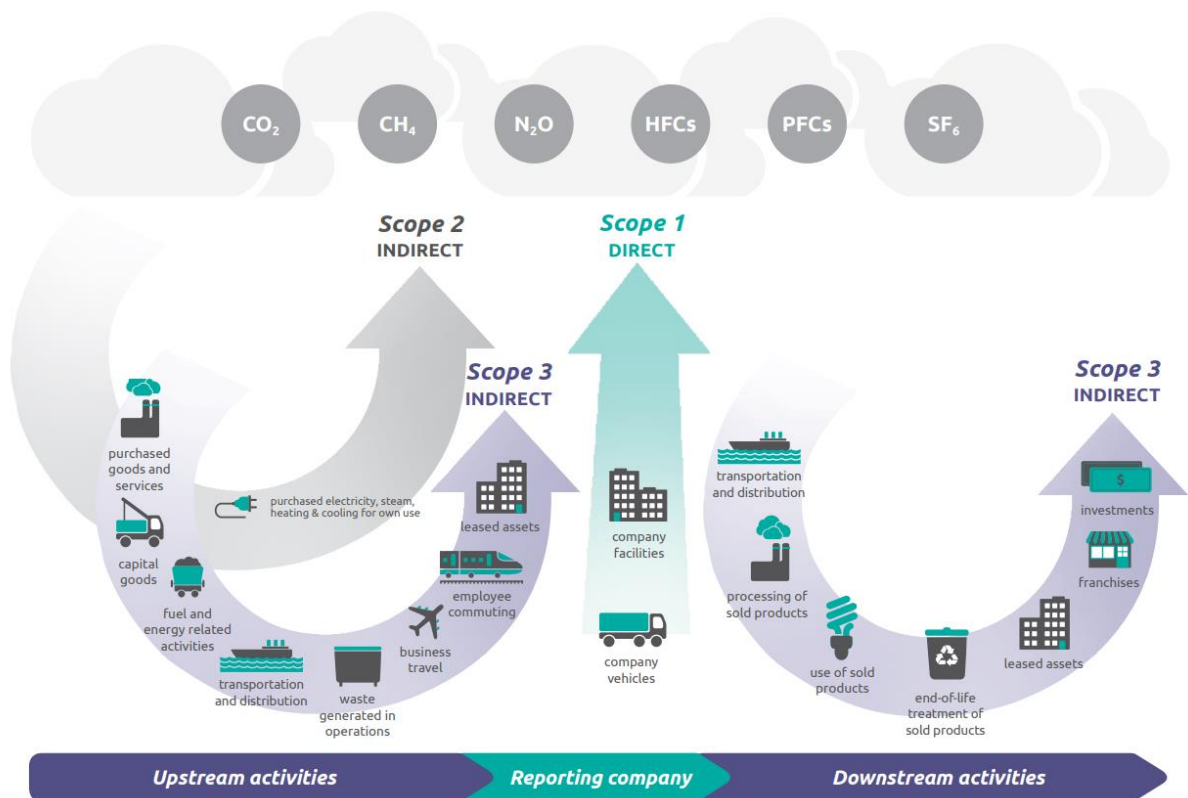


1 Inleiding

Vialis is al bijna honderd jaar werkzaam in het domein infrastructuur en mobiliteit. Veiligheid, duurzaamheid en doorstroming zijn uitdagingen waar Vialis en haar opdrachtgevers samen voor staan. Corporate Responsibility vormt hierin een belangrijke basis voor Vialis. Vialis streeft bewust en actief te handelen binnen haar eigen bedrijfsvoering om een positieve bijdrage te leveren aan het milieu, onder andere op het gebied van energie- en CO₂-reductie. Zo is Vialis gecertificeerd op niveau 5 van de CO₂-Prestatieladder, waarmee Vialis impact streeft te maken in de keten en CO₂-reductie te vergroten.

Een belangrijk onderdeel van de CO₂-prestatieladder is het verkrijgen van inzicht in de Scope 3 emissies van de organisatie. De belangrijkste doelstelling die Vialis wil behalen met het in kaart brengen van de Scope 3 emissies is het identificeren van CO₂-reductiekansen en het bepalen van reductiedoelstellingen. In het document 'MME Vialis' zijn de meest materiële Scope 3 emissie categorieën in kaart gebracht, volgens de stappen zoals beschreven in de Corporate Value Chain (Scope 3) standaard van het GHG-protocol (Figuur 1). Op basis daarvan zijn twee onderwerpen gekozen om een ketenanalyse op uit te voeren.

Figuur 1. Het scope-diagram van de GHG-protocol.





1.1 Vaststellen onderwerpen ketenanalyses

Uit de analyse van *Meest Materiële Emissies* (MME) in het document '*MME Vialis*' is de onderstaande rangorde van Scope 3 categorieën naar voren gekomen:

Tabel 1: Kwantitatieve rangorde Scope 3 emissie categorieën.

Rangorde	Scope 3 categorie	Aanpak
1.	Gebruik – Energiegebruik verkeersdeelnemers	Ontwikkelen van producten en diensten gericht op verbetering van de doorstroming, benutting van de beschikbare wegcapaciteit (bestaande aanpak).
2.	Aangekochte goederen en diensten – Staal	Hergebruik van producten door revisie.
3.	Gebruik producten/ projecten – Energiegebruik installaties gedurende levensduur	Energieneutraal en klimaat adaptief ontwerp.
4.	Upstream transport en distributie – Levering vestigingen	Samenwerking met logistieke partner(s).
7.	Downstream transport en distributie – Uitgaande leveringen	
6.	Einde levensduur – Afvalverwerking – Staal	Vermindering afval, uitbreiden hergebruik als product.

Volgens de eisen van de CO₂-Prestatieladder dient een groot bedrijf twee ketenanalyses uit te voeren op basis van een MME-analyse, waarbij één ketenanalyse volstaat bij een klein bedrijf. In het verleden werd Vialis qua uitstoot geclassificeerd als een middelgroot bedrijf. Om deze reden waren twee ketenanalyses opgesteld in het kader van de grootste scope 3 categorie *Gebruik – Energiegebruik verkeersdeelnemers*. Deze ketenanalyses waren (1) Vialis Toptrac en (2) Vialis BRIK – Marathon. In beide ketenanalyses is de CO₂-uitstoot als gevolg van de toepassing van een voertuigafhankelijke (VA) verkeerslichtenregeling ten opzichte van een geoptimaliseerde verkeerslichtenregeling (TopTrac en BRIK) vergeleken. Deze ketenanalyses dateren uit 2016 en zijn reeds verouderd. Bovendien heeft Vialis haar verkeersregelingen nader ontwikkeld en geoptimaliseerd. Zo is de Flex-verkeerslichtenregeling ontwikkeld, ter aanvulling en optimalisatie van de bestaande TopTrac en BRIK-regeling: TopTracFlex en Flex met BRIK.

Deze ketenanalyse betreft de actualisatie van de verouderde ketenanalyse *Vialis TopTrac*. In deze ketenanalyse worden de resultaten van het vergelijk in de oude ketenanalyse meegenomen en aangevuld met een nieuw vergelijk op basis van nieuw verzamelde data. In deze ketenanalyse wordt de CO₂-uitstoot van de volgende vergelijkingen onderzocht:

- VA-regeling ten opzichte van TopTrac, gebaseerd op oud verzamelde data;
- TopTrac ten opzichte van TopTracFlex, gebaseerd op nieuw verzamelde data.

De verzamelde data voor het vergelijk tussen de VA-regeling en TopTrac is gebaseerd op een ander verkeersnetwerk ten opzichte van het nieuwe vergelijk tussen TopTrac en TopTracFlex. Om deze reden wordt in deze ketenanalyse het oude vergelijk opgenomen als verkeerssituatie 1 en het nieuwe vergelijk als verkeerssituatie 2.

De ambitie van Vialis is om een zo groot mogelijke impact te maken waardoor gekozen is een derde ketenanalyse uit te voeren in het kader van de tweede scope 3 categorie *Aangekochte goederen en diensten – Staal*: de ketenanalyse *Wisselsteller NSE*. Het dossier van Vialis betreft daarmee de volgende ketenanalyses:

- Ketenanalyse 1: VA vs. BRIK en BRIK vs. BRIK Flex;
- Ketenanalyse 2: VA vs. TopTrac en TopTrac vs. TopTracFlex;
- Ketenanalyse 3: Wisselsteller NSE.



Voorliggend document betreft *Ketenanalyse 2: VA-regeling vs. TopTrac en TopTrac vs. TopTracFlex*. Dit document maakt, samen met de ketenanalyses 2 en 3 en 'MME Vialis' deel uit van de implementatie van de CO₂-Prestatieladder.

1.2 Leeswijzer

Voor dit document is de volgende leeswijzer van toepassing:

Tabel 2: Leeswijzer.

Hoofdstuk		Inhoud
2	Doelstelling	Beschrijving van het doel van de ketenanalyse
3	Scope en systeemgrenzen	Onderwerp en reikwijdte van de ketenanalyse
4	Kwantificeren van emissies	Berekening en analyse van de CO ₂ -uitstoot in de keten
5	Reductiemogelijkheden	Kansen om CO ₂ te reduceren die voortkomen uit de ketenanalyse en reductiedoelstellingen die vastgesteld zijn
6	Onzekerheden	Onzekerheden en verbetermogelijkheden voor de analyse
7	Bronvermelding	Gebruikte bronnen
Bijlage 1	Datacollectie en datakwaliteit	Methode van dataverzameling en kwantificering



2 Doelstelling van het opstellen van de ketenanalyse

De belangrijkste doelstelling voor het uitvoeren van deze ketenanalyse is het identificeren van GHG-reductiekansen, het definiëren van reductiedoelstellingen en het monitoren van de voortgang. Op basis van het inzicht in de Scope 3 emissies en de drie ketenanalyses wordt een reductiedoelstelling geformuleerd. Binnen het energiemanagementsysteem dat is ingevoerd, wordt actief gestuurd op het reduceren van de Scope 3 emissies. Het verstrekken van informatie aan partners binnen de eigen keten en sectorgenoten die onderdeel zijn van een vergelijkbare keten van activiteiten is hier nadrukkelijk onderdeel van. Vialis zal op basis van deze ketenanalyse stappen ondernemen om partners binnen de eigen keten te betrekken bij het behalen van de reductiedoelstellingen.



3 Scope en systeemgrenzen

3.1 Scope

Vialis houdt zich bezig met mobiliteitsoplossingen op allerlei verschillende gebieden. In het openbaar vervoer en het wegverkeer zorgt Vialis voor verbeteringen in doorstroming, veiligheid en informatievoorziening. Doorstroming van verkeer in stedelijke gebieden is een punt van aandacht waarop Vialis graag verbeteringen ziet. Eén van de positieve effecten die efficiëntere doorstroming met zich meebrengt is het verminderen van CO₂-emissies. Vialis heeft veel invloed op de doorstroming door toepassing van verschillende verkeerslichtenregelingen in zowel conventionele- als intelligente verkeersregelininstallaties; VRIs en iVRIs. De kernprocessen van Vialis bestaan uit het ontwerpen, ontwikkelen, installeren en beheren van deze systemen.

VRIs werken op basis van signalen van de aanwezige hardware zoals drukknoppen en detectielussen in de weg om de aanwezigheid van en de hoeveelheid verkeer te bepalen. Een iVRI gebruikt daarnaast extra informatie: een iVRI is in staat om naast data uit de weg (drukknoppen en detectielussen) tevens data uit voertuigen (afkomstig van verkeersapps zoals Google Maps en Flitsmeister) en naastgelegen kruispunten op te halen en actief te verwerken. Er zijn verschillende verkeersregelingen die toegepast kunnen worden in (i)VRIs. Hieronder volgt een toelichting van de werking van de verkeersregelsystemen die in deze ketenanalyse zijn opgenomen; de VA-, TopTrac- en Flex regeling.

VA-regeling

Een VA-regeling kan toegepast worden in zowel een VRI als een iVRI. Een (i)VRI met een VA-regeling, regelt het verkeer op basis van een vooraf gespecificeerde volgorde van richtingen/ bewegingen die samen kunnen gaan. Afhankelijk van de verkeersdrukke is hier enige flexibiliteit mogelijk (een bepaalde richting/ beweging kan bijvoorbeeld een keer extra groen licht krijgen), maar in grote lijnen blijft de volgorde hetzelfde. Een VA-regeling regelt het verkeer altijd lokaal: er is geen optimalisatie van het netwerk.

Flex-regeling

Een Flex-regeling kan alleen in een iVRI worden toegepast. In een Flex-regeling wordt de volgorde waarin richtingen/ bewegingen aan de beurt komen en hoe lang ze groen blijven iedere 0,1 seconde geoptimaliseerd. Dit is zeer flexibel: afhankelijk van de verkeersdrukke zullen drukke richtingen/ bewegingen vaker en langer groen krijgen dan rustige richtingen/ bewegingen. Deze flexibiliteit zorgt ervoor dat een Flex-regeling het verkeer efficiënter regelt dan een VA-regeling, waardoor de doorstroming ook gemiddeld beter is bij een Flex-regeling. De volgorde van richtingen/ bewegingen kan daardoor iedere ronde verschillen. Een Flex-regeling regelt het verkeer altijd lokaal: er is geen optimalisatie van het netwerk.

TopTrac-regeling

Ter optimalisatie van verkeersnetwerken heeft Vialis de TopTrac-regeling ontwikkeld. TopTrac wordt toegepast in zowel VRIs als iVRIs. Met TopTrac wordt een netwerk van (i)VRIs geoptimaliseerd door een groencoördinatie (Groene Golf) te creëren tussen de verschillende kruispunten. Daarvoor wordt een centrale gebruikt die data ophaalt uit de lokale (i)VRIs, het netwerk vervolgens optimaliseert en tegen de lokale (i)VRIs zegt wat ze moeten doen om de groencoördinatie mogelijk te maken. De lokale (i)VRIs realiseren vervolgens wat de centrale hun oplegt, wat TopTrac een klassieke groencoördinatie maakt. De netwerkoptimalisatie zorgt ervoor dat de cyclustijden (de tijd die nodig is voor een kruispunt om iedere richting/ beweging minimaal één keer aan de beurt te laten komen) voor iedere kruising in het netwerk gelijk is, en dat de groentijden ook onderling zijn afgestemd. Alle intelligentie van TopTrac zit in de TopTrac-centrale, waar tevens alle optimalisaties plaats vinden.

De werking van TopTrac is een continu proces en betreft de volgende stappen:

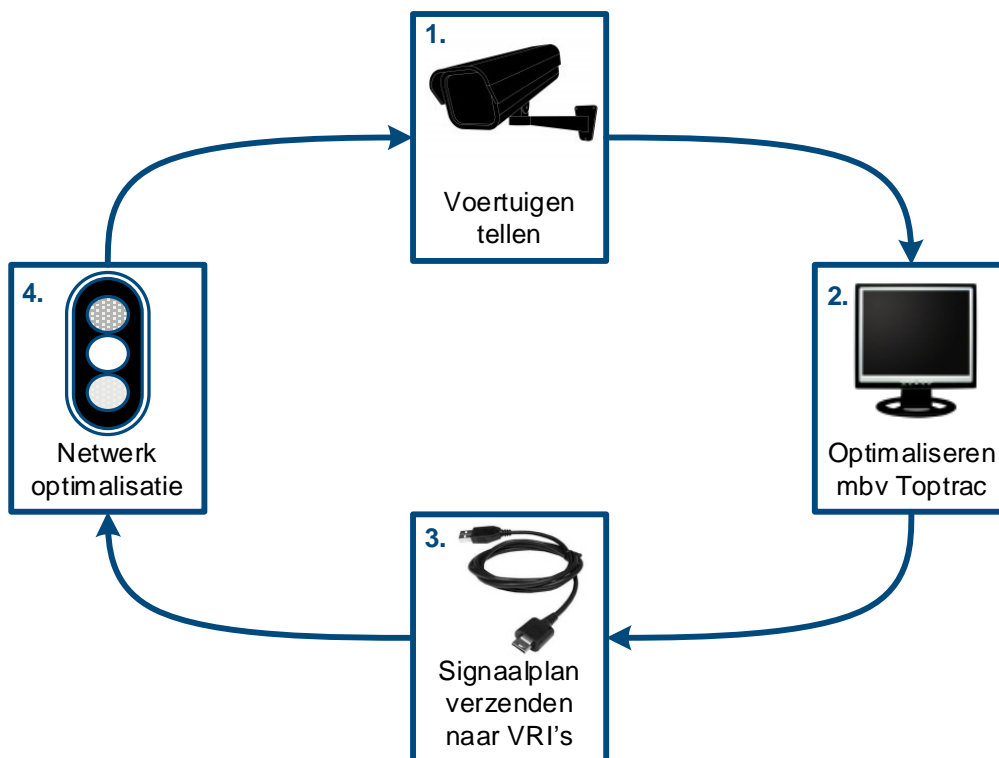
1. Verzamelen van verkeersintensiteiten bij de verschillende (i)VRIs;



2. Optimaliseren van cyclustijden en fasevolgorde (opstellen signaalplan);
3. Doorsturen van voorgestelde signaalplan naar de (i)VRIs;
4. Lokaal realiseren van cyclustijden en fasevolgorde (signaalplan realiseren).

De toepassing van TopTrac resulteert in een betere doorstroming van het verkeer gericht op het minimaliseren van reistijd en stops op zelf te selecteren routes. Een visualisatie van de werking van een TopTrac-regeling is weergegeven in Figuur 2.

Figuur 2. Schematische weergave van de werking van een TopTrac-regeling.



TopTracFlex-regeling

Een doorontwikkeling van de TopTrac-regeling is de TopTracFlex-regeling. TopTracFlex is in feite de integratie van TopTrac en Flex. Daardoor kan TopTracFlex alleen in iVRIs worden toegepast. Net als in een TopTrac-regeling, vindt in een TopTracFlex-regeling een optimalisatie van het netwerk plaats. Dit gebeurt exact hetzelfde: op basis van data uit de lokale iVRIs, optimaliseert de TopTrac-centrale het netwerk en zegt tegen de lokale iVRIs wat ze moeten doen om de groencoördinatie (Groene Golf) mogelijk te maken. Vervolgens wordt de groencoördinatie volgens het plan uit de TopTrac-centrale gerealiseerd, maar worden alle overige richtingen/bewegingen lokaal geoptimaliseerd, wat TopTracFlex een moderne stijl groencoördinatie maakt.

In het geval van TopTracFlex zitten de intelligentie en optimalisaties dus op twee plaatsen: in de TopTrac-centrale en in de lokale iVRI. De TopTrac-centrale communiceert wat nodig is voor de groencoördinatie, wat de iVRI ook regelt, maar waarna de lokale iVRI alle andere richtingen/ bewegingen buiten de groencoördinatie ook nog lokaal optimaliseert. Voor deze optimalisatie is echter aanvullende data uit de voertuigen naast data uit de weg (zoals drukknoppen en detectielussen) nodig. Dit systeem biedt de mogelijkheid om het verkeer meer voorspellend en efficiënter te regelen met meer CO₂-reductie tot gevolg.

De werking van TopTracFlex is een continu proces en betreft de volgende stappen:



1. Verzamelen van verkeersintensiteiten bij de verschillende iVRIs;
2. Optimaliseren van cyclustijden en fasevolgorde (opstellen signaalplan);
3. Doorsturen van voorgestelde signaalplan naar de iVRIs;
4. Lokaal optimaliseren richtingen/bewegingen buiten de groencoördinatie;
5. Lokaal realiseren van signaalplan (voor groencoördinatie) en lokale optimalisaties (richtingen/bewegingen buiten de groencoördinatie).

Vergelijking algemene prestatie VA-, Flex-, TopTrac- en TopTracFlex-regelingen

Een Flex-regeling beter presteert dan een VA-regeling, net zoals TopTrac beter presteert op netwerkniveau dan een netwerk van VA-regelingen. Echter is de mate waarin Flex beter presteert dan een VA-regeling kleiner ten opzichte van de mate waarin TopTrac beter presteert ten opzichte van de VA-regeling. Netto presteert een netwerk met TopTrac-regelingen zodoende beter dan een netwerk met Flex-regelingen, om dezelfde reden. De lokale Flex optimalisaties kunnen namelijk niet het netwerk optimaliseren met een groencoördinatie wat met TopTrac wel kan en waardoor op een netwerkniveau (veel) minder stops noodzakelijk zijn. Met TopTracFlex worden, aanvullend op de optimalisatie van de groencoördinatie (netwerkoptimalisatie) ook lokale richtingen/bewegingen buiten de groencoördinatie geoptimaliseerd, waardoor een netwerk met TopTracFlex-regelingen weer beter presteert dan een netwerk met TopTrac-regelingen.

Berekening voertuigemissies

Om de CO₂-uitstoot als gevolg van het verkeer dat zich door het systeem beweegt te meten, heeft Vialis gebruik gemaakt van simulatieprogramma EnViVer dat ontwikkeld is door TNO. Hiermee kunnen de voertuigemissies per voertuig, maar ook per wegdeel of kruising berekend worden. Het simulatieprogramma EnViVer gebruikt testresultaten van 12.000 voertuigen met een lichte motor (personenauto, motorfiets) en 500 voertuigen met een zware motor (vrachtwagens). Van deze voertuigen is de uitstoot onder verschillende rijomstandigheden gemeten. Daarnaast wordt het gedrag van individuele voertuigen in echte situaties gesimuleerd. Dit gedrag is gebaseerd op veldmetingen, diverse rijcycli, verkeersmodellen en deskundige beoordelingen. In het gemodelleerde verkeerssysteem meet EnViVer naast de CO₂-emissies ook NO_x en PM₁₀ emissies. De berekening in EnViVer wordt gemaakt door middel van nacalculatie in het verkeersmodelleringsprogramma Vissim.

3.2 Systeemgrenzen: ketenbeschrijving

Om meer inzicht te krijgen in de uitstoot in de levenscyclus van een (i)VRI, zal deze ketenanalyse ingaan op de individuele ketenstappen en de veroorzakers van uitstoot hierbinnen. Voor deze ketenanalyse is vanuit de bepaling van de MME van Vialis een analyse gemaakt van de gehele levenscyclus van een (i)VRI. Onderscheid wordt gemaakt tussen een VRI met een verkeersregelautomaat (VRA) welke voorzien is van een VA-regeling, aangevuld met TopTrac en een iVRI met een VRA voorzien van een TopTrac-regeling, aangevuld met een Flex- en TopTracFlex-regeling. Op basis van het verkregen inzicht in veroorzakers van uitstoot in de keten, zal de analyse vervolgens ingaan op reductie-strategieën. Bij het evalueren van de geschiktheid van de mogelijke reductie-opties wordt nadrukkelijk aandacht besteed aan de mate waarin Vialis invloed uit kan oefenen op deze uitstoot.

Verkeerssituatie 1: VRI met VA-regeling t.o.v. TopTrac

In verkeerssituatie 1 wordt de CO₂-uitstoot van een VRI-keten met een VA-regeling vergeleken ten opzichte van een TopTrac-optimalisatie. De uitgangssituatie en gehanteerde parameters voor de berekeningen van de CO₂-uitstoot van het verkeersnetwerk in verkeerssituatie 1 zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3: Uitgangssituatie en gehanteerde parameters voor de berekening van de CO₂-uitstoot van het verkeersnetwerk in verkeerssituatie 1.

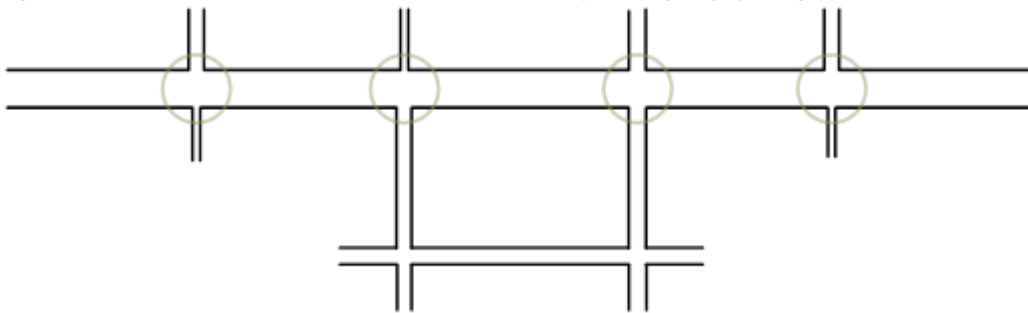
Parameter	Beschrijving
Verkeersnetwerk	Netwerk van VRIs met vier VRAs op een stedelijke hoofdweg van 1,6 km.



Parameter	Beschrijving
Levensduur	20 jaar
Kwaliteitsniveau	Standaard doorstroming zoals gemeten in het verkeersnetwerk op een normale dag.

Een schematisch weergave van de gesimuleerde verkeerssituatie is weergegeven in Figuur 3. De aan te sturen VRIs bevinden zich op de omcirkelde kruispunten. De analyse van zowel de VA- als TopTrac-regeling omvat het gehele verkeerssysteem. De brede weg die centraal in de figuur staat, is een stedelijke hoofdweg met in elke richting twee rijstroken waar dagelijks veel verkeer voorbij komt. De smalle wegen zijn fietspaden en de gemiddeld brede wegen zijn wegen met in elke richting één rijstrook.

Figuur 3. Gesimuleerd verkeersnetwerk waarin de VA- en TopTrac-regeling zijn toegepast.



In deze ketenanalyse wordt uitsluitend de CO₂-uitstoot als gevolg van het passerende verkeer in het betreffende verkeersnetwerk meegenomen. De CO₂-uitstoot als gevolg van kilometers die buiten dit netwerk gemaakt worden en als gevolg van het produceren en verwerken van de voertuigen zelf, worden buiten beschouwing gelaten; deze vervoersbewegingen en productie hebben niets met de verkeersregeling te maken, waarbij de eigenaar van de VRI geen enkele invloed heeft op het type voertuig dat door het systeem rijdt.

Verkeerssituatie 2: iVRI met TopTrac-regeling t.o.v. TopTracFlex

In verkeerssituatie 2 wordt de CO₂-uitstoot van een iVRI-keten met een TopTracFlex-regeling vergeleken ten opzichte van een TopTrac-regeling: de moderne stijl groencoördinatie ten opzichte van de klassieke stijl groencoördinatie. Zoals gezegd zijn de resultaten van dit vergelijk gebaseerd op nieuw verzamelde data in een ander netwerk ten opzichte van verkeerssituatie 1. De uitgangssituatie en gehanteerde parameters voor de berekeningen van de CO₂-uitstoot van het verkeersnetwerk in verkeerssituatie 2 zijn weergegeven in Tabel 4.



Tabel 4: Uitgangssituatie en gehanteerde parameters voor de berekening van de CO₂-uitstoot van het verkeersnetwerk in verkeerssituatie 2.

Parameter	Beschrijving
Verkeersnetwerk	Netwerk van iVRIs met zeven VRAs op een stedelijke hoofdweg van 1,8 km.
Levensduur	20 jaar
Kwaliteitsniveau	Standaard doorstroming zoals gemeten in het verkeersnetwerk op een normale dag.

Een schematisch weergave van de verkeerssituatie zoals gemodelleerd, is weergegeven in Figuur 4. De aan te sturen iVRIs bevinden zich op de omcirkelde kruispunten. De analyse van zowel TopTrac als TopTracFlex omvat het gehele verkeerssysteem. De brede weg die centraal in de figuur staat, is een regionale stroomweg met in elke richting twee rijstroken waar dagelijks veel verkeer voorbijkomt.

Figuur 4. Gemodelleerd verkeersnetwerk waarin TopTrac en TopTracFlex zijn toegepast.



Ook in deze situatie geldt dat uitsluitend de CO₂-uitstoot als gevolg van het passerende verkeer in het betreffende verkeersnetwerk meegenomen wordt.

Uitgangspunten berekening voertuigemissies

De hoeveelheid CO₂ die wordt uitgestoten door het passerende verkeer is bepaald door middel van het simulatieprogramma EnViVer. De verkeerscijfers zijn gebaseerd op metingen die zijn uitgevoerd bij een reële verkeerssituatie vergelijkbaar met de te modelleren situatie. De verkeerscijfers zijn gemeten door het tellen van voertuigen in de ochtend- en avondspits. De verkeerscijfers buiten de spits zijn ingeschat als een spitsbelasting minus 15%. Voor elke situatie op elk moment van de dag, worden meerdere runs gedraaid in het



verkeerssimulatieprogramma Vissim 5.3 (verkeerssituatie 1) en Vissim 11.00.13 (verkeerssituatie 2) om tot een betrouwbaar resultaat te komen. Vervolgens wordt voor al deze simulaties de uitstoot berekend met behulp van EnViVer. Deze uitstoot wordt berekend door elk individueel voertuig-trajectorie in te voeren en op basis van de gekoppelde voertuigsoort uit de TNO-database de benodigde emissie vast te stellen. De CO₂-uitstoot wordt bepaald op drie momenten van de dag:

- De ochtend spits (7:00-9:00);
- Buiten de spits;
- De avonds spits (16:00-18:00).

Uitgaande van een levensduur van 20 jaar van een (i)VRI, is in de berekening van voertuigemissies gerekend met het aantal werkdagen in deze periode. Dit aantal werkdagen is exclusief zaterdagen, zondagen en officiële nationale feestdagen, resulterend in 5099 dagen.

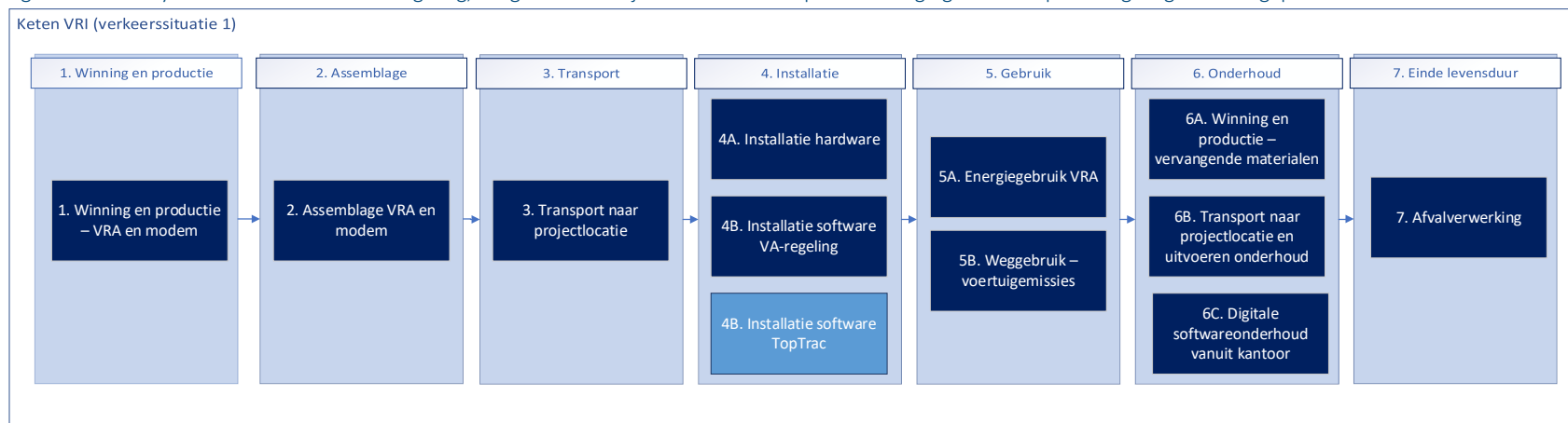
Berekening CO₂-uitstoot ketenstappen

Voor het vaststellen van de CO₂-uitstoot binnen de ketenstappen Winning en productie, Assemblage, Transport, Installatie en Einde levensduur is gebruik gemaakt van algemene data uit de EcoInvent database 3.0, de Nationale Milieudatabase en DuboCalc. Hierbij is de CO₂-uitstoot in de ketenstap Transport berekend op basis van transportgewicht en een gemiddelde transportafstand van 70 km.

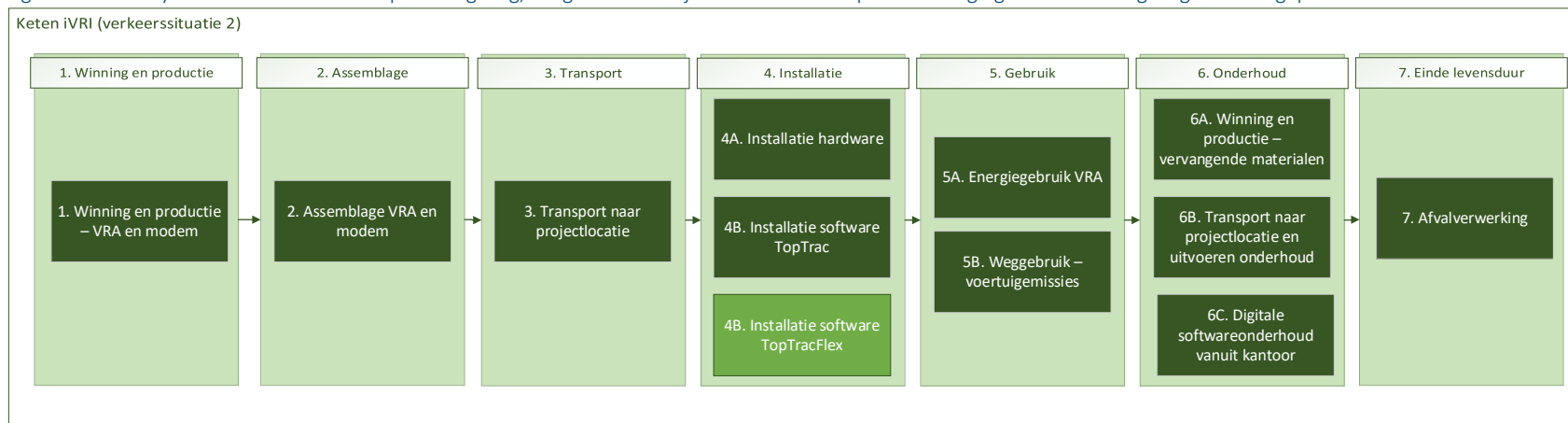
3.3 Ketenstappen

In Figuur 5 zijn de ketenstappen in een levenscyclus van een VRI met een VA-regeling weergegeven, aangevuld met de bijkomende ketenstap ter toevoeging van de TopTrac-regeling. In Figuur 6 zijn de ketenstappen van een iVRI met een TopTrac-regeling weergegeven, aangevuld met de bijkomende ketenstap voor de toevoeging van de Flex-regeling (TopTracFlex). Hieronder volgt een beschrijving van de ketenstappen en toelichting op de ketenstappen met vrijkomende CO₂-uitstoot.

Figuur 5. Levenscyclus van een VRI met VA-regeling, aangevuld met bijkomende ketenstap ter toevoeging van de TopTrac-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 1.



Figuur 6. Levenscyclus van een iVRI met TopTrac-regeling, aangevuld met bijkomende ketenstap ter toevoeging van de Flex-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 2.



Ketenstappen (i)VRI

In de keten van zowel de VRI als de iVRI en daarmee in beide verkeerssituaties geldt dat alle ketenstappen hetzelfde zijn en enkel de ketenstap 4B. *Installatie software* per verkeersregeling verschilt. Dit verschil in regeling heeft invloed op de efficiëntie en doorstroom van het verkeer in beide verkeerssituaties, en heeft daarmee invloed op de hoeveelheid CO₂-uitstoot in ketenstap 5B. *Weggebruik – voertuigemissies*. Ketenstappen waarbij verwacht wordt dat deze gering uitstoot produceren worden buiten beschouwing gelaten.

1. Winning en productie

Deze stap heeft betrekking tot CO₂-uitstoot als gevolg van de winning en productie van materialen voor de onderdelen van een VRA en modem per verkeerskruispunt. Het aantal te produceren VRAs en modems is daarmee afhankelijk van de betreffende verkeerssituatie.

2. Assemblage

In deze ketenstap wordt de VRA en modem geassembleerd op locatie bij Vialis. Na assemblage wordt zowel de automaat als de software getest. Het energieverbruik van de assemblage werkzaamheden resulteren in de CO₂-uitstoot van deze ketenstap.

3. Transport

Transport omvat het vervoer van materialen en monteur naar de projectlocatie, waarbij CO₂-uitstoot wordt veroorzaakt door brandstofverbruik. Aangenomen dat de transportafstand vanaf de verkeerssituatie gemiddeld 70 km tot de werkplaats van Vialis betreft.

4. Installatie

- A. Deze ketenstap heeft betrekking tot het plaatsen en aansluiten van de hardware (e.g. de VRA, modem, masten, lussen, verkeerslichten en drukknoppen). Belangrijk is dat de (i)VRI-hardware middels xDSL-lijnen in verbinding staat met de server. Hiervoor worden bestaande telefoonlijnen als xDSL-lijn gebruikt, waarmee de modem van de (i)VRI verbonden wordt met de modem van de server. Aangenomen wordt dat de server op het kantoor van Vialis staat, met een gemiddelde afstand van 70 km. Deze installatiewerkzaamheden resulteren in de vrijkomende CO₂-uitstoot in deze ketenstap.
- B. Nadat de hardware is aangesloten, wordt de software geïnstalleerd. Hierbij geldt het uitgangspunt dat het energieverbruik en daarmee de CO₂-uitstoot als gevolg van een software installatie zeer gering is, en wordt om deze reden buiten beschouwing gelaten.

5. Gebruik

- A. Energiegebruik VRA
Na het in bedrijf stellen van de (i)VRI gaat de gebruiksfase van start. Het elektriciteitsverbruik van het systeem wordt hoofdzakelijk bepaald door het verwarmingselement in de kast van de VRA ter voorkoming van condensvorming en aansturing van de verkeerslichten. Dit elektriciteitsverbruik resulteert in CO₂-uitstoot in deze ketenstap.
- B. Weggebruik – voertuigemissies
Naast het elektriciteitsverbruik door de VRA, wordt CO₂ uitgestoten door het passerende verkeer. Hierbij zijn autoverkeer, busverkeer en langzaam verkeer de drie categorieën van verkeer waar rekening mee gehouden wordt in deze ketenstap.



6. Onderhoud

Deze ketenstap betreft het onderhouden van zowel de hardware als de software van de (i)VRI.

- A. Voor het vervangen van hardware is er sprake van CO₂-uitstoot als gevolg van de winning en productie van de te vervangen materialen. De winning en productie van nieuwe materialen vindt uitsluitend plaats in geval het defecte onderdeel niet op voorraad is bij Vialis.
- B. Voor het onderhoud van hardware vinden twee extra transportbewegingen plaats; het transport van een monteur en de vervangende materialen naar de locatie. De monteur vervangt de defecte onderdelen en neemt de defecte onderdelen mee naar de werkplaats van Vialis. De defecte onderdelen worden hier geïnspecteerd, indien mogelijk gerepareerd en op voorraad gelegd voor een volgende onderhoudsbeurt. De CO₂-uitstoot in deze ketenstap is daarmee het resultaat van het brandstofverbruik van het transport en de reparatiewerkzaamheden.
- C. Het softwareonderhoud wordt vanuit kantoor verzorgd. Ons uitgangspunt is dat het energieverbruik en daarmee de CO₂-uitstoot van de servers als gevolg van een digitale onderhoudsbeurt zeer weinig CO₂ met zich meebrengt en wordt om deze reden buiten beschouwing gelaten.

De uitstoot als gevolg van onderhoudswerkzaamheden is variabel en per situatie afhankelijk. Aangenomen wordt dat deze uitstoot vergelijkbaar is voor alle regelingen in beide verkeerssituaties. Tevens wordt de uitstoot van deze ketenstap als gering ingeschat in verhouding tot de gebruiksfase en vrijkomende voertuigemissies. Om deze reden wordt de uitstoot als gevolg van deze ketenstap buiten beschouwing gelaten.

7. Einde levensduur

Bij einde levensduur wordt de (i)VRI verwijderd, gedemonteerd, afgevoerd naar een afvalverwerker en tenslotte verwerkt middels verschillende afvalverwerkingsmethodes. In deze ketenstap resulteren de demontagewerkzaamheden, transport naar de afvalverwerker en verwerking van het afval in CO₂-uitstoot.

Aanvullende ketenstap TopTrac-regeling

In de oude ketenanalyse was bij toepassing van TopTrac in de helft van de gevallen een nieuwe modem nodig. Echter blijkt dit in de praktijk niet nodig te zijn; bij toevoeging van een TopTrac-regeling wordt gebruik gemaakt van de bestaande modem, waarbij in de software een zogenaamde TopTrac-functionaliteit aangebracht is, welke geschikt is om met nabijgelegen (i)VRIs gegevens uit te wisselen. Om deze reden is de toevoeging van een extra modem en bijbehorende ketenstappen in deze ketenanalyse buiten beschouwing gelaten.

Verkeerssituatie 1

Het toevoegen van TopTrac aan de bestaande VRI resulteert uitsluitend in de aanvullende ketenstap 4B. *Installatie software TopTrac-regeling*, waarbij de module digitaal vanuit kantoor geüpload wordt naar de VRA. De geoptimaliseerde module resulteert in een verbeterende doorstroom van het passerende verkeer ten opzichte van de VA-regeling in verkeerssituatie 1, met een verschil in CO₂-uitstoot in ketenstap 5B. *Weggebruik – voertuigemissies* tot gevolg.

Verkeerssituatie 2

TopTrac betreft de uitgangssituatie in de iVRI-keten in verkeerssituatie 2. In deze situatie zijn de ketenstappen van de TopTrac-regeling gelijk aan de ketenstappen van de VRI-keten met VA-regeling in verkeerssituatie 1.



Aanvullende ketenstap TopTracFlex-regeling

In verkeerssituatie 2 betreft TopTracFlex een software optimalisatie van TopTrac in een bestaande iVRI. Net als in verkeerssituatie 1, wordt TopTracFlex digitaal vanuit kantoor geüpload naar de VRA en betreft daarmee de aanvullende ketenstap 4B. *Installatie software TopTracFlex regeling*, waarbij de uitstoot als gevolg van servergebruik buiten beschouwing wordt gelaten. TopTracFlex optimaliseert de doorstroom van het passerende verkeer ten opzichte van TopTrac in verkeerssituatie 2 en resulteert daarmee in een verschil in CO₂-uitstoot in ketenstap 5B. *Weggebruik – voertuigemissies*.

3.4 Ketenpartners

Binnen de ketenstappen spelen verschillende ketenpartners een rol in de uitstoot van emissies in de keten. De betrokken ketenpartners en veroorzaakte emissies zijn weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5: Ketenpartners en emissies.

Ketenstap	Ketenpartner	Veroorzaakte emissies
Winning en productie	Leveranciers grondstoffen en producten	Scope 3: Energiegebruik winning- en productieprocessen
Assemblage	Vialis	Scope 1/2: Eigen energieverbruik proces
Transport	Vialis	Scope 1/2: Eigen brandstofverbruik
Installatie	Vialis	Scope 1/2: Eigen energieverbruik
Gebruik	Beheerder (i)VRI Verkeersgebruikers	Scope 3: Energiegebruik VRA Scope 3: Brandstofverbruik verkeersgebruikers
Onderhoud	<i>Buiten beschouwing</i>	
Afvalverwerking	Aannemer Afvalwerkingsbedrijf	Scope 3: Energieverbruik demontage en verwijdering Scope 3: Energieverbruik afvalverwerkingsproces



4 Kwantificeren van emissies

Op basis van de verzamelde informatie is per ketenstap bepaald hoeveel CO₂-uitstoot wordt veroorzaakt. In deze ketenanalyse wordt voortgebouwd op het vergelijk en data van de oude ketenanalyse; hierin is eerst de uitstoot van een VRI met VA-regeling bepaald, waarna de uitstoot als gevolg van de toevoeging van de TopTrac-regeling berekend is. Met de nieuw verzamelde data wordt op een zelfde manier de uitstoot inzichtelijk gemaakt; eerst wordt de uitstoot van een iVRI met TopTrac-regeling bepaald, waarna de uitstoot als gevolg van de toevoeging van TopTracFlex berekend. Tevens is het verschil in uitstoot in de gehele keten voor zowel verkeerssituatie 1 als verkeerssituatie 2 inzichtelijk gemaakt.

4.1 Verkeerssituatie 1: VRI met VA-regeling

4.1.1 Winning en productie

Een VRA bestaat uit diverse onderdelen met als belangrijkste materialen staal, elektronica en kunststof. Naast de automaat is ook een modem nodig voor een dataverbinding. Er is uitgegaan van vier VRAs en vier modems; per kruising in het afgebakende verkeerssysteem van 1,6 kilometer waarin vier kruisingen zijn opgenomen. Zoals weergegeven in Tabel 6, betreft de winning en productie van de VRAs het grootste aandeel in de totale uitstoot in deze ketenstap. Met name de elektronica en het toegepaste staal in de VRAs veroorzaken relatief veel uitstoot; 4,7 ton CO₂ ten opzichte van 0,1 ton CO₂ als gevolg van de winning en productie van de modems.

Tabel 6: Winning en productie - CO₂-uitstoot van een VRI met VA-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 1.

Onderdeel	Ton CO ₂
Winning en productie van 4 VRAs	4,7
Winning en productie van 4 modems	0,1
Totaal	4,8

4.1.2 Assemblage

Het assembleren van de VRAs gebeurt op locatie bij Vialis. Na assemblage worden de VRAs getest. De uitstoot is ingeschat analoog naar de benodigde energie voor het installeren van de VRAs (zie 4.1.4) en betreft 0,6 ton CO₂.

Tabel 7: Assemblage - CO₂-uitstoot van een VRI met VA-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 1.

Onderdeel	Ton CO ₂
Assemblage en testen van 4 VRAs en modems	0,6
Totaal	0,6

4.1.3 Transport

Na assemblage worden de VRAs vervoerd naar het kruispunt waar ze komen te staan. Dit vervoer wordt door Vialis zelf uitgevoerd. De monteur van Vialis wordt met dezelfde vervoersbeweging vervoerd naar het kruispunt. De reisafstand is afhankelijk van de locatie van het kruispunt. In de berekening is uitgegaan van een gemiddelde reisafstand van 70 km vanaf de werkplaats van Vialis. Zoals weergegeven in Tabel 8 betreft de uitstoot als gevolg transport 0,04 ton CO₂. Deze uitstoot is in vergelijking tot Winning en productie zeer klein.

Tabel 8: Transport - CO₂-uitstoot van een VRI met VA-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 1.

Onderdeel	Ton CO ₂
Twee transportbewegingen van 70 km voor transport van een monteur en 4 VRAs en modems	0,04
Totaal	0,04

4.1.4 Installatie

Deze stap omvat het plaatsen van masten en het aansluiten van de hardware (e.g. de VRAs, modems, lussen, verkeerslichten, drukknoppen etc.) en het installeren van de benodigde software. Hierbij wordt de uitstoot



veroorzaakt door de werkzaamheden voor het plaatsen van de hardware, waarbij de uitstoot als gevolg van de software-installatie buiten beschouwing wordt gelaten. Zoals weergegeven in Tabel 9, resulteren de installatiewerkzaamheden voor vier VRAs en modems in 0,6 ton CO₂ in totaal.

Tabel 9: Installatie - CO₂-uitstoot van een VRI met VA-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 1.

Onderdeel	Ton CO ₂
Installatie van 4 VRAs en modems	0,6
Totaal	0,6

4.1.5 Gebruik

De uitstoot tijdens de gebruiksfase gedurende de levensduur wordt veroorzaakt door:

- Het energiegebruik van de VRAs en modems;
- De voertuigemissies van het verkeer dat door het verkeersnetwerk van 1,6 km passeert.

Deze uitstoot is berekend voor de gehele levensduur van de VRI. Deze levensduur betreft voor de VRAs het totaal aantal dagen gedurende 20 jaar (7305 dagen), waarbij de voertuigemissies betrekking hebben op werkdagen (5099 dagen).

Energiegebruik VRAs

Het energiegebruik van de VRAs en modems wordt met name veroorzaakt door de verwarming en het verbruik van de installatie. Zoals weergegeven in Tabel 10 resulteert het elektriciteitsverbruik van vier VRAs en modems in 56,5 ton CO₂ gedurende een levensduur van 20 jaar; een significant hogere uitstoot ten opzichte van de voorgaande ketenstappen.

Tabel 10: Energiegebruik VRAs - CO₂-uitstoot van een VRI met VA-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 1.

Onderdeel	Ton CO ₂
Elektriciteitsverbruik van 4 VRAs en modems gedurende levensduur	56,5
Totaal	56,5

Weggebruik – Voertuigemissies

De grootste CO₂-uitstoot wordt veroorzaakt door het passerende verkeer. De voertuigemissies zijn berekend door het simulatieprogramma EnViVer. In Tabel 11 is de CO₂-uitstoot per dag als gevolg van passerende voertuigen in het verkeersnetwerk met een VA-regeling weergegeven, de CO₂-uitstoot is uitgedrukt in zowel het aantal gram CO₂ per kilometer per dag. Zoals blijkt wordt gedurende de ochtendspits 302 gram CO₂ per km uitgestoten. Gedurende de avondspits betreft dit 306 gram CO₂ per km. De grootste hoeveelheid CO₂ wordt buiten de spits uitgestoten en staat gelijk aan 313 gram CO₂ per km. Deze hogere uitstoot kan verklaard worden door de grotere tijdsspanne die gerekend wordt ten opzichte van de spitsituaties, echter zijn de twee spitsperioden gezamenlijk drukker dan de periode tussen de spitsen. In totaal wordt op één dag 19,6 ton CO₂ uitgestoten, als gevolg van het passerende voertuigen door het verkeersnetwerk.



Tabel 11: Voertuigemissies - CO₂-uitstoot van een VRI met VA-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 1.

Moment van de dag	g CO ₂ / km
Ochtendspits	302
Buiten de spits	313
Avondspits	306
Totaal	921

Totaal gebruiksfase

De totale uitstoot in de gebruiksfase bestaat uit het energiegebruik van de VRAs gedurende 20 jaar, plus de uitstoot van het passerende verkeer gedurende werkdagen over deze periode. Zoals weergegeven in Tabel 12 resulteren de voertuigemissies in 100.185,2 ton CO₂. Dit betreft veruit het grootste aandeel in de uitstoot van deze ketenstap, waarbij de 56,5 ton CO₂ als gevolg van het elektriciteitsverbruik van de VRAs en modems een verwaarloosbaar klein aandeel (<0,1%) betreft.

Tabel 12: Gebruiksfase gedurende levensduur van 20 jaar - CO₂-uitstoot van een VRI met VA-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 1.

Onderdeel	Ton CO ₂
Elektriciteitsverbruik van 4 VRAs en modems gedurende levensduur	56,5
Voertuigemissies in verkeersnetwerk gedurende levensduur	100.185,2
Totaal	100.241,7

4.1.6 Einde levensduur

Bij Einde levensduur worden de VRAs, inclusief toebehoren (zoals modems), gedemonteerd en verwijderd door Vialis of derden. De vrijkomende onderdelen worden als afval aangeboden en verder gerecycled of verwerkt. Vanwege de positieve uitwerking van de recycling van staal op de CO₂-uitstoot, is de bijdrage van het afvalverwerkingsproces aan de totale uitstoot negatief. Echter valt deze negatieve uitstoot buiten de scope van deze ketenanalyse conform het GHG-protocol. De demontagewerkzaamheden, transport en verwerking van de VRAs resulteren gezamenlijk in 1,3 ton CO₂.

Tabel 13: Einde levensduur - CO₂-uitstoot van een VRI met VA-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 1.

Onderdeel	Ton CO ₂
Verwijderen en afvoeren van 4 VRAs en modems	0,7
Demontage 5 VRAs en modems	0,6
Totaal	1,3

4.1.7 Overzicht gehele keten VRI met VA-regeling

Zoals weergegeven in Tabel 14, resulteert de gehele keten van een VRI zoals toegepast in verkeerssituatie 1 in een totale uitstoot van 100.249,1 ton CO₂ gedurende een levensduur van 20 jaar. Zoals blijkt heeft de gebruiksfase veruit het grootste aandeel in de totale uitstoot in de keten. Deze ketenstap wordt volledig gedomineerd door de uitstoot van het verkeer dat door het netwerk passeert (100%). Deze uitstoot is vele malen groter dan de totale uitstoot in de rest van de keten.



Tabel 14: Totale CO₂-uitstoot van een VRI met VA-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 1.

Ketenstap	Ton CO ₂	% van totaal
Winning en productie	4,8	0%
Assemblage	0,6	0%
Transport	0,04	0%
Installatie	0,6	0%
Gebruik	100.241,7	100%
Einde levensduur	1,3	0%
Totaal	100.249,1	100%

4.2 Verkeerssituatie 1: toevoeging TopTrac-regeling

Zoals eerder beschreven in paragraaf 3.3, resulteert het toepassen van TopTrac in de aanvullende ketenstap 4B. *Installatie software TopTrac*, met als gevolg een verschil in CO₂-uitstoot in ketenstap 5B. *Weggebruik – voertuigemissies*. Gezien de overige ketenstappen gelijk blijven, wordt in uitsluitend deze ketenstap het verschil in CO₂-uitstoot bij toepassing van TopTrac ten opzichte van de VA-regeling hieronder nader toegelicht.

4.2.1 Gebruik

Weggebruik - Voertuigemissies

De voertuigemissies zijn, ook in de situatie waarin TopTrac wordt toegepast, berekend door het simulatieprogramma Vissim. In Tabel 15 is de CO₂-uitstoot per dag als gevolg van passerende voertuigen in het verkeersnetwerk met een VA-regeling vergeleken met de toepassing van een TopTrac-regeling. De CO₂-uitstoot is uitgedrukt in het aantal gram CO₂ per kilometer. Door toepassing van TopTrac ontstaat een betere doorstroming van het verkeer, wat zichtbaar is in een lagere uitstoot in de simulatie. Tevens is zowel het absolute als het procentuele verschil per moment van de dag weergegeven.

Tabel 15: Voertuigemissies - CO₂-uitstoot van een VRI met TopTrac-regeling ten opzichte van de VA-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 1.

Moment van de dag	g CO ₂ / km		Verschil	
	VA-regeling	TopTrac-regeling	g CO ₂ / km	%
Ochtendspits	320,0	280,0	-24,0	-8%
Buiten de spits	293,0	265,0	-29,0	-9%
Avondspits	326,0	281,0	-28,0	-9%
Totaal	939,0	826,0	-81,0	-9%

In totaal wordt op één dag 17,9 ton CO₂ uitgestoten, als gevolg van het passerende voertuigen door het verkeersnetwerk. Zowel in de ochtend- als in de avondspits is er een aanzienlijke reductie te behalen in CO₂-uitstoot. Dit kan verklaard worden doordat er minder voertuigstops nodig zijn in het verkeersnetwerk wanneer de TopTrac regeling wordt gebruikt. In de ochtendspits zijn er netwerkbreed 24% minder voertuigstops en in de avondspits is een daling te zien van 32%. Deze grote daling is te verklaren door het variëren van de cyclustijd, die stijgt bij grotere drukte. TopTrac optimaliseert continu, waarbij de drukste richtingen gecoördineerd worden. Als de drukste richtingen niet hoeven te stoppen, wordt het totaal aantal stops minimaal. De groepen voertuigen die niet op de hoofdstroom rijden, stoppen dus wel meer dan in de oude situatie. De CO₂-emissie is lager bij minder voertuigstops, aangezien een voertuig relatief gezien veel CO₂ uitstoot wanneer deze versnelt of afremt.

Totaal gebruiksfase

Gedurende een levensduur van 20 jaar (gerekend met het aantal werkdagen in deze periode) wordt bij toepassing van TopTrac 91.430,6 ton CO₂ aan voertuigemissies in verkeerssituatie 1 uitgestoten. Dit staat gelijk aan een



absolute reductie van 8.811,1 ton CO₂ en een procentuele afname van 9% ten opzichte van de toepassing van een VA-regeling en betreft daarmee de grootste impact in de keten. Bij toepassing van TopTrac verandert het elektriciteitsverbruik van de VRAs gedurende de levensduur niet; dit elektriciteitsverbruik heeft betrekking tot het totaal aantal dagen gedurende 20 jaar.

Tabel 16: Gebruiksfase gedurende levensduur van 20 jaar - CO₂-uitstoot van een VRI met TopTrac-regeling ten opzichte van de VA-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 1.

Onderdeel	Ton CO ₂		Verschil	
	VA-regeling	TopTrac-regeling	Ton CO ₂	%
Elektriciteitsverbruik 4 VRAs en modems gedurende levensduur	56,5	56,5	0,0	0%
Voertuigemissies in verkeersnetwerk gedurende levensduur	100.185,2	91.374,1	-8.811,1	-9%
Totaal	100.241,7	91.430,6	-8.811,1	-9%

4.3 Verkeerssituatie 2: iVRI met TopTrac-regeling

Vanwege ontbrekende data is voor verkeerssituatie 2 gebruik gemaakt van de beschikbare gegevens uit de oude ketenanalyse. Nieuwe data is uitsluitend beschikbaar met betrekking tot de voertuigemissies in het verkeersnetwerk van verkeerssituatie 2; ketenstap 5B. *Gebruik – voertuigemissies*. De uitstoot in de ketenstappen 1. *Winning en productie*, 2. *Assemblage*, 4. *Installatie* en 7. *Einde levensduur* is berekend op basis van de beschikbare data omgerekend naar het benodigde aantal VRAs en modems in de nieuwe verkeerssituatie. De ketenstap 3. *Transport* is in beide verkeerssituatie gelijk gebleven.

4.3.1 Winning en productie

Verkeerssituatie 2 heeft betrekking tot een verkeersnetwerk van 1,8 kilometer met zeven kruispunten. Voor ieder kruispunt dient een VRA en modem geproduceerd te worden; in dit geval zeven VRAs en modems. Zoals weergegeven in Tabel 17, resulteert de winning en productie van de benodigde materialen in een uitstoot van 8,1 ton CO₂. Zoals blijkt betreft de winning en productie van de VRAs het grootste aandeel in de totale uitstoot in deze ketenstap, net zoals in dezelfde ketenstap in verkeerssituatie 1. Ook in verkeerssituatie 2 veroorzaakt de winning en productie van de elektronica en het toegepaste staal in de VRAs relatief veel uitstoot; 8,1 ton CO₂ ten opzichte van 0,2 ton CO₂ als gevolg van de winning en productie van de modems.

Tabel 17: Winning en productie - CO₂-uitstoot van een iVRI met TopTrac-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 2.

Onderdeel	Ton CO ₂
Winning en productie van 7 VRAs	8,1
Winning en productie van 7 modems	0,2
Totaal	8,3

4.3.2 Assemblage

Het assembleren van de VRAs gebeurt op locatie bij Vialis, waarbij de VRAs na assemblage tevens getest worden. Net zoals in dezelfde ketenstap in verkeerssituatie 1 wordt de uitstoot analoog ingeschat naar de benodigde energie voor het installeren van de VRAs (zie 4.3.4) en betreft 1,1 ton CO₂.

Tabel 18: Assemblage - CO₂-uitstoot van een iVRI met TopTrac-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 2.

Onderdeel	Ton CO ₂
Assemblage en testen van 7 VRAs en modems	1,1
Totaal	1,1

4.3.3 Transport

De uitstoot in deze ketenstap staat gelijk aan de uitstoot van dezelfde ketenstap in verkeerssituatie 1; er zijn tevens twee vervoersbewegingen nodig voor het vervoer van een monteur en het materiaal voor de installatie van de



benodigde hard- en software voor een iVRI met TopTrac-regeling. Zoals weergegeven in Tabel 19 resulteren deze vervoersbewegingen gezamenlijk in een geringe uitstoot van 0,04 ton CO₂.

Tabel 19: Transport - CO₂-uitstoot van een iVRI met Toptrac-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 2.

Onderdeel	Ton CO ₂
Twee transportbewegingen van 70 km voor transport van een monteur en 7 VRAs en modems	0,04
Totaal	0,04

4.3.4 Installatie

In deze ketenstap wordt tevens zoals in verkeerssituatie 1 de uitstoot veroorzaakt door de werkzaamheden voor het plaatsen van de hardware, waarbij de uitstoot als gevolg van de software-installatie buiten beschouwing wordt gelaten. Zoals weergegeven in Tabel 20, resulteren de installatiewerkzaamheden voor zeven VRAs en modems in 0,8 ton CO₂ in totaal.

Tabel 20: Installatie - CO₂-uitstoot van een iVRI met TopTrac-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 2.

Onderdeel	Ton CO ₂
Installatie van 7 VRAs en modems	1,1
Totaal	1,1

4.3.5 Gebruik

In de gebruiksfase wordt de uitstoot gedurende de levensduur veroorzaakt door:

- Het energiegebruik van de VRAs en modems;
- De voertuigemissies van het verkeer dat door het verkeersnetwerk van 1,8 km passeert.

Deze uitstoot is, net als in verkeerssituatie 1, berekend voor de gehele levensduur van de iVRI. Deze levensduur betreft voor de VRAs het totaal aantal dagen gedurende 20 jaar (7305 dagen), waarbij de voertuigemissies betrekking hebben op werkdagen (5099 dagen).

Energiegebruik VRAs

Zoals weergegeven in Tabel 21 resulteert het elektriciteitsverbruik van zeven VRAs en modems in 98,9 ton CO₂ gedurende een levensduur van 20 jaar; een significant hogere uitstoot ten opzichte van de voorgaande ketenstappen.

Tabel 21: Energiegebruik VRAs - CO₂-uitstoot van een iVRI met TopTrac-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 2.

Onderdeel	Ton CO ₂
Elektriciteitsverbruik van 7 VRAs en modems gedurende levensduur	98,9
Totaal	98,9

Weggebruik – Voertuigemissies

Tevens zoals in verkeerssituatie 1 wordt de grootste CO₂-uitstoot veroorzaakt door het passerende verkeer en zijn de voertuigemissies berekend middels het simulatieprogramma EnViVer. In Tabel 22 is de CO₂-uitstoot per dag als gevolg van passerende voertuigen in het verkeersnetwerk met een TopTrac-regeling weergegeven. De CO₂-uitstoot is uitgedrukt in zowel het aantal gram CO₂ per kilometer per dag als in kilogram en ton CO₂ per dag. In verkeerssituatie 2 wordt gedurende de avondspits het meeste per dag uitgestoten; 11,0 ton CO₂. Blijkbaar geldt in verkeerssituatie 2 dat meer voertuigen in de avondspits het netwerk passeren; de avondspits in dit netwerk betreft daarmee het drukste moment van de dag. Gedurende de ochtendspits wordt 9,9 ton CO₂ uitgestoten en 8,9 ton CO₂ buiten de spits. In totaal wordt op één dag 29,7 ton CO₂ uitgestoten, als gevolg van het passerende voertuigen door het verkeersnetwerk.



Tabel 22: Voertuigemissies - CO₂-uitstoot van een iVRI met TopTrac-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 2.

Moment van de dag	g CO ₂ / km	Ton CO ₂
Ochtendspits	400,7	9,9
Buiten de spits	338,9	8,9
Avondspits	396,8	11,0
Totaal	1.136,4	29,7

Totaal gebruiksfase

De totale uitstoot in de gebruiksfase bestaat uit het energiegebruik van de VRAs gedurende 20 jaar, plus de uitstoot van het passerende verkeer gedurende werkdagen over deze periode. Zoals weergegeven in Tabel 23 resulteren de voertuigemissies in 151.627,0 ton CO₂. Dit betreft veruit het grootste aandeel in de uitstoot van deze ketenstap, waarbij de 98,9 ton CO₂ als gevolg van het elektriciteitsverbruik van de VRAs en modems een verwaarloosbaar klein aandeel (<0,1%) betreft.

Tabel 23: Gebruiksfase gedurende levensduur van 20 jaar - CO₂-uitstoot van een iVRI met TopTrac-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 2.

Onderdeel	Ton CO ₂
Elektriciteitsverbruik van 7 VRAs en modems gedurende levensduur	98,9
Voertuigemissies in verkeersnetwerk gedurende levensduur	151.627,0
Totaal	151.725,9

4.3.6 Einde levensduur

Bij Einde levensduur worden de VRAs, inclusief toebehoren en de extra modems, gedemonteerd en verwijderd door Vialis of derden. De vrijkomende onderdelen worden als afval aangeboden en verder gerecycled of verwerkt. Vanwege de positieve uitwerking van de recycling van staal op de CO₂-uitstoot, is de bijdrage van het afvalverwerkingsproces aan de totale uitstoot tevens negatief. Echter valt deze negatieve uitstoot, net zoals bij dezelfde ketenstap in verkeerssituatie 1, buiten de scope van deze ketenanalyse conform het GHG-protocol. De demontagewerkzaamheden, transport en verwerking van de VRAs resulteren gezamenlijk in 2,3 ton CO₂.

Tabel 24: Einde levensduur - CO₂-uitstoot van een iVRI met TopTrac-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 2.

Onderdeel	Ton CO ₂
Verwijderen en afvoeren van 7 VRAs en modems	1,2
Demontage 7 VRAs en modems	1,1
Totaal	2,3

4.3.7 Overzicht gehele keten iVRI met TopTrac-regeling

Zoals weergegeven in Tabel 25, resulteert de gehele keten van een iVRI met TopTrac zoals toegepast in verkeerssituatie 2 in een totale uitstoot van 151.738,9 ton CO₂ gedurende een levensduur van 20 jaar. Zoals blijkt heeft de gebruiksfase, net als in verkeerssituatie 1, veruit het grootste aandeel in de totale uitstoot in de keten. Deze ketenstap wordt volledig gedomineerd door de uitstoot van het verkeer dat door het netwerk passeert (100%). Deze uitstoot is vele malen groter dan de totale uitstoot in de rest van de keten.

Tabel 25: Totale CO₂-uitstoot van een iVRI met TopTrac-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 2.

Ketenstap	Ton CO ₂	% van totaal
Winning en productie	8,3	0%
Assemblage	1,1	0%
Transport	0,04	0%



Ketenstap	Ton CO ₂	% van totaal
Installatie	1,1	0%
Gebruik	151.725,9	100%
Einde levensduur	2,3	0%
Totaal	151.738,9	100%

4.4 Verkeerssituatie 2: toevoeging TopTracFlex-regeling

Zoals eerder beschreven in paragraaf 3.3, resulteert het toepassen van een TopTracFlex-regeling in de aanvullende ketenstap 4B. *Installatie software TopTracFlex regeling*, met als gevolg een verschil in CO₂-uitstoot in ketenstap 5B. *Weggebruik – voertuigemissies*. Gezien de overige ketenstappen gelijk blijven, wordt in uitsluitend deze ketenstap het verschil in CO₂-uitstoot bij toepassing van een TopTracFlex-regeling ten opzichte van de TopTrac-regeling hieronder nader toegelicht.

4.4.1 Gebruik

Weggebruik - voertuigemissies

De voertuigemissies zijn, ook in de situatie waarin TopTracFlex wordt toegepast, berekend door het simulatieprogramma EnViVer. In Tabel 26 is de CO₂-uitstoot per dag als gevolg van passerende voertuigen in het verkeernetwerk met TopTrac vergeleken met de toepassing van TopTracFlex in de nieuwe verkeerssituatie. De CO₂-uitstoot is uitgedrukt in zowel het aantal gram CO₂ per kilometer per dag als in kilogram en ton CO₂ per dag. De CO₂-reductie per moment van de dag is zowel procentueel als absoluut (ton CO₂) uitgedrukt. Door toepassing van de Flex-regeling ontstaat een betere doorstroming van het verkeer, wat zichtbaar is in een lagere uitstoot in de simulatie. Tevens is zowel het absolute (ton CO₂) als het procentuele verschil per moment van de dag weergegeven.

Tabel 26: Voertuigemissies - CO₂-uitstoot van een iVRI met TopTrac-regeling ten opzichte van TopTracFlex-regeling zoals toegepast in verkeerssituatie 2.

Moment van de dag	g CO ₂ / km		Ton CO ₂		Verschil	
	TopTrac - regeling	TopTracFlex-regeling	TopTrac - regeling	TopTracFlex-regeling	Ton CO ₂	%
Ochtendspits	400,7	389,4	9,9	9,6	-0,3	-3%
Buiten de spits	338,9	328,3	8,9	8,6	-0,3	-3%
Avondspits	396,8	383,0	11,0	10,6	-0,4	-3%
Totaal	1136,4	1100,7	29,7	28,8	-0,9	-3%

Gedurende de ochtendspits over het traject van 1,8 kilometer wordt met TopTracFlex 9,6 ton CO₂ uitgestoten. Gedurende de avondspits betreft de uitstoot 10,6 ton CO₂. Ten opzichte van TopTrac resulteert de toepassing van TopTracFlex in een absolute reductie van 0,3 ton CO₂ in de ochtendspits en 0,4 ton CO₂ in de avondspits, wat in beide gevallen gelijk staat aan een procentuele reductie van 3%. Buiten de spits wordt bij toepassing van TopTracFlex 8,6 ton CO₂ uitgestoten; ten opzichte van TopTrac betreft dit een absolute reductie van 0,3 ton CO₂, wat gelijk staat aan een procentuele reductie van tevens 3%. Op een dag wordt door toepassing van TopTracFlex een reductie van 0,9 ton CO₂ gerealiseerd; een procentuele reductie van voertuigemissies van 3% per dag.

Totaal gebruiksfase

Gedurende een levensduur van 20 jaar (gerekend met het aantal werkdagen in deze periode) wordt bij toepassing van TopTracFlex 147.099,4 ton CO₂ aan voertuigemissies in verkeerssituatie 2 uitgestoten. Dit staat gelijk aan een absolute reductie van 4527,7 ton CO₂ en een procentuele afname van 3% ten opzichte van de toepassing van



TopTrac. Bij toepassing van TopTracFlex verandert het elektriciteitsverbruik van de VRAs gedurende de levensduur niet; dit elektriciteitsverbruik heeft betrekking tot het totaal aantal dagen gedurende 20 jaar.

Tabel 27: Gebruiksfase gedurende levensduur van 20 jaar - CO₂-uitstoot van een iVRI met TopTrac ten opzichte van TopTracFlex zoals toegepast in verkeerssituatie 2.

Onderdeel	Ton CO ₂		Verschil	
	TopTrac-regeling	TopTracFlex-regeling	Ton CO ₂	%
Elektriciteitsverbruik 7 VRAs en modems gedurende levensduur	98,9	98,9	0,0	0%
Voertuigemissies in verkeersnetwerk gedurende levensduur	151.627,0	147.099,4	-4527,7	-3%
Totaal	151.725,9	147.198,3	-4527,7	-3%

4.5 Conclusie

TopTrac in een VRI t.o.v. een iVRI

TopTrac in een iVRI is een verbetering van TopTrac in een conventionele VRI. In de ochtend- en avondspits wordt een reductie van de CO₂-uitstoot behaald, doordat er nog minder voertuigstops noodzakelijk zijn in het verkeersnetwerk met TopTrac in een iVRI t.o.v. TopTrac in een conventionele VRI: 18% minder stops in de ochtendspits en 24% minder stops in de avondspits. Net als in een conventionele VRI, optimaliseert TopTrac in een iVRI het netwerk door de cyclustijd te variëren (de cyclustijd neemt toe bij grotere drukte). TopTrac optimaliseert continu, waarbij de drukste richtingen gecoördineerd worden. Als de drukste richtingen niet hoeven te stoppen, wordt het totaal aantal stops minimaal. De groepen voertuigen die niet op de hoofdstroom rijden, stoppen dus wel meer dan in de situatie met een VA- of Flex-regeling, maar minder vaak t.o.v. TopTrac in een conventionele VRI. De CO₂-emissie is lager bij minder voertuigstops, aangezien een voertuig relatief gezien veel CO₂ uitstoot wanneer deze versnelt of afremt. De combinatie met voertuigtellingen in het TopTrac systeem zorgt ervoor dat de verkeersregeling zeer nauw aansluit bij de werkelijke drukte. Omdat de TopTrac-regeling in een iVRI naast data uit de weg ook data uit de voertuigen haalt, beschikt de TopTrac-regeling over meer data om het netwerk te optimaliseren. Daardoor kan de TopTrac regeling het netwerk beter en efficiënter optimaliseren, waardoor een aanvullende reductie van het aantal stops en daarmee CO₂-reductie wordt gerealiseerd.

TopTracFlex t.o.v. TopTrac beiden in een iVRI

TopTracFlex is een verdere verbetering van de TopTrac-regeling in een iVRI. In de ochtend- en avondspits wordt een verdere reductie van het aantal stops en CO₂-uitstoot behaald: 9% minder stops in de ochtendspits met TopTracFlex t.o.v. TopTrac en 6% minder stops met TopTracFlex t.o.v. TopTrac. Zoals gezegd, optimaliseert TopTrac het netwerk continu door de cyclustijd te variëren, waarbij de drukste richtingen gecoördineerd worden. Dit gebeurt in de TopTrac-centrale. Vervolgens worden met TopTracFlex, de richtingen/ bewegingen die niet in de hoofdstroom zitten nog extra geoptimaliseerd in de lokale iVRI (dus lokaal op de kruising). Als de drukste richtingen niet hoeven te stoppen, wordt het totaal aantal stops minimaal. De groepen voertuigen die niet op de hoofdstroom rijden, stoppen door de lokale optimalisaties met TopTracFlex minder vaak dan met alleen TopTrac in een iVRI; ze moeten met TopTracFlex wel vaker stoppen dan met alleen Flex in een iVRI. De CO₂-emissie is lager bij minder voertuigstops, aangezien een voertuig relatief gezien veel CO₂ uitstoot wanneer deze versnelt of afremt. Ook hier geldt dat de combinatie met voertuigtellingen in het TopTrac systeem ervoor zorgt dat de verkeersregeling zeer nauw aansluit bij de werkelijke drukte. Omdat de TopTracFlex-regeling in een iVRI naast data uit de weg ook data uit de voertuigen haalt én ook lokaal optimaliseert, beschikt de TopTracFlex-regeling over meer data om het netwerk én de lokale kruisingen te optimaliseren. Daardoor kan de TopTracFlex-regeling het netwerk nog beter en efficiënter optimaliseren, waardoor een aanvullende reductie van het aantal stops en daarmee CO₂-reductie wordt bereikt.



5 Reductiemogelijkheden

5.1 Reductiemogelijkheden

5.1.1 Reduceren door toepassing en optimalisatie

De installatie van een TopTrac-regeling geeft ten opzichte van een VA-regeling een gemiddelde besparing van 9% CO₂-emissie, waarbij TopTracFlex een nadere besparing oplevert van 3% ten opzichte van TopTrac. Er is voor zowel de ochtend- en avondspits als buiten de spits sprake van CO₂-reductie bij het toepassen van zowel TopTrac als TopTracFlex. De reductiepotentie van TopTrac betreft 8.811,1 ton CO₂ gedurende een levensduur van 20 jaar ten opzichte van een VA-regeling, waarbij TopTracFlex 4.527,7 ton CO₂ minder uitstoot gedurende eenzelfde levensduur van 20 jaar ten opzichte van TopTrac.

TopTrac is een verkeersregeling die toe te passen is op alle verkeersnetwerken met daarin wegen die doorgaand verkeer verwerken of een duidelijke hoofdstroom kennen. Wanneer deze netwerken voorzien zijn van (i)VRIs, dan is TopTrac toepasbaar. Het reductiepotentieel in Nederland kan ingeschat worden. In ons land zijn 22 grotere gemeenten. Elk van die gemeenten heeft ten minste één verkeersnetwerk met doorgaand verkeer. Grote steden zullen meerdere verkeersnetwerken met duidelijke hoofdstroom tellen. Een voorzichtige schatting is dat er minimaal 55 situaties in Nederland zijn waar de TopTrac-regeling toegepast kan worden en deze wegen gemiddeld gezien vergelijkbaar zijn met de beschreven situatie. In dit geval kan bij toepassing van TopTrac gedurende 20 jaar 484.605 ton CO₂ bespaard worden in Nederland. Dit staat gelijk aan een reductie van 24.230 ton CO₂ per jaar; een 0,08% besparing ten opzichte van de totale CO₂-uitstoot ten gevolge van wegverkeer in Nederland van 29.538.000 ton CO₂ in 2019¹. Dit is een significante reductie van op de totale uitstoot van al het wegverkeer in het hele land. In perspectief; door bij alle geschikte verkeerssituaties in Nederland TopTrac te installeren kan er circa 9 keer zoveel bespaard worden als de jaarlijkse scope 1 en 2 uitstoot van Vialis.

Naast de grote CO₂-reductie van TopTrac, resulteert de optimalisatie naar TopTracFlex in een nadere reductie van 3%. In geval we dezelfde aanname hanteren als hierboven, zal de toepassing van TopTracFlex op circa 55 mogelijke verkeersnetwerken, vergelijkbaar met de beschreven situatie, resulteren in een jaarlijkse aanvullende reductie in Nederland van 249.022 ton CO₂ gedurende 20 jaar ten opzichte van TopTrac. Dit staat gelijk aan een reductie van 12.451 ton CO₂ per jaar; een 0,04% besparing ten opzichte van de totale CO₂-uitstoot ten gevolge van wegverkeer in Nederland van 29.538.000 ton CO₂ in 2019². De optimalisatie naar TopTracFlex vergroot daarmee de reductiepotentie van de totale CO₂-uitstoot in Nederland verder van 0,8 naar 0,12%; een zeer grote CO₂-reductie van meer dan 36,5 kiloton per jaar.

5.1.2 Reduceren in andere ketenstappen

Een zeer grote CO₂-reductie is te realiseren door toepassing van TopTrac en TopTracFlex. Echter, is Vialis in de toepassing van de regelingen afhankelijk van haar klanten. Hierdoor is het mogelijk interessant om naar verdere reductiemaatregelen te zoeken in andere delen van de keten die wel direct beïnvloedbaar zijn door Vialis. De reductiepotentie van deze nadere maatregelen staan daarbij niet in verhouding tot de CO₂-reductie die behaald kan worden in het verbeteren van de doorstroming van het verkeer op jaarbasis. Mogelijke maatregelen zouden kunnen zijn:

- **Winning van grondstoffen en afvalverwerking**
Defecte onderdelen van VRAs ondergaan reeds een revisie en worden op voorraad gelegd, zodat deze weer toegepast kunnen worden bij een volgende onderhoudsbeurt. Dit geldt met name voor de elektronische onderdelen. Bij storingen worden defecte elektronische onderdelen uitgewisseld voor werkende onderdelen,

¹ Bron: [StatLine - Emissies van broeikasgassen berekend volgens IPCC-voorschriften \(cbs.nl\)](https://www.cbs.nl)

² Bron: [StatLine - Emissies van broeikasgassen berekend volgens IPCC-voorschriften \(cbs.nl\)](https://www.cbs.nl)



zijnde nieuw of onderdelen op voorraad. De defecte onderdelen worden bij Vialis weer gerepareerd, zodat deze bij vervanging weer toegepast kunnen worden. Mogelijk kunnen de VRAs en onderdelen bij Einde levensduur volledig gereviseerd worden in plaats van verwerkt te worden als afval. Hierbij liggen interessante reductiekansen bij het bevorderen van circulariteit en demontabiliteit van de elektronica onderdelen. In 1 ton e-waste zit net zoveel goud als in 1 ton gouderts, daarnaast bevat elektronica tevens andere edelmetalen die beperkt in de wereld voorhanden zijn. Deze edelmetalen zijn lastig terug te winnen, waardoor het nog weinig gedaan wordt. Door het initiatief te nemen in het bevorderen van circulariteit en demontabiliteit van elektronica kan Vialis een significante impact maken. Deze impact is beperkt in het kader van CO₂-reductie, maar zou significant kunnen zijn in het kader van circulariteit.

- **Werkzaamheden**
Alle werkzaamheden tijdens de Assemblage en Installatie zouden mogelijk uitgevoerd kunnen worden door middel van energiezuinig materieel.
- **Transport**
Voor het transport zou gebruik kunnen worden gemaakt van elektrische wagens welke bij voorkeur op groene stroom rijden.
- **Gebruiksfase**
Het energiegebruik van VRAs zou mogelijk gereduceerd kunnen worden door middel van energiezuinige installaties, regelingen of instellingen toe te passen, of door gebruik van duurzame energie in de gebruiksfase te stimuleren.

5.1.3 Conclusie

Naar aanleiding van deze analyse van de TopTrac-regeling in relatie met een VA verkeersregeling is de conclusie dat de TopTrac een grote impact kan hebben in het reduceren van CO₂-uitstoot, waarbij TopTracFlex deze impact relatief kan vergroten. Daarnaast treedt ook reductie op in de uitstoot van fijnstof en NO_x, al is daar in deze analyse niet verder op ingegaan. De materiaalkeuzes van de hardware zijn nagenoeg verwaarloosbaar in deze keten, dus wat betreft toekomstige reductiemaatregelen wordt de focus gelegd op het toepassen van TopTrac en TopTracFlex. Door het inzicht dat met deze analyse verkregen is in scope 3 emissies, is het voor Vialis mogelijk om reductiemaatregelen in scope 3 te definiëren. Deze staan beschreven in het Energie Management Programma.

Deze ketenanalyse is voor verbetering vatbaar gezien de genoemde onzekerheden in Hoofdstuk 6. Een verdere toevoeging is om onderzoek te doen naar de maatschappelijke kosten en baten van het gebruik van TopTrac en TopTracFlex. Hierbij kunnen de milieukosten van CO₂-uitstoot uitgedrukt worden door middel van een MilieuKostenIndicator (MKI). Op deze manier kunnen de voordelen van TopTrac en TopTracFlex nog beter gecommuniceerd worden richting opdrachtgevers. Deze verbeteringen kunnen in de komende jaren worden uitgevoerd.

5.2 Reductiedoelstellingen

Vialis bepaalt mede op basis van de hier boven beschreven reductiemogelijkheden concrete reductiedoelstellingen en hieraan gekoppelde maatregelen. Voornoemde zaken zullen worden opgenomen in het Energie Management Programma 2021 – 2025 inclusief de wijze waarop meting en monitoring plaats vindt.



6 Onzekerheden

- Deze ketenanalyse betreft een actualisatie van de verouderde versie van deze ketenanalyse en is daarmee gebaseerd op de beschikbare data afkomstig uit de verouderde versie. Echter zijn de specifieke kentallen en berekeningen van de verouderde ketenanalyse niet bekend. Om deze reden is in de berekening van deze ketenanalyse uit gegaan van de bestaande resultaten. Deze resultaten zijn opnieuw nagerekend en waar nodig verbeterd. Dit geldt voor alle ketenstappen in het vergelijk in verkeerssituatie 1. In verkeerssituatie 2 zijn uitgangspunten bij de verkeersexperts van Vialis opgehaald en is de ketenbeschrijving conform deze experts aangepast. In verkeerssituatie 2 is nieuw verzamelde data verwerkt in de ketenstap 5B. *Weggebruik – voertuigemissies*, waarbij de rest van de ketenstappen gebaseerd zijn op de bestaande data en resultaten van de verouderde ketenanalyse.
- De behaalde CO₂-reductie in verkeerssituatie 1 betreft een ander verkeersnetwerk dan verkeerssituatie 2. In verkeerssituatie 1 is sprake van 4 VRAs in een 1,6 km netwerk, waarbij verkeerssituatie 2 betrekking heeft tot 7 VRAs in een 1,8 km netwerk. Hierdoor zijn de resultaten niet één op één met elkaar te vergelijken; een analyse over verschillende typen verkeerskruispunten zou meer inzicht kunnen verschaffen in (verschillen in) reductiepotentie.
- Hieronder het overzicht van onzekerheden zoals beschreven in de verouderde ketenanalyse:
 - De samenstelling van de VRAs is ingeschat op basis van het gewicht en de individuele materialen;
 - De transportafstand is ingeschat op basis van de locatie Houten;
 - Het energiegebruik van de assemblage-, installatie- en demontageprocessen is ingeschat op basis van vergelijkbare processen;
 - Het energiegebruik van de VRA is ingeschat op basis van vermogens en verbruikstijd.
- In de analyse is gebruikt gemaakt van databronnen voor het kwantificeren van emissies en reductieopties. De belangrijkste bron is het EnViVer-systeem. Dit geeft naar verwachting zeer betrouwbare resultaten, onder andere omdat het veelvuldig gebruikt wordt voor softwareontwikkeling. Omdat de bijbehorende uitstoot extreem dominant is in de keten, is de conclusie van de analyse daarom betrouwbaar te noemen. Een mogelijk punt voor verbetering is dat de precieze verdeling van voertuigen over de verschillende momenten van de dag een gegeven dat nader onderzocht kan worden.
- De emissies van de voertuigen buiten de spits zijn ingeschat als een spitsbelasting minus 15%. Hierbij is de aanname gedaan dat de term ‘spitsbelasting’ het gemiddelde betreft van de ochtendspits en de avondspits.
- In de ketenstap 4A. *Installatie hardware* wordt gesproken over het installeren van hardware zoals drukknoppen en detectielussen. De uitstoot als gevolg van de winning en productie van deze materialen is niet meegenomen, echter is naar schatting deze uitstoot niet materieel en is om deze reden buiten beschouwing gelaten.
- Tegenwoordig bestaat het onderhoud vooral uit software updates. Deze updates worden digitaal vanuit het kantoor verzorgd, waardoor geen monteurs naar de VRA hoeven te reizen. Dit geldt ook voor de TopTracFlex optimalisatie. Ons uitgangspunt is dat het verbruik van servers relatief weinig CO₂ met zich meebrengt. Het is echter de moeite waard om dit nader te onderzoeken in een volgend energieonderzoek.

Vanwege de verhoudingsgewijs geringe bijdragen van deze elementen aan de totale uitstoot en de duidelijke materialiteit van de gebruiksfase hebben deze onzekerheden naar verwachting geen invloed op de uitkomst van de analyse.



7 Bronvermelding

Bron
SKAO, Handboek CO ₂ -Prestatieladder versie 3.1, juli 2022
GHG Protocol, Corporate Accounting & Reporting standard, 2004
GHG Protocol, Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard, 2010
GHG Protocol, Product Accounting & Reporting Standard, 2010
NEN-EN-ISO 14044, Nederlandse norm Environmental management – Life Cycle assessment – Requirements and guidelines
Ecolnvent v3.0 database, conversiefactoren voor afvalverwerkingsmethoden, 2016
CBS, Emissies van broeikasgassen berekend volgens IPCC-voorschriften, wegverkeer 2019, 2022
Simulatieprogramma EnViVer, 2016 en 2022
Verkeersmodelleringsprogramma Vissim, versie 5.3 en 11.00.13, 2016 en 2022



Bijlage 1 Datacollectie en datakwaliteit

De sterke voorkeur bij de datacollectie ligt bij het gebruik van primaire data. Secundaire (proxy) data wordt alleen gebruikt als er geen andere gegevens aanwezig zijn. De volgorde waarin de datacollectie is uitgevoerd staat in de volgende lijst weergegeven:

1. Primaire data op basis van gemeten CO₂-uitstoot gegevens.
2. Primaire data op basis van gebruikte brandstoffen/ energieverbruik. CO₂-uitstoot wordt berekend met een CO₂-conversiefactor.
3. Secundaire data op basis van gemeten CO₂-uitstoot gegevens.
4. Secundaire data op basis van brandstof/ energieverbruik. CO₂-uitstoot wordt berekend met een CO₂-conversiefactor.
5. Secundaire data over CO₂-uitstoot uit algemene (sector)databases.

Een uitgangspunt bij elke ketenanalyse is dat de CO₂-uitstoot, binnen de ketenstappen die uitgevoerd zijn door het bedrijf dat de ketenanalyse maakt, gebaseerd moet zijn op primaire data. Aangezien alle ketenstappen niet uitgevoerd zijn door Vialis zelf was het binnen deze analyse lastig om primaire data te verzamelen. Om deze reden is vaak gebruik gemaakt van secundaire data in de vorm van brandstof/energieverbruik van vergelijkbaar materieel en/ of (sector)databases.

Binnen deze ketenanalyse is gebruik gemaakt van de EcolInvent 3.0 database. Deze database bevat veel CO₂-uitstoot gegevens, voornamelijk over de winning van grondstoffen, productie en transport naar de gebruikslocatie van vele materiaalsoorten. Om een beeld te krijgen van de onzekerheid door het gebruik van deze database is deze getoetst op de criteria zoals genoemd in het GHG-protocol Product Accounting and Reporting Standard:

- I. Technologisch representatief; De EcolInvent database bevat gegevens over veel verschillende productiemethodes, waardoor meestal gegevens te vinden zijn die technologisch representatief zijn.
- II. Temporaal representatief; De EcolInvent database maakt gebruik van gegevens van meestal minder dan 10 jaar oud.
- III. Geografisch representatief; Waar mogelijk is gekozen voor productiemethodes representatief voor West-Europa.
- IV. Compleetheid; De CO₂-uitstoot gegevens in de database zijn zeer compleet in het aantal processen dat is meegenomen.
- V. Precisie; De CO₂-uitstoot gegevens in de database zijn gebaseerd op literatuur met veelal een onzekerheid van <5%.

Daarnaast wordt gebruik gemaakt van de Nationale Milieudatabase. De gegevens worden uit het programma DuboCalc v4.01.1 (Bibliotheek 4.03) gehaald. De Nationale Milieudatabase wordt beheerd door de Stichting Bouwkwiteit.

- I. Technologisch representatief; De Nationale Milieudatabase is opgebouwd uit gegevens die afkomstig zijn uit LCA's. Deze LCA's worden opgesteld in opdracht van de bedrijven en/of brancheverenigingen die de betreffende producten produceren.
- II. Temporaal representatief; De Nationale Milieudatabase is in oktober 2012 getest door de SBK op toepassing voor het bouwbesluit 2012. Tevens wordt in Artikel 5.9 van het Bouwbesluit 2012 de 'Bepalingsmethode Milieu-prestatie Gebouwen en GWW-werken' voorgeschreven, welke de basis vormt voor de Nationale Milieudatabase.
- III. Geografisch representatief; De LCA's die ten grondslag liggen aan de Nationale Milieudatabase zijn uitgevoerd voor de bedrijven en/of branches die in Nederland producten verkopen.
- IV. Compleetheid; Naast de CO₂-uitstoot van de producten worden ook andere milieu-indicatoren beschikbaar gesteld.



- V. Precisie; De LCA's zijn opgesteld door professionele bureaus, wat een zekere precisie garandeert. Een afwijkingspercentage is niet beschikbaar. Geografisch representatief; De LCA's die ten grondslag liggen aan de Nationale Milieudatabase zijn uitgevoerd voor de bedrijven en/of branches die in Nederland producten verkopen.



