

KETENANALYSE CO2 EMISSIEREDUCTIE

ATO-ECO BEDRIJF



| | | | |
|---|--------------------------------------|------------------|---------------|
| Title: KETENANALYSE CO2 EMISSIEREDUCTIE – ATO-ECO BEDRIJF | | | Revision: 2.0 |
| Reference : A-0000144108 | PROJECT NAME / REFERENCE: [57-10027] | DATE: 12-10-2022 | Page: 1/16 |

VERSIEBEHEER

| Author | Version | Date | § | Remarks |
|--------------------------|---------|------------|-----|---------------------------|
| W. Ruck | 1A | 06-02-2019 | All | Eerste concept uitgave |
| W. Ruck | A | 04-03-2019 | | Definitief na reviewronde |
| A. Kok Coningadviesgroep | 2.0 | 20-10-2022 | | Voortgangsrapportage 2021 |
| | | | | |

| | | |
|---|--------------------------------------|---------------|
| Title: KETENANALYSE CO2 EMISSIEREDUCTIE – ATO-ECO BEDRIJF | | Revision: 2.0 |
| Reference : A-0000144108 | PROJECT NAME / REFERENCE: [57-10027] | Page: 2/16 |

TABLE OF CONTENTS

Table of Content

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INLEIDING | 4 |
| 1.1 | DOELSTELLING | 4 |
| 2 | IDENTIFICEREN VAN PARTNERS BINNEN DE WAARDEKETEN | 5 |
| 2.1 | VASTSTELLEN SYSTEEMGRENZEN | 5 |
| 2.2 | KETENPARTNERS | 6 |
| 2.3 | (POTENTIËLE) GEBRUIKERS | 6 |
| 3 | KWANTIFICEREN VAN DE CO₂-EMISSIES | 7 |
| 3.1 | DATAVERZAMELING | 7 |
| 3.2 | KARAKTERISATIEMETHODE | 7 |
| 3.3 | UITGANGSPUNTEN | 7 |
| 3.4 | PRODUCTIEFASE | 7 |
| 3.5 | GEBRUIKERSFASE | 8 |
| 3.6 | RESULTATEN | 8 |
| 3.6.1 | RESULTATEN BINNEN DE BEOOGDE DIENSTREGELING | 8 |
| 3.6.2 | CO ₂ -REDUCTIEMOGELIJKHEDEN MET EEN GERINGE AANPASSING VAN DE DIENSTREGELING: ECO-2 | 11 |
| 3.6.3 | MEETRESULTATEN UIT DE PRAKTIJK: PERFORMANCE METINGEN | 12 |
| 4 | DISCUSSIE | 13 |
| 5 | CONCLUSIE | 14 |
| 6 | VOORTGANG | 15 |
| 7 | BRONVERMELDING | 16 |

| | | |
|---|--------------------------------------|---------------|
| Title: KETENANALYSE CO2 EMISSIEREDUCTIE – ATO-ECO BEDRIJF | | Revision: 2.0 |
| Reference : A-0000144108 | PROJECT NAME / REFERENCE: [57-10027] | Page: 3/16 |

1 INLEIDING

Alstom Transport is als leverancier van duurzame railoplossingen wereldwijd actief. Met rollend materieel producten zoals metro, tram en trein, en met treinbeveiligingssystemen is Alstom Transport een promotor van duurzaam transport en heeft duurzaamheid in haar bedrijfsvoering verankerd. Daarnaast heeft Alstom verschillende mogelijkheden tot energiebesparing en daarmee reductie van de CO2-footprint in de infrastructuur van railtransport. Onze innovatieve, milieuvriendelijke technologieën vormen een benchmark op het gebied van spoortransport. We zetten ons in om de meest energie-efficiënte producten en technologieën met zo laag mogelijk emissie te leveren. Tevens zetten we ons in om onze eigen bedrijfsvoering zo schoon en zuinig mogelijk te maken.

Het CO2-management systeem van Alstom Transport is sinds 2014 gecertificeerd met een CO2-bewust certificaat niveau 5. Onderdeel van deze certificering is het inzicht krijgen in CO2-emissies in de waardeketen van het bedrijf en het realiseren van reducties in deze keten door samenwerking met ketenpartners en/of aanpassingen in de producten van Alstom. Dit zijn de zogenaamde scope 3 emissies.

Alstom Transport heeft hiervoor eerder de volgende onderwerpen gekozen: de hybride rangeer locomotief en HESOP™, Harmonic and Energy Saving OPTimizer, die het terugwinnen van rem energie van railvoertuigen onder alle omstandigheden mogelijk maakt.

Voor deze ketenanalyse is het onderwerp: Energiebesparingspotentieel met het Automatic Train Operation systeem, kortweg ATO genoemd.

In dit document wordt het verschil in equivalente CO2-emissies tussen de situatie van een standaard voertuig en een voor minimaal energieverbruik geoptimaliseerd voertuig gedurende de levensduur getoond.

Het vertrekpunt wordt gevormd door een aantal simulaties. Vervolgens worden die simulaties in de praktijk getoetst door het energieverbruik op betreffende traject onder de gespecificeerde omstandigheden en met de verschillende rijregimes te meten.

1.1 DOELSTELLING

De doelstelling van deze ketenanalyse is het verhogen van het inzicht in de CO2-uitstoot en energiegebruik binnen de waardeketen van Alstom Transport. Met deze kennis kan vervolgens worden gewerkt aan het reduceren van CO2-emissies binnen de keten.

De doelgroep van deze ketenanalyse bestaat uit Alstom Transport alsmede sectorgenoten die vanuit hun vergelijkbare activiteiten ook vergelijkbare CO2-emissies veroorzaken binnen de keten.

| | | |
|---|--------------------------------------|---------------|
| Title: KETENANALYSE CO2 EMISSIEREDUCTIE – ATO-ECO BEDRIJF | | Revision: 2.0 |
| Reference : A-0000144108 | PROJECT NAME / REFERENCE: [57-10027] | Page: 4/16 |

2 IDENTIFICEREN VAN PARTNERS BINNEN DE WAARDEKETEN

Ten eerste worden de systeemgrenzen vastgesteld om duidelijk te maken welke processen wel en niet meegenomen worden binnen de analyse. Hierna worden de activiteiten en de partners geïdentificeerd.

2.1 VASTSTELLEN SYSTEEMGRENZEN

De energieconsumptie wordt in de ketenanalyse vergeleken met een reguliere voertuig. In een vergelijkende Life Cycle Activity (LCA) is het van belang de verschillen tussen de twee producten te identificeren en te wegen. De onderdelen van de twee producten die van gelijke orde van grote zijn kunnen buiten beschouwing worden gelaten, dit heet stroomlijnen (Brask Klapwijk et al, 2009). In dit geval betreft het een software ontwikkeling, zonder het gebruik van aanvullende hardware, zodat alleen de verschillen in energie consumptie en de daaraan gekoppelde CO₂- emissie- equivalenten gewogen worden.

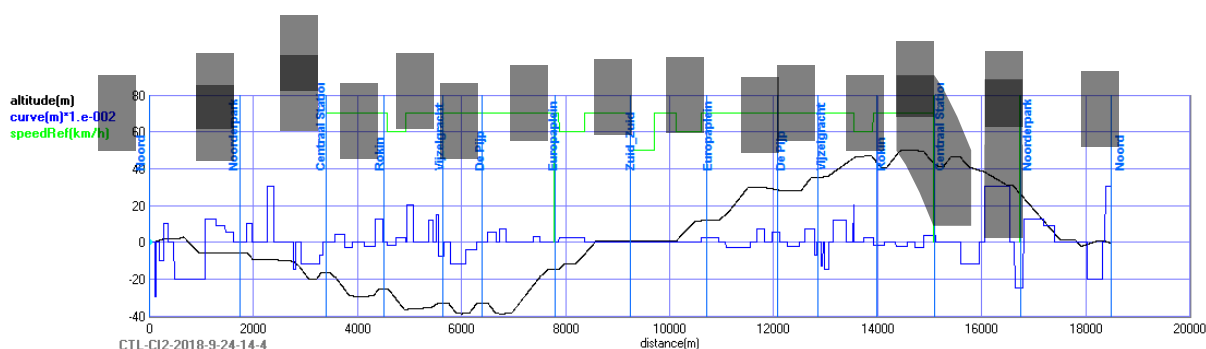
Het individuele railvoertuig vormt het object van deze vergelijking. De infrastructuur qua energie en veiligheid is natuurlijk noodzakelijk om het railvoertuig te laten rijden, maar is dezelfde voor elk rijregime en wordt daarom niet in de vergelijking betrokken. Dit impliceert dat teruggevoerde remenergie en het hergebruik daarvan door andere voertuigen buiten de vergelijking blijft.

Qua rijregime zijn de volgende mogelijkheden onderscheiden:

- Handmatig bedrijf: de bestuurder regelt de snelheid van het voertuig zelf door middel van een bedieningshandel
- Automatisch bedrijf ATO: De bestuurder geeft het voertuig vrij voor vertrek, waarna de opbouw van de snelheid met een relatief hoge versnelling, uitrollen/coasting en het afremmen automatisch plaatsvindt. Deze methode bespaart ca. 25 % energie ten opzichte van de handmatige regeling. (zie in ref. 5 de resultaten van een vergelijking door RATP)
- Eco-bedrijf: De bestuurder geeft het voertuig vrij voor vertrek, waarna de opbouw van de snelheid en het afremmen automatisch plaatsvindt en het energieverbruik dynamisch wordt geoptimaliseerd via anticipatie op de komende rit; dus route profiel en tijd. Het laatste regime is de kern van dit document.

Voor de verschillende rijregimes is het energieverbruik berekend en wordt gemeten voor twee (2) beladingstoestanden van het voertuig: AW0 = leeg/zonder passagiers en AW3, met het maximale aantal passagiers dat mogelijk is. De in Figuur 1 gegeven routeprofiel zal worden gebruikt voor de calculaties voor de energieconsumptie bij de verschillende regimes. Het betreft een retourrit op een voorbeeldroute.

| | | |
|---|--------------------------------------|---------------|
| Title: KETENANALYSE CO2 EMISSIEREDUCTIE – ATO-ECO BEDRIJF | | Revision: 2.0 |
| Reference : A-0000144108 | PROJECT NAME / REFERENCE: [57-10027] | Page: 5/16 |



Figuur 1: Routeprofiel voorbeeldroute heen en terug ; Afstand, bochten, hoogteverschil

Rijden volgens de dienstregeling vormt de basis voor de vergelijking, waarbij een overzicht van de besparingsmogelijkheden wordt gepresenteerd.

De tweede stap is een voorstel, dat verruiming van de dienstregeling ten gunste van de mogelijkheid meer energie te besparen inhoudt. Hierbij geldt het voorbehoud dat een dergelijk regime, buiten de spits, door Alstom voorgesteld kan worden, maar dat de implementatie daarvan de keuze is van het vervoersbedrijf.

Na de gebruikersfase worden de producten verwerkt tot afval, waarbij er in dit geval geen verschil is tussen de geoptimaliseerde- en standaard voertuigen omdat er alleen sprake is van softwareverschillen, los van de lange levensduur van de producten, waardoor hiervoor nog geen data voorhanden. Deze fase valt dan ook buiten de systeemgrenzen.

Het doel van deze ketenanalyse is nu als volgt te omschrijven:

‘Het verschil in CO₂-uitstoot vaststellen die het gevolg is van de opgenomen elektrische energie om het railvoertuig te laten rijden in een geoptimaliseerd regime ten opzicht van een standaard rij-regime over hetzelfde traject bij verschillende beladingen binnen de bestaande dienstregeling’. Daarna wordt onderzocht via calculatie tot welke energiebesparing/reductie in CO₂ emissie equivalent een verruimde dienstregeling leidt.

2.2 KETENPARTNERS

De ketenpartners van Alstom Transport bestaan uit leveranciers van componenten, gebruikers en tot slot de afvalverwerkers. Een gedeelte van de leveranciers zijn vestigingen van Alstom Transport. De hardware van de fysieke voertuigen zijn voor alle regimes dezelfde en worden daarom niet in de analyse betrokken.

2.3 (Potentiële) gebruikers

De potentiële gebruikers bestaan uit openbaar vervoer bedrijven die lijnen exploiteren.

| | | |
|---|--------------------------------------|---------------|
| Title: KETENANALYSE CO2 EMISSIEREDUCTIE – ATO-ECO BEDRIJF | | Revision: 2.0 |
| Reference : A-0000144108 | PROJECT NAME / REFERENCE: [57-10027] | Page: 6/16 |

3 KWANTIFICEREN VAN DE CO₂-EMISSIES

Nadat de bronnen, karakteristieke methode, afbakening en uitgangspunten zijn beschreven wordt er een kwantitatief overzicht gegeven van de scope 3 emissies in de verschillende ketenprocessen.

3.1 DATAVERZAMELING

De data die is gebruikt is afkomstig van de volgende bronnen:

- Resultaten van het Alstom simulatie programma Cithel, waarmee de prestaties van voertuigen in de beoogde infrastructuur en dienstregeling gegenereerd worden.
- Meetresultaten van testritten: Performance Metingen (PM)
- Alstom Transport: Presentatie: General_Presentation_Moving_forward_on_Sustainability AVM HB MDV FR
- Voertuiggegevens: zie 3.5

3.2 KARAKTERISATIEMETHODE

Waar conversie naar CO₂emissie nodig is, bijvoorbeeld vanuit het aantal kiloWattuur verbruikte energie, is de conversiefactoren zoals genoemd op de website <https://co2emissiefactoren.nl/> [CO₂Emissie] (ref. 4).

3.3 UITGANGSPUNTEN

De resultaten worden gegenereerd vanuit een vergelijking tussen een geoptimaliseerd voertuig en een niet geoptimaliseerd voertuig. De basis van deze getallen is een berekening van de hoeveelheid gebruikte energie voor beide type voertuigen.

Het gebruik van eventuele groene energie door de gebruiker zou betekenen dat het energiegebruik van de voertuig energie neutraal is. Echter, de vraag naar groene energie overtreft de beschikbare hoeveelheid energie in hoge mate, zodat energiebesparing ruimte biedt aan andere energieafnemers om toch gebruik te maken van groene energie, bij een beperkte beschikbaarheid.

3.4 PRODUCTIEFASE

De verschillen tussen een geoptimaliseerd voertuig met een niet geoptimaliseerd voertuig zijn puur softwarematig, omdat er geen sprake is van de toepassing van andere hardware, zowel in soort en hoeveelheid.

| | | |
|---|--------------------------------------|---------------|
| Title: KETENANALYSE CO2 EMISSIEREDUCTIE – ATO-ECO BEDRIJF | | Revision: 2.0 |
| Reference : A-0000144108 | PROJECT NAME / REFERENCE: [57-10027] | Page: 7/16 |

3.5 GEBRUIKERSFASE

Voertuiggegevens die worden meegenomen in de ketenanalyse:

- Trein lengte
- Massa AW0 (leeg)
AW3 (vol)
- Maximum snelheid
Maximum dienstsnelheid
- Maximale versnelling
- Energievoorziening
- Vermogen

De toepassing van ATO- en geoptimaliseerd rijden (Eco) leiden op basis van de simulatieresultaten tot verschillen in energieconsumptie, die in 3.6 gekwantificeerd zijn.

Dit document beperkt zich tot de mogelijkheden van reductie van het energiegebruik en de reductie in CO2-emissie, die daarmee samenhangt.

3.6 RESULTATEN

De resultaten zijn weergegeven in 2 delen: bij het eerste deel wordt de beoogde voorbeelddienstregeling volledig gerespecteerd en bij deel 2 vindt beperkte verlenging van de rijtijd plaats, waarmee een orde van grootte van die potentieel aanvullende energiebesparing blijkt.

3.6.1 Resultaten binnen de beoogde dienstregeling

De voorbeeld simulatieresultaten van het energieverbruik bij de onderscheiden rijregimes en beladingsgraad is weergegeven in tabel 1.

| Belading en rijregimes | LEEG | ATO | ECO | VOL | ATO | ECO |
|-----------------------------|------------|------------------|---------|------------|------------------|---------|
| | AW0 Allout | AW0 31% coasting | AW0 ECO | AW3 Allout | AW3 20% coasting | AW3 ECO |
| Tijd (sec) | 1618,6 | 1988,6 | 1999,8 | 1713,8 | 1974,4 | 1976,6 |
| Energie (kWh) | 333,5 | 213,4 | 180,1 | 467,3 | 322,1 | 246,3 |
| Energie reductie t.o.v. ATO | | | | | | |
| Reductie (kWh) | 120,1 | 0,0 | -33,3 | 145,2 | 0,0 | -75,8 |
| Reductie (%) | 56% | 0% | -16% | 45% | 0% | -24% |

Tabel 1 : Voorbeeld energieverbruik van een voertuig bij verschillende rijregimes en beladingen.

| | | |
|---|--------------------------------------|---------------|
| Title: KETENANALYSE CO2 EMISSIEREDUCTIE – ATO-ECO BEDRIJF | | Revision: 2.0 |
| Reference : A-0000144108 | PROJECT NAME / REFERENCE: [57-10027] | Page: 8/16 |

Het ATO-regime is als nul-referentie gebruikt, omdat dat regime ingezet gaat worden bij het opstarten van de dienstregeling.

Uit tabel 1 blijkt dat bijvoorbeeld de reductie in energie consumptie voor Eco bedrijf 33,3 kWh bedraagt per retourrit bij een belading AW0 en 75,8 kWh bij AW3. Daarnaast is het duidelijk dat de overgang van handmatig- naar ATO-bedrijf al een grote stap, meer dan 30 %, in energiebesparing is.

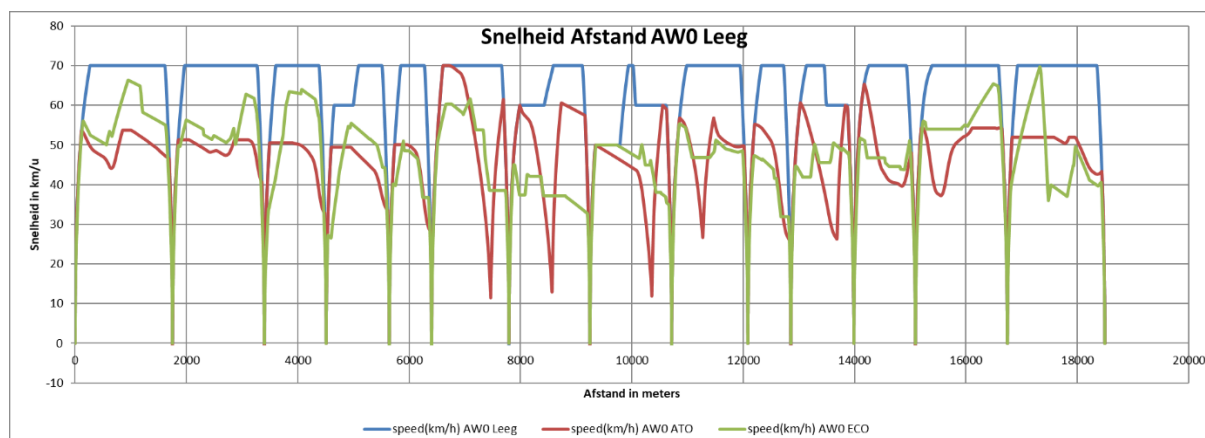
In de lijst van CO2-emissiefactoren, zie <https://co2emissiefactoren.nl/>, is voor grijze stroom 0,523 kg CO2/kWh aangegeven, inclusief emissies in de voorketen.

De reductie van CO2-equivalente emissies bedraagt daarmee voor Eco bedrijf 21,6kg per retourrit een belading AW0 (leeg) en 49,2 kg bij AW3 (vol).

Uitgaande van een voorbeeld bedrijfstijd van 18 uur per dag binnen de voorgenoemde dienstregeling, samengesteld uit 5 uur per dag AW3 en 13 uur AW0 en 6 retourritten per uur is de orde van grootte van de reductie in CO2 te berekenen als:

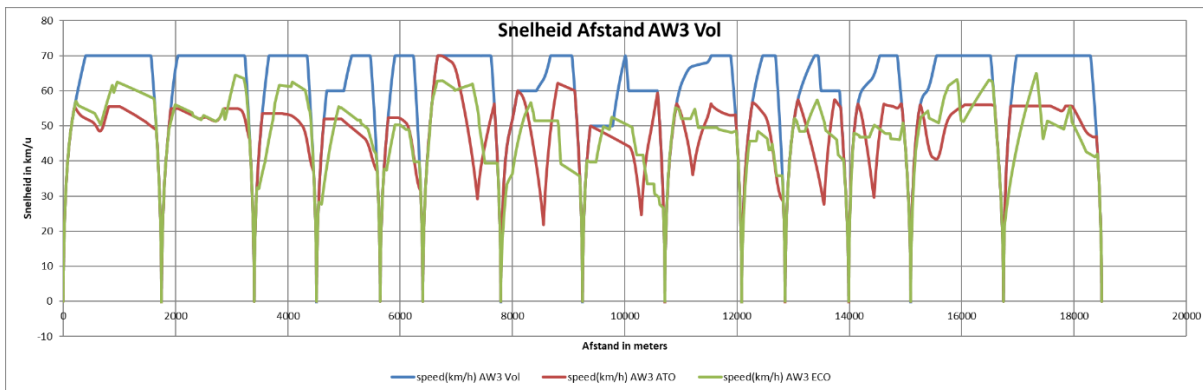
$(5 \times 6 \times 49,2 + 13 \times 6 \times 21,6) \times 365 \times 20j = \mathbf{23079 \text{ ton CO2}}$ emissie reductie voor de voertuigen tijdens de 20 jarige levensduur.

De hierna volgende grafieken zijn een voorbeeld grafische weergave van de snelheid en het cumulatieve energieverbruik onder de verschillende beladingsgraden en rijregimes. De beoogde dienstregeling is daarbij volledig gerespecteerd.

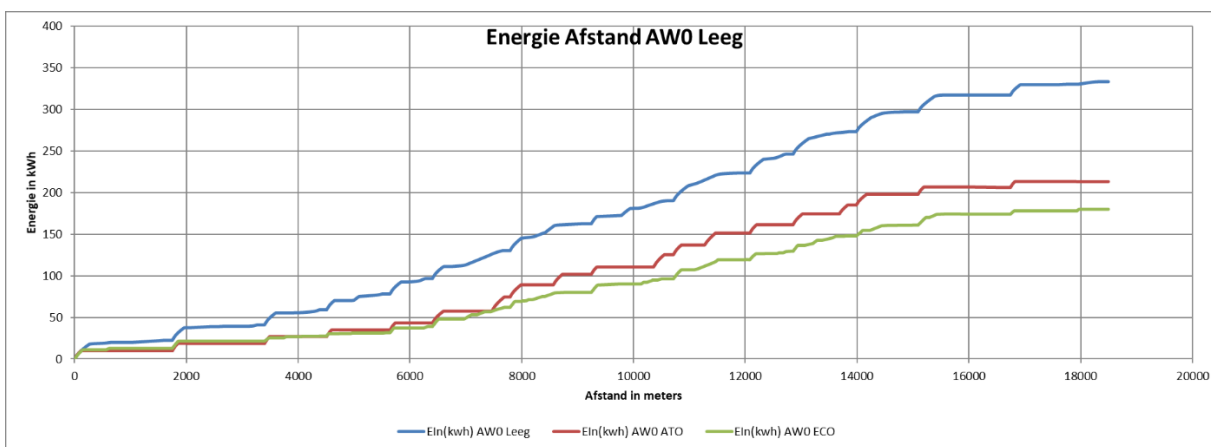


Figuur 2. Snelheid Afstand grafiek voor 3 rijregimes, onbeladen.

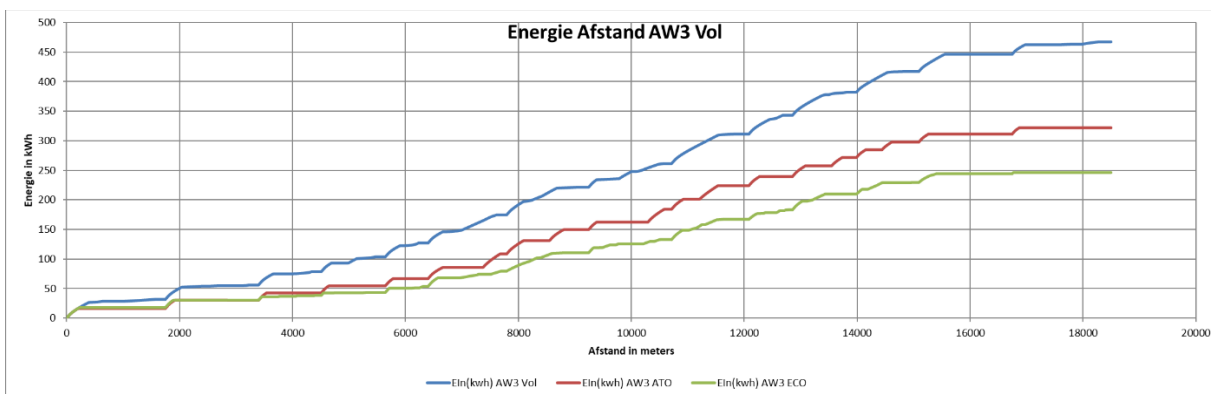
| | | |
|---|--------------------------------------|---------------|
| Title: KETENANALYSE CO2 EMISSIEREDUCTIE – ATO-ECO BEDRIJF | | Revision: 2.0 |
| Reference : A-0000144108 | PROJECT NAME / REFERENCE: [57-10027] | Page: 9/16 |



Figuur 3. Snelheid Afstand grafiek voor 3 rijregimes, volbeladen.



Figuur 4. Energie- afstand grafiek voor 3 rijregimes, onbeladen.



Figuur 5. Energie afstand grafiek voor 3 rijregimes, volbeladen.

| | | |
|---|--------------------------------------|---------------|
| Title: KETENANALYSE CO2 EMISSIEREDUCTIE – ATO-ECO BEDRIJF | | Revision: 2.0 |
| Reference : A-0000144108 | PROJECT NAME / REFERENCE: [57-10027] | Page: 10/16 |

3.6.2 CO2-reductiemogelijkheden met een geringe aanpassing van de dienstregeling: Eco-2

Bij een meer flexibele dienstregeling, die uitgaat van een verlenging van de rijtijd met 20 % buiten de spits worden aanvullende reducties bereikt, zoals weergegeven in tabel 2. In deze beschouwing is de belading buiten de spits per definitie opgevat als leeg en zijn de ritten met volbeladen voertuigen niet aangepast, omdat die per definitie in de spits plaatsvinden.

| Rijregimes | LEEG | ATO | ECO | ECO 20% |
|-----------------------------|------------|------------------|---------|--------------|
| | AW0 Allout | AW0 31% coasting | AW0 ECO | AW0 ECO 20 % |
| Tijd (sec) | 1618,6 | 1988,6 | 1999,8 | 2306,6 |
| Energie (kWh) | 333,5 | 213,4 | 180,1 | 135,1 |
| Energie reductie t.o.v. ATO | | | | |
| Reductie (kWh) | 120,1 | 0,0 | -33,3 | -78,3 |
| Reductie (%) | 56% | 0% | -16% | -37% |

Tabel 2: Voorbeeld energieverbruik bij verschillende rijregimes, onbeladen

Uit figuur 6 blijkt in dit voorbeeld dat bij een verlenging van de rijtijd de totale ritduur met ca. 300 sec verlengd wordt, maar het aantal ritten per dag $6 \times 18 = 108$ mogelijk blijft.

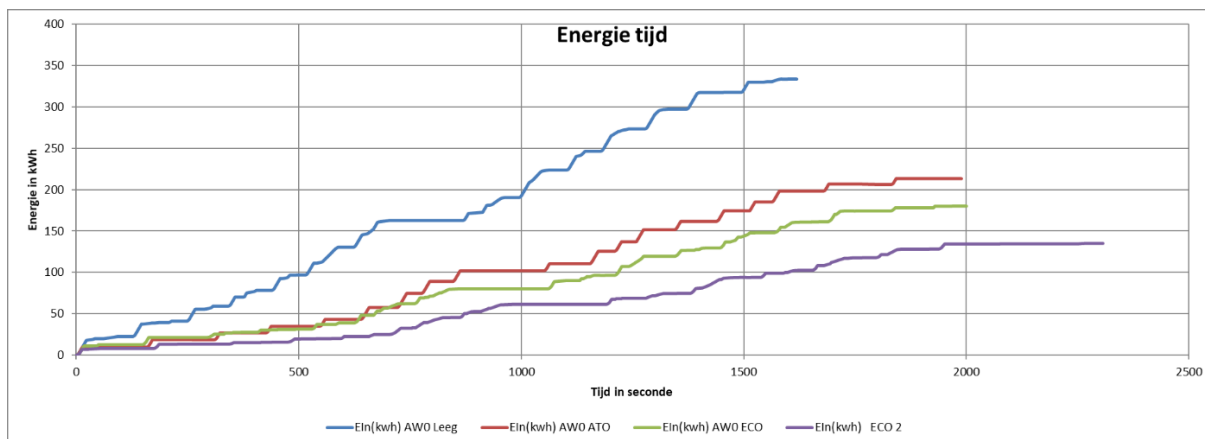
De besparing ten opzichte van ATO-bedrijf is nu 78,3 kWh per rit, tegen 33,3 kWh per rit zonder rijtijdverlenging. Deze 78,3 kWh bespaart een emissie van $78,3 \times 0,649 \text{ kg} = 50,8 \text{ kg CO}_2$.

De orde van grootte van de reductie in CO2 voor dit rijregime volgt nu uit:

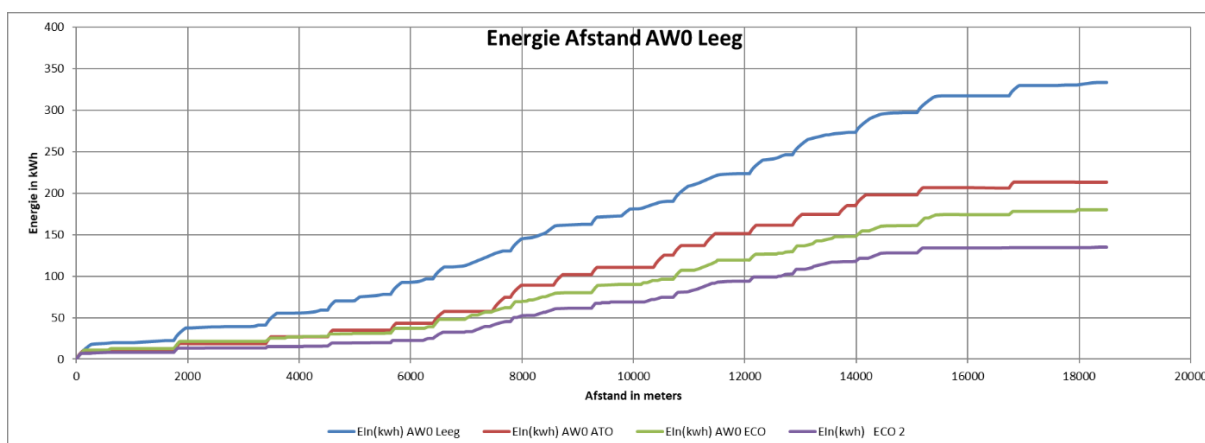
$(5 \times 6 \times 49,2 + 13 \times 6 \times 50,8) \times 365 \times 20 = \mathbf{39709 \text{ ton CO}_2}$ emissie reductie voor de voertuigen tijdens de 20 jarige levensduur.

De hierna volgende grafieken in figuur 6 en 7 zijn een grafische weergave van de snelheid en het cumulatieve energieverbruik in onbeladen toestand en bij de verschillende rijregimes, inclusief Eco-2. De beoogde dienstregeling is daarbij vrijwel gerespecteerd

| | | |
|---|--------------------------------------|---------------|
| Title: KETENANALYSE CO2 EMISSIEREDUCTIE – ATO-ECO BEDRIJF | | Revision: 2.0 |
| Reference : A-0000144108 | PROJECT NAME / REFERENCE: [57-10027] | Page: 11/16 |



Figuur 6. Energie- tijd grafiek voor 3 rijregimes, onbeladen.



Figuur 7. Energie- afstand grafiek voor 3 rijregimes, onbeladen.

3.6.3 Meetresultaten uit de praktijk: Performance Metingen

Tijdens de oplevering van de voertuigen zijn de gebruikelijke performance metingen (PM) verricht, waaronder het vaststellen van de hoeveelheid energie die onder de verschillende omstandigheden bij testritten verbruikt is. Bij nadere bestudering van de resultaten blijkt dat die manier waarop destijds gemeten en geprotocolleerd is geen werkbare vergelijking met de in dit document aangegeven resultaten mogelijk is. Deze verificatie in de praktijk zal echter voor de indienstelling uitgevoerd zijn.

| | | |
|---|--------------------------------------|---------------|
| Title: KETENANALYSE CO2 EMISSIEREDUCTIE – ATO-ECO BEDRIJF | | Revision: 2.0 |
| Reference : A-0000144108 | PROJECT NAME / REFERENCE: [57-10027] | Page: 12/16 |

4 DISCUSSIE

Er zijn in deze versie van de ketenanalyse nog onzekerheden in de gebruikte data, niet in de laatste plaats omdat een versimpeling van de dienstregeling naar 2 beladingsgraden is gehanteerd.

Bovenvermelde gegevens hebben betrekking op de huidige situatie en de voorgenomen dienstregeling.

Aangezien de belangrijkste conclusies gebaseerd zijn op de 'orde van grootte' van de resultaten en niet op zeer specifieke CO₂-uitstoot gegevens, hebben de onzekerheden naar verwachting geen invloed op de conclusies van deze analyse.

| | | |
|---|--------------------------------------|---------------|
| Title: KETENANALYSE CO2 EMISSIEREDUCTIE – ATO-ECO BEDRIJF | | Revision: 2.0 |
| Reference : A-0000144108 | PROJECT NAME / REFERENCE: [57-10027] | Page: 13/16 |

5 CONCLUSIE

Het doel van dit onderzoek is om meer inzicht te krijgen in de CO2-uitstoot die in scope 3 valt. Dit is gedaan door een vergelijking te maken tussen de klassieke (handmatige) besturing van voertuigen via het voorgenomen automatisch bedrijf naar 2 varianten van Eco-bedrijf, in een volgorden waarbij telkens de benodigde hoeveelheid energie en daarmee de equivalente CO2-emissies afnemen.

Samengevat: handmatige regeling van de snelheid van de voertuigen verhoogt de CO2 equivalente uitstoot van de voertuigen met meer dan 50 % ten opzichte van automatisch rijden ATO. Wanneer ATO als nul-referentie wordt gekozen vermindert daarbovenop Eco-bedrijf de CO2 uitstoot met 23079 tot 39709 ton per 20 jaar levensduur van de voertuigen, afhankelijk van de mogelijkheid de dienstregeling in het laatste geval iets te verruimen.

| | | |
|---|--------------------------------------|---------------|
| Title: KETENANALYSE CO2 EMISSIEREDUCTIE – ATO-ECO BEDRIJF | | Revision: 2.0 |
| Reference : A-0000144108 | PROJECT NAME / REFERENCE: [57-10027] | Page: 14/16 |

6 VOORTGANG

De reductie van de scope 3 uitstoot in 2020 was geprognostiseerd op 13612 ton CO₂, gebaseerd op het halen van de doelstelling van 20% van 68016 ton CO₂ in 2020 ten opzichte van 2014.

Echter door vertraging van het ATO project is deze doelstelling niet gerealiseerd.

| Amsterdam Project - Doelstelling 2020 t.o.v. 2014 | | | | | | |
|---|------------------------|------|------|-------|------|--------|
| | Tonnen CO ₂ | | | | | |
| Ketenanalyse versie | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 2.0 | | |
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | Totaal |
| CO ₂ -emissie | 68061 | 8647 | 8647 | 8647 | | 94002 |
| CO ₂ Reductie NZL ATO | 833 | 1666 | 1250 | 11664 | | 15413 |
| CO ₂ Reductie Roll-out ATO | | | | | | |
| CO ₂ Reductie in % | 1% | 19% | 14% | 135% | | 170% |

Doordat de scope 3 CO₂ uitstoot is herberekend (cijfers 2019) bedraagt deze nu 8647 ton CO₂. De reden hiervan ligt in het steeds meer overgaan op groene stroom.

De nieuwe doelstelling is nu een reductie met 20% van 8647 ton CO₂ (is 1730 ton CO₂) in 2024 ten opzichte van 2019.

| Amsterdam Project - Doelstelling 2024 t.o.v. 2019 | | | | | | | |
|---|------------------------|------|-------|------|------|------|--------|
| | Tonnen CO ₂ | | | | | | |
| Ketenanalyse versie | 1,3 | 1,3 | 2.0 | 2.0 | | | |
| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | Totaal |
| CO ₂ -emissie | 8647 | 8647 | 8647 | 8647 | | | 34588 |
| CO ₂ Reductie NZL ATO | 1666 | 1250 | 11664 | | | | 14580 |
| CO ₂ Reductie Roll-out ATO | | | | | | | |
| CO ₂ Reductie in % | 19% | 14% | 135% | | | | |

Door de roll-out van ATO in 2021 zal het gestelde doel in 2022 ruimschoots gehaald worden. Met name de overgang van grijze naar groen stroom door de ketenpartners heeft bijgedragen aan het behalen van de doelstelling.

| | | |
|---|--------------------------------------|---------------|
| Title: KETENANALYSE CO2 EMISSIEREDUCTIE – ATO-ECO BEDRIJF | | Revision: 2.0 |
| Reference : A-0000144108 | PROJECT NAME / REFERENCE: [57-10027] | Page: 15/16 |

7 BRONVERMELDING

1. [GHG, 2004] The Greenhouse Gas Protocol, A corporate Accounting and Reporting Standard, revised edition.
2. [SKAO, 2015] Handboek CO2-prestatieladder, versie 3.0, SKAO, 10 juni 2015,
3. [Simapro, 2008] M. Goedkoop, A. de Schrijver, M. Oele 'Introduction to LCA with SimaPro 7', Pré Consultants, februari 2008 [Brask-Klapwijk et al] <http://www.vssd.nl/hlf/b002.htm> / druk Heruitgave (digitaal boek) R.M. Bras-Klapwijk, R. Heijungs & P. van Mourik Nederlands - Levenscyclusanalyse voor onderzoekers, ontwerpers en beleidsmakers, 2009
4. Lijst van CO2-emissiefactoren, zie <https://co2emissiefactoren.nl/lijt-emissiefactoren/>
5. Alstom Transport 2015: General_Presentation_Moving_forward_on_Sustainability AVM HB MDV FR
6. Energy efficiency on train control: design of metro ATO driving and impact of energy accumulation devices M. Domínguez , A.P. Cucala, A.Fernández, R.R. Pecharromán, J. Blanquer Institute for Research in Technology (IIT). ICAI School of Engineering. Comillas Pontifical University Madrid. Spain.Metro de Madrid.
7. Sustainable Rail Transport 2016: Chapter 2 Rail Operations and Energy Management 2.3 Energy-Saving Methods by Stefano Ricci.

| | | |
|---|--------------------------------------|---------------|
| Title: KETENANALYSE CO2 EMISSIEREDUCTIE – ATO-ECO BEDRIJF | | Revision: 2.0 |
| Reference : A-0000144108 | PROJECT NAME / REFERENCE: [57-10027] | Page: 16/16 |