SIEMENS

Ketenanalyse rolling stock Siemens Mobility B.V.

Eigenaar M. van Dorsten
Auteur: M.W.F. Kemper
Versienummer 4.0
Uitgiftedatum 25-03-2026

SIEMENS

Inhoud

Samenvatting ketenanalyse **3**

1 Bedrijfsprofiel **5**

1.1 Introductie *5*

1.2 Motivatie en doelstelling *5*

1.3 CO_2 emissies en scopes *6*

1.4 Rapportages *7*

2 Introductie Rolling Stock **8**

2.1 Keten van Openbaar Vervoer Mobiliteit *9*

2.2 Digitale treinoplossingen *10*

2.3 Case studie HTM Avenio trams in Den Haag *11*

3 Stakeholders Rolling Stock **15**

3.1 Eigenaar van het Rolling Stock *15*

3.2 Beheerder Rail infrastructuur *15*

3.3 Opdrachtgever digitale diensten *15*

3.4 Leveranciers *15*

3.5 Medewerkers *15*

3.6 Siemens organisatie *15*

4 Reductie mogelijkheden **16**

4.1 Railigent X *16*

4.2 Vervolg project Koninklijk rijden *18*

4.3 Monitoring reductie voor onderbouwing reductiedoelstelling *19*

Samenvatting ketenanalyse

In verband met de inventarisatie van haar scope 3 emissies heeft Siemens Mobility B.V. (hierna Siemens Mobility) een ketenanalyse uitgevoerd voor de categorie use of sold products van rollend materieel / rolling stock. Deze rapportage is de 2e update van het onderzoek voor rolling stock. Naar aanleiding van het initiële onderzoek is in 2023 aanvullend technisch onderzoek uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in het recupereren van remenergie. Met de uitkomsten van de onderzoeken is eind augustus 2024 het 1e vervolgproject gestart om invulling te geven aan de mogelijkheden tot energiebesparing in deze keten. In deze update zijn de resultaten van deze 1e pilot verwerkt.

Deze rapportage wordt jaarlijks geactualiseerd in verband wijzigingen van emissiefactoren, de CO_2 prestatieladder handboek, voortschrijdende techniek en updates van geplande en uitgevoerde onderzoeken en projecten - dienstverlening. De jaarlijkse voortgangsrapportage van de ketenanalyses wordt gepubliceerd op de website van Siemens Mobility en de SKAO website. Het onderzoek is extern begeleid door M. Kemper, StenVi Advies B.V..

Deze rapportage beschrijft de volgende resultaten:

1. De scope 3 emissies als gevolg van de door Siemens Mobility geleverde 70 Avenio trams bij HTM per einde FY 2021 wordt ingeschat op 0 ton CO_2 als gevolg van de inzet van groene stroom door HTM. Het elektraverbruik in 2021 voor de HTM trams is vastgesteld op basis van kWh per reizigerskilometer. Het geïndexeerd verbruik in 2021 geldt als basisjaar voor bepaling besparing in de komende jaren.
2. Het jaarlijks elektriciteitsverbruik in de spoor- en tramspoorsector wordt geschat op 209.292 MWh op basis van CBS bronnen.
3. De resultaten uit de ketenanalyse voor rolling stock tonen een potentiële reductie aan van 5 - 10% op de korte termijn en op de lange termijn tussen de 15-20% per jaar. De potentiële kostenreductie in de sector wordt daarmee ingeschat op ca. 3,2 miljoen euro per jaar. De samenwerking in de keten is hierbij noodzakelijk.

In de ketenanalyse zijn de volgende reductie strategieën uitgebreid behandeld:
Voor het verlagen van de totale energieverbruik van het Rolling Stock en de infrastructuur wordt samenwerking met de keten geadviseerd waarbij de volgende reductie strategieën dus mogelijk zijn:

A. Energiebesparing door Regeneratief remmen
B. Energiezuinig rijden
C. Verbeteren tractie-efficiëntie
D. Energiebesparing Comfortfuncties
E. Meten & beheren (energiebeheer en duurzame energie toepassing)

Deze reductie strategieën zijn beschreven in hoofdstuk 2. Uit het veldonderzoek blijkt dat de reductiestrategie Regeneratief remmen het meest effectief is om het energieverbruik voor de Avenio trams van HTM te verlagen. Concreet wordt daarom geadviseerd om:

- De dienstregeling van HTM te optimaliseren voor het energieverbruik middels data analyse
- Het toepassen van één of meerdere Wegkant ESS (Wegkant Energie Opslag Systeem) in de infrastructuur van HTM op die plekken waar het overschot aan teruglevering ontstaat. Deze energie opslag kan zowel de voeding zijn voor andere trams, maar zou ook in een alternatieve functionaliteit zoals extern laden voor andere vervoersmodaliteiten kunnen worden ingezet.
- Door aanpassing van de infrastructuur op 2 locaties in het Avenio tram netwerk wordt verbranding van veel energie voorkomen met oplossingen zoals energie opslag, omkeerbare onderstations en verlenging van secties. In combinatie met de andere maatregelen kan bijna 20% van de totale verbrande energie worden bespaard.

SIEMENS

Samenvatting

Ook de reductie strategieën Energiezuinig rijden in combinatie met Meten & beheren zijn toepasbaar voor HTM en voor de railsector in het algemeen. Voor versterking van de energie-efficiency blijkt dat de volgende technische en organisatorische maatregelen effectief zijn:

- Het toepassen van ecologische rijtechnieken & DAS (Driving Advice System)
- Het optimaliseren van het verkeersmanagement rond de tram
- Het uitschakelen van comfortinstallaties zoals verlichting & klimaatinstallaties wanneer de tram buiten dienstregeling rijdt.

Het 1e vervolgproject is gericht op het energiezuinig rijden in combinatie met Meten & beheren. In deze rapportage wordt aanvullend op het hoofdonderzoek een samenvatting gegeven van het 1e vervolgproject genaamd Koninklijk Rijden. Idee achter dit vervolgproject was door rustiger te rijden het energieverbruik te verlagen, maximale piekbelastingen te verlagen, verlagen van slijtage aan infra en de onderhoudskosten van voertuigen en het belangrijkste doel reizigers beoordelen een rustige rit als meer comfortabel.

Het vervolgproject is als pilot in uitvoering, waarbij de pilot een positief, stimulerend karakter moet hebben. Het is niet de bedoeling om de hardrijders te straffen maar om de bestuurders die ‘comfortabeler’ rijden te belonen. Deze 1e pilot is afgerond en wordt de komende periode opgeschaald naar alle trambestuurders. De resultaten uit de 1e pilot zijn verwerkt in deze rapportage.

1 Bedrijfsprofiel

1.1 Introductie

In Nederland zijn de Siemens bedrijven actief sinds 1879, een periode van 146 jaar, waarmee de onderneming haar klanten een grote mate van continuïteit biedt. De Siemens Groep behoort tot de grootste (elektro)technische ondernemingen van ons land.

Wereldwijd werken er bij de Siemens bedrijven ongeveer 311.000 medewerkers, verspreid over meer dan 190 landen. Om het innovatietempo hoog te houden, wordt er wereldwijd per jaar ongeveer € 5,6 miljard besteed aan research & development.

Met haar visie 2030 + bedrijfsstrategie kiest Siemens de koers voor een toekomst waarin de organisatie een grote waarde kan creëren op basis van een Lean corporate structuur. Onder de vlag van het sterke Siemens merk hebben de verschillende bedrijfsactiviteiten meer ondernemersvrijheid verworven om zich op hun respectieve markten te concentreren. In deze context heeft Siemens AG de activiteiten van haar vroegere mobiliteitsdivisie overgedragen aan haar volledige dochteronderneming Siemens Mobility GmbH met ingang van 1 juni 2018. Siemens Mobility B.V. in Nederland is een 100% dochter-onderneming van Siemens Mobility GmbH.

Siemens Mobility B.V. biedt mobiliteitsoplossingen die het efficiënte, veilige en milieuvriendelijke transport van mensen en goederen mogelijk maken en de kwaliteit van het dagelijks leven voor miljoenen mensen over de hele wereld helpen verbeteren. Onze datagestuurde diensten bieden klanten ongeëvenaarde toegevoegde waarde in de spoorwegsector. Onze intelligente mobiliteitsoplossingen verhogen de beschikbaarheid van infrastructuur, optimaliseren de doorvoer en creëren een nieuwe kwaliteit van de passagiers beleving. We noemen deze inventiviteit ‘Ingenuity for Life’.

Onze diensten omvatten het leveren van rollend materieel (trams en treinen), turnkey-oplossingen en intelligente transportsystemen met bijbehorende diensten. We helpen transportbedrijven om hun infrastructuur intelligent te maken, om de beschikbaarheid en duurzaamheid gedurende de hele levenscyclus te vergroten en de passagierservaring te verbeteren.

1.2 Motivatie en doelstelling

Siemens Mobility wenst in Nederland als marktleider op het gebied van duurzaamheid en maatschappelijk verantwoord ondernemen een leidende propositie in Nederland te bereiken c.q. te behouden en wenst daarnaast haar bijdrage te realiseren in de wereldwijde sustainability doelstellingen van Siemens AG binnen het DEGREE programma van Siemens AG.

Siemens Mobility heeft daartoe haar CO_2 emissies van de eigen organisatie in kaart gebracht en werkt aan het reduceren van de uitstoot in de keten die aan de Siemens organisatie toe te rekenen is en relevante overig beïnvloedbare emissies (OBE emissies) die te realiseren zijn met de dienstverlening van Siemens Mobility. In dit kader is deze analyse en rapportage uitgevoerd.

Doelstelling van deze ketenanalyse is door middel van het in kaart brengen van de waardeketen inzicht te krijgen in de mogelijkheden tot verbetering van het engineering-, inkoop- en het gebruikersproces van rolling stock om daarmee besparingen op energie, CO_2 emissie en bedrijfskosten te realiseren in nauw overleg met ketenpartners in vervolgprojecten. Uit de grove inventarisatie van scope 3 emissies is gebleken dat de categorie ‘use of sold products’ of wel het energieverbruik van rolling stock een zeer belangrijke scope 3 categorie is voor Siemens Mobility, omdat onafhankelijk van CO_2 emissie – die bepaald wordt door de ingekochte elektra door de stadstrambedrijven - het energieverbruik in de keten significant onderdeel is in relatie tot de totale footprint van de tram. Tegelijkertijd beschikt Siemens Mobility over een digitaal dienstenportfolio om haar klanten en eindgebruikers van rolling stock (zowel Siemens rolling stock als van concurrenten) te ondersteunen bij het verlagen van de total costs of ownership en het verlagen van het energieverbruik. Om kwantitatief inzicht te krijgen in de mogelijkheden voor Siemens Mobility en potentiële reductiedoelstellingen is deze ketenanalyse uitgevoerd.

1.3 CO_2 emissies en scopes

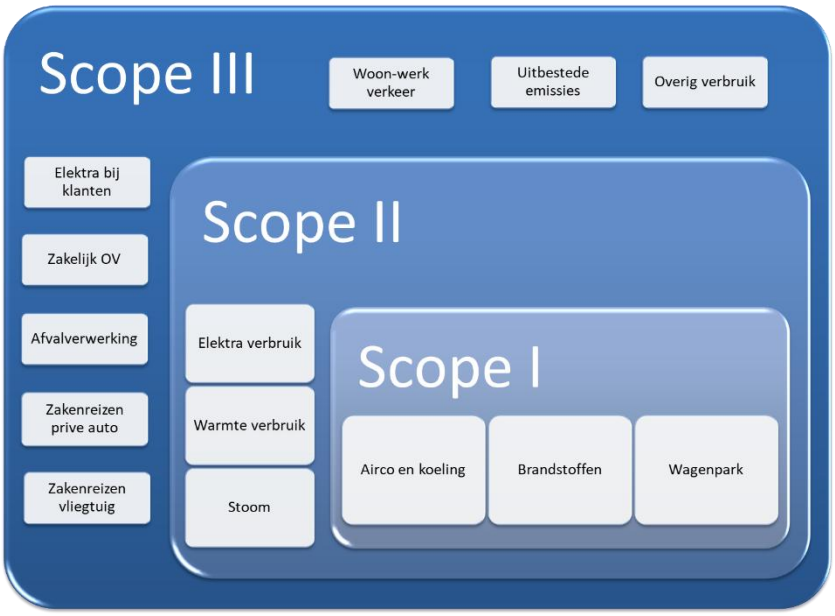
Op basis van de vastgestelde operationele grenzen (boundary 2025) zijn de CO_2-emissies voor de activiteiten van de Siemens Mobility organisatie geïdentificeerd. De begrenzing van Siemens Mobility staat beschreven in het document 'Boundary report 2025 v1.0 -AC analyse 2024'. De methodiek is beschreven in het GHG protocol, deel 'A Corporate Accounting and Reporting Standard', hoofdstuk 4 'Setting Operational Boundaries'. Als basisjaar voor bepaling van de uitgangspunten van deze ketenanalyse is het boekjaar FY 2021 gekozen.

Bij de identificatie van emissies wordt, conform het Greenhouse Gas (GHG) Protocol, onderscheid gemaakt tussen drie bronnen van emissie (bekend als scopes). Als norm wordt hiervoor het GreenHouse Gas Protocol (GHG)gebruikt. Zij identificeert drie bronnen van emissie, bekend als scopes:

Scope I omvat de directe emissies die onder het eigen beheer vallen en worden gecontroleerd door de organisatie. Voorbeelden hiervan zijn de verbranding van brandstoffen in vaste machines en verwarmingsinstallaties, zakelijk vervoer in voertuigen die eigendom zijn of geleased worden door de rapporterende organisatie. Ook omvat scope 1 het beheer van emissies door toepassing van koelvloeistof in koelapparatuur en klimaatinstallaties van bedrijfslocaties. Dit conform de F-gassen regelgeving.

Scope II omvat de indirecte emissies van de eigen organisatie door opwekking van gekochte elektriciteit, stoom of warmte

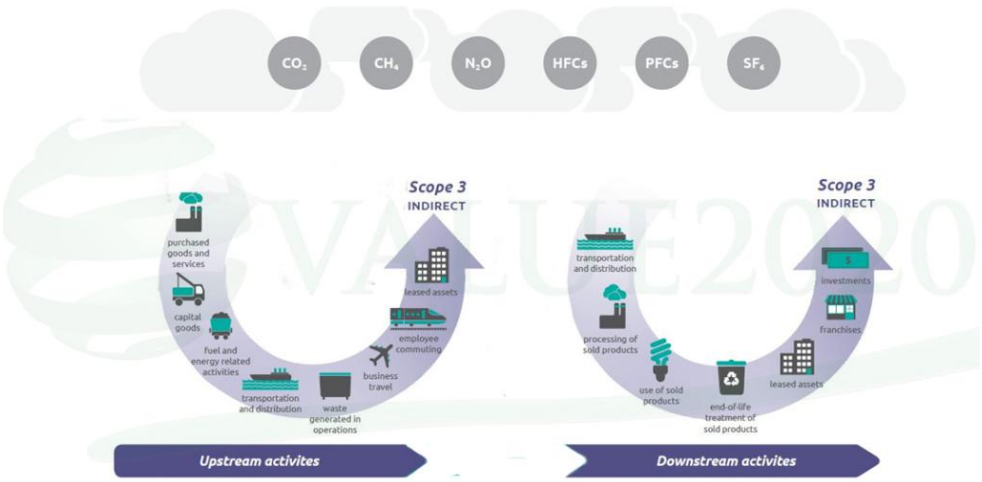
Scope III omvat de overige indirecte emissies als gevolg van activiteiten van de organisatie van bronnen, maar welke niet direct door Siemens Mobility worden gecontroleerd. Het gaat onder andere om de indirecte emissies als gevolg van het zakelijk verkeer met privé voertuigen, het zakelijk openbaar vervoer en het vliegverkeer, elektriciteitsverbruik op locaties van klanten, emissies veroorzaakt door toeleveranciers of uitbestede taken, woon-werkverkeer met eigen vervoermiddelen of openbaar vervoer, energieverbruik van geleverd rolling stock door Siemens Mobility, energieverbruik van alle overige 'consumables' (producten die verbruikt worden).



1.4 Rapportages

Voor het in kaart brengen van de CO_2 emissies van Siemens Mobility zijn inmiddels meerdere analyses uitgevoerd:

- Sinds boekjaar FY 2011, als onderdeel van Siemens Nederland N.V., werd elk half jaar een Carbon Footprint rapportage opgesteld waarin alle CO_2 emissies uit scope I en II zijn verwoord.
- Sinds eind boekjaar FY 2019 heeft Siemens Mobility haar eigen analyses volledig in eigen beheer uitgevoerd.
- Scope 3 emissie inventarisatie Siemens Mobility: in deze rapportages tot periode FY 2024 wordt inzicht gegeven in de indirect overig, zogenoemde scope 3, CO_2-emissies van Siemens Mobility beschreven. Op basis van deze analyse is één scope 3 categorie bepaald voor verder onderzoek middels een ketenanalyse.
- Vanaf FY 2025 wordt één jaarlijkse scope 1-2-3 emissie inventaris gepubliceerd waarin de volledige scope 3 emissies van Siemens Mobility worden gekwantificeerd. Vanwege de implementatie van handboek 4.0 is een aanvullende waardeketen analyse opgesteld voor de rail infrastructure activiteiten.



2 Introductie Rolling Stock

Rollend materieel zijn alle spoorvoertuigen die over spoor- of tramwegen kunnen rijden. Rolling stock heeft dus betrekking op locomotieven, rijtuigen, goederenwagons en treinstellen, maar ook op trams en metrorijtuigen. Al deze voertuigen worden gezamenlijk in de branche het Rolling Stock genoemd.

Siemens Mobility stelt regionale en nationale vervoersbedrijven en infrabeheerders in staat het personen- en goederen railvervoer van vandaag en morgen vorm te geven - met railinfrastructuur (digitalisering, automatisering en elektrificering), treinen (trams, lightrail, metro en regionale- en hogesnelheidstreinen) en alle daaraan gerelateerde diensten.

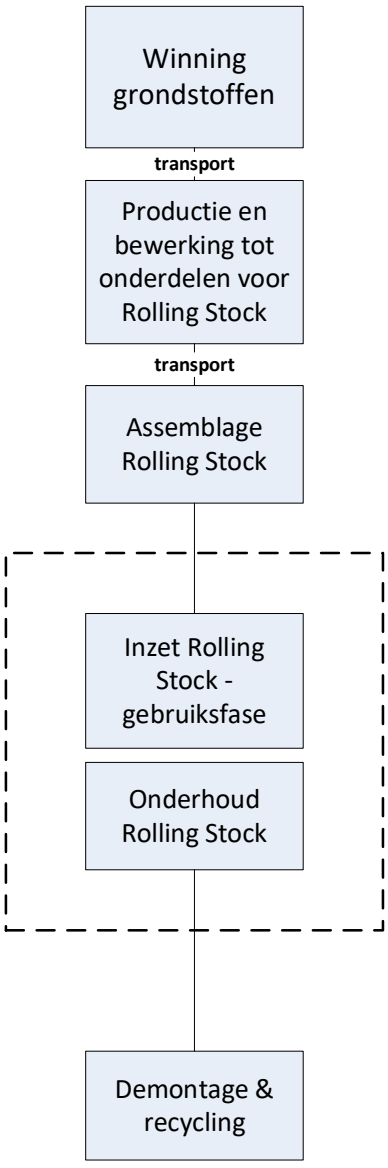
De activiteiten van Siemens Mobility in Nederland zijn dus gericht op Railinfrastructuur en Rolling Stock. Uit de inventarisatie van scope 3 emissies is gebleken dat de categorie 'Use of sold products' of wel het energieverbruik van Rolling Stock een belangrijke categorie is voor Siemens Mobility.

Siemens Mobility in Nederland levert en onderhoudt trein- en trammaterieel in verschillende Nederlandse steden zoals Den Haag (Avenio trams voor HTM), Rotterdam (RET), Amsterdam (GVB) en Utrecht (U-OV). Dit materieel wordt verschillende delen van de wereld geproduceerd en in Krefeld (Duitsland) geassembleerd. Het onderhoud van het rolling stock in Nederland vindt plaats in eigen werkplaatsen van de openbaar vervoerders, zoals de werkplaats van HTM in Den Haag en bijvoorbeeld in de Locomotive Workshop Rotterdam op de 2e Maasvlakte in Rotterdam.

De invloed van Siemens Mobility op onderdeelniveau en het Rolling Stock zelf is gering en vanwege interne richtlijnen communiceert Siemens Mobility zelf geen informatie over het Rolling Stock. Deze informatie is vanuit Siemens AG zelf beschikbaar middels de Evironmental Product Declarations of Produkt-Umwelterklärung van Siemens[1] [2].

Daarnaast stelt Siemens Mobility, met behulp van de gerelateerde, veelal digitale dienstverlening, haar klanten in staat om beter inzicht te krijgen in de total costs of ownership van het Rolling Stock en het energieverbruik en de kosten te verlagen. Deze digitale treinoplossingen zijn toepasbaar zowel op het eigen Siemens Rolling Stock als op het geleverde Rolling Stock van concurrenten.

De keten voor de productie, gebruik, onderhoud en afdankfase van Rolling Stock is in figuur 1 beschreven.



Figuur 1 systeemgrenzen ketenanalyse

Om inzicht te krijgen in de mogelijkheden van Siemens Mobility voor inzet van haar digitale diensten in railsector en de daarbij mogelijk te realiseren CO_2 reductie in deze keten is een ketenanalyse uitgevoerd. De ketenanalyse is gericht op de gebruiks- en de onderhoudsfase, de systeemgrens van deze ketenanalyse is weergegeven met de stippellijn.

De relevantie van deze ketenanalyse, de CO_2-emissie en de ontwikkelingen zijn beschreven in de volgende twee paragrafen.

[1] Zie bijvoorbeeld de volgende bronnen:
Document 'Produkt-Umwelterklärung gemäß ISO Typ II siemens.de_mobility' voor de Avenio trams en het document 'siemens.com_mobility Metro Oslo Produkt-Umweltdeklaration gemäß ISO 14021' voor de EPD rapportage van de metro in Oslo.

[2] Voor meer informatie zie ook https://www.siemens.com/de/de/produkte/energie/ecotransparency.html

2.1 Keten van Openbaar Vervoer Mobiliteit

Mobiliteit betekent letterlijk beweeglijkheid, bijvoorbeeld het verplaatsen van personen, goederen en berichten. In de ruimtelijke ordening bedoelt men hier meestal de mogelijkheid om korte en lange afstanden via auto, openbaar vervoer, fiets etc. te overbruggen en/of te verplaatsen. Mobiliteitsmanagement is een verzamelnaam voor inspanningen om de mobiliteitskeuzes van individuen te beïnvloeden. De Nederlandse overheid hanteert als definitie voor mobiliteitsmanagement het organiseren van slim reizen. Het volledig gebruik van openbaar vervoer neemt hierbij een prominente rol in.

Volgens de trias energetica kunnen milieuproblemen worden opgelost met middelen die aangrijpen op de elementen volume, structuur en efficiëntie. In het geval van CO_2-emissie voor de mobiliteit vertaalt zich dat in:

- beperking van de (groei in) mobiliteitsprestatie (aantal reizigerskilometers verlagen bij een hogere bezettingsgraad);
- toepassing van brandstoffen met lagere ketenemissies van broeikasgassen;
- verlaging van het energiegebruik per passagier km of vrachtkm door verbeteren van voertuigrendement (door m.n. efficiëntere aandrijving, lagere rol- en luchtweerstand, gewichtsreductie, terugwinnen van energie), rijstijl/ritpatroon en bezettings- of beladingsgraad.

Figuur 2 - Trias Energetica

De Trias Energetica is ook van toepassing voor het openbaar vervoer. Evironmental Product Declarations (EPD's) van bijvoorbeeld de Siemens Avenio tram, de CAF A35 tram, de Siemens metro van Oslo en de CAF Civity in de regio Venetië[3] laten zien dat het energieverbruik in de gebruiksfase verantwoordelijk is voor 95% tot 98% van de totale footprint van het Rolling Stock in de keten, bij een levensduur van minimaal 30 jaar.

In Nederland is de netlengte van de spoorwegen (totale lengte van de spoorlijnen) 3.434 km. 75% van het spoor is geëlektrificeerd en 75% is ook meersporig. De totale spoorlengte bedraagt 7.219 km. (Spoorwegemplacementen en dergelijke zijn niet meegerekend)[4] Over deze spoorlijnen worden jaarlijks 14,1 miljard reiskilometers afgelegd. Daarnaast werd 4,3 miljard kilometer met bus, tram of metro gereisd[5]. Het totale openbaar vervoer is goed voor een elfde van het totaal aantal reizigerskilometers binnen Nederland. Ten opzichte van 2019 – voor covid19 – werd in 2022 nog ca. 28% minder met het openbaar vervoer gereisd. Voor bus, tram en metro wordt verwacht in alle scenario's dat het totaal aantal reizigerskilometers binnen Nederland in de periode 2023 – 2029 nog met ca. 14% zal stijgen (scenario's variëren van 4- 25%)[6]

In Nederland zijn er 7 openbaar vervoerders voor personenvervoer actief op de spoorlijnen. Deze 7 vervoerders (Nederlandse Spoorwegen, Arriva, Connexion, Syntus/Keolis, NS international, Breng en Qbuzz) rijden in totaal met ruim 1.100 materieelsets en meer dan 200 losse locomotieven.[7] Een nieuwe vervoerder – GoVolta – start vanaf september 2025 in Nederland.

In Nederland zijn 4 stadstrambedrijven actief op de tramlijnen: Den Haag (HTM), Rotterdam (RET), Amsterdam (GVB) en Utrecht (U-OV). In totaal rijden in Nederland ongeveer 600 tram sets in de vier grote steden met gemiddelde kilometrage van 70.000 kilometer per jaar. Jaarlijks rijden alle trams dus ca. 42 miljoen kilometer in de 4 grote steden.

---

[3] Bronnen - de volgende EPD documenten zijn beschikbaar openbaar beschikbaar op het internet:
- Produkt-Umwelterklärung gemäß ISO Typ II siemens.de_mobility
- Life Cycle Assessment of a heavy metro train – ScienceDirect
- LCA CAF tram civity -EMU
- LCA CAF A35 trams Stockholm
- Life Cycle Assessment of a heavy metro train – ScienceDirect

[4] Bron: https://nl.wikipedia.org/wiki/Spoorlijnen_in_Nederland

[5] Bron: Mobiliteitsbeeld 2024 ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

[6] Bron: Kerncijfers_Mobiliteit_2024_Rijkswaterstaat

[7] Bron: https://www.treinenweb.nl/materieel

Het energieverbruik van een trein en een tram varieert van 20Wh/reizigerskilometer (trein 0% terugwinning remenergie) tot 12,6 Wh/ reiskilometer (tram). Het totale elektraverbruik voor de openbaar vervoerders op de spoorlijnen bedraagt alleen voor het materieel 204.000 MWh op jaarbasis. Het energieverbruik van de tramlijnen wordt ingeschat op ca. 5.292 MWh.
Deze ketenanalyse is daarom gericht op de gebruiks- en onderhoudsfase waarbij met behulp van de digitale treinoplossingen van Siemens Mobility wordt beoordeeld welke reductie in de keten mogelijk is.

2.2 Digitale treinoplossingen

Bij de spoorinfra beheerder, de grootste openbaar vervoerder op het spoor en één van de tramspoorbedrijven is gekeken naar de duurzaamheidsdoelstellingen van ProRail en NS en GVB.

ProRail: in 2040/2050 is de belasting van het milieu door ons materiaalgebruik tot nul teruggebracht. Dat doen we door hergebruik van materialen te stimuleren en enkel schone grondstoffen te gebruiken. We ontwerpen en verlengen de levensduur van onze infrastructuur. Hierbij werken we nauw samen met de markt en andere grote opdrachtgevers, zoals Rijkswaterstaat.[8]

Nationale Spoorwegen:
Nederland duurzaam bereikbaar
Voor en door iedereen
Dat is waar we voor staan.
Daarom ondernemen wij fossielvrij, circulair en groen. Voor en door iedereen. Zo leveren wij onze bijdrage aan het Parijs-akkoord én dragen we significant bij aan het behalen van de Sustainable Development Goals van de VN.[9]

GVB:
Als partner van de stad dragen we bij aan een bereikbare, gezonde en leefbare stad. Voor iedereen in Amsterdam; van inwoner tot bezoeker en van bedrijf tot onderwijsinstelling. We zijn voor iedereen bereikbaar. Onze rol als partner van de stad brengen wij in de praktijk vanuit twee pijlers: GROEN en TROTS. Zo investeren wij in duurzame energie en werken we continu aan energiebesparing. Daarnaast zijn we een betrokken werkgever voor onze medewerkers, bieden we mensen met afstand tot de arbeidsmarkt een kans op de werkvloer en spelen we een actieve rol bij diverse maatschappelijke initiatieven in de stad. Deze doelstellingen zijn uitgewerkt in het meerjarenplan.[10]

Met haar digitale treinoplossingen kan Siemens Mobility bijdragen aan het realiseren van deze doelstellingen. De digitale treinoplossingen van Siemens Mobility zijn ingedeeld in de volgende thema's:
- Software-updates op afstand
- Configuratie op afstand
- Intelligente camerabewaking
- Passagiersinformatie Plus
- Geassisteerde en onbemande treinbediening
- IT trainen
- Cyberbeveiliging voor rollend materieel

Met deze digitale oplossingen is Siemens Mobility in staat haar klanten en eindgebruikers als volgt te ondersteunen:
- Verlagen van het energieverbruik van het Rolling Stock
- Het beter benutten van de trein en tram door het optimaliseren van de reizigersbewegingen
- Het optimaliseren van Mobility as a service, waardoor reizigers makkelijker multimodaal kunnen reizen waardoor de drempel om gebruik te maken van het openbaar vervoer wordt verkleind.

[8] Bron: https://www.prorail.nl/..../duurzaamheid/...Onze doelstelling in 2040 - 2050.
[9] Bron: https://www.ns.nl/over-ns/duurzaamheid
[10] Bron: https://over.gvb.nl/...GVB16-web-Meerjarenplan-MVO.pdf

Aan de hand van een case studie voor de Avenio trams bij HTM en het vervolg onderzoek Analyse van rem recuperatie in de Avenio vloot wordt in de komende paragrafen kwantitatief onderbouwd welke potentiële reducties mogelijk zijn door toepassing van de digitale treinoplossingen.

2.3 Case studie HTM Avenio trams in Den Haag

In 2012 heeft de HTM (Haagse Tram Maatschappij) Siemens Mobility opdracht gegeven voor de levering van 60 Avenio-trams. In 2017 werden tien extra Avenio-trams aangeschaft, waardoor het totale aantal trams in de vloot 70 werd.

De Avenio-trams moesten de oude GTL-trams vervangen, die er al sinds de jaren tachtig rondreden. De belangrijkste reden voor de verandering is het feit dat de Nederlandse overheid verplicht heeft gesteld dat in 2020 alle trams en haltes in het land lage vloer moeten zijn om de toegankelijkheid van het openbaar vervoer te vergroten. Sinds 2022 worden de Avenio trams ingezet op de lijnen 2, 9, 11, 15, 16 en 17 (HTM, 2022).

Figuur 3. Avenio - model "Den Haag" (Bron: https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/rail/rolling-stock/trams-and-light-rail/avenio.html#/)

Om meer inzicht te krijgen in de mogelijkheden voor energie reductie voor het rolling stock is in samenwerking met de universiteit Utrecht een onderzoek uitgevoerd voor de Avenio-trams van HTM.[11]

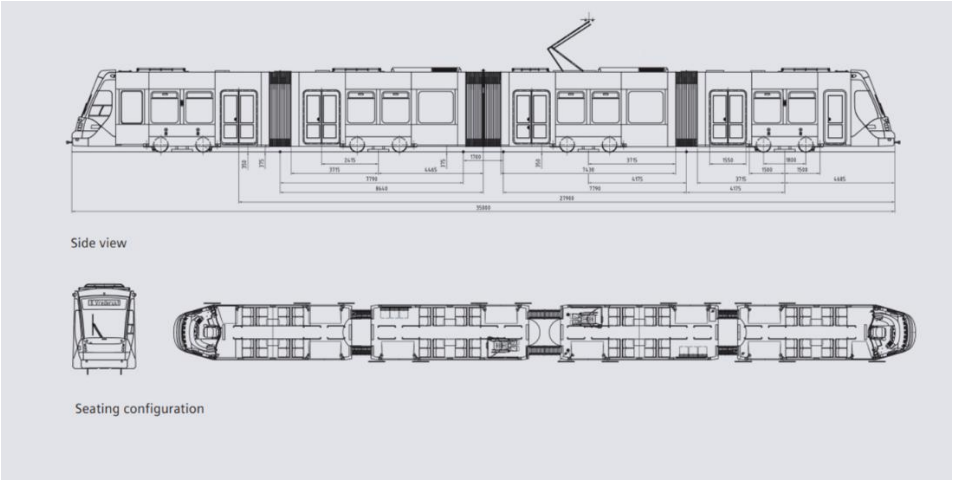
Het doel van deze studie was te onderzoeken wat de meest effectieve manier is om het energieverbruik van de Avenio-tram te verminderen en een gepersonaliseerd energiebesparingsadvies te geven. Het onderzoek richtte zich niet op het product zelf, maar op de dienst die het levert, namelijk het vervoer van passagiers. Hiervoor werden de emissies in het tractie-energiegebruik van de Avenio trams in kaart gebracht aan de hand van een speciaal aangepaste methode van de levenscyclusanalyse (LCA). Middels het gebruik van (Key)Performance Indicators (KPI's) specifiek voor stadsspoorwegen werd onderzocht welke strategieën kunnen worden toegepast om het energieverbruik en de CO_2 emissie van de Siemens Avenio tram het meest effectief te verminderen. Deze methode kan door andere academici en bedrijven in de keten worden gebruikt om de energiestromen van stedelijke spoorwegsystemen te analyseren. De uitkomsten van de studie zijn daarom verwerkt in deze ketenanalyse om verduurzaming van de sector te ondersteunen.

In het onderzoek werd het tractie-energiegebruik van de Siemens Avenio trams inzichtelijk gemaakt en werd vastgesteld waar in het tractie-energiegebruik van de Avenio zitten de meeste emissies ontstaan. Tevens werd de Avenio trams vergelijken met ander railtransport en met vergelijkbare trams.

De Avenio tram is een met een lage vloer waardoor de tram toegankelijker en is in overeenstemming met de nationale wetgeving. Elke tram bestaat uit vier draaistellen en is bidirectioneel, de tram kan in beide richtingen over het spoor rijden. De tram rijdt onder een lijnspanning van 600 V/750 V DC. De maximumsnelheid is 80 km/uur, in de praktijk blijkt in het werkgebied van HTM een gemiddelde snelheid van 50 km/uur.

[11] Het volledige onderzoek Energy analysis Avenio trams is beschikbaar via Siemens Mobility (Van de Heisteeg, 2023)

De tractie-eenheid bestaat uit een driefasen inductiemotor. Deze motor werkt uitsluitend op elektriciteit. De elektriciteit wordt geleverd door de driefasen wisselstroomvoorziening vanaf de bovenleiding.
Het remsysteem bestaat uit de elektrodynamische rem (remsysteem in combinatie met de tractiemotor voor regeneratie van elektriciteit mogelijk die wordt teruggewonnen uit de kinetische energie van de rijdende tram), de hydraulische, passieve veerrem in de aangedreven draaistellen, hydraulische, actieve schijfrem in de niet-aangedreven draaistellen en de elektromagnetische railrem in alle draaistellen.
Met de elektrodynamische rem kan tussen 16%-70% van de rem energie worden teruggewonnen. [12]



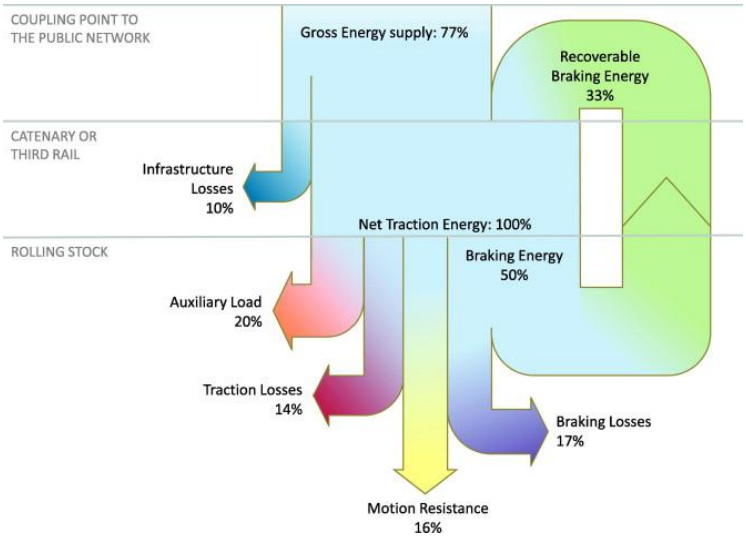
Figuur 4. Zijkant en boven aanzicht van de Avenio tram (Den Haag)

Om het energieverbruik in de tractie van de Avenio te kunnen meten, werd eerst een reeks (kern)prestatie-indicatoren vastgesteld. Deze indicatoren werden verdeeld in vijf categorieën, namelijk:

- Gehele systeem
- Voedingsnetwerk
- Rollend materieel in dienst
- Depots
- Infrastructuur

De eerste drie bovengenoemde categorieën betreffen het tractie-energiegebruik in het totale systeem, de laatste twee het niet-tractie-energiegebruik.

Het energiegebruik voor de tram zelf kan ook worden onderscheiden in twee groepen. Deze energiegroepen zijn tractie en non-tractie[13]. Tractie betreft het energiegebruik voor het rijden van de tram en niet-tractie-energiegebruik betreft bijvoorbeeld de klimaatsystemen, onderstaand schematisch weergegeven.



Figuur 5. Typering van de tractie energieverdeling voor stedelijke rail systemen (González-Gil et al., 2014)

Bron: [12] Boretti, A. (2013). *Analysis of the regenerative braking efficiency of a latest electric vehicle* (No. 2013-01-2872). SAE Technical Paper. https://doi.org/10.4271/2013-01-2872

Bron: [13] González-Gil, A., Palacin, R., Batty, P., & Powell, J. (2014). A systems approach to reduce urban rail energy consumption. *Energy Conversion and Management*, *80*, 509–524. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.01.060

Onderdeel van het onderzoek was een strategie te ontwikkelen om het energieverbruik van de tram te verminderen middels een desk research onderzoek en het veldonderzoek van het energieverbruik van de Avenio trams van HTM. Het onderzoek is uitgevoerd met de energiedata over de periode 2021.

Desk research onderzoek
Desk research onderzoek liet zien dat de mogelijke oplossingen voor energiebesparing zijn onderverdeeld in 5 clusters van strategieën[14]:

F. Energiebesparing door Regeneratief remmen
G. Energiezuinig rijden
H. Verbeteren tractie-efficiëntie
I. Energiebesparing Comfortfuncties
J. Meten & beheren (energiebeheer en duurzame energie toepassing)

A) Regeneratief remmen

De oplossingsrichtingen voor het optimaliseren van het energieverbruik middels regeneratief remmen zijn energie-geoptimaliseerde dienstregelingen en energieopslagsystemen (wegkant & on-board ESS). Door wijzigingen in de dienstregelingen van de trams aan te brengen kan de manier waarop de teruggewonnen remenergie over de railinfrastructuur wordt verdeeld, wordt geoptimaliseerd.
Ook kan worden gewerkt met energieopslagsystemen om het verbruik te optimaliseren om terug-gewonnen energie efficiënt te verdelen. De potentiële energiebesparing in de infrastructuur met deze maatregelen kunnen oplopen tot 30% van het energieverbruik. Het aanpassen van de dienstregeling is hierbij meestal de eenvoudigste optie.

B) Energiezuinig rijden

Naast technische oplossingen zijn eco-rijtechnieken zoals maximumsnelheden, uitrollen en het gebruik van de zwaartekracht voor acceleratie en deceleratie effectief vanwege de lage kosten en het hoge besparingspotentieel. Met energiezuinig rijden kunnen besparingen tot 35% worden gerealiseerd.

C) Tractie-efficiëntie

Tractie-efficiëntie is onderdeel van het ontwerp van de trams. Oplosrichtingen in deze strategie vereisen aanpassingen aan het spoorsysteem of de tram zelf. Deze strategie is belangrijk wanneer spoormaterieel zoals trams en treinvoertuigen worden vervangen.

D) Comfortfuncties

Er zijn verschillende manieren om het energieverbruik voor klimaatinstallaties te verminderen. Een voorbeeld is het sturen van de toevoer van verse lucht te regelen op basis van de CO_2-concentratie is er geen onnodige toevoer van verse lucht, waardoor energie wordt bespaard. De warmte die bij het remmen vrijkomt kan ook worden gebruikt voor verwarmingsdoeleinden. Een potentiële energie besparing voor de comfortfuncties tot 55% blijkt mogelijk.

E. Meten & beheren

Belangrijke oplosrichtingen van deze reductiestrategie zijn hernieuwbare energieopwekking en slim energiebeheer. Micro-opwekking van hernieuwbare energie is mogelijk door het plaatsen van zonnepanelen op stations en remises, langs het spoor of op het dak van de trams.

Deze reductie strategieën werden vervolgens onderzocht in het veldonderzoek.

[14] Bron: de potentiële besparingen per maatregel en reductiestrategie zijn beschreven in de volledige rapportage van het onderzoek inclusief bronvermelding. In deze ketenanalyse is de samenvatting van de deskresearch beschreven.

Veldonderzoek

In het veldonderzoek is het energieverbruik van de 70 Avenio trams van HTM geanalyseerd. Om vergelijking mogelijk te maken werd alle energieverbruik en -energieopwek omgerekend en uitgedrukt in de functionele eenheid van kWh per reizigerskilometer. De resultaten van het veldonderzoek zijn in onderstaande grafiek beschreven op basis van het energieverbruik Avenio tram per reizigerskilometer.

De belangrijkste resultaten uit het onderzoek zijn:

- de Avenio tram heeft vergelijkbare energiekarakteristieken ten opzichte van referentie trams. Het elektraverbruik in 2021 voor de HTM trams werd vastgesteld in kWh per reizigerskilometer en geldt als referentiejaar voor bepaling besparingen in de komende jaren.
- De resultaten van het volledige veldonderzoek kunnen niet openbaar worden gemaakt vanwege vertrouwelijkheid van bedrijfsgegevens van HTM. De resultaten van het veldonderzoek zijn beschreven in bijlage 1.
- De Avenio-trams van HTM rijden op groene stroom en veroorzaken daarom geen CO_2 uitstoot, ook niet wanneer wordt uitgegaan van het well-to-wheel perspectief.

Uit het onderzoek blijkt dat de volgende maatregelen effectief zijn voor de Avenio trams van HTM:

- Optimalisering van de dienstregeling van HTM
- Toepassen van een Wegkant ESS (Wegkant Energie Opslag Systeem)

Deze maatregelen zijn effectief om de prestaties van de tram te verbeteren en teruggeleverd energieverbruik aan de bovenleiding efficiënt te gebruiken.

De volgende maatregelen werden gekozen voor versterking van de energie-efficiency:

- Toepassen ecologische rijtechnieken & DAS (Driving Advice System)
- Geoptimaliseerd verkeersmanagement
- Alleen verlichting & klimaatinstallaties aan wanneer de tram in dienst is.

Verder bleek dat er veel manieren zijn waarop stedelijke spoorwegexploitanten de energieprestaties van niet alleen hun trams, maar ook metro's, bussen en treinen kunnen verbeteren. Sommige maatregelen, zoals ecorijden, bieden snelle en goedkope oplossingen. Helaas worden deze maatregelen soms onderbenut en is er nog ruimte voor verbetering voor stedelijke spoorwegsystemen.

Veldonderzoek 2024-2025:

Voor de reductiestrategie regeneratief remmen werd in 2023 een aanvullend onderzoek uitgevoerd en in februari 2024 aan belanghebbenden gepresenteerd. Uit het onderzoek bleek dat:

- ca. 15% van het netto energieverbruik en het potentieel teruggewonnen energie wordt verbrand via omzetting in warmte op het dak van de trams omdat de energie niet terug geleverd kan worden.
- het grootste deel van deze verbrande energie op 5 tramsecties wordt verbrand met een totale lengte van ruim 11 kilometer op het totale spoornet waar de Avenio tram rijdt,
- door aanpassing van de infrastructuur op 2 locaties in deze 11 kilometer kan veel verbranding van energie worden voorkomen met oplossingen voor energie opslag, omkeerbare onderstations en verlenging van secties,
- in combinatie met maatregelen uit de overige 4 reductie strategieën wordt ingeschat dat bijna 20% van de totale verbrande energie kan worden bespaard.

3 Stakeholders Rolling Stock

Aan de hand van de systeembeschrijving en de resultaten uit het onderzoeksproject bij HTM zoals beschreven in hoofdstuk 2 zijn de stakeholders in het proces geïdentificeerd en in dit hoofdstuk beschreven.

3.1 Eigenaar van het Rolling Stock

Rolling Stock in Nederland is eigendom van regionale overheden, de rijksoverheid of buitenlandse private ondernemingen. Voor de levering, onderhoud en beheer inclusief dienstverlening aan overheden moeten deze overheden voldoen aan de (Europese) aanbestedingswetgeving. Indirect beïnvloeden adviseurs de overheden bij begeleiding van aanbestedingen. Bij het opstellen van aanbestedings-documenten kunnen zij door gunningcriteria invloed uitoefenen op duurzaamheid en milieubelasting en sturing geven in de aanbesteding. Door middel van verleasing van het Rolling Stock kan het volledig beheer ook zijn uitbesteed aan private ondernemingen.

3.2 Beheerder Rail infrastructuur

De infrastructuur van de spoorlijnen en tramlijnen is in Nederland in eigendom van ProRail en de regionale tramspoorbedrijven. Het onderhoud en beheer van deze spoor- & tramlijnen en het managen van de energievoorziening heeft invloed op het energieverbruik van het Rolling Stock. Daarnaast bepalen deze partijen meestal de leveranciers van de energie, waardoor zij bepalen of de geleverde energie werkelijk duurzaam is. In Nederland levert ProRail sinds 2021 alleen nog groene stroom via haar infrastructuur, net als HTM.

3.3 Opdrachtgever digitale diensten

De opdrachtgever van de digitale diensten is meestal de organisatie die het Rolling Stock gebruikt: de openbaar vervoer beheerder. Deze organisatie heeft het grootste belang van optimalisatie, omdat de resultaten zichtbaar worden in de operationele kosten. Siemens Mobility heeft een rechtstreeks contact met de eindgebruiker. De digitale dienstverlening richt zich binnen deze organisaties zowel op het gebruik van het Rolling Stock als ondersteuning van interne operationele processen bij de opdrachtgevers.

3.4 Leveranciers

Een deel van de dienstverlening wordt aangeleverd vanuit de eigen zusterbedrijven binnen het Siemens concern en derden. Vanuit Siemens AG beleid wordt veel aandacht besteed aan green design. Siemens AG hanteert in de gehele organisatie het motto ‘Sustainability is our guiding principle’. Daar waar gebruik gemaakt wordt van externe leveranciers kan in gezamenlijk overleg de mogelijkheden voor verbetering worden beoordeeld.

3.5 Medewerkers

Ook vanuit Siemens Mobility is hiervoor al jarenlang aandacht voor milieuaspecten in de bedrijfsvoering. De individuele bijdrage van medewerkers is in het totale geheel zeker van invloed.

Voor het beperken van de milieueffecten hebben medewerkers de onderstaande mogelijkheden:

- In de dienstverlening moet aandacht besteed worden aan green design, waaronder zorgvuldig gebruik van materialen en hergebruik waar mogelijk tijdens bijvoorbeeld onderhoudswerkzaamheden. Geef duurzame producten indien mogelijk de voorkeur;
- De digitale dienstverlening van Siemens Mobility voorkomt ook veel transportbewegingen voor onderhoud en reparatie.

3.6 Siemens organisatie

Siemens Mobility is ISO 14001:2015 gecertificeerd. Zoals genoemd wordt binnen het Siemens concern veel aandacht besteed aan green design, het ontwikkelen en produceren van energiezuinige en milieuvriendelijkere producten. Siemens AG is al sinds 1971 actief in de uitvoering van milieu audits en het vergroenen van haar portfolio. Siemens AG is eerste op de Dow Jones Sustainability Index, in de Diversified Industrials category.

4 Reductie mogelijkheden

In hoofdstuk 2 is aan de hand van theoretisch onderzoek en het veldonderzoek gebleken dat het energieverbruik van de Avenio trams kan worden verbeterd, wanneer de tram zelf en de infrastructuur rondom de tram wordt bekeken. In hoofdstuk 3 zijn de stakeholders beschreven.

Het veldonderzoek toonde aan dat een deel van het opgenomen energieverbruik van de tram niet wordt gebruikt voor het functioneren van de tram maar weer wordt terug geleverd aan de bovenleiding. Dit elektraverbruik gaat verloren wanneer deze niet direct wordt gebruikt, bijvoorbeeld door een andere tram, omdat momenteel er geen energieopslag systemen in het HTM net aanwezig zijn.

Voor het verlagen van de totale energieverbruik van het Rolling Stock en de infrastructuur wordt samenwerking met de keten geadviseerd waarbij de volgende reductie strategieën dus mogelijk zijn:

A. Regeneratief remmen
B. Energiezuinig rijden
C. Tractie-efficiëntie
D. Comfortfuncties
E. Meten & beheren

Deze reductie strategieën zijn beschreven in hoofdstuk 2. Uit het veldonderzoek blijkt dat de reductiestrategie Regeneratief remmen het meest effectief is om het energieverbruik voor de Avenio trams van HTM te verlagen. Concreet wordt daarom geadviseerd om:

- De dienstregeling van HTM te optimaliseren voor het energieverbruik middels data analyse
- Het toepassen van één of meerdere Wegkant ESS (Wegkant Energie Opslag Systeem) in de infrastructuur van HTM op die plekken waar het overschot aan teruglevering ontstaat. In het aanvullend onderzoek in 2024 zijn hiervoor 2 concrete locaties voorgesteld. Deze energie opslag kan zowel de voeding zijn voor andere trams, maar zou ook in een alternatieve functionaliteit zoals extern laden voor andere vervoersmodaliteiten kunnen worden ingezet.
- Naast opslag van energie kunnen door het verlengen van de secties en omkeerbare onderstations ook aanvullende reducties worden gerealiseerd.

Ook de reductie strategieën Energiezuinig rijden in combinatie met Meten & beheren zijn toepasbaar voor HTM en voor de railsector in het algemeen. Voor versterking van de energie-efficiency blijkt dat de volgende technische en organisatorische maatregelen effectief zijn:

- Het toepassen van ecologische rijtechnieken & DAS (Driving Advice System)
- Het optimaliseren van het verkeersmanagement rond de tram
- Het uitschakelen van comfortinstallaties zoals verlichting & klimaatinstallaties wanneer de tram buiten dienstregeling rijdt.

Siemens Mobility heeft voor ondersteuning van haar klanten digitale diensten ontwikkeld om haar klanten te helpen bij deze verduurzaming en gebruikt hiervoor een open applicatiesuite Railigent X. De open applicatiesuite maakt gebruik van IoT (internet of Things) en AI (Artificial Intelligence) voor het beheer van spoorwegactiva en brengt een revolutie teweeg met een intelligent gebruik van gegevens dat resulteert in hogere beschikbaarheid, lagere kosten en geoptimaliseerd onderhoud. De Railigent X applicatiesuite wordt onderstaand gepresenteerd.

4.1 Railigent X

Railigent X maakt intelligent gebruik van spoorgoedgegevens om toegevoegde waarde te creëren. Het stelt spoorwegexploitanten, beheerders en eigenaren van activa in staat om hun spoorweggegevens te begrijpen, waardevolle informatie te genereren en diepere inzichten te verwerven over de prestaties van hun activa. De analyse van de spoorgoederengegevens die door deze apps worden geleverd, leidt tot een verbeterde werking, geoptimaliseerd onderhoud, hogere kostenefficiëntie en uiteindelijk 100% beschikbaarheid van rollend materieel en wegkantmiddelen. Met Railigent X zet Siemens Mobility samen met haar klanten de volgende stap: we openen de applicatiesuite verder om een sterk ecosysteem voor klanten, partners en ontwikkelaars te ontwikkelen met als doel alle middelen te integreren.

Railigent X biedt grote voordelen voor het rail asset management van de klanten. Het spoorvervoer wordt efficiënter, betrouwbaarder en comfortabeler dankzij condition-based monitoring, data-analyse en voorspellende onderhoudsconcepten. Bovendien kunnen de levenscycluskosten en operationele risico's worden verminderd. Co-creatie waarbij gebruik wordt gemaakt van de domeinkennis van Siemens en de expertise van onze klanten, maakt uitgebreid vermogensbeheer en klantnabijheid mogelijk.

De gegevensanalyse die door deze apps op het applicatiesuite wordt geleverd, maakt geoptimaliseerd onderhoud van wagenparken en infrastructuren, kostenefficiëntere operaties en 100% systeembeschikbaarheid mogelijk.

Railigent X bestaat momenteel uit ongeveer 30 leden, zoals: Argus Cyber Security, RazorSecure Ltd., BOOM Software, Dellner, DMA, Frauscher Sensonic, Ginkgo Management Consulting, HACON, igus, Knorr-Bremse, Menlo79, MPEC Technology, OXplus, Perpetuum, SKF , Sopra Steria Consulting, Strukton, Televic Rail, Uptime Engineering, voestalpine Signaling, Quest, Voith en Wi-Tronix.

Voor het verlagen van totale CO_2-emissie per reizigerskilometer in het openbaar vervoer is het dus noodzakelijk dat in de hele keten keuzes worden gemaakt, gericht op de technische optimalisatie van de tram en de infrastructuur zoals beschreven in de reductie strategieën, maar ook het zo optimaal mogelijk krijgen van de bezettingsgraad van de openbaar vervoer diensten, optimaliseren van wachttijden en het verhogen van de kwaliteit van de (multimodale) openbaar vervoer diensten waardoor het aantal reizigers in totaal weer toeneemt. Middels het RailigentX applicatiesuite biedt Siemens met haar applicatiepartners haar klanten deze functionaliteiten aan.

Zoals beschreven in hoofdstuk 2 wordt het totale elektraverbruik voor de openbaar vervoerders op het spoor voor het materieel ingeschat op 204.000 MWh op jaarbasis en voor de tramlijnen ingeschat op ca. 5.292 MWh. Dit energieverbruik wordt gebruikt met de ruim 1.100 spoormaterieelsets, de meer dan 200 losse locomotieven en de ca. 600 tramsets in Nederland. Het totale elektraverbruik voor spoor en tram wordt dus jaarlijks geschat op 209.292 MWh (ca. 0,2% van alle stroomverbruik in 2021 in Nederland)[15]. De netten van HTM en ProRail – NS rijden daarbij op groene stroom, dit elektraverbruik veroorzaakt dus geen CO_2 emissies op basis van de huidige emissiefactoren voor groene stroom. Aandachtspunt daarbij is wel dat ProRail in 2025 een nieuw energiecontract heeft[16] waarmee nog niet bekend is of de Europese groene stroom voldoet aan de bewijsvoering voor groene stroom volgens handboek 4.0 van de CO_2 prestatieladder. Echter ProRail is gelijktijdig bezig met een eigen Programma Opwek Duurzame Energie en wil in 2030 net zoveel stroom produceren als de organisatie zelf gebruikt. De CO_2 voetafdruk 2025 van ProRail is nog niet gepubliceerd.

[15] Bron: https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/84575NED

[16] Bron: https://www.prorail.nl/nieuws/prorail-haalt-co2-doelen-van-2024 en https://www.prorail.nl/siteassets/homepage/toekomst/duurzaamheid/communicatieplan-energiebesparing-en-co2-reductie-2026.pdf

De CO_2 emissies van het directe gebruik van de 70 HTM Avenio trams wordt voor alsnog ingeschat op 0 CO_2. Naast CO_2 reductie ligt de focus ook op energiebesparing. Daarom is deze ketenanalyse nog steeds zeer relevant in de keten.

Siemens Mobility wil in samenwerking met haar ketenpartners een reductie realiseren in de keten door maatregelen te nemen voor verbetering van de energieprestaties, optimaliseren van de reizigersstromen en verhogen van de kwaliteit van de multimodale openbaar vervoerdiensten. Deze maatregelen zijn mogelijk door inzet van de digitale treinoplossingen van Siemens Mobility.
Op basis van deze ketenanalyse en de eigen kennis wordt door Siemens Mobility ingeschat dat het energieverbruik in de tram- & spoorsector in de komende jaren met 5 - 10% kan worden verlaagd en op de lange termijn tussen de 15-20% per jaar. De potentiële kostenreductie in de sector wordt daarmee ingeschat op ca. 3,2 miljoen euro per jaar[17]. De samenwerking in de keten is hierbij noodzakelijk.

4.2 Vervolg project Koninklijk rijden

Het 1e vervolgproject gericht op het realiseren van de energiebesparing mogelijkheden is het energiezuinig rijden in combinatie met meten & beheren. In augustus 2024 is aanvullend op het hoofdonderzoek het project Koninklijk Rijden gestart. Idee achter dit vervolgproject was door rustiger te rijden het energieverbruik te verlagen, maximale piekbelastingen te verlagen, verlagen van slijtage aan infra en de onderhoudskosten van voertuigen en het belangrijkste doel reizigers beoordelen een rustige rit als meer comfortabel.
Om de bestuurders positief te motiveren om zuiniger te rijden wordt de focus gelegd op comfortabel rijden en energiereductie. Het project bestaat uit 3 uitvoeringsteams:

• Datalab Techniek	maakt de verbruiksdata van de tram inzichtelijk en meet de effecten van de maatregelen. Via de mendix app krijgt de bestuurder inzicht op ritniveau
• Techniek ontwikkeling	Realtime inzicht in rijgedrag o.b.v. data accelerometer telefoon i.c.m. auditief signaal
• Vijfde innovatie-programma	Onderzoek over rijgedrag met bestuurders via interviews en gamificatie.

Het project is als pilot gestart in juli 2024, verkreeg goedkeuring eind augustus 2024 en zal tot ca. 1e kwartaal 2025 in uitvoering zijn, waarbij de pilot een positief, stimulerend karakter moest hebben. Het is niet de bedoeling om de hardrijders te straffen maar om de bestuurders die ‘comfortabeler’ rijden te belonen. De doelstelling van deze pilot was het energieverbruik per kilometer met ca. 1 kWh te verminderen, de overschrijding van de energiepieken door optrekken volledig te voorkomen en de kwaliteitsbeleving van de rit door reizigers als comfortabel te beoordelen.

Update 2025: 1e resultaten van de pilot zijn bekend.
In 2025 werden de resultaten van het aanvullend onderzoek uitgewerkt in een pilot voor de trambestuurders. De resultaten van de pilot tonen aan dat het programma ontwikkeld voor de trambestuurders succesvol is en voldoet aan de vooraf beoogde resultaten met een aantal aandachtspunten voor verder onderzoek. Het programma Koninklijk Rijden wordt in de komende periode opgeschaald en zal stapsgewijs worden uitgebreid voor uiteindelijk alle trambestuurders van HTM. De inzichten uit het programma zijn toepasbaar op zowel de Avenio trams als voor trams van andere tramleveranciers.

[17] (bij een kostprijs van 0,15 ct/kWh en minimaal 10% besparing)

4.3 Monitoring reductie voor onderbouwing reductiedoelstelling

Op basis van deze ketenanalyse inclusief het onderzoek van de universiteit Utrecht en het aanvullend onderzoek in 2023 door het Siemens Digital Lab, de eigen kennis wordt verwacht dat Siemens Mobility bij kan dragen aan de verlaging van het energieverbruik in de spoor- en tramspoorketen. De bijdrage van Siemens Mobility is vastgelegd in de reductiedoelstelling zoals opgenomen in het document Reductieplan scope 1-2-3 Siemens Mobility FY 2020-2025, de meest actuele versie is zichtbaar op de website van Siemens Mobility: https://www.mobility.siemens.com/nl/nl/algemeen/co2-prestatieladder.html.

Om onze voortgang op deze doelstelling te monitoren is het noodzakelijk dat Siemens Mobility de besparing op het absoluut energieverbruik als gevolg van de dienstverlening gaat meten en het energieverbruik kWh per reizigerskilometer. Dit betekent wel dat bij aanvang van projecten het energieverbruik bij de klant bekend moet zijn. De medewerking van de klanten is hierbij noodzakelijk.

In 2023 is hiervoor de registratie ingericht en het 1^{e} aanvullend technisch onderzoek uitgevoerd waarvan de 1^{e} resultaten zijn verwerkt in deze update van de ketenanalyse. De monitoring op voortgang van de doelstellingen zijn sinds FY 2024 ingezet op basis van het absoluut energieverbruik in MWh, het relatief energieverbruik in kWh/ reizigerskilometer en de CO_2 emissie per reizigerskilometer. De detail resultaten van de onderzoeken en het programma Koninklijk Rijden worden niet openbaar gepubliceerd omdat de data geen eigendom is van Siemens Mobility maar van de klanten zoals HTM.