

Titel document: Haalbaarheidsonderzoek TurboPlan

Referentie: BI8741-RP-001

Status: Definitief

Datum: 25 januari 2024

Auteurs:

TNO:

Paul van de Lande
Senior adviseur logistiek
Luuk Meijer
Adviseur logistiek

TU Delft:

Rolf Dollevoet
Professor railbouwkunde en systeem expert spoor ProRail, directeur DelftRail-instituut
Wijnand Veeneman
Associate professor organization and governance of technology
Mahnam Saeednia
Assistant professor freight and logistics

Royal HaskoningDHV:

Peter Boom
Directeur rail asset management en digitalisering
Wouter Wiersema
Adviseur duurzame mobiliteit
Maurits Maljaars
Adviseur duurzaamheid en mobiliteitshubs
Marten Bolt
Adviseur duurzame mobiliteit

Tabellen

Tabel 1: Praktijkvoorbeelden per modaliteit, uitgesplitst over mengingstypes.	21
Tabel 2: Overzicht van en samenhang tussen ontwikkelfases van het hybride concept	27
Tabel 3: Overzicht van beschikbare laadcapaciteit in fase 3 i.g.v. scenario's laag, midden en hoog.	31
Tabel 4: Gemiddelde aantal leveringen per dag op 22 stationslocaties (Districon, feb. 2020).	33
Tabel 5: Potentiële lading op jaarbasis voor het hybride concept o.b.v. totale wegvervoer in Nederland en geschikte aandeel daarvan per segment.	34
Tabel 6: Voorbeeldprojecten Shift2Rail.	42
Tabel 7: Kosten- en opbrengstencategorieën.	50
Tabel 8: Kwalitatieve indicatie maatschappelijke effecten per fase.	55
Tabel 9: Praktijkvoorbeelden per modaliteit, uitgesplitst over mengingstypes.	61
Tabel 10: Schatting aantal vierkante meters en aantal rolcontainers in verschillende materieeltypen met beperkte generieke aanpassingen als borgingsystemen en een flexibele afsluiting voor reizigers.	67

Figuren

Figuur 1: Zero-emissiezone Utrecht (Gemeente Utrecht, 2023).	15
Figuur 2: Toegang tot zero-emissiezones voor vracht- en bestelvoertuigen in Nederland (bron: OpwegnaarZES).	15
Figuur 3: Schematische weergave correlatie goederenvolume en mate van menging personen en goederen.	20
Figuur 4: Innovatie adoptiecurve.	22
Figuur 5: Kaart met treindiensten met ruimte, voorbeeld ochtendspits en stations waar treincomposities worden versterkt of afgeschaald, eigen bewerking op basis van Spoorkaart Nederland van ProRail.	28
Figuur 6: Aantal staminuten per uur van de dag per dag als indicatie van spitsdrukke (Volkskrant10).	29
Figuur 7: Bezettingsgraad Sprintertrajecten (Integrale Mobiliteitsanalyse 2021).	2929
Figuur 8: Verkeersprestatie stadslogistiek per goederensoort segment, voor de sectoren retail, bouw, diensten en thuis.	34
Figuur 9: Belang van criteria in keuze vervoerswijze goederenvervoer (CE Delft, 2016).	36
Figuur 10: Multifunctionele ruimte sprinter SLT.	39
Figuur 11: Voorbeeld van autonoom rijdende Pods (Cargo Sous Terrain).	41
Figuur 12: Vijf technische systeemspongen (bron: Onderzoek Systeemkeuzes Spoor).	43
Figuur 13: Het proces, inclusief aankomst en vertrek vanaf het station (Beumer et al. 2023, p. 21).	45
Figuur 14: Duur van iedere stap van de aankomst van de goederen op de bestemming.	47
Figuur 15: Kaart met lange treinseries met SLT die kansrijk zijn voor goederenvervoer, inclusief stations nabij distributiecentra en stations met veel ketens.	57
Figuur 16: Treindiensten met mogelijk restcapaciteit.	64

Managementsamenvatting

Op 19 november 2020 is onder nummer 35 570 XII in het kader van de vaststelling van de begrotingsstaten van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (XII) voor het jaar 2021 een motie van de leden Amhaouch en Ziengs door de Tweede Kamer aangenomen en geagendeerd voor verder onderzoek naar de mogelijkheden om licht goederenvervoer te combineren met passagiersvervoer in treinen zoals onder andere voorgesteld in de concepten van het TurboPlan. De motie¹ is ingediend naar aanleiding van de constatering dat treinen in de verschillende daluren onderbezet zijn.

Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en ProRail hebben aan TU Delft, TNO en Royal HaskoningDHV gevraagd om gezamenlijk de haalbaarheid te onderzoeken van het flexibel combineren van het vervoer van reizigers- en goederen in reizigerstreinen, zoals beschreven in het Mobiliteitsconcept TurboPlan 2030 ('het hybride concept'). Dit richtinggevend onderzoek geeft inzicht in de kansrijkheid van, en in de drempels, vereisten en voorwaarden voor realisatie van dit concept. Binnen de projectscope, begroting en doorlooptijd zijn deze aspecten gekwalificeerd en zoveel als redelijkerwijze mogelijk gekwantificeerd. Het onderzoek is gericht op de toepassing van dit nieuwe mobiliteitsconcept binnen de huidige manier van reizigersvervoer. Het gaat om het beter benutten van de beschikbare ruimte in reizigerstreinen, door toevoeging van het vervoer van hiervoor geschikte ladingstromen.

De Mobiliteitsvisie 2050 beschrijft het actuele, strategische beleidskader van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Belangrijke ontwikkelingen die hierin aandacht krijgen zijn:

- Bereikbaarheid en leefbaarheid staan onder druk.
- Groei van bevolking en goederenstromen in elk scenario.
- De mogelijkheden om infrastructuur uit te blijven breiden zijn beperkt in ruimte en budget en vanuit duurzaamheidsperspectief minder wenselijk.

Deze ontwikkelingen leiden tot de noodzaak om anders om te gaan met ruimte- en energiegebruik. Een verbeterde capaciteitsbenutting van infrastructuren en de daarop actieve vervoersmodaliteiten biedt hiertoe mogelijkheden. Componenten hiervan zijn onder meer:

- Modaliteiten worden georganiseerd als elkaars alternatief (synchro-modaliteit) met een efficiënte inzet van elk van de modaliteiten (vanuit integrale doelstellingen en publieke kaders);
- Modaliteiten worden georganiseerd zodat ze elkaar aanvullen (multi-modaliteit) in de reis- of vervoersketen en bieden daarbij naadloze aansluiting;
- Knooppunten worden georganiseerd als effectieve overstap- en overslagpunten (mobiliteits-hubs);
- Digitalisering en andere innovatiekansen worden benut om het mobiliteits- en transportnetwerk te versterken.

Turboplan als nieuw vervoersconcept kan mogelijk bijdragen aan de ambities, zoals door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat geformuleerd in de Hoofdlijnennotitie voor de Mobiliteitsvisie 2050², m.b.t. het beter benutten van de capaciteit van bestaande infrastructuur, het beter verbinden van modaliteiten, het optimaliseren van de interactie tussen personen- en goederenvervoer op weg- en spoorinfrastructuur en de ontwikkeling en inzet van innovatieve mobiliteitsconcepten.

¹ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/h-tk-20202021-26-4.html>

² <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-d954c7efb64c60233b4000dbc2efe949e84bb7f9/pdf>

Het openbaar vervoer wordt beschouwd als een belangrijke vervoersvorm, omdat het in staat is om op een efficiënte wijze grote volumes aan reizigers met beperkt ruimtebeslag en energieverbruik te vervoeren. Het is georganiseerd op basis van een vaste dienstregeling en heeft daarmee de kenmerken van een zogenaamd aanbod-gedreven systeem. De bestaande reizigerstreinen hebben een vaste vervoersfunctie en capaciteit die maximaal wordt ingezet in de spitsuren. Structureel en over de gehele dag gemeten is sprake van een gemiddeld bezetting van slechts 30%.

Het flexibel combineren van reizigersvervoer én goederenvervoer in multifunctionele treinen zoals beschreven in het TurboPlan2030 is een nieuw mobiliteitsconcept, waarbij de bestaande, structureel aanwezige onbenutte capaciteit van vervoersruimte in het personenvervoer per spoor op flexibele, vraag-gestuurde wijze gebruikt wordt voor het vervoeren van een daarvoor geschikt type goederen. Het kan daarmee een nieuwe vervoersmodaliteit voor goederentransport toevoegen die het mogelijk maakt om efficiënter en slimmer om te gaan met ruimte en energie en die bij zou kunnen dragen aan een betere bereikbaarheid en leefbaarheid van stadscentra en rurale gebieden.

In het hybride concept wordt gebruik gemaakt van de beschikbaarheid, betrouwbaarheid en robuustheid van de dienstregeling van het OV. Met de inzet van cargo pods (kleine modulaire vervoerseenheden) is bundeling van lading van verschillende verladings plaatsen in dezelfde trein eenvoudig te realiseren op basis van een point-to-point enkele reis. In combinatie met de al aanwezige uitgebreide dekking van stations in Nederland en aansluitend voor- en/of natransport kan dit voor verladings plaatsen en transporteurs nieuwe kansen bieden.

Een geslaagde implementatie van het hybride concept kan capaciteit op bestaande (weg-)infrastructuur vrijspelen om de verwachte mobiliteitsgroei van de reizigers- en goederen op te vangen. Een gefaseerde implementatie zou er als volgt uit kunnen zien:

- Fase 1: de verkenning (tot 2025).
- Fase 2: de versnelling (2025-2030).
- Fase 3: de voltooiing (2030-2035) met een volledige landelijk dekkende roll-out tot 2050.

Voor een gefaseerde implementatie zijn in dit eerste onderzoek drie categorieën “enablers” geïdentificeerd:

- Technische componenten (IT-systeem, materieel en hulpmiddelen).
- Infrastructurele aanpassingen (in en om stations).
- Procestransities.

De ontwikkeling en implementatie vraagt een duidelijke en adaptieve programmatische aanpak. Die is niet uitgewerkt binnen de scope van dit onderzoek. Wel zijn er in aanvulling op de conclusie enkele aanbevelingen hieromtrent gedaan.

Uit deze eerste verkenning kan geconcludeerd worden dat het hybride concept potentie heeft een bijdrage te leveren aan verschillende maatschappelijke doelstellingen, zoals geformuleerd in de Mobiliteitsvisie 2050. Het past binnen het integrale mobiliteitsbeleid en geeft, door het combineren van personen- en goederenvervoer een extra dimensie aan de begrippen multimodaliteit, synchromodaliteit en shared mobility.

Het hybride concept biedt kansen aan te haken bij een aantal bestaande beleidstrajecten, zoals bij menukaarten van het Toekomstbeeld OV en bij een aantal onderwerpen uit het MIRT2023 overzicht. De betere benuttingsgraad van de infrastructuur en van het rollend materieel die het hybride concept nastreeft leidt potentieel tot een betere dekking van investeringen. De menukaarten van het Toekomstbeeld OV

alsmede onderwerpen uit het MIRT overzicht 2023 zijn nu zo geformuleerd dat ze betrekking hebben op reizigersvervoer of op het traditionele goederenvervoer over het spoor. Het hybride concept verbindt deze twee sectoren voor bepaalde vervoerstromen. Dit geeft aanleiding om te onderzoeken in welke mate een intensivering in de investeringen deze nieuwe goederenlogistiek kan faciliteren en welke invloed dit heeft op de terugverdientijd van de totale investering.

Op korte termijn lijkt al in een praktische pilotopzet gestart te kunnen worden met goederenvervoer in NS-reizigerstreinen voor beleving van winkels op 22 grotere stations. Op middellange termijn (bijvoorbeeld na invoering van de Zero Emission (ZE)-zones) kan dit worden uitgebreid met goederenvervoer naar een bredere omgeving rondom stations. Het volledige uitgewerkte hybride concept (2030 en verder) vereist aanpassingen aan meerdere systeemonderdelen, zoals techniek, IT, veiligheid, regelgeving, enzovoorts. Op basis van ervaringsreferenties en expert judgement wordt ingeschat dat het hybride concept op basis van de huidige stand van de techniek is te realiseren. Vanuit de optiek van wet- en regelgeving zijn er in dit onderzoek geen grote belemmeringen geïdentificeerd. Nieuwe materieeltypen moeten door het toelatingsproces van IL&T (Inspectie Leefomgeving en Transport). Wanneer in de ontwikkeling van een innovatie de scope nog niet duidelijk is af te bakemen, is het maken van een goede kosten-batenanalyse lastig. Zeker wanneer de positie van de belangrijkste stakeholders ten opzichte van de innovatie nog onduidelijk is, is een dergelijke analyse sterk indicatief en kan daarmee een verkeerd beeld schetsen. Er is daarom gekozen om in het rapport alleen een kwalitatief beeld te schetsen van de categorieën waarin verschillende kosten en opbrengsten zouden kunnen vallen. Vervolgonderzoek naar een verdere kwantificering van kosten en baten is daarom gewenst (en aanbevolen).

Wel hebben we een top down analyse gemaakt van de beschikbare capaciteit in reizigerstreinen en het ladingspotentieel (goederenstromen die hiervoor in aanmerking komen). Dit is gedaan voor het eindbeeld (fase 3) om het totale potentieel in beeld te brengen. Fase 1 en 2 zijn groei- en ontwikkelingsfasen en met het aantonen dat er ruim voldoende potentieel van zowel ruimte als ladingaanbod is voor uitvoering van fase 3, is er ook voldoende lading om in de groei naar deze eindfase de aanwezige ruimte in treinen te vullen.

Voor het bepalen van het vervoerpotentieel van het hybride concept in fase 3 is een inschatting gemaakt op basis van een drietal scenario's – Hoog 60%, Midden 40% en Laag 20% – van de praktische benuttingsgraad van de theoretisch beschikbare ruimtecapaciteit en daarna vergeleken met de beschikbare goederenstromen die voor het hybride concept in aanmerking komen. In alle scenario's lijken er voldoende goederenstromen beschikbaar te zijn om dit te realiseren.

In het midden-(40%) scenario betekent dit een vervoerpotentieel van circa 460.000 europallets per dag, hetgeen een equivalent is van circa 15.500 volle vrachtwagenladingen. In dat scenario bedraagt de gecombineerde praktische bezettingsgraad van personen en goederen nog steeds slechts 58% van de theoretische maximale bezettingsgraad.

Een kwantitatieve analyse van effecten van het hybride concept heeft in dit eerste verkennende onderzoek nog niet plaatsgevonden. In een vervolgonderzoek zou deze nadere uitwerking plaats moeten vinden. Veel vragen dienen beantwoord te worden om een betere kwantitatieve duiding van de effecten van invoering van hybride concept te kunnen geven. Daarvoor is nader overleg met stakeholders noodzakelijk. Het lijkt zinvol om in eerste aanleg in fase 1 een beperkte pilot uit te voeren om aanvullende kenniselementen te identificeren.

In vervolg hierop kan een ontwikkelprogramma (roadmap) worden geformuleerd, met daarin specifieke aandacht voor fasering, publiek-private samenwerking, stakeholderbelangen en vereiste veranderingen daarin (procestransities). Dit alles kan de basis vormen voor discussie met geïnteresseerde belanghebbenden en voor nadere besluitvorming.

1.	Inleiding	6
1.1	Aanleiding en probleembeschrijving	7
1.2	Het hybride concept, enablers en stakeholders	8
2.	Beleidskader en -achtergrond	10
2.1	Mobiliteitsvisie 2050	10
2.2	Het doel van openbaar vervoer	13
2.3	Beleid duurzame en efficiënte stadslogistiek	14
2.4	Synergie beleidskader en het hybride concept Turboplan 2030	16
3.	Menging van personen- en goederenvervoer	18
3.1	Varianten van menging en praktijkvoorbeelden	18
3.2	De drie ontwikkelfasen	22
3.3	Vervoerscapaciteit	27
3.4	Vervoerstromen	32
3.5	Vervoerpotentieel	35
4.	Haalbaarheid	37
4.1	Technische haalbaarheid	37
4.2	Infrastructurele haalbaarheid op en rond stations	44
4.3	Operationele haalbaarheid	47
4.4	Juridische en veiligheidsaspecten	48
4.5	Economische haalbaarheid en verdelingseffecten tussen stakeholders	49
4.6	Maatschappelijke aspecten	53
4.7	Mogelijke pilot in fase 1	56
5.	Conclusies en aanbevelingen	58
5.1	Conclusies	58
5.2	Aanbevelingen en mogelijke vervolgstappen	59
1	Bijlage 1: Voorbeelden uit de praktijk	61
2	Bijlage 2: Operationele ruimte in de treinen	64

1. Inleiding

Op 19 november 2020 is onder nummer 35 570 XII in het kader van de vaststelling van de begrotingsstaten van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (XII) voor het jaar 2021 een motie van de leden Amhaouch en Ziengs door de Tweede Kamer aangenomen en geagendeerd voor verder onderzoek naar de mogelijkheden om licht goederenvervoer te combineren met passagiersvervoer in treinen zoals onder andere voorgesteld in de notitie Turboplan 2030³. De motie is ingediend naar aanleiding van de constatering dat treinen in de verschillende daluren onderbezet zijn.

Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en ProRail hebben aan TU Delft, TNO en Royal HaskoningDHV gevraagd om gezamenlijk de haalbaarheid te onderzoeken van flexibel combineren van reizigersvervoer en goederenvervoer in reizigerstreinen, zoals beschreven in het 'mobiliteitsconcept Turboplan 2030'.

Dit onderzoek geeft inzicht in de kansrijkheid van dit concept, in de drempels die er zijn en in de belangrijkste randvoorwaarden voor realisatie. Binnen de projectscope, -begroting en doorlooptijd zijn deze aspecten gekwalificeerd en -zoveel als redelijkerwijze mogelijk- gekwantificeerd. Ook wordt in dit onderzoek een advies gegeven voor het initiëren van vervolgonderzoek(en).

Het onderzoek is gericht op de toepassing van dit nieuwe mobiliteitsconcept binnen de huidige manier van reizigersvervoer. Het gaat om het beter benutten van de beschikbare ruimte in reizigerstreinen, door toevoeging van het vervoer van hiervoor geschikte goederen en ladingstromen.

De volgende onderzoeksvragen dienden als richtinggevend voor het onderzoek en zijn hoofdzakelijk kwalitatief en waar mogelijk kwantitatief beantwoord:

- Wat zijn de technische en organisatorische mogelijkheden voor menging van reizigers- en goederenvervoer?
- Wat zijn de ervaringen: elders, uit het verleden, bij andere vervoerssystemen (tram, metro)?
- Wat is de huidige performance van het railsysteem (bezettingsgraad treinen en infrastructuur, modal split, beladingsgraad)?
- Wat zijn de kenmerken van het hybride concept (pod-grootte, kenmerken, eisen), welke kosten zijn er, welke bottlenecks/uitdagingen (veiligheid, certificering) gaan hiermee gepaard, welke eisen worden aan de infrastructuur (incl. stations/laad-losvoorzieningen) gesteld, welke investeringen voor aanpassing infrastructuur?
- Welke goederenvervoersstromen zijn het meeste geschikt en wat is een eerste inschatting van de omvang en marktpotentieel?
- Welke verbindingen/trajecten, en tijden zijn het meest geschikt?
- Wat zijn de verwachte servicelevels/prestaties, welke vervoerskosten en hoe leidt dit tot gewenste modal shift van weg naar rail?
- Wat zijn de maatschappelijke baten hiervan?
- Wat kunnen we uit het onderzoek concluderen t.a.v. de haalbaarheid, mogelijkheden voor financiering en wat is nog onbekend?

Deze vragen zijn in twee stappen beantwoord. Eerst zijn de uitkomsten van literatuurstudie naar combinaties van goederen- en personenvervoer en de haalbaarheid hiervan weergegeven. Ook is hier gekeken naar praktijkvoorbeelden uit het verleden en de informatie die hierover beschikbaar is. Hierna is onderzocht wat de beschikbaarheid is op het OV-netwerk in Nederland, en welke goederen mogelijk geschikt zijn voor

³ Notitie Turboplan op site van Mission Innovations: mission-innovations.com

vervoer in het hybride concept. Om hierin meer inzicht in te bieden, is de implementatie van het concept theoretisch gefaseerd. Het vervoerspotentieel is ingeschat op basis van de theoretisch beschikbare capaciteit in een drietal scenario's en daarna vergeleken met de vervoersstromen, die voor het hybride concept in aanmerking komen. In hoofdstuk vier wordt de haalbaarheid onderzocht op basis van de volgende aspecten: techniek, infrastructureel, juridisch, economie en externe effecten.

De uitkomsten van dit onderzoek worden in het MIRT (Meerjarenprogramma Infrastructuur Ruimte en Transport) -overleg besproken om draagvlak te krijgen voor eventueel vervolgonderzoek(en).

1.1 Aanleiding en probleembeschrijving

Het openbaar vervoer wordt beschouwd als een cruciaal onderdeel van ons mobiliteitssysteem, omdat het in staat is om op een efficiënte wijze grote volumes aan reizigers met beperkt ruimtebeslag en energieverbruik te vervoeren. Het is georganiseerd op basis van een vaste dienstregeling en is daarmee in de kern een aanbod-gedreven systeem. Verder hebben reizigerstreinen een vaste monofunctionele vervoersfunctie en een bepaalde vaste capaciteit die maximaal wordt ingezet in de spitsuren, vaak in één dominante richting.

Beide uitgangspunten tezamen hebben tot gevolg dat er continu een aanzienlijk percentage onbenutte vervoerscapaciteit aanwezig is binnen de reizigerstreinen. Om dit "probleem" enigszins te verminderen, dunnen de spoorvervoerders buiten de spitsuren de materieelinzet uit. De spitscapaciteit is dan niet meer nodig en het beperkt de inzet van rijdend personeel, materieelkilometers en energiekosten. Echter, vanwege logistieke of technische redenen is dit niet op alle verbindingen mogelijk. Het tekort aan opstelsporen (met name in de Randstad) helpt daar ook niet bij. Verder zijn er nog treinen die standaard de hele dag enkel met vaste composities kunnen rijden; bijvoorbeeld met één of twee treinstellen. Openbaar vervoer is doorgaans gedimensioneerd op piekbelastingen van personen die in de spits reizen, bijvoorbeeld met de trein. Buiten de spitsuren is dezelfde trein minder druk bezet, wat kansen biedt voor het combineren van goederenvervoer.

De Mobiliteitsvisie 2050⁴ beschrijft het actuele, strategische beleidskader van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW). Belangrijke ontwikkelingen die hierin aandacht krijgen zijn:

- Bereikbaarheid, brede welvaart en leefbaarheid staan onder druk.
- Toenemende groei van bevolking en goederenstromen in elk scenario.
- De mogelijkheden om infrastructuur uit te blijven breiden zijn beperkt in ruimte en budget en bovendien vanuit duurzaamheid niet wenselijk.

Deze ontwikkelingen leiden tot de noodzaak om ruimte- en energie-efficiënt om te gaan met de capaciteit van bestaande infrastructuur, door bijvoorbeeld meerdere vervoersmodaliteiten te organiseren tot één multimodaal, integraal en inclusief mobiliteitssysteem en door op innovatieve wijze te kijken naar mogelijke synergie-effecten bij het combineren van reizigersvervoer en goederenvervoer.

In dit onderzoek wordt de haalbaarheid van het flexibel en hybride combineren van reizigersvervoer en goederenvervoer in multifunctionele treinen, zoals beschreven in het mobiliteitsconcept TurboPlan 2030, vanuit verschillende invalshoeken onderzocht en beoordeeld. Een dergelijke combinatie van goederen- en personenvervoer wordt vanaf hier ook kortweg het 'hybride concept' genoemd. Bovendien wordt onderzocht of het hybride concept kan bijdragen aan de doelstellingen zoals beschreven in de Mobiliteitsvisie 2050.

⁴ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/03/17/bijlage-hoofddijnennotitie-mobiliteitsvisie-2050>

1.2 Het hybride concept, enablers en stakeholders

Het flexibel combineren van reizigers- en goederenvervoer in hybride treinconfiguraties is de essentie van het nieuwe mobiliteitsconcept. Door het “vraag-gestuurd” vullen van de structureel aanwezige onbenutte capaciteit van vervoersruimte in reizigerstreinen, worden de nadelen van een in basis “aanbod-gestuurd” OV-systeem gecompenseerd. Door het vervoeren van voor dit concept geschikte goederen kan het mogelijk een nieuwe vervoersmodaliteit voor goederentransport toevoegen, die efficiënter en slimmer om kan gaan met ruimte en energie en kan daarmee bijdragen aan een betere bereikbaarheid van stadscentra en rurale gebieden. Het concept maakt gebruik van de beschikbaarheid, betrouwbaarheid en robuustheid van het spoorstelsel. Door goederenstromen met dit nieuwe vervoersstelsel van de weg naar het spoor over te zetten wordt capaciteit vrijgespeeld op de bestaande weginfrastructuur om de verwachte groei van de reizigers- en goederenstromen te faciliteren.

In het licht van dit onderzoek is het goed een tweetal verschillen tussen de modaliteiten spoor en weg uit te lichten:

- De rolweerstand van de trein is erg laag t.o.v. de luchtweerstand; ondanks het hoge voertuiggewicht is het daardoor een efficiënte vorm van vervoer over (middel)lange afstand. Daarbij is de toename van het energieverbruik als gevolg van het toevoegen van lading beperkt. Kort gezegd meer gewicht in de trein, betekent marginale toename van energieverbruik. Dat is significant anders bij het wegtransport.
- Een vrachtwagen moet worden geboekt en rijdt alleen voor een overeengekomen prijs. Voor het Turboplan geldt dat de trein al rijdt, volgens een fijnmazige dienstregeling, die een jaar vooruit bekend is. Door de wisseling van het ladingaanbod heeft het wegvervoer vaak een discontinu karakter. Het OV daarentegen is gepland volgens een vast schema, zeer robuust, veilig, en kent een gemiddelde punctualiteit van meer dan 90%. Dat laatste blijkt vaak onhaalbaar in het wegtransport. Door de hoge frequentie is er meer flexibiliteit en tijd voor de verlader en bovendien kan worden gepland op basis van een “point-to-point” enkele reis, zodat lege retour-ruimte voor de verlader en/of vervoerder geen thema meer is.

Dankzij het flexibele, gecombineerde karakter van personen- en goederenvervoer, worden de negatieve eigenschappen van het aanbod-gedreven systeem, zoals het OV nu is georganiseerd, verminderd en kunnen aanbieders eenvoudiger reageren op (al dan niet plotseling optredende) veranderingen. Door efficiënter en duurzamer gebruik van de railinfrastructuur, rollend materieel en personele inzet kan een betere dekking worden gerealiseerd van de operationele kosten en van de kosten, gemoeid met de aanschaf, verbetering en/of uitbreiding van benodigde vaste activa (investeringen). Het exacte kwantitatieve effect hiervan dient nog nader te worden onderzocht.

Voor de realisatie van dit hybride concept zijn drie soorten “enablers” van belang, die onderling met elkaar samenhangen. Het gaat hier om:

- Technische componenten, waarbij onderscheid wordt gemaakt in:
 - Een nieuw type IT managementsysteem om de processen te coördineren.
 - Een nieuw type rollend materieel geschikt voor flexibel, hybride vervoer, een concept dat ook toepasbaar is voor lightrail en metro.
 - Een nieuw type vervoershulpmiddel, zoals een “cargo pod”.
- Infrastructurele aanpassingen, waarbij onderscheid wordt gemaakt in:
 - Aanpassingen in het railnetwerk.
 - Aanpassingen aan bestaande stations/perrons of eventueel nieuwe hubs/perrons ten behoeve van laad- en losfaciliteiten en eventuele bufferfunctie (op/overslag).
 - Aanpassingen aan de interne routing stations (corridors, liften, expeditie ruimten).
 - Aanpassingen aan de aan- en afvoerroutes (toegangswegen).

- Procestransities, waarbij onderscheid wordt gemaakt in:
 - Overheden, beleidsmakers.
 - Beheerders van de railinfrastructuur, perrons en stations.
 - Vervoerders: de spoorvervoerders en first & last mile wegvervoerders.
 - Verladers en/of marktpartijen met een vervoerbehoefte.
 - Treinreizigers.

De samenhang van de drie categorieën wordt behandeld in paragraaf 3.2. In deze paragraaf worden de ontwikkel- en implementatiefasen toegelicht. In hoofdstuk 4 wordt de haalbaarheid van de drie eerdergenoemde “enablers” nader toegelicht, waarbij de technische componenten en infrastructurele aanpassingen in de paragrafen 4.2 en 4.3 worden behandeld. Daarnaast komen procestransities verspreid over het gehele hoofdstuk aan bod.

In aanvulling op een eerder door de TU Delft in opdracht van Royal HaskoningDHV uitgevoerd onderzoek (Freight Transportation in Passenger Trains, the Logistical Process at Stations, TIL5050-20, TU Delft), zijn voor de implementatie van het hybride concept de volgende primaire stakeholdergroepen geïdentificeerd:

1. Overheden; Ministerie Infrastructuur en Waterstaat, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Ministerie van Financiën, provincies, gemeenten, al dan niet in de rol van concessiebeheerders.
2. Beheerders van railinfrastructuur, perrons (ProRail) en stations (NS Stations).
3. Spoorvervoerders van reizigers (met name NS en Arriva).
4. Verladers c.q. logistieke dienstverleners die opereren in opdracht van marktpartijen met een vervoerbehoefte.
5. Belangenorganisaties van reizigers.

In paragraaf 4.5 staat beschreven wat de rollen zijn van de primaire stakeholders, met welke (economische) effecten zij te maken krijgen en hoe zij worden geacht samen te werken, omdat dat essentieel is voor een goede uitwerking.

2. Beleidskader en -achtergrond

2.1 Mobiliteitsvisie 2050

Op basis van onder meer de Contouren Toekomstbeeld OV 2040, het Klimaatakkoord, de Goederenvervoeragenda en een brede consultatie in de OV- en spoorsector (reizigers en goederenvervoer) is de Mobiliteitsvisie 2050 tot stand gekomen.

De hoofdlijnen van deze visie zijn:

- Nastreven van integrale doelen die het publieke belang van bereikbaarheid van maatschappelijk economische vitale functies borgen in heel Nederland.
- Benutten, versterken en verbinden van de krachten en innovaties van de verschillende modaliteiten zodat de bereikbaarheidsdoelen doeltreffend en doelmatig behaald worden.
- Het integrale mobiliteitssysteem van de toekomst voldoet aan de publieke kaders en wettelijke kaders voor een gezonde leefomgeving, veiligheid, natuur en duurzaamheid.

De voornoemde hoofdlijnen worden gebiedsgericht uitgewerkt, in nauwe samenwerking met bestuurlijke partners en betrokkenheid van gebruikers van het mobiliteitssysteem. Voor goederenvervoer geldt een corridorgerichte benadering die aansluit op internationale netwerken.

In de Contouren Toekomstbeeld OV2040 wordt uiteengezet hoe het OV in combinatie met andere modaliteiten een belangrijke rol speelt voor een groot aantal opgaven waar Nederland de komende decennia mee te maken heeft. In de kern gaat het hierbij om het leggen van een stevig fundament voor het stedelijke netwerk Nederland met onder andere het vaak en snel verbinden van steden.

Het OV maakt activiteiten voor grotere groepen toegankelijk, verbindt nieuwe en bestaande woon- en werkgebieden en maakt ook woningbouw buiten de Randstad bereikbaar. Het draagt daarmee bij aan sociale cohesie, en versterkt economische potentie. Het OV vervoert op veilige, gelijkwaardige, duurzame, kosteneffectieve en ruimte-effectieve wijze grote stromen reizigers. Schaarse ruimte vereist efficiënt gebruik met een integrale aanpak. Het OV is een zeer ruimte-efficiënte modaliteit. Dat geldt voor direct ruimtebeslag, maar ook indirect zoals voor omgevingshinder en leefbaarheid.

Goede verbindingen verlagen de kosten van transport van mensen en goederen. Het OV biedt potentie en geeft concreet antwoord op urgente maatschappelijke opgaven en is onderdeel van een breder palet van mogelijkheden om te investeren in de mobiliteit.

Om de doelen van het Toekomstbeeld OV op kosteneffectieve wijze te behalen zijn samenhangende keuzes nodig. Deze keuzes worden beschreven in zogenaamde menukaarten aan de hand van de ontwikkelrichtingen uit de contouren van het Toekomstbeeld OV. De menukaarten zijn geen blauwdruk maar vormen de basis voor onderlinge afstemming over OV-investeringen in de komende jaren. Keuzes dienen altijd in samenhang en integraliteit gemaakt te worden.

In het Klimaatakkoord is al opgenomen dat de klimaattransitie zo kosten-efficiënt mogelijk moet worden gerealiseerd zodat de transitie betaalbaar blijft voor iedereen: de samenleving, bedrijven en burgers.

De totale extra nationale kosten van het Klimaatakkoord in 2030 worden geprognosticeerd als lager dan 0,5% van het Bruto Binnenlands Product in 2030.

De Mobiliteitsvisie 2050 haakt daar ook op aan door in de aanpak van verduurzaming de term Trias Energetica te benoemen, waarin de eerste stap bestaat uit het verminderen van energieverbruik, de tweede stap uit het slimmer gebruik maken van energie middels het koppelen van vraag en aanbod over sectoren heen, en de derde stap bestaat uit het verduurzamen van het energiesysteem.

In de Goederenvervoeragenda werd door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat reeds de ambitie uitgesproken voor het realiseren van een robuust, efficiënt en duurzaam transportsysteem.

Robuust houdt in dat goederentransporten tijdig en voorspelbaar kunnen worden uitgevoerd. Verschillende transportmodaliteiten sluiten goed op elkaar aan (multimodaliteit) en fungeren ook als alternatief voor elkaar (synchromodaliteit). Overbelaste netwerken worden op deze manier ontlast en onderbenutte netwerken worden beter gebruikt en de totale onderhoudskosten kunnen worden verlaagd. Efficiënt betekent een operationeel efficiënte organisatie van het transportproces door gebruik van data, data uitwisseling, digitalisering en automatisering.

Duurzaam betekent reductie van emissies, energieneutraliteit en circulair gebruik van materialen.

Veiligheid wordt geacht hierbij een belangrijke bouwsteen te zijn.

In de Mobiliteitsvisie 2050 wordt nogmaals benadrukt dat bereikbaarheid en mobiliteit cruciaal zijn voor burgers en bedrijfsleven om mee te doen in de maatschappij en het verdienvermogen van Nederland.

Urgente actie is nodig om bereikbaarheid en mobiliteit op niveau te houden vanwege bevolkings- en economische groei, onveiligheid en verduurzaming.

Bovendien dienen zich al nieuwe uitdagingen aan buiten de mobiliteit, zoals stikstof problematiek, extreem weer en woningnood. Belangrijke randvoorwaarden waarbinnen gemanoeuvreed moet worden zijn de schaarste aan middelen in termen van geld, arbeidskrachten en fysieke ruimte. Daarom zijn keuzes op basis van integrale doelen nodig, gericht op de juiste mobiliteit op de juiste plaats en tijd.

Daaraan voegen wij toe dat, gezien het lange termijn karakter van investeringen op het gebied van bereikbaarheid en mobiliteit, de gekozen uitwerkingen zoveel als mogelijk veerkrachtig en (liefst internationaal) schaalbaar zijn om over een langere periode te kunnen inspelen op:

- De dynamiek van de marktpraak.
- Veranderende gedragspatronen al dan niet als gevolg van exogene factoren zoals de Covid pandemie en Oekraïne oorlog.
- Voortschrijdende technische innovaties.
- Additionele groei van bevolking c.q. goederenstromen.

Een veerkrachtig en schaalbaar mobiliteitssysteem verhoogt de waarde van de investeringen gedurende de gebruiksperiode.

Bij het realiseren van de ambitie van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat om in 2050 een gezonde, schone en veilige leefomgeving te bereiken wordt men geconfronteerd met de volgende ontwikkelingen:

- Het goederenvervoer groeit substantieel qua vervoerd gewicht in alle vervoerwijzen en in scenario's van zowel hoge als lage groei.
- De mobiliteitsvraag voor personen neemt voor veel vervoerswijzen in alle scenario's toe door de groei van bevolking en welvaart.
- Bereikbaarheid van banen en voorzieningen in (delen van) regio's als Noordoost-Nederland, kop Noord-Holland, Zeeland en Limburg neemt af.
- Er is geen daling meer te zien in het aantal verkeersslachtoffers; de maatschappelijk kosten van verkeersonveiligheid bedragen circa € 27 miljard / jaar.
- De dagelijkse mobiliteit veroorzaakt circa 20% van de totale CO2 uitstoot; dit geeft nieuwe eisen voor het mobiliteitssysteem om klimaatdoelstellingen te behalen.
- Om verslechtering van natuur tegen te gaan en natuur te herstellen moet ingezet worden op natuurbehoud en ook op meer ruimte voor biodiversiteit.

Om maatschappelijke en economisch belangrijke voorzieningen in de toekomst bereikbaar te houden voor mensen en bedrijven, moet daarom de kracht van alle modaliteiten worden benut. Bij benutting van de kracht van modaliteiten draait het om verbeterde capaciteitsbenutting van infrastructuren en de daarop actieve vervoersmodaliteiten.

Het gaat hierbij om 5 hoofdlijnen bij de uitvoering:

- Modaliteiten worden georganiseerd als elkaars alternatief (synchromodaliteit) met een efficiënte inzet van elk van de modaliteiten (vanuit integrale doelstellingen en publieke kaders).
- Modaliteiten worden georganiseerd zodat ze elkaar aanvullen (multimodaliteit) in de reis- of vervoersketen van A naar B en zorgen voor naadloze aansluiting.
- Knooppunten worden georganiseerd als efficiënte en - gezien vanuit de vitale functies die het mobiliteitssysteem bedient - effectieve overstap- en overslagpunten (mobiliteits-hubs).
- Er wordt gebruik gemaakt van kansen van innovaties om het mobiliteits- en transportnetwerk te versterken.
- We benutten de kansen die zich in internationaal perspectief voordoen.

Een belangrijke voorwaarde voor integraal mobiliteitsbeleid is een voortgaande digitalisering van processen in het mobiliteitsdomein. Voor het realiseren van een goed functionerend mobiliteits-eco-systeem waar optimale sturing kan plaatsvinden om de begrippen synchromodaliteit, multimodaliteit, en mobiliteitshubs ook daadwerkelijk lading te kunnen geven, is het verzamelen en uitwisselen van data noodzakelijk. Deze data hebben onder meer betrekking op de infrastructuur zelf, de (capaciteit van) verschillende vervoersmodaliteiten en op lading- en routeplanning kenmerken.

Een tweede belangrijke voorwaarde voor integraal mobiliteitsbeleid is flexibiliteit. Flexibiliteit om beter en zo real-time mogelijk, in te kunnen spelen op de actuele vraag en aanbod situatie en daarmee de ruimte die binnen het mobiliteitssysteem aanwezig is optimaal te gebruiken.

In de Mobiliteitsvisie 2050 wordt met name de relatie tussen personen- en goederenvervoer op de weg en het spoor benoemd als een kansrijk gebied om ruimte te geven aan nieuwe vervoersconcepten en te bezien of de netwerken kunnen worden verbeterd door de verdeling, samenwerking en/of interactie tussen beide logistieke processen. Multipurpose mobiliteitshubs waar voldoende voorzieningen aanwezig zijn en waarbinnen overstap- en overslagcapaciteit georganiseerd wordt, zonder drempels op te werpen, spelen hierin een belangrijke rol. Dit om een naadloze aansluiting tussen vervoerwijzen te versterken. In het huidige Coalitieakkoord van het demissionaire kabinet Rutte IV, en in het beleidsprogramma van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat is opgenomen dat er meer ingezet moet worden op dit type hubs.

Om voornoemde te stimuleren wil het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat dat slimme, duurzame oplossingen voor de infrastructuur zelf, en voor haar vervoersmodaliteiten zo snel mogelijk beschikbaar en bruikbaar zijn. Daarvoor zijn niet alleen technologische innovaties van belang maar ook innovaties die door hun effect op gedrag ertoe leiden, dat het mobiliteitssysteem efficiënter wordt benut.

Elke vernieuwing op het gebied van bereikbaarheid die kan bijdragen tot brede welvaartsdoelen is welkom. De overheid kan een rol bij deze innovaties overwegen als:

- Het een innovatie is die de beleidsdoelstellingen dichterbij brengt.
- De innovatie zonder overheidsrol niet of te langzaam tot stand zou komen.
- De maatschappelijke baten de maatschappelijke kosten overtreffen.
- De overheidsrol weer wordt afgebouwd als de innovatie wordt toegepast.

Uitgangspunt is om experimenten met mobiliteitsinnovaties toe te laten om zo praktijkervaring op te doen en gegevens te verzamelen over de effecten. Het Rijk kan dergelijke experimenten stimuleren en samenwerken met het bedrijfsleven om zo nieuwe ontwikkelingen te kanaliseren en begeleid te standaardiseren.

Er worden drie vormen van innovatie expliciet genoemd in de Mobiliteitsvisie 2050:

- Automatisering om de capaciteit van vervoerwijzen te vergroten, verkeersveiligheid te bevorderen, of afhankelijkheid van schaars personeel te verminderen.
- Digitalisering omdat data en data uitwisseling als de spil wordt gezien voor een integraal mobiliteitssysteem.

- Elektrificatie, waarbij de belangrijkste voorwaarde een dekkend netwerk is, met voldoende capaciteit voor de laadinfrastructuur.

Om bovengenoemde zaken efficiënt, effectief en integraal te kunnen realiseren is een goede samenwerking van stakeholders belangrijk.

2.2 Het doel van openbaar vervoer

Het hoofddoel van de Rijksoverheid, in deze vertegenwoordigd door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, voor het openbaar vervoer is dat iedereen zelfstandig met het openbaar vervoer moet kunnen reizen⁵. Ook is voor de grootste dienstverlener voor openbaar vervoer per spoor in Nederland, de NS, de prioriteit duidelijk: “Onze reizigers staan in al onze activiteiten op 1, 2 en 3, en we werken voor hen aan een zo aangenaam en duurzaam mogelijke reis van deur tot deur⁶”. In het in deze studie onderzochte hybride concept opereert het goederenvervoer in een systeem gericht op personenvervoer. De hoofdvoorwaarde van flexibele inpasbaarheid betekent dus dat goederenlogistiek niet de reizigers in de weg zit en hiermee ligt dit in lijn met de doelen uit de beleidsnotities.

In het huidige Coalitieakkoord van demissionaire kabinet Rutte IV en in de meeste verkiezingsprogramma's voor de Tweede Kamerverkiezingen van november 2023 staat opgenomen dat het OV in alle delen van Nederland een goed en betaalbaar alternatief moet zijn voor de auto. Het belang van de reiziger staat daarbij voorop. Die moet snel, comfortabel en veilig van A naar B kunnen reizen. Dat vraagt om betrouwbare reisinformatie, goede aansluiting op fiets, taxi en auto en een veilig en makkelijk betaalsysteem.

Een andere toepassing van het doel

De laatste jaren hebben Rijksoverheid, ProRail en NS onder andere ingezet op het toegankelijk maken van OV voor reizigers met een beperking. Maatregelen zijn: gelijkvloerse instap tussen trein en perron, coupés met een extra brede schuifdeur en ruime plaatsen voor rolstoelgebruikers, gratis meereizen van een blindengeleidehond, een toegankelijk toilet en verbetering en uitbreiding van assistentieverlening. Maatregelen als gelijkvloerse instap, brede schuifdeuren en assistentieverlening zijn ook interessant voor het transporteren van goederentrolleys in treinen. Deze aanpassingen aan het reizigersmaterieel maken goederenvervoer eerder mogelijk en creëren daarmee een kans, mits dit de toegankelijkheid voor de reiziger niet beperkt.

Benutting en innovatie

De OV-sector is met name gericht op reizigers, veiligheid en continuïteit. Een innovatiekans wordt benoemd in Contouren Toekomstbeeld OV 2040: “Om de ambities voor een veilig, duurzaam, betrouwbaar en slim OV en mobiliteit in de toekomst waar te maken, zetten we daarom ook in op innovaties, die stapsgewijs, sprongsgewijs of op radicale wijze hun intrede doen. Juist bij het beter, slimmer, veiliger en duurzamer benutten van bestaande OV-netwerken en het verhogen van de kwaliteit van reizigers en omwonenden hebben we innovaties nodig” (Specials Infrastructuur en Waterstaat Contouren Toekomstbeeld OV 2040, (2019)⁷. Er is daarom in 2019 een gezamenlijke adaptieve meerjarige, missie gedreven innovatieagenda gestart door de Rijksoverheid, regio's, vervoerders, ProRail en kennispacten. De Rijksoverheid, ProRail en NS geven hiermee aan bestaande OV-netwerken beter te willen benutten door het inzetten van innovaties, zoals ook benoemd in Mobiliteitsvisie 2050, zie paragraaf 2.3.

⁵ <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/openbaar-vervoer/comfortabel-reizen/openbaar-vervoer-toegankelijk-voor-iedereen>

⁶ <https://www.ns.nl/over-ns>

⁷ <https://magazines.rijksoverheid.nl/ienw/ienw-specials/2019/07/pijler-1-focus-op-de-kracht-van-het-ov>

Om de stap van innovatie naar toepassing en opschaling te versnellen zijn experimenten en living labs een belangrijk onderdeel van de programmastructuur.

Mobiliteit is echter een breed domein en raakt meerdere topsectoren waaronder logistiek, automotive, energie en IT. Dat biedt kansen op het benutten van innovatieve technologie in en tussen die topsectoren, maar is ook lastig omdat de topsectoren programma's zich niet direct richten op mobiliteit. Mobiliteit overstijgt daarmee het individuele belang van een sector en dient bovendien in belangrijk mate collectieve, maatschappelijke belangen zoals duurzaamheid, bereikbaarheid en leefbaarheid. Hierdoor kan het functioneren van de markt niet of te weinig bijdragen aan de brede welvaart. Een goed ontwikkeld, efficiënt en duurzaam mobiliteitssysteem voor personen en goederen is bovendien essentieel voor het ontwikkelen van de comparatieve voordelen van Nederland. Deze omstandigheden vragen daarom naar een sturende rol van de Rijksoverheid c.q. het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Zonder die sturende rol van het proces blijft het mobiliteitsveld onoverzichtelijk en kunnen geen systeemsprongen of transities worden doorgevoerd en kan er niet missie-gedreven worden geïnnoveerd (zie Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma Duurzame Mobiliteit, MMIP⁸). Meerdere overheidsorganisaties werken hieraan; bijvoorbeeld Rijkswaterstaat via MMIP D+.

2.3 Beleid duurzame en efficiënte stadslogistiek

Belangrijke onderdelen van deze beleidsnotitie (Contouren Toekomstbeeld OV 2040⁹) zijn de invoering van zero-emissiezones voor stadslogistiek in een groot aantal gemeenten in Nederland en het beproeven van innovatieve logistieke concepten. Eerder uitgevoerde experimenten op dit onderwerp hebben nuttige kennis opgeleverd en ook geleid tot lagere emissies. Er is echter meer nodig om de transitie naar emissievrije logistiek te faciliteren. Het is de ambitie van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat om dit te doorbreken, door op basis van een gebalanceerde samenwerking tussen het Ministerie, gemeenten en bedrijfsleven, en een analyse van kritische succesfactoren, een beperkt aantal blauwdrukken te ontwikkelen die, met aandacht voor specifieke kenmerken van een stad, een gestandaardiseerde aanpak voor realisatie van stadslogistiek bieden.

Zero-emissiezones en uitstootvrije stadslogistiek (ZES)

Het Klimaatakkoord, de landelijke uitvoeringsagenda stadslogistiek en zero-emissiezones veranderen stedelijke logistiek. Om leefbaarheid, winkel- en verblijfsklimaat in de stad te verbeteren en overlast te beperken, stellen ongeveer 30 gemeenten vanaf 1 januari 2025 een gebied in zonder uitstoot van CO₂ emissies. Dat gebied heet een nul-emissiezone (zero-emissiezone of ZE-zone). Dit betekent dat bestel- en vrachtauto's in de ZE-zone uitstootvrij moeten rijden (Zero emissie stadslogistiek, 2023). Voor een aantal voertuigcategorieën is er nog een overgangsregeling tot 2030.

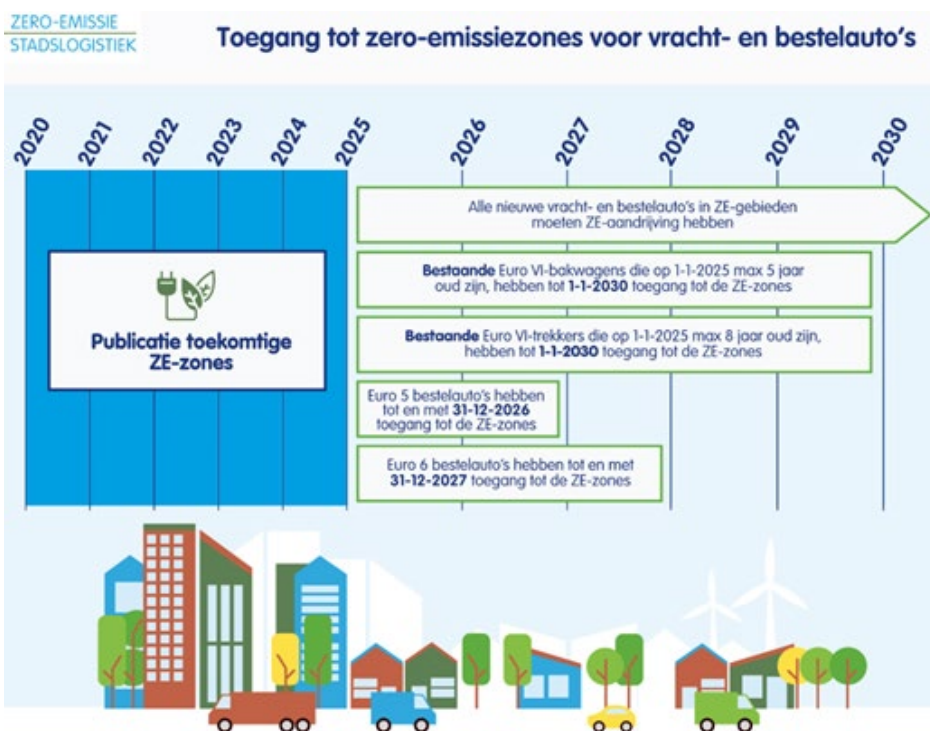
Figuur 1 geeft de ZE-zone voor de stad Utrecht weer. Hierin is te zien dat het station Utrecht Centraal vanaf 1 januari 2025 niet meer bereikbaar is met emissie uitstotende voertuigen, met uitzondering van de voertuigen waarvoor een overgangsregeling van kracht is. Vanaf 2028 moeten alle bestelauto's in de ZE-zone uitstootvrij zijn. Vanaf 2030 geldt dit ook voor vrachtwagens. Figuur 2 geeft de landelijke overgangsregelingen weer, waarbij is te zien welke type voertuig tot wanneer toegang heeft tot de ZE-zones in Nederland. Deze context is relevant, omdat het naar verwachting zal leiden tot overslagpunten aan de rand van steden. Dit heeft ook gevolgen voor de bedrijfsvoering van logistiek.

⁸ <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/meerjarige-missiegedreven-innovatie-programmas>

⁹ [Contouren Toekomstbeeld OV 2040 | Specials IenW \(rijksoverheid.nl\)](#)



Figuur 1: Zero-emissiezone Utrecht (Gemeente Utrecht, 2023)



Figuur 2: Toegang tot zero-emissiezones voor vracht- en bestelvoertuigen in Nederland (bron: OpwegenaarZES)

Logistieke hubs en andere kansen

De druk op het anders inrichten van stadlogistiek biedt ook kansen. De ZE-zone voor stadlogistiek dwingt logistieke partijen en hun klanten anders naar logistiek te kijken. De introductie van logistieke hubs aan de rand van steden zou hiervoor een interessante aanpak kunnen zijn. De logistieke sector is langzaam maar zeker aan het veranderen, en partijen ontwikkelen deze hubs nu al in heel Nederland, bijvoorbeeld CTPark in Amsterdam. Verhuisbedrijf Deudekom heeft een hub ontwikkeld in Duivendrecht, en vervult hierbij de functie van overslagpunt en distributiecentrum ten behoeve van UvA en HvA en haar leveranciers. Daarnaast werkt Deudekom ook rechtstreeks voor een aantal van deze leveranciers die veel stadsadressen beleveren.

NS Stations ontwikkelt, vanwege het verdwijnen van de goederen docks op Rotterdam Centraal Station momenteel een logistieke hub in Rotterdam Alexander. Dit is een potentiële kans voor het mobiliteitsconcept TurboPlan 2030. Bundelen van goederenstromen op een logistieke hub vergroot de theoretische efficiëntie van stadlogistiek, met ongeveer 72% (te lezen in rapport Districon 2022, paragraaf 2.41, Tabel 2). Door goederen ook te transporteren per trein, kan meer worden bijgedragen aan het verduurzamen van de stadlogistiek, een reductie van de filedruk en het leefbaarder maken van steden.

2.4 Synergie beleidskader en het hybride concept Turboplan 2030

De realisatie van een lange termijnambitie, zoals vastgelegd in de Mobiliteitsvisie 2050, vraagt om een doorvertaling naar concrete toepasbare doelstellingen voor de korte en middellange termijn.

Het draait hierbij om een integrale aanpak, het slim organiseren van mobiliteit en het benutten van krachten en kansen van alle vervoerwijzen om ruimte en energie te besparen en daarmee tevens economische efficiëntie te realiseren. Innovatie is hierbij de sleutel waarbij digitalisering en flexibiliteit om vraag en aanbod te matchen als belangrijke voorwaarden worden beschouwd van een integraal mobiliteitssysteem.

Begrippen als multimodaliteit en shared mobility worden in de Mobiliteitsvisie 2050 als oplossingen geboden voor het personenvervoer. Voor logistiek wordt naast multimodaliteit ook synchromodaliteit genoemd. Immers, enkel het wagenpark verduurzamen lost niet alle problematiek op, en dit heeft bovendien al haar eigen uitdagingen. Er dient ook gekeken te worden naar andere oplossingen voor bredere problematieken dan enkel uitstoot van de vloot. Bedoeld is hier onder meer het beslag op schaarse ruimte en leefbaarheid in steden en dorpen.

Het hybride concept, zoals met TurboPlan 2030 wordt voorgestaan, voldoet aan de belangrijkste voorwaarden die gesteld worden aan het realiseren van integraal mobiliteitsbeleid. Het voegt een extra vervoersmodaliteit toe voor goederen en geeft daarmee een extra lading aan de begrippen multimodaliteit, synchromodaliteit en shared mobility voor het goederenvervoer. Dit biedt mogelijk ook kansen voor die sector.

Realisatie van het hybride concept biedt een kans om door te borduren op een aantal reeds effectief gevoerde beleidstrajecten zoals:

- **Spoorcapaciteit 2030:** Waar dit project zich richt op meer infrastructurele capaciteit richt het hybride concept zich op beter benutting van beschikbaar capaciteit in het reizigersmaterieel. Door deze twee manieren voor het verkrijgen van meer capaciteit te combineren ontstaat er inzicht in welke mate infrastructures wel of niet en op welke termijn uitgebreid zouden moeten worden om de toekomstige vervoersgroei op te vangen en zou dit o.a. kunnen leiden tot minder investeringen, versnelling in het verkrijgen van meer capaciteit en minder uitstoot van emissies door minder wegvervoer in (en naar) de stad.
- **Beter en Meer: Verbeteraanpak stations.** Dit project gaat over het verbeteren van stations om hoogfrequent te gaan rijden met reizigers treinen. De deur tot deurreis van het groeiende aantal reizigers moet gefaciliteerd kunnen worden. Ook het voor- en natransport moet verbeterd worden. De komende jaren worden verschillende stations aangepast in verband met het hoogfrequent rijden. Om een naadloze reizigers flow te faciliteren, zou het goed mogelijk kunnen zijn om bepaalde delen van de stations en perrons zodanig aan te passen, dat in de toekomst goederenvervoer zoals in het hybride concept beschreven, mogelijk gemaakt kan worden. Hiervoor is verder onderzoek naar de lopende projecten nodig en mogelijke koppeling aan het hybride concept Turboplan.

Verder zien we voor het hybride concept synergie met de menukaarten van het Toekomstbeeld OV. De menukaarten van het Toekomstbeeld OV en onderwerpen uit het MIRT overzicht 2023 zijn nu zo geformuleerd dat ze betrekking hebben op of het reizigersvervoer, of op het traditionele goederenvervoer over het spoor. Het hybride concept verbindt deze twee sectoren voor bepaalde goederenstromen. Dit geeft aanleiding om te onderzoeken in welke mate een extra delta in de investeringen deze goederenlogistiek kan faciliteren en welke invloed dit heeft op de terugverdientijd van de totale investering.

Europees beleid

Mobiliteit en transport thema's spelen in de Europese Green Deal een prominente rol bij het realiseren van de doelstellingen. Het EU-beleid en bijbehorend meerjarig actieplan is vastgelegd in onder meer het beleidsplan "Strategie voor duurzame en slimme mobiliteit — Het Europees vervoer op het juiste spoor naar de toekomst ¹⁰", vastgesteld in 2021. Hierin zijn tien kerndomeinen opgenomen waarbij het mobiliteitsconcept TurboPlan 2030 bij de volgende zeven kerndomeinen een kansrijke katalysatorfunctie kan vervullen:

- Het gebruik van emissievrije voertuigen, hernieuwbare en koolstofarme brandstoffen en bijbehorende infrastructuur bevorderen.
- Duurzame en gezonde interstedelijke en stedelijke mobiliteit.
- Vergroening van goederenvervoer.
- Geconnecteerd en geautomatiseerde multimodale mobiliteit in de praktijk brengen.
- Innovatie, data en kunstmatige intelligentie voor slimmere mobiliteit.
- Veerkrachtige mobiliteit.
- Eerlijke en rechtvaardige mobiliteit voor iedereen.

¹⁰ <https://www.consilium.europa.eu/nl/press/press-releases/2021/06/03/sustainable-and-smart-mobility-strategy-council-adopts-conclusions/>

3. Menging van personen- en goederenvervoer

Dit hoofdstuk focust zich op menging van personenvervoer en goederenvervoer in de algemene zin. Eerst wordt een verkenning gedaan op basis van wetenschappelijke onderzoeken naar voorwaarden, risico's en beperkingen die het mengen van goederen- en personenvervoer met zich meebrengt. Daarna is een kader ontwikkeld voor de relatie tussen goederenvolume en mengingstypes. Voor deze mengingstypes zijn praktijkvoorbeelden gezocht voor vier modaliteiten (trein, bus, tram, metro). Een aantal hiervan zijn verder onderzocht op kritische voorwaarden voor succes- en faalfactoren welke vervolgens worden gerelateerd aan de opzet van het hybride concept. Ook wordt geanalyseerd in welke mate sprake is van onderscheidend vermogen van het nieuwe concept. Aansluitend wordt beschreven hoe een fasering voor ontwikkeling en implementatie van het hybride concept kan worden vormgegeven. Tot slot wordt de vertaling naar het potentiële effect op de modal shift geïndiceerd.

3.1 Varianten van menging en praktijkvoorbeelden

Goederenvervoer wordt de komende jaren geconfronteerd met verschillende uitdagingen. De logistiek moet voldoen aan de taakstellende benodigde CO₂-reductie (duurzaamheid) en tegelijkertijd wordt de druk op de ruimte voor logistiek groter, met name in binnensteden. Dit komt door de toenemende vraag naar binnenstedelijke huisvesting, toenemende aandacht voor groene binnensteden, groeiende economie en dus meer commerciële functies op deze plekken. Een goed voorbeeld van één van deze uitdagingen is de invoering van de zero-emissiezones van steeds meer steden. Logistiek en goederenvervoer moeten dus duurzamer, slimmer en efficiënter.

De kans die personenvervoer per trein biedt, is de optie om zowel te verduurzamen (aangezien de trein wordt erkend als een veilig, duurzaam en efficiënt transportmiddel) als de druk op ruimte in de stad te verlagen. Een mogelijke manier om de ruimte in treinen beter te benutten, is uitgewerkt in het hybride concept. In het verleden zijn ook andere mogelijkheden onderzocht en in de praktijk uitgetoet. Hiervan kan worden geleerd.

Menging van personen- en goederenvervoer

In de literatuurstudie is geconcludeerd dat veel voorgaand onderzoek over het mengen van personen- en goederenvervoer zich focust op de laatste schakel tot aan de levering in de logistieke keten, de zogenoemde 'last-mile' (Rentschler, 2022). Binnenstedelijk is de ruimte schaars en stadslogistiek zorgt voor relatief veel stromen in deze beperkte ruimte. Ongeveer 10 tot 15% van de vervoersbewegingen in de stad is namelijk te wijten aan stedelijke logistiek (Ploos van Amstel & Kin, 2015; Kin, 2020). De druk op de ruimte en de wens om logistiek te verplaatsen naar buiten de binnenstad, is dus groter. Daardoor kan theoretisch gezien de menging van goederen en personen op het spoor een synergie behalen. Omdat logistiek dat de binnenstad binnenkomt wordt afgevangen, en met een vervoersmiddel – dat er al reed – de stad in wordt verplaatst. Vanaf de overslagpunten (bijvoorbeeld stations), kunnen vervolgens kleinere vervoersmiddelen worden ingezet om de gefragmenteerde stromen door de binnenstad te verplaatsen. Dit model kent echter een aantal voorwaarden en beperkingen.

Voorwaarden voor menging van personen- en goederenvervoer

Uit de literatuur blijkt dat de menging van goederen- en personenvervoer de volgende voorwaarden hebben:

De eerste en meest voorkomende voorwaarde die wordt genoemd is de beschikbare ruimte op het netwerk van deze modaliteit. Netwerken die al tegen limieten aan lopen, zijn ongeschikt om menging te implementeren (Behiri et al., 2018; Cheng et al., 2018; Dampier & Marinov, 2015). Dit zou immers zowel het personenvervoer als ook het goederenvervoer kunnen raken, wat onwenselijk is. Het netwerk van personenvervoer kan echter wel veranderen om meer ruimte op het netwerk te krijgen, indien dit wenselijk

is. Een voorbeeld hiervan is het vermijden van afschaling van treinen buiten de spits, om zo meer ruimte in de bestaande OV-netwerken te creëren. Deze capaciteitslimieten dienen niet te worden geraakt op zowel de infrastructuur (bijvoorbeeld door een te hoge frequentie van vervoersmiddelen en korte tussenstops), als in het vervoersmiddel. Op dit moment zal het dus niet geschikt zijn om tijdens de ochtendspits een hoogfrequente treinlijn (bijv. de connectie tussen Amsterdam Centraal en Utrecht Centraal) te gebruiken voor het mengen van goederen en personen.

Een tweede belangrijke voorwaarde voor menging van goederen en personen, is dat het personenvervoer minimale impact ervaart van deze menging. Hiervoor is het belangrijk dat er goed functionerende technologie is toegepast om het laad- en losproces soepel te laten verlopen (Kelly & Marinov, 2017; Motraghi & Marinov, 2012; Shen et al., 2015). Hiervoor dienen goederen zo goed mogelijk geconsolideerd te worden, om de beschikbare ruimte goed te gebruiken, zonder een groot aantal stops toe te voegen in het openbaar vervoer. Dit zou immers de reistijd verlengen, wat onwenselijk is voor personenvervoer. Een aantal recente studies (Hu et al., 2020; Cochrane et al., 2017), zien dat deze technologieën ver ontwikkeld zijn, en minder een probleem zullen vormen dan voorheen gedacht. Op dit moment is het integreren van managementsystemen om deze technologieën heen een aandachtspunt.

Een derde belangrijke voorwaarde die naar voren komt is dat alle stakeholders economische baat hebben bij de integratie, en dat zij samen komen tot een algemene set voor prestatie-indicatoren (Bruzzone, Navallaro & Nocera, 2021; Mazzarino & Rubini, 2019; Shen et al., 2015). De meest genoemde voorwaarde is economische haalbaarheid. In veel van de onderzochte gevallen van menging van goederen- en personenvervoer, is er een relatief hoge investering nodig om deze menging mogelijk te maken. Daarentegen is er weinig zekerheid over de vraag die dit type transport zal genereren (Mazzarino & Rubini, 2019). Het is dus van groot belang om alle stakeholders bij de investering te betrekken.

Daarnaast spelen aanvullende voorwaarden op het gebied van veiligheid en regelgeving een rol. Deze worden verder toegelicht in paragraaf 4.4.

Varianten van menging

Onder eerdergenoemde voorwaarden kan mengen van goederen- en personenvervoer een uitkomst bieden. Er zijn verscheidene manieren waarop menging van deze twee processen kunnen plaatsvinden. Er zijn verschillende studies die dit hebben onderzocht. De meest complete studie is het onderzoek van Zhang & Zhou (2020). In dit onderzoek is een spectrum te vinden van separate systemen (goederentreinen en personentreinen) op hetzelfde infrastructurele netwerk, tot aan het meebrengen van goederen (op bijvoorbeeld trolleys) in een personentrein. Dit zijn:

- 'Single freight train'; dit houdt in dat goederentreinen gebruik maken van het railnetwerk, om goederen (bulk, containers en general cargo) van overslag/laadlocatie naar overslag/loslocatie te brengen;
- 'Mixed train'; waar goederenwagons en personenwagons achter één locomotief worden gekoppeld;
- 'Trolley in passenger train'; hier wordt een vast gedeelte van een passagierstrein aangewezen, waarin goederen kunnen worden vervoerd;
- 'Passenger train with passengers carrying goods on a trolley'; bij deze vorm nemen passagiers goederen mee. Dit wordt ook wel "crowd sourcing" genoemd.

Er is een correlatie te vinden tussen het relatieve volume van goederen dat vervoerd moet worden, en de mate van menging die plaatsvindt tussen personen en goederen. Bij deze studie is gebruikt gemaakt van het onderzoek van Zhang & Zhou (2020), waarin de mengingstypes zijn geformuleerd. Daar is echter door ons een kleine toevoeging aan gedaan. Er is namelijk geen onderscheid gemaakt tussen ongemotoriseerde en gemotoriseerde wagons die worden gecombineerd in het tweede mengingstype. Uit de verkenning van praktijkvoorbeelden is gebleken dat een dergelijk onderscheid gemaakt dient te worden.

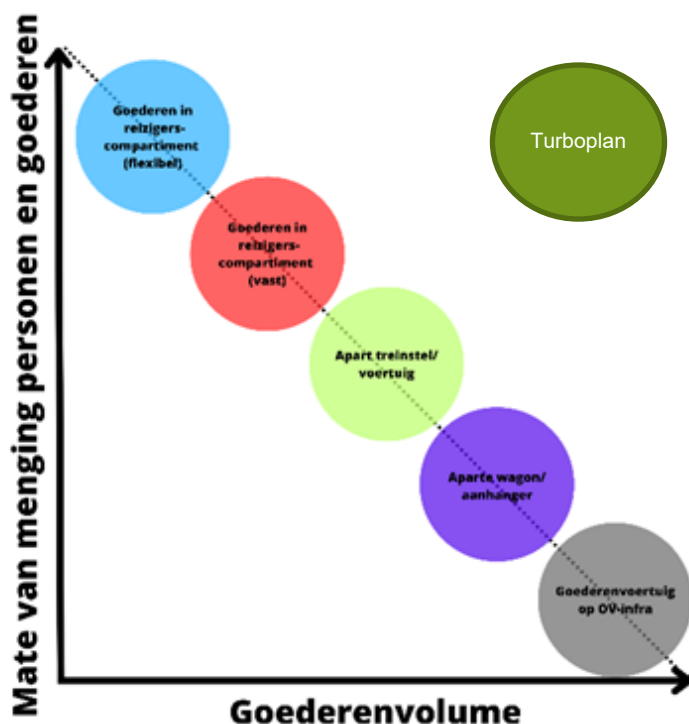
Met deze toevoeging zijn de gehanteerde vormen van menging als volgt:

- Goederenvoertuig op OV-infrastructuur.
- Aparte goederenwagens en personenwagens aan eenzelfde gemotoriseerde eenheid.
- Aparte goederenwagens met een eigen gemotoriseerde eenheid en personenwagens met een eigen gemotoriseerde eenheid.
- Goederen in reizigerscompartiment (vast).
- Goederen in reizigerscompartiment (flexibel).

In onderstaande figuur 3 is weergegeven wat, schematisch gezien, de correlatie tussen deze mengingstypes, het goederenvolume en het hybride concept Turboplan is.

Te zien is, dat de hogere volumes niet geschikt zijn om in eenzelfde wagon te combineren met personen. De reden hiervoor is dat de volumes zo hoog zijn, dat zij de wagon (grotendeels) zouden vullen. Denk hierbij aan bulkgoederen of grootschalige transportstromen. Wanneer een goederenstroom dusdanig klein is dat het genoeg plaats kan maken in het reizigerscompartiment, is het mogelijk om deze goederen op te nemen in het materieel van het openbaar vervoer.

Het hybride concept voegt een nieuwe categorie toe aan deze varianten van menging. Het treincompartiment is in totaliteit flexibel in te zetten voor goederenvervoer dan wel reizigersvervoer. Hierdoor wordt een hoge mate van flexibiliteit c.q. menging van personen en goederen gecombineerd met een hoge mate van volume voor personen dan wel goederen afhankelijk van de actuele marktvaart. Daardoor wordt het hybride concept rechtsboven in figuur 3 gepositioneerd. In de eerste ontwikkel-/pilotfasen welke nader worden toegelicht in paragraaf 3.2 is sprake van een vorm van menging van goederen en personen zoals bedoeld in de rode en lichtblauwe cirkel.



Figuur 3: Schematische weergave correlatie goederenvolume en mate van menging personen en goederen.

Voorbeelden uit de praktijk

Uit eerdere praktijkvoorbeelden kunnen lessen geleerd worden voor nieuwe manieren van menging. Hierbij hebben we in dit onderzoek niet enkel gekeken naar eerdere praktijkvoorbeelden van menging van personen en goederen in de trein, maar ook naar een dergelijke toepassing in drie andere OV-modaliteiten, namelijk metro, tram en bus. In het verleden zijn tevens een aantal theoretische modellen (zonder implementatie) uitgewerkt. In onderstaande tabel 1 is een selectie weergegeven van praktijkvoorbeelden van de verschillende modaliteiten, uitgesplitst over de mengingstypes.

	Bus	Tram	Metro	Trein
Goederenvoertuig op OV-infra	Vrachtwagen op busbaan	CarGoTram	Metro Hoekse lijn (gemengd gebruik)	Regulier goederenvervoer per trein / TGV Postal
Aparte wagon/aanhanger	Aanhanger achter bus	Goederenaanhang voor/achter tram (Fietskar tandradbahn Stuttgart)	Goederenaanhanger voor/achter metro	Postrijtuig/Goederenwagon Zwitserland / Overnight Express Milaan / fietsrijtuig NS
Aparte treinstel/voertuig	Busplatooning	Goederen cargotram en personentram	N.v.t.	Pec postrijtuig
Goederen in reizigers-compartment (vast)	Goederen-laadruim voor koffers / Bussgods Bus Service / Greyhound company	Brievenbus op tram in Amsterdam	Goederen-compartment vergelijkbaar met NS trein tot 1970	Goederencompartment NS post- en pakketvervoer (tot 1970) - Mat46
Goederen in reizigers-compartment (flexibel)	Pakketjes meegeven aan reizigers	Pakketjes meegeven aan reizigers	Pakketjes meegeven aan reizigers (PrimeNow)	TurboPlan

Tabel 1: Praktijkvoorbeelden per modaliteit, uitgesplitst over mengingstypes.

Er is een aantal geleerde lessen die uit deze praktijkvoorbeelden zijn te trekken:

- De economische haalbaarheid bleef achter omdat de baten niet tegen de extra kosten opwogen, met name als gevolg van discontinuïteit van het lading volume (Overnight Express), onder meer veroorzaakt door het gebrek aan compatibiliteit van ladingdrager/materieel en ladingtype.
- Er was sprake van slechts één dedicated verlader/opdrachtgever (Cargotram).

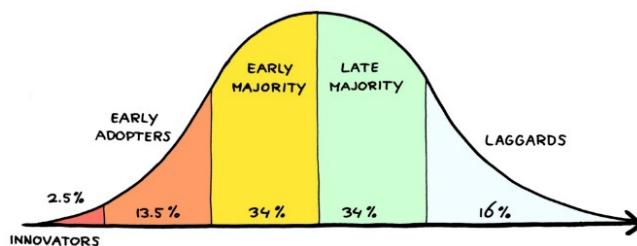
De voornoemde praktijkvoorbeelden tonen aan dat het lastig blijkt om invulling te kunnen geven aan de begrippen flexibiliteit van de personen-goederenmix, goederenvolume en schaalbaarheid, terwijl deze cruciaal blijken voor het realiseren van de drie hoofdvoorwaarden die komen uit de wetenschappelijke onderzoeken voor de menging van personen en goederen.

Bij het onderzochte TurboPlanconcept wordt gebruik gemaakt van een nieuw type hybride treinen die toch al rijden op basis van een bestaande kostenstructuur. Daarnaast wordt gemikt op de gehele markt van verladers en is in de later ontwikkelfases een passende ladingdrager (cargo pod) voorzien. Op deze wijze kan invulling worden gegeven aan wensen vanuit de markt aan flexibiliteit, volume en schaalbaarheid. Fasering van de mogelijke implementatie en de koppeling van investeringen aan go- no-go-besluiten moet het risico beperken en creëert ruimte voor het bereiken van commitment.

3.2 De drie ontwikkelfasen

De in paragraaf 1.2 genoemde “enablers” (technische componenten, infrastructurele aanpassingen en procestransities) voor realisatie van het hybride concept verschillen qua aard sterk van elkaar. De ontwikkeling en implementatie daarvan, vergt een volwaardige programmastructuur om deze processen efficiënt en in een samenhang met elkaar te laten verlopen en de voortgang te bewaken. De scope van dit rapport voorziet niet in een gedetailleerde uitwerking van een dergelijke programmastructuur, maar op hoofdlijnen is wel een denkrichting uitgewerkt die de basis zou kunnen vormen van een meer gedetailleerde uitwerking.

Deze denkrichting is gebaseerd op een 3-fasen methodiek van Verkenning, Versnelling en Voltooiing en sluit aan bij de innovatie adoptiecurve (zie ook figuur 4), waarbij wordt uitgegaan van een initiële langzame adaptatie die later versnelt, en van het belang van experimenten (pilots, living labs) als een belangrijk onderdeel van een programmastructuur om de stap van innovatie naar toepassing en opschaling te versnellen. Fase 1 is de Verkenning (2023 – 2025), fase 2 is de Versnelling (2025 – 2030) en fase 3 is de Voltooiing (in de periode 2030 – 2035 op één of enkele corridors werkend en voor heel Nederland via uitrol van een volledig geautomatiseerde variant tot 2050).



Figuur 4: Innovatie adoptiecurve.

Het algemene uitgangspunt is hierbij om een adaptieve, integrale aanpak te realiseren waarbij elke fase een heldere doelstelling en specifieke functies heeft. De adaptieve, integrale aanpak geldt zowel voor de samenhang van de functies binnen een bepaalde fase, en voor de samenhang tussen de fasen. Periodieke evaluaties en het definiëren van go-no go momenten maken onderdeel uit van deze aanpak.

In deze paragraaf wordt de driefasen methodiek op verschillende onderwerpen per fase toegelicht, met de samenhang tussen de verschillende fasen. Op deze manier wordt een beeld op hoofdlijnen gegeven over onder meer de mate van verandering, doelstellingen, en een mogelijke uitvoeringsplanning. Ook wordt een verbinding gelegd tussen deze uitvoeringsplanning en (de tijdslijn van) de belangrijkste beleidsdoelstellingen. Tot slot worden de hoofdlijnen van de fasen in een overzichtsmatrix weergegeven.

In de paragraaf 5.2 passen wij dezelfde 3-fasen methodiek toe bij het geven van aanbevelingen voor vervolgstappen op dit haalbaarheidsonderzoek.

Fase 1 2023-2025: Verkenning

Fase 1 heeft als doelstelling om het hybride concept verder te verkennen. Deze doelstelling wordt nader ingevuld door:

- Het verbinden van de primaire stakeholders onderling, en met het hybride concept.
- Het opdoen van praktische ervaring met de flexibele menging van personenvervoer en goederenvervoer in een pilot, als basis voor vervolgstappen.

- Het initiëren van nadere onderzoeken, waaronder een economische kwantificering van het concept als geheel, op individueel actoreniveau en de samenhang tussen actoren, en een kwantificering van de maatschappelijke en ecologische effecten.
- Het bepalen van programmatische planvorming voor de ontwikkeling en implementatie van het hybride concept, op basis van de resultaten van de punten i tot en met iii voor de drie enabler categorieën.

Voor het opdoen van praktische ervaring met een pilot, moeten instapdrempels voor de drie categorieën “enablers” zo laag mogelijk zijn. Het nadeel van deze benadering, is dat de ervaringen geen goede weerspiegeling zijn van een volledig ingevoerd hybride concept, en met name binnen de pilotcontext bekeken moeten worden. Het voordeel echter is, dat er slechts minimale aanpassingen nodig zijn tegen minimale investeringen. Hierdoor kan de voorgestelde fase 1 op korte termijn worden gerealiseerd.

In deze fase wordt (beperkt tot één of enkele corridors) het verzorgingsgebied ingekaderd tot de bevoorrading van winkels en voorzieningen op perrons en in stations; voor in eerste instantie zogenaamde droge goederen. Dit type goederen kunnen eenvoudig via een station, gelegen in de buurt van een distributiecentrum, naar een station in een binnenstad vervoerd worden. Bovendien vereisen droge goederen in het logistieke proces geen koel- of vriesconditionering. Daarnaast kunnen vanaf fase 1 ook post- en pakketgoederen worden vervoerd, al dan niet in combinatie met “collect- & dropvoorzieningen” op stations.

Hierbij wordt het huidige rollend materieel ingezet voor het vervoeren van deze goederen buiten de ochtend- en avondspits, of gebruikmakend van tegenspitsen (de tegenovergestelde richting als de spitsrichting). Deze treinen zijn over het algemeen relatief leeg. Op dit moment worden deze goederen vanuit regionale distributiecentra (DC) rondom de steden in grote vrachtwagens, kleine vrachtwagens en bestelbussen naar de stad vervoerd en afgeleverd. Dit kost veel tijd, neemt relatief veel ruimte in beslag in de binnenstad, brengt verkeersveiligheidsrisico's met zich mee en is momenteel weinig duurzaam. Zodra de ZE-zones worden ingevoerd, zullen deze bewegingen ook schoon moeten zijn.

Winkels in en rond de 22 drukste Nederlandse stations worden gemiddeld vier keer per dag bevoorrad door vrachtwagens met rolcontainers. Deze goederen worden meestal via de stationshal naar de winkels gebracht met behulp van standaard rolcontainers door medewerkers van NS Stations. In de voorgestelde fase 1 worden deze goederen op de nader te bepalen pilotcorridors niet langer direct vanuit het DC door vrachtwagens naar de stations zelf gebracht, maar worden de rolcontainers met goederen voor winkelbevoorrading van stations naar een bij een DC nabijgelegen station gebracht, waarna deze rolcontainers per trein naar het bestemde eindstation worden vervoerd. Dit heeft als voordeel dat – niet door reizigers benutte – capaciteit wordt benut en het aantal vervoersbewegingen over de weg wordt beperkt.

Na de spits worden reizigerstreinen doorgaans ingekort, omdat er minder vraag naar personenvervoer is. Door de treinen in bestaande samenstelling te laten rijden wordt deze capaciteit nu dus wel gebruikt, met als bijkomend voordeel dat er geen tijd en geld verloren gaat bij het ontkoppelen van deze overbodige treinstellen. Daarnaast draagt dit direct bij aan een oplossing voor het gebrek aan opstelcapaciteit voor treindelen in Nederland. Op dit moment rijden er ook treinen rond met overcapaciteit. Dit komt omdat deze door logistieke redenen niet kunnen worden ingekort. Of door operationele redenen, omdat in de spits al met de minimale capaciteit van één treinstel wordt gereden.

In deze fase is het uitgangspunt om hiervoor in aanmerking komende treinen niet in te korten, maar om deze in plaats daarvan deels voor goederenvervoer te gebruiken. In de praktijk zou dit betekenen dat reizigers- en goederenstromen gescheiden worden (bijvoorbeeld door toewijzen van compartimenten).

Dit biedt reizigers de gelegenheid om in de aparte rytuigen in te stappen. Wel dienen de goederen goed vastgezet te kunnen worden en afgeschermd te kunnen worden van de passagiers. Dit zijn benodigde minimale aanpassingen aan bestaand rollend materieel.

Het laden en lossen van goederen in de rytuigen moet efficiënt gebeuren. Zodanig, dat het geen impact heeft op de dienstregeling en de reiziger geen nadeel ondervindt. Potentiële locaties voor pilots moeten onder meer beoordeeld worden op type rollend materieel, tijdsomogelijkheden, ruimte in de dienstregeling en fysieke randvoorwaarden voor de routing op de stations met oog op veiligheid van de reizigers. Het uitgangspunt is dat laden en lossen in de eerste fase plaatsvindt door medewerkers van NS Stations. Deze medewerkers zijn nu ook verantwoordelijk voor de interne logistieke afhandeling van inkomende goederen per vrachtwagen. Retourstromen kunnen ook gebruik maken van deze opzet.

Door deze logistieke optimalisatie kan uitstoot (vergeleken met bestaande diesel vracht- of bestelwagens) en geld bespaard worden en de totale benuttingsgraad van de trein buiten de spits toenemen.

Fase 2 2025-2030: Versnelling

Fase 2 heeft als doelstelling om de ontwikkeling van het hybride concept te versnellen. In deze fase wordt voortgebouwd op de eerste fase en verder invulling gegeven aan de programmatische ontwikkeling van de enablers en aan het nader afstemmen van kansen en belangen van stakeholders en het structuur geven aan de governance afspraken tussen de stakeholders.

Voor deze fase kan het interessant zijn om de pilot van fase 1 verder uit te breiden door het vergroten van de aard en/of volume van de goederenstromen en/of van het verzorgingsgebied en/of het aantal corridors. Zoals de stroom van verse goederen, waarbij conditionering daarvan voorzien moet zijn in het logistieke proces. Verder kan het verzorgingsgebied worden uitgebreid naar het gebied rondom de grotere stations. Bijvoorbeeld in het geval van Utrecht Centraal: de beleving van Hoog Catharijne of het gemeentekantoor naast Utrecht Centraal. Hier komen andere logistieke segmenten in beeld, bijvoorbeeld facilitaire logistiek voor kantoren en hotels rondom het station. Deze tussenfase kan bijdragen aan afname van onwenselijk goederenvervoer over de weg in en rond stadscentra. Door te beleveren via treinen, kan de druk op deze binnenstedelijke ruimte worden verlicht. Hierbij kunnen ook de betreffende gemeenten als belanghebbende worden betrokken.

Bij opschaling tijdens de praktijkervaringen kan een nadere aanpassing van rollend materieel worden overwogen, zodat er meer vervoerscapaciteit beschikbaar is. Hier zijn verscheidene opties voor, zoals het implementeren van opklapbare stoelen of snel te verwijderen banken. Aandachtspunt bij opschaling is dat het aantal toegangsmogelijkheden (deuren) in rollend materieel in beginsel niet worden aangepast. De reden waarom wordt verder toegelicht in de technische haalbaarheid in paragraaf 4.1. Steeds dient bij het opschalen en doorvoeren van bepaalde aanpassingen de meerwaarde ervan te worden afgezet tegen de extra investeringen en eventuele operationele kosten. De meerwaarde hoeft niet alleen betrekking te hebben op de praktijkervaring, maar kan ook resulteren in meer capaciteit en dus mogelijke opbrengsten. In verband met het handmatige karakter van het proces, kan dit potentieel leiden tot iets langere halteringstijd bij het laden en lossen. Dit is ongewenst, omdat dit ruimte in de OV-dienstregeling vraagt. Dit mogelijke effect dient in de afwegingen voor de kosten/baten analyse van opschaling meegenomen te worden.

De toename aan goederenstromen vergroot de positieve effecten op de binnensteden, namelijk minder vracht- en bestelvoertuigen. In deze fase is het nog niet nodig om goederen over te slaan naar (kleine) vrachtvoertuigen in of rond het station, zoals elektrische bakfietsen of elektrische bestelwagens, om te leveren in de wijdere omgeving van een station.

Een voorwaarde is dat de goederen in de huidige situatie beleverd zouden worden met slechts één stop van een vrachtvoertuig. Zo kan deze stop (en daarmee de rit) worden voorkomen.

Ook in deze fase zijn de eerdergenoemde voorwaarden van toepassing. Zo is het ook hier belangrijk dat het laden en lossen van deze trein binnen de huidige halteringstijd moet kunnen plaatsvinden. Zo ondervindt het OV-netwerk geen hinder van de inpassing van logistiek in het systeem.

Deze fase moet aantonen dat het hybride concept schaalbaar is en voor meerdere goederensoorten en verladere interressant kan zijn. Het vraagt mogelijk aanpassingen aan laad- en losfaciliteiten en eventuele conditioneringswensen, waarvoor de te nemen maatregelen door schaalvergroting beter renderen.

Fase 3 2030-2035: Voltooing

De derde fase is de eindfase en heeft als doelstelling om de ontwikkeling van het hybride concept in een landelijke uitrol te voltooien en in de operationele omgeving te implementeren, voor alle drie categorieën “enablers”. In deze fase wordt gestart met de inzet van het hulpmiddel cargo pods in nieuwe treinstellen op de eerste routes/corridors. Een landelijk dekkende uitrol duurt in verband met vervanging van het materieel en ingebruikname van cargo pods naar verwachting langer, met een uitloop richting 2050.

De al genoemde “enabler” categorieën zijn in fase 1 en 2 individueel en in samenhang voldoende beproefd voor operationele inzet. De strategie voor een operationele implementatie van het mobiliteitsconcept TurboPlan 2030 wordt in afstemming met de stakeholders nauwgezet nader uitgewerkt, waarbij met name de continuïteit van de OV-dienstregeling geborgd moet zijn. Speciale aandacht wordt gevraagd voor digitalisering en uitwisseling van data tussen relevante bestaande systemen of componenten als onderdeel van de derde enabler-categorie: de procestransities. Ook is verder onderzoek wenselijk naar mogelijk te hanteren beleidsinstrumenten om een transitie voor de stakeholders zo laagdrempelig mogelijk realiseerbaar te maken.

De flexibele vorm van menging van passagiersvervoer en goederenvervoer wordt in deze fase gecoördineerd met hulp van een nieuw IT-management systeem voor optimalisatie van de processen-, met een nieuw type multifunctioneel rollend materieel en de inzet van een vervoershulpmiddel (‘cargo pod’), al dan niet uitgerust met (een mate van) autonomie. De belangrijkste verandering in deze fase is dat het proces in een nader te bepalen verhouding is geautomatiseerd. Daarnaast moet het rollend materieel met bijbehorende hulpmiddelen, en de infrastructurele aanpassingen het mogelijk maken om de vervoerscapaciteit op te schalen en het verzorgingsgebied verder uit te breiden. Het al dan niet onder menselijke supervisie geautomatiseerd in- en uitladen van cargo pods zorgt voor een hogere efficiëntiegraad en lagere kosten. Dit vraagt een processturing om veiligheid en voorspelbaarheid te garanderen. Voor een veilige scheiding tussen reizigers en goederen op de perrons worden (dynamische) veiligheidszones ingericht op basis van de vraag en fysieke ruimte, al dan niet in tijd waar ruimte schaars is. In dat laatste geval is een systeem nodig wat over de meest actuele informatie beschikt over zowel de geprojecteerde reizigersstromen als de geplande logistieke afwikkeling de cargo pods. De menselijke factor in deze fase is zoveel als mogelijk gericht op het faciliteren en controleren. Het voordeel hierbij is dat een geautomatiseerd systeem minder fouten maakt dan mensen, en dat er minder ruimte in de dienstregeling nodig is. Dit vergroot het aantal mogelijke laad-loslocaties.

In de eindfase kan het verzorgingsgebied van het hybride concept zich uitbreiden naar bredere omgeving van stations, en bestemmingen in rurale en interstedelijke gebieden. In deze fase is op (bestaande of nieuwe) stations een logistiek overslagpunt nodig, om zo bijvoorbeeld de ‘last mile’ te kunnen faciliteren. Hierbij worden grotere vrachtvoertuigen vervangen door kleinere emissievrije vrachtvoertuigen, die de rolcontainers, pallets of cargo pods naar de klanten brengen vanaf het station of door autonoom rijdende cargo pods.

Bij zowel stedelijke als interstedelijke logistiek speelt ook de druk op de ruimte en capaciteit van de weginfrastructuur een rol, hierin kan het mobiliteitsconcept ook een rol spelen door ook kleinere stations als hubs in te zetten. Stations hebben nu al een hub functie voor reizigers in stedelijke gebieden. Met de

introductie van het hybride concept worden goederenhubs in een stedelijke omgeving gerealiseerd, wat het aantal wegkilometers en -bewegingen naar binnenstedelijke bestemmingen beperkt. Daarmee is het een aanvulling op bestaande structuren met de stations en ook met bijvoorbeeld al aanwezige logistieke infrastructuur als postkantoren en pakketkluizen. Bij rurale logistiek spelen andere belangen, zoals het stimuleren van bedrijvigheid, beter kunnen aansluiten bij de economische ontwikkelingen van de stedelijke regio's en het stimuleren van inclusie en maatschappelijke ontwikkelingen.

Overzicht en samenhang verschillende fases

Om de verschillende fases met elkaar te kunnen vergelijken, is een overzicht gemaakt waarin de fases zijn beschreven met duiding van de belangrijkste kenmerken. Dit zijn onder meer de tijdshorizon, het verzorgingsgebied van deze fase, de mate van aanpassingen in de trein, de mate van automatisering in deze fase, hoeveelheid overslag die nodig is op de eindbestemming, de hoogte van nodige investeringen, het type stromen dat geschikt is voor iedere fase en de benodigde infrastructuur om deze goederen te vervoeren per fase. Hieronder staat in tabel 2 beschreven hoe dit in iedere fase wordt benaderd. In deze tabel staat TRL voor '*technology readiness level*'; de mate van ontwikkeling van technologie. Dit zijn negen fases van innovatie en productontwikkeling, zoals gehanteerd door RVO¹¹. Hierbij geldt; hoe hoger, hoe verder ontwikkeld. TRL1 betekent het begin, TRL9 betekent gereed voor de markt.

	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Tijdshorizon	2023-2025	2025-2030	2030-2035 (volledige uitrol tot 2050)
Doel	Verkennen	Versnellen	Voltooien
Functies	Verbinden stakeholders; Evalueren bestaande governance afspraken stakeholders; Eenvoudige proof of concept; Economische validatie Uitwerken voorstel voor meerjarenprogramma fase 2 en 3	Vastleggen nieuwe governance afspraken stakeholders; Introduceren beleidsinstrumenten ter stimulering van procestransities; Uitbreiding proof of concept; Programmatische ontwikkeling enablers naar eind concept TRL8;	Programmatische implementatie enablers eind concept TRL9; Nieuwe governance afspraken stakeholders eind concept van kracht
Verzorgingsgebied	Stationsgebieden grotere stations op één of meerdere corridors	Stationsgebied en gebied rond stations op een groter aantal corridors	Beleving alle plaatsen met station of hub (landelijk dekkend)
Mate van automatisering (Enabler cat. 1 IT)	Laag	Middel	Hoog (nieuw)
Mate van aanpassing rollend materieel (Enabler cat. 1 Materieel)	Laag	Laag +	Hoog (nieuw)
Mate van aanpassing hulpmiddelen (Enabler cat. 1 Hulpmiddelen)	Laag	Middel	Hoog (nieuw)

¹¹ <https://www.rvo.nl/onderwerpen/trl>

Overslag nodig op bestemming trein (first-and-last-mile aansluiting) (Enabler cat. 2 Stations)	Nee	Nee	Ja
Hoogte van investeringen	Laag	Middel	Hoog
Geschikte stromen	Droge goederen (food-) retail, evt. post en pakketten voor afhaalpunten, droge retourstromen	Droge goederen (food-) retail, gekoelde goederen (food-) retail en horeca, post en pakketten, droge retourstromen, servicestromen	Droge goederen (food-) retail, gekoelde goederen (food-) retail en horeca, vries goederen (food-) retail en horeca, post en pakketten, retourstromen, servicestromen, klein materiaal afbouw
Vereiste infrastructuur (Enabler cat. 2 Stations)	<p>Criteriaum voor selectie pilot stations is onder andere geschiktheid van interne (routing) en externe infrastructuur</p> <p>Optioneel wel een locatie waar goederen op perrons (veilig) kunnen staan, evt. liften waar nodig.</p>	Dedicated laad-en losperrons; Crossdocks nabij stations	Dedicated laad-en losperrons; Crossdocks nabij stations; Aansluiting op Self Organizing Logistics- en ICT-infrastructuur

Tabel 2: Overzicht van en samenhang tussen ontwikkelfases van het hybride concept.

3.3 Vervoerscapaciteit

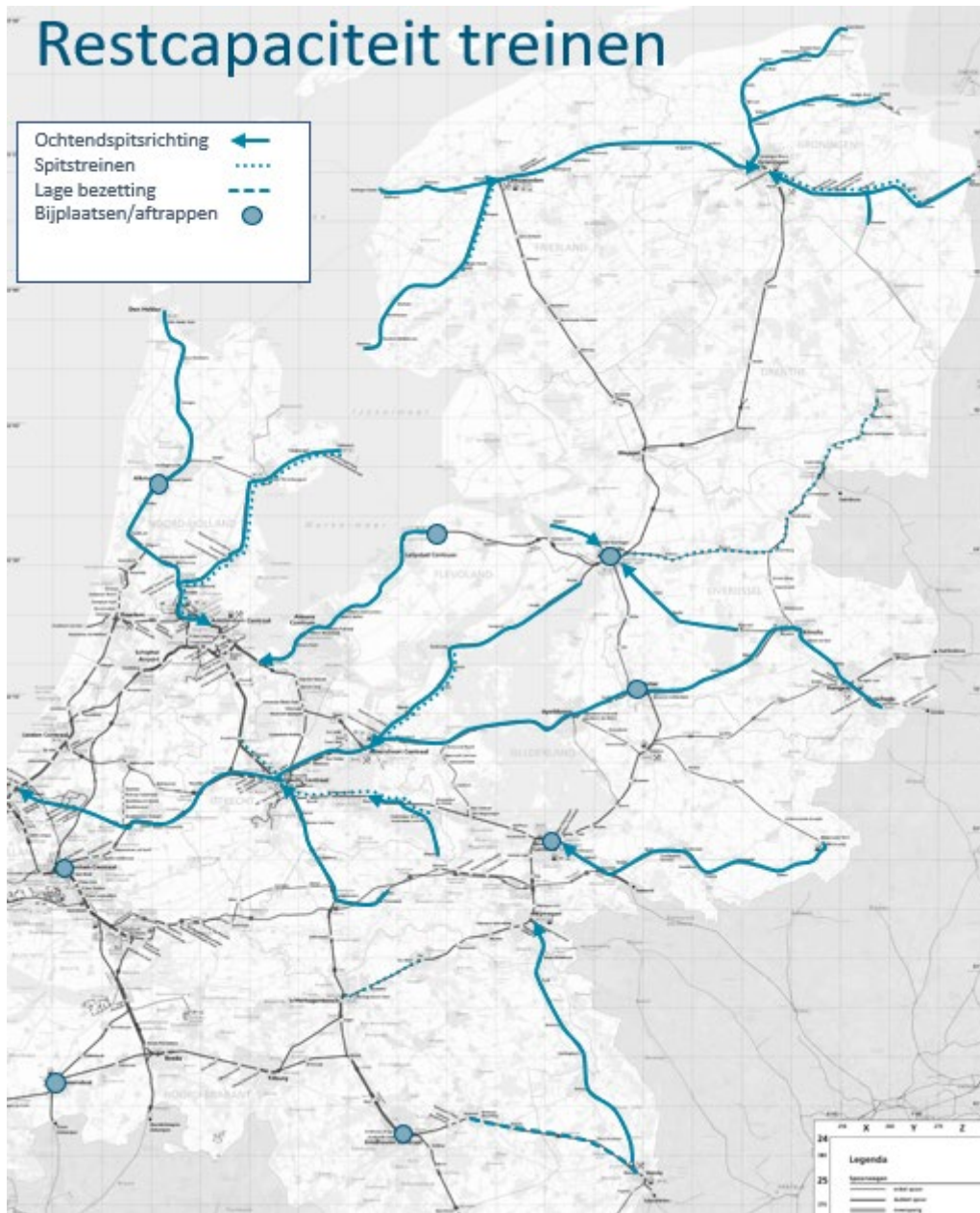
Voor het realiseren van het hybride concept is het belangrijk om te weten waar de onbenutte vervoerscapaciteit beschikbaar is binnen de geplande treindiensten: wat is de bezettingsgraad, op welke lijnen, tussen welke stations, op welke tijdstippen. Op basis van deze grootheden kan vervolgens de onbenutte vervoerscapaciteit die inzetbaar is voor goederen worden bepaald.

Een belangrijke factor hierbij is de vervoersdynamiek van een treindienst. Deze dynamiek wordt in belangrijke mate bepaald door het tijdstip van de dag en de geografische functie van de treindienst. Een combinatie hiervan kan leiden tot een zogenaamd spitskarakter of gedurende een zeer korte tijd tot een hyper-spitskarakter. Dit betekent dat in een dominante richting tijdens een bepaalde periode van de dag een bezettingsgraad voor personenvervoer van 100% of meer kan worden gerealiseerd.

Volgens het NS Dashboard¹² heeft de NS een gemiddelde bezettingsgraad van circa 43% in de spitsperiode (stand september 2023). Het verschil tussen deze twee percentages komt doordat treindiensten met een sterke spitsrichting ook een zogenaamde tegenspits kennen, met daarin onbenutte capaciteit. Verder worden lange routeringen gekenmerkt door langzaam volstromen met reizigers naarmate de eindbestemming dichterbij komt: zodat ook daar onbenutte capaciteit aanwezig is. Onderstaande figuur 5 met treindiensten geeft deze trends weer tijdens de spitsperiode.

Ook staan op deze kaart de zogenaamde bijplaats- en afschaallocaties: waar rollend materieel tijdelijk extra wordt aangekoppeld of juist uitgerangeerd om in te spelen op de vervoersdynamiek van de spits.

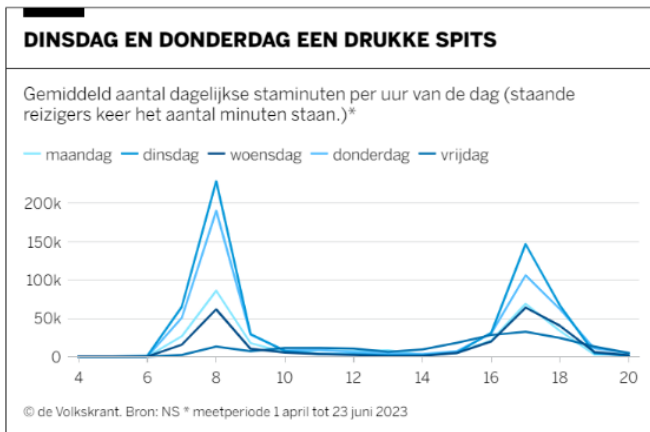
¹² <https://dashboards.nsjaarverslag.nl/prestaties/reisgemak/bezettingsgraad-in-de-spits>



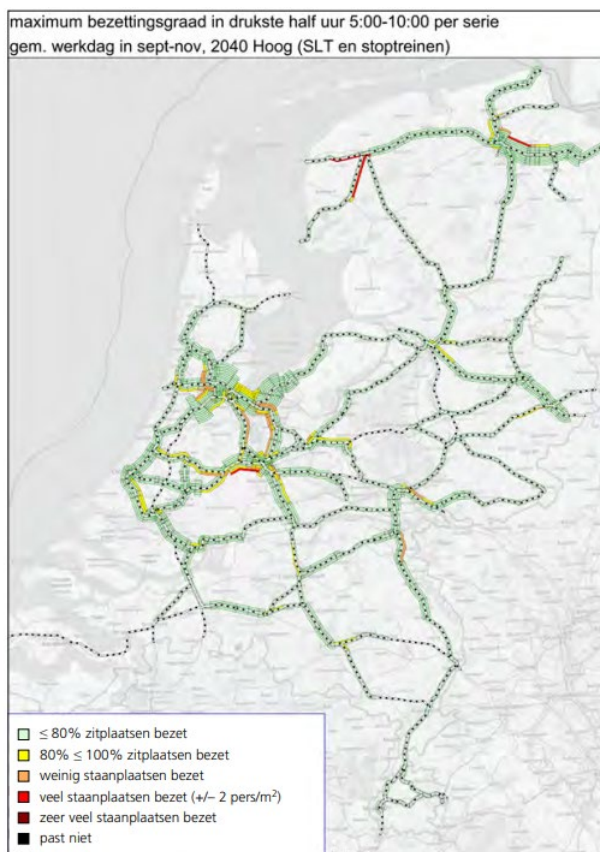
Figuur 5: Kaart met treindiensten met ruimte, voorbeeld ochtendspits en stations waar treincomposities worden versterkt of afgeschaald, eigen bewerking op basis van Spoorkaart Nederland van ProRail.

Ondanks het afschalen van rollend materieel, spreekt NS in 2023 over een gemiddelde bezettingsgraad van de treinen van ongeveer 30% over de gehele dag¹³. De onderliggende berekening van zowel de gemiddelde spitsbezettingsgraad, als de gemiddelde dag-bezettingsgraad, konden niet worden geverifieerd op basis van openbaar beschikbare data. Over de dag zijn er flinke fluctuaties in de bezettingsgraad met grote pieken in de hyperspits, zie ook onderstaande figuur met sta minuten als indicatie voor drukte.

¹³ <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/ns-baas-wouter-koolmees-wil-treinkaartjes-in-de-spits-tientallen-procenten-duurder-maken-het-wordt-te-vol-b799cfc2/?referrer=https://www.google.com/>



Figuur 6: Aantal staminuten per uur van de dag per dag als indicatie van spitsdrukke (Volkskrant, zie vorige pagina)



Figuur 7: Bezettingsgraad Sprintertrajecten in scenario 2040 Hoog (Integrale Mobiliteitsanalyse, 2021).

Hoe dan ook bevestigt dit een aanzienlijke onbenutte vervoerscapaciteit, welke in de praktijk niet in alle gevallen volledig gebruikt kan worden. Dit komt omdat treinen vaak van begin- tot eindpunt een wisselende bezetting kennen, met pieken van of naar de drukste stations op de route. De beschikbare ruimte voor het vervoeren van goederen is daardoor niet het omgekeerde van de bezetting, maar komt uit op een lager percentage. Afhankelijk van route en tijdstip zal er desondanks een behoorlijke onbenutte vervoerscapaciteit resteren, die gebruikt kan worden voor het vervoer van goederen. In figuur 7 wordt een indicatie gegeven van beschikbare restcapaciteit in Sprinters tijdens het drukste half uur van de ochtendspits volgens de verwachting van de Integrale Mobiliteitsanalyse in het scenario 2040 Hoog.

Anders dan bij de Intercity's zijn er in de Sprinters vaak zitplaatsen over, ook op drukke trajecten, waardoor in de brede spits er veel ruimte onbenut is. Op de Sprintercorridor uit het rekenvoorbeeld is er weinig capaciteit tussen Woerden en Utrecht in de hyperspits, maar wel daarbuiten.

In dit onderzoek is een eerste inschatting gemaakt van de mate waarin de in theorie beschikbare onbenutte vervoerscapaciteit praktisch kan worden benut in fase 3, waarbij drie scenario's zijn onderkend: laag, midden en hoog. Hiervoor zijn de percentages 20% (Laag), 40% (Midden), en 60% (Hoog) gebruikt. In tabel 3 is een overzicht gegeven van deze gemiddelde, geschatte praktisch beschikbare vervoerscapaciteit voor het vervoer van goederen. Deze is gebaseerd op gevalideerde publieke data, welke door ons geëxtrapoleerd zijn. Daarnaast is een aantal aannames gedaan en vermeld in de tabel. Deze zijn op dit moment richtinggevend en moeten tijdens fase 1 nader gevalideerd worden. Als de theoretisch beschikbare capaciteit voor 40% wordt benut vertaalt dat zich in een vervoersomvang van gemiddeld circa 460.000 europallets per dag. Dat is een equivalent van circa 15.500 volle vrachtwagentrailers.

Gecombineerd met de gemiddelde praktische bezettingsgraad voor personenvervoer van 30% wordt er in deze Midden-variant een gemiddelde praktische gecombineerde bezettingsgraad van personen en goederen gerealiseerd van 58% van de theoretische maximale bezettingsgraad.

Beschikbare laadcapaciteit voor goederen - PRAKTIJK LAAG scenario

	Berekeningsmethode	
<i>Gevalideerde uitgangspunten</i>		
A. Beschikbare zit capaciteit in het rollend materieel van de NS in 2022 in aantallen		245.266
B. Gemiddelde bezettingsgraad van de zit capaciteit per dag (= 18 uren dienstregeling) in %		30,00%
C. Maximaal theoretisch gemiddelde beschikbare laadcapaciteit voor goederen op 18-urige dienstregeling in %	$= 100\% - B$	70,00%
<i>Aannames</i>		
D. Praktisch gemiddelde beschikbare laadcapaciteit voor goederen als percentage van C in %		20,00%
E. 1 cargo pod bevat 3 euro-pallets/rolcontainers en heeft ruimte en draagvermogen nodig van 8 zitplaatsen		
F. De gemiddelde netto reistijd per cargo pod in uren (= de netto tijd dat de cargo pod beslag legt op de beschikbare laadcapaciteit)		1,00
G. Praktisch gemiddelde beschikbare laadcapaciteit voor goederen in dagen per jaar (6 dagen/week x 52 weken)		312
<i>Berekeningen</i>		
H. Praktisch gemiddelde beschikbare laadcapaciteit voor goederen op 18-urige dienstregeling in %	$= C \times D$	14,00%
I. Totale gemiddelde bezettingsgraad van personenvervoer en goederenvervoer tezamen op 18-urige dienstregeling in %	$= B + H$	44,00%
J. Praktisch gemiddelde laadcapaciteit voor goederen op 18-urige dienstregeling in euro-pallets per dag	$= ((A \times H)/8) \times 3 \times (18/F)$	231.776
K. Praktisch gemiddelde laadcapaciteit voor goederen op 18-urige dienstregeling in volle truck ladingen (= 30 stuks euro-pallets) per dag	$= J / 30$	7.726
L. Praktisch gemiddelde laadcapaciteit voor goederen op 18-urige dienstregeling in euro-pallets per jaar	$= G \times J$	72.314.227

Beschikbare laadcapaciteit voor goederen - PRAKTIJK MIDDEN scenario

	Berekeningsmethode	
<i>Gevalideerde uitgangspunten</i>		
A. Beschikbare zit capaciteit in het rollend materieel van de NS in 2022 in aantallen		245.266
B. Gemiddelde bezettingsgraad van de zit capaciteit per dag (= 18 uren dienstregeling) in %		30,00%
C. Maximaal theoretisch gemiddelde beschikbare laadcapaciteit voor goederen op 18-urige dienstregeling in %	$= 100\% - B$	70,00%
<i>Aannames</i>		
D. Praktisch gemiddelde beschikbare laadcapaciteit voor goederen als percentage van C in %		40,00%
E. 1 cargo pod bevat 3 euro-pallets/rolcontainers en heeft ruimte en draagvermogen nodig van 8 zitplaatsen		
F. De gemiddelde netto reistijd per cargo pod in uren (= de netto tijd dat de cargo pod beslag legt op de beschikbare laadcapaciteit)		1,00
G. Praktisch gemiddelde beschikbare laadcapaciteit voor goederen in dagen per jaar (6 dagen/week x 52 weken)		312
<i>Berekeningen</i>		
H. Praktisch gemiddelde beschikbare laadcapaciteit voor goederen op 18-urige dienstregeling in %	$= C \times D$	28,00%
I. Totale gemiddelde bezettingsgraad van personenvervoer en goederenvervoer tezamen op 18-urige dienstregeling in %	$= B + H$	58,00%
J. Praktisch gemiddelde laadcapaciteit voor goederen op 18-urige dienstregeling in euro-pallets per dag	$= ((A \times H)/8) \times 3 \times (18/F)$	463.553
K. Praktisch gemiddelde laadcapaciteit voor goederen op 18-urige dienstregeling in volle truck ladingen (= 30 stuks euro-pallets) per dag	$= J / 30$	15.452
L. Praktisch gemiddelde laadcapaciteit voor goederen op 18-urige dienstregeling in euro-pallets per jaar	$= G \times J$	144.628.455

Beschikbare laadcapaciteit voor goederen - PRAKTIJK HOOG scenario

	Berekeningsmethode	
<i>Gevalideerde uitgangspunten</i>		
A. Beschikbare zit capaciteit in het rollend materieel van de NS in 2022 in aantallen		245.266
B. Gemiddelde bezettingsgraad van de zit capaciteit per dag (= 18 uren dienstregeling) in %		30,00%
C. Maximaal theoretisch gemiddelde beschikbare laadcapaciteit voor goederen op 18-urige dienstregeling in %	$= 100\% - B$	70,00%
<i>Aannames</i>		
D. Praktisch gemiddelde beschikbare laadcapaciteit voor goederen als percentage van C in %		60,00%
E. 1 cargo pod bevat 3 euro-pallets/rolcontainers en heeft ruimte en draagvermogen nodig van 8 zitplaatsen		
F. De gemiddelde netto reistijd per cargo pod in uren (= de netto tijd dat de cargo pod beslag legt op de beschikbare laadcapaciteit)		1,00
G. Praktisch gemiddelde beschikbare laadcapaciteit voor goederen in dagen per jaar (6 dagen/week x 52 weken)		312
<i>Berekeningen</i>		
H. Praktisch gemiddelde beschikbare laadcapaciteit voor goederen op 18-urige dienstregeling in %	$= C \times D$	42,00%
I. Totale gemiddelde bezettingsgraad van personenvervoer en goederenvervoer tezamen op 18-urige dienstregeling in %	$= B + H$	72,00%
J. Praktisch gemiddelde laadcapaciteit voor goederen op 18-urige dienstregeling in euro-pallets per dag	$= ((A \times H)/8) \times 3 \times (18/F)$	695.329
K. Praktisch gemiddelde laadcapaciteit voor goederen op 18-urige dienstregeling in volle truck ladingen (= 30 stuks euro-pallets) per dag	$= J / 30$	23.178
L. Praktisch gemiddelde laadcapaciteit voor goederen op 18-urige dienstregeling in euro-pallets per jaar	$= G \times J$	216.942.682

Tabel 3: Overzicht van beschikbare laadcapaciteit in fase 3 i.g.v. scenario's laag, midden en hoog.

De volgende vraag is dan, of er voldoende ladingaanbod is om de hiervoor beschreven geschatte vervoerscapaciteit in fase 3, voor goederen te kunnen benutten. In paragraaf 3.4 wordt dit verder uitgewerkt. Dit resulteert in een beoordeling van het vervoerspotentieel voor het hybride concept, welke beschreven is in paragraaf 3.5. Dit potentieel dient als input voor de inschatting van de haalbaarheid in hoofdstuk 4.

Voor fase 1 en 2 is de totale praktische vervoerscapaciteit minder relevant, omdat hier vooral wordt gekeken naar het beantwoorden van praktische vragen rondom het hybride concept in een pilotsituatie en een verdere corridorwijze uitrol. Bovendien is het een manier om de haalbaarheid van fase 3 te toetsen en erop voor te bereiden. Wel is het voor fase 1 en 2 belangrijk om in detail te kijken naar onbenutte vervoerscapaciteit, om zo een goede pilotroute te kunnen definiëren. Naast de vervoersdynamiek op een route speelt daarbij ook de betrokkenheid van relevante stakeholders, locatie en het type rollend materieel

een belangrijke rol. Bepaalde typen rollend materieel zijn efficiënter en effectiever aan te passen en in te zetten dan andere typen. Ook de toegankelijkheid van de beschikbare fysieke ruimte voor het vervoer van goederen, en de mogelijkheden voor compartimentering met het personenvervoer zijn belangrijk. In paragraaf 4.7 is een voorbeeld van een mogelijke pilot opgenomen.

3.4 Vervoerstromen

Naast de in de vorige paragraaf behandelde onbenutte vervoerscapaciteit als aanbodzijde is de samenhang met het type goederen, en met de omvang van deze vervoersstromen als vraagzijde, belangrijk om de potentie van het hybride concept te kunnen bepalen. Dit hangt samen met de ruimte die beschikbaar is in treinen nu, en in de toekomst. En met de omvang en locatie van goederenstromen die een alternatieve transportvraag hebben of zouden kunnen gebruiken. De voorgestelde realisatie van het hybride concept is opgedeeld in drie ontwikkelfasen. Hierbij is het verzorgingsgebied van iedere ontwikkelfase uitgewerkt en zijn de goederenstromen gecategoriseerd in primair (eindbestemming station), secundair (eindbestemming periferie van station), en tertiair (doorvoer op station naar ander station).

- In fase 1 worden station gebonden winkels belevend op één of meerdere corridors.
- In fase 2 breidt dit gebied zich uit naar een groter aantal corridors en een verzorgingsgebied rondom stations waar redelijkerwijs één stop voor hoeft te worden gemaakt.
- In fase 3 wordt het verzorgingsgebied uitgebreid naar plaatsen met een station (met overslag op kleinere vrachtvoertuigen) en wordt een landelijk dekkende uitrol gerealiseerd. Deze uitgangspunten worden eveneens gebruikt om een inschatting te maken van de hoeveelheid beschikbare en geschikte goederen.

Op basis van een dataset van NS Stations, is inzicht verkregen in de gemiddelde hoeveelheid rolcontainers die in de tweede helft van 2019 gemiddeld bij de 22 grootste stations per dag binnenkomen. Dit vervoersaanbod is ruim voldoende voor een praktische pilottoepassing op een of meerder corridors in fase 1.

Dagelijks worden ongeveer 900 rolcontainers afgehandeld op de 22 in Tabel 4 genoemde stations. Momenteel wordt dit gedaan in ongeveer 130 vrachtleveringen. Landelijk zijn dit jaarlijks zo'n 250.000 rolcontainers aldus de Manager Stationslogistiek, NS Stations.

	Station	Gemiddeld aantal RC per dag	Gemiddeld aantal leveringen per dag	Min. benodigde leveringen obv bakwagen 30 RC
Totals		903	132	42
Hub 1	Totals	291	38	12
	Amsterdam Amstel	26	2	1
	Amsterdam Bijlmer ArenA	20	2	1
	Amsterdam Centraal	184	28	7
	Amsterdam Sloterdijk	17	2	1
	Amsterdam Zuid	26	2	1
	Haarlem	17	1	1
Hub 2	Totals	171	26	7
	Amersfoort	20	2	1
	Utrecht Centraal	151	24	6
Hub 3	Totals	35	5	2
	Groningen	35	5	2
Hub 4	Totals	44	5	3
	Arnhem Centraal	32	4	2
	Nijmegen	12	1	1
Hub 5	Totals	31	4	2
	Zwolle	31	4	2
Hub 6	Totals	15	4	1
	Maastricht	15	4	1
Hub 7	Totals	43	9	2
	Breda	22	4	1
	Tilburg	21	5	1
Hub 8	Totals	61	10	3
	Eindhoven	25	4	1
	Hertogenbosch 's	36	5	2
Hub 9	Totals	108	17	5
	Delft	17	2	1
	Rotterdam Centraal	91	15	4
Hub 10	Totals	103	13	5
	Den Haag Centraal	67	10	3
	Den Haag HS	14	1	1
	Leiden Centraal	22	3	1

Tabel 4: Gemiddelde aantal leveringen per dag op 22 stationslocaties (Districon, feb. 2020).

Inschatting vervoersstromen fase 2

In fase 2 wordt, zoals eerder toegelicht, het hybride concept uitgerold over meerdere corridors en over een groter verzorgingsgebied rondom de eerder gekozen stations. Dit resulteert in een grotere capaciteit, waardoor aan een grotere vervoersvraag kan worden voldaan. Ook voor deze fase kan gebruik gemaakt worden van het aanwezige ladingsaanbod van NS Stations in deze omgeving.

Inschatting vervoersstromen fase 3

Om voor deze fase een inschatting te maken van de totale vervoerstromen, is een aantal rapporten en beschikbare CBS-data in beschouwing genomen.

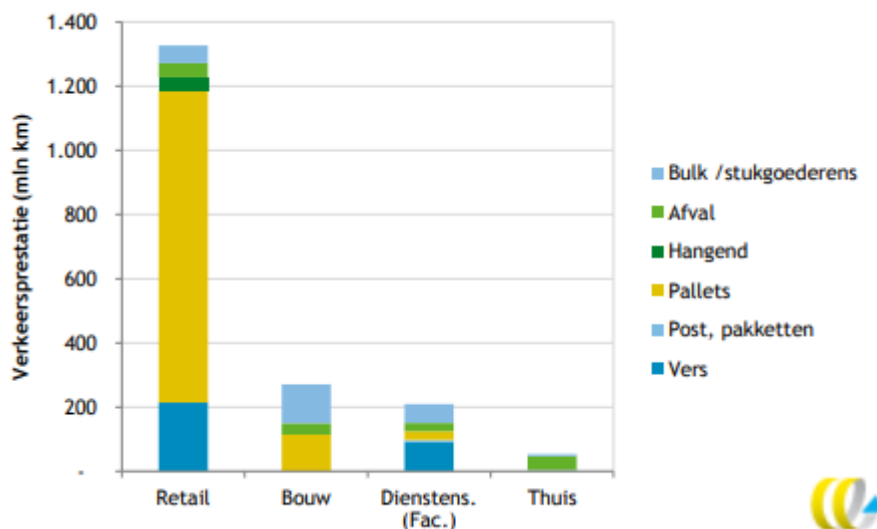
Door de Topsector Logistiek is in een aantal onderzoeken gekeken naar stadslogistiek. CE Delft¹⁴ heeft in 2016 een inschatting gemaakt van de omvang van deze goederenstromen waarbij gebruik werd gemaakt van basisdata over de periode 2009-2011 welke vervolgens is geschaald naar basisjaar 2014. Het onderzoek was gericht om een beeld te krijgen van het potentieel om met maatregelen in de stadslogistiek CO2 emissies te besparen.

¹⁴ De omvang van stadslogistiek, CE Delft 2016: https://ce.nl/wp-content/uploads/2021/03/CE_Delft_4H63_De_omvang_van_stadslogistiek_Def.pdf

Recentere gegevens zijn niet voorhanden, maar op dit aggregatieniveau en de wijze van inschatten met grote bandbreedtes, is een heel globaal inzicht te geven in de toenmalige omvang van de stads logistieke goederenstromen in fase 3. CE Delft heeft de volgende segmenten onderscheiden:

- Post en pakketten
- Vers
- Hangend (bijvoorbeeld kleding)
- Retail pallets en rolcontainers
- Retail stukgoederen
- Dienstensector/facilitair
- Bouw
- Afval
- Overig

Onderstaand figuur toont hoe de onderverdeling is voor vrachtwagens over deze segmenten en over de sectoren. Opvallend is het grote aandeel van pallets voor de retail met een vervoerprestatie van bijna 1 miljard kilometers.



Figuur 8: Verkeersprestatie stadslogistiek per goederensoort segment, voor de sectoren retail, bouw, diensten en thuis.

Uit CBS-data betreffende het binnenlands beroeps- en eigenvervoer over de weg in 2022 is de onderstaande informatie gehaald:

Beroeps- en eigenvervoer wegvervoer	Totaal	Landbouwproducten en voeding	Bouw	Meststoffen en afval	Handelsgoederen	Overige
BINNENLANDS VERVOER						
2022 - Volume in x 1.000 ton	573.310	164.397	211.537	73.318	69.986	54.072
<i>Schatting geschiktheid TP2030</i>						
% van categorie volume		35%	5%	5%	35%	20%
in volume in x 1.000 ton	107.091	57.539	10.577	3.666	24.495	10.814
in % van totaal volume	18,68%					
<i>Schatting gemiddeld gewicht pallet in kg:</i>	250					
in aantal palletplaatsen / jaar	428.364.800	230.155.800	42.307.400	14.663.600	97.980.400	43.257.600

Tabel 5: Potentiële lading op jaarbasis voor het hybride concept o.b.v. totale wegvervoer in Nederland en geschikte aandeel daarvan per segment.

Het percentage dat in deze tabel is toegepast om te komen tot voor het hybride concept geschikt ladingaanbod is vastgesteld door TU Delft o.b.v. expert judgement. Voor de 2022 cijfers, komt de schatting uit op ruim 400 miljoen europallets. De Integrale Mobiliteitsanalyse (IMA) 2021 prognosticeert in elke scenario tot 2040 een toename van goederenvervoer in termen van vervoerd gewicht bij alle modaliteiten. Het lijkt zeer waarschijnlijk dat dit ladingaanbod in Fase 3 verder zal zijn gestegen.

3.5 Vervoerpotentieel

In de bovenstaande paragrafen is ingegaan op de verschillende mogelijkheden rondom de menging van personen- en goederenvervoer op basis van het hybride concept. Verschillende aspecten van deze innovatie zijn aan bod gekomen, gekoppeld aan de drie ontwikkelfasen.

Hieruit blijkt dat er structureel ruimte is in treinen om goederen te vervoeren. De gemiddelde bezettingsgraad is 30% en in de spits 43%. In verscheidene fases kan een (klein) deel van de logistiek naar het verzorgingsgebied worden bediend aan de hand van de ruimte in de trein. Bij een volledige uitrol van het hybride concept in fase 3 schatten wij het vervoerspotentieel in aan de hand van de drie eerdergenoemde scenario's laag, midden en hoog; respectievelijk 20, 40 en 60% van de te benutten capaciteit in hybride treindiensten.

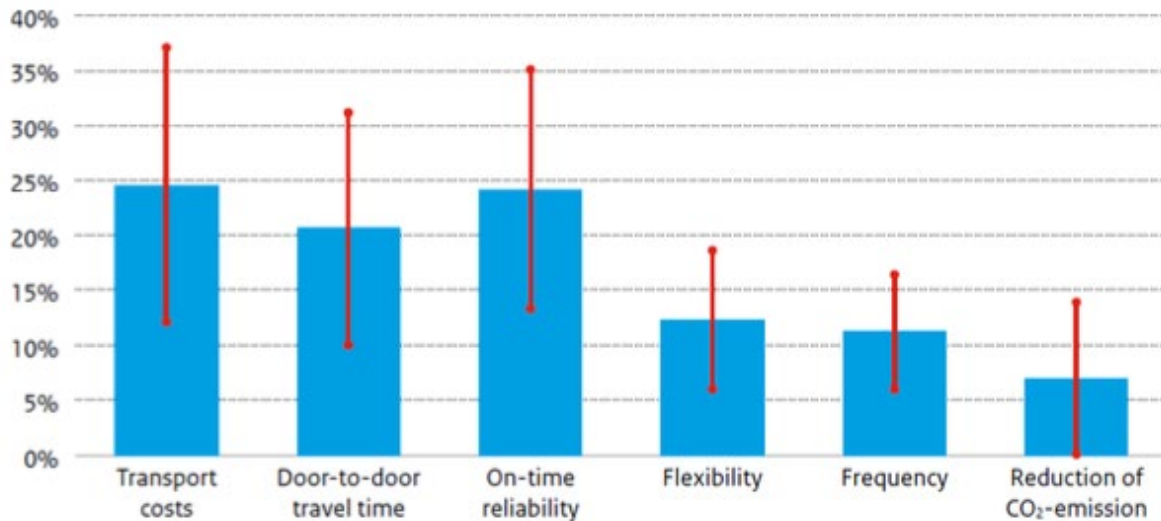
Confrontatie met het in paragraaf 3.4 ingeschatte ladingsaanbod, leidt tot de volgende conclusie: er is ruim genoeg lading voorhanden om de capaciteit in het hoge scenario te vullen. Dat betekent dat we circa 700.000 europallets per dag kunnen transporteren, gebruikmakend van cargo pods, die:

- Autonomo ingezet worden voor het aanlevertraject naar de stations.
- Meereizen in hybride treinen.
- Autonomo de last mile logistiek in de stedelijke omgeving verzorgen.

Deze circa 700.000 pallets per dag staat gelijk aan circa 23.000 Full Truck Loads die niet meer dagelijks over de weg hoeven te worden vervoerd. Op jaarbasis biedt het hybride concept daarmee een alternatief voor 6,5 miljoen Full Truck Loads die thans over de weg worden vervoerd. Aangezien de cargo pods een kleinere capaciteit hebben zijn er meer bewegingen noodzakelijk, maar deze nemen aanzienlijk minder ruimte in, veroorzaken minder geluid/trillingen dan vrachtwagens en zijn veiliger voor kwetsbare verkeersdeelnemers. Ook hoeven de cargo pods niet over het hoofdwegennet te rijden of de stad in en uit omdat dat deel van de reis verzorgd wordt door de trein. Er vinden wel meer bewegingen van en naar het station plaats, maar die vinden voornamelijk buiten de spitsperiodes plaats.

Niet alleen de capaciteit van de infrastructuur is bepalend voor de mate waarin de vraag naar goederenvervoer kan worden geacommodeerd, ook de eigenschappen van de vervoermiddelen doen ertoe. De vervoerwijzen die op dit moment gebruikt worden in het goederenvervoer hebben verschillende karakteristieken zoals de vervoercapaciteit in aantallen of laadvermogen, maar ook in kwaliteit zoals: snelheid, kosten, flexibiliteit, betrouwbaarheid. Deze karakteristieken spelen een rol in de keuze van de verlader voor één of meerdere vervoerwijzen in de transportketen van een bepaalde zending tussen een herkomst en bestemming. Kosten, betrouwbaarheid (op tijd leveren), en vervoerssnelheid worden beschouwd als de belangrijkste criteria bij de keuze voor vervoerswijze door verladers, zie ook figuur 9.

Belang van criteria in keuze vervoerswijze goederenvervoer. Bron: Liu, 2016.



Figuur 9: Belang van criteria in keuze vervoerswijze goederenvervoer (CE Delft, 2016).

Het verschuiven van lading van de weg naar andere vervoerwijzen wordt ‘modal shift’ genoemd. Bij uitvoeren van dit onderzoek in de beschikbare tijd is het lastig gebleken om in te schatten wat het modal shift potentieel is voor het hybride concept. Er is nog te weinig informatie beschikbaar over de bovenstaande parameters die in het hybride concept anders zijn ten opzichte van andere modaliteiten. Gedurende fase 1 (en daarna) zal een dialoog met verladers gevoerd moeten worden om de aantrekkelijkheid van het hybride concept in specifieke gevallen vast te stellen. Flankerend beleid van de overheid kan die aantrekkelijkheid verhogen.

4. Haalbaarheid

In dit hoofdstuk wordt gekeken naar de technische-, infrastructurele- en operationele haalbaarheid om goederen en personen flexibel gecombineerd te vervoeren in reizigerstreinen. Vervolgens worden de relevante juridische, veiligheids-, economische en maatschappelijke effecten benoemd.

Deze effecten worden binnen de scope van de opdracht kwalitatief en waar mogelijk in deze onderzoeksfase kwantitatief beschouwd.

4.1 Technische haalbaarheid

In deze paragraaf worden de technische componenten van de in paragraaf 1.2 genoemde drie enablers nader beoordeeld op technische haalbaarheid.

Het begrip technische haalbaarheid wordt in dit kader gedefinieerd als technische maakbaarheid op hoofdlijnen. Hierbij wordt gekeken naar de mogelijkheden binnen de huidige stand der techniek, maar ook naar de verdere innovaties en doorontwikkelingen in de spoor- en aanpalende sectoren. Voorts wordt er een onderscheid gemaakt tussen:

- De aanpassingen aan de bestaande componenten of systemen ten behoeve van de operationele testen in fase 1 en fase 2;
- De ontwikkeling van de nieuwe componenten of systemen vanaf fase 2 ten behoeve van de functionele eindconfiguratie van het hybride concept in fase 3.

De in deze paragraaf opgenomen inschatting van de doorlooptijd van deze respectievelijke stappen dient gerelateerd te worden aan de scope van het onderzoek en is gebaseerd op ervaringsreferenties en expert judgement.

De technische componenten van het hybride concept bestaan uit:

- **Een nieuw type IT managementsysteem**

Een real time, data gedreven planning & coördinatie systeem dat de processen van reizigers- en goederenvervoer coördineert en beheert. Het maakt hiervoor gebruik van verschillende databronnen voor het matchen en voorspellen van de beschikbare vervoersruimte (aanbod) en de actuele vervoersvraag. Vervolgens stuurt het de operatie en de daarin opererende vervoerscomponenten optimaal aan op basis van vooraf gedefinieerde structuren, hiërarchieën en key performance indicatoren met behulp van onder andere AI en machine learning, al dan niet onder een escalatie van menselijke supervisie, niet alleen om te reageren op opkomende situaties en marktvraag, maar ook om er op te anticiperen. Het systeem kan tevens als een verbindend platform dienen voor aanbieders van mobiliteitsdiensten om voor de markt (persoon en bedrijf) ook de first-and-last-mile laagdrempelig en efficiënt te kunnen organiseren vanuit een integrale benadering.

- **Een nieuw type hybride rollend materieel (trein/light rail/metro)**

Dit nieuwe type rollend materieel is multifunctioneel en heeft het unieke vermogen om haar transportfunctie te kunnen aanpassen naar een gewenste verhouding van reizigersvervoer respectievelijk goederenvervoer. Dit geschiedt onder aansturing van het voormelde IT-managementsysteem op een geautomatiseerde en flexibele manier om snel in te kunnen spelen op de actuele marktvraag. Voor het goederenvervoer kunnen stoelen geautomatiseerd worden weg geklapt zodat een vlakke laadvloer ontstaat en bieden de extra toegangsmogelijkheden de gelegenheid om op efficiënte wijze goederen te kunnen in- en uitladen. Het ontwerp is in vele facetten modulair en uniek in vergelijking met bestaand rollend materieel. Het nieuwe type hybride rollend materieel is schaalbaar in te zetten in een transitietraject en kan eenvoudig worden voorzien van aanvullende functionaliteiten of nieuwe technologieën tijdens de technische levensduur.

- **Een nieuw type vervoershulpmiddel (cargo pod)**

De cargo pod is een autonoom aangedreven, afgesloten vervoersunit voor goederen als hulpmiddel voor veilig, geautomatiseerd en efficiënt laden en lossen van goederen. Gecombineerd met het nieuwe multifunctionele materieel biedt het een goede aansluiting op de first- en last mile logistiek. Op deze manier kan de dienstregeling van de trein normaal verlopen zonder vertraging door het goederenvervoer. De cargo pod is onder meer voorzien van track & trace technologie, zodat de integriteit van de lading permanent kan worden bewaakt. De cargo pod kan in verschillende afmetingen worden uitgevoerd en voorzien van functies als klimaatbeheersing voor specifieke toepassingen.

Een nieuw type IT-managementsysteem

Op dit moment is er geen IT-managementsysteem met de beoogde functionaliteiten van het hybride concept in gebruik of beschikbaar. In relatie tot de functie en scope van fase 1 lijkt het niet effectief om specifiek voor deze fase te investeren in het aanpassen van een bestaand systeem, dan wel een ontwikkeling van een dergelijk nieuw systeem. Het lijkt een effectievere aanpak om alle bestaande systemen die van toepassing zijn in het OV-proces in deze fase ongemoeid te laten en ten behoeve van de goederenlogistiek bij voorkeur een bestaande standaard applicatie te selecteren die configureerbaar is voor de toepassing zoals bedoeld.

Verder wordt fase 1 technologisch haalbaar geacht met de beschikbare passagiersinformatiesystemen (om passagiers naar hun toegewezen perronsecties en treincompartimenten te begeleiden) en de toewijzing van afzonderlijke treincompartimenten aan goederen en passagiers.

De ontwikkeling van het nieuwe type IT- managementsysteem, gericht op fase 2 en 3, lijkt praktisch uitvoerbaar op basis van de huidige stand van de techniek. De toepassing van bouwstenen gebaseerd op proven technology in relevante gespecialiseerde deelsectoren van de software-industrie, dienen zeker in overweging te worden genomen. Een nader te definiëren onderzoeks- en ontwikkelprogramma zal meer concrete inzichten moeten geven in de functionele behoefte en mogelijkheden voor de ontwikkeling daarvan, in de gevraagde investering en in een logische en haalbare implementatieplanning. De verwachte totale doorlooptijd correspondeert in beginsel met de voormelde drie fasen planning, maar zal in de praktijk fundamenteel worden bepaald door de prioritering van resources en financiering en ook een juiste sturing van bovenaf. Deze factoren zijn essentieel voor het realiseren van een succesvolle transitie van nieuwe technieken.

Bij de ontwikkeling zal speciale aandacht zal uit moeten gaan naar de hiërarchie en samenhang van de processen van reizigersvervoer en goederenvervoer en de synchronisatie van de componenten railvervoer, stationsproces (overslag en buffer) en first- en last mile transportmodaliteiten.

De interoperabiliteit middels interfaces met bestaande en toekomstige procesautomatiseringssystemen is daarmee een belangrijke functionele voorwaarde bij een realisatie. Met het oog op onder meer Europese doelstellingen omtrent het verhogen van interoperabiliteit tussen landen zou het een meerwaarde zijn als het nieuwe type IT-management systeem ook in dat opzicht in haar ontwerp koppelbaar en schaalbaar is. Het creëert een extra kans in meerdere opzichten als Nederland hierin een initiërende rol zou vervullen.

Artificial Intelligence en Machine Learning worden gebruikt voor het monitoren van onder meer vraagpatronen, aanbodpatronen, en reispatronen, en ook om de beschikbare capaciteit, aankomst- en vertrektijden van treinen, en andere beslisdata te voorspellen voor een effectieve planning van het stationsproces, de first-and-last-mile operaties en consolidatie. Op deze manier kan het succes van het systeem op de langere termijn gewaarborgd is. Uiteraard dient de samenhang met het programma management van de andere “enablers” te worden bewaakt.

Een nieuw type rollend materieel

Op dit moment is er geen rollend materieel met de voor fase 3 beoogde functionaliteiten van het hybride concept in gebruik of beschikbaar. In relatie tot de (pilot-)functie en scope van fase 1 en fase 2 is het het meest effectief om specifiek voor deze fasen bestaand rollend materieel aan te passen, zodat een basale combinatie kan worden gerealiseerd van personenvervoer en goederenvervoer. In eerste instantie zou men zich kunnen richten op het Sprinter SLT type, vanwege een aantal relevante basis eigenschappen van dit voertuig, zie ook onderstaande kader en het voorstel voor een pilot in hoofdstuk 4.7.

Multifunctionele ruimte in materieel

Het rollend materieel dat in Nederland wordt ingezet beschikt over één of meer multifunctionele ruimtes, zoals te zien is in figuur 10. Hier kunnen bijvoorbeeld fietsen, rolstoelen of grote stukken bagage worden vervoerd; met vaak afhankelijk van de locatie prioriteit voor een rolstoel of fietsen. Ook is soms een rolstoeltoilet aanwezig ter hoogte van deze ruimtes. Er is een beperkte hoeveelheid ruimte op deze plekken, aangezien vervoerders waarde hechten aan een grote beschikbaarheid van zitplaatsen.

In Nederland is het treintype dat de grootste multifunctionele ruimte beschikbaar heeft de SLT: Sprinter Light Train van NS. Deze heeft in de zesdelige variant in één van de zes rijtuigen een indeling met veel vloerruimte met klapstoelen aan de zijkant. Deze ruimte beschikt over stangen voor staande reizigers, maar daaromheen is een vloeroppervlak van circa 3,5 bij 2,2 meter beschikbaar, zie figuur 10. In fase 1 wordt deze ruimte ingezet voor het hybride concept en (grotendeels of volledig) afgesloten voor reizigers. Bij een volledige afsluiting is er geen mogelijkheid voor reizigers om tussen de beide helften van de trein te bewegen en daardoor mogelijk ook implicaties voor bijvoorbeeld bereikbaarheid van de WC's. Dit is een aandachtspunt bij verdere uitwerking. Voor mindervalide reizigers met een rolstoel en voor enkele fietsen blijft de bestaande ruimte in het rijtuig met de WC beschikbaar. Dit is een randvoorwaarde.



Figuur 10: Multifunctionele ruimte sprinter SLT.

Aanpassingen aan het materieel in fase 1 en fase 2

De aanpassingen zijn met name gericht op het creëren van extra capaciteit aan vlakke vloerruimte, zodat goederentransport in een deel van de rijtuigen gefaciliteerd kan worden met het (deels) vervangen van traditionele stoelen voor klapstoelen aan de zijwanden, en extra borgingssystemen om rolcontainers vast te kunnen zetten tijdens transport. Daarnaast moet in een oplossing worden voorzien, die duidelijk maakt, dat het goederengedeelte tijdens goederentransport niet toegankelijk is voor reizigers. Op deze wijze kunnen de aangepaste treinen in de spits extra capaciteit bieden voor forenzen en in de daluren voor de combinatie met goederenvervoer. De voor goederen inzetbare ruimtes in treinen zijn ook inzetbaar voor bijvoorbeeld fietsenvervoer en/of evenementen.

In bijlage 2 is een gedetailleerd overzicht van de geschiktheid van NS-materieel naar type, inclusief gewenste aanpassingen, voor fase 1 en 2 opgenomen.

Voor aanwenden van de beschikbare ruimte in het rollend materieel wordt in fase 1 en fase 2 uitgegaan van rolcontainers voor het vervoeren van goederen. Rolcontainers moeten kunnen worden vastgezet en fysiek

worden afgescheiden van passagiers in de trein. Rolcontainers komen in verschillende afmetingen, waarbij 800x600 mm of iets groter de meest voorkomende maten zijn; voor stationslogistiek zijn rolcontainers van 900x900x1900 mm met een maximumgewicht van 500 kg de limiet volgens de logistieke richtlijn voor huurders van commerciële ruimtes in de NS-stations. Aanlevering van goederen op pallets is volgens die richtlijn niet toegestaan.

Grotere aanpassingen en dan met name aanpassingen die de integriteit van het materieel raken, zoals het aanpassen van de deuropeningen, worden bij voorkeur afgeraden in fase 1 en fase 2 omdat deze kostbaar zijn, en een relatief lange doorlooptijd vergen als gevolg van extra certificeringstrajecten.

Nieuw type multifunctioneel rollend materieel fase 3

Voor het realiseren van de gewenste functionaliteit en implementatie van het hybride concept in fase 3 is rollend materieel vereist wat over een volledig multifunctioneel (hybride) karakter beschikt. Het materieel kan zowel het personen- als goederenvervoer faciliteren en is snel en effectief kan aanpasbaar op elk gewenst moment op basis van aansturing vanuit het IT-management systeem, al dan niet onder menselijke supervisie.

Het multifunctionele karakter en de effectiviteit van het nieuwe type rollend materieel worden met name door twee factoren bepaald:

- Een flexibele inrichting, die geautomatiseerd wijzigt van een configuratie voor (zittende) reizigers naar een vlakke laadvloer voor goederen en vice versa;
- Voldoende toegangsdeuren van de juiste grootte om het tijdig en effectief laden en lossen van goederen te kunnen faciliteren.

Om in de toekomst rekening te houden met schaalbaarheid, toekomstbestendigheid en duurzaamheid, dient voor fase 3 bij aanschaf van nieuw materieel een ander programma van eisen te worden opgesteld. De mogelijkheden om snel te laden en lossen en om de configuratie aan te kunnen passen zijn daarbij belangrijke onderdelen. Gebruikservaringen van reizigers, verladers en vervoerders uit fase 1 en 2 zijn hierbij waardevol.

Verder kunnen bij de ontwikkeling het nieuwe type rollend materieel c.q het opstellen van een programma van eisen de volgende aspecten worden overwogen mee te nemen zijn:

- Overwegingen met betrekking tot de basis karakteristieken van het rollend materieel, zoals treinlengte (in geval van het overwegen van extra wagons), treingewicht (en de mogelijkheden tot verlaging ervan en ook de impact op verlenging van de stoptijd, tijdens haltering-proces), maar ook circulariteit van materiaal gebruik, en technische karakteristieken zoals type aandrijving, remsystemen en andere installaties;
- De capaciteit van passagierstreinen om goederen te accommoderen, rekening houdend met factoren zoals gewichtsbepalingen, beschikbare ruimte en compatibiliteit met passagiersdiensten, speciale rijtuigvereisten en de rijervaring van passagiers.

De ontwikkeling van dit nieuwe rollend materieel lijkt praktisch uitvoerbaar op basis van de huidige stand van de techniek en werkwijzen. De toepassing van proven technology uit andere sectoren zoals de Automotive industrie dient in overweging te worden genomen. Techniek meestal niet een bottleneck maar juist een versneller van transitie.

Een nader te definiëren onderzoeks- en ontwikkelprogramma zal meer concrete inzichten moeten geven in een logische en haalbare implementatieplanning.

Een nieuw type vervoershulpmiddel

Op dit moment is er geen nieuw type vervoershulpmiddel met de beoogde functionaliteiten van het hybride concept in gebruik of beschikbaar.

In relatie tot de functie en scope van fase 1 en fase 2 lijkt het niet effectief om specifiek voor deze fasen te investeren in het aanpassen van een bestaand vervoershulpmiddel dan wel de ontwikkeling van een dergelijk nieuw vervoershulpmiddel.

Het lijkt een effectievere aanpak om in eerste instantie bestaande rolcontainers ten behoeve van de goederenlogistiek in te zetten. Een belangrijk nadeel hiervan is evenwel dat het de aard van de primaire goederenstromen beperkt tot zogenaamde “droge goederen” terwijl juist een belangrijk deel van de primaire goederenstromen bestaan uit zogenaamde “gekoelde en bevroren goederen”. Het is dus een overweging om in de loop van fase 1 dan wel in het begin van fase 2 een bestaand vervoershulpmiddel in te zetten welke beschikt over koel-eigenschappen, dan wel om de ontwikkeling van een basis prototype van het nieuwe type vervoershulpmiddel (cargo pod) te versnellen, om ook het deel “gekoelde en bevroren goederen” van de primaire goederenstromen toe te voegen en daarmee qua ladingtype en volume een sprong te kunnen maken, tijdens de verkenning van de potentie van het hybride concept. Bij het nader uitwerken van deze overweging moet rekening gehouden worden met de beperkingen die het bestaande, licht aangepaste rollend materieel heeft, met name met betrekking tot de toegangsmogelijkheden voor het inladen en uitladen van het vervoershulpmiddel.

Voor het realiseren van volledige functionaliteit en implementatie in fase 3 is het nieuwe type vervoershulpmiddel een belangrijke component voor het volwaardig kunnen faciliteren van het goederenvervoer in afstemming met het personenvervoer (in verband met de halteringstijden).

De eigenschappen van het nieuwe type vervoershulpmiddel (cargo pod) worden met name door de volgende factoren bepaald:

- Faciliteert snelle en veilige laad- en losmogelijkheden;
- Beschikt over autonome aandrijving, al dan niet onder menselijke supervisie te besturen;
- Levert verhoogde integriteit voor goederen met uitgebreide track & trace – en locking technologie;
- Mogelijkheid tot klimatiseren van binnen ruimte inclusief HACCP track & trace norm.

De ontwikkeling van dit nieuwe type vervoershulpmiddel is praktisch uitvoerbaar op basis van de huidige stand van de techniek en werkwijzen. Er zijn al verschillende toepassingen beschikbaar op de markt die basis eigenschappen hebben welke benodigd zijn voor de cargo pod. Hierop kan worden doorontwikkeld. De voorziene cargo pod heeft een capaciteit van 3 europallets of 6 rolcontainers. De cargo pods zijn zodanig gedimensioneerd dat de afmetingen overeenkomen met de nuttige binnenuimte van treincompartimenten om zo efficiënt de beschikbare ruimte te vullen.



Figuur 11: Voorbeeld van autonoom rijdende Pods (Cargo Sous Terrain¹⁵)

¹⁵ <https://edition.cnn.com/2023/08/07/travel/self-driving-underground-pods-switzerland-cargo-sous-terrain/index.html>

Assessment van de bruikbaarheid in de huidige vorm, dient uitgevoerd te worden, waarna kan worden doorontwikkeld. Evenals bij de overige technische componenten correspondeert de verwachte totale doorlooptijd in beginsel met de voorgestelde drie fasen planning.

Relevante flankerende technieken en innovaties

Shift2Rail/Europe's Rail Joint Undertaking

Er zijn de afgelopen jaren verschillende relevante innovatie activiteiten uitgevoerd binnen de scope van de technische elementen, met name enkele onderzoeksprojecten gefinancierd via het Shift2Rail programma. Enkele voorbeelden zijn te vinden in tabel 6:

Technology		Application
Train location	Safe train location solutions (X2Rail-5) Sensor and GPS technology	ETA calculation, organizing related logistic operations, planning of handling locations (stations and hubs)
Connectivity	Adaptable communication system Application of 5G technologies to rail with the development of FRMCS (Future Railway Mobile Communication System)-5GRail	Connectivity of freight wagons
Freight state monitoring	Sensor technologies, vision	Monitoring of freight status for safety
Virtual coupling/automated coupling		Fast connection of wagons, shunting and reduction of train stop time
Data sharing	Data exchange standards	Requirements for technology and concept. Operational procedures, Data model, integration of logistic operations with passenger and rail freight

Tabel 6: Voorbeeldprojecten Shift2Rail.

Verder zien we raakvlak tussen de ontwikkeling van het hybride concept en het onlangs gelanceerde PoDs4Rail-project als onderdeel van het Europe's Rail Joint Undertaking (ERJU) programma, als opvolger van het voornoemde Shift2Rail programma. In dit programma wordt vanuit Nederland onder meer deelgenomen door ProRail, NS en TU Delft. Pods4Rail is gebaseerd op het idee van "supermodaliteit": een door Siemens geïntroduceerde term waarmee een combinatie van alle mogelijke bestaande en nieuwe mobiliteitsvormen wordt bedoeld (zie Siemens One for All Mobility Design | Moodley¹⁶), en waarbij gebruik wordt gemaakt van compacte eenheden voor passagiers- en goederenvervoer die compatibel zijn met verschillende transportsystemen. Deze eenheden volgen een gestandaardiseerd dimensioneringssysteem, wat zorgt voor consistentie tussen verschillende vervoerswijzen. Het doel van Pods4Rail is om intermodale innovaties te introduceren door het volledig automatiseren van het vervoer met behulp van autonome PODs, waardoor naadloze en efficiënte intermodale mobiliteit mogelijk wordt voor zowel passagiers als goederen. PoDs4Rail is veel disruptiever en technisch en operationeel uitdagender dan het hier onderzochte hybride concept, maar kan mogelijk wel dienen als het vergezicht van wat het hybride concept inhoudt. Bij PoDs4Rail wordt immers een volledig nieuw systeem ontwikkeld waar zowel goederen als personen zich autonoom met een volledig geautomatiseerd PODs-mobiliteitssysteem verplaatsen. Het hybride concept kan dienen als eerste praktische toepassing van het mengen van goederen en personen op bestaande infrastructuur en kan mogelijk worden aangepast aan toekomstige scenario's op basis van de ontwikkelingen die worden uitgevoerd in PoDs4Rail.

¹⁶ <https://moodley.com/en/work/siemens-one4all>

Digitale transitie voor toekomstbestendig spoor¹⁷

Alle partijen in de spoorsector zijn ervan overtuigd dat een digitale transitie een belangrijke mogelijkheid biedt om extra capaciteit op het bestaande railnetwerk te realiseren, dus zonder extra beslag op de fysieke ruimte. In het rapport “digitale transitie van het spoornetwerk” worden vijf verschillende technische systeemsprongen (zie figuur 12) nader onderzocht, welke individueel en in samenhang toegepast kunnen worden om de ambities en verwachte groei van het railnetwerk te realiseren.

Systemspromg	Toelichting
Treinbeveiliging (ERTMS/ETCS ³ hybride level 3)	Een treinbeveiligingssysteem dat gericht is op korte beveiligingsblokken, waardoor treinen veilig vlak achter elkaar kunnen rijden.
Verkeersmanagement (TMS ⁴)	Meerdere systemen die de logistieke besturing en bijsturing van treinen slimmer en meer automatisch (vaak real-time) maken.
Automatische treinbesturing (ATO ⁵)	Een systeem dat automatische besturing (o.a. optrekken en afremmen) van een trein mogelijk maakt. Hiermee kan een trein zelfstandig de dienstregeling uitvoeren, halteren bij stations en rangeerbewegingen op emplacementen maken.
5G-telecommunicatie (FRMCS ⁶)	Een telecommunicatiesysteem gebaseerd op 5G-technologie, dat de mogelijkheid biedt om snel data uit te wisselen.
Tractie- en energievoorziening (3kV ⁷)	Een tractie-energievoorziening die meer vermogen biedt bij een gelijkblijvend aantal onderstations, waardoor meer treinen tegelijkertijd kunnen optrekken en hogere snelheden op het spoor mogelijk zijn en energie te besparen is.

Figuur 12: Vijf technische systeemsprongen (bron: Onderzoek Systeemkeuzes Spoor¹⁸).

Alle voornoemde systeemsprongen streven ernaar extra capaciteit te realiseren door middel van het intensiveren van de hoeveelheid rollend materieel op het bestaande railnetwerk. Geen van deze systeemsprongen hebben echter betrekking op verbetering van de bezettingsgraad van het rollend materieel zelf. Het hybride concept richt zich op het verbeteren van de bezettingsgraad van het rollend materieel zelf en in het bijzonder op het aanwenden van het onbenutte vervoerspotentieel binnen het OV-netwerk. Qua functie voegt het dus iets toe aan de voornoemde systeemsprongen, conflicteert er niet mee en is juist complementair. Ontwikkeling en implementatie van de technische componenten van het hybride concept kan onafhankelijk opgestart worden. Daarbij is het logisch in het ontwerp rekening te houden met de samenhang met de in figuur 13 genoemde innovaties.

Het verdient aanbeveling om bij de ontwikkeling van het hybride concept, net als bij een aantal andere genoemde schaalessprongen, aansluiting te realiseren bij een Europese agenda. Daarmee is opschalen naar andere Europese landen eerder mogelijk en kunnen op termijn ook internationale treinverbindingen de kansen van deze innovatie benutten.

Kans DAC, Digital Automatic Coupler

Als kans voor het combineren van goederenvervoer met reizigerstreinen wordt de DAC genoemd, gezien de mogelijkheden voor het makkelijk aankoppelen van één of meerdere goederenwagens aan een reizigerstrein. De DAC heeft daarbij het voordeel dat deze een automatische koppeling heeft van het Scharfenberg model, waarover nagenoeg al het bestaande en geplande reizigersmaterieel beschikt, waardoor mechanisch koppelen en meeslepen technisch mogelijk is. Kleine hoeveelheden goederenwagens kunnen daardoor worden meegenomen. Aandachtspunten hierbij zijn de perronlengtes, effecten op prestaties van het reizigersmaterieel en de noodzaak om met het reizigerstreinstel of -stellen op

¹⁷ *Digitale transitie voor toekomstbestendig spoor – Oktober 2022*

¹⁸ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2022/11/14/onderzoek-systeemkeuzes-spoor-oktober-2022>

eindpunten om de goederenwagons heen te rijden of rangeerlocomotieven om met deze wagons te rangeren. Desondanks biedt de DAC mogelijkheden voor het combineren van reizigers met goederenvervoer en kan zo het reizigersvervoer rendabeler maken en het aantal vrachtwagenbewegingen omlaag brengen. Voor het hybride concept is het uitgangspunt om onbenutte restcapaciteit in reizigerstreinen te benutten en beschouwen we de DAC om die reden niet verder, maar verwijzen we graag naar <https://www.dac4.eu/> voor meer informatie.

4.2 Infrastructurele haalbaarheid op en rond stations

Stations zijn primair ingericht op reizigers, maar ook in de huidige situatie is er sprake van goederenlogistiek. De inrichting van stations is zodanig dat reizigers veilig, snel en comfortabel kunnen in-, uit- en overstappen en gebruik kunnen maken van voorzieningen op en rond stations of op een andere vervoersmodaliteit kunnen overgaan. Veiligheid en toegankelijkheid voor reizigers zijn randvoorwaardelijk bij invoering van het hybride concept.

Bestaande situatie goederenlogistiek op stations (fase 1)

De manier hoe goederen momenteel naar de winkels op het station worden vervoerd, is wat vanaf hier wordt bedoeld met 'de traditionele goederenreis'. Goederen, vaak vervoerd in trolleys of rolcontainers, worden vanuit een DC ingeladen in een bestel- of vrachtwagen, en worden over de weg getransporteerd naar het station. Daar worden de goederen bij het daarvoor bedoelde laad-dock (expeditie) uitgeladen en door het station naar de interne eindbestemming of een opslag toegereiden door NS Stations-medewerkers. Bij het transport op het station zelf gebruikt men zo veel mogelijk logistieke gangen en waar nodig goederenliften. Buiten drukke reizigerstijden kunnen goederen ook vervoerd worden door de reizigersgebieden.

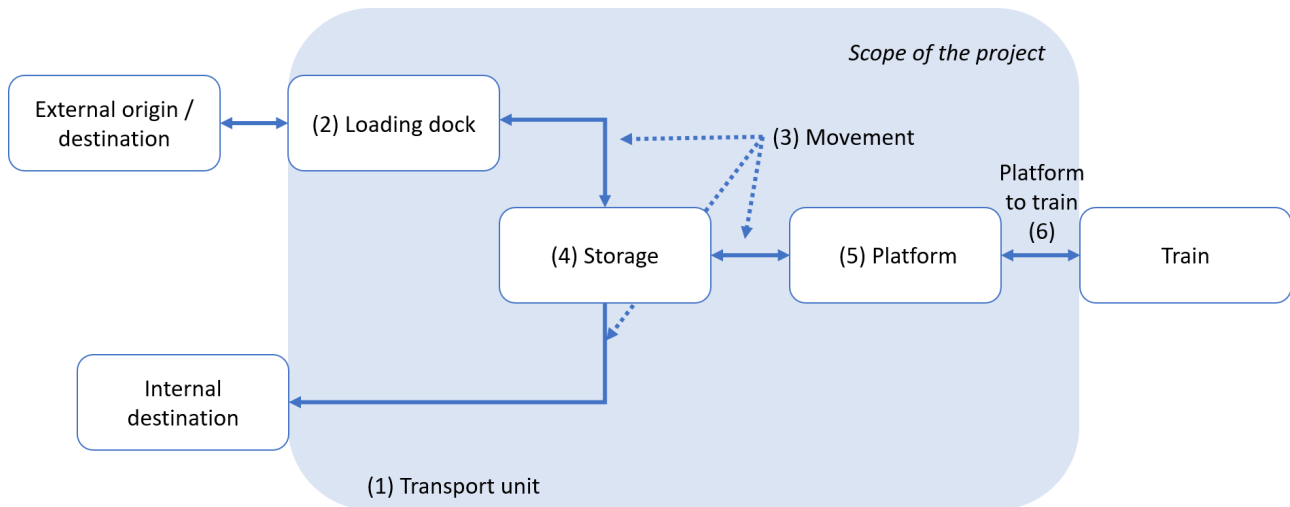
De logistiek beoogt minimale impact te hebben op de reizigersstromen. De inrichting kent wel andere (externe) nadelen. Zo worden de goederen voordat ze op het station uitkomen door drukke stadscentra heen over de weg getransporteerd, met alle milieu- en veiligheidsgevolgen van dien. Zware vrachtwagens zijn relatief lastiger te elektrificeren. Ook in de toekomst zal deze groep vooralsnog als laatste worden geëlektrificeerd. Na elektrificatie gebruikt de vrachtwagen nog steeds de schaarse openbare ruimte en blijft veiligheidsrisico's houden door omvang en gewicht. Het huidige systeem is dus ingericht om flexibel te zijn, maar niet duurzaam en vaak inefficiënt. Deze traditionele goederenreis krijgt ook te maken met zero-emissiezones in de grote steden, waardoor deze opnieuw bekeken moet worden.

Voorgestelde situatie goederenlogistiek op stations (fase 1 t/m 3)

Het grootste verschil tussen de bestaande en de nieuwe situatie is dat de trein wordt ingezet als transportmodaliteit voor goederen., Goederen worden in fase 1 en 2 van het hybride concept (nog steeds) aangeleverd door een vrachtwagen of bestelbus, maar op een rustiger station buiten de Randstad of buiten de grootste drukte. De goederen worden per trein getransporteerd naar (grotere) bestemmingsstations.

Figuur 13 geeft het proces weer op zowel het vertrek- als aankomststation. De laatste stap op het vertrekstation is het inladen in de trein. De eerste stap op het aankomststation is het uitladen uit de trein. De figuur maakt inzichtelijk welke (logistieke) stappen erbij komen kijken in dit alternatief, namelijk: (1) de treinreis, (2) het proces van perron naar de trein, (3) het opstellen op het perron, en (4) de reis van het perron naar de opslag op het station¹⁹. Stap 3 en 4 en in mindere mate 2, worden onderstaand uitgewerkt.

¹⁹ De reis van het perron naar de interne opslag op het station kan ook de reis naar de interne bestemming zijn (tijdens het tweede deel van de reis op station B), of de reis van de laaddock naar het perron zijn (tijdens het eerste deel van de reis op station A). Echter worden hier de fasen teruggebracht naar een, door aan te nemen dat de goederen tijdelijk naar de interne opslag worden getransporteerd voordat ze worden door vervoerd.



Figuur 13: Het proces, inclusief aankomst en vertrek vanaf het station (Beumer et al. 2023, p. 21).

Het opstellen op het perron

Na het uitladen uit de trein zullen de goederentrolleys of Cargo Pods opgesteld moeten worden op het station, zonder dat dit de reizigers hindert. Het best kan dit worden gedaan op een rustige plek op het perron. Het is aannemelijk dat dit dus voor of achter op het perron is of in een specifieke bufferzone of interne opslag. Per station kan het verschillen welke locaties het beste zijn om de goederen op te stellen, en moet per station en per route nader worden onderzocht, waar het logistiek gezien het meest optimaal is om de goederen in- en uit de trein te plaatsen.

Verder is het ook aannemelijk dat in fase 1 en 2 de goederentrolleys tijdelijk onbewaakt op het perron kunnen komen te staan, wanneer een logistiek medewerker andere goederentrolleys met de lift transporteert naar een specifieke bufferzone of interne opslag. De integriteit van de goederen moet te allen tijde worden bewaakt en zullen hiervoor passende maatregelen moeten worden getroffen. Oplossingen hiervoor kunnen zo simpel zijn als het vastmaken van de trolleys aan een aanwezige paal of object, tot en met het plaatsen van een hekwerk met een deur en het ophangen van camera's of een ander elektronisch bewakingssysteem. In fase 3 is dit aandachtspunt minder aan de orde, omdat de goederen veilig zijn afgesloten in het vervoershulpmiddel (de cargo pod). Aan de buitenkant niet te zien zal zijn wat de aard van de inhoud is.

Ook vanuit het oogpunt van veiligheid kunnen er allerlei redenen zijn om eisen te stellen aan dit tijdelijke opstellen op perrons. Goederentrolleys moeten niet van het perron kunnen vallen of routes voor passagiers, met name blinde mensen of mensen in een rolstoel, belemmeren. De eis voor het plaatsen van een hekwerk of 'bumpers' kan dus ook vanuit dit oogpunt ontstaan.

De reis van het perron naar de interne opslag

De goederenreis van het perron naar de interne opslag heeft enkele obstakels. Vanaf (de opslag op) het perron moeten de goederen vaak een verdieping naar boven of naar beneden om uit te komen in de opslag. Dit betekent dus tenminste éénmaal het gebruik van een lift. Grotere en nieuwere stations hebben vaak een logistieke corridor en soms een logistieke lift. Als deze aanwezig zijn, heeft dit het grote voordeel dat de goederen een minimale impact hebben op de reizigersstromen. Echter is op veel stations geen goederenlift aanwezig, dus hier zal gebruik moeten worden gemaakt van personenliften. Omdat deze liften er zijn om (mindervalide) personen te verplaatsen, zal goederentransport via deze liften logischerwijs aan voorwaarden onderhevig zijn.

Het belangrijkste criterium voor de personenliften is beschikbaarheid. Liften moeten zo veel mogelijk beschikbaar zijn voor reizigers die hier gebruik van willen en/of moeten maken om (zelfstandig) te kunnen reizen. Ondanks dat slechts zo'n 1% van de reizigers gebruik maakt van de lift (NS consultant wayfinding, personal communication, November 21, 2022), is er voor deze groep mensen vaak geen alternatief. De voorwaarden waarmee goederenvervoer te maken krijgt bij het gebruik van de personenliften vloeien dus voort uit deze beschikbaarheidseis van ProRail en NS.

Allereerst mogen de beladen rolcontainers de personenliften in het stationsgebied niet beschadigen. Personenliften op stations zijn veelal gemaakt van glas en lichtmetalen, gebruiksvriendelijke materialen. Beschadiging van deze liften maakt ze onaantrekkelijk en onveilig voor gebruik voor de reizigers. Zo mag ook het maximale gebruiksgewicht van de lift niet worden overschreden. Hierbij speelt de verdeling van het gewicht en de uitbalancering van de lift een belangrijke rol, omdat dit gebaseerd is op het gebruik door personen. Reizigers verdelen zich op een natuurlijke wijze in een lift waardoor het gewicht goed uitbalanceert. Bij plaatsing van een beladen rolcontainer in de hoek van een lift á maximaal 450 kilogram per stuk, kan deze lift makkelijk in storing gaan volgens de Manager Stationslogistiek bij NS Stations. Momenteel worden personenliften al gebruikt voor de bevoorrading van de kiosken op de perrons, maar dit zijn vaak geen zwaarbeladen rolcontainers. Ook de frequentie van bevoorradingen voor deze verkooppunten is relatief laag, in vergelijking met grote winkels in bijvoorbeeld de stationshal. Bovenstaande randvoorwaarden resulteren in materiaal-, laad-, vervoer- en gewichtseisen voor de rolcontainers. Dit om te voorkomen dat liften beschadigen of in storing gaan, en daardoor niet voor reizigers beschikbaar zijn.

De tweede hoofdvoorwaarde gaat over de tijd dat een lift bezet wordt gehouden en de snelheid van het logistieke proces. Doordat de prioriteit van personenvervoer en -liften bij de reizigers en dan met name die ligt, zal het logistieke proces moeten wachten totdat de reizigers van de betreffende trein het perron hebben verlaten en de lift weer beschikbaar is. Daarna kunnen de trolleys met de lift naar de verdieping worden verplaatst, waar de opslag of eindbestemming is. De lift of liften moeten weer vrij zijn voor passagiers zodra een volgende trein vertrekt. Doorgaans betekent dit slechts een beschikbaarheid van enkele minuten.

Figuur 14 toont de resultaten van het eerder onderzoek uitgevoerd door de TU Delft voor Royal HaskoningDHV. Hierin is te zien dat de reis van het perron naar de lift gemiddeld 45 seconden kost, en de reis met de lift duurt vervolgens gemiddeld 30 seconden per 3 trolleys (de maximale capaciteit van de lift). Ondanks de relatief korte bezetting van de lift, verwacht de Manager Stationslogistiek bij NS Stations, drie andere oorzaken voor problemen met het inzetten van personenliften. Ten eerste het grote volume van de goederenstroom. Ten tweede de voorwaarde van een snelle afhandeling voor geconditioneerde producten. En ten derde de combinatie met grote reizigersstromen. De reiziger heeft altijd voorrang op het logistieke proces. Voorgesteld wordt om binnen de huidige inrichting van de stationsgebieden op zoek te gaan naar meer ruimte voor de benodigde goederenstromen. Dit uiteraard zonder al te grote investeringen, en in afstemming met de doelstellingen voor fase 1 en 2 van de implementatie van het nieuwe mobiliteitsconcept Bijvoorbeeld op Utrecht Centraal. Daar kan gekeken worden naar de huidige inrichting van de middelste tunnel als reizigerstunnel. Deze kan ook functioneel ingericht worden als goederentunnel. Uiteraard door het goed en kostenefficiënt scheiden van de reizigersstroom en goederenstroom. De installatie van bijvoorbeeld een ladingplatform met hekwerk met de capaciteit van 8-10 trolleys, waar nu een niet vaak gebruikte reizigerstrap zit, kan dan ook voor een schaa sprong zorgen, wat het logistieke proces verder versnelt.

Arrival activity	Total time taken	Calculation
Unload roll containers from the train onto the platform	60 sec	20 sec per door and 20 sec wait
Move to an elevator	45 sec	45 sec per 4 roll containers
Using the elevator to the upper level	2.5 min	30 sec per 3 roll containers and 1 min buffer
Move from the elevator to the storage area	2 to 6 min	2 to 6 min per 4 roll containers
Total duration:	6.25 min to 8.25 min	

Figuur 14: Duur van iedere stap van de aankomst van de goederen op de bestemming.

In fase 3 zijn de infrastructurele modificaties erop gericht om de goederenlogistiek fysiek volledig autonoom te laten plaatsvinden zonder interferentie met het reizigersproces en andersom.

Wie is verantwoordelijk voor het logistieke proces?

Sinds 2017 is de situatie op 22 stations dat huurders huren bij NS Stations, en zij verplicht zijn met NS Stations als logistiek dienstverlener te werken. Dit is vastgelegd in een allonge op de huurcontracten met alle huurders op deze stations. Dit houdt in dat NS Stations de logistieke diensten levert vanaf de los-docks en ook expliciete eisen stelt aan ladingdragers, onder andere vorm, gewichten en maatvoering. Bijvoorbeeld: geen pallets in het stationsgebied, maar alleen rolcontainers. Dit doet de organisatie in een logistieke richtlijn. Die maakt onderdeel uit van de huurovereenkomst van bedrijfsruimte op een station. Hierin staan onder andere eisen vermeld voor de ladingdragers, zoals de afmeting (lxbxh) 900x900x1900 mm en het maximale gewicht: 500 kg.

Deze zaken zijn vastgelegd in een generiek document (logistieke richtlijnen). NS Stations mag dus ook eisen stellen aan de wijze van aanleveren vanaf de DC's en doet dat ook. NS Stations zou kunnen verplichten om aan te leveren per trein in plaats van per vrachtwagen of bestelbus. Wel is het zo dat deze regels dan voor alle retailers hetzelfde moeten zijn omdat NS Stations een éénvoudig proces wil hanteren. Binnen dat uitgangspunt is het wel denkbaar (door een gefaseerde invoering van het treinconcept) onderscheid te maken naar droge lading en natte of geconditioneerde lading.

Personeel

NS Stations heeft zelf personeel in dienst die de huidige stations logistiek afhandelt. Dit personeel kan ook worden ingezet voor het afhandelen van de goederenstromen die ontstaan vanuit het hybride concept. Wel zal per station gekeken moeten worden naar bezetting en efficiëntie in het logistieke proces, passend bij fase 1, 2 en 3. De beperkte beschikbaarheid van logistieke medewerkers enerzijds en de conditioneringseis op veel producten tijdens fase 1 en 2 anderzijds, vraagt een mate van snelheid in het proces. Zonder dat dit de veiligheid (van de reizigers) in gevaar brengt. Een 'flexibele schil' bij uitvoering van dit logistieke proces zou het reisassistentie personeel kunnen zijn.

4.3 Operationele haalbaarheid

Volgens de door NS gepubliceerde bezettingsgraad van treinen in de huidige dienstregeling is op een aantal trajecten restcapaciteit die mogelijk ingezet kan worden voor het hybride concept. Treinen zijn in de hyperspits in de belangrijkste spitsrichting vol en dan met name dicht bij de bestemming. Doorgaans is deze situatie niet in balans met de tegenrichting en wisselen de aantallen over de dag, waardoor capaciteit ontstaat die zich gedurende de dag dynamisch ontwikkelt. De situatie kan mogelijk veranderen in de toekomst door bijvoorbeeld een gewijzigde dienstregeling, een nieuw opstel terrein of het wijzigen van vervoersstromen, maar ook door beleidswijzigingen en exogene macro factoren zoals bevolkingsgroei, economische ontwikkelingen en pandemieën. In onderstaande alinea staat beschreven wat de specifieke spitseigenschappen betreffen.

Capaciteit in de spits; spitsrichting, tegenspits en spitstreinen

Op een aantal trajecten is er een duidelijke spitsrichting zichtbaar. In de ochtendspits is er veel vervoer in één richting, in de avondspits geldt dit voor de andere richting. Om de materieelomloop in balans te houden, dienen de treinen in beide richtingen ongeveer evenveel capaciteit te bieden op kortere trajecten of met bredere spitsen. Dit betekent dat er in de richting van de tegenspits veel restcapaciteit over is. Dit is niet het geval indien er in de buurt van het beginpunt een opstel terrein is. Dit kan in dat geval gebruikt worden om treinen 's nachts op te stellen en deze in de ochtendspits in te zetten tijdens de pieken. Overdag worden de treinen ergens anders opgesteld, waarna ze in de avondspits weer terugkeren. Op sommige trajecten rijden er ook spitstreinen, die in één richting rijden met reizigers. Op kortere spitsroutes, of waar logistiek handig, rijden dan soms lege treinen terug naar het startpunt om al dan niet een volgende spitsrit uit te voeren. In figuur 5 staan deze eigenschappen weergegeven op de spoorkaart van Nederland. Een lijst van de specifieke treindiensten is opgenomen in bijlage 2.

De combinatie van personenvervoer en goederenvervoer zoals voorgesteld in het hybride concept, brengt bepaalde operationele randvoorwaarden met zich mee, zoals hieronder vermeld:

- Stations moeten zijn uitgerust met de benodigde infrastructuur en technologieën om te voldoen aan de eisen voor het verwerken van goederen. Dit kan het implementeren van volg- en traceersystemen, goederenafhandelingsapparatuur en opslagfaciliteiten omvatten. Door deze mogelijkheden te integreren, kan efficiënte verwerking en beheer van goederen worden gegarandeerd.
- Planning van passagiers- en goederentreindiensten. Op de korte termijn kan er pragmatisch vanuit worden gegaan dat treinschema's vaststaand zijn. Echter, bij het overwegen van een herstructurering van logistieke operaties kan geïntegreerde planning vereist zijn om rekening te houden met verschillende gemengd gebruikte stations en hubs, enz.
- Beheer van goederen op stations. Het herorganiseren van (bepaalde) stations, bijvoorbeeld voor het overwegen van opslagruimtes (tussen het moment van aflevering door de klant en het laden op het spoorvoertuig, en tussen het moment van lossen en ophalen). Noodzakelijke infrastructuurverbeteringen, zoals laad- en losfaciliteiten en opslagruimtes, moeten worden overwogen om de opname van goederen in passagierstreinen te ondersteunen.
- Overwegingen met betrekking tot rollend materieel, zoals treinlengte (in geval van het overwegen van extra wagons) en treingewicht (en de mogelijke impact op verlenging van de halteertijden), moeten worden meegenomen.
- De capaciteit van passagierstreinen om goederen te accommoderen. Hierbij moet rekening gehouden worden met factoren zoals gewichtsbepalingen, beschikbare ruimte en compatibiliteit met passagiersdiensten en speciale wagonvereisten.
- Implementatie van veiligheids- en beveiligingsmaatregelen. Dit is nodig om zowel passagiers als goederen te beschermen.
- Integratie van volg- en traceersystemen om het bewegingsproces van goederen op passagierstreinen te monitoren. Dit helpt zichtbaarheid en verantwoording gedurende het transportproces te waarborgen. Dit is vooral belangrijk voor het berekenen van de geschatte aankomsttijd.
- Inzicht in en ontwikkeling van ontbrekende of verkeerde regelgeving en wetgeving; bijvoorbeeld rondom veiligheid of toegankelijkheid.

4.4 Juridische en veiligheidsaspecten

Voor dit onderzoek is de spoorwegwet en daaraan gekoppelde regelgeving geanalyseerd. Deze analyse leert dat er geen wettelijk verbod is op vervoer van goederen in reizigerstreinen.

De veronderstelling dat vervoer van goederen en vervoer van reizigers meestal gescheiden zijn, komt tot uiting in het gebruik van de volgende termen in de spoorwegwet:

- Passagiersvervoer, passagiersvervoerdienst, personenvervoerdiensten, (openbaar) personenvervoer, personenrijtuigen, bagagewagens.
- Goederenvervoer, goederenvervoerdiensten, goederenwagens, goederenwagons.

Op grond van de spoorwegwet zijn de technische specificatie inzake interoperabiliteit (TSI) van toepassing. De TSI 'rollend materieel -locomotieven en reizigerstreinen' vermeldt de volgende mengvormen van reizigers- en goederenvervoer:

- Tractievoertuigen bestemd voor het vervoer van goederen of/en reizigers;
- Voertuigen die geen reizigers vervoeren en die deel uitmaken van een reizigerstrein: spoorvoertuigen zonder eigen aandrijving die deel uitmaken van een reizigerstrein (bijvoorbeeld bagage- of postwagens, autorijtuigen, servicerijtuig).
- Goederenwagens kunnen deel uitmaken van een reizigerstrein.

Een vervoerder heeft een bedrijfsvergunning en een veiligheidscertificaat van de overheid nodig die zijn toegesneden op de bedrijfsactiviteiten. Een reizigersvervoerder die goederen gaat vervoeren moet zijn bedrijfsvergunning en een veiligheidscertificaat daarop laten aanpassen. In de bedrijfsvoering en het veiligheidsbeheersysteem moet hij voorzieningen treffen om veiligheidsrisico's die voortkomen uit het goederenvervoer en/of de interactie reizigers/goederen te beheersen.

4.5 Economische haalbaarheid en verdelingseffecten tussen stakeholders

Voor het vaststellen van de economische haalbaarheid van het hybride concept is een gedetailleerd beeld van kosten en opbrengsten nodig, zowel qua investeringskosten als ook qua operationele kosten. Daarbij is een beeld van de opbrengsten in de eindsituatie afhankelijk van de exacte wijze waarop de implementatie gerealiseerd wordt. Gezien de huidige staat van ontwikkeling van het concept zijn die kosten en opbrengsten moeilijk in te schatten en zou een inschatting ook een verkeerd beeld kunnen scheppen van de verhouding ertussen. Daarom is ervoor gekozen om als benadering een beeld te geven van de mogelijke categorieën van kosten en opbrengsten, om zo een toekomstige kosten-batenanalyse te faciliteren en toch een eerste globaal inzicht te kunnen schetsen.

Daarnaast is het van belang een goed beeld te krijgen van de wijze waarop de kosten en baten verhoudingsgewijs verdeeld worden over verschillende stakeholders. Dat is dan ook het tweede aspect waarop deze paragraaf deels zich richt. In de besluitvorming over en de realisatie van een dergelijke innovatie, zijn de exacte financiële effecten in de besluitvorming vaak lang onduidelijk. Die verdelingseffecten zijn mogelijk onzeker, en we weten dat die onzekerheid een effect heeft op de wijze waarop de stakeholders zich tot een innovatie verhouden. Kort gezegd: de verwachting is dat een de positieve effecten grotendeels bij de logistieke partners zullen kunnen vallen, terwijl de lasten meer zouden kunnen vallen bij de spoorse stakeholders. Dit beeld wordt in eerste instantie wat gedetailleerder uitgewerkt.

Ten derde wordt ingegaan op de governance; de bestaande regelset voor beslissingen tussen de betrokken stakeholders rondom deze innovatie. Bijvoorbeeld regels over veiligheid, concessies, wetgeving, vastgestelde verantwoordelijkheidsverdelingen; regels die op dit de positie van verschillende stakeholders ten aanzien van de innovatie bepalen en beperken. Daarom wordt hier ingegaan op de bestaande governance die hieraan raakt en op de eventuele aanpassingen van de governance, die versnelling van deze innovatie kunnen mogelijk maken.

Categorieën van kosten en baten

Wanneer in de ontwikkeling van een innovatie de scope nog niet duidelijk is af te bakenen, is het maken van een goede kosten-batenanalyse lastig. Zeker wanneer de positie van de belangrijkste stakeholders ten opzichte van de innovatie nog onduidelijk is, is een dergelijke analyse sterk indicatief en kan daarmee een verkeerd beeld schetsen. Er is gekozen om een beeld te schetsen van de categorieën waarin kosten en opbrengsten zouden kunnen vallen, zie ook tabel 7.

Kosten categorie		Opbrengsten categorie	
Investing (eenmalig)	Aanpassingen op regionale stations (dock, opstelplaatsen, laadplaatsen)	Bedrijfsmatige inkomsten	Inkomsten uit levering logistieke dienstverlening voor primaire goederenstromen (eindbestemming in stations), secundaire goederenstromen (eindbestemming in periferie van stations) en tertiaire goederenstromen (overstap service naar andere trein)
	Aanschaf zelfrijdende cargo pods		Optimale inzet wegvervoersmiddelen/chauffeurs
	Eventuele aanpassingen te belevaren centrale stations (liften, opstelplaatsen, laadplaatsen)		
	Eventuele aanpassingen aan het bestaande en/of aanschaffing/vervanging van het rollend materieel		
	Aanschaf IT managementsysteem		
Operationeel (jaarlijks)	Onderhoud cargo pods	Maatschappelijke opbrengsten	Verminderde congestie rond stations en op de route daartussen
	Energie cargo pods		Verminderde uitstoot rond stations en op de route daartussen (dit voordeel zal over tijd afnemen door electrificatie)
	Controlecentrum & onderhoud IT managementsysteem		Veiligheid verkeersdeelnemers
	Aanvullende kosten en onderhoud rollend materieel		Continuïteit financieel onrendabele passagiersdiensten
	Aanvullende personeelskosten Stationslogistiek		

Tabel 7: Kosten- en opbrengstencategorieën.

Aan de kostenkant is het van belang dat het treinvervoer, zoals elders ook in dit rapport aangegeven, buiten de spits en in de kansrijke richtingen vooral gebruik zal maken van restcapaciteit. De marginale kosten van het treinvervoer benaderen daarmee nul, maar het is, zoals we al eerder aangaven, afhankelijk van de positie die de vervoerder kiest, in de beprijzing, wat de werkelijke kosten (voor het vervoer van goederen) van het traject per trein bedragen. Verder zijn de kosten afhankelijk van de schaal van uitrol. Schaalvoordelen en het gebruik van standaardoplossingen kunnen die kosten laag houden, maar daarbij is het nu nog onduidelijk op welke schaal de innovatie kan opereren en welke standaardoplossingen passend kunnen zijn.

De opbrengstcategorie in de bovenstaande tabel is dezelfde als in het huidige systeem: de stations worden belevend en dat vertegenwoordigt waarde waarvoor de stakeholders op die stations willen betalen. Wel zal er een verschuiving optreden van logistieke dienstverlener naar de spoorvervoerders, waarvan de verwachting is dat deze samenwerking aantrekkelijk is voor beide. Voor de logistieke dienstverlener, aangezien deze zijn chauffeurs en voertuigen efficiënter in kan zetten. Voor de spoorvervoerders aangezien lege ritten nu waarde kunnen genereren. In hoeverre dit in een samenwerkingsmodel te vatten is, daarop komen we hierna terug.

Voor een reële inschatting is gewenst het verschil tussen de financiële en maatschappelijke effecten van de innovatie af te zetten tegen de toekomstige effecten van meer traditionele beleving. Als basis kunnen de totale maatschappelijke kosten in kaart worden gebracht bestaande uit de geïnternaliseerde kosten (voor de markt) en de niet-geïnternaliseerde kosten (voor de samenleving). Het huidige goederenvervoer is al efficiënt georganiseerd waardoor op het gebied van congestie geen 'macro' verbeteringen zijn te verwachten en is ook een slag aan het maken qua uitstoot. Op microniveau kan dit wel een groot verschil zijn voor individuele partijen.

Stakeholders en verwachte verdelingseffecten van kosten en baten

Rondom hybride concept zijn belangrijke belanghebbenden aan te wijzen wanneer de logistieke keten en aanpalende stakeholders systematisch in kaart wordt gebracht:

- Allereerst zijn er de *vervoerders* of transporteurs als opdrachtnemers voor de beleving op en eventueel in de directe omgeving van stations. Zoals eerder aangegeven biedt de mogelijkheid om congestiegevoelige stationsomgevingen te mijden hen een duidelijke incentive. Daar staan technologische investeringen tegenover. Als de balans tussen beide positief valt dan biedt dat mogelijkheden. De logistieke vervoerders hebben contracten met de *verladers* op of in de directe omgeving van de beloftevolle stations. Sommige van die productformules zijn in handen van NS Stations (denk daarbij aan de Kiosk en Julia's), maar in toenemende mate zijn deze formules in handen van derden (denk daarbij aan de Valora franchise Backwerk en de HEMA). Voor die stakeholders zou NS Stations de logistieke processen kunnen stroomlijnen. Voor NS kan de synergie van het gebruik van restcapaciteit in de trein en de efficiënte beleving van de stations alleen op het groepsniveau een positieve uitkomst zijn. De inkomsten vallen logischerwijs waarschijnlijk grotendeels bij NS Reizigers door het inzetten van de beschikbare ruimte in de trein. Voor de eigen NS Stations franchises kan dat op groepsniveau reden zijn om de innovatie te verkennen en op te pakken. Voor de franchises die geen eigendom zijn van NS Stations kan dat onderdeel worden van de dienstverlening die NS Stations qua toelevering biedt.
- De operationele en de ontwikkeltak van NS Reizigersvervoer spelen een belangrijke rol in het inpassen van de innovatie in de lopende dienstregeling. Als gezegd, in de te verwachten governance is NS Reizigersvervoer nadrukkelijk een stakeholder, als expliciete uitvoerder van het transport. Maar de koppeling met de exploitatie van retail op het station is nadrukkelijk alleen via de NS te leggen. In Nederland zijn op dit moment ook Arriva, Breng, Connexion, Keolis, Qbuzz en VIAS actief als nationale treinvervoerders.

- ProRail is beheerder van de technische faciliteiten in de stations. Het kan zijn dat de innovatie specifieke eisen stelt aan die technische faciliteiten (denk aan liften), die door ProRail zouden moeten worden geïmplementeerd. Daarbij zal ProRail ook aan de andere zijde van de logistieke keten, bij de beleving van het spoorse deel van het vervoer, bij het realiseren van de faciliteiten een essentiële rol spelen.
- Treinverkeer wordt in Nederland aanbesteed door het Ministerie van IenW (hoofdrailnetconcessie) en verschillende provincies (regionaal treinennet). Het Ministerie van IenW heeft een coördinerende rol tussen ProRail en NS die in de praktijk nadrukkelijk bij de spoorse stakeholders zelf is ondergebracht. Er is een helder (maar ook vrij gefixeerd) kader van afspraken waarbinnen NS en ProRail onderling de nodige zaken zelf coördineren.
- De toezichthouders op het spoor zijn ACM (Autoriteit Consument en Markt) en IL&T. De commerciële activiteiten van NS hebben de aandacht van de Nederlandse marktautoriteit. En qua veiligheid is de Inspectie Leefomgeving en Transport een belangrijke stakeholders. De kaders voor toezicht zijn scherp, wat maakt dat innovaties vaak niet eenvoudig te realiseren zijn.
- Gemeenten hebben een belang, namelijk die van leefbaarheid, congestie- en uitstootvermindering in hun binnensteden, en verkeersveiligheid. Provincies zijn concessiebeheerders van regionaal openbaar vervoer.

Hybride concept en de bestaande governance

De bestaande governance bestaat dus in ieder geval uit de volgende onderdelen:

- Regelgeving op het gebied van veiligheid op het spoor, en eventueel commerciële activiteiten.
- De vervoersconcessies en (nog) beheersconcessie en verdere afspraken van het concessiebeheerder(s) met concessienemer(s).
- Afspraken tussen ProRail en NS over de voorzieningen op de stations.
- De contracten van NS Stations met de franchisehouders op de relevante stations.
- De contracten van de franchisehouder of NS Stations met logistieke dienstverleners voor de beleving van die stations.
- Regelgeving vanuit gemeenten voor de logistiek in steden (venstertijden, emissie-eisen, toegangsbeperking etc.).

De belangrijkste kansen lijken te liggen bij drie stakeholders. Allereerst kan dat liggen in een coördinerende rol van NS Stations bij de beleving van de franchises op de stations (en eventuele toeleveringen in de directe omgeving). Ten tweede kan dat liggen op de coördinerende rol van het Ministerie van IenW tussen ProRail en NS en de koppeling met beleidsdoelstellingen op het gebied van verkeer en vervoer.

De Mobiliteitsvisie 2050 biedt handvatten voor het Ministerie om een meer sturende rol te pakken en innovatie in te zetten als succesfactor voor het bereiken van de in de visie genoemde doelstellingen. Ten derde zou die rol kunnen liggen bij gemeenten voor de aanlevering naar stations.

Mogelijke veranderingen aan de governance

Om het hybride concept qua governance een vliegende start naar fase 1 te geven is het wenselijk om afspraken te maken, hetzij binnen de bestaande afspraken tussen deze stakeholders, maar waarschijnlijk via een projectcontext naar meer specifieke afspraken. Wanneer die stap gezet is, zal een herijking van de afspraken rond beleving van stations moeten volgen, tussen NS Stations en de franchises op de relevant stations. Vraag is of, en op welke wijze de voordelen in logistieke kosten via contracten van deze stakeholders met NS Stations uiteindelijk ook ProRail en de retailers zouden kunnen bereiken in een nieuwe set van afspraken. In de huidige context is het vaak een experimentele projectomgeving waarin stakeholders zoeken naar de mogelijkheden, kosten en baten, de verdeling daarvan in realiteit en de afspraken die deze verdeling mogelijk moeten maken. Een dergelijke context biedt ook toezichthouders de mogelijkheid om hun posities ten opzichte van de innovatie te bepalen. Het is dan ook voor de hand liggend om een dergelijke innovatie met een project in een experimentele vorm te beginnen.

Fase 1 bevat onder meer als functies het creëren van stakeholders engagement en het uitvoeren van een pilot. Hier kunnen alle partijen van leren richting de versnelling in fase 2 en de voltooiing in fase 3.

4.6 Maatschappelijke aspecten

Het mengen van reizigers- en goederenstromen kan leiden tot een verlaging van de operationele en investeringskosten van zowel het reizigers- als goederenvervoer. Hiermee wordt het gehele verkeer- en vervoersysteem efficiënter, wat tot maatschappelijke voordelen kan leiden. Daarentegen zullen de extra activiteiten op en rond stations en in de treinen ook tot negatieve effecten kunnen leiden.

Het onderzoek behandelt hier een verkennende, globale en kwalitatieve analyse van maatschappelijke effecten. Hierbij worden, zoals ook in MKBA-studies worden onderscheiden, de volgende categorieën van effecten benoemd:

- Logistieke en verkeerskundige effecten
- Economische effecten
- Energie- en milieueffecten
- Sociale en overige externe effecten
- Effecten op de arbeidsmarkt

Logistieke en verkeerskundige effecten

Een verplaatsing van de stedelijke goederenstromen naar het spoor, leidt in de eerste plaats tot verschuivingen in de goederenstromen. In plaats van buiten de stad goederen over de weg de stad in te verplaatsen, worden deze nu per spoor naar het centrum vervoerd en vervolgens gedistribueerd. Op deze wijze worden goederenstromen geconcentreerder aangevoerd. Dit leidt tot minder en kortere verplaatsingen in de meest dichtbevolkte en verstedelijkte gebieden. Hier zijn de gevolgen voor de leefbaarheid het grootst, net als de druk op de ruimte. Bovendien kunnen de voertuigen kleiner zijn en minder belastend voor de omgeving. De drukte in de directe omgeving rond de in het centrum gelegen stations zal echter toenemen wanneer er meer van het systeem gebruikt gemaakt gaat worden. Er dient immers overslag plaats te vinden nabij stations op de kleinere vrachtvoertuigen, wat een negatieve impact op de leefbaarheid aldaar kan hebben. Dit zijn ook zichtbare en verwachte effecten bij al bestaande en toekomstige logistieke hubs. Naast deze inschatting van de effecten in de stedelijke logistiek zullen er ook effecten zijn voor de interstedelijke en rurale logistiek. In fase 3 is de inzet van cargo pods voorzien, die autonoom naar de eindbestemming reizen. Ook daarvan moet het verkeerskundig effect nader worden beoordeeld.

Economische effecten

Bij menging van reizigers en goederen is verlaging van transportkosten een direct economisch effect voor de gebruikers (reizigers en verladers). Dit heeft ook maatschappelijke impact. Een economisch rendabel en effectief vervoersysteem leidt ook tot een betere bereikbaarheid van zowel stedelijke als rurale gebieden, waar vanwege lagere transportkosten meer economische activiteiten kunnen plaatsvinden. De transportkostenvoordelen zullen (in het geval van het goederenvervoer) grotendeels door de gebruikers (verladers, logistieke dienstverleners en ontvangers) worden geïncasseerd. Bij de reizigersstromen geldt dat lagere kosten voor openbaar vervoer uiteindelijk tot een toename van koopkracht zal leiden en een vergroting van de toegankelijkheid (inclusiever OV). Een belangrijk beoogd doel van het hybride concept is het verhogen van de aantrekkelijkheid van de modaliteit spoor ten opzichte van het wegvervoer. Deze modal shift impact kan leiden tot vergroting van de positieve maatschappelijke impact, ten opzichte van de huidige situatie. Ook bijvoorbeeld de onderhoudskosten van weginfrastructuur zullen kunnen dalen wanneer minder vrachtwagens worden ingezet. Daartegenover staat dat de onderhoudskosten voor de rail- en overslaginfrastructuur bij gemengd gebruik zullen stijgen. Voor een goede vergelijking tussen de modaliteiten moeten de toekomstige ontwikkelingen ook meegenomen worden. Zo zal het wegvervoer door ontwikkelingen als elektrificatie, digitalisering en automatisering (zoals bijv. autonoom rijdende vrachtwagens) zowel economisch als qua energie- en milieuprestatie de komende periode (tot 2040) ook

haar economische en milieuprestatie verbeteren. Grootschalige elektrificatie van het wegvervoer heeft echter meerdere drempels te nemen; van supply chain problemen tot lastenverzwaringen en zal bovendien een groter beslag leggen op de elektriciteitsvraag en in het verlengde daarvan de voorwaarden hebben om het elektriciteitsnetwerk te verzwaren en laadinfrastructuur uit te breiden, dan wanneer er gemengd gebruik gemaakt wordt van het spoorstelsel, zoals met het hybride concept wordt nagestreefd. Bovendien is uitsluitend elektrificatie van het wegvervoer geen oplossing voor congestie en bereikbaarheidsproblemen en wordt pas als derde stap in de Trias Energetica in de Mobiliteitsvisie 2050 (verminderen – verslimmen - verduurzamen) benoemd.

Energie- en milieueffecten

De mate waarin het energiegebruik (per ton-/reizigerskilometer) van een nieuw vervoersysteem verschilt met de bestaande situatie, is niet alleen van invloed op de vervoerkosten (zie de economische effecten) maar dit bepaalt ook de uitstoot van CO₂. Elke vermeden kilo CO₂ leidt tot een substantiële positieve maatschappelijke impact. Onder de milieueffecten vallen de impact op de luchtkwaliteit (emissies van onder andere NO_x, fijnstof), de depositie van stikstof, geluidhinder, en trillingen. Het traditionele wegvervoer (met op fossiele brandstof aangedreven voertuigen) scoort op al deze aspecten zeer negatief ten opzichte van de modaliteit rail. In dit stadium is nog niet goed in te schatten wat de milieuprestatie van een nieuw systeem als het hybride concept zal zijn. Over het algemeen hebben railvervoersystemen een aanzienlijk grotere energie-efficiëntie dan op banden aangedreven voertuigen en is bijna het gehele Nederlandse railnetwerk van bovenleiding voorzien.

Meer gewicht als gevolg van goederenlogistiek heeft vrijwel geen invloed op het energieverbruik van de trein omdat de rolweerstand erg laag is en luchtweerstand de dominante factor is.

Overige externe effecten en sociale impact

Het beslag dat een vervoersysteem legt op de openbare ruimte verschilt sterk per modaliteit. Over het algemeen zijn railgebonden vervoersystemen vele malen efficiënter in ruimtegebruik per vervoerde eenheid (ton, m³, passagier) dan wegvervoer. Met name in dichtbevolkte stedelijke gebieden is ruimte een schaars economisch goed en kan de maatschappelijke impact van een dergelijk systeem positief zijn. Een hogere benutting van passagierstreinen heeft tevens een positief effect op 'vervoersarmoede', want een hogere rentabiliteit van het spoorstelsel helpt om een frequente dienstregeling in bijvoorbeeld rurale gebieden te verzorgen, waarmee een betere sociale inclusie kan worden gerealiseerd.

Ook op het gebied van verkeersveiligheid scoort het spoor veel beter dan het wegvervoer. Het jaarlijks aantal doden en ernstig gewonden als gevolg van verkeersongevallen zijn de afgelopen 10 jaar niet gedaald. De integrale Mobiliteitsanalyse voorspelt een verdubbeling in 2040 van het aantal ernstige verkeersslachtoffers, met name onder fietsers. Het Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2030 kent een nul ambitie echter zonder aanvullende maatregelen zal het aantal slachtoffers in 2030 stijgen. De externe kosten die het wegvervoer op dit onderdeel veroorzaakt kunnen als maatschappelijk voordeel van een spoorstelsel worden gerekend. Uiteraard dient een onderbouwde afweging op basis van de systeemkenmerken en verkeersprestatie, inclusief voor- en natransport per modaliteit, te worden opgesteld.

Effecten op de arbeidsmarkt

Het hybride concept is in de kern gebaseerd op het flexibiliseren, digitaliseren en automatiseren van logistieke processen voor het vervoer van personen en goederen welke samenkomen in een geïntegreerd mobiliteitssysteem. De aansturing daarvan vindt plaats door het eerdergenoemde nieuwe IT-coördinatiesysteem. Daarnaast wordt beoogd om binnen de kaders van technologische- en sociale innovatie ook bepaalde functies van de overige technische componenten zoveel als mogelijk te automatiseren dan wel vrij te maken van fysieke arbeid. Digitalisering en automatisering hebben invloed op de arbeidsmarkt en raken ook brede welvaaraspecten, zoals inkomen, opleiding en persoonlijke ontwikkeling. Het biedt ook kansen zoals het creëren van een betere en meer inclusieve werkomgeving met

verminderde fysieke en/of psychische werkdruk en het verminderen van een onbalans in de arbeidsmarkt op functies als vrachtwagenchauffeurs en trein-verkeersleiders. Ook binnen de distributiecentra vindt een toenemende mate van automatisering plaats. Het gebruik van vervoershulpmiddelen sluit aan op deze automatiseringstrend en beoogt de fysieke arbeidsomstandigheden te verlichten. De keerzijde is dat digitalisering en automatisering voor een deel van de arbeidsmarkt zal leiden tot aanpassingen. Hier moet in een nadere uitwerking van een transitiestrategie aandacht aan gegeven te worden.

Bepaling van de hoogte van de effecten zal vooralsnog vooral gebaseerd zijn op een kwalitatief assessment. Voor de hoogte van de economische effecten, is inzicht nodig in de kosten van aanleg, afschrijving en onderhoud van materieel en infrastructuur. Dit zijn gegevens die nu nog niet beschikbaar zijn. De impact van modal shift op aspecten als energieverbruik, milieu en verkeersveiligheid, kan worden vastgesteld op basis van kengetallen die bij MKBA-berekeningen worden gebruikt. In onderstaande tabel staan dergelijke kentallen weergegeven. Echter hebben dergelijke cijfers een grote spreiding en zijn zeer algemeen. Zo zijn ze niet gebaseerd op specifieke vervoermiddelen of wegtypen. Zo zijn er geen goede inschattingen voor de situatie vanaf fase 3 (2030 en verder), wanneer bijvoorbeeld het wegvervoer naar verwachting in grotere mate zal zijn geëlektrificeerd.

In de volgende tabel 8 zijn de bovengenoemde maatschappelijke aspecten op een kwalitatieve manier ingeschat voor de drie ontwikkelfasen ten opzichte van het nul alternatief (100% wegvervoer). Voor de 2^e en 3^e fase is het op basis van de verwachte groeicurve en ontwikkeling van het systeem. Deze inschatting is gedaan tijdens een discussie van het projectteam van experts van TNO, TU Delft en Royal HaskoningDHV.

Aspect	Fase 1. Verkennen	2. Versnellen	3. Voltooien
Ruimtegebruik en -druk			
- op stations	-	--	-
- in stationsomgeving	+	0	+
- in stadscentrum	0	+	++
- buiten centrum	0	+	
Verkeersbewegingen			
- op stations	0	-	-
- in stationsomgeving	+	0	-/0
- in stadscentrum	0	+	++
- buiten centrum	0	+	++
Transportkosten			
- reizigers	0	0	+
- goederen	-	0	0/+
Bezettingsgraad			
- reizigers	0	0/+	+
- goederen	-	0	+
Energieverbruik	0	0/+	+
Uitstoot CO₂	0	0	0/+
Luchtkwaliteit	0	0	0/+
Verkeersveiligheid	0	+	++
Inclusiviteit vervoer	0	0/+	+
Kwaliteit			
- reizigersvervoer	-/0	-/0	0
- goederenvervoer	-/0	0	+

Tabel 8: Kwalitatieve indicatie maatschappelijke effecten per fase.

Op basis van deze zeer globale en kwalitatieve inschatting kan worden geconcludeerd dat een nieuw gemengd vervoersysteem kan zorgen voor positieve verkeerskundige en ruimtelijke ontwikkelingen in de stad (m.u.v. van de directe stationsomgeving), verbetering van de integrale prestatie van het spoorstelsel (hogere bezettingsgraden) en qua externe effecten (energieverbruik, CO₂-uitstoot en verkeersveiligheid) de impact licht positief kan zijn. Bij de eerste en tweede ontwikkelfase zullen de effecten logischerwijs kleiner zijn.

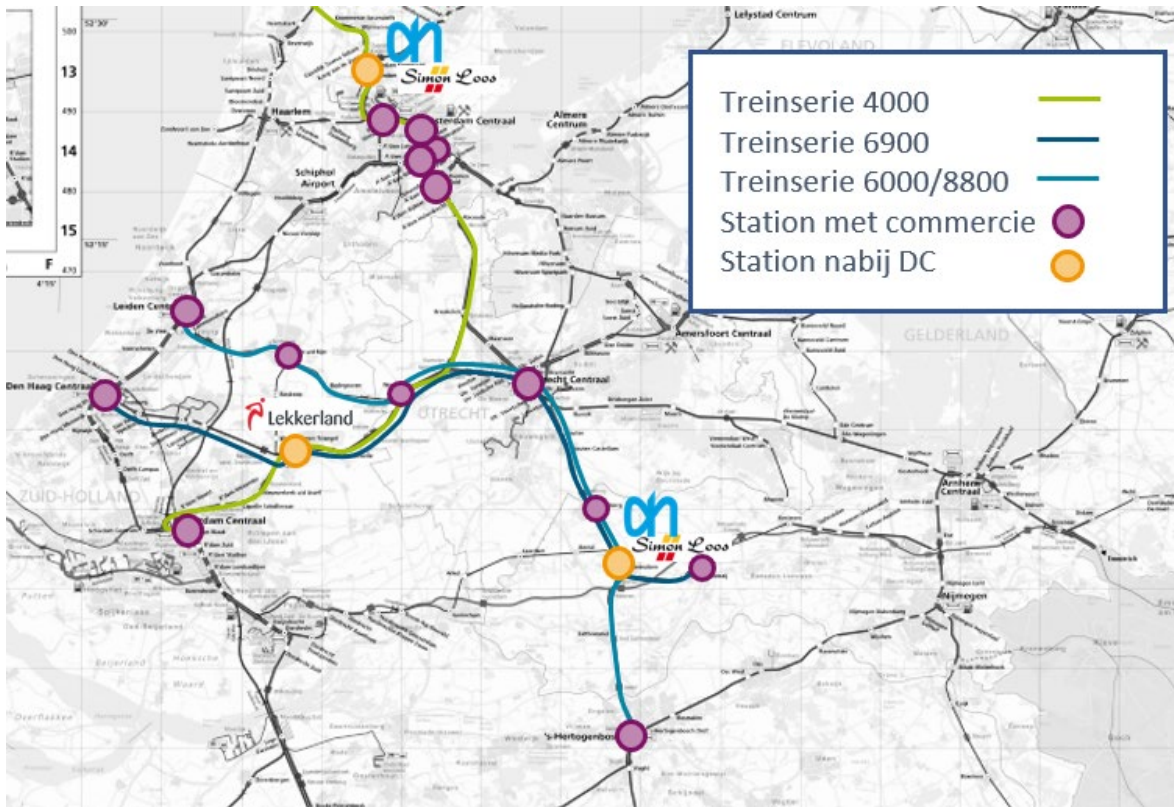
4.7 Mogelijke pilot in fase 1

Een pilot is een goede methode om het concept te toetsen en verder te ontwikkelen. Voor de eerste fase, waarin stations per trein belevd kunnen worden is het minimaliseren van noodzakelijke aanpassingen van belang om de pilot te kunnen realiseren. Daarom wordt aangeraden te kiezen voor een materieeltype wat weinig aanpassingen nodig heeft, en een treindienst die qua routing langs distributiecentra en stations komt, met voldoende winkels/horeca en waarbij de dienstregeling ruimte biedt voor het laden en lossen.

De SLT, Sprinter Light Train, kent de grootste multifunctionele ruimte, zoals beschreven in hoofdstuk 4.2. SLT rijdt in een aantal lange treindiensten die voor fase 1 kansrijk zijn. De treinserie 4000 rijdt tussen Uitgeest, Zaandam, Amsterdam Centraal, Breukelen, Woerden, Gouda en Rotterdam Centraal. Deze treinserie komt daarbij ook vlak langs het distributiecentrum van Lekkerland in Waddinxveen, waarvandaan de treinen in Gouda bevoorrad kunnen worden. Vanuit dat DC is het mogelijk om diverse ketens op de genoemde stations te bevoorraden, denk aan de Julia's, Kiosk en Smullers.

Een alternatief voorbeeld zijn de lang in Geldermalsen halterende treinseries 6900 en 6000/8800. In Geldermalsen zit een groot distributiecentrum van Albert Heijn. Dit distributiecentrum levert in de huidige situatie overigens niet aan AH2Go op stations, maar dat zou wel kunnen. Vracht- of bestelwagens kunnen in 5 minuten de westzijde van station Geldermalsen bereiken waar ze nabij de lift kunnen lossen en laden. Treinserie 6900 van Den Haag Centraal via Gouda, Utrecht Centraal, en Geldermalsen naar Tiel en vice versa, halteert 8 minuten op Geldermalsen en heeft daarmee veel ruimte in tijd voor laden en lossen. Daarnaast keert deze treinserie in kopstation Den Haag Centraal in 26 minuten. Hier kan men vanaf de perrons gelijkvloers naar de stations voorzieningen rijden met de rolcontainers. Deze toegankelijkheid gecombineerd met de langere haltering door de kering maakt dit volgens NS Stations (gesprek 30 juni 2023), net als andere kopstations, een aantrekkelijke locatie voor het hybride concept. Overigens is op andere stations het gebruik van liften nodig, waarvan zij aangeven dat reizigers en dan met name met een beperking hierbij prioriteit genieten.

In Geldermalsen is eenzelfde belading mogelijk van de eveneens lang halterende treinserie 6000/8800. Dit is een combinatie van twee gekoppelde treinseries: Leiden Centraal, Alphen a/d Rijn, Woerden, Utrecht Centraal (overgang van treinserie 8800 in 6000), Geldermalsen en 's-Hertogenbosch. Zie ook figuur 15:



Figuur 15: Kaart met lange treinseries met SLT die kansrijk zijn voor goederenvervoer, inclusief stations nabij distributiecentra en stations met veel ketens.

5. Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Met Turboplan2030 wordt een nieuw mobiliteitsconcept voorgesteld, waarbij de bestaande, structureel onbenutte capaciteit van de vervoersruimte in het openbaar spoorvervoer op een flexibele en vraaggestuurde wijze kan worden gebruikt voor het vervoeren van een bepaald type goederen in kleine standaard laadeenheden (zogenaamde ‘cargo pods’). Het uitgangspunt hierbij is dat de processen van personenvervoer en goederenvervoer fysiek gescheiden blijven en in een vooraf te bepalen hiërarchie naast elkaar plaatsvinden zonder elkaar te verstoren. Bij dit hybride concept wordt gebruik gemaakt van de beschikbaarheid, betrouwbaarheid en robuustheid van de dienstregeling van het openbaar vervoer, maar dan toegepast voor goederenvervoer. Om dit te realiseren zijn er vanzelfsprekend diverse aanpassingen nodig, de zogenaamde ‘enablers’. Deze enablers hebben betrekking op zowel technische componenten, als infrastructurele en organisatorische aanpassingen.

Belangrijkste voordeel van het voorgestelde hybride concept is de betere benutting van de bestaande vervoercapaciteit, die vooral buiten de spits ruim beschikbaar is, gelet op de gemiddelde bezettingsgraad. De kostendekking van het reizigersvervoer kan toenemen als verladers van goederen deze capaciteit kunnen gebruiken (het concept van ‘shared mobility’ in optima forma). Daarmee kan het concept tevens bijdragen aan een betere kosten-baten verhouding van de modaliteit spoor in algemene zin.

Een geslaagde implementatie van een nieuw hybride mobiliteitssysteem zoals Turboplan 2030 creëert extra vervoercapaciteit voor goederen op de bestaande infrastructuur, wat de verwachte groei van de bevolking en goederenstromen kan faciliteren. Met name de goederenvervoerstromen naar de kernen van de steden kunnen met spoor worden verduurzaamd, omdat zowel het ruimte- als het energiegebruik van railgebonden vervoer aanzienlijk lager is dan dat van wegvervoer. Daarmee past een dergelijk systeem ook in de toekomstvisie van de overheid en vervoersector, zoals verwoord in onder meer de Mobiliteitsvisie 2050, waar automatisering, digitalisering en elektrificatie als innovatieve pijlers worden benoemd. Hoewel de Nederlandse railsector vooral gericht is op reizigers, is er vanuit de Rijksoverheid, ProRail, NS en Arriva interesse in het optimaler gebruiken van de aanwezige OV-netwerken, de infrastructuur en het materieel en het verbeteren van de financiële rentabiliteit en de duurzaamheid. Verder biedt de introductie van de zero-emissiezones tussen 2025 en 2030 een aanleiding voor het anders inrichten van distributieketens en de bevoorrading van winkels en andere bedrijven op en rond Nederlandse stations en in de steden.

In deze eerste studie naar een dergelijk hybride innovatief systeem zijn de aspecten die van invloed zijn op de haalbaarheid van het concept benoemd en waar mogelijk gewaardeerd, dat laatste vooral op een kwalitatieve manier. Om de mogelijke invoering van het hybride concept effectief en efficiënt te laten verlopen is in dit onderzoek een drie-fasenbenadering gevolgd van verkenning, versnelling en voltooiing. Eerste beproevingen met het vervoer van goederen in beperkt aangepaste, conventionele reizigerstreinen wordt in de eerste fase voorzien met een uitrol in fase twee. De laatste fase betreft een volledige uitrol over het netwerk met toepassing van de nog uit te werken hybride technologieën.

De technische componenten en de infrastructurele aanpassingen voor het effectief en efficiënt faciliteren van de voorgestelde menging van personenvervoer en goederenvervoer zijn op basis van ervaringsreferenties en expert judgement in principe realiseerbaar op basis van de huidige stand van de techniek. Een integrale toepassing op grotere schaal, zoals in het voorgestelde hybride concept is voorzien, is echter nog niet in detail uitgewerkt en moet nader worden gekwantificeerd en onderzocht. Dit geldt ook voor de technische specificaties en eisen, de te gebruiken voortstuwings-, aansturings- en overslagtechnieken en -oplossingen, in het bijzonder in het geval van geautomatiseerde ‘cargo pods’, en

ook voor de dimensionering en de kosten van materieel, laadeenheden en vereiste infrastructuraanpassingen.

Het diepgaand kwantitatief onderzoeken van deze onderwerpen viel buiten de scope van dit eerste onderzoek, De aanbevelingen gaan in op mogelijke vervolgstappen in het onderzoek. Als gevolg daarvan kunnen nog geen conclusies worden getrokken over de kwantificering van economische, maatschappelijke en duurzaamheidsaspecten van het hybride concept in algemene zin en meer specifiek op het niveau van individuele stakeholders.

Het betrekken van stakeholders bij de ontwikkeling en implementatie van deze innovatie is een belangrijke voorwaarde voor de mate van succes en snelheid van implementatie en de benodigde procestransities. Bovendien zullen de huidige governance-afspraken tussen de stakeholders nadere aandacht en afstemming behoeven om een rechtvaardige balans van kansen en belangen te borgen. Omdat innovaties binnen het mobiliteitsdomein niet of te langzaam op basis van uitsluitend marktwerking tot stand kunnen komen is een duidelijke overheidsrol nodig, op zowel landelijk, regionaal als lokaal niveau.

In de toetsing van wet- en regelgeving en vanuit het oogpunt van veiligheid is gekeken naar TSI's (technische specificatie inzake interoperabiliteit) en naar de Spoorwegwet. Hieruit lijken op voorhand geen grote beperkingen voort te komen. De juridische aspecten betreffende de verhouding tussen verschillende stakeholders. De noodzakelijke wijzigingen daarin zullen nog nader onderzocht moeten worden.

Wanneer gekeken wordt naar het vervoerpotentieel voor goederen, dan blijkt dat de omvang van de voor dit systeem geschikte stromen van en naar de stedelijke gebieden zodanig groot is dat de beschikbare rest-capaciteit in treinen gemakkelijk gevuld lijkt te kunnen worden. De mate waarin dat zal gebeuren is afhankelijk van de parameters die voor de verladers (verzenders en ontvangers) relevant zijn, maar in dit onderzoek nog niet verder zijn uitgewerkt: de kosten, de betrouwbaarheid, flexibiliteit, opzet van de dienstuitvoering, frequentie, capaciteit etc. Een verdere uitwerking van het voor- en natransport op basis van herkomsten en bestemmingen is nodig om een beter beeld van het vervoerpotentieel te krijgen. Beproeving van (componenten van) het hybride concept biedt kansen om meer inzicht te krijgen en nieuwe ideeën voor de uitvoering van dit concept te realiseren met behulp van technologische innovaties en digitalisering in de goederenlogistiek en het OV, zoals ook genoemd in de verschillende beleidsvisies van het Ministerie van IenW.

5.2 Aanbevelingen en mogelijke vervolgstappen

Dit verkennend onderzoek geeft inzicht in verschillende aspecten die de kansrijkheid van het hybride mobiliteitsconcept Turboplan 2030 bepalen. Een verdieping en kwantificering van de effecten heeft slechts beperkt plaats kunnen vinden, omdat met name de technische en logistieke vereisten van het systeem nog onvoldoende zijn uitgewerkt en nog geen inschatting kon worden gemaakt van de kosten.

Het gaat dan met name om de volgende onderwerpen, die in samenhang nader onderzocht moeten worden:

- Een uitwerking van de technische aspecten van de systeemcomponenten (laadeenheden, trein-configuratie, aansturingssystemen) en de toepassing ervan in het hybride systeem, met de vereiste infrastructuur voor overslag, aan- en afvoer e.d.;
- Kwantificering en onderbouwing van de investeringen en gevolgen voor de operationele kosten en opbrengsten;
- Inzicht in de logistieke parameters van het systeem en vereisten daarvoor bij verladers en ontvangers (systeemprestatie, o.a. kwaliteit, routing, frequenties);
- Inzicht in de potentie voor een modal shift op basis van de logistieke parameters en een nadere analyse van de vervoerstromen en de effecten daarvan op ruimtegebruik, veiligheid, milieuprestaties en andere brede welvaartsaspecten;

- Inzicht in de effecten van menging van reizigers- en goederenvervoer op de kwaliteit van het reizigersvervoer (betrouwbaarheid, veiligheid, stiptheid).

In overleg en samenwerking met stakeholders kan gestart worden met de technische en organisatorische voorbereidingen voor een pilot, zoals geformuleerd in de doelstellingen van fase 1 en de beschrijving van een mogelijke pilot in paragraaf 4.7. Parallel hieraan en op basis van inzichten uit een dergelijke pilot dienen de bovenstaande vragen beantwoord te worden in een vervolgonderzoek, voor een verdere kwantificering van de haalbaarheid. Dan kan, bij gebleken perspectief, een ontwikkelprogramma (roadmap) worden geformuleerd, met aandacht voor fasering, publiek-private samenwerking, stakeholderbelangen en de vereiste veranderingen daarin. Deze roadmap kan als leidraad dienen voor fase 2 en 3.

1 Bijlage 1: Voorbeelden uit de praktijk

Vanuit eerdere praktijkvoorbeelden kan geleerd worden voor nieuwe manieren van menging. Hierbij kijken we in dit onderzoek niet enkel naar eerdere praktijkvoorbeelden van menging van personen en goederen in de trein, maar ook naar een drietal andere modaliteiten, namelijk: de metro, de tram en de bus. Van deze vier modaliteiten zijn voldoende praktijkvoorbeelden uit het verleden en geven dus inzicht in toekomstige ontwikkelingen voor menging. Op basis van deskresearch heeft TNO voor alle mengingstypes geprobeerd (theoretische) praktijkvoorbeelden te vinden. Hierbij gaat het om daadwerkelijk geïmplementeerde voorbeelden, voorbeelden die zijn onderzocht, maar nooit zijn geïmplementeerd en voorbeelden die mogelijk zouden kunnen zijn. In onderstaande tabel is weergegeven wat praktijkvoorbeelden zijn van de vier modaliteiten, verspreid over de mengingstypes.

	Goederenvoertuig op OV-infra	Aparte wagon/aanhanger	Aparte treinstel/voertuig	Goederen in reizigerscompartiment (vast)	Goederen in reizigerscompartiment (flexibel)
Bus	Vrachtwagen op busbaan	Aanhanger achter de bus	Busplatooning	Goederenlaadruim voor koffers/ Bussgods Bus Service	Pakketjes meegeven aan reizigers
Tram	CarGoTram	Goederenaanhanger voor/achter tram (Fietskar tandradbahn Stuttgart)	Goederen cargotram en personentram	Brievenbus op de tram in Amsterdam	Pakketjes meegeven aan reizigers
Metro	Metro Hoekse lijn (gemengd gebruik)	Goederenaanhanger voor/achter metro	N.v.t.	Goederencompartiment vergelijkbaar met NS trein tot 1970	Pakketjes meegeven aan reizigers (PrimeNow)
Trein	regulier goederenvervoer per trein/ TGV Postal	Postrijtuig/Goederenwagon Zwitserland/overnight express Milaan/fietsrijtuig NS	Pec	Goederencompartiment NS post- en pakketvervoer (tot 1970) - Mat46	TurboPlan

Tabel 9: *Praktijkvoorbeelden per modaliteit, uitgesplitst over mengingstypes.*

Vanuit deskresearch is bekeken voor vier modaliteiten of er praktijkvoorbeelden zijn van de verschillende mengingstypes. Hierbij is ook bekeken wat ooit is onderzocht, maar nooit tot implementatie is gekomen, of wat theoretisch gezien mogelijk zou zijn. Een aantal van de voorbeelden zijn vervolgens verder onderzocht op ervaringen en kritische factoren.

Uitgelichte cases

Dit zijn de CarGoTram die in Dresden heeft gereden en de Overnight Express tussen Amsterdam en Milaan. Deze voorbeelden zijn uitgelicht, omdat van deze voorbeelden genoeg documentatie beschikbaar is over de case en de ervaringen van deze case. Voor deze cases is onderzocht wat de ervaringen zijn, en waar mogelijk worden de geleerde lessen van deze cases gegeneraliseerd. Dit kan dienen als input voor het onderzoek voor het TurboPlan.

CarGoTram

CarGoTram is een concept dat is opgezet in maart 2001 om een autofabriek te bevoorraden met onderdelen en ruwe materialen. Het doel van dit concept was het reduceren van vrachtwagenbewegingen door de stad naar deze fabriek toe. Dit was in 2001 een voorwaarde om de fabriek te laten groeien. De tram zou deze vrachtwagenbewegingen ondervangen, met een verminderde overlast tot gevolg. Eén tram was 60 meter lang, en kon ongeveer 60 ton aan goederen vervoeren. Dit is vergelijkbaar met de operatie van drie vrachtwagens (Zych, 2014).



In 2020 is de tramlijn helaas buiten gebruik geraakt. De reden hiervoor was een keuze die de fabrikant heeft gemaakt die de benodigde toevoer van materialen daalde. Deze daling in transportvraag maakte de business case van de tram onrendabel (Dresdner Verkehrsbetriebe AG, 2020).

Van de CarGoTram kan geleerd worden dat de afhankelijkheid van één stakeholder zowel een voordeel als een nadeel is. Zoals eerder genoemd in dit hoofdstuk, is bij menging van goederen- en personenvervoer een relatief hoge investering vooraf nodig, zonder duidelijkheid over de vraag naar dit type transport (Mazzarino & Rubini, 2019). In het geval van CarGoTram was echter wel duidelijkheid, omdat de verlader eveneens de investeerder in het project was. Dit nam deze onzekerheid weg. Anderzijds maakte deze afhankelijkheid van één fabrikant dat de business case ook erg afhankelijk is van de keuze van deze fabrikant. Als meerdere fabrikanten gebruik maken van een dergelijk concept, zou dit minder het geval zijn. Een belangrijke kanttekening voor deze case is dat dit enkel toepasbaar is geweest voor puntleveringen.

Overnight Express Milaan

NS heeft in 2000 samen met Railion een concept genaamd de 'Overnight Express' ontwikkeld. Dit was een concept waarbij een trein tussen Amsterdam en Milaan reed met zowel slaaprijtuigen voor personenvervoer als goederenwagons voor (in eerste instantie) tijdscritische goederen. Later is dit uitgebreid naar andere goederen, zoals gekoelde goederen. Dit concept had geen tussenstops, wat deze trein zeer betrouwbaar en stipt maakte.



Bij de menging van goederen en personen binnen dit concept zijn een aantal praktische zaken waarvan geleerd kan worden. Het laden en lossen van de goederen vond plaats op een andere locatie dan de in- en uitstaplocatie van de personen voor de Overnight Express.

Voorzien was om deze laad- en losplek bij de bloemenveiling in Aalsmeer te laten plaatsvinden, waarna de trein naar Amsterdam Centraal reed voor het laten instappen van de passagiers. Echter, vermoedelijk door een verbod op doorgang van deze trein door de Schipholtunnel (Martijn Haman, z.d.), is dit niet gelukt en moest op andere locaties geladen en gelost worden.

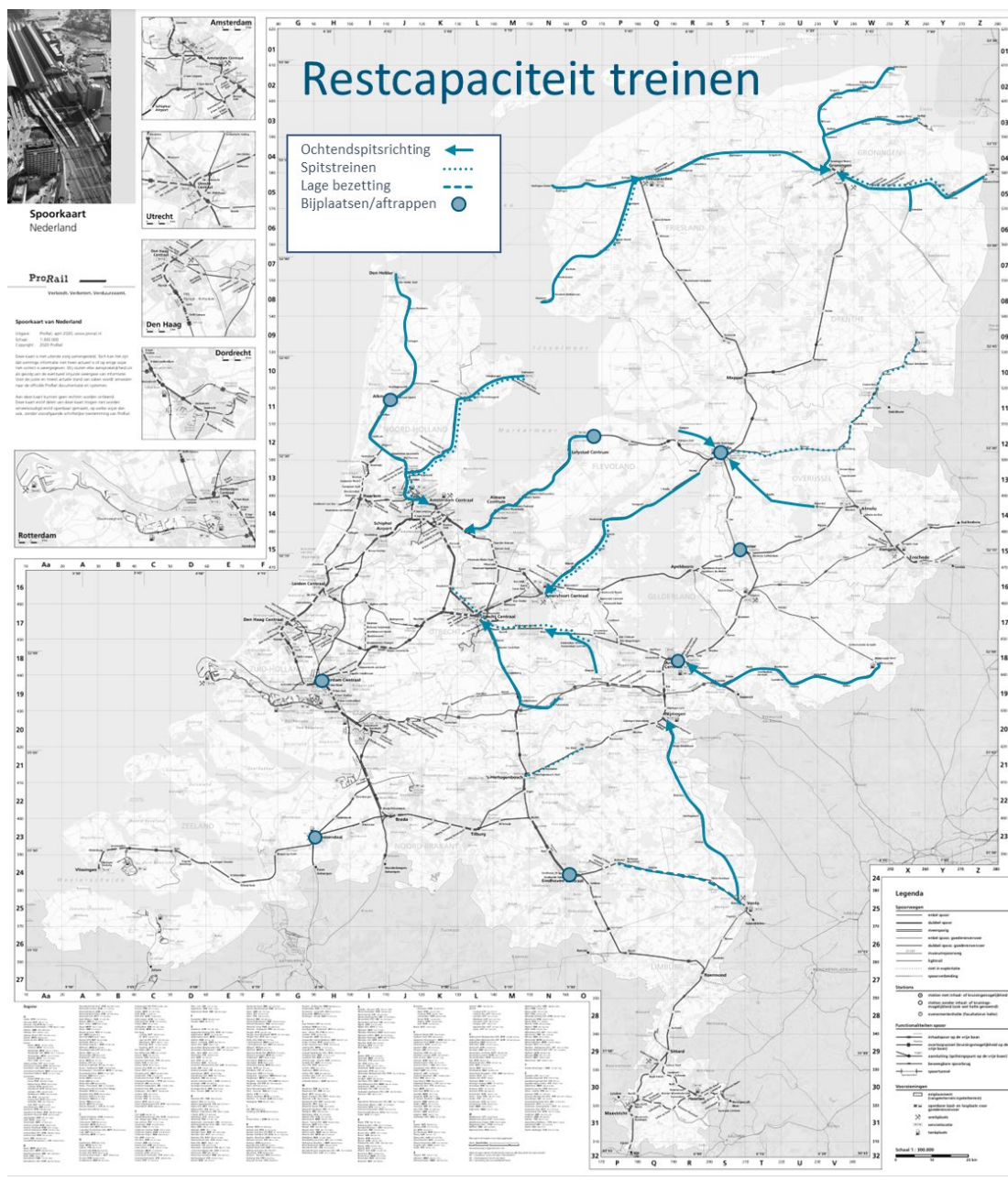
Het concept is gestopt om een aantal redenen, afgaand op de informatie die publiek beschikbaar is. De teruglopende economie (Lodewijks et al., 2005) en het gebrek aan verladingsgarantie heeft ervoor gezorgd dat het concept gestopt is.

Dit is mogelijk ook te relateren aan een eerder benoemde kritische factor voor het implementeren van mengingsconcepten voor goederen- en personenvervoer, namelijk de onzekerheid naar vraag naar transport. Een teruglopende economie kan zorgen voor een afname van vraag in transport, zo ook naar dit type transport.

Een andere belangrijke les die geleerd kan worden uit de Overnight Express is dat menging van goederen en personen op één trein zorgt voor problemen met de huidige (Europese) regelgeving. Het toewijzen van infrastructuur voor deze trein is in sommige gevallen lastig, omdat onduidelijk is of een dergelijke trein als personen- of als goederentrein behandeld dient te worden. Dit was een andere moeilijkheid die vermoedelijk heeft bijgedragen aan het stoppen van het huidige concept.

2 Bijlage 2: Operationele ruimte in de treinen

Trajecten met een duidelijke spitsrichting zijn staan in deze bijlage opgesomd en in onderstaand kaartje ook weergegeven met een pijl in de ochtendspitsrichting. Voor het hybride concept is daar ruimte in de tegenovergestelde richting; de tegenspits. Verder staan er routes van spitstreinen, die soms leeg, zonder commerciële lading aan reizigers, terugrijden naar het startpunt voor een volgende rit. Tenslotte staan er nog treindiensten waarvan een deel van de route een zeer lage bezetting kent.



Figuur 16: Treindiensten met mogelijk restcapaciteit.

Weesp-Lelystad

- Ochtendspits vervoer richting Amsterdam, avondspits andersom
- Veel materieel start 's-ochtends op in Lelystad en loopt daar 's avonds uit.

Rhemen-Maarn (-Utrecht)

Tiel-Geldermalsen (-Utrecht)

- Ochtendspits vervoer richting Utrecht, avondspits andersom
- Materieel komt 's ochtends uit Utrecht

Stavoren/Harlingen-Leeuwarden

Delfzijl/Roodeschool/Nieuweschans-Groningen

- Ochtendspits vervoer richting Groningen en Leeuwarden, avondspits andersom
- Materieel komt 's ochtends uit Groningen en Leeuwarden

Noord-Holland

- Ochtendspits vervoer richting Amsterdam, avondspits andersom
- Veel materieel start 's-ochtends op in Alkmaar, Den Helder en Enkhuizen en loopt daar 's avonds uit.
- In toekomst opstel terrein in Heerhugowaard waar materieel opstart

Enschede-Den Haag

- Ochtendspits vervoer richting Amersfoort, Utrecht en Den Haag
- Rustiger in het oosten, maar ook soms uitgedund in Deventer

Kampen-Zwolle

Nijverdal-Zwolle

- Ochtendspits vervoer richting Zwolle, avondspits andersom

Arnhem-Winterswijk

- Ochtendspits vervoer richting Arnhem, avondspits andersom

Nijmegen-Venlo

- Ochtendspits vervoer richting Nijmegen avondspits andersom

Venlo-Helmond-Eindhoven

- Rustig op gedeelte Venlo-Helmond v.v.

Spitstreinen

De meeste treindiensten rijden het grootste gedeelte van de dag. Er zijn echter een aantal treinseries die alleen in de spits rijden. Enkele rijden alleen in de spitsrichting met reizigers en leeg in de andere richting. Andere rijden wel in beide richtingen maar kennen in de tegenspits veel minder reizigers. Hier is ook restcapaciteit beschikbaar.

- Harderwijk-Amersfoort (Leeg in tegenspits)
- Oss-'s-Hertogenbosch (Leeg in tegenspits)
- Sneek-Leeuwarden (Gekoppeld met reguliere trein in tegenspits)
- Winschoten-Groningen
- Emmen-Zwolle

Halteertijden

Voor het laden en losse van de treinen is enige tijd nodig. Stationnementen van reizigerstreinen worden zoveel mogelijk zo kort mogelijk gepland, waarbij rekening wordt gehouden met het aantal in- en uitstappers. Dit levert zogenaamde “korte stops” op voor de kleinere stations, zijnde 30 seconden (regionale treinen) 42 seconden (NS-sprinters) of 54 seconden (NS-intercity’s). Voor stations met meer in- en uitstappers worden langere halteertijden gepland, meestal variërend tussen 60 en 180 seconden. Om de dienstregeling passend te krijgen, worden in enkele gevallen langere halteertijden toegepast. Ook worden langere halteertijden toegepast indien er op vaste basis treinstellen worden bijgeplaatst of afgetrappt/

Trein met langere halteringen

- IC-Treinen naar Leeuwarden in Zwolle (Overstapknop)
- IC-treinen naar Schiphol in Utrecht (Overstapknop, verdwijnt mogelijk in TBOV)
- IC-treinen naar Nijmegen in Arnhem (Kopmaken)
- IC-treinen NoordOost in Utrecht (Kopmaken)
- Dordrecht-Eindhoven (4x/dag) (niet toekomstvast)

Langere halteertijden als gevolg van aftrappen en bijplaatsen:

- Zwolle (Intercity’s Rotterdam/Den Haag – Groningen/Leeuwarden)
- Deventer (Intercity’s Den Haag/Schiphol – Enschede)
- Alkmaar (Intercity’s Nijmegen – Den Helder)
- Rotterdam (Intercity’s Amsterdam – Vlissingen)
- Roosendaal (Intercity’s Amsterdam – Vlissingen)
- Eindhoven (Intercity’s Alkmaar – Maastricht)
- Arnhem (Intercity’s Den Helder/Schiphol – Nijmegen)

Materieelinzet

Op het Nederlandse spoor rijden veel verschillende materieeltypen rond. Elk materieeltype heeft bepaalde eigenschappen zoals de instaphoogte, locatie van bepaalde ruimtes en lengte. Dit maakt het laden en lossen lastig, omdat de goederen bij elke trein op een andere locatie geladen dienen te worden. Voor de meeste materieeltypen bestaande meerdere lengtes:

- ICM: 3 en 4 bakken*
- VIRM: 4 en 6 bakken*
- DDZ: 4 en 6 bakken*
- SLT: 4 en 6 bakken
- SNG: 3 en 4 bakken
- FLIRT: 3 en 4 bakken
- GTW: 2 en 3 bakken

*ICM, VIRM en DDZ zijn doordat deze niet over een gelijkvloerse instap beschikken ongeschikt voor het Turboplan.

Om de materieelinzet zo efficiënt mogelijk in te plannen, wordt gebruik gemaakt van verschillende combinaties. Bij NS worden ook verschillende materieeltypen per treinserie gepland; bijvoorbeeld een combinatie van het enkeldeks ICM-materieel en dubbeldeks DDZ en VIRM-materieel. Bij regionale vervoerders wordt wel in veel gevallen één materieeltype per lijn gepland; uitgezonderd de Maaslijn (Nijmegen – Roermond) en Valleilijn. (Amersfoort – Ede-Wageningen). Een standaardisatie van de materieelinzet is wenselijk voor het Turboplan.

Locatie op perrons

Vanwege de verschillende treinlengtes, halteren de treinen niet altijd op dezelfde locatie op de perrons. Wel zijn de halteerlocaties geoptimaliseerd ten opzichte van de stijgpunten zoals de roltrappen en liften. Dit kan ter hoogte van het midden van de perrons zijn; maar ook aan de uiterste zijdes. Aangezien alle stations op een andere manier gebouwd zijn, is er per traject geen duidelijke lijn te herkennen.

Geschiktheid materieeltypen in fase 1 en fase 2

In fase 1 en fase 2 is het uitgangspunt om de onbenutte restcapaciteit in bestaande materieeltypen aan te wenden voor toepassing op meerdere corridors in de vorm van een pilot. Diverse bestaande materieeltypen zijn geschikt te maken voor gemengd vervoer. Zolang het materieel over een gelijkvloerse instap beschikt, is laden en lossen van rolcontainers of andere mobiele goederen eenvoudig in te passen. Veel moderner materieel van NS en andere reizigersvervoerders beschikt over vloeren op de Europese normhoogte van 76 centimeter boven bovenkant spoorstaaf. Vaak beschikt het voertuig over uitschuifbare treeplanken om het gat tussen trein en perron te overbruggen, wat (afhankelijk van deze spleet en het formaat van de wielen van de rolcontainers) helpt bij veilig laden en lossen. Het gewicht van de rolcontainers speelt daarbij mogelijk ook een rol. Materieel met een hoge vloer zoals VIRM, DDZ of ICM (Koploper) valt daardoor buiten het zoekgebied, ook gezien de beperkte nog verwachte levensduur. Zie ook hieronder tabel 10.

Materieel-type	Vervoerder(s)	Inzet	Ruimte beschikbaar	Ruimte	Rol-containers	Aanpassingen
ICNG	NS	Intercity	Tussen balkon en bakovergang kopbak	21 m ²	20 st	Vast zitmeubilair deels vervangen door klapstoelen, borgingspunten plaatsen
DDNG			Tussen balkons kopbak	16 m ² **	12 st	
SLTIV		Sprinter	Tussen balkon en bakovergang kopbak	8 m ²	6 st	
SLTVI* Minimale aanpassingen			Multifunctionele ruimte	8 m ²	6 st	Borgingspunten plaatsen
SLTVI			Tussen balkons	16 tot 24 m ²	12 tot 18 st	Vast zitmeubilair deels vervangen door klapstoelen, borgingspunten plaatsen
SNG			Tussen balkons	11 m ²	10 st	
FLIRT III		Abellio, Arriva, Connexion, Keolis, NS	Tussen balkons	17 m ²	12 st	
GTW	Arriva, QBuzz		Kopbak tussen Balkon en Power Module	22 m ²	18 st	

Tabel 10: Schatting aantal vierkante meters en aantal rolcontainers in verschillende materieeltypen met beperkte generieke aanpassingen als borgingsystemen en een flexibele afsluiting voor reizigers.

* Voor SLT VI is een variant mogelijk met minimale aanpassingen omdat er al ruimte is, zie kader multifunctionele ruimte materieel.

** Schatting