

## **Ruimte op het spoor, maatschappelijke waarde van de transfer-effecten op de stations Schiphol Airport en Amsterdam Zuid**

Jeroen van den Heuvel – NS Stations – [jeroen.vandenheuvel@nsstations.nl](mailto:jeroen.vandenheuvel@nsstations.nl)

Michiel Modijefsky – Ecorys – [michiel.modijefsky@ecorys.com](mailto:michiel.modijefsky@ecorys.com)

Arnoud Mouwen – Vervoerregio Amsterdam – [a.mouwen@vervoerregio.nl](mailto:a.mouwen@vervoerregio.nl)

### **Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 13 en 14 oktober 2022, Utrecht**

#### **Samenvatting**

Om nut en noodzaak van het doortrekken van de metro Noord/Zuidlijn van Amsterdam Zuid via Schiphol tot aan Hoofddorp aan te tonen is een maatschappelijke kosten- en batenanalyse (MKBA) uitgevoerd. De MKBA-rapportage is opgesteld op verzoek van de commissie van het Nationaal Groeifonds. Eén van de aspecten die in de MKBA is behandeld is de reizigerstransfer op de stations Schiphol Airport en Amsterdam Zuid.

De transfer op station Schiphol Airport is nu al een groot knelpunt en zal in de toekomst alleen maar toenemen. Het huidige, ondergrondse station is simpelweg niet gedimensioneerd op de grote reizigers aantallen die veilig moeten worden afgewikkeld. De capaciteit van station Amsterdam Zuid wordt de komende jaren uitgebreid. Maar de uitbreiding is onvoldoende voor de reizigers aantallen op de middellange termijn.

In onze MKBA hebben we een maatschappelijke (financiële) waarde toegekend aan de transfereffecten op de stations Schiphol Airport en Amsterdam Zuid als gevolg van het doortrekken van de Noord/Zuidlijn. Daarvoor hebben we de transfereffecten van de alternatieven over een periode van 100 jaar berekend. Met onze aanpak zijn we qua scope en diepgang aanzienlijk verder gegaan dan in eerdere MKBA's voor infrastructuurprojecten.

In de MKBA hebben we vier transfereffecten geoperationaliseerd en gewaardeerd:

1. Wachten door vertrekkende treinreizigers in grote drukte;
2. Wachtijden voor aankomende treinreizigers door wachtrijen bij de perronuitgangen;
3. Onverwachte, extra reistijd voor vertrekkende treinreizigers door een tijdelijke afsluiting van het perron vanwege overcrowding;
4. Kosten voor operationele maatregelen door de stationsbeheerder om de veiligheid te waarborgen.

De uitkomsten van onze studie tonen dat de transfereffecten van de onderzochte alternatieven wezenlijk verschillen. In MKBA-termen hebben deze verschillen een aanzienlijke, maatschappelijke waarde van tientallen tot honderden miljoenen Euro's. Op basis van deze resultaten concluderen wij dat transfereffecten op treinstations een belangrijk afweegcriterium zijn bij investeringen in infrastructuur voor openbaar vervoer.

## 1. Inleiding

Binnen het programma Samen Bouwen aan Bereikbaarheid (SBaB) werken Rijk en de Metropoolregio Amsterdam (MRA) gezamenlijk aan de opgaven op het terrein van bereikbaarheid en verstedelijking. Om de MRA in de toekomst goed bereikbaar te houden, zijn aanvullende infrastructurele maatregelen in het OV-domein nodig. Aan de zuidwestkant van de metropool (omgeving Schiphol) worden momenteel al grote problemen met de OV-bereikbaarheid ervaren. Het is de verwachting dat deze problemen in de toekomst zullen toenemen. Om inzicht te krijgen in de beste wijze waarop deze problemen kunnen worden aangepakt, hebben Rijk en Regio een MIRT-onderzoek uitgevoerd. Dit onderzoek is een coproductie van de samenwerkende overheden<sup>1</sup> en direct betrokken partners<sup>2</sup>, en is uitgevoerd door een consortium van RHDHV en Ecorys.

Om mogelijke oplossingen voor de OV-problemen aan de Zuidwestkant van Amsterdam in kaart te brengen hebben de consortiumpartners vijf OV-projectalternatieven uitgewerkt. Eén van die alternatieven betreft het verlengen van de metro Noord/Zuidlijn van Amsterdam Zuid via Schiphol naar Hoofddorp. De vijf alternatieven zijn door middel van een MKBA met elkaar en met het nulalternatief vergeleken<sup>3</sup>.

In dit paper wordt ingegaan op één aspect van de MKBA namelijk de transfer van reizigers op de stations Schiphol Airport en Amsterdam Zuid<sup>4</sup>. Met transfer bedoelen we het hele proces van in-, uit- en overstappen van reizigers op het station. Dit proces wordt gestuurd vanuit de dimensies infrastructuur (fysieke ruimte), de treinenloop en treinsamentelling, de dienstregeling, en het reizigersvolume en reizigersgedrag. Het proces wordt gelimiteerd door wet- en regelgeving, met name vanuit veiligheid.

Om het aspect transfer te kwantificeren en waarderen hebben NS en de partners voor dit onderzoek een vernieuwende aanpak ontwikkeld. Tot nu toe werden transfereffecten bij MKBA's óf buiten beschouwing gelaten óf summier uitgewerkt. Daar waar transfer-effecten wel werden meegenomen, lag de nadruk op reistijdeffecten, zoals de wachttijden als gevolg van wachtrijen op het station. Bij deze MKBA hebben we ook gekeken naar het discomfort als gevolg van het wachten op (over)volle perrons en de operationele kosten van crowd control dat nodig is om de veiligheid bij overschrijding van de transfernormen te waarborgen. We hebben een methode ontwikkeld om de effecten per stationnement te berekenen, hierbij rekening houdend met de interactie van stationnementen langs één perron die kort op elkaar volgen.

Dit paper is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 worden de toekomstscenario's en de projectalternatieven beschreven. Hoofdstuk 3 verduidelijkt de transferproblematiek en in hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de gebruikte methode en de resultaten. Hoofdstuk 5 bevat de conclusies.

---

<sup>1</sup> Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Provincie Noord-Holland, Vervoerregio Amsterdam, gemeenten Amsterdam en Haarlemmermeer.

<sup>2</sup> ProRail, NS, Royal Schiphol Group, KLM, Connexion en GVB.

<sup>3</sup> Een MKBA is een van de meest gebruikte methoden om de maatschappelijke effecten van infrastructurele investeringen te bepalen en de besluitvorming hierover te ondersteunen.

<sup>4</sup> In een separaat CVS-paper (zie Donners et al, 2022) wordt ingegaan op de brede context van het onderzoek.

## 2. Scenario's en alternatieven

### 2.1 Scenario's 2040

In de MKBA worden drie toekomstscenario's onderscheiden. Naast WLO Hoog en Laag van het Planbureau Voor de Leefomgeving is dit het Polycentrisch Verstedelijkingsmodel (PVM). Het PVM is door de MRA en het rijk ontwikkeld in het kader van de Verstedelijkingsstrategie 2020-2050. In het PVM-scenario groeien de aantallen inwoners en arbeidsplaatsen conform WLO Hoog, maar wordt uitgegaan van zo veel mogelijk binnenstedelijke verdichting en concentratie rond OV-knooppunten.

### 2.2 Nulalternatief 2040

In een MKBA worden de maatschappelijke effecten van een investeringsproject in kaart gebracht, en zoveel mogelijk in geld gewaardeerd. De projecteffecten worden afgezet tegen de toekomstige, autonome situatie die ontstaat zonder de investering, ook wel het nulalternatief genoemd.

Het spoornetwerk dat in 2040 wordt aangenomen als nulalternatief is het zogenaamde 6Basis netwerk uit het landelijke Toekomstbeeld OV (zie ook Ecorys et al, 2021). Kort gezegd komt dit netwerk er op neer dat op belangrijkste spoorcorridors in Nederland zes Intercity's en zes Sprinters per uur per richting rijden. In dit netwerk wordt de Schipholtunnel gebruikt door 30 treinen per uur per richting (4 internationaal, 12 IC en 14 Sprinters). Voor het metronetwerk is het uitgangspunt het huidige netwerk met een aantal frequentieverhogingen (bijvoorbeeld bestaande Noord/Zuidlijn van 10 maal per uur naar 15 maal per uur). In tabel 1 is voor een aantal spoorcorridors het aantal treinreizigers per etmaal weergegeven voor het Nulalternatief 2040.

Tabel 1. Aantal treinreizigers in 2040 op geselecteerde corridors per etmaal in het nulalternatief per scenario. Bron: VENOM2020, bewerkt door Royal HaskoningDHV, 2021.

	OV-corridor	WLO-Laal	WLO-Hoog	PVM
1	Leiden – Schiphol	64.000	74.000	84.500
2	Rotterdam – Schiphol (HSL)	45.500	51.500	56.500
3	Hoofddorp – Schiphol	121.000	139.000	158.500
4	Schiphol – Amsterdam Zuid	110.500	128.000	148.500
5	Amsterdam Zuid – Bijlmer	46.000	53.000	61.500
6	Amsterdam Zuid – Weesp	78.000	89.000	104.000
7	Amsterdam – Utrecht	132.500	148.000	174.000
8	Schiphol – Lelystad	52.000	60.500	70.000

In deze corridor speelt het voor- en natransport voor luchtreizigers een rol. De brondata voor het aantal luchtreizigers in het Nulalternatief zijn afkomstig uit het Aeolus-model (zie ook Ecorys et al, 2021). Voor 2040 leidt dit tot circa 101 miljoen luchtreizigers in WLO Laag en circa 113 miljoen in WLO Hoog en PVM. Het aantal luchtreizigers in 2019 (pré Corona) is circa 75 miljoen.

## 2.3 Projectalternatieven

Uit een groot aantal mogelijkheden zijn in eerdere fasen van het MIRT onderzoek vijf projectalternatieven geselecteerd die potentieel kansrijk zijn om de geschetste problemen op te lossen. Dit zijn:

1. Bus Rapid Transit (BRT-systeem) Nieuwe vrij liggende bus-infrastructuur om dubbelgelede bussen te kunnen rijden op de relatie Hoofddorp – Schiphol – Amsterdam Zuid.
2. Nieuwe spoortunnel Nieuwe (extra) spoortunnel en treinstation voor Schiphol voor Sprinter treinen
3. Metro, verlengen Noord/Zuidlijn Nieuwe metroverbinding van Amsterdam Zuid tot Schiphol/Hoofddorp dat op het Amsterdamse metronet aansluit op de bestaande Noord/Zuidlijn.

We bekijken drie tracévarianten:

3.1 Metro tot Schiphol

3.2 Metro tot Hoofddorp (via Schiphol Noordwest)

3.3 Metro tot Hoofddorp (via Schiphol Noord)

Het achterliggend doel van alle projectalternatieven is om Sprinters uit de bestaande Schipholtunnel te halen, waardoor er capaciteitsruimte vrijkomt voor meer IC's en internationale treinen. Het alternatief 3.2. wordt door rijk en regio als voorlopige voorkeur gezien. In het parallelle CVS paper (Donners et al, 2022) zijn verbeeldingen van de alternatieven opgenomen.

In tabel 2 staan de belangrijkste kenmerken van de alternatieven opgesomd. Voor de MKBA is voor ieder alternatief bepaald in welke mate een bijdrage wordt geleverd aan de drie opgaven waarvoor een oplossing wordt gezocht:

- Opgave 1: Capaciteitsknelpunt Schipholspoortunnel.
- Opgave 2: Te volle perrons en stijgpunten op treinstation Schiphol en Amsterdam Zuid.
- Opgave 3: Stedelijke knooppuntontwikkeling stagneert.

In het kader van dit paper beperken we ons tot opgave 2, oftewel de transferanalyse in de MKBA.

Tabel 2. Kenmerken alternatieven

	BRT	Spoortunnel	Metro Schiphol	Metro HD, NW	Metro HD, N
Frequentie	20x/u/ri HD-Zuid. 40x/u/ri Schiphol-Zuid	18x/u/ri via Westtak	20x/u/ri Shl-Amsterdam Noord	20x/u/ri HD-Amsterdam Noord	20x/u/ri HD-Amsterdam Noord
Voertuig	Dubbelgelede bus, cap. 155 personen	NS Sprinters SLT 16 bak. Capaciteit 1.328 personen	M5/M7, cap. 960 personen	M5/M7, cap. 960 personen	M5/M7, cap. 960 personen
Haltes en stations	HD, Shl. Centrum, Zuid	HD, Shl Centrum (nieuw), Lelylaan,	Shl Centrum (bovengronds), Shl NW, J.	HD, Shl Centrum (ondergronds)	HD, Shl Centrum (ondergrond)

		Sloterdijk, Centraal	Huizingalaan, Amstelveenseweg, Zuid	, Shl NW, J. Huizingalaan, Amstelveenseweg, Zuid	s), Shl N, J. Huizingalaan , Amstelveenseweg, Zuid
Infrastructuur	Vrijliggend, bovengrond	Tunnel	Zo veel mogelijk maaiveld	Veel tunnel	Veel tunnel

### 3. Transferknelpunten op Schiphol Airport en Amsterdam Zuid

#### 3.1 Transferknelpunten

Op dit moment schiet de transfercapaciteit van de stations Schiphol Airport en Amsterdam Zuid tekort en ontstaan knelpunten in de afwikkeling van de reizigersstroom op en van de perrons. De komende jaren worden op beide stations projecten uitgevoerd waarmee de transfercapaciteit wordt vergroot; voor station Amsterdam Zuid gaat het om het project Zuidasdok (Dekker, 2020), en voor Schiphol Airport om het project Multimodale Knoop Schiphol (I&W, 2019). Uit de IMA blijkt dat het aantal treinreizigers van, naar en via de stations Schiphol Airport en Amsterdam Zuid tussen 2018 en 2040 naar verwachting toeneemt met respectievelijk 26% tot 56%, en 56% tot 87%. Deze reizigersprognoses liggen dermate hoog dat na 2035-2040 opnieuw transferknelpunten worden verwacht.

Transferknelpunten ontstaan doordat de fysieke capaciteit van de perrons en perrontrees (de stijg- en daalpunten van en naar de perrons) beperkt is. Een groeiende stroom reizigers zorgt voor toenemende drukte op de perrons en voor lange wachtrijen ('files') voor de perrontrees. In deze situatie staan reizigers steeds vaker dicht bijeen op de perrons en lopen ze vertraging op bij het verlaten van het perron ter hoogte van de perronuitgangen. Deze vertraging kan oplopen tot meerdere minuten. Bij grote drukte en bij hoge frequenties van de treinen kan het knelpunt zichzelf gaan versterken. Bij overvolle perrons spreken we ook wel van *overcrowding* zodra de normen voor veiligheid worden overschreden en/of treinen vertraagd raken omdat stationnementen van de treinen langer duren dan de tijd die hiervoor in de dienstregeling is gepland.

#### 3.2 Gevolgen van transferknelpunten

Om *overcrowding* op station Schiphol Airport bij een sterk groeiende reizigersstroom te voorkomen, hebben ProRail en NS in de periode 2016-2019 regelmatig crowd control ingezet. Dit houdt in dat het reizigersverkeer op de perrons en stijgpunten van de sporen 1-2 door middel van speciaal hiervoor getrainde verkeersregelaars in goede banen wordt geleid (Berg, 2017). Onder normale omstandigheden doen ze dit door instappers zoveel mogelijk over de lengte van het perrondeel te spreiden, waar de eerstvolgende trein halteert. Uitstappers worden naar minder drukke perronuitgangen doorverwezen om te zorgen dat alle uitstappers uit een trein het perron zo snel mogelijk verlaten. Wanneer de drukte te groot wordt kunnen er onveilige situaties ontstaan. In dat geval sluiten de verkeersregelaars het perron voor instappers tijdelijk af door de perrontoegang op Plaza te blokkeren. Dit creëert de tijd die nodig is om een overvol te laten leegstromen. In de

praktijk duurt zo'n afsluiting vijf tot tien minuten. Sinds de ingebruikname van de NoordZuidLijn in 2018 is ook op de beide perrons van station Amsterdam Zuid crowd control operationeel.

Een overschrijding van de perroncapaciteit en de inzet van crowd control als gevolg hiervan, heeft gevolgen voor meerdere partijen:

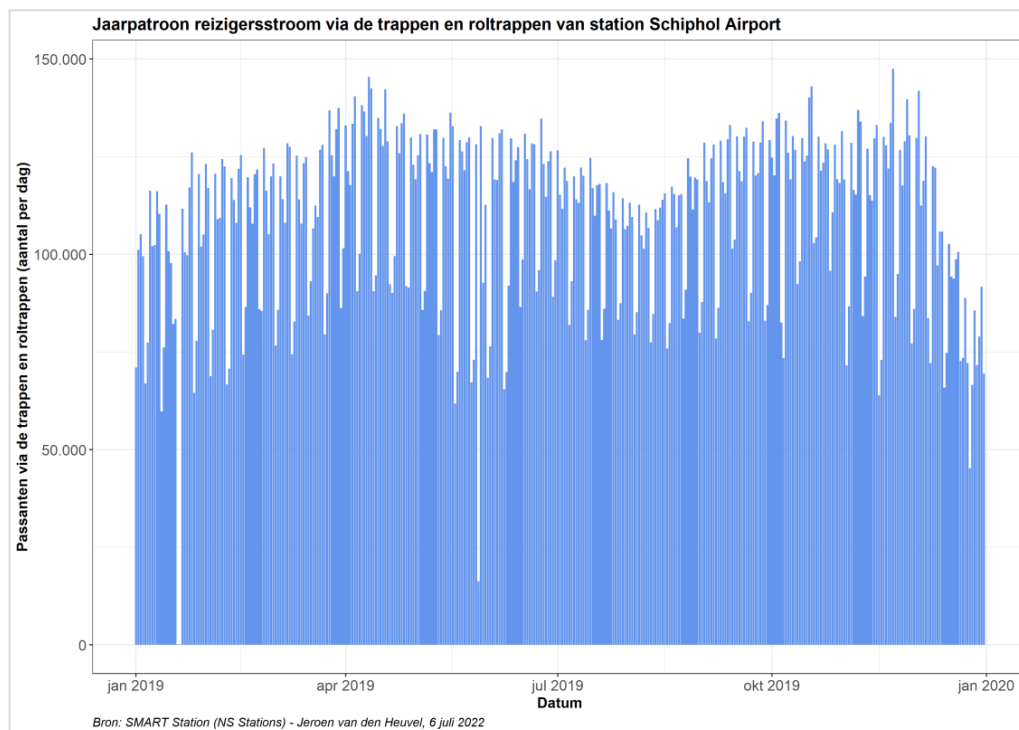
- Overcrowding van het perron zorgt voor wachtende reizigers (instappers en instappende overstappers) voor discomfort. Wachten in grote drukte is minder prettig dan wanneer het wat rustiger en overzichtelijker is. Voor de spoorbeheerder ontstaat een situatie waarin de normen voor transferveiligheid worden overschreden;
- Lange wachtrijen voor de perronuitgangen zorgen voor aankomende reizigers (uitstappers en uitstappende overstappers) voor wachttijden. Dit resulteert in extra reistijd, die een waarde heeft. Specifiek bij overstappers bestaat de kans dat ze hun aansluiting missen en worden geconfronteerd met een onverwachte vertraging;
- Voor reizigers die vertrekken (instappers en instappende overstappers) zorgt een perronsluiting voor een onverwachte, extra reistijd. Immers de trein wordt gemist waardoor op een volgende trein moet worden gewacht. Een patroon van regelmatige perronafsluitingen doet tevens afbreuk aan de verwachte reisbeleving en verlaagt het comfort van de reizigers;
- Omdat de normen voor transferveiligheid structureel worden overschreden, zijn maatregelen nodig om de veiligheid te waarborgen. Voor spoorbeheerder ProRail zorgt de inzet van crowd control voor extra operationele kosten.

#### **4. Operationalisatie van de transfereffecten voor de MKBA**

Met de beschikbaarheid van de verwachte reizigersaantallen per stationnement voor een maatgevende dag in het jaar 2040 uit de vervoerwaardestudie<sup>4</sup>, is een belangrijke voorwaarde gecreëerd voor het operationaliseren en waarderen van bovengenoemde transfereffecten van de alternatieven. Daarvoor hebben we deze reizigersaantallen opgehoogd naar heel 2040, om deze vervolgens te extrapoleren naar de 100 jaren vanaf 2040. Een projectie over 100 jaar is bij MKBA's immers gebruikelijk. Vervolgens hebben we de vier in paragraaf 3.2 uitgewerkte gevolgen aan de hand van de reizigersaantallen per stationnement geoperationaliseerd en gewaardeerd. Hiermee zijn we qua scope en diepgang een stuk verder gegaan dan eerdere studies in Nederland, waaronder Zuidasdok (2012) en I&W (2019).

##### *4.1 Ophogen van de reizigersaantallen*

De vervoerstudie leverde ons de aantallen uit-, in- en overstappers per stationnement voor een maatgevende dag in 2040. Dit jaar vormt het basisjaar voor de MKBA. Door het dynamische karakter van transferprocessen zijn data voor één dag onvoldoende om transfereffecten in te schatten. Een wachtrij voor een perronuitgang ontstaat bijvoorbeeld pas zodra de capaciteit op een specifiek moment wordt overschreden. En dit is afhankelijk van het aantal uitstappers van één trein, of van meerdere treinen die vlak achter elkaar aankomen. Eenzelfde redenering geldt voor instappers.



*Figuur 2. Teldata van de reizigersstromen via alle stijg-/daalpunten van station Schiphol Airport gedurende het jaar 2019.*

Daarom hebben we de vervoerdata voor de maatgevende dag in 2040 gecombineerd met telgegevens over 2019 uit voetgangerssensoren op de beide stations. Het betreft hier het SMART Station systeem van NS Stations (Hänseler et al, 2020). Figuur 2 toont de aantallen voor station Schiphol Airport in 2019. Per dag hebben we op basis van deze teldata een ophoogfactor voor iedere dag van het jaar in 2040 bepaald. Met toepassing van deze ophoogfactoren op de vervoerdata voor de maatgevende dag verkregen we een transferdataset met de aantallen uit-, in- en overstappers per stationnement over alle dagen van het jaar 2040. Vervolgens hebben we groeifactoren per scenario afgeleid en deze toegepast op de transferdataset. Daarmee verkregen we de aantallen uit-, in- en overstappers per stationnement over de periode 2040-2139. Onderstaand worden de genoemde vier transfereffecten beschreven.

#### 4.2 Effect 1. Discomfort voor instappers op de perrons door drukte

Wereldwijd is groeiende aandacht voor de wijze waarop (de perceptie van) drukte in het openbaar vervoer het reisgedrag beïnvloedt. Deze drukte heeft op verschillende manieren een negatieve invloed op de reistijd en kwaliteit van de reis. Tirachini et al. (2013) geven in dit verband een aardig overzicht van fysieke en psychologische factoren die van invloed zijn op de beleving van drukte en de effecten ervan. In veel studies ligt de nadruk op negatieve beleving en waardering van drukte in het voertuig. Maar ook drukte op perrons leidt tot een negatieve waardering. Overzichtsstudies van de waardering van deze effecten zijn gepubliceerd door Wardman (2013) en Wardman et al. (2016). Wacht- en transfertijd worden gewaardeerd middels een opslagfactor ten opzichte van waardering van tijd in het voertuig. Deze opslag varieert onder andere per reismotief, de dienstregelingsfrequentie, type openbaar vervoer en tijdstip (spits/dal).

Gevonden opslagfactoren in Europese landen variëren daarbij tussen 1,5 en 2,5. De waardering blijkt bovendien te variëren naar gelang de drukte op stations. Dit komt tot uiting in een opslag op de tijdwaardering voor wachttijd, die oploopt naar gelang het aantal reizigers per vierkante meter toeneemt.

Voor onze MKBA hebben we gebruik gemaakt van opslagen die zijn afgeleid uit Douglas Economics (2006). Deze zijn ook toegepast in Zuidasdok (2012). Met behulp van deze opslagen kunnen reizigersverdelingen op perrons in Nederland goed worden voorspeld (Hänseler et al, 2020). In de MKBA is uitgegaan van tweemaal de 'normale' waardering van rijtijd in het voertuig (zie tabel 3).

Tabel 3. Tijdwaardering wachttijd op drukke perrons

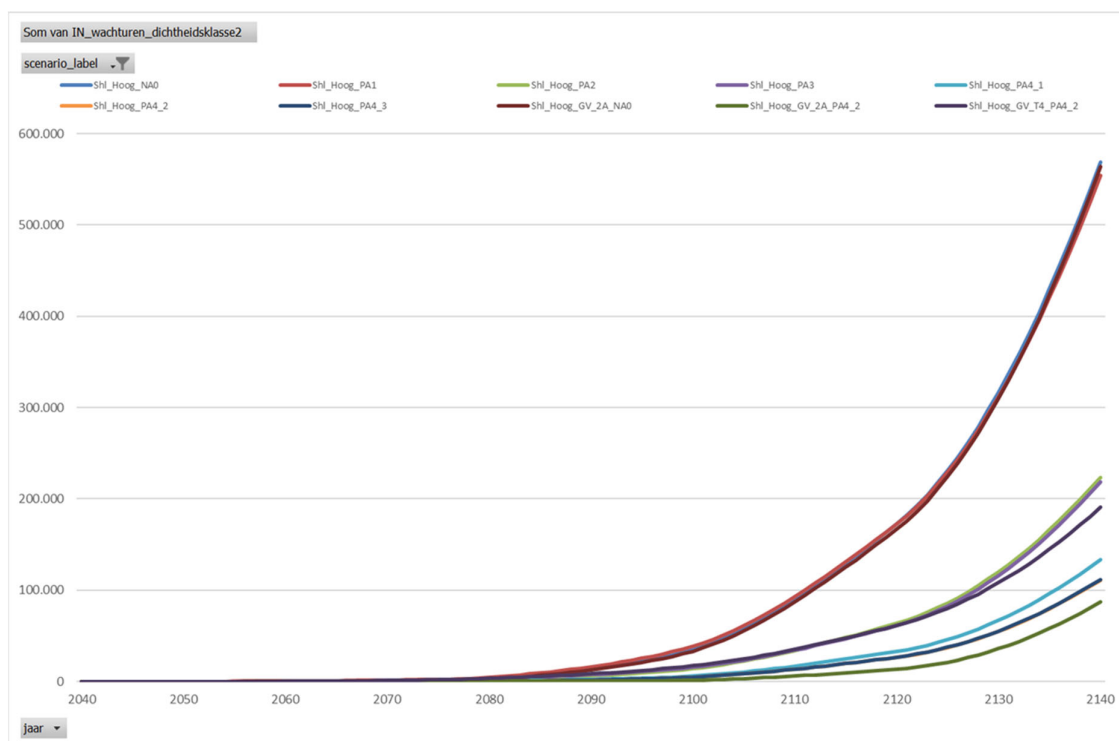
<b>Drukteconditie tijdens wachten door instappers</b>	<b>Dichtheidsbandbreedte (reizigers per m<sup>2</sup>)</b>	<b>Opslagfactor op rijtijdwaardering</b>
Rustig tot druk	dichtheid < 0,5	1,0
Grote drukte	0,5 ≤ dichtheid < 2	2,1
Zeer grote drukte	dichtheid ≥ 2	3,7

We hebben de dichtheid op het perron en de tijdsduur waaraan instappers aan deze dichtheden bloot zijn gesteld, bepaald op basis van de reizigersaantallen uit de vervoerstudie. Hierbij hebben we twee aannames gedaan:

1. Met betrekking tot de **verdeling over tijd** is aangenomen dat instappers vanaf vijf minuten voor de geplande vertrektijd op het perron aanwezig zijn (Van Hagen, 2011). En dat de instroom uniform is verdeeld over de vijf minuten voor de vertrektijd. Zo bootst ons model de praktijk na dat in de minuten voor het vertrek van een trein steeds meer instappers op een perron aanwezig zijn;
2. Met betrekking tot de **verdeling over ruimte** is aangenomen dat instappers zich verdelen over de lengte van het perron waar een trein langs halteert. Bij deze MKBA hebben we gerekend met de perroncapaciteiten die bij eerdere capaciteitsanalyses zijn vastgesteld (Vaatstra en Van den Heuvel, 2020 en I&W, 2019). In deze waarden zit verdisconteerd dat instappers zich niet gelijk over de lengte van de trein verdelen. Uit deze perroncapaciteiten is door middel van de transfornormen (ProRail, 2020) de beschikbare perronoppervlakte afgeleid aan de hand van de zelfredzaamheidsgrens (0,7 m<sup>2</sup> per instapper).

Figuur 4 toont het verloop van de totale gewaardeerde wachttijd in uren per jaar voor de drukteconditie "zeer grote drukte" voor instappers op station Schiphol Airport. Uit de figuur blijkt duidelijk dat de alternatieven in drie groepen verdeeld kunnen worden. En ook dat het verloop van de wachttijd afgezet tegen de jaren exponentieel toeneemt.





Figuur 4. Voorbeeld van verloop van de wachttijd per jaar in drukteconditie "zeer grote drukte" voor instappers op station Schiphol Airport voor de alternatieven.

Tabel 4 geeft de MKBA-waardering per alternatief voor stations Schiphol en Zuid gezamenlijk ten opzichte van het nulalternatief (Ecorys et al., 2021). Een positieve waarde beschrijft daarmee een maatschappelijke baat voor het projectalternatief. De eerste drie kolommen beschrijven de waarderingen voor het jaar 2040, en de laatste drie de waardering over 100 jaar die contant is gemaakt (CW). Uit deze laatste waarden blijkt dat de maatschappelijke baten voor het comfort voor instappers op de perrons in de bandbreedte van €22-€71 miljoen liggen.

Tabel 4. Waardering comfort voor instappers op de perrons (in € mln)

	<b>2040 Laag</b>	<b>2040 Hoog</b>	<b>2040 PVM</b>	<b>CW 100jr Laag</b>	<b>CW 100jr Hoog</b>	<b>CW 100jr PVM</b>
PA1	0,4	0,7	1,0	22	44	51
PA2	0,4	0,7	1,0	23	47	53
PA3.1	0,5	0,8	1,2	28	58	66
PA3.2	0,5	0,9	1,3	29	61	71
PA3.3	0,5	0,9	1,3	29	61	71

#### 4.3 Effect 2. Wachtrijen en wachttijden voor uitstappers bij de perronuitgangen

Na aankomst van een trein lopen uitgestapte treinreizigers over het algemeen zo snel mogelijk naar de perronuitgang. Bij drukke treinen stappen er meer reizigers uit dan de perronuitgangen tijdelijk kunnen verwerken. Hierdoor ontstaan er wachtrijen en wachttijden, wat zorgt voor extra reistijd en discomfort. Voor de waardering van de gevolgen van wachtrijen voor de perronuitgangen hebben wij gebruik gemaakt van

kengetallen uit internationale overzichtstudies zoals Litman (2011), Wardman (2013) en Wardman et al. (2016). In onze MKBA hebben we de looptijd gewaardeerd met een factor van 1,66 op de 'standaard' (in-voertuig) tijdwaardering. Voor de momenten dat reizigers opeen drommen bij de stijgpunten, is een opslag toegepast voor de waardering voor het (extra) ongemak in de wachtrij. Net als bij de MKBA van Zuidasdok (2012) hebben we een gemiddelde opslagfactor van 2,2 gebruikt bovenop de looptijdwaardering. Deze waarde is ontleend aan Litman (2011) die een factor 1,6 en 2,8 als opslag geeft voor looptijd in een omgeving met respectievelijk hoge en zeer hoge dichtheden.

De wachtrijen en de hieraan gekoppelde wachttijden hebben we berekend op basis van de reizigersaantallen uit de vervoerstudie, met twee aannames:

1. Met betrekking tot de **verdeling over tijd** hebben we aangenomen dat uitstappers circa 30 seconden moeten lopen tussen het moment dat ze uit de trein stappen en aansluiten bij de wachtrij voor de perronentree. Deze waarde is gebaseerd op een loopafstand van 1 à 2 rijtuigen (van 25 meter per stuk) en een loopsnelheid van 1 à 1,25 meter per seconde;
2. Met betrekking tot de **verdeling over ruimte** is aangenomen dat uitstappers zich verdelen over de beschikbare perronentrees (stijg-/daalpunten). Bij deze MKBA hebben we gerekend met de stijgpuntcapaciteiten die bij eerdere capaciteitsanalyses zijn vastgesteld (Vaatstra en Van den Heuvel, 2020 en I&W, 2019). In deze waarden zit verdisconteerd dat uitstappers zich niet gelijk over de perronentrees verdelen.

Tabel 5 geeft de MKBA-waardering per alternatief voor de twee stations gezamenlijk (Ecorys et al., 2021)<sup>5</sup>. Hieruit blijkt dat de maatschappelijke baten voor de wachttijden voor de uitstappers bij de perronentrees in de bandbreedte van €11-€104 miljoen liggen.

Tabel 5. Waardering wachttijd voor uitstappers bij de perronuitgangen (in € mln)

	<b>2040 Laag</b>	<b>2040 Hoog</b>	<b>2040 PVM</b>	<b>CW 100jr Laag</b>	<b>CW 100jr Hoog</b>	<b>CW 100jr PVM</b>
PA1	0,2	0,5	0,8	21	62	70
PA2	0,1	0,2	0,4	11	33	43
PA3.1	0,2	0,6	1,1	25	84	103
PA3.2	0,2	0,6	1,1	25	84	104
PA3.3	0,2	0,5	1,0	23	78	97

#### 4.4 *Effect 3. Extra reistijd, discomfort en onzekerheid voor instappers door perronafsluitingen*

Een perronafsluiting als gevolg van crowd control heeft tot gevolg dat instappers en overstappers elders in het station moeten wachten totdat het betreffende perron weer worden geopend. Op station Schiphol Airport heeft situatie heeft zich in de periode 2016-2018 meerdere keren per jaar voorgedaan. In 2018 heeft ProRail het station verbouwd om de capaciteit van het perron van de sporen 1 en 2 te vergroten (I&W, 2019). Het wachten kost niet alleen extra tijd, maar komt ook onverwacht. Beide effecten hebben

<sup>5</sup> Een figuur met het verloop van de gewaardeerde wachttijd over de periode 2040-2140 is vanwege plaatsgebrek niet opgenomen, maar beschikbaar op aanvraag bij de auteurs.

we daarom gewaardeerd, waarbij we een 'penalty' voor betrouwbaarheid hebben afgeleid van de 'reliability ratio's' van 1,6 uit KiM (2013).

Omdat reizigers moeten wachten in een drukke omgeving, treedt ook een negatief comforteffect als gevolg van drukte. Uit de MKS-studies (I&W, 2019 en Ecorys, 2019) blijkt dat de reizigers- en bezoekersdichtheden op Schiphol Plaza in de categorie 'zeer hoog' vallen conform Douglas Economics (2006). Wij hebben daarom een extra opslagfactor van 3,7 op de rijtijd gehanteerd bovenop de 'reliability ratio' van 1,6. De opslagfactor komt daarmee uit op 5,9 keer de 'standaard' (in-voertuig) tijdwaardering.

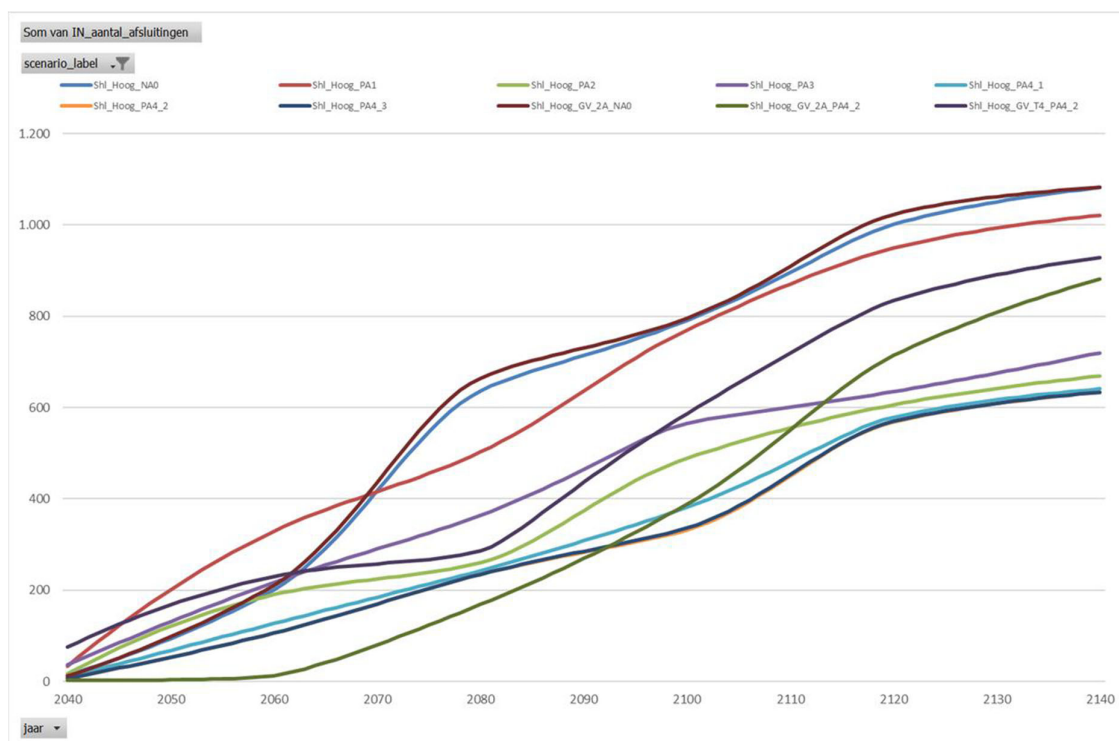
Op basis van ervaringen met de crowd control operatie in 2016-2018 hebben we het aantal reizigers dat bij een afsluiting wordt gedupeerd ingeschat op 800 personen. Het gaat hierbij om reizigers van alle treinen vanaf het afgesloten perron; dus niet alleen om de reizigers uit de trein die de afsluiting "veroorzaakt". De gedupeerde reizigers hebben een gemiddeld reistijdverlies van 15 minuten. Deze waarde is gebaseerd op de tijd tussen twee opeenvolgende treinen in dezelfde richting. Deze intervaltijd varieert op Schiphol Airport tussen 10, 15 en 30 minuten.

Het aantal afsluitingen per jaar hebben we op basis van de reizigersaantallen uit de vervoerstudie gemodelleerd. De aantallen instappers hebben we afgezet tegen de capaciteitswaarden van de perrons (Vaatstra en van den Heuvel, 2020), waardoor we de intensiteit-capaciteitsverhouding (I/C-waarde) konden berekenen. Tabel 6 toont de grenswaarden voor de I/C-verhoudingen. De kansen hebben we bepaald op basis van een discussie met experts, die is gevoed met de ervaringen en cijfers van de crowd control operatie op Schiphol Airport in de periode 2016-2019. Onze rekenmethode resulteert in maximaal één afsluiting per (eiland)perron per dag. In tegenstelling tot de andere type transfereffecten hebben we dit effect alleen voor Schiphol Airport berekend.

Tabel 6. Inputvariabelen om aantal perronafsluitingen te berekenen

<b>I/C-waarde per stationnement voor instappers</b>	<b>Kans op afsluiting per perron per dag</b>
I/C-waarde $\geq 0,8$	5% (bij een licht verstoorde treindienst loopt de I/C-waarde op tot $> 100\%$ ; netpunctualiteit in 2019 van 95%)
I/C-waarde $\geq 1,0$	100% (normoverschrijding $\rightarrow$ mitigerend handelen nodig)

Figuur 5 toont het verloop van het aantal afsluitingen per jaar voor station Schiphol Airport. Uit de figuur blijkt dat er circa een factor 2 verschil zit tussen de uiterste waarden. Tevens laat de figuur goed zien dat bij een aantal alternatieven het aantal perronafsluitingen aan het eind van de looptijd van de MKBA naar het maximum (3 perrons x 365 dagen = 1.095 afsluitingen) groeit.



Figuur 5. Voorbeeld van verloop van het aantal perronafsluitingen per jaar voor instappers op station Schiphol Airport voor de alternatieven.

Tabel 7 geeft de MKBA-waardering van perronafsluitingen op station Schiphol per alternatief (Ecorys et al, 2021). Hieruit blijkt dat de maatschappelijke baten voor de effecten van perronafsluitingen voor instappers in de bandbreedte van -€21-€302 miljoen liggen. Hierbij valt op dat de baten voor project-alternatief 2 (PA2) voor het WLO-Laag scenario negatief zijn. Dit betekent dat de baten kleiner zijn dan het nulalternatief.

Tabel 7. Waardering effecten perronafsluitingen (in € mln)

	<b>2040 Laag</b>	<b>2040 Hoog</b>	<b>2040 PVM</b>	<b>CW 100jr Laag</b>	<b>CW 100jr Hoog</b>	<b>CW 100jr PVM</b>
PA1	0,0	-0,1	-1,8	6	143	236
PA2	-0,1	-0,9	-4,0	-21	82	193
PA3.1	0,1	0,2	1,5	33	205	283
PA3.2	0,1	0,3	1,9	41	226	302
PA3.3	0,1	0,3	2,0	41	226	302

#### 4.5 Effect 4. Operationele kosten van crowd control

Om de reizigersstroom op de stations Schiphol en Amsterdam Zuid efficiënt en veilig te verwerken, hebben ProRail en NS crowd control ingevoerd. Crowd control is echter niet zonder kosten. Deze kosten bestaan uit kosten voor het ingehuurd personeel op het perron. Daarnaast zijn er kosten voor inzet van de toezichtcentrale van NS (waar alle camerabeelden binnen komen), en de inzet van medewerkers van NS en ProRail op tactisch en operationeel niveau. In de MKBA Multimodale Knoop Schiphol (Ecorys, 2019)

is een raming gemaakt van de kosten. Voor station Schiphol Airport bedragen deze kosten circa €250.000 euro per maand crowd control per (eiland)perron.

De noodzaak voor het inzetten van crowd control per maand hebben we gemodelleerd op basis van de reizigersaantallen uit de vervoerstudie. Deze reizigersaantallen – instappers en uitstappers – hebben we afgezet tegen de capaciteitswaarden waardoor we de intensiteit-capaciteitsverhouding konden berekenen. Hierbij hebben we twee grenswaarden gedefinieerd (zie tabel 8). De eerste beschrijft de “better safe than sorry”-situatie waarin het gedurende een maand regelmatig druk is, maar de perroncapaciteit net niet wordt overschreden. De tweede beschrijft de situatie waarin de perroncapaciteit gedurende een maand daadwerkelijk wordt overschreden. Het maximale aantal perronmaanden is voor Schiphol Airport en Amsterdam Zuid respectievelijk gelijk aan 36 en 24 maanden (3 of 2 perrons x 12 maanden per jaar).

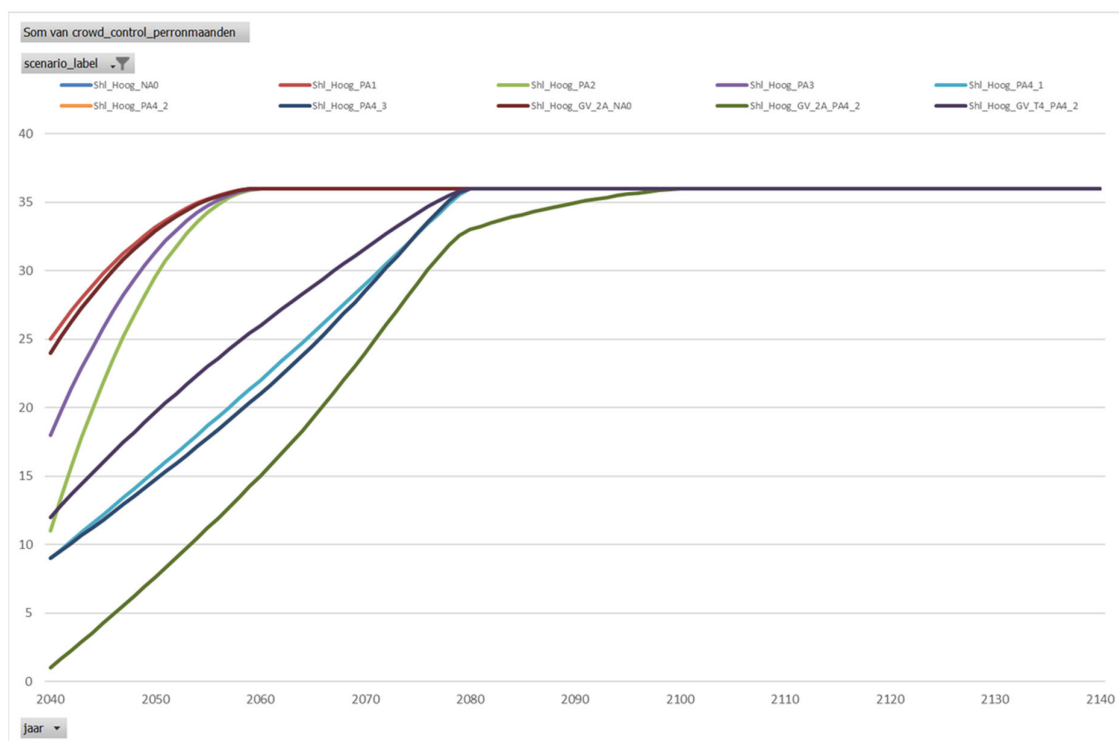
Tabel 8. Conditie voor een crowd control operatie gedurende één maand

<b>Conditie voor één maand crowd control op één eilandperron</b>	<b>Criterium 1 (per stationnement voor uitstappers, instappers of beide)</b>	<b>Criterium 2 (per maand)</b>
Grenswaarde 1	I/C-waarde $\geq 0,8$	Frequentie $\geq 4$ (“wekelijks druk”)
Grenswaarde 2	I/C-waarde $\geq 1,0$	Frequentie $\geq 1$ (“maandelijks te druk”)

Figuur 6 geeft het verloop van het aantal crowd control maanden per jaar voor station Schiphol Airport. Uit deze figuur blijkt dat in de projectalternatieven in de eerste periode minder inzet van crowd control nodig is dan in het nulalternatief. De figuur laat ook zien dat alle alternatieven relatief snel naar het maximum groeien. Tabel 9 geeft de totale MKBA-waarde per alternatief (Ecorys et al, 2021). De maatschappelijke baten voor de vermeden inzet van crowd control liggen in de bandbreedte van €33-€155 miljoen.

Tabel 9. Waardering kosten van inzet crowd control (in € mln)

	<b>2040 Laag</b>	<b>2040 Hoog</b>	<b>2040 PVM</b>	<b>CW 100jr Laag</b>	<b>CW 100jr Hoog</b>	<b>CW 100jr PVM</b>
PA1	0,0	3,3	1,5	65	80	79
PA2	-1,5	1,5	1,5	33	79	79
PA3.1	0,5	3,8	5,8	113	151	104
PA3.2	0,5	3,8	6,0	125	155	120
PA3.3	0,5	3,8	5,8	122	126	152



Figuur 6. Voorbeeld van verloop van het aantal crowd control maanden per jaar op station Schiphol Airport voor de alternatieven.

## 5. Conclusie

Met deze MKBA hebben we laten zien dat het mogelijk is om een waarde toe te kennen aan de transfereffecten van investeringen in infrastructuur voor spoorgebonden openbaar vervoer. Hiervoor hebben we data uit een vervoer(waarde)studie voor een toekomstig jaar gecombineerd met gedetailleerde teldata uit de huidige situatie die is verkregen met voetgangerstelsensoren. Vervolgens hebben we deze aantallen uit-, in- en overstappers afgezet tegen de transfercapaciteit van de deelsystemen van perrons.

Deze studie laat ook zien dat de transferbaten van investeringen in infrastructuur substantieel zijn. Voor een verlengde Noord-Zuid metroverbinding tussen Amsterdam Zuid, Schiphol Airport en Hoofddorp kunnen deze baten oplopen tot honderden miljoenen (tabel 10). De grootste baten zitten in de (vermeden) effecten van perronafsluitingen en de (vermeden) kosten van crowd control.

Tabel 10. Bandbreedtes maatschappelijke baten per type transfereffect (in € mln)

Type transfereffect	Bandbreedte maatschappelijke baten (CW, 100 jaar, in mln €)	
	Onderkant	Bovenkant
Comfort instappers op perrons	22	71
Wachttijden uitstappers bij perronentrees	11	104
Effecten perronafsluitingen	-21	302
Kosten crowd control	33	155

## Literatuur

Berg, Frans van den (2017). NS heeft handen vol aan drukte Schiphol. *Leidsch Dagblad*. Pagina 4-5, juli 2017.

Dekker, Sybilla M. (2020). *Voortvarend bouwen voor de toekomst. Verkenning van de nut en noodzaak, mogelijke optimalisaties en versoeringen van het project Zuidasdok in het licht van de spanning tussen scope en budget*. Den Haag, 18 maart 2020.

Donners, B., Schimmel B., Bovens, J. Ruimte op het spoor, nationaal belang van goed regionaal OV, Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk, oktober 2022.

Douglas Economics (2006). *Value and Demand Effect of Rail Service Attributes*. Report to RailCorp. Wellington, Nieuw Zeeland.

Ecorys (2019). MKBA Multimodale Knoop Schiphol (versie 3.0). Rotterdam, Ecorys Nederland.

Ecorys, Buck Consultants International, Royal HaskoningDHV, MuST stedenbouw (2021). *MKBA-eindrapportage Propositie doortrekken Noord/Zuidlijn*. Rotterdam, 24 november 2021

Hänseler, F.S., Heuvel, J.P.A. van den, Cats, O., Daamen, W. en Hoogendoorn, S.P. (2020). A passenger-pedestrian model to assess platform and train usage from automated data. *Transport Research Part A: Policy and Practice*, vol. 132, pp 948-968, februari 2020.

Hagen, M. van (2011). *Waiting experience at train stations*. Utrecht: Eburon Academic Publishers.

I&W (2019). *MIRT-verkenning Multimodale Knoop Schiphol – Eindrapport*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Schiphol, 13 november 2019.

KiM (2013). *De maatschappelijke waarde van kortere en betrouwbaardere reistijden*. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM). Den Haag, November 2013.

Litman, T. (2011). *Valuing Transit Service Quality Improvements: Considering Comfort and Convenience in Transport Project Appraisal*. Victoria Transport Policy Institute.

Prorail (2020). *Ontwerpvoorschrift Reizigersperrons (OVS00067, v7)*. Utrecht, ProRail, 1 juni 2020

Tirachini, A., Hensher, D.A., & Rose, J.M. (2013). Crowding in public transport systems: Effects on users, operation and implications for the estimation of demand. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 53, pp 36-52, juli 2013.

Vaatstra, I., Heuvel, J. van den (2020). *Stationscapaciteit station Amsterdam Zuid*. Utrecht: ProRail en NS Stations.

Wardman, M., Chintakayala, P., de Jong, G. and Ferrer, D. (2013). *European Wide Meta-Analysis of Values of Travel Time*. Report to the European Investment Bank.

Wardman, M., Chintakayala, P. and de Jong, G. (2016). Values of travel time in Europe: Review and meta-analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 94, pp 93-111, dec. 2016.

ZuidAsDok (2012). *ZuidasDok. Kosten-Batenanalyse ZuidasDok*. Amsterdam: Projectorganisatie ZuidasDok, 28 februari 2012.