

# **Reisplanner & Reisgedrag: naar betere prognoses door inzicht in routekeuze**

Lara Witte – Technische Universiteit Delft  
Heleen van Beek – Nederlandse Spoorwegen – heleen.vanbeek@ns.nl  
Niek Guis – Nederlandse Spoorwegen – niek.guis@ns.nl

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk  
25 en 26 november 2021, Utrecht**

## **Samenvatting**

Accurate reizigersprognoses zijn voor NS van cruciaal belang om te zorgen dat zoveel mogelijk reizigers kunnen zitten en tegelijk een efficiënte inzet van het materieel gewaarborgd wordt. Bij NS worden daarom prognoses gemaakt van het aantal reizigers op elk traject en in elke trein op elke dag. Hiervoor is het noodzakelijk om te weten welke routekeuze reizigers maken. Daarom wordt er binnen NS een toedelingsmodel gebruikt om reizigers aan de hand van herkomst-bestemming patronen te verdelen over reisopties. Om de accuraatheid van dit model te testen, worden in dit onderzoek door middel van een enquête routekeuzes voorgelegd aan reizigers. De resultaten uit de enquête worden vergeleken met de verdeling van het toedelingsmodel.

Er worden twee belangrijke afwegingen tussen reismogelijkheden onderzocht, namelijk de afweging "Sprinter of Intercity" en de afweging "overstap of directe reis". Hierbij geldt dat er altijd één reismogelijkheid een eerdere aankomsttijd heeft, en de andere reisoptie comfortabeler is. Omdat de verwachting is dat de reiziger een andere keuze maakt op het station dan thuis, wordt de keuzelocatie ook meegenomen in de afweging.

Uit de enquête blijkt dat de routekeuze inderdaad sterk samenhangt met de locatie waar de keuze wordt gemaakt. Als een reiziger nog thuis is, wordt er vaker voor de comfortabele reisoptie gekozen. Als een reiziger al op het station staat, wordt er vaker voor de eerst mogelijke reisoptie gekozen. Hier is nog wel een duidelijk onderscheid te maken in leeftijdsgroepen: oudere reizigers kiezen vaker voor de comfortabele optie en jonge reizigers voor de snellere reisoptie.

Het toedelingsalgoritme omvat alle reizigers van NS en zou daarom zowel reizigers die thuis als reizigers die op het station hebben gekozen moeten representeren. Uit de vergelijking blijkt dat er vaak net iets meer reizigers worden toegedeeld aan de snelste reisoptie dan de enquête vanuit huis laat zien, maar ruim minder dan de enquête vanuit station. Omdat uit de enquête blijkt dat de meeste reizigers hun reis plannen vanuit huis en een klein deel vanaf het station, lijkt dit plausibel.

De conclusie is dat het toedelingsmodel plausibele resultaten geeft in een gemiddelde situatie. Echter, als er een situatie ontstaat waarbij veel jonge reizigers een routekeuze maken vanaf het station, zoals bij een evenement, kan het zijn dat de toedeling afwijkt van de daadwerkelijke routekeuze.

Dit paper is gebaseerd op het afstudeeronderzoek van Lara Witte in samenwerking met TU Delft

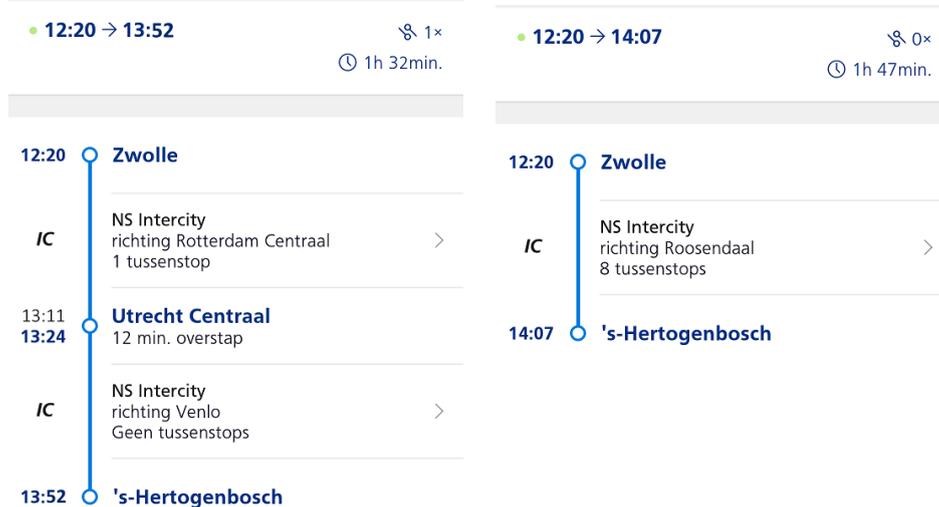
## 1. Inleiding

Accurate reizigersprognoses zijn voor NS van cruciaal belang om te zorgen dat zoveel mogelijk reizigers kunnen zitten en tegelijk een efficiënte inzet van het materieel gewaarborgd wordt. Daarnaast is de druktebeleving in de trein veranderd sinds het begin van het coronatijdperk en hechten reizigers meer waarde aan goede informatie over de verwachte drukte in de trein, zodat zij hun keuzes daarop kunnen aanpassen.

Bij NS worden daarom prognoses gemaakt van het aantal reizigers op elk traject en in elke trein op elke dag. Hiervoor wordt onder andere historische chipkaartdata gebruikt. De beste voorspeller voor morgen is immers vandaag. Maar deze data is niet voldoende:

1. Hoewel er door in- en uitchecken een goed beeld is van waar reizigers vandaan komen en naar toe gaan, is het niet altijd duidelijk in welke treinen reizigers hebben gezeten. Er zijn namelijk soms meerdere reisopties mogelijk waarbij de vertrek- en aankomsttijden heel dicht bij elkaar liggen.
2. Daarnaast kan door een verandering in de dienstregeling de routekeuze van een reiziger wijzigen, waardoor deze in de toekomst een andere trein zal kiezen dan in het verleden.

07:29 → 07:55	🕒 0:26	🚪 7	👤
IC Intercity			
07:38 → 08:05	🕒 0:27	🚪 5	👤
IC Intercity			
07:48 → 08:14	🕒 0:26	🚪 7	👤
IC Intercity			
07:59 → 08:25	🕒 0:26	🚪 7	👤
IC Intercity			
08:08 → 08:35	🕒 0:27	🚪 5	👤
IC Intercity			



Voorbeeld van twee routeopties waarbij de keuze niet vanzelfsprekend is aan de hand van de check-in.

Om deze problemen te overkomen gebruikt NS een vervoersmodel om de routekeuze te voorspellen (Verschuren, Guis en Hogenberg, CVS 2018). Daarvoor wordt een schatting gemaakt van het aantal reizigers op elke herkomst-bestemming relatie per halfuur van de dag. Deze reizigers worden door het toedelingsmodel verdeeld over de beschikbare reisopties om inzicht te krijgen in het aantal reizigers per trein en per traject. In dit model wordt dus een keuze gemaakt wat de meest aantrekkelijke reisoctie voor een bepaalde reiziger is, op basis van de gegeneraliseerde reistijd. De accuraatheid van de

reizigersprognoses hangt dus sterk samen met de correctheid van de routekeuze in het model. In dit onderzoek worden daarom routekeuzes voorgelegd aan reizigers uit het NS panel. De resultaten hiervan worden vergeleken met de routekeuze van het toedelingsalgoritme. De mate waarin de resultaten uit de enquête overeen komen met de resultaten van het toedelingsalgoritme zal een indicator zijn voor de kwaliteit van het prognosemodel.

In dit paper wordt eerst ingegaan op het toedelingsalgoritme van NS en de reisplanner waarmee reizigers hun routekeuze maken. Vervolgens wordt de methode om de accuraatheid van het toedelingsalgoritme te testen toegelicht. Na het bespreken van de resultaten worden er conclusies getrokken.

## 2. Prognoses en reisplanner

### 2.1 Reizigersprognoses

De reizigersprognoses per trein en traject van NS komen tot stand door een geprognosticeerde herkomst-bestemming matrix (HB-matrix) toe te delen aan een dienstregeling. Deze HB-matrix bevat het aantal reizen van en naar elk NS-station per halfuur (vertrektijd). Er wordt vanuit gegaan dat binnen dit half uur elke minuut 1/30 van alle reizigers wil vertrekken (gewenste vertrektijd). Het toedelen gebeurt met de software VISUM, ontwikkeld door het Duitse PTV. VISUM doorloopt de volgende stappen om reizigers toe te wijzen aan treinen:

1. **Zoeken** naar alle mogelijke reisopties door middel van een zoekalgoritme.
2. **Filteren** van onrealistische reismogelijkheden, op basis van reistijd.
3. Berekenen van de **gegeneraliseerde reistijd** (GRT) per reisoptie, ofwel de ondervonden reistijd. Hierin zit bijvoorbeeld een straf tijd voor een overstap, ook wel de overstapweerstand genoemd. Daarnaast telt de reistijd in een Sprinter zwaarder dan reistijd in een Intercity.
4. Berekenen van de **weerstand per reisoptie**. Dit hangt af van de GRT, de kosten en tijd tussen gewenste vertrektijd en werkelijke vertrektijd.
5. **Verdelen** van reizigers over de reisopties aan de hand van een utiliteitsfunctie die de weerstand bevat.

De verdeling hangt af van de parameterwaardes die NS heeft ingesteld voor het berekenen van de GRT, weerstand en utiliteit. De parameters zijn gekijkt aan check-in check-out data (Banninga, Guis en Siderius, CVS 2016).

### 2.2 Reisplanner

De NS Reisplanner is een applicatie waarin reizigers de benodigde informatie voor hun reis kunnen opzoeken. Na invoeren van een herkomst, bestemming en vertrek- of aankomsttijdstip geeft de reisplanner de mogelijke reisopties weer. Ook hier zit een algoritme achter dat bepaalt wat de beste reisopties voor een reiziger zijn. Dit algoritme houdt bijvoorbeeld een ideale overstaptijd van 5 minuten aan, waarbij elke minuut meer maar ook elke minuut minder nadelig is voor de reiziger. Dit is niet exact hetzelfde algoritme als VISUM gebruikt, wat zou kunnen leiden tot verschillen in de routekeuze van VISUM en de routekeuze van de reiziger.

### 3. Methode

#### 3.1 Afwegingen

Er zijn verschillende afwegingen die treinreizigers kunnen maken. Bijvoorbeeld:

1. Sprinter of Intercity
2. Overstap of directe trein
3. Toeslag betalen of omreizen
4. Overstappen op het ene of het andere station

De keuze om afwegingen wel of niet mee te nemen in dit onderzoek wordt onder andere gelimiteerd door de beschikbare dienstregeling. Niet voor elke afweging zijn voldoende reisopties beschikbaar om de afweging uitgebreid te onderzoeken. Voor elke afweging moeten ten minste twee realistische reismogelijkheden beschikbaar zijn, die vergelijkbaar zijn wat betreft de vertrektijd en aankomsttijd. Als laatste mag er maar één afweging in de reisopties zitten, om het keuzegedrag per afweging te kunnen analyseren. Op basis van deze criteria worden er twee afwegingen meegenomen in dit onderzoek, namelijk "Sprinter of Intercity" en "wel of niet overstappen". In deze beide afwegingen wordt er gekeken naar de **comfortabelere** reisoptie tegenover een **snellere** reisoptie. Als de snellere reisoptie ook het meest comfortabele is worden er namelijk weinig moeilijkheden verwacht in het toedelen van reizigers aan reisopties. Voor de gekozen afwegingen houdt dit in dat er reismogelijkheden gekozen zijn waar de reis met overstap of de reis met de Sprinter de snellere reisoptie is. Dat wil zeggen, gegeven de tijd die het nu is, is het mogelijk om eerder op de eindbestemming aan te komen met overstap of sprinter. Dit houdt over het algemeen in dat de minst comfortabele reisoptie eerder vertrekt. De tijd waarop de keuze wordt gemaakt speelt hier dus een belangrijke rol. Daarnaast wordt er verwacht dat de **keuzelocatie** ook een belangrijke invloed heeft op de routekeuze. De hypothese is dat als de reiziger al op het station staat, deze eerder voor de eerste reisoptie zal kiezen dan wanneer de keuze vanuit huis gemaakt wordt. In dit onderzoek worden daarom beide opties meegenomen.

#### 3.2 Enquête

Om erachter te komen welke routekeuze reizigers maken wordt er een enquête voorgelegd aan een deel van de leden van het NS panel. NS heeft dit panel opgezet om onderzoek uit te kunnen voeren onder reizigers. Leden van dit panel krijgen over het jaar heen verschillende keren vragenlijsten opgestuurd. Persoonlijke informatie en karakteristieken van het reisgedrag van de leden zijn bij NS bekend. Daardoor is het mogelijk een enquête uit te sturen naar een representatieve groep reizigers, waarin alle leeftijden en reismotieven zijn vertegenwoordigd. Bij het invullen van de enquête wordt aan de respondenten gevraagd een situatie voor te stellen van voor de coronapandemie. In de enquête worden eerst algemene vragen gesteld over het gebruik van de reisplanner. Hiermee kan er worden vastgesteld of reizigers de reisplanner gebruiken voor hun routekeuze en wanneer reizigers de keuze maken. Daarna worden alle zes de afwegingen aan de respondenten voorgelegd. Hiervoor wordt het format van de NS reisplanner gebruikt. Bij al deze afwegingen wordt een situatie geschetst met een tijdstip en locatie. Daarnaast wordt genoemd dat met beide reisopties de bestemming op tijd bereikt zal worden. Als laatste wordt er gevraagd of er regelmatig op het gevraagde traject gereisd wordt, omdat dit de resultaten zou kunnen beïnvloeden.

## 4. Resultaten

### 4.1 Respons

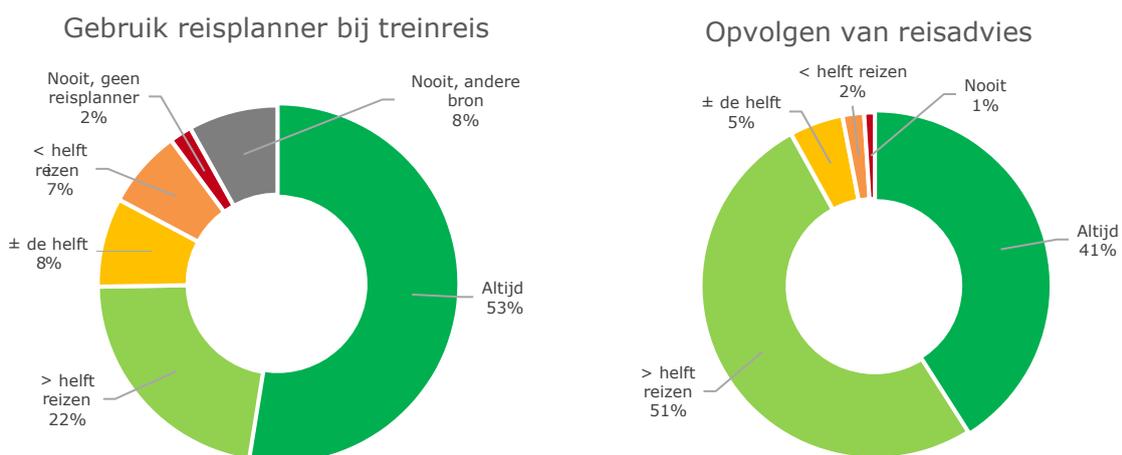
De enquête is verstuurd naar 2510 deelnemers en volledig ingevuld door 672 respondenten. Respondenten in een hogere leeftijdsgroep hebben een hoger responspercentage en zijn daardoor oververtegenwoordigd. Er zijn daarom bewerkingen gedaan op de dataset om deze representatief te maken op zowel reizigersniveau als ritniveau. De waarden van de weegfactoren zijn bepaald aan de hand van de resultaten uit KLIMAAT 2019 (NS, 2019). Uiteindelijk vallen er 10 respondenten af omdat hun leeftijd of reismotief niet bekend is. Daarnaast worden de jongere leeftijdsgroepen samen genomen om genoeg respondenten per leeftijdsgroep te behalen.

### 4.2 Gebruik reisplanner

Veruit het grootste deel van de reizigers geeft aan dat ze de NS reisplanner raadplegen voordat ze een treinreis gaan maken (figuur ..). Daarnaast wordt het reisadvies uit de NS reisplanner vaak opgevolgd, maar niet altijd (figuur ..). Het grootste deel van de reizigers die niet altijd de reisplanner opvolgt, geeft aan een snellere reisoptie te kennen dan de geadviseerde route. Waarschijnlijk komt dit doordat deze reizigers sneller kunnen overstappen dan de minimale overstaptijd die de reisplanner hanteert.

De resultaten van de enquête laten ook zien dat de meeste reizigers hun reis plannen vanaf huis, voor zowel de uitgaande als de inkomende reis. Slechts een klein deel geeft aan dat ze de reis plannen vanaf het station, namelijk 14% voor een uitgaande reis en 24% voor een inkomende reis.

De respondenten zijn over het algemeen positief over de reisplanner. Ze geven aan dat ze reisplanner vertrouwen, dat de reisplanner gebruiksvriendelijk is en dat de reisplanner het reizen makkelijker maakt.

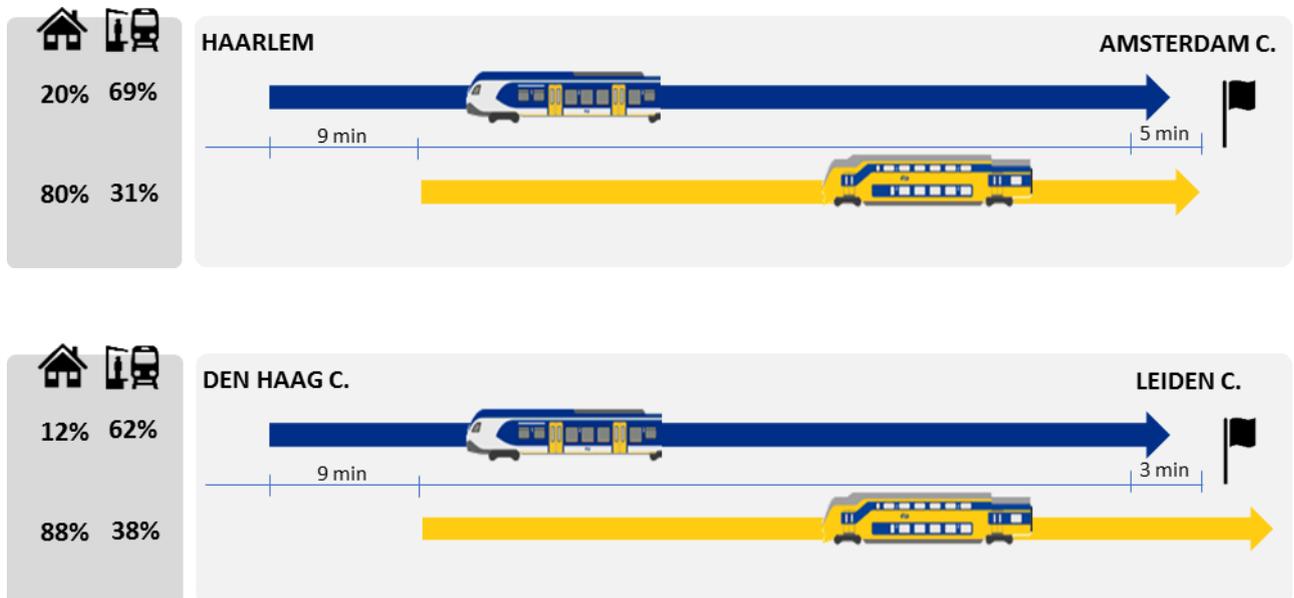


### 4.3 Routekeuze reizigers

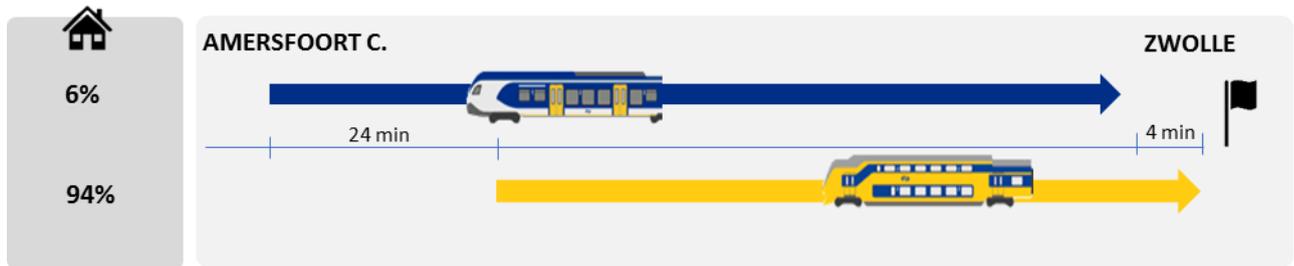
#### Intercity of Sprinter

Er zijn drie relaties gekozen waarbij er een afweging tussen de Sprinter of Intercity gemaakt moet worden. Hoewel de Intercity in alle gevallen een kortere reistijd heeft, wordt deze afweging voorgelegd op een moment dat de Sprinter eerder zal vertrekken dan de Intercity. Daardoor is de aankomsttijd eerder als er met de Sprinter wordt gereisd. De reismogelijkheden verschillen voornamelijk van elkaar met betrekking tot wachttijd tot vertrek van de Intercity. Daarnaast zitten er kleine verschillen in hoeveel eerder de sprinter arriveert.

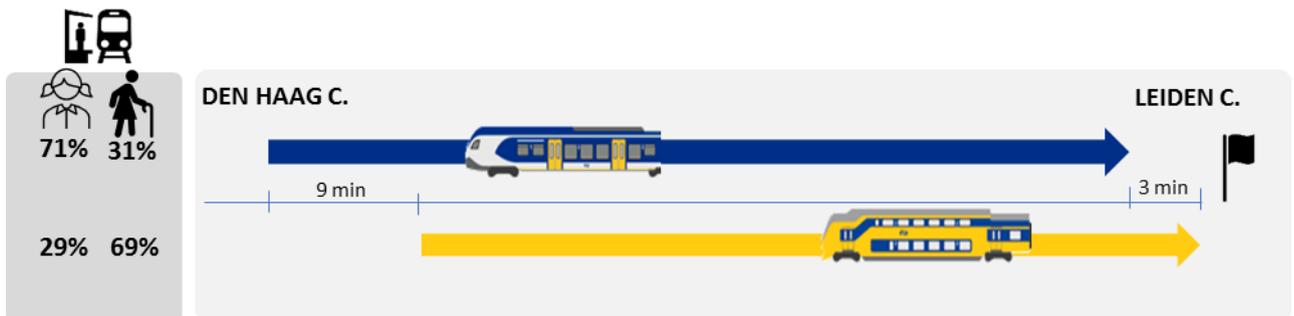
Zoals verwacht kiest de reiziger die thuis zijn reis uitkiest meestal voor de Intercity. Het is echter ook direct duidelijk dat als een reiziger al op het station staat en de Sprinter eerder vertrekt, dat er dan aanzienlijk meer reizigers kiezen voor de Sprinter.



Op het traject Haarlem - Amsterdam Centraal kiezen meer reizigers voor de Sprinter dan op het traject Den Haag Centraal - Leiden Centraal. Dit is te verklaren doordat het verschil in aankomsttijd tussen Sprinter en Intercity op Haarlem - Amsterdam net iets groter is, namelijk 2 minuten.



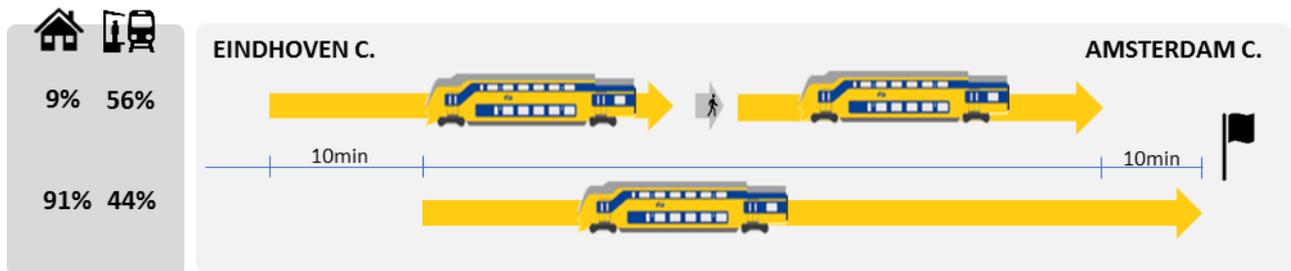
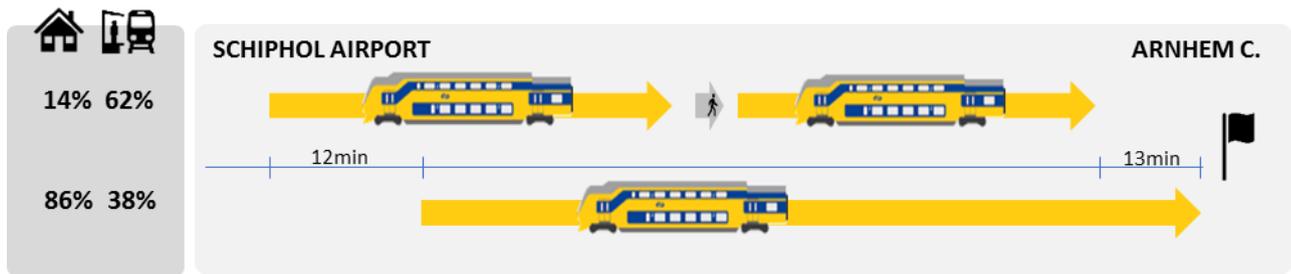
Op het traject Amersfoort-Zwolle kiezen nog meer mensen voor de Intercity dan op de andere trajecten. Hoewel het verschil in aankomsttijd vergelijkbaar is, is het verschil in reistijd tussen de Intercity en Sprinter op dit traject veel groter.



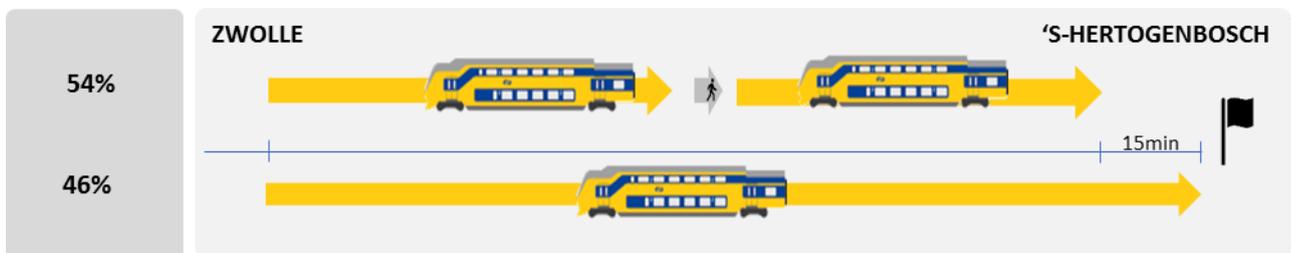
Er is ook gekeken naar verschillen in de routekeuze voor verschillende leeftijdsgroepen en reismotieven. Hierbij valt het op dat de jongere reiziger die al op het station staat aanzienlijk vaker voor de Sprinter kiest dan de oudere reiziger, zoals hierboven te zien op het traject Den Haag Centraal – Leiden Centraal. Dit impliceert dat de jongere reiziger vergeleken met de oudere reiziger tijd relatief belangrijker vindt dan comfort. Hetzelfde onderscheid is te zien bij de lust reizigers (voornamelijk sociaal-recreatieve reizigers, bijvoorbeeld voor familiebezoek of een dagje uit) en must reizigers (voornamelijk forenzen en zakelijke reizigers). De must reiziger kiest vaker voor de Sprinter die eerder aankomt dan de lust reiziger. Ook hier geldt dat voor de must reiziger tijd waarschijnlijk belangrijker is dan voor de lust reiziger. Het effect van leeftijdsgroepen en reismotief op de routekeuze is alleen zichtbaar als de reiziger zich al op het station bevindt. Overstap of directe trein

#### *Overstap of directe trein*

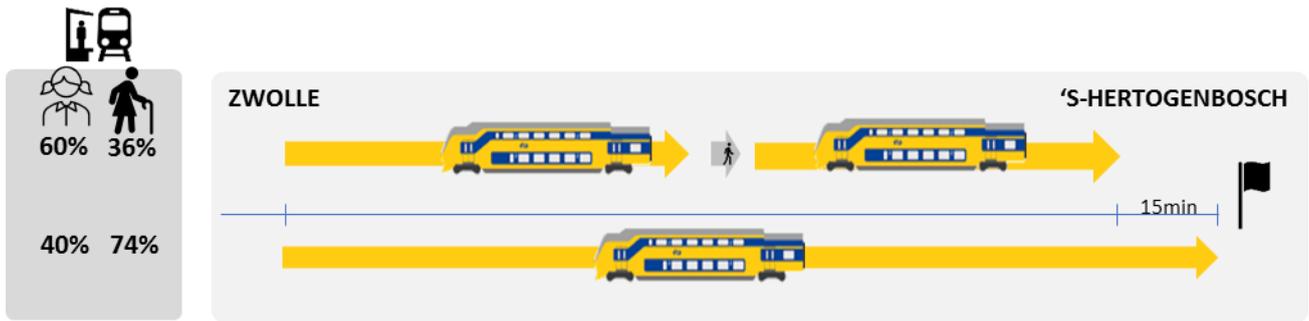
Er zijn ook die trajecten geselecteerd waar de reiziger een afweging moet maken tussen een reis met overstap of een directe reis. In deze reismogelijkheden is de reistijd met overstap steeds hetzelfde of korter en de reismogelijkheid met overstap vertrekt eerder of tegelijkertijd. Zowel de reistijd als de wachttijd is dus korter of hetzelfde voor de reisoptie met Sprinter.



Op het traject Schiphol Airport – Arnhem Centraal, waar de reistijd met en zonder overstap ongeveer even lang is maar de reis met overstap eerder vertrekt, kiezen opnieuw de meeste reizigers vanuit huis de comfortabele optie, en vanaf het station de optie die als eerste vertrekt, dus de overstap. Voor Eindhoven Centraal – Amsterdam Centraal geldt hetzelfde, maar kiezen vanaf het station net iets minder reizigers voor de overstap. Dit is volgens verwachting, omdat het verschil in aankomsttijd iets kleiner is.



Op het traject Zwolle – 's Hertogenbosch vertrekken de Sprinter en Intercity tegelijk. Er wordt daarom geen onderscheid gemaakt tussen de keuze vanaf het station of vanaf huis. Hier kan een goede vergelijking gemaakt worden of reizigers liever 15 minuten langer onderweg zijn of liever overstappen. Er kiezen net iets meer reizigers voor de overstap dan voor de directe trein. De reisoortie met overstap duurt 15 minuten. Dat de reizigers zich redelijk gelijk over de routeopties verdelen, zou kunnen betekenen dat de overstapweerstand rond de 15 minuten ligt.



Echter, deze overstapweerstand lijkt niet hetzelfde te zijn voor elke leeftijdsgroep. Van de 16 t/m 34 jarigen kiest 60% voor de overstap, tegenover maar 36% van de reizigers ouder dan 70. De jonge reizigers lijken ook hier weer meer waarde te hechten aan tijd, en oudere reizigers aan comfort. Dit geldt ook voor de andere twee trajecten met of zonder overstap. Op het station kiest het merendeel van de jongeren voor de overstap, tegenover een minderheid bij de ouderen.

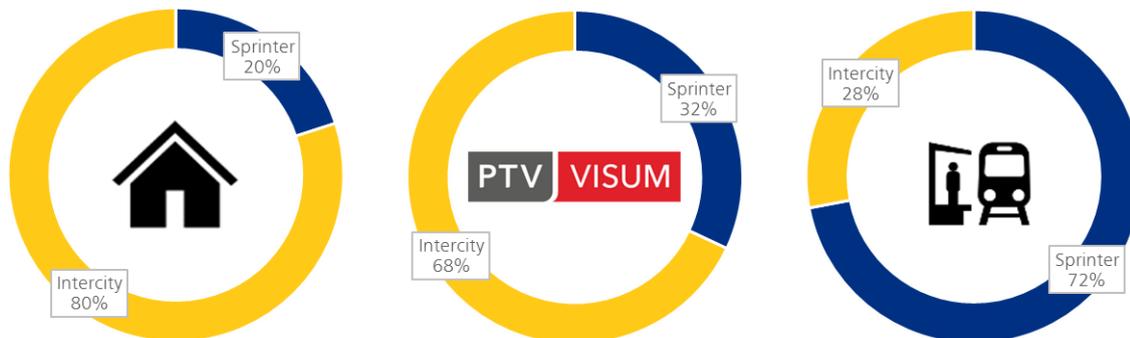
#### 4.4 Routekeuze enquête versus prognose

De routekeuzes van de reizigers zijn vergeleken met de verdelingen van reizigers die VISUM maakt. VISUM is zo geconfigureerd dat er de best mogelijke voorspelling uit komt voor elk traject. Daarbij wordt op dit moment geen onderscheid naar keuzemoment (thuis of op het station) gemaakt. In het algoritme van VISUM worden reizigers per halfuur toegedeeld, waarbij wordt aangenomen dat de gewenste vertrektijd van reizigers uniform over de minuten van het halfuur verdeeld is. Reizigers kunnen zowel reismogelijkheden kiezen die vóór als ná de gewenste vertrektijd liggen. Hiermee wordt gesimuleerd dat reizigers al op de hoogte zijn van de beschikbare reismogelijkheden en daarom eerder naar het station komen dan hun ideale vertrektijd. De toedeling van VISUM zou representatief moeten zijn voor de totale populatie aan reizigers, dus voor zowel de reizigers die hun keuze maken op het station als de reizigers die hun keuze thuis al hebben gemaakt. Dat betekent dat VISUM waarschijnlijk iets meer reizigers toewijst aan de snellere reisoctie dan de enquête vanaf huis, en minder dan de enquête vanaf het station.

##### *Intercity of Sprinter*

VISUM wijst in totaal iets meer reizigers toe aan de Sprinter dan de enquête als de keuze gemaakt wordt vanaf huis. Echter, omdat een deel ook de keuze zal maken vanaf het station, zal het werkelijke aantal dat de Sprinter neemt waarschijnlijk iets hoger liggen. De toedeling van VISUM lijkt daarom redelijk plausibel. Hieronder staan de resultaten weergegeven voor het traject Haarlem – Amsterdam C. De resultaten voor de andere trajecten zijn vergelijkbaar.

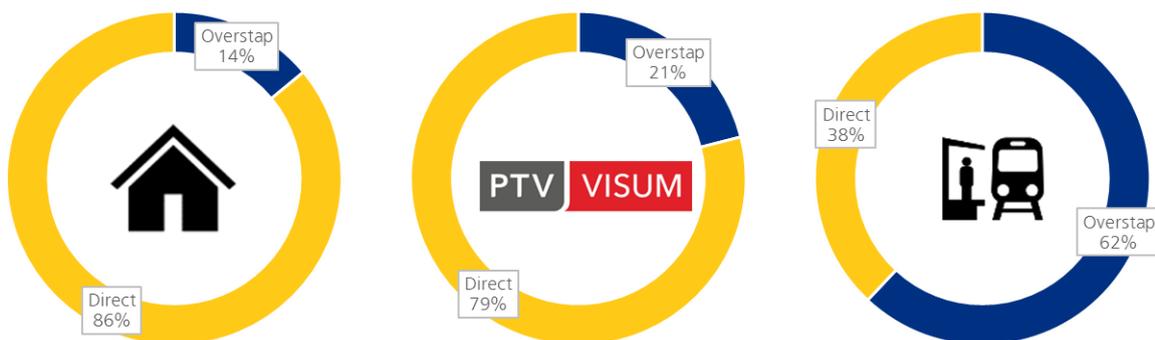
#### Haarlem – Amsterdam Centraal



##### *Overstap of direct trein*

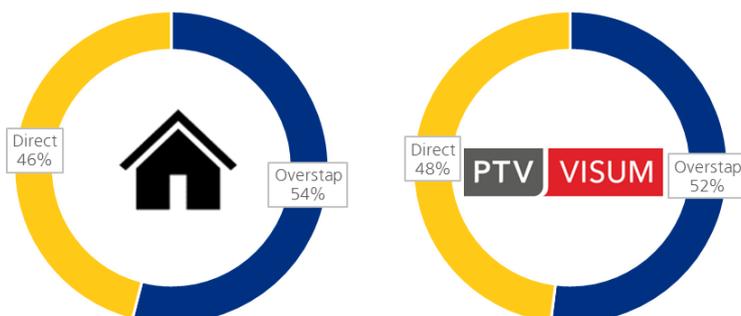
Ook bij de afweging overstap of directe trein deelt VISUM iets meer reizigers toe aan de minder comfortabele optie. Ook hier geldt weer dat een deel van de reizigers de keuze waarschijnlijk zal maken vanaf het station dus dat deze hogere schatting plausibel is.

## Schiphol Airport - Arnhem



Op het traject Zwolle – 's Hertogenbosch, waar de keuzelocatie geen invloed heeft omdat beide reisopties tegelijk vertrekken, is de toedeling van VISUM in lijn met wat reizigers invulden. Dit geeft bevestiging dat de overstapweerstand in VISUM plausibel is.

## Zwolle – 's Hertogenbosch



## 5. Conclusies

In dit onderzoek is aan de hand van een enquête geanalyseerd of het routekeuzegedrag van reizigers bij NS overeen komt met de toedeling van reizigers in prognoses. Er is daarbij gekeken naar twee afwegingen, namelijk Sprinter of Intercity en overstap of directe reis. Daarbij was er altijd één reisoptie met een eerdere aankomsttijd, en één reisoptie comfortabeler (zonder overstap of met Intercity).

Uit dit onderzoek blijkt dat de keuze die reizigers maken sterk afhangt van waar deze gemaakt wordt. Als de reiziger nog thuis is wordt er het meeste voor de comfortabele reisoptie gekozen. Als de reiziger al op het station staat, wordt er vaker gekozen voor de reisoptie die de eerste aankomsttijd heeft. Hoe vaak er gekozen wordt voor de snelle reisoptie lijkt echter ook duidelijk beïnvloed te worden door de leeftijd van de reiziger. Jongere reizigers kiezen vaker voor de snellere reisoptie dan oudere reizigers, die weer vaker voor de comfortabele optie kiezen.

De routekeuzes van de reizigers uit de enquête zijn vergeleken met de toedeling van VISUM in de prognoses. Hieruit komt naar voren dat VISUM inderdaad tussen de routekeuze vanaf het station en routekeuze vanuit huis in zit.

Deze bevindingen leiden tot de conclusie dat VISUM in een algemene situatie een redelijk accurate inschatting maakt van het aantal reizigers per reismogelijkheid. Er zijn echter situaties te bedenken waarbij er een grote afwijking zou kunnen ontstaan tussen de reizigersprognose en de realisatie. Een voorbeeld hiervan is de afloop van een evenement. Hier wordt de routekeuze waarschijnlijk pas op het station gemaakt, waar reizigers vaker voor de snelste reisoptie kiezen. Als het evenement dan ook nog voornamelijk wordt bezocht door jonge reizigers, zal er relatief nog vaker voor de snellere reisoptie gekozen worden. Eenzelfde situatie ontstaat bij grote verstoringen in het treinnetwerk, waardoor reizigers hun reisplannen wijzigen op het station. NS gaat onderzoeken of het van toegevoegde waarde is om het onderscheid tussen reizigers en hun keuzelocatie mee te nemen in de prognosemodellen.

## **Literatuur of Referenties**

J. Banninga, N. Guis en P. Siderius, *Slimmer voorspellen treinkeuze met smartcard data, 2016 (CVS)*

M. Verschuren, N. Guis en J. Hogenberg, *TRENO: Integraal rekenen voor een betere dienstregeling, 2018 (CVS)*