

Ontwerpmethoden van Dienstregelingen

Verkennd onderzoek naar de ontwerpmethodiek per fase in het planningsproces bij NS & ProRail

T.J. Planting

Technische Universiteit Delft



Ontwerpmethoden van Dienstregelingen

Verkenkend onderzoek naar de
ontwerpmethodiek per fase in het
planningsproces bij NS & ProRail

door

T.J. Planting

ter verkrijging van de graad van Master of Science

aan de Technische Universiteit Delft,

in het openbaar te verdedigen op dinsdag 29 november om 16.45 uur.

Student nummer:	4053648
Project duur:	1 februari 2016 - 29 November 2016
Afstudeercommissie:	Prof. Dr. ir. J.W.C van Lint, TU Delft, Professor
	Dr. R.M.P Goverde, TU Delft, Universitair Hoofddocent
	Dr. J.A. Annema, TU Delft, Universitair Hoofddocent
	Ir. G.M. Scheepmaker, Nederlandse Spoorwegen, Business Analist/Promovendus
	Ir. A. Pot, ProRail, Vakspecialist Vervoeranalyse en Capaciteitsontwikkeling

Voorpagina afbeelding door Vincent Jannink



Voorwoord

Voor u ligt mijn afstudeeronderzoek ter afsluiting van de master TIL (Transport, Infrastructure and Logistics) aan de TU Delft. Dit rapport is de verslaglegging van mijn onderzoek bij NS en ProRail naar de ontwerpmethoden van dienstregeling in Nederland. De aanleiding van dit onderzoek was omdat de Nederlandse ontwerpmethodiek erg onder druk staat omdat in Nederland de grenzen van de spoorcapaciteit worden opgezocht. In dit onderzoek is onderzocht welke methoden onder druk staan en welke aanpassingen in de methodiek gewenst zijn.

Dit afstudeer onderzoek had nooit dit resultaat kunnen bereiken zonder de hulp van een aantal personen. Allereerst wil ik Jan Anne Annema en Rob Goverde van de TU Delft ontzettend bedanken voor de flexibiliteit en de tijd die zij altijd vrij gemaakt hebben om mij te helpen als ik vragen had of vast liep tijdens mijn onderzoek. Ook daagden zij me altijd uit om meer uit mijn afstuderen te halen. Daarnaast wil ik Hans van Lint bedanken die als professor tijdens het proces de kwaliteit van dit afstudeerwerk bewaakt heeft. Graag wil ik ook Gerben Scheepmaker (NS) en Alwin Pot (ProRail) bedanken voor de wekelijkse begeleiding, zij wisten me altijd te helpen; antwoorden op concrete vragen, mij doorverwijzen naar de juiste personen of door mij met een andere blik naar mijn afstuderen te laten kijken. Gerben en Alwin, dank jullie wel!

Graag wil ik ook alle NS en ProRail medewerkers, en in het bijzonder alle collega's van de afdeling A&O (NS) waar ik mijn werkplek had, niet onbenoemd laten. Het enthousiasme waarmee mijn vragen altijd beantwoord werden en de tijd die voor mij vrij gemaakt werd, heeft er aan bijgedragen dat ik met zoveel plezier heb kunnen afstuderen. Ik vind het erg bijzonder dat de keren dat mijn vraag niet uitkwam op één hand te tellen is.

Ook wil mijn ouders, Annemarie, Jochem en mijn vriendin Kaya bedanken voor de steun tijdens dit afstuderen maar ook tijdens mijn gehele studie! Jullie hebben me in al mijn keuzes gesteund en altijd interesse gehad in de dingen die ik deed. Dit vertrouwen heeft er aan bijgedragen dat mijn studietijd in Delft onvergetelijk is geworden.

Als laatste wil ik iedereen die onderdeel is geweest van mijn studententijd ontzettend bedankt!

Hoewel zowel bij NS, ProRail als bij de TU Delft de nodige vakinhoudelijke kennis verondersteld mag worden en omdat de spoor wereld vol zit met termen en afkorting, is geprobeerd om dit rapport zodanig te schrijven dat ook de geïnteresseerde leek het op hoofdlijnen kan volgen. Als ondersteuning hierbij is een verklarende woordenlijst opgenomen op pagina 139.

Ter afsluiting hoop ik dat de resultaten van deze studie zullen bijdragen aan een verbetering van de dienstregeling en wens ik u veel plezier bij het lezen van dit rapport!

T.J. Planting
November 2016

Inhoudsopgave

Samenvatting	ix
Executive summary	xiii
Lijst van figuren	xxi
Lijst van tabellen	xxiii
1 Introductie	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Probleemstelling	1
1.3 Doelstelling	2
1.4 Vraagstelling	2
1.5 Wetenschappelijke & maatschappelijke relevantie	3
1.6 Afbakening van het onderzoek	3
1.7 Leeswijzer	4
2 Methodologie	5
2.1 Analyse	6
2.2 Synthese & Simulatie	6
2.3 Evaluatie	6
3 Praktische en theoretische achtergronden	7
3.1 Dienstregeling in Nederland	7
3.1.1 Geschiedenis dienstregeling Nederland	7
3.1.2 Geplande ontwikkelingen dienstregeling Nederland	8
3.2 Seinstelsel & Automatische Trein Beïnvloeding	8
3.2.1 Spoorvrij detectie & interlocking	9
3.2.2 Seinstelsel NS '54	9
3.2.3 Automatische Trein Beïnvloeding	11
3.3 Dienstregelingsontwerp mogelijkheden	12
3.3.1 Detailniveau (Macro, Meso, Micro)	12
3.3.2 Bloktrap	14
3.3.3 Rijtijd & rijtijdspeling	16
3.3.4 Cyclische en non-cyclische dienstregeling	17
3.3.5 Simulatie en planmethodes	17
3.3.6 Evaluatie criteria	18
4 Dienstregelingsontwerp in Nederland	21
4.1 Ontwerpproces van de dienstregeling in Nederland	21
4.1.1 Vervoersanalyse & Capaciteitsontwikkeling en Advies & Ontwikkeling	22
4.1.2 VoorOntwerp	22
4.1.3 Basis Uur	22
4.1.4 Basis Dagen	23
4.1.5 Basis Dagen update	23
4.1.6 Specifieke Dagen	23
4.1.7 Verkeersleiding	24
4.1.8 Prestatie Analyse Bureau & Transport Besturing	24
4.2 Tooling	24
4.2.1 Bron informatie	24
4.2.2 Plannings tools	25
4.2.3 Analyse tools	26
4.2.4 Missende functies in software	26

4.3	Algemene resultaten uit de interviews	27
4.4	Kwaliteit Nederlandse Dienstregeling	30
4.4.1	Methodische kwaliteit	30
4.4.2	Inhoudelijke kwaliteit dienstregeling.	31
4.5	Verbeterpunten Nederlandse Dienstregeling	31
4.5.1	Methodische verbeterpunten	31
4.5.2	Inhoudelijke verbeterpunten.	32
4.6	Conclusie dienstregelingsontwerp in Nederland	34
5	Dienstregelingsontwerp in het buitenland	35
5.1	Verklaring keuze landen.	35
5.2	Oostenrijk.	37
5.2.1	Ontwerpproces in Oostenrijk	37
5.2.2	Ontwerpmethodiek van Oostenrijk	37
5.3	Verenigd Koninkrijk.	38
5.3.1	Ontwerpproces in het Verenigd Koninkrijk.	38
5.3.2	Ontwerpmethodiek in het Verenigd Koninkrijk	38
5.4	Zwitserland	39
5.4.1	Ontwerpproces in Zwitserland	39
5.4.2	Ontwerpmethodiek van Zwitserland	39
5.5	INTERMEZZO: Japan	40
5.5.1	Geschiedenis & Organisatie	40
5.5.2	Cultuur	41
5.5.3	Techniek	41
5.5.4	Kritiek op Japan	43
5.5.5	Conclusie	43
5.6	Conclusie dienstregelingsontwerp in het buitenland	43
6	Casestudie Arnhem - Nijmegen	45
6.1	Introductie	45
6.1.1	Methode	45
6.1.2	Geografische afbakening.	47
6.1.3	Lijnvoering.	47
6.2	Analyse	49
6.2.1	Stap 1: overzetten dienstregeling naar RailSys	49
6.2.2	Stap 2: analyse A, vergelijken dienstregeling Donna & RailSys	50
6.2.3	Stap 3: analyse B, vergelijken RailSys 2014 dienstregeling met realisatie gegevens	56
6.2.4	Stap 4: simuleren 2014 dienstregeling	57
6.2.5	Stap 5: analyse C, vergelijken simulatie 2014 dienstregeling met realisatie	59
6.2.6	Stap 6: verbeteren RailSys dienstregeling.	61
6.2.7	Stap 7: simuleren verbeterde dienstregeling	63
6.2.8	Stap 8: analyse D, vergelijken simulaties 2014 en verbeterde dienstregeling	64
6.3	Conclusie	67
7	Evaluatie	69
7.1	Praktische uitvoerbaarheid	69
7.2	Voorstellen voor aanpassingen in methodiek in Nederland	70
7.3	Financiële impact.	71
7.4	Conclusie	73
8	Conclusies & aanbevelingen	75
8.1	Conclusies	75
8.2	Aanbevelingen	77
8.2.1	Methodische aanbevelingen	77
8.2.2	Aanbevelingen voor vervolgonderzoek & RailSys.	79

Bibliografie	81
A Plannormen & Conflicten	87
A.1 Plannormen.	87
A.2 Conflicten.	88
B Kaarten buitenlandse netwerken	91
C Casestudie gegevens	93
C.1 Praktijk ervaring	93
C.2 Infrastructuur.	94
C.3 Tijd-wegdiagram Nijmegen Dukenburg - Arnhem Persikhaaf	96
C.4 Spoorbezettingsdiagram Arnhem & Nijmegen	98
C.5 Aankomst op Hooggroen	100
C.6 Rijtijden.	101
C.7 Simulatie 2014 dienstregeling.	106
C.8 Verbeteren	108
D Samenvattingen interviews	109
D.1 Interview Paul Bik.	110
D.2 Interview Tim van Leeuwen.	112
D.3 Interview Hanneke Warmerdam	114
D.4 Interview Hans Ossendrijver	116
D.5 Interview Wim Baijense	118
D.6 Interview Jasper Engel	120
D.7 Interview Daan Mestrum	122
D.8 Interview Wilmet van Dijk	124
D.9 Interview Stefan Giesing	126
D.10 Interview Roelof Ybema.	127
D.11 Interview Hans Hagen	129
D.12 Interview Milan Rijper	131
D.13 Interview Ron Groeneveld	133
D.14 Interview Vincent Weeda	134
D.15 Interview Klaas Hofstra	137
D.16 Vragenlijst.	138
Woordenlijst	139

Samenvatting

Op een gemiddelde werkdag maken in Nederland ruim 1,2 miljoen reizigers gebruik van de trein, waarbij het zwaartepunt ligt in de ochtendspits. Deze reizigers maken dagelijks gebruik van 2.931 NS treinen, die gereden en begeleid worden door 5.650 machinisten en conducteurs. Deze treinen rijden volgens een dienstregeling, welke jaarlijks wordt vernieuwd. De dienstregeling dient voor de reizigers als een handvat om de treinreis te plannen. Voor ProRail en NS betekent een dienstregeling veel meer.

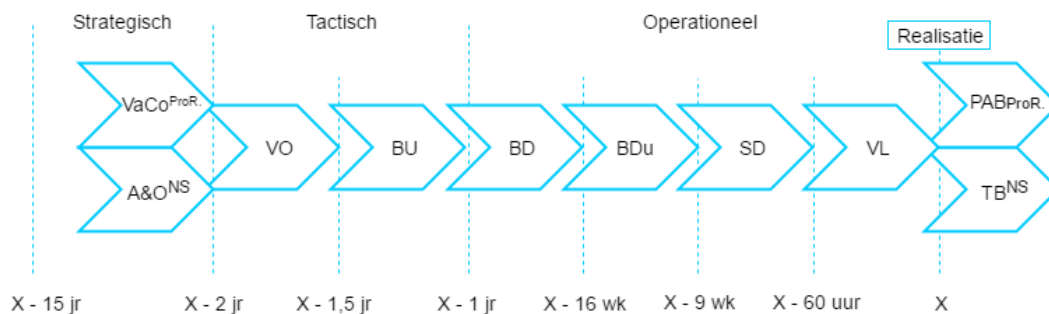
Door de jaarlijkse toename in reizigerskilometers blijft de vraag naar capaciteit op het Nederlandse spoor groeien. Daarom willen NS en ProRail in de toekomst de frequentie van 4 naar 6 treinen per uur in de Randstad verhogen. Ook willen NS en ProRail de punctualiteit verbeteren. Om dit te realiseren is in dit onderzoek gekeken naar de ontwerpmethoden van de dienstregeling.

In dit onderzoek staat de volgende hoofdvraag centraal:

Welke methodiek is in welke fase van het dienstregelingsontwerp het meest geschikt?

Om antwoord op deze hoofdvraag te geven, is eerst naar het huidige ontwerpproces van de dienstregeling in Nederland gekeken. Daarbij is onderzocht welke beperkingen er in de huidige methodiek zitten. Daarna is in een casestudie gekeken hoeveel de dienstregeling beter kan worden als de beperkingen in de methodiek opgelost worden.

In Nederland wordt de dienstregeling in acht verschillende stappen (fases) ontworpen/gepland, dit is terug te zien in Figuur 1.



Figuur 1: Fases in het ontwerp van de dienstregeling bij NS & ProRail.

Binnen Vaco (ProRail) en A&O (NS) worden lange termijn studies naar de dienstregeling (en infrastructuur) gedaan. Binnen de VO fase (VoorOntwerp) worden voorstudies gedaan naar het aankomende Basisuurpatroon. In de BU fase (BasisUur) wordt in overleg met alle vervoerders het Basisuurpatroon gemaakt. Waarna in de BD fase (Basis Dagen) het Basisuurpatroon over de hele week wordt uitgerold en de opstart en afbouw van de dagen wordt ontworpen. In de BDu fase (Basis Dagen update) wordt zes keer per jaar een geüpdatet versie van de basis dagen gemaakt om tussentijdse verbeteringen structureel mee te nemen. In de SD fase (specifieke dagen) wordt op een specifieke dag gepland, met de invloed van buitendienststellingen en evenementen. In de VL fase (VerkeersLeiding) worden de laatste treinen, die eerder nog niet bekend waren, ingepland en gaan de treinen uiteindelijk rijden. Waarna het PAB (Prestatie Analyse Bureau, ProRail) en TB (Transport Besturing, NS) de kwaliteit van de dienstregeling wordt geanalyseerd.

Voor het plannen van de dienstregelingen worden verschillende software programma's gebruikt. De twee belangrijkste planningsprogramma's zijn DONS en Donna:

- **DONS** is het plansysteem wat NS en ProRail gebruiken voor voorstudies tot X-1,5 jaar. DONS is een planningstool met meso-scopische detail infrastructuur waarbij overkruisingen en opvolgingen gepland worden op basis van plannormen. Bij DONS kan, in tegenstelling tot Donna, één persoon tegelijkertijd werken in een planversie. Hierdoor kunnen verschillende versies van een dienstregeling/infrastructuur opgeslagen worden. Wel kunnen andere planners los van elkaar aanpassingen doen in het bestand. Een voordeel aan DONS is dat de planner zelf infrastructuur kan muteren en in tienden van minuten kan plannen.

- **Donna** is het nationale plansysteem voor alle ondernemingen die een deel van de capaciteit van het spoornet willen gebruiken. Het systeem is ontwikkeld door NS en ProRail. Het planningssysteem Donna werkt met microscopische detail infrastructuur waarbij overkruisingen en opvolgingen gepland worden op basis van normen. Respondenten zijn tevreden over de communicatieve functie van Donna. Op de software zijn wel enkele aanmerkingen wat betreft de methodiek van plannen.

In dit onderzoek zijn 16 interviews uitgevoerd, in deze interviews zijn een viertal beperkingen in de huidige methodiek geïdentificeerd: *de plannormen zijn te globaal, plannen in minuten is te globaal, de mogelijkheid van gehinderd plannen wordt te weinig gebruikt en stochastische simulaties worden niet structureel gebruikt.* Deze vier beperkingen staan hieronder verder uitgewerkt:

1. Plannormen zijn te globaal:

De dienstregeling wordt in Nederland gemaakt met algemene plannormen voor opvolg- en overkruisconflicten, wat een macroscopische benadering is. Een voordeel van deze macroscopische benadering is dat er altijd een standaard tijd bekend is die tussen twee trein bewegingen moet zitten. Bij een lage intensiteit op het spoor is dit geen probleem. Een nadeel van deze methode is dat de norm niet altijd gelijk is aan de werkelijkheid en dit brengt onzekerheid met zich mee. Deze onzekerheden zitten in twee mogelijkheden, waarbij het tijdens het plannen onbekend is welke situatie voorkomt:

- **De plannorm is te laag:** het lijkt alsof er in de geplande dienstregeling geen conflict is terwijl deze er in de werkelijkheid wel zal zijn. De dienstregeling is dus minder 'goed' in de werkelijkheid dan in de planning wordt gedacht; en,
- **De plannorm is te hoog:** dan wordt er meer tijd tussen twee trein bewegingen gepland dan nodig is. Hierdoor gaat een deel van de beschikbare capaciteit verloren.

2. Plannen in minuten is te globaal:

In de huidige methodiek wordt in Donna de plantijd afgerond naar hele minuten. Dit afronden heeft een aantal nadelen. Allereerst kunnen planners de doorkomsten niet in logische tijden vastleggen: als er bijvoorbeeld drie dienstregelpunten kort achter elkaar liggen, kunnen deze niet dezelfde plantijd krijgen. Daarbij is het onhandig als de rijtijd van punt één naar punt drie korter is dan één minuut. Daarnaast ontstaat er een kromme verdeling van de rijtijdspeling. Ook is het onduidelijk waar meer capaciteit nodig is en waar capaciteit mist. Dat kan meer inzichtelijk gemaakt worden als er gepland wordt in kleinere eenheden (tienden). Plannen in tienden levert geen extra capaciteit op, maar zorgt wel voor een nauwkeuriger plan dat ook beter te realiseren is voor de uitvoering.

3. Weinig gebruik van de mogelijkheid van gehinderd plannen:

Om conflicten te voorkomen, moet een trein soms in een station een spoor vrijmaken, maar kan deze trein niet te snel binnenkomen bij een volgend station. Dan kan er gebruik gemaakt worden van een snelheidsadvies om toch een conflict vrije dienstregeling te krijgen. Een nadeel van het gebruik van snelheidsadviezen is dat de snelheid verlaagd waardoor de rijtijd toeneemt.

4. Stochastische simulaties worden niet structureel gebruikt:

Binnen het ontwerpproces worden stochastische simulaties niet structureel uitgevoerd. Dit betekent dat variatie in de uitvoering niet wordt meegenomen, maar er wordt ontworpen voor de meest voorkomende waarden in het ontwerpproces.

Bovenstaande vier beperkingen in de huidige methodiek zijn in een casestudie nader bekeken. Hiervoor is het programma RailSys gebruikt. RailSys wordt op dit moment door NS en ProRail enkel gebruikt voor onderzoek, om te kijken wat de voor- en nadelen van de planmethodiek in RailSys zijn t.o.v. de huidige gehanteerde methodiek. In RailSys worden opvolg- en overkruistijden berekend op basis van de daadwerkelijke bezetting (bloktijden), de planning is in seconden en het is mogelijk om een snelheidsadvies in de planning mee te geven. Daarnaast is het mogelijk om deterministische en stochastische simulaties uit te voeren. Deze casestudie is uitgevoerd voor het gebied tussen Arnhem en Nijmegen en daarbij zijn ook de eerste stations waar alle treinen die tussen Arnhem en Nijmegen rijden meegenomen. Voor deze casestudie is de dienstregeling van 2014 gebruikt, omdat hier realisatie gegevens van beschikbaar zijn.

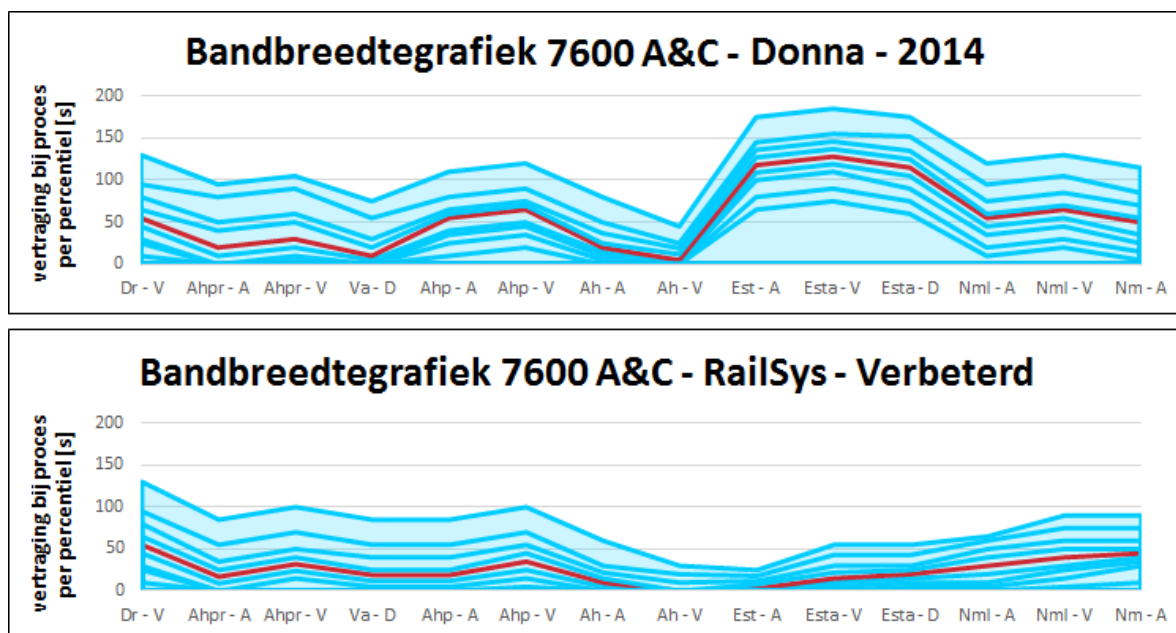
De dienstregeling van 2014 is aangepast naar een verbeterde dienstregeling volgens zeven ontwerpvoorwaarden. De volgende zeven ontwerpvoorwaarden zijn gevolgd:

1. **De lijnvoering & stops** zijn gelijk aan de 2014 dienstregeling;
2. **Doorkomsttijden** op dienstregelpunten plannen op seconden en niet handmatig vastleggen (berekend door RailSys);
3. **De rijtijd** is op elke sectie minimaal gelijk aan de technisch minimale rijtijd en maximaal 5% rijtijdspeeling + 30 seconden;
4. **Snelheidsadviezen** worden zo min mogelijk toegepast om de snelheid in de dienstregeling zo hoog mogelijk te houden;
5. **Conflicten** handmatig oplossen door de treinpaden te verschuiven;
6. **Entree- en verlatingstijd** van het gebied blijft gelijk aan de 2014 dienstregeling; en,
7. **Vertrek** van stations op de hele minuut gepland;

Ontwerpvoorwaarden 1 t/m 3 en 5 zijn op alle lijnen toegepast. Ontwerpvoorwaarde 4 is zeven keer toegepast. Ontwerpvoorwaarde 6 kon op 4 van de 18 series niet toegepast worden; 3 series zijn parallel één minuut verplaatst en 1 serie is 2 minuten parallel geplaatst. Ontwerpvoorwaarde 7 is op 4 series voor totaal 12 stops niet toegepast, omdat het anders onmogelijk was om aan ontwerpvoorwaarde 2, 3 en 6 te voldoen.

Wanneer stochastische simulaties van de dienstregelingen van de vernieuwde methodiek vergeleken worden met stochastische simulaties van de huidige methodiek, kan er gesteld worden dat de vernieuwde methodiek een betere dienstregeling oplevert. In Figuur 2 is de bandbreedtegrafiek van de simulatie van de 2014 dienstregeling (voor de 7600 A&C serie (boven)) te zien. De bandbreedtegrafiek van de verbeterde dienstregeling te zien (voor de 7600 A&C serie (onder)). Te zien is dat de vertraging minder groot is en dat de uitvoering stabiel is. Het aantal hinderingen zijn in de simulatie afgenomen met 37%, de mediaan van de vertraging neemt met één minuut af (van 13,1 minuten naar 12,1 minuten) en de maximale vertraging neemt met ongeveer een kwart af (van 40 minuten naar 28 minuten).

Bij een afname van 37% van de hinderingen in de uitvoering, zouden de spoorbedrijven 1,5 tot 5 miljoen euro aan elektriciteitskosten kunnen besparen, de besparing voor alleen NS komt neer op 1 tot 3,5 miljoen euro.



Figuur 2: Vergelijking van de bandbreedtes van simulaties van de 2014 dienstregeling (boven, N=472) en de verbeterde dienstregeling (onder, N=688) van de 7600 A&C serie.

Conclusies & aanbevelingen

In dit onderzoek is het huidige ontwerpproces van de dienstregeling en de beperkingen in de dienstregelingsontwerp methodiek geïdentificeerd. Vervolgens is een casestudie uitgevoerd om de potentie van microscopisch dienstregelingsontwerp en simulatie te onderzoeken.

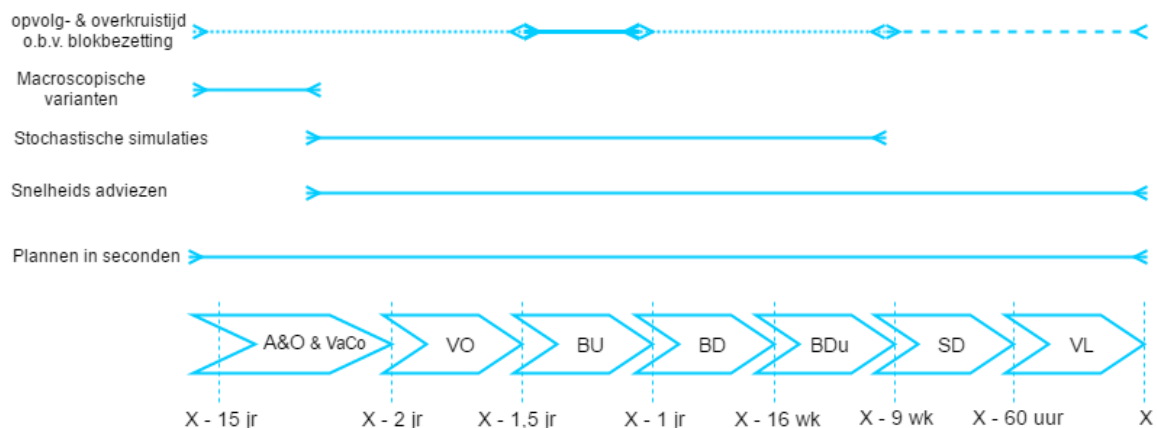
De Nederlandse dienstregeling wordt in zeven fases gepland en in één fase geëvalueerd. Er is e één strategische fase van 15 jaar tot 2 jaar voor de invoering van de dienstregeling. Er zijn twee fases in de tactische periode, van 2 jaar tot 1 jaar voor ingaan van de dienstregeling. Er zijn drie fases van 1 jaar tot ingaan van de dienstregeling, waarna één evaluatie fase is.

Er zijn vier beperkingen in het huidige ontwerpmethodiek geïdentificeerd: de plannormen zijn niet altijd geschikt, een geplande dienstregeling in minuten is te globaal, structurele stochastische simulaties om de robuustheid te toetsen missen en de mogelijkheid om snelheidsadviezen aan machinisten te geven wordt te weinig gebruikt.

De casestudie tussen Arnhem en Nijmegen heeft de potentie van microscopisch dienstregeling plannen laten zien. Een simulatie van de 2014 dienstregeling is vergeleken met een verbeterde, microscopisch geplande, dienstregeling. In de verbeterde versie zijn de vier beperkingen aan de Nederlandse methodiek wel gebruikt. Dit heeft geresulteerd in een conflictvrije (en dus haalbare) dienstregeling. Met het gebruik van stochastische simulaties kan geconcludeerd worden dat de dienstregeling van de verbeterde dienstregeling stabiel was, het aantal hinderingen nam af met 37% en de gemiddelde vertraging daalde met 8%. De afname van het aantal conflicten kan landelijk tot een besparing van 1,5 tot 5 miljoen euro aan stroomkosten opleveren.

Wel dient er opgemerkt te worden dat de casestudie voor een specifiek klein gebied gedaan is. Daarom kan niet direct gesteld worden dat bovenstaande winst voor heel Nederland geldt, hier dient vervolgonderzoek naar gedaan te worden. Ook behoren de uitkomsten in een ander simulatie programma gevalideerd te worden.

Ondanks dat er vervolgstudies nodig zijn, kan wel een advies worden gegeven over het aanpassen van de methodiek. Het advies voor aanpassing in de methodiek is terug te vinden in Figuur 3. Een extra aanpassing in de methodiek zijn de macroscopische varianten. Wanneer de dienstregeling meer microscopisch berekend zal gaan worden, is voor voorstudies een programma nodig die ook een dienstregeling kan ontwerpen wanneer nog niet alle infrastructuur bekend is.



Figuur 3: Voorstel voor aanpassingen in de methodiek over de fases van het ontwerp proces.

Executive summary

1. Introduction

Timetabling is one of the major planning tasks in railway traffic and becomes increasingly complicated with the increasing demand for more service. Timetables need to provide accurate time-distance infrastructure slots or train paths that secure conflict-free train runs. Moreover, the plan must cope with the daily stochastic variation during operation.

The expected growth of passenger kilometres in the Netherlands is 1.6-2.7% per year. The improvement solutions for more capacity are among other in more efficient use of the current capacity of the rail tracks. One of the quality measurements of a timetable is the punctuality of the train service. The yearly 5 minute punctuality in the Netherlands is 94%. Worldwide only three other countries (Austria (96%), Switzerland (97%) and Japan (98%)) achieve higher punctualities. The challenge for railway companies is to deal with the increasing demand while maintaining the quality of the timetable.

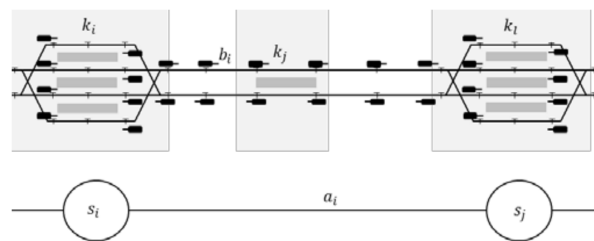
This paper has three aims. First, the aim is to identify the current timetable design process. The second aim is to identify the weaknesses in the timetable design methodology in the Netherlands. Third, the aim is to invest the potential of microscopic timetable design in the Netherlands. Information for the first two aims is retrieved from interviews with 16 employees of NS and ProRail. The third aim is investigated by using two timetable design programs.

The scientific relevance of this paper is that this is the first scientific description of the Dutch timetable process and one of the first investigation of the differences between a macroscopic- and a microscopic timetable. The social relevance of this paper is that another method could lead to a more realistic and robust timetable.

2. Context

This thesis focuses on methodological choices of timetable design, with a focus on the needed level of detail. The most important distinctions in the level of detail are the microscopic and macroscopic level. In these levels a distinction is made in the level of detail of *Infrastructure, timing and calculation of headways*.

A distinction between microscopic and macroscopic infrastructure data is given by Bešinović et al. (2015). As represented in Figure 4, the microscopic representation considers homogeneous behavioural sections (sections with constant values for permissible speed, gradient and radius) and nodes for points where these behavioural sections changes and some operational information like routes, alternative platforms and timing points. The macroscopic representation considers nodes in a macroscopic network which are referred to timetable points, like stations and junctions.



Figuur 4: Microscopic (top) and macroscopic (bottom) data of infrastructure (Bešinović et al., 2015)

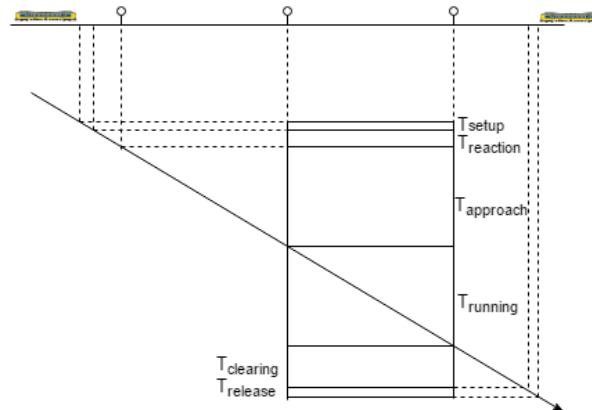
Based on the infrastructure data and the characteristics of the trains, the technical minimum running times are calculated. Next to these technical minimum running times, a running time supplement is added. The typical time supplement is 3%-7% for European railways. The running times, headway times and dwell times are an important part of the timetable. The microscopic and macroscopic level of detail of the times in the timetable are very different per country. Most countries make a differentiation between a timetable for internal use and a timetable for passenger use (rounded to whole minutes). For example, in Switzerland the internal timetable is in seconds, in Austria in 1/10 minutes, in the United Kingdom (UK) in 30 seconds and in the Netherlands in whole minutes, therefore, there is no difference of timetable for passenger use in the Netherlands.

Besides distinction in microscopic or macroscopic detail of infrastructure and timing, there could also be distinction between the type of headway calculation. The macroscopic method is based on norms and this is done in the UK and the Netherlands, where in the UK a distinction is made between passenger trains and freight trains. These norms are represented in three tables: *follow-up norms*, *headways for trains driving in the same direction* and *headways for trains driving in different directions*. The table of follow-up norms in the Netherlands is represented in Table 1. Depending on the activity of the two trains in the timetable points, there is a different headway.

Tabel 1: Headway norms in minutes of two trains in the Netherlands ProRail (2016b).

Activity 1 st train	Activity 2 nd train			
	A	P	S	D
Arrival (A)	3	2	3	n.a.
Passage (P)	3	3	3	2
Short Stop (S)	4	4	4	3
Departure (D)	4	4	4	3

The microscopic method to deal with headways is the blocking times: the actual occupation time of a section/block. The successive blocking times per train over a corridor represent a so-called blocking time stairway. Blocking times are computed using blocking time theory. The blocking time of a single block section depends on the block length, the train length and speed, and the signalling and train protection system. The blocking time of one block consists of a setup time, sight and reaction time, the approach time to the block section over at least the braking distance, the running time in the block, the clearing time in which the train clears the block over its entire length, and the release time of the route, see Figure 5.



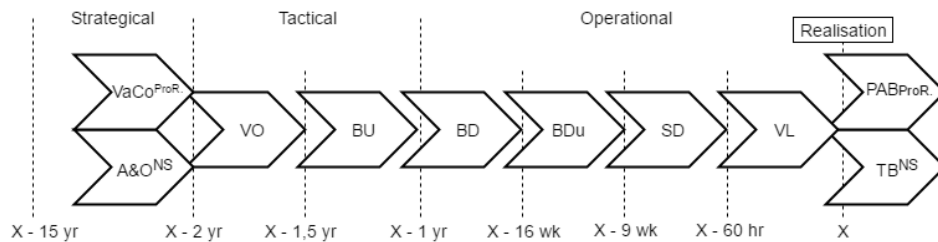
Figuur 5: Dependent variables of a block time for a train.

3. Part 1: timetable design in the Netherlands

In the Netherlands two main parties are involved in the timetable design; ProRail and NS. ProRail (infrastructure manager) is the organisation that takes care of maintenance and extensions of the national railway network infrastructure, of allocating rail capacity, and of traffic control. NS is the main passenger train operator in the Netherlands. NS provides train services on the Dutch main rail network (*HoofdRailNet*). Next to ProRail and NS, there are seven regional passenger train operators (Abellio, Arriva, Connexxion, Syntus, Veolia, Keolis, DB Regio) and 21 cargo operators (like DB Schenker Rail and HUSA Transportation Railway Service).

Process of timetable design in the Netherlands.

The design process of a new timetable in the Netherlands is conducted in eight phases, see Figure 6. These eight phases will be discussed below.



Figuur 6: Process of timetable design in the Netherlands.

VaCo & A&O phase

Within the departments VaCo (*Vervoeranalyse en Capaciteitsontwikkeling* (Transport analysis and Capacity development) ProRail) and A&O (*Advies & Ontwikkeling* (Advice and Development) NS) studies are done to 15 years in advance. In this phase different variants are figured out. ProRail makes these variants for infrastructure improvements and NS makes variants about lines, stops and frequencies. ProRail and NS have contact with each other to be informed of each other plans. To determine the capacity of different variants preliminary timetables are made.

VO-phase

In the VO-phase (*VoorOntwerp*/preliminary design) preparations are made for a specific timetable. Preliminary studies are exploratory studies into the possibilities and requirements that will be discussed in the next (BU) phase. When there are little changes in the new timetable (like timetable 2014, 2015, 2016, 2018), the timetable of the previous year will be used. If there are many changes in the new timetable (like 2017), A&O & VaCo will deliver a concept timetable.

BU-phase

Within the BU-phase a basic (single) hour pattern (*BasisUurPatroon*) is made, because in the Netherlands a cyclic timetable is developed. The BU-phase is the first phase when the infrastructure can not be changed: on large exception there are small adjustments possible (a new shunting or a platform extension). The basic hour pattern is made in design studios which are attended by every operator and the infrastructure manager. When two operators want to have the infrastructure capacity at the same time, and they do not agree on solutions, an *agree to disagree* is made. An agree to disagree will be solved in the next phase.

BD-phase

In the BD-phase (*BasisDagen*/Basic Days) the basic hour pattern is extend to the whole week (7x 24h) and the start and end of each day is designed. This is done by every operator on individual basis. The final capacity application is done in mid April. ProRail assesses the timetable and if there are conflicts between two trains, ProRail will decide which of the conflicted trains will get the train path based on the decision rules in the Network Statement.

BDu-phase

The operators receive the final capacity allocation from ProRail at the start of the BDu-phase (*BasisDagenupdate*/Basic Days update). In the BDu phase small adjustments can be made to fine-tune the timetable. When these adjustments do no result in a conflict, ProRail will accept them. Besides the first BDu of december, there are five extra moments when amendments (*wijzigingsbladen*) can be implemented (February, April, June, September and October (Autumn measures)).

SD-phase

Based on the BDu, a Specific Day (*Specifieke dagen*) is designed, where the BD timetable is extended to the complete period for that specific BDu. Often adjustments need to be made on the BDu for a specific day, because of non-periodic infrastructure maintenance and events (like concerts, parties and sport events).

VL-phase

In the VL-phase (*VerkeersLeiding*/traffic control) last minute train path orders are processed and the routes of the trains are (automatically or manually) setup. Last minute train orders are used for hauling defect rolling stock, last-minute freight trains and empty trains.

PAB & TB phase

When the timetable is executed, ProRail and NS evaluate the quality of the timetable. This is done for every day and for certain specific situations. These evaluations are based on punctuality and on the dispersion of the train service.

Methodology of timetable design in the Netherlands

During the eight phases where the Dutch timetable is designed, a certain methodology is followed. This methodology is equal for NS, ProRail and the other train operating companies. The basis of the Dutch railway timetable is a basic hourly pattern (BHP) over the corridors and a basic platform occupation (BPO) in stations. Almost all train lines (except international trains) operate with a cycle time of one hour or at regular intervals within a cycle of one hour (e.g. 30 or 15 minutes).

The timetable design process is based on microscopic infrastructure data. The running times for passenger trains are calculated without slopes, however, freight train running time calculation do take slopes into account. The running times are calculated in 1/10 minutes. The timetable is designed on timing points (*dienstregelpunten*), where the time is rounded to whole minutes, where at least 5% running time allowance is included. The headways between trains are based on norms (see Table 1).

For the timetable design, different software is used. During A&O, VaCo and VO process the system DONS (Designer of Network Schedules) is used. DONS is developed by NS and ProRail. In DONS different versions of timetables can be saved and infrastructure can be adjusted. However, the main timetable design and train path allocation system in the Netherlands is Donna, which is also developed by NS and ProRail. Donna is used by every company which is involved with the timetable design. For each day or period, one file is made. This file can be viewed and adjusted by multiple users at the same time. For specific situations it is possible to make a ROBERTO calculation: in this system the minimum headway times are computed instead of using norms.

Microscopic simulations of the timetable are done by FRISO. Output of the analyses are delays, dispersion, propagation and damping of delays and infrastructure use.

4. Part 2: Weaknesses of the Dutch Timetable Methodology

Despite the high achieved punctuality in the Netherlands, there are four weaknesses in the methodology identified: generic plan norms are not always suitable, a planned timetable in whole minutes is too general, structurally stochastic simulations for robustness analysis is missing and the possibility for speed advices to train drivers is used too little.

1. Generic plan norms are not always suitable

The generic plan norms as presented in Table A.1 are not always suitable. These norms are sometimes too low, i.e., in theory there is no conflict, while there is a conflict in practice. Sometimes these norms are too high: in practice there is more time than there is in theory. This is no problem when the intensity is low, however in the Netherlands the intensity is very high. Therefore it would be better if the headways between trains are better representing the reality.

2. A planned timetable in whole minutes is too general

The timetable is rounded to whole minutes on timing points. This is not practical, for example when there are three timetable points located behind each other; each timing point needs a different time (trains can not be at different locations at the same time). Furthermore, due to the rounding valuable information of capacity is lost.

3. Structural stochastic simulations for robustness analysis is missing

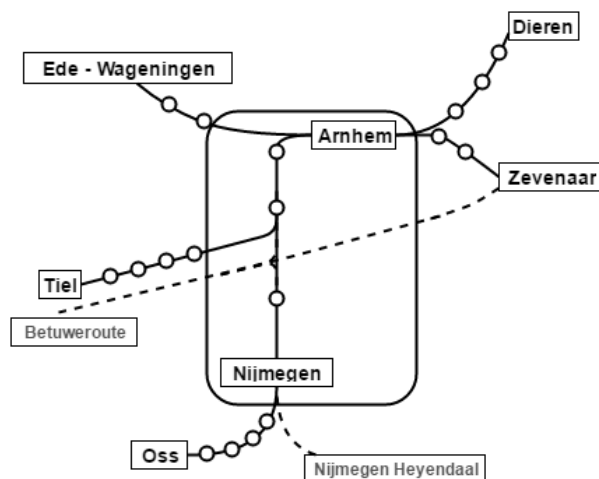
At the moment, there are no structural stochastic simulations used to assess the robustness of the timetable. In practice the train service will not operate exactly as planned due to stochastic behavior during operation: processes have a distribution function and trains are sometimes delayed. To see how the timetable handles these distributions and delays, stochastic simulations need to be used.

4. The possibility for speed advices to train drivers is used too little

Sometimes a train needs to leave a station to clear a platform, but this train cannot enter too fast a new section of station. A speed advice could be used to solve these situations. This solution takes extra time and therefore, this should only be used when no other solution is possible.

5. Part 3: casestudy Arnhem - Nijmegen

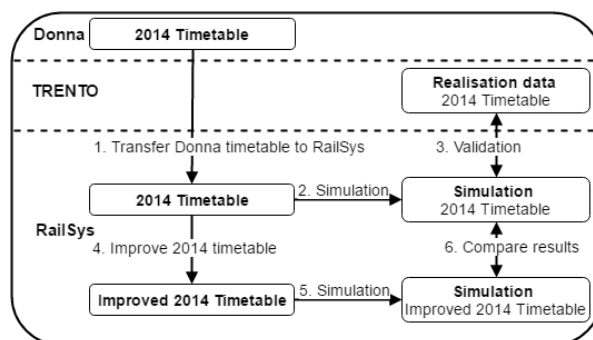
To see if there are benefits of solving the four weaknesses of the Dutch timetable methodology (see above), a case study is conducted. This case study is done for the Basic Hour Pattern in the area of Arnhem (Ah) - Nijmegen (Nm), including the first station behind Ah and Nm where all trains between Ah-Nm have a stop (see Figure 7).



Figuur 7: Geographical scope of the case study between Arnhem en Nijmegen.

Ten train lines are active in this area. The ICE is not taken into account, because it is planned in conflict with an *agree to disagree* and this makes analyses difficult. This is not a major problem since the ICE is not operating in the main area (between Ah & Nm) and there is no shortage of platform capacity in Arnhem.

Three programs were used in this case study: Donna, TRENT0 and RailSys. Donna is the main Dutch timetabling program, TRENT0 is used to produce dispersion or bandwidth graphs of realisation data and RailSys is a commercial available timetable design and simulation software and it is capable of solving the four weaknesses as identified earlier. Currently, RailSys is used by ProRail and NS to gain experience with microscopic planning and simulation tools; RailSys is not used in the timetable design process. RailSys calculates headways based on the blocking time theory. The 2014 timetable is used, because this timetable is already operated, so there is realisation data available, and the infrastructure build in RailSys is based on the 2014 infrastructure. The method of the case can be seen in Figure 8.



Figuur 8: Methodology of the case study.

Step 1: Transfer Donna timetable to RailSys

The Donna 2014 timetable is converted to RailSys in the first step. This resulted in 20 to 70 cases where the scheduled running times are smaller than the technical minimum running times including at least 5% supplements per hour. In total there were 83 unrealisable running times (i.e. scheduled running time is lower than technical minimum running time) per hour.

For headways three microscopic ROBERTO computations are consulted. The blocking time of RailSys are

in line with these ROBERTO calculations. RailSys detected seven conflicts which were not detected by the norms of Donna, with an overlap with a total time of 207 seconds. Donna detected four conflicts which were not detected by the blocking times, since according to RailSys there were 195 seconds available. In total 12 seconds more capacity is used by RailSys. Note: it is unknown which headways were too long, because of the used norms. Therefore, it cannot be stated that microscopic timetable takes more capacity than macroscopic timetable design.

Step 2: Simulate 2014 Donna timetable

In step 2 the 2014 Donna timetable is simulated in RailSys. The trains are simulated for four hours, within this period the simulation has enough start-up time. To approach average values in the stochastic simulations, 200 stochastic simulation runs were executed.

In RailSys it is possible to determine three delays over all sections/stations: dwell time disturbances, departure disturbances and the initial delay. The dwell time disturbances and departure disturbances are based on the parameters of CQM (2015). The initial delay is based values on the dispersion graphs from TRENTO (see Figure 9).

Because it was not possible to determine running time disturbances for all sections (this is only possible for every individual section), the running time disturbances are not defined. Therefore, the dwell time disturbances are defined for one category higher.

Step 3: Validate 2014 simulation with realisation

In step 3, the validation of the simulation with the realisation data is done. This is done with the dispersion graphs from TRENTO (see Figure 9). In these graphs the deviation between the timetable and the realisation per 10th percentile of trains is represented. This is done per timing point, where the activity is stated as arrival (A, *aankomst*), departure (V, *vertrek*) or passage (D, *doorkomst*). The 10th percentile (100 %) is not considered since this percentile represents incidental disturbances and delays. From a bandwidth graph, five indicators can be evaluated:

1) Running time shortage:

Lines are increasing parallel (between VA & AHP, see Figure 9). This should not occur because the planned times are too early.

2) (Too) much running time supplement:

Lines are decreasing parallel, and may end up below the x-axis (between ESTA & NML). When there are delays, it is good to have more running time supplement. But when there is too much, trains can run in front of their path and obstruct other trains; this is undesirable.

3) Conflicts:

Lines diverge (between AH & EST). This is an undesirable characteristic.

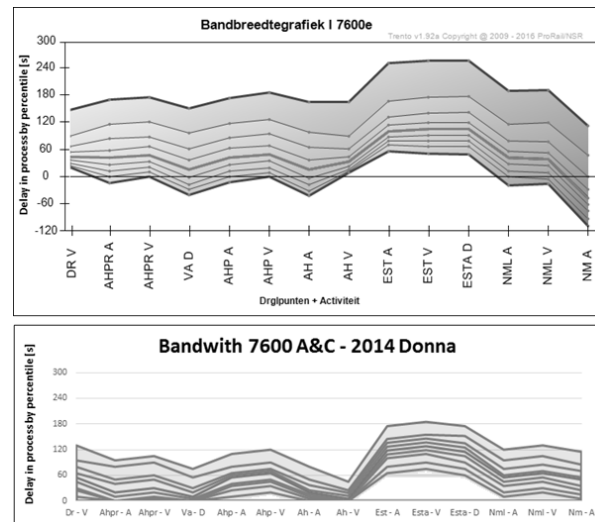
4) Dwell time:

Between A & V. Dwell time can be too small (lines increasing parallel) or the dwell time is longer than needed (lines converge) (a small conflict between AH & EST). Dwell times should not be too small, but also not too large.

5) Punctuality boundary:

If all the lines are below 300 seconds, the punctuality of the train service is at least 90% (as in Figure 9). It is desired that all lines are as low as possible.

When the bandwidth graphs of the simulation and the realisation are compared (see Figure 9), it can be seen that the main five characteristics can be simulated. Nevertheless, there are some caveats: RailSys cannot simulate trains faster than scheduled, the simulated running times are little faster, and the dwell times are longer than the realisation (because of the simulation settings).



Figuur 9: Validation RailSys simulation; the TRENTO realisation bandwidth (top) and the RailSys simulation (bottom).

Step 4: Improved 2014 timetable

In step 4, the 2014 Donna timetable is improved. This is done by the following strategy:

1. Lines & stops are equal to the Donna timetable;
2. There are no conflicts;
3. Running times are at least equal to the technical minimum running time and plus maximum 5% running time and 30 seconds supplement;
4. Reserved use of speed advices;
5. Timing points are defined in seconds;
6. Entree and leaving time are equal;
7. Departure time of stations are rounded to whole minutes;

Strategy 1 up to 3 and 5 are applied on all lines. Strategy 4 is applied on seven sections. Strategy 6 was not applied on 4 of the 18 lines, 3 lines were shifted parallel for one minute, 1 line was shifted parallel for two minutes. Strategy 7 is not applied for 4 lines with 12 stops in total, because otherwise it was impossible to achieve strategy 2, 3 and 6.

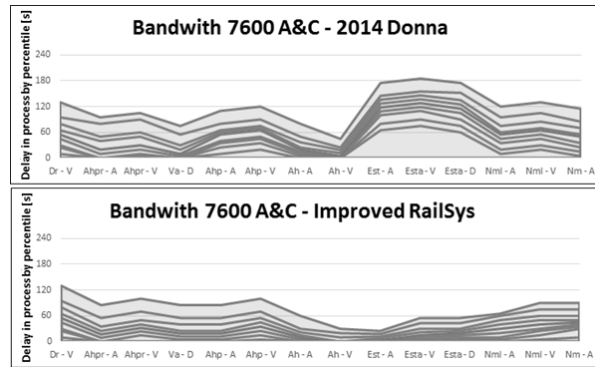
Step 5: Simulate improved 2014 timetable

In step 5, the improved timetable, which was designed in step 4, is simulated. This is done with the same parameters as the simulations in step 2.

Step 6: Compare 2014 & improved timetable

In step 6, the two stochastic timetable simulations (the 2014 Donna timetable & the improved timetable) are compared. The first part of the evaluation is done with the bandwidths. As can be seen in Figure 10, the bandwidth in the improved timetable is more flatter compared to the bandwidth of the Donna 2014 timetable. This figure also indicates that the total time of the trains in the area is lower (bandwidth at the end station is lower than the first station). These two conclusions can be drawn for all lines.

As a second part of the evaluation, the conflicts between two trains in the two timetables are compared. The average number of conflicts in the simulations (in total 200 runs) can be found in Table 2. In the deterministic runs, there were 51,0 conflicts in the 2014 Donna timetable. The improved timetable had no conflicts: this was expected, because the timetable was designed conflict free. In the stochastic simulation, which was validated in step 3, there is a small increase in the amount of conflicts in the 2014 Donna timetable. The improved timetable had a big increase in conflicts: this can be explained by the high occupancy on the infrastructure, where the trains are planned short behind each other (1 minute buffer) and the stochastic processes resulted in dispersions which are larger than 1 minute. It can be seen that in the stochastic simulation, the 7th implemented strategies in the improved timetables led to a decrease of conflicts.



Figuur 10: Bandwidth 7600 A & C line of the Donna 2014 timetable (top) and the improved timetable (bottom).

As a third part of the evaluation the delays are analysed. The average of *the sum of delays on the timing points* was for the 2014 Donna timetable 13.1 minutes, the improved timetable had an average *sum of delays on the timing points* of 12.1 minutes. This is a decrease of 8%. Because the delay decreases over longer distances in the improved timetable, this gain should be higher when the case study area will be larger.

The average maximum delay was for the 2014 Donna timetable 17.7 minutes. In the improved timetable the average maximum delay was 12.5 minutes, this is a decrease of 29%.

Concluding, the train service in the improved timetable was more stable, the number of conflicts decreased by 37% and the average delay decreased by 8%.

Tabel 2: Number of conflicts in the simulations (N=200).

	Average number of conflicts	
	Deterministic	Stochastic
2014 Donna timetable	51.0	55.1
Improved timetable	0.0	34.4

6. Conclusions and further research

In this thesis the current timetable design process and the weaknesses in the timetable design methodology in the Netherlands are identified. Furthermore, a case study is conducted to invest the potential of microscopic timetable design and simulation in the Netherlands.

The Dutch timetable is planned in seven phases and evaluated in one phase. There is one strategical phase from 15 years till 2 years before implementation of the timetable. There are two phases in the tactical period from 2 years till 1 year before implementations and three phases from 1 year to implementation and one evaluation phase.

As identification, four main weaknesses in the Dutch timetable methodology occurred: the generic plan norms are not always suitable, a planned timetable in whole minutes is too general, structurally stochastic simulations for robustness analysis is missing and the possibility for speed advices to train drivers is used too little.

The case study showed the potential of the microscopic method. A simulation of the 2014 Dutch timetable was compared with an improved version. In the improved version, the headways between trains were planned based on blocking times, the timing points were defined in seconds instead of minutes and speed advices were used. This resulted in a conflict free (so feasible) timetable. With the use of stochastic simulations, it can be concluded that the train service in the improved timetable was more stable, the number of conflicts decreased with 37% and the average delay decreased with 8%.

Further research should focus on validation and the practical use of this research. This involves three different studies: first, the simulation in RailSys should be validated in another simulation program like FRISO and/or OpenTrack. Second, the case study should be repeated on another and larger area to see if there are equivalent benefits. Third, the practical usability in the Dutch timetable design process should be investigated. Therefore, a microscopic timetable tool could be used next to the basic hour pattern process.

Lijst van figuren

1	Fases in het ontwerp van de dienstregeling bij NS & ProRail.	ix
2	Vergelijking van de bandbreedtes van simulaties van de 2014 dienstregeling (boven, N=472) en de verbeterde dienstregeling (onder, N=688) van de 7600 A&C serie.	xi
3	Voorstel voor aanpassingen in de methodiek over de fases van het ontwerp proces.	xii
4	Microscopic (top) and macroscopic (bottom) data of infrastructure (Bešinović et al., 2015) . . .	xiii
5	Dependent variables of a block time for a train.	xiv
6	Process of timetable design in the Netherlands.	xv
7	Geographical scope of the case study between Arnhem en Nijmegen.	xvii
8	Methodology of the case study.	xvii
9	Validation RailSys simulation; the TRENTO realisation bandwidth (top) and the RailSys simulation (bottom).	xix
10	Bandwidth 7600 A&C line of the Donna 2014 timetable (top) and the improved timetable (bottom). . .	xx
1.1	HoofdRailnet, verkregen via (Overheid, 2004).	3
1.2	Interactie tussen hoofdstukken in het verslag.	4
2.1	Structuur van het onderzoek.	5
3.1	Snelheidsbord.	9
3.2	Baanvaksnelheidsbord.	9
3.3	snelheidsverminderingbord.	9
3.4	Snelheidsindicatie borden Overheid (2015d).	9
3.5	Overzicht seinen (OVinNederland, 2016b).	10
3.6	Mogelijke groene seinen.	10
3.7	Mogelijke gele seinen.	10
3.8	Mogelijke rode seinen.	10
3.9	Alle mogelijke seinbeelden (OVinNederland, 2016b).	10
3.10	Overzicht detailniveau, macro, meso en micro detail (Besinovic et al., 2014).	13
3.11	Opbouw van een bloktijd van een rijdende trein en een vertrekkende trein.	14
3.12	Bloktrap met meerdere secties en twee treinen met verschillende snelheden.	15
3.13	Bloktrap met meerdere secties met een heterogene sectie lengte.	15
3.14	Bloktrap met drie treinen, met verschillende overkruisingen.	16
3.15	Voorbeeld compressie methode, van twee- en één richting spoor (Khadem Sameni et al., 2011) .	19
4.1	Fases in het ontwerp van de dienstregeling (ProRail, 2016a).	21
4.2	Gebruikte Tooling ten opzicht van de fases (Middelkoop, 2015).	24
4.3	ROBERTO berekening van een opvolging van een VIRM10 na een ICE8.	26
4.4	Invloed van frequentie op gemiddelde wachttijd (Corman, 2014).	28
4.5	Spreiding op dienstregelpunten tussen Utrecht en Den Bosch. Grafiek A (boven): spreiding van de uitvoering op basis van een dienstkaartje in tienden, Grafiek B (onder): spreiding in referentie periode op het zelfde traject met een dienstkaartje in minuten (ProRail, 2016d).	29
4.6	Capaciteitstekort op knoop- en baanvakniveau in Nederland, aangegeven door de respondenten. . .	33
5.1	Punctualiteit ten opzichte van de intensiteit (trein km/route km) van het railverkeer (NS, 2013c). .	35
6.1	Methode van de casestudie.	46
6.2	Geografische afbakening van de casestudie	47
6.3	Lijnvoering dienstregeling 2014 binnen het casestudie gebied.	48
6.4	Dienstregeling B31100 Tiel - Arnhem in Donna.	50

6.5	Omgezette dienstregeling B31100 Tiel - Arnhem in RailSys, licht aangepast voor leesbaarheid in verslag.	50
6.6	Vergelijking van de tijd-wegdiagrammen van Donna (boven) en Railsys (onder).	51
6.7	UIC capaciteitsanalyse Arnhem - Nijmegen.	51
6.8	rijtijdfouten per serie, van één uur.	52
6.9	Extra rijtijdspeling/tekort t.o.v. 5% rijtijdspeling, van één uur. De waarden voor 0 seconde verschil zijn verwijderd voor de leesbaarheid; dit aantal is 640. N totaal = 724.	52
6.10	Rijtijden die korter gepland zijn dan technische haalbaar is, van één uur.	53
6.11	Aantal conflicten per uur in het casestudiegebied, voor een verschillende buffer.	53
6.12	Bottleneck op Elst aansluiting.	54
6.13	Conflicten in RailSys van de 31100 bij Elst aansluiting.	54
6.14	Uitleg bandbreedte grafiek.	56
6.15	Gamma verdeling van het halteerproces.	58
6.16	Vergelijking van de bandbreedtes van de realisatie (boven) met de simulatie (onder, N=472) van serie 7600 A&C.	59
6.17	Vergelijking van de bandbreedtes van de realisatie (boven) met de simulatie (onder, N=472) van serie 3000 A&C.	60
6.18	Dienstregeling van de B3100 van Ede-Wageningen naar Nijmegen in RailSys. Boven is de 2014 dienstregeling rechtstreeks overgezet van Donna in RailSys, onder is de verbeterde dienstregeling.	62
6.19	Snelheidsprofielen van de B3100 tussen Ede-Wageningen en Arnhem, voor de dienstregeling zie 6.18. Boven is de 2014 dienstregeling rechtstreeks overgezet van Donna in RailSys, onder is de verbeterde dienstregeling. Oranje: maximale toegestane snelheid, rood: maximale snelheid en groen: geplande snelheid.	63
6.20	Vergelijking punctualiteit (vijf minuten grens) simulatie Donna 2014 dienstregeling (links) en verbeterde dienstregeling (rechts).	64
6.21	Vergelijking van de bandbreedtes van simulaties van de 2014 dienstregeling (boven, N=472) en de verbeterde dienstregeling (onder, N=688) van de 3000 A&C serie (links) en 3100 A&C serie (rechts).	65
6.22	Vergelijking van de bandbreedtes van simulaties van de 2014 dienstregeling (boven, N=472) en de verbeterde dienstregeling (onder, N=688) van de 7600 A&C serie.	65
6.23	Vergelijking van de bandbreedtes van simulaties van de 2014 dienstregeling (boven, N=472) en de verbeterde dienstregeling (onder, N= 688) van de 31100 B&D serie.	66
6.24	Boxplot van de totale vertraging gemiddeld per trein (links) en de maximale vertraging (rechts) in de verbeterde- en de 2014 dienstregeling.	67
7.1	Voorstel voor aanpassingen in de methodiek over de fases van het ontwerp proces.	70
8.1	Fases in het ontwerp van de dienstregeling (ProRail, 2016a).	76
8.2	Voorstel voor aanpassingen in de methodiek over de fases van het ontwerp proces.	77
B.1	Belangrijkste spoorlijnen van Oostenrijk (ÖBB, 2016).	91
B.2	Belangrijkste spoorlijnen van Zwitserland (SBB, 2016a).	91
B.3	Belangrijkste spoorlijnen van het Verenigd Koninkrijk (National Rail, 2016).	92
C.1	Spoor layout van het casestudiegebied. Verkregen via sporenplan.nl (2016), gecontroleerd en aangepast op basis van de gegevens van december 2014 in Inframonitor.	94
C.2	Tijd-wegdiagram vanuit Donna voor de dienstregeling 2014 voor het traject Nmd - Ahpr.	96
C.3	Tijd-wegdiagram vanuit RailSys voor de dienstregeling 2014 voor het traject Nmd - Ahpr.	97
C.4	SBD van Nijmegen voor de dienstregeling 2014 in Donna.	98
C.5	SBD van Arnhem voor de dienstregeling 2014 in Donna.	99
C.6	Praktijk en Donna-modellerings hooggroen.	100
C.7	Vergelijking van de bandbreedtes van de realisatie met de simulatie (n=472) van serie 3100 A&C.	106
C.8	Vergelijking van de bandbreedtes van de realisatie met de simulatie (n=472) van serie 31100 B&D.	107
D.1	Positie van Respondenten in het dienstregelingsontwerp proces.	109
D.2	Afwegings driehoek dienstregeling ontwerpen bij NS.	122

Lijst van tabellen

1	Headway norms in minutes of two trains in the Netherlands ProRail (2016b).	xiv
2	Number of conflicts in the simulations (N=200).	xx
5.1	Gegevens over de te vergelijken landen. Bron van de informatie staat in de laatste kolom, als deze leeg is, is de waarde berekend op basis van de andere gegevens.	36
6.1	Patroon aanduiding.	47
6.2	Lijnvoering dienstregeling 2014 binnen het casestudie gebied, met gepland materieel type.	48
6.3	Conflicten gedetecteerd door RailSys, voor 1 uur. Letter achter het aantal conflicten verwijst naar de verklaring onder de tabel.	55
6.4	Initiële vertraging voor de 3100 A&C serie, zie Figuur 6.14 waarop de initiële vertraging gebaseerd is.	57
6.5	Empirische verdeling van het halteerproces, per IC/SPR.	58
6.6	Gemiddeld aantal conflicten in beide simulaties, totaal 200 runs.	66
7.1	Gebruikte waarden voor de berekening van de besparing, OGSN staat voor ongeplande geel sein nadering.	71
7.2	Aantal series per vervoerder in 2018 en/of onderdeel in het dal (Bik, 2016).	72
A.1	Norm opvolgtijd voor twee treinen in minuten (ProRail, 2016b).	87
A.2	Norm overkruistijd voor twee treinen in gelijke richting in minuten (ProRail, 2016b).	87
A.3	Norm overkruistijd voor twee treinen in tegengestelde richting in minuten (ProRail, 2016b).	87
A.4	Conflicten 1 t/m 14 DONNA	88
A.5	Conflicten 14 t/m 26 Donna	89
A.6	Conflicten 26 t/m 40 Donna	90
C.1	Stations en dienstregelpunten (Drglpt) in het casestudie gebied.	95
C.2	Stations waar in RailSys is ingesteld dat aankomst op hooggroen is.	100
C.3	Rijtijd vergelijking serie 3000, Ed - Nm.	101
C.4	Rijtijd vergelijking serie 3000, Nm - Ed.	102
C.5	Rijtijd vergelijking serie 3600, Dr - O.	102
C.6	Rijtijd vergelijking serie 3600, O - Dr.	103
C.7	Rijtijd vergelijking serie 4400, O - Nm.	103
C.8	Rijtijd vergelijking serie 4400, Nm - O.	103
C.9	Rijtijd vergelijking serie 7500, Ed - Ah.	103
C.10	Rijtijd vergelijking serie 7500, Ah - Ed.	104
C.11	Rijtijd vergelijking serie 7600, Nm - Dr.	104
C.12	Rijtijd vergelijking serie 7600, Dr - Nm.	104
C.13	Rijtijd vergelijking serie 31100, Tl - Ah	105
C.14	Rijtijd vergelijking serie 31100, Ah - Tl	105
C.15	Grote aanpassingen in de verbeterde dienstregeling per serie.	108
D.1	Lijst met geïnterviewden.	109
D.2	Aantal series per vervoerder en/of onderdeel in het dal.	111

Introductie

Op een gemiddelde werkdag maken in Nederland ruim 1,2 miljoen reizigers gebruik van de trein, waarbij het zwaartepunt ligt in de ochtendspits. Deze reizigers maken dagelijks gebruik van 2.931 NS treinen, die gereden en begeleid worden door 5.650 machinisten en conducteurs (NS, 2016a). Deze treinen rijden volgens een dienstregeling, welke jaarlijks wordt vernieuwd. De dienstregeling dient voor de reizigers als een handvat om de treinreis te plannen. Voor ProRail en NS betekent een dienstregeling veel meer. In Paragraaf 1.1 wordt de aanleiding van dit onderzoek besproken, waarna in Paragraaf 1.2 en Paragraaf 1.3 de probleem- en doelstelling worden besproken. In Paragraaf 1.4 staan de hoofd- en deelvragen. Dit hoofdstuk eindigt met de afbakening en de Leeswijzer van dit onderzoek.

1.1. Aanleiding

Door de jaarlijkse toename in reizigerskilometers blijft vraag naar capaciteit op het Nederlandse spoor groeien. De verwachte groei van reizigerskilometers ligt op 1,6-2,7% per jaar, dit komt onder andere door bevolkingsgroei, stijgende brandstofprijzen en toename van het aantal studenten (KiM, 2015). De oplossing voor meer capaciteit ligt deels in het slimmer benutten van bestaand spoor, zodat er meer reizigers- en goederentreinen kunnen rijden (ProRail, 2015a). Als we Nederland vergelijken met andere toelanden in de spoorsector als Zwitserland, Zweden en Duitsland, is de intensiteit van het spoor gebruik een stuk lager in Nederland. Een gedeelte van dit verschil wordt verklaard door het lage gebruik van goederensporen (BCG, 2015). Ondanks wat Boston Consultancy Group stelt, zit het spoorstelsel met de huidige werkwijze aan de grenzen van haar capaciteit (I&M, 2013). Daarom is het belangrijk om te kijken of een andere werkwijze dit verschil tussen de grens van de capaciteit en de lagere intensiteit, zou kunnen oplossen.

Binnen NS en ProRail wordt momenteel veel aandacht besteed aan onderzoeken naar microscopisch dienstregeling plannen. Microscopisch plannen is zeer gedetailleerde manier van plannen, wat meer rekenkracht, tijd en data kost, maar wat ook gedetailleerder resultaat oplevert. Maar lost microscopisch plannen het verschil tussen de grenzen van de capaciteit en de lagere intensiteit op? Zorgt een microscopisch geplande dienstregeling voor een hogere kwaliteit dienstregeling? Is een microscopische geplande dienstregeling de enige oplossing? Kost microscopie meer tijd, of levert het meer tijd op? Levert het een veiligere planning? Is het überhaupt een oplossing? Daarom is het belangrijk om objectief naar het gehele dienstregelingsontwerp proces en de verschillende mogelijke methoden te kijken.

1.2. Probleemstelling

De dienstregeling wordt door ProRail en NS gepland in het zelf ontwikkelde planningssysteem Donna. Donna heeft in 2006 het planningssysteem VPT (Vervoer Per Trein) opgevolgd en wordt gebruikt door ProRail en alle vervoerders die zelf plannen. Donna wordt gebruikt voor de tactische en operationele termijn, dat wil zeggen plannen van 1,5 jaar t/m 3 dagen in de toekomst. Voor strategische studies maken NS en ProRail gebruik van het model DONS (Designer Of Network Schedules). Een groot voordeel aan DONS ten opzicht van Donna is dat er in DONS met verschillende (persoonlijke) versies gewerkt kan worden en dat er zelf infrastructuur gewijzigd kan worden. De plansystemen Donna en DONS zorgen ervoor dat er tegenwoordig in Nederland op een macroscopische (met gedetailleerde infrastructuur data) en normatieve manier gepland wordt. Omdat het Nederlandse spoornet tegen zijn maximale capaciteit loopt, worden ook beperkingen aan Donna (en de huidige manier van plannen) zichtbaar.

Momenteel zijn er vooral drie beperkingen waartegen aangelopen wordt:

1. Als eerste worden de rijtijden niet correct berekend in Donna. Hierdoor zijn rijtijden soms te krap en soms te ruim. Dit betekent dat de geplande dienstregeling per definitie niet overeenkomt met de werkelijkheid;
2. Ten tweede worden conflicten tussen twee treinen op basis van standaard normen gedetecteerd. Als twee treinen van een perron vertrekken en naar hetzelfde spoor toe willen rijden, moet tussen het vertrek van beide treinen volgens de Netverklaring minimaal drie minuten zitten (ProRail, 2016b). Het gevolg van het gebruik van normen is dat deze soms te ruim zijn en soms te krap. Als de normen te ruim zijn, wordt de maximale capaciteit niet gebruikt. Als de normen te krap zijn, worden er meer treinen over het spoor gepland dan in de operatie haalbaar is, waardoor er een onrealistische dienstregeling ontstaat; en,
3. Als derde en laatste beperking aan Donna/de huidige manier van plannen is dat plantijden worden afgerond op hele minuten; bij een snelheid van 140 kilometer per uur en een maximale afwijking door afronding van een minuut, is er een afwijking in de planning in de ruimte mogelijk van 2,3 kilometer. Daarnaast kan de afronding ervoor zorgen dat er in de planning geen conflict gedetecteerd wordt (de eerste trein wordt naar beneden afgerond, en de tweede naar boven), terwijl er in de uitvoering wel een conflict is.

1.3. Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is om een bijdrage te leveren aan het verbeteren van de dienstregeling van NS en ProRail op het Hoofddrailnet. Deze doelstelling kan concreet worden gemaakt tot drie onderzoeksdoelstellingen:

1. De eerste onderzoeksdoelstelling is om binnen NS en ProRail een gezamenlijke beeldvorming te creëren over begrippen en keuzes in het proces van, en over methodes voor dienstregeling plannen. Dit heeft als doel om ervoor te zorgen dat over echte problemen in plaats van misverstanden wordt gesproken; en,
2. De tweede onderzoeksdoelstelling is om te identificeren welke beperkingen in het ontwerpen van de dienstregeling zijn. Dit is zowel procesmatig als infrastructuur technisch, wat invloed heeft op de dienstregeling.
3. De derde en laatste onderzoeksdoelstelling van dit onderzoek is om advies te geven aan NS en ProRail over welke methode in welke fase van dienstregeling plannen het meest geschikt is.

1.4. Vraagstelling

De hoofdvraag die ervoor zorgt om de doelstellingen te behalen is:

Welke methodiek is in welke fase van het dienstregelingsontwerp het meest geschikt?

Om tot een goede onderzoeksopzet te komen en daarmee de beantwoording zo volledig mogelijk te laten zijn, volgt hieronder een uitsplitsing in deelvragen:

1. Hoe is het proces van dienstregeling planning in Nederland?
 - 1.1 Welke faseringen zijn er in het plannen?
 - 1.2 Welke beperkingen zijn er in de huidige (methodiek van) dienstregeling planning?
 - 1.3 Welke toetsen/criteria worden wanneer gebruikt en welke toetsen/criteria zouden ook gebruikt kunnen/moeten worden?
2. Hoe wordt de dienstregeling in het buitenland ontworpen?
 - 2.1 Hoe is het proces van plannen in deze landen?
 - 2.2 Welke methodiek gebruiken deze landen?
3. Welke methoden zijn het meest geschikt om een dienstregeling te ontwerpen?
 - 3.1 Welke macro- en/of microscopische methoden zijn er binnen het plannen van dienstregeling?
 - 3.2 Wat zijn de voor- en nadelen van macro- en/of microscopische modules binnen plannen?

1.5. Wetenschappelijke & maatschappelijke relevantie

Hoewel er al veel geschreven is over ontwerpmethoden van dienstregelingen (zie bijvoorbeeld: (Cacchiani and Toth, 2012; Hansen and Pahl, 2014; Kroon et al., 2009)), zal dit onderzoek deze methoden combineren om tot een methodiek te komen om antwoord te kunnen geven op de vraag: welke methode is voor welk situatie de meest geschikte? Ook heeft dit onderzoek als doel om naar de praktijk te kijken om te identificeren waar NS & ProRail tegen aanlopen bij het ontwerp van de dienstregeling. Daarnaast zal er in dit onderzoek een casestudy gedaan worden om de huidige Nederlandse ontwerp methodiek met een andere methode te vergelijken. Daarnaast zullen de uitkomsten ook interessant zijn voor internationale partijen. Daarom zal van dit afstudeerverslag een Engelstalig paper gepubliceerd worden. Dit onderzoek zal ook bijdragen aan de maatschappij: door dit overzicht zal er meer kennis over methoden bij NS en ProRail zijn over dienstregelingsontwerp. Hierdoor zullen nieuwe dienstregelingen beter worden, wat positief is voor de reizigers van NS en de kwaliteit van het goederenvervoer in Nederland.

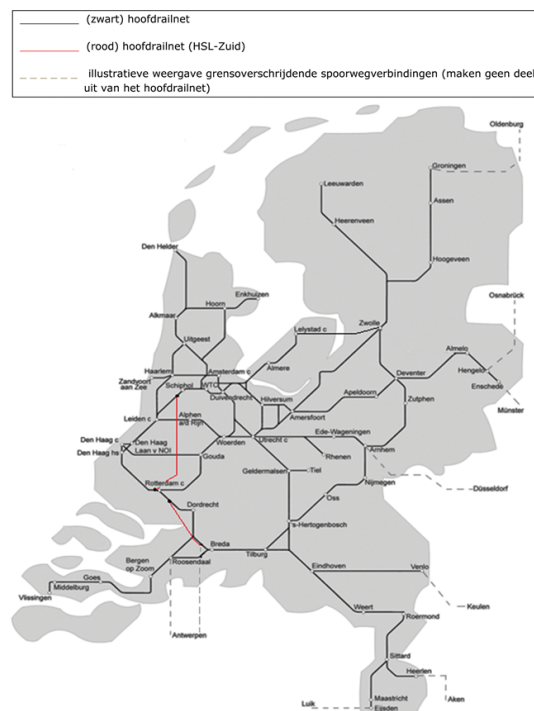
1.6. Afbakening van het onderzoek

In deze paragraaf wordt een aantal zaken afgebakend.

Geografische afbakening

De geografische scope van landen waarmee de Nederlandse situatie vergeleken gaat worden, zijn Zwitserland (mesoscopische benadering & knoop netwerk), Oostenrijk (microscopische benadering & corridor netwerk) en Verenigd Koninkrijk (macroscopische benadering). Dit zal in meer detail verklaard worden in Paragraaf 5.1.

De geografische scope binnen Nederland ligt op het Hoofdrailnet, zoals vastgesteld in het besluit Hoofdrailnet (zie Figuur 1.1) en de beheerconcessie (I&M, 2014a). Dit houdt in dat ProRail optreedt als infrastructuurmanager en NS als enige reizigersvervoerder. Aangezien ProRail met goederenpaden rekening houdt zullen de goederenpaden op het Hoofdrailnet meegenomen worden in het onderzoek.



Figuur 1.1: Hoofdrailnet, verkregen via (Overheid, 2004).

Tijd

De tijd horizon van dit onderzoek is zowel de strategische als tactische termijn van het dienstregelingsontwerp. Dit houdt in, van voor studies t/m de indiensttreding van de nieuwe dienstregeling, met andere woorden: X-15 jaar t/m X (X = het moment van indiensttreding). De operationele uitvoer en de analyses van de nieuwe dienstregeling worden niet meegenomen. Het proces van analyses van vorige dienstregelingen waarop de nieuwe dienstregeling ontworpen wordt, wordt wel meegenomen.

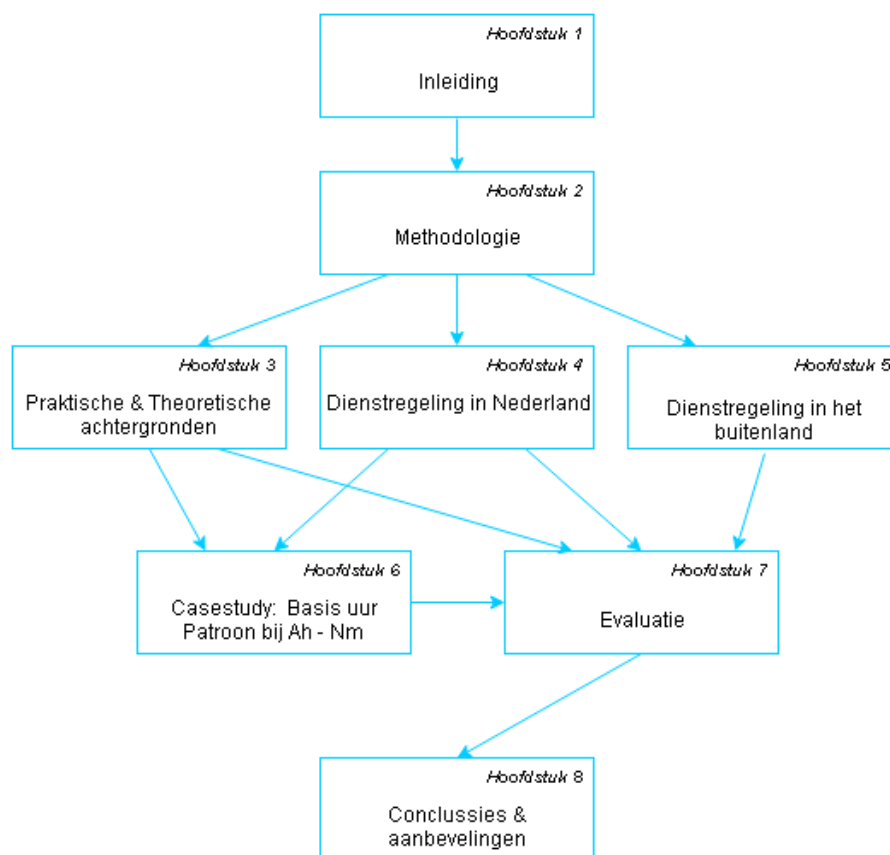
Rijtijden Donna

Zoals beschreven in de probleemstelling (Paragraaf 1.2) worden de rijtijden niet correct berekend in Donna. Hierdoor zijn rijtijden soms te krap en soms te ruim. Dit betekent dat de geplande dienstregeling per definitie niet overeenkomt met de werkelijkheid. Dit probleem is al langere tijd bekend bij NS en ProRail en momenteel wordt er specifiek onderzoek gedaan naar verbeteringen in de rijtijd module in Donna. Omdat de rijtijd module niet per wijzingsblad kan veranderen, maar gelijk voor alles waar Donna voor gebruikt wordt, zal hier een grote druk op de planners komen te liggen. Daarom wordt de rijtijd module waarschijnlijk in januari 2017 geüpdatet (Van Dijk, 2016).

1.7. Leeswijzer

Binnen het spoor worden veel spoor specifieke begrippen en afkortingen gebruikt. Om dit afstudeer rapport voor de lezer met een minder kennis van het (Nederlandse) spoor toch begrijpelijk te laten zijn, is een woordenlijst opgenomen op pagina 139. De opbouw van het onderzoek is als volgt:

In Hoofdstuk 2 wordt de methodologie van dit onderzoek uiteen gezet. In Hoofdstuk 3 worden de praktische en theoretische achtergronden besproken. In Hoofdstuk 4 wordt besproken hoe de dienstregeling in Nederland wordt gemaakt. Dit wordt besproken vanuit oogpunt van NS en vanuit ProRail. In Hoofdstuk 5 wordt bekeken hoe de dienstregeling in Zwitserland, Oostenrijk en Verenigd Koninkrijk wordt gemaakt. Dit kan interessante inzichten opleveren voor de Nederlandse situatie. In Hoofdstuk 6 worden de hoofdstukken 3, 4 en 5 gecombineerd tot een casestudy, waarin wordt onderzocht wat de voordelen van een andere methodiek van dienstregelingsontwerp kan zijn. In Hoofdstuk 7 wordt alle voorgaande kennis gecombineerd worden tot een evaluatie. Als laatste zal in Hoofdstuk 8 conclusies en aanbevelingen worden gedaan aan NS en ProRail om de dienstregeling te verbeteren. Schematisch is de opbouw van dit onderzoek te zien in Figuur 1.2



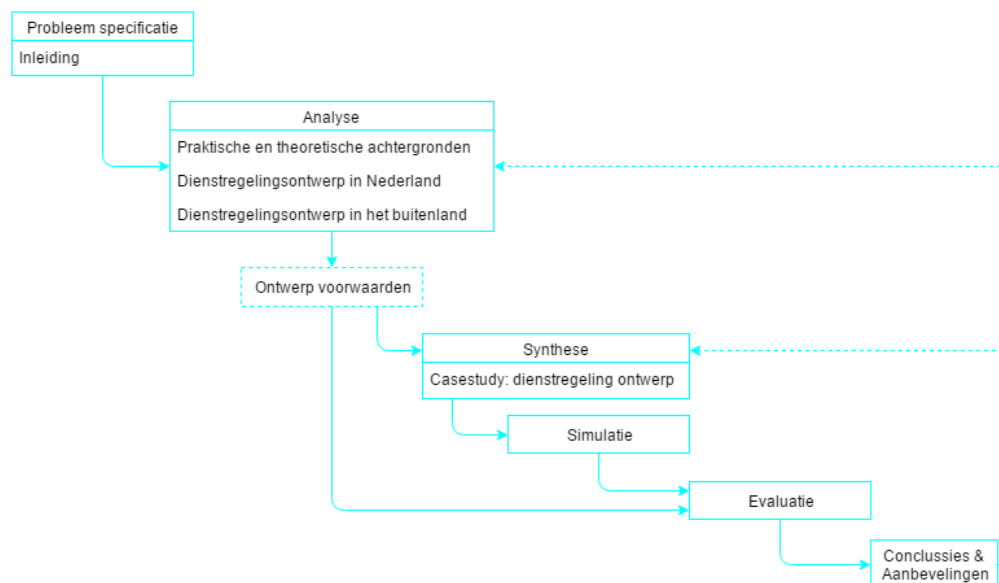
Figuur 1.2: Interactie tussen hoofdstukken in het verslag.

2

Methodologie

In dit hoofdstuk worden de onderzoeksmethoden gepresenteerd. Zoals genoemd in de introductie is het doel van dit afstudeerrapport om een bijdrage te leveren aan het verbeteren van de dienstregeling van NS en ProRail op het Hoofdrailnet. Als handvat voor dit onderzoek zijn de stappen van de *Basic Design Cycle* (van Boeijen et al., 2014) gevolgd. De *Basic Design Cycle* is volgens Roozenburg and Eekels (1995) het meest fundamentele model voor ontwerp processen; "De methodologie is geschikt voor een brede omvang aan ontwerp problemen waarbij de cirkel teruggevonden kan worden in alle fases van het ontwerpproces". Figuur 2.1 geeft een aangepaste versie van de *Basic Design Cycle* weer die van toepassing is op dit afstudeeronderzoek. De *Basic Design Cycle* doorloopt vijf stappen: Probleem - Analyse - Synthese - Simulatie - Evaluatie - Conclusies. De analyse leidt tot ontwerp voorwaarden waar het voorlopige (dienstregelings)ontwerp in de synthese aan moet voldoen, of het ontwerp daadwerkelijk aan deze voorwaarden voldoet wordt getest in de evaluatie. Vanuit de conclusies & Aanbevelingen zijn er twee feedback mogelijkheden (stippellijn). Allereerst kunnen er kennislacunes blijven of nieuwe ontstaan waardoor er nieuwe analyses nodig zijn waarmee de (voorlopige) dienstregeling verbeterd wordt. Ten tweede is er een feedback mogelijkheid als blijkt dat het ontwerp niet voldoet aan de ontwerp voorwaarden. Met *Basic Design Cycle* zijn er meerdere iteraties mogelijk, daarom zal deze *Basic Design Cycle* in dit onderzoek meerdere keren doorlopen worden.

In Figuur 2.1 zijn onder de stappen van de *Basic Design Cycle* de (deel)analyses beschreven. Zo is in de introductie de probleem specificatie gedaan op basis van literatuuronderzoek en verkennende gesprekken binnen NS en ProRail. In Paragraaf 2.1 (Analyse), 2.2 (Synthese), 2.3 (Evaluatie) zullen de methoden omschreven worden per stap in de *Basic Design Cycle*.



Figuur 2.1: Structuur van het onderzoek.

2.1. Analyse

Het probleem zoals vastgesteld in de inleiding is geanalyseerd in drie deel analyses: *Praktische en theoretische achtergronden* (Hoofdstuk 3), *Dienstregeling in Nederland* (Hoofdstuk 4) en *Dienstregeling in het buitenland* (Hoofdstuk 5). Hieronder zal per deel analyse de onderzoeksmethode omschreven worden.

Praktische en theoretische achtergronden

Als basis van de analyse in deze thesis wordt begonnen met het beschrijven van de praktische en theoretische achtergronden van dienstregelingsontwerp. Dit zal gebeuren met behulp van een **Literatuurstudie** waar het boek *Railway Timetabling & Operations* van Hansen and Pachl (2014) als belangrijke start zal dienen. Dit zal aangevuld worden met literatuur van andere experts op het gebied van dienstregelingsontwerp.

Dienstregelingsontwerp in Nederland

Nadat de praktische en theoretische achtergronden geanalyseerd zijn, is het ontwerpproces van de dienstregeling in Nederland in kaart gebracht worden. Het is belangrijk om te identificeren wat de tekortkomingen in de huidige processen zijn en welke er in de dienstregeling zijn. Binnen dit deel van het onderzoek zal er antwoord gegeven worden op de eerste deelvraag:

1. Hoe is het proces van dienstregeling planning in Nederland?

Om antwoord te kunnen geven op deze deelvraag zijn er verschillende methodes gebruikt, dit zijn: **Literatuurstudie, interne documenten, verkennende gesprekken & interviews**. Op basis van de literatuurstudie en interne documenten van NS & ProRail is eerst het huidige ontwerpproces beschreven en zijn de eerste problemen geïdentificeerd. Hierna zijn interviews uitgevoerd. Interviewen is een kwalitatieve onderzoeksmethode en is essentieel om inzichten en meningen van experts op het gebied van dienstregelingsontwerp te verkrijgen. De interview methode kan de onderzoeker meenemen in de opvattingen van een individu en grip krijgen op de perspectieven van deze geïnterviewde (McCracken, 1988). Het uitvoeren van semi gestructureerde interviews is met name geschikt om feiten, opvattingen en meningen over een specifiek onderwerp te verzamelen (Wilson, 2013). In totaal zijn er 15 interviews afgenomen. De interviews zijn uitgevoerd met behulp van een semi gestructureerde vragenlijst; hierdoor is bij elk interview in ieder geval om dezelfde informatie/meningen gevraagd, maar is er ook ruimte voor extra informatie vanuit de geïnterviewde. Hierdoor zal er geen belangrijke informatie ongebruikt blijven.

Van de interviews zijn in Bijlage D samenvattingen van de interviews opgenomen die zijn goedgekeurd door de respondenten. De lijst van respondenten is verkregen door de verkennende gesprekken, en door extra genoemde personen in de interviews.

Dienstregelingsontwerp in het buitenland

Als laatste deelonderzoek van de analyse stap uit de *Basic Design Cycle* is er gekeken naar dienstregelingen en het ontwerp hiervan in het buitenland. Dit wordt gedaan om te kijken hoe de informatie uit praktische en theoretische achtergronden in het buitenland wordt toegepast als vergelijking en als spiegel voor de Nederlandse situatie. Binnen deze deel analyse zal er antwoord gegeven worden op de tweede onderzoeksvraag:

2. Hoe wordt de dienstregeling in het buitenland ontworpen?

Enkele van deze landen is al bezocht door NS, waarbij van deze studiereizen **verslagen** gemaakt zijn. Deze verslagen zullen dienen als start van dit deelonderzoek. Daarnaast zijn de dienstregeling in deze landen ook in de **Literatuur** beschreven, een belangrijk onderzoek wat gebruikt zal worden is vanuit het ONTIME project (ON-TIME, 2013b), deze State of Art zal aangevuld worden met verdere informatie uit literatuur.

Als aanvulling op de gekozen landen is er een *Intermezzo* over Japan gemaakt. Het Japanse spoor staat bekend als het beste spoornet van de wereld.

2.2. Synthese & Simulatie

In de stap Synthese van de *Basic Design Cycle* zal een **Casestudy** uitgevoerd worden. Deze casestudy gaat over het basisuurpatroon voor het gebied Arnhem - Nijmegen in 2014. In Paragraaf 6.1.1 wordt de exacte methode van de casestudie uitgelegd.

2.3. Evaluatie

In de evaluatie zijn de vier deel analyses gecombineerd, daarnaast is er gekeken naar de financiële gevolgen voor het gebruik van een andere methode. In dit hoofdstuk zal antwoord gegeven worden op de volgende vraag:

3. Welke methoden zijn het meest geschikt om een dienstregeling te ontwerpen?

Praktische en theoretische achtergronden

Waar de dienstregeling voor reizigers handvatten biedt voor het plannen van hun reis, is de dienstregeling voor NS en ProRail een overeenkomst waarin beschreven staat welke trein, wanneer, op welke locatie van het netwerk mag rijden. Tijdens het dienstregelingsontwerp proces treedt ProRail op als capaciteitsverdelers, waarbij NS de rol heeft als één van de capaciteitsaanvragers voor het Hoofdrailnet. Hierbij is er een gezamenlijk doel: een zo goed mogelijke dienstregeling bieden (voor de reizigers). Tevens houdt ProRail rekening met goederen([treinpaden](#)). Na voorontwerpen voor specifieke casussen neemt het dienstregelingsontwerp 21 maanden in beslag. Na verschillende fases/stappen is na 21 maanden de dienstregeling klaar om op de 2^e of 3^e zondag van december in te gaan. Voor reizigers is in de dienstregeling alleen de aankomst perrons en de instap-, (eventueel) overstap-, en totale reistijd van belang is, terwijl NS en ProRail veel meer gedetailleerde informatie nodig hebben. Hier kan gedacht worden aan onder andere rijtijd tussen dienstregelpunten, technische minimale rijtijd, [rijdtijdspel](#), halteertijden, [rijwegen](#) in [stations](#), [opvolgingen](#) en [overkruisingen](#) en materieel specificaties (acceleratie- en remcurves).

3.1. Dienstregeling in Nederland

Als start van dit hoofdstuk zal eerst naar de ontwikkeling en organisatie van de dienstregeling in Nederland gekeken worden. In Paragraaf 3.3 worden de dienstregelingsontwerp mogelijkheden uiteen gezet.

3.1.1. Geschiedenis dienstregeling Nederland

177 jaar geleden reed in 1839 de eerste trein in Nederland tussen Amsterdam en Haarlem, sindsdien is er veel veranderd. Op het gebied van de dienstregeling hebben de laatste twee grote structurele veranderingen plaats gevonden in 1970 en 2007 (Kroon et al., 2009; NS, 2016b). In 1970 kwam NS met het plan spoorslag '70, daarmee draaiden NS de negatieve ontwikkelingen om naar een groei van 20% meer reizigers. De dienstregeling van 1970 vormt de basis van de huidige dienstregeling. De (vernieuwende) eigenschappen van deze dienstregeling waren:

- Klok vaste vertrektijden (cyclische dienstregeling);
- Consequente en verbeterde aansluitingen (knooppunt dienstregeling);
- Een dienstregeling die in de beide rijrichtingen dezelfde reistijden en overstap mogelijkheden biedt (symmetrische dienstregeling); en,
- Een nieuw netwerk van intercity (IC)-, snel (S)- en stoptreinen (ST).

Voor de invoering van Spoorslag '70 waren er al wel snel- en stoptreinen, maar in lagere frequenties en met wisselende stops. Spoorslag '70 bracht vooral hogere frequenties en verbeterde aansluitingen tussen treinen. Hierdoor werd de reisduur over het gehele vervoersnetwerk korter, waarmee de trein attractiever werd t.o.v. de auto. Deze kwaliteitssprong was mogelijk met zeer beperkte investeringen in de infrastructuur. Een aantal stations moest worden vergroot en op enkele plaatsen werd de [baanvaksnelheid](#) verhoogd van 130 naar 140 km/u, zodat sommige treinen hun aansluiting konden halen (NS, 2013b, 2014; Veenendaal, 2008).

De indienststreding van de dienstregeling voor 2007 op 10 december 2006 was de tweede grote structurele verandering in dienstregeling sinds 1970. Sinds 1970 was het aantal reizigers bijna verdubbeld: van 8 miljard reizigerskilometers naar 15.8 miljard in 2006. Na de liberalisering van het spoor in Nederland was er veel veranderd, maar de specifieke aanleiding voor de grote wijzigingen waren de geplande opleveringen van de

HSL (Hogesnelheidslijn), de Betuweroute en vier (i.p.v. twee) parallelle sporen tussen Amsterdam en Utrecht. Ondanks dat alle drie de projecten uit liepen is de dienstregeling wel ingevoerd. Grote veranderingen in de dienstregeling van 2007 waren:

- De sneltrein verdween als treintype, waardoor er twee (STP & IC) type treinen overbleven op het Hoofdrailnet. Door minder type treinen te gebruiken zijn er minder snelheidsverschillen tussen treinen, waardoor het netwerk een hogere capaciteit heeft. NS veranderde de stoptrein in de term Sprinter (SPR) en de IC's kregen meer stops;
- NS begint met invoeren van zogenoemde corridors. Dit komt voort uit het studieprogramma Benutten en Bouwen. De corridor structuur heeft als voordeel dat er een lagere gevoeligheid tussen verschillende lijnen zijn;
- De cyclische dienstregeling wordt gelijk gesteld aan het buitenland (van 17/47 naar 0/30), hierdoor wordt international treinverkeer makkelijker te organiseren; en,
- De rijtijdspeeling van treinen is aangepast. In 2007 werd de rijtijdspeeling minimaal 5% (was 7%) en de stationnementen werden minimaal 48 seconden voor een Intercity en minimaal 42 seconden voor een Sprinter (was 30 seconden).

Bovenstaande veranderingen hebben ervoor gezorgd dat sinds de invoering van de dienstregeling in 2007 meer treinen, meer reizigers vervoerden op dezelfde spoorinfrastructuur en dat deze treinen meer op tijd rijden (Infrasite, 2016; Kroon et al., 2009; OVinNederland, 2015).

3.1.2. Geplande ontwikkelingen dienstregeling Nederland

Als we met een korte blik kijken naar enkele ontwikkelingen, kunnen we vaststellen dat recente ontwikkelingen op het spoor de oplevering van de Hanzelijn in 2013 is geweest (NS, 2013a) en de gunning van de concessie voor het Hoofdrailnet en de HSL-zuid aan NS voor de periode van 2015-2024 (I&M, 2014b). In de toekomst zijn er twee veranderingen die invloed gaan hebben op de dienstregeling:

PHS/ETMET: Programma Hoog frequent Spoor/Elke Tien Minuten Een Trein

Met het PHS is het de bedoeling dat er zes Intercity's en twee tot zes Sprinters per uur op de drukste corridors gaan rijden, dit wordt ook wel 'spoorboekloos rijden' genoemd; persontreinen die gaan rijden als metro's. PHS wordt stap voor stap ingevoerd met de A2 corridor (Amsterdam - Eindhoven) als eerste traject in 2018, uiterlijk in 2028 rijdt er in de Randstad elke tien minuten een trein (ProRail, 2016e).

ERTMS (European Rail Traffic Management System)

Het huidige systeem voor beveiliging op het spoor ATB (Automatische Trein Beïnvloeding) en seinstelsel functioneert goed; het spoor in Nederland is erg veilig, gezien het weinige aantal dodelijke slachtoffers van ongelukken met treinen. ATB veroudert en komt uit een tijd dat de intensiteit op het spoor lager is dan de huidige intensiteit. Bovendien is ATB niet waterdicht, doordat niet elk ATB systeem de remcurve van de trein meeneemt en niet elke versie op elke snelheidsstap werkt. Door ERTMS wordt internationaal hetzelfde beveiligingssysteem gebruikt waardoor internationaal treinverkeer makkelijker wordt. Ook zal ERTMS ervoor zorgen dat treinen dichter op elkaar kunnen rijden dan nu met ATB kan, hierdoor zal de capaciteit toenemen. ERTMS kan ingevoerd worden in verschillende ETCS (European Train Control System) levels, van ETCS toepassingsniveau/level 1 t/m ETCS toepassingsniveau/level 3. Momenteel zijn de HSL, de Hanzelijn, Amsterdam-Utrecht en de Betuweroute al uitgerust met ETCS level 2, de havensporen in Rotterdam zijn uitgerust met ETCS level 1. Het streven is om voor 2030 een groot gedeelte van het Hoofdrailnet uit te rusten met ETCS level 2, dit zijn de trajecten uit: het PHS programma, SAAL (Schiphol - Amsterdam - Almere - Lelystad), de reeds met ERTMS uitgeruste lijnen en de door EU verplichte lijnen (I&M, 2014c).

3.2. Seinstelsel & Automatische Trein Beïnvloeding

In de operatie moet veiligheid de hoogste prioriteit hebben. Het beveiligingssysteem dat hiervoor zorgt bestaat volgens Goverde et al. (2013) uit vier componenten, in chronologische volgorde is dit:

1. **Spoorvrij detectie:** detectie van bezetten en vrijgeven voor spoorsectie;
2. **Interlocking:** instellen van technisch beveiligde routes voor veilige trein bewegingen;
3. **Signalering:** machinisten informeren over toegestane rijbewegingen; en,
4. **Automatische TreinBeïnvloeding:** beveiliging voor machinisten fouten.

Hieronder zal in sectie 3.2.1 de spoor vrij detectie en **interlocking** besproken worden, in 3.2.2 zal het signalering systeem wat in Nederland gebruikt wordt besproken worden. Waarna in 3.2.3 de Automatische TreinBeïnvloedingssystemen besproken worden.

3.2.1. Spoorvrij detectie & interlocking

Het is belangrijk dat de ICT- en beveiligingssystemen weten waar een trein zich bevindt. De detectie of een trein in een sectie is, kan gebeuren door assentellers, spoorstroomlopen, pedalen, massadetectielussen of overlay track circuits (ProRail, 2014b). **Interlocking** is een opeenvolgend gebied van beweegbare spoor elementen (wissels, ontspoorwissels en beweegbare bruggen). Het interlockingsysteem stuurt de wissels op routes waarbij afhankelijkheid tussen (en met) deze beweegbare elementen meegenomen wordt. Interlocking evalueert de spoorbezetting om een veilige route te kunnen garanderen (Bosschaart, 2013).

3.2.2. Seinstelsel NS '54

Als basis voor de snelheidsbeperkingen staan langs het spoor drie typen permanente borden die informatie geven op de standaard snelheidsbeperkingen. De informatie op de borden wordt aangevuld met seinen. De borden die de basis vormen zijn te zien in Figuur 3.4. De waarde op het bord in tientallen geeft de snelheid aan, per bord houdt het volgende in:

- **Snelheidsbord**, vierkant wit, vanaf dit punt geldt de maximale snelheid (Figuur 3.1);
- **Baanvaksnelheidsbord**, driehoek, groen, punt omhoog, baanvaksnelheid, optrekken tot aangegeven snelheid is toegestaan (dit bord wordt niet meer geplaatst; nu vierkant, wit) (Figuur 3.2); en,
- **Snelheidsverminderingbord**, driehoek, geel, punt omlaag, afremmen tot deze snelheid (Figuur 3.3).



Figuur 3.1:
Snelheidsbord.



Figuur 3.2: Baan-
vaksnelheidsbord.



Figuur 3.3:
snelheidsverminde-
ringsbord.

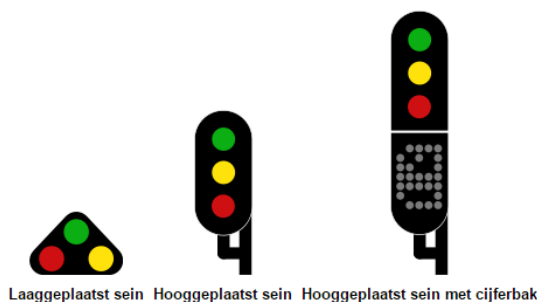
Figuur 3.4: Snelheidsindicatie borden Overheid (2015d).

Als toevoeging op de borden wordt in Nederland op het Hoofdrailnet het seinstelsel NS '54 gebruikt. Net zoals Spoorslag '70, refereert het NS '54 naar het jaar van invoering: 1954. Alle specificaties van NS '54 zijn opgenomen in de regeling Spoorverkeer (Overheid, 2015d). NS '54 is een drie-aspect twee-blok systeem; de seinen tonen één van de drie kleuren (eventueel met een cijfer) die de machinist een snelheidsopdracht geeft. NS '54 gebruikt vastliggende blokken met een lengte die minimaal gelijk is aan de maximale remafstand van de slechtst presterende trein plus een marge (Goverde et al., 2013). Blokken worden gescheiden door seinen. Er zijn verschillende mogelijkheden om een onderscheid in type seinen te maken. Een eerste onderscheid is het onderscheid tussen voor- en hoofdseinen;

- **Hoofdseinen** geven de bezetting van het spoor aan en kunnen ze dus een rood sein geven, daarnaast kunnen de hoofdseinen ook gecombineerd worden om de functie van een voorsein te vervullen;
- **Voorseinen** zijn seinen die voor een hoofdsein geplaatst zijn. Ze geven geen informatie over de bezetting van het spoor, en ze zullen daarom ook nooit een rood sein uitstralen. De functie van voorseinen is om een snelheidsopdracht te geven; een geel sein om af te remmen voor het volgende hoofdsein (dat een rood sein geeft).

Daarnaast is er een onderscheid tussen hoge en lage seinen, zie Figuur 3.5:

- **Lage seinen**, ook wel dwergseinen, zijn seinen waarin de drie kleuren lichten in een driehoeksvorm zijn gemonteerd. Het sein is klein en wordt alleen op plaatsen gebruikt waar niet harder dan 40 km/h gereden mag worden, zoals emplacementen of bij wissels langs perrons. Dit om te voorkomen dat het seintje over het hoofd wordt gezien. Deze zijn vaak naast wissels vinden, op een perron(einde) of hangend aan de perronkap.; en,
- **Hoge seinen**, bevatten drie kleuren lampen, deze drie lichten zijn verticaal aangebracht, van boven naar beneden: groen, geel en rood. Een verkeerslicht voor het wegverkeer heeft deze kleuren in omgekeerde volgorde zitten. Bij spoorseinen in Nederland is voor deze volgorde gekozen zodat bij sneeuwval het rode sein in zichtbaar zal blijven, aangezien deze het belangrijkste is.



Figuur 3.5: Overzicht seinen (OVinNederland, 2016b).

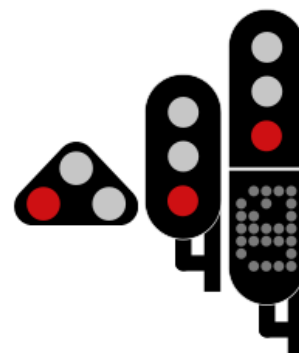
Naast de verdeling in hoge en lage seinen (dwergseinen) zijn seinen ook onderverdeeld in **bediende seinen** en **automatische seinen**. Een bediend sein is een sein dat door de **treindienstleider** wordt bediend. De **treindienstleider** kan een **rijweg** instellen. **Interlocking** zorgt er dan voor dat de wissels in de juiste stand komen te liggen, in die stand vastgelegd worden en dat daarna het sein, als ook aan alle andere veiligheidsvoorwaarden is voldaan, het juiste seinbeeld toont. Bediende seinen staan alleen op het **emplacement**. Achter een bediend sein ligt dan ook altijd een wissel. Alle lage seinen zijn bediende seinen, hoge seinen kunnen zowel bediende als automatische seinen zijn. In de rust situatie toont een bediend sein altijd rood. Automatische seinen zijn meestal *P-seinen* (*P=permissie*). Als er geen wissels achter een sein liggen, kan de trein ook maar één kant op: er is geen keuzemogelijkheid. Het enige dat het sein dan aangeeft is of er achter het sein een trein is of niet. Het sein is dan alleen nodig voor de blokbeveiliging. Deze seinen worden uitsluitend door de invloed van de trein op het detectiesysteem bediend. Alle P-seinen zijn hoge seinen. In de rusttoestand kan een P-sein geel of groen (eventueel met cijfer) tonen. Een automatisch sein is geen P-sein bij bijvoorbeeld bruggen (Infrasite, 2016). De drie kleuren die getoond kunnen worden zijn groen, geel en rood. Deze lichten kunnen blijvend getoond worden of knipperen. Ook kan er soms een cijfer bij getoond worden, zo zijn er zes combinaties mogelijk, zie figuren 3.6, 3.7 en 3.8.



Figuur 3.6: Mogelijke groene seinen.



Figuur 3.7: Mogelijke gele seinen.



Figuur 3.8: Mogelijke rode seinen.

Figuur 3.9: Alle mogelijke seinbeelden (OVinNederland, 2016b).

- **Groen:** Het blok dat wordt binnengereden bevat geen trein en is veilig; het sein mag met de plaatselijk toegestane snelheid voorbij gereden worden (Figuur 3.6);
- **Groen knipper:** Het blok dat wordt binnengereden is veilig. Er geldt een snelheidsbeperking van 40 km/h tot aan het eerstvolgende snelheidsbord. Wanneer een cijfer brandt onder (of naast) dit knipperende groen, dan geeft dit cijfer de maximum snelheid aan (= cijfer x 10km/h) (Figuur 3.6);
- **Geel:** Het blok is veilig, maar het hierop volgende blok niet. De machinist dient hier af te remmen naar 40 km/h. Ook moet de snelheid zo begrensd worden dat er voor een eventueel volgend rood sein gestopt kan worden (Figuur 3.7);
- **Geel met cijfer:** Het blok is veilig en het blok hierna ook. Wel moet er afgeremd worden naar de snelheid die het cijfer aangeeft. Als het cijfer niet knippert moet deze snelheid voor het volgende sein bereikt zijn. Als het cijfer wel knippert hoeft deze snelheid bij het volgende sein nog niet bereikt te zijn (Figuur 3.7);
- **Geel Knipper:** Het blok achter dit sein of het opvolgende blok is (mogelijk) bezet. Het is toegestaan om **op zicht** dit sein te passeren met een snelheid waarbij de trein binnen het zichtveld tot stilstand gebracht kan worden (Figuur 3.7); en,
- **Rood:** Vóór dit sein moet gestopt worden. Er bevindt zich een voorliggende trein in het blok of een overweg die met dit sein samenhangt is nog niet gesloten of er is nog geen **rijweg** ingesteld (Figuur 3.8).

3.2.3. Automatische Trein Beïnvloeding

Als aanvulling op de seinen is de Automatische Trein Beïnvloeding (ATB). De ATB grijpt in wanneer een machinist een sein niet opvolgt. Er zijn vier varianten van trein beïnvloeding systemen: ATB-EG, ATB-NG, ATB-Vv en ERTMS. Hieronder een korte beschrijving per systeem:

1. **ATB-EG (Eerste Generatie)** Aanleiding voor de invoering van ATB-EG was toen twee treinen op 8 januari 1962 in Harmelen frontaal op elkaar botsten, doordat in de dichte mist een sein gemist werd. De ontwikkelde ATB treinapparatuur geeft een remopdracht aan de machinist als de treinsnelheid hoger is dan de door de ATB baanapparatuur opgedragen snelheid. De ATB treinapparatuur controleert of de machinist binnen drie seconden remt. Zo niet, dan voert de ATB treinapparatuur een snelremming uit. Na stilstand kan deze door de machinist worden ontgrendeld. De ATB-EG controleert of er geremd wordt maar niet of er voldoende geremd wordt, daarnaast is er geen bewaking op een passage [Stop Tonend Sein](#) omdat ATB-EG werkt vanaf een snelheid van 40 km/h (ProRail, 2014a).
2. **ATB-NG (Nieuwe Generatie)** In de jaren negentig kwam er een nieuwe versie ATB: de ATB-NG. De ATB-NG heeft als belangrijkste eigenschap dat het systeem niet de maximale snelheid van de trein bewaakt, maar bij elke snelheid bewaakt of de trein voor het rode sein kan stoppen aan de hand van het werkelijk remcurve. Daarnaast werkt dit systeem op elke snelheid;
3. **ATB-Vv (Verbeterde versie)** Als aanvulling op de ATB-EG kwam in 2009 de ATB-Vv, aanleiding voor deze verbetering was het treinongeluk in 2004 in Amsterdam. De ATB-Vv werkt alleen onder de 40 km/h, daarom is het niet meer mogelijk om een [Stop Tonend Sein](#) passage te hebben (Movares, 2014); en,
4. **ERTMS (European Rail Traffic Management System)** Zoals beschreven in 3.1.2, zal ERTMS ATB gaan vervangen. De grootste redenen om ERTMS in te voeren, zijn het verbeteren van: interoperabiliteit, veiligheid en capaciteit (ProRail, 2014a)

3.3. Dienstregelingsontwerp mogelijkheden

3.3.1. Detailniveau (Macro, Meso, Micro)

Wanneer de termen **macro**, **meso** en **micro** gebruikt worden, gaat het over de mate van detail/grootte. Bij dienstregelingsontwerp kan een onderverdeling gemaakt worden in drie type details: infrastructuur, rijtijden en opvolg- en overkruisconflicten. Bij infrastructuur is er wat betreft macro-, meso-, micro vaak een verschil tussen niveau of schaal. Dit verschil is niet altijd even duidelijk.

Infrastructuur

Infrastructuur kan op verschillende manieren geassocieerd worden. Dit kan op schaalgrootte of detailniveau:

- **Schaalgrootte** gaat over het oppervlak/gebied, dit zou in drie niveaus in te delen zijn: **macro**, **meso**, **micro** (Pot, 2013) maar dit geeft verwarring met de begrippen bij detailniveau. Daarom is het meer wenselijk om te spreken van een grote of kleine schaal.
- **Detail niveau** De scheiding in detailniveau is duidelijker dan in schaalniveau. Radtke (Hansen and Pachl, 2014) maakt een duidelijk onderscheid tussen macro en micro. Het mesoscopische niveau plaatst Radtke tussen het **macro**- en **micro** niveau, waarbij het mesoscopische niveau gegenereerd kan worden om te gebruiken voor strategische studies. Macroscopische modellen kunnen gebruikt worden voor materieel planning en herkomst bestemming matrices van reizigers, microscopische modellen kunnen vooral gebruikt worden voor rijtijd berekeningen en **simulaties** van de uitvoering, al is dit tegenwoordig ook op macroscopisch niveau mogelijk. Het is mogelijk om te wisselen tussen detailniveau verschillen; Schlechte et al. (2011) presenteert een methode waarin microscopische data wordt omgezet naar data op macroscopisch niveau, Besinovic et al. (2014) geeft de mogelijkheid om beide kanten te wisselen van detailniveau. Radtke (Hansen and Pachl, 2014) classificeert op verschillen tussen knopen en lijnen:

Macroscopisch:

Knoop:

- Geografische waarden (coördinaten, namen, etc.);
- Type knoop (station, wissel, kruising); en,
- Enkele operationele gegevens (eindstation, reisweerstand).

Lijnen:

- Lijn lengte;
- Type (hoge snelheidslijn, passagier, goederen of gemixed);
- Nummer;
- Aantal sporen;
- Trein beschikbaarheid (geëlektrificeerd, as gewicht);
- Gemiddelde rijtijd; en
- Gemiddelde capaciteit

Microscopisch:

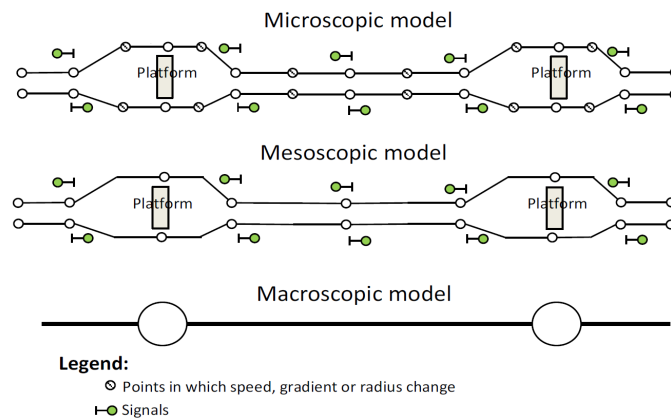
Lijnen:

- Lijn lengte;
- Helling;
- Toegestane snelheid;
- Snelheid indicatoren en borden;
- Bovenleiding en type bovenleiding;
- Boog;
- Signaleringssysteem;
- Overlap (indien aanwezig);
- Contact vrijgave & locatie;
- Track circuits;
- Stopborden;
- Blokken en routes;
- **Interlocking** techniek;
- Wissels;
- Uitsluiting van routes; en
- Beschikbaarheid van infrastructuur.

Besinovic et al. (2014) beschrijft een vergelijkbare verschil tussen macro en micro, waarbij Besinovic het meso niveau toevoegt, zie Figuur 3.10. Het microscopische model bevat een netwerk met homogene secties (secties met constante waarden voor snelheidslimiet, helling en boog), waarbij de knopen staan voor punten waar karakteristieken wijzigen en voor infrastructuur elementen als signalering, wissels, perrons en spoorvrijgeef detectie grenzen.

Het mesoscopische model aggregaat de homogene secties in blokken voor de **vrijebaan** en **emplacementen**. Met deze aggregatie is het mogelijk om bezetting van blokken te detecteren rond overgangen van blokken. De knopen staan voor wissels, scheiding tussen blokken en dezelfde infrastructuur elementen als bij het microscopische level.

Het macroscopische model aggregaat de mesoscopische lijnen naar corridors tussen twee stations of wissels. De knopen in dit level staan voor stations of kruisingen in het netwerk.



Figuur 3.10: Overzicht detailniveau, macro, meso en micro detail (Besinovic et al., 2014).

Opvolg- en overkruisconflicten

Binnen conflicten op het spoor kan er ook een onderscheid gemaakt worden in macro en micro benadering. Een conflict is een strijdigheid van of tussen planelementen (DONNAWiki, 2012). Onder planelementen vallen onder andere treinlengtes, rijtijden en opvolg- en overkruisconflicten. Bij een opvolg- of overkruisconflict worden twee treinen zo gepland dat ze op hetzelfde moment, of kort na elkaar, gebruik willen maken van hetzelfde stuk infrastructuur:

- Een **opvolging** gebeurt wanneer twee treinbewegingen achtereenvolgens in dezelfde richting plaatsvinden, en beide treinen hetzelfde in- OF uitrijspoor hebben (ProRail, 2016b).
- Een **overkruising** gebeurt wanneer twee treinbewegingen van of naar een **dienstregelpunt** gebruik maken van routes die (gedeeltelijk) gemeenschappelijke infrastructuur hebben en niet beiden hetzelfde in- of uit rijspoor hebben. Een overkruising kan in tegengestelde of in gelijke richting plaatsvinden (ProRail, 2016b).

Voor de Nederlandse situatie moet bij een opvolging/overkruising minimaal de technische minimale rijtijd, een rijtijdspeeling van minimaal 5% van de technisch minimale rijtijd, een minuut buffer tussen de twee treinen zijn en vervolgens afgerond worden op hele minuten.

Een macroscopische benadering van opvolg- en overkruisconflicten is om dit aan de hand van plannormen te doen. Deze plannormen staan voor de minimale tijd die tussen de twee opvolgende/overkruisende treinen op een **dienstregelpunt** moet zitten. De plannormen zijn opgenomen in de Netverklaring, zie Bijlage A. Het probleem van generieke normen is dat niet elke afstand tussen **dienstregelpunten** gelijk is, niet elke trein even lang is en de (aanzet-, in-, uit- of doorrij)snelheid niet altijd gelijk is waardoor de norm kan afwijken van wat er in werkelijkheid nodig is. In de microscopische benadering is het wel mogelijk om de daadwerkelijk benodigde tijd tussen twee treinen aan de hand van locatie specifieke omstandigheden te berekenen (ILT, 2014). Deze microscopische benadering is de bloktrap, die wordt besproken in Paragraaf 3.3.2. Binnen de Nederlandse spoorsector is het mogelijk om zo'n microscopische berekening voor een specifieke situatie uit te laten voeren. Deze berekening wordt dan uitgevoerd met het programma **ROBERTO** (Rij en Opvolgtijd BEREkenings TOol). Een **ROBERTO** aanvraag behandeling kost ongeveer een uur, waarbij er vijf á twintig aanvragen per week binnenkomen.

Een voordeel van de macroscopische benadering met plannormen is dat er altijd een standaard tijd bekend is die tussen twee trein bewegingen moet zitten, want dit scheelt rekentijd. Bij een lage intensiteit op het spoor is dit geen probleem. Naast dit voordeel is de norm niet altijd gelijk aan de werkelijkheid, dit brengt onzekerheid met zich mee. Deze onzekerheden zitten in twee specifieke situaties, waarbij het tijdens het plannen onbekend is welke situatie het geval is:

1. **Te lage plannorm:** het lijkt alsof er in de geplande dienstregeling geen conflict is terwijl deze er in de werkelijkheid wel zal zijn. De dienstregeling is dus minder 'goed' in de werkelijkheid dan in de planning wordt gedacht; en,
2. **Te hoge plannorm:** dan wordt er meer tijd tussen twee trein bewegingen gepland dan nodig is. Hierdoor zal de intensiteit van het spoor lager zijn dan dat de capaciteit in werkelijkheid is.

ProRail en NS gaan ervan uit dat indien alle normen worden toegepast, er dan een dienstregeling wordt opgeleverd die ongehinderde uitvoering van de treindienst mogelijk maakt; als de dienstregeling volgens plan verloop, zou de machinist geen rode of (ong geplande) gele seinbeelden hoeven te verwachten (voor seinbeelden, zie Paragraaf 3.2.2). Het komt er op neer dat de dienstregeling zo wordt gepland dat een machinist alleen bij een geplande stop langs een perron of een eindspoor een rood sein hoeft te verwachten (ILT, 2014).

3.3.2. Bloktrap

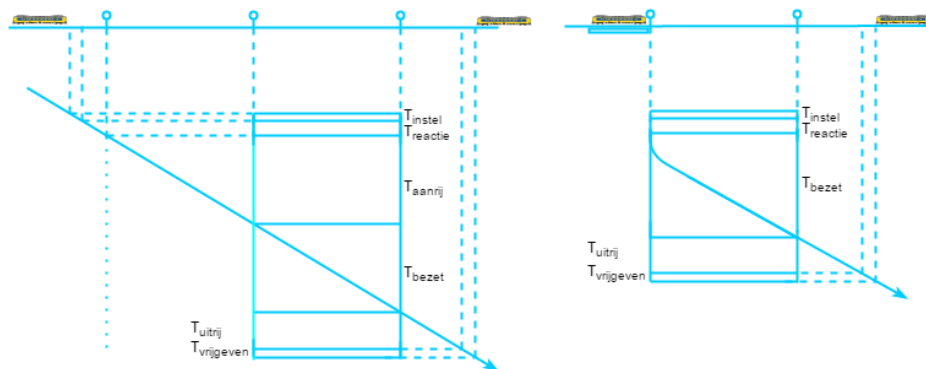
In een tijd-weg diagram worden de **treinpaden** weergegeven van treinen. Alleen bezetten de treinen niet alleen de **treinpaden**, maar ook de infrastructuur voor en achter zich. Daarom ontwikkelde Happel in 1959 de bloktrap. Deze bloktrap methode is een microscopische benadering. Met name bij infrastructuurbezetting van meerdere treinen bij een hoge intensiteit is deze microscopische benadering erg handig om te zien hoe een trein invloed heeft op de andere trein. Een macroscopische benadering voor conflicten van treinen (plannormen) op een stuk infrastructuur is besproken in de voorgaande paragraaf (opvolg- en overkruisconflicten). Hansen and Pachl (2014) geven een duidelijke omschrijving van de bloktrap methode en hieronder volgt de kern. Zoals beschreven in Paragraaf 3.2.2, bestaat het spoor uit verschillende secties. Een sectie kan bezet worden door een trein of gereserveerd worden voor een trein. Daarnaast is er ook extra tijd nodig om een blok in te stellen. De **bloktijd** is de totale tijd dat een blok door een trein bezet wordt. Een **bloktijd** is als volgt opgebouwd (zie Figuur 3.11 en Vergelijking (3.1)):

$$T_{Blok} = T_{instel} + T_{reactie} + T_{toenadering} + T_{rij} + T_{ontruiming} + T_{vrijgave} \quad (3.1)$$

Voor het vertrekken of aankomen van een trein is de bloktijd anders opgebouwd, zie Vergelijking (3.2) en Figuur 3.11 voor de bloktijd van een vertrekkende trein.

$$T_{Blokvertrek} = T_{instel} + T_{reactie} + T_{rij} + T_{ontruiming} + T_{vrijgave} \quad (3.2)$$

De verschillende componenten van een bloktijd zijn afhankelijk van verschillende factoren. Sommige com-

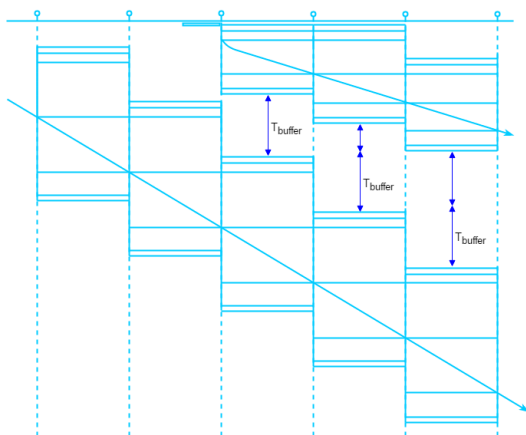


Figuur 3.11: Opbouw van een bloktijd van een rijdende trein en een vertrekkende trein.

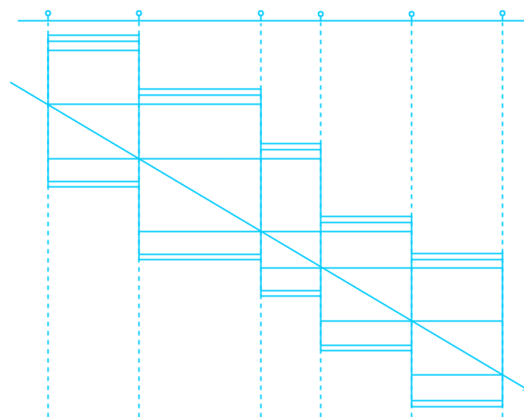
ponenten hebben een vaste waarde (onderstaand is een richtwaarde gegeven). Afhankelijk van de systemen en landelijke afspraken kan deze waarde verschillen. Sommige componenten zijn afhankelijk van verschillende factoren (lengte voorgaande blok, (gemiddelde)snelheid voorgaande blok, lengte van het huidige blok, (gemiddelde)snelheid in het huidige blok, treinlengte en uitrijnsnelheid (Hansen and Pachl, 2014)). Per component komt dit neer op:

- T_{instel} , de insteltijd is de tijd die de IT nodig heeft om het signaal van de **treindienstleider/ARI** naar de infrastructuur en terug te verwerken. Hier kan gedacht worden aan een tijd van twaalf seconden als er wissels omgezet moeten worden, als er geen wissels omgezet hoeven te worden is dit vier seconden, bij P-seinen is een insteltijd van één seconde voldoende (Weeda, 2016);
- $T_{reactie}$, de reactietijd is ook een vaste tijd, dit is de tijd die een machinist nodig heeft om het sein op te merken en te interpreteren. Daarbij is het ongewenst dat een signaal verspringt vlak voordat een machinist het sein voorbijrijdt. Er kan gedacht worden aan een tijd van negen seconden, bij deze afstand begint een machinist al met handelen (Weeda, 2016);

- $T_{toenadering}$, de toenaderingstijd is de tijd die de trein nodig heeft om van het vorige sein naar het huidige sein te komen. Dit is belangrijk omdat het vorige sein rekening houdt met de stand van het naderende sein, wanneer het vorige sein op groen was gepasseerd, dan moest toen het naderende sein ook al op groen of geel staan. De toenaderingstijd is afhankelijk van de *afstand van het vorige sein* en de *(gemiddelde)snelheid in deze vorige sectie*. Zo kan in Figuur 3.13 gezien worden wat de invloed is van verschillende *bloklengtes* op de toenaderingstijd en in Figuur 3.12 kan gezien worden wat de invloed is van verschillende snelheden op de toenaderingstijd. Er zijn verschillende systemen mogelijk die invloed hebben op de toenaderingstijd. De hier beschreven methode is de standaard situatie, voor meer informatie zie Hansen and Pacht (2014);
- $T_{rijtijd}$, de rijtijd is op dezelfde manier opgebouwd als de toenaderingstijd, maar dan met de *lengte van het huidige blok* en met de *(gemiddelde)snelheid in het huidige blok*;
- $T_{ontruiming}$, de ontruimingstijd is de tijd dat de trein er over doet om om uit de huidige sectie te rijden. Dit is afhankelijk van de *lengte van de trein* en de *ontruimingssnelheid*; en,
- $T_{vrijgeven}$, de vrijgeeftijd om de infrastructuur weer vrij te geven voor de systemen. Hier kan gedacht worden aan een tijd van één seconde.



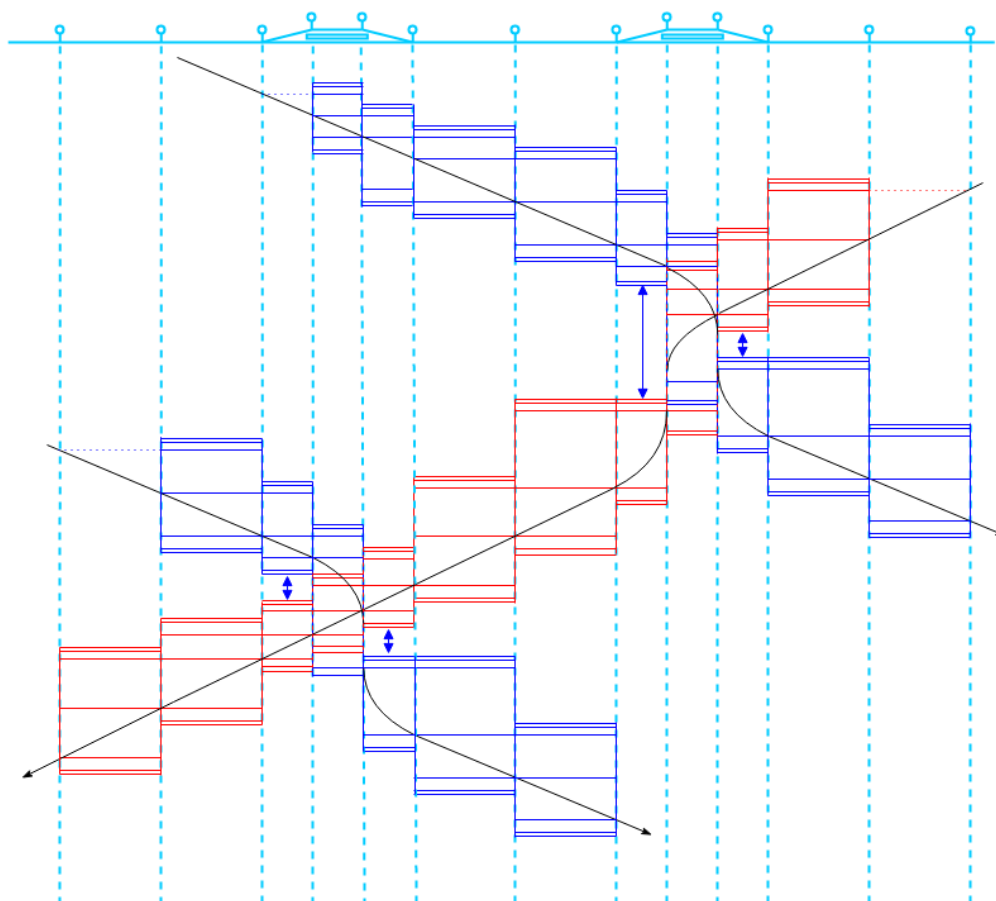
Figuur 3.12: Bloktrap met meerdere secties en twee treinen met verschillende snelheden.



Figuur 3.13: Bloktrap met meerdere secties met een heterogene sectie lengte.

ProRail heeft in de Netverklaring opgenomen dat er tussen twee treinen één minuut buffer moet zitten (ProRail, 2016b). Het doel van de buffer is om afwijking van treinen ten opzichte van het plan op te vangen, waardoor er niet direct hinder is bij een opvolgende trein. Door het afronden van de plantijden is de werkelijke buffer tussen de 30 en 90 seconden. In Figuur 3.12 is de buffertijd te zien. In het tweede en derde blok waarin de tweede trein is gaan rijden is ook te zien dat de tijd tussen de treinen toeneemt, dit komt doordat de tweede trein een lagere snelheid heeft dan de eerste. In Figuur 3.14 is ook de rol van de buffertijd te zien. Bij het station waar beide treinen stoppen is er voor gekozen om de kortste buffer van de blauwe trein na de stop te plaatsen. Daardoor is er voor het station van blauw en bij het verlaten van de rode trein meer ruimte. Zo is de kans dat de rode trein gehinderd zal worden kleiner. Deze kans is groter bij de andere blauwe trein als de rode trein niet stopt; doordat de rode trein doorrijdt kunnen beide buffers gelijk zijn aan de minimale buffertijd.

In Figuur 3.13 is te zien wat de invloed van verschillende *bloklengtes* op de bezettingstijd is. Met name de tijd voor de toenaderingstijd is korter wanneer de voorgaande sectie korter is. Daarom is de capaciteit dus optimaal als de *sectie* lengtes zo kort mogelijk zijn, waarbij zo kort mogelijk de minimale remafstand plus een kleine marge is.



Figuur 3.14: Bloktrap met drie treinen, met verschillende overkruisingen.

3.3.3. Rijtijd & rijtijdspeeling

Een onderdeel van een dienstregeling vormt de rijtijd van een trein. De rijtijden worden in Donna berekend door de rijtijdmodule en vervolgens worden deze tijden in **stations** en **haltes** naar boven afgerond op hele minuten. Hierdoor ontstaat een extra rijtijdspeeling.

Naast de technisch minimale rijtijd is in de Netverklaring een plannorm voor **rijtijdspeeling** opgenomen. Voor reizigerstreinen is de plannorm rijtijd de technische minimale rijtijd tussen **dienstregelpunten** (inclusief minimale stationnementen) plus minimaal 5% toeslag. Bij **stations** en **haltes** wordt de tijd afgerond op hele minuten. Bij doorrijpunten en **korte stops** worden deze in principe naar beneden afgerond (op hele minuten). Door naar beneden afronden wordt voorkomen dat een trein op zijn vertrekmoment moet wachten. Het zwaartepunt van de speeling ligt kort voor de grotere stations in Nederland waar de punctualiteit wordt gemeten. Voor goederentreinen wordt geen toeslag gegeven op technische minimale rijtijden; voor goederentreinen wordt gepland met de zwaarste trein en de laagste inlegsnelheid. Op die manier hebben lichtere en/of snellere goederentreinen altijd speeling (ProRail, 2016b). De twee variabelen die invloed hebben op de rijtijdspeeling zijn: hoeveelheid van de rijtijdspeeling en de verdeling van de rijtijdspeeling over het traject.

Rijtijdspeeling wordt gebruikt om een dienstregeling stabiel te maken: als sommige operationele processen langer duren dan verwachte tijd, dan zorgt de rijtijdspeeling ervoor dat het niet tot meer vertraging leidt of dat een eerdere vertraging ingelopen kan worden. Ook een deel van de rijtijdspeeling bestaat voor de variatie in rijtijd, denk aan bovenleidingspanning, tegenwind, ander materieel en prestaties van individueel materieel.

Er zijn ook nadelen aan rijtijdspeeling:

- De (geplande) reistijd van reizigers neemt toe;
- De infrastructuurbezetting neemt toe door het langzamer rijden van de trein, waarbij de locatie waar de trein de extra rijtijdspeeling inzet niet bekend is en dus andere treinen gehinderd kunnen worden; en,
- Er is meer personeel en materieel nodig.

Waar rijtijdspeeling het doel heeft om de voorspelbaarheid en betrouwbaarheid van een dienstregeling te verbeteren, zitten hier dus ook negatieve kanten aan. Het is aan ProRail en NS om een afweging te maken tussen

het grootste voordeel en de bijkomende nadelen (Kroon et al., 2007).

Als de trein volgens dienstregeling rijdt en daarom geen gebruik hoeft te maken van de rijtijdspeling om vertraging weg te werken, kan de rijtijdspeling gebruikt worden voor energiezuinig rijden (EZR). Hierbij versnelt een machinist zo vlot mogelijk tot de gewenste snelheid en vervolgens op het juiste moment begint met uitrollen door de tractie uit te schakelen. Door een energiezuinige rij strategie kan een trein 19,6% energie besparen. EZR zorgt er ook voor dat een trein exact op tijd rijdt (niet te vroeg en niet te laat), het is comfortabeler voor de reiziger en vermindert slijtage aan materieel en infra (Scheepmaker and Goverde, 2015).

3.3.4. Cyclische en non-cyclische dienstregeling

Vanaf spoorslag '70 is er in Nederland een volledig cyclische dienstregeling. In 1931 was in Nederland al op kleinere schaal begonnen met het concept cyclische dienstregeling. Een cyclische dienstregeling is een dienstregeling die zich elke tijdsperiode herhaalt, de lengte van deze tijdsperiode is één uur. Cyclische dienstregelingen hebben enkele voor- en nadelen:

Voordelen:

- **Goed voor de reizigers:** ook wanneer de vraag naar treinreizen buiten de spits laag is, blijft de dienstregeling op dezelfde kwaliteit (frequentie) doorgaan.
- **Duidelijk voor de reizigers:** zij hoeven geen lastige dienstregeling te onthouden: het aantal minuten over het uur en de frequentie is genoeg;
- **Handig voor de planning:** één basis patroon is voldoende: vanuit één uur kan de hele dag gepland worden. Een voorwaarde hiervoor is dat de eindsituatie van de cyclus gelijk moet zijn aan de beginsituatie; en,
- **Compacte presentatie:** Een basisuur patroon is voor veel cases binnen een vervoerder voldoende, hierdoor is er weinig informatie nodig.

Nadelen:

- **Constant aanbod:** het aanbod is niet aangepast op de vraag, als dit wel zou zijn zou er buiten de spits met een lagere frequentie gereden kunnen worden, of in de spits juist met extra treinen.;
- **Kostbaar:** omdat er meer aanbod is dan de vraag buiten de spits kost een cyclische dienstregeling meer (de treinen kunnen wel ingekort worden); en,
- **Rijtijdspeling is altijd gelijk:** hierdoor zou de buffer in de spits te laag kunnen zijn (omdat processen dan langer duren) en buiten de spits te groot.

Een cyclisch geplande dienstregeling heeft grote voordelen ten opzichte van een non-cyclische dienstregeling. Er zou ook gekozen kunnen worden voor een hybride variant: twee cyclische dienstregelingen (spits en dal) of een basis cyclische dienstregeling met extra treinen wanneer dit nodig is (Peeters, 2002). Bij een geïntegreerde cyclische dienstregeling komen bij een (overstap)station verschillende cyclische lijnen/corridors op hetzelfde moment bij elkaar (Hansen and Pacht, 2014). Merk op dat de dagelijkse dienstregeling een cyclische basis heeft maar ook andere paden heeft bezit wat geen patroon heeft.

Symmetrische eigenschappen

Onderdeel van een cyclische dienstregeling zijn symmetrische eigenschappen. Symmetrie in dienstregeling is tweeledig; allereerst zijn de rijtijden in beide richtingen gelijk en komen twee treinen van dezelfde lijn in tegengestelde richting elkaar tegen op een vastgesteld tijdstip. Het grootste voordeel van symmetrische eigenschappen is het mogelijk maken van aansluitingen (Liebchen, 2004).

3.3.5. Simulatie en planmethodes

Er zijn binnen het simuleren van een dienstregeling verschillende mogelijkheden om onderscheid te maken. De vier belangrijkste methoden worden hieronder besproken:

1. Deterministisch vs. stochastisch

Allereerst kan er deterministisch gesimuleerd worden; dan worden alle parameters vastgelegd door de gebruiker en er zijn geen parameters met een random component. Deterministische modellen worden vaak gebruikt om complexe situaties te evalueren en als start van de simulatie voordat stochastische simulatie kan plaatsvinden. Bij stochastische simulatie worden random componenten gebruikt om de werkelijkheid beter te reproduceren. Bij deterministische planning is het mogelijk om de uitvoerbaarheid van een dienstregeling te bekijken (Hansen and Pacht, 2014). Stochastische simulatie kan gebruikt worden om robuustheid en stabiliteit te testen. Voor meer informatie over uitvoerbaarheid, robuustheid en stabiliteit, zie Paragraaf 3.3.6.

2. Continu vs. discreet

In continue modellen veranderen variabelen continue over de tijd. Terwijl in discrete modellen, variabelen alleen berekend worden op vaste tijd intervallen of wanneer een event gebeurt, onafhankelijk van de tijd span tussen twee events. Binnen het spoor zijn sommige processen continu (bijvoorbeeld de treinbewegingen op een lijn) en zijn sommige processen discreet (het vrijgeven van een spoorsectie) (Hansen and Pachl, 2014).

3. Micro vs. macroscopisch

Dit gaat om het detailniveau van simulatie. In Paragraaf 3.3.1 is dit uitgebreid besproken.

4. Synchroon vs. asynchroon

In synchrone simulatie worden alle vergelijkingen van treinen die op hetzelfde moment verplaatsen gemodelleerd. In asynchrone simulatie worden treinen met de hoogste prioriteit eerst gesimuleerd en conflicten worden op een first-come-first-served basis afgehandeld. Hierna worden treinen met een lagere prioriteit gesimuleerd op basis van de nog beschikbare infrastructuur. Dit betekent dat er dus nooit conflicten kunnen zijn tussen treinen van verschillende niveaus. De synchrone benadering is realistischer met de werkelijkheid, terwijl asynchrone simulatie meer geschikt is bij dienstregelingsontwerp wat stap voor stap wordt uitgevoerd (Hansen and Pachl, 2014).

3.3.6. Evaluatie criteria

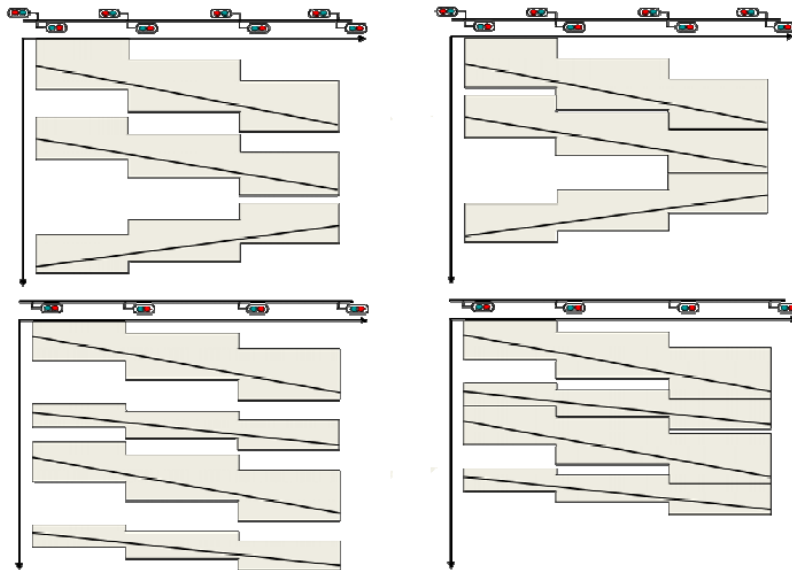
Een zeer bekend evaluatie criterium van de kwaliteit van de dienstregeling is punctualiteit. In Nederland is een trein 'punctueel' als een trein bij aankomst minder dan drie minuten (ProRail) (ProRail, 2016c) en vijf minuten (NS) (NS, 2016a) vertraging heeft. Uitgevallen treinen tellen niet mee. Om de punctualiteit te bepalen wordt dagelijks naar de aankomsten op 50 Nederlandse stations gekeken en of die aankomsten binnen de norm waren of niet. Naast (trein)punctualiteit bestaat er ook de reizigerspunctualiteit. Dat is een cijfer dat rekening houdt met de punctualiteit en uitval van treinen, maar ook met de gehaalde overstappen en aantallen reizigers per trein (hier is de norm voor 'op tijd' aankomen vijf minuten). De doelstelling in Nederland is om minimaal een gemiddelde treinpunctualiteit te hebben van 87,0% en een gemiddelde reizigerspunctualiteit van 90% (ProRail, 2016c). Punctualiteit is een methode om achteraf te kijken hoe goed de uitvoering was. Daarnaast is het ook mogelijk om tijdens het planproces te kijken hoe goed een dienstregeling is. Hier zijn door Goverde and Hansen (2013) vijf *Key Performance Indicators* (KPI's) opgesteld:

1. **Infrastructuurbezetting** is de gedeelde tijd die nodig is voor alle treinen om een dienstregeling te rijden, deze bezetting mag niet te hoog zijn; dan is er te weinig ruimte in de dienstregeling om vertragingen op te vangen. De infrastructuurbezetting is afhankelijk van: het *aantal treinen*, de *gemiddelde trein snelheid* en de *heterogeniteit van treintypes* (verschil in snelheden/aantal stops (IC/SPR)). Er is een verschil tussen de theoretische capaciteit en de effectieve capaciteit: de theoretische capaciteit is het maximum aantal treinen dat in een bepaalde periode kan rijden op een traject. Hier kan een maximale capaciteit worden gehaald met een homogene samenstelling van de treinen. Een meer realistisch is de effectieve capaciteit; het maximum aantal treinen dat in een bepaalde periode kan rijden op een traject, volgens een bepaalde dienstregelingspatroon (treintype, frequentie, volgorde en snelheid). De infrastructuurbezetting kan berekend worden door de *Timetable compression method*. De compressiemethode geeft naast de infrastructuurbezetting ook de minimale afstand tussen twee treinen en de kritieke blokken waar de twee treinen het dichtst bij elkaar zijn. Bij een samengedrukte dienstregeling worden alle treinen tegen elkaar aan gedrukt; alle buffers tussen deze treinen worden weggelaten en alle vertrek tijden worden ook losgelaten. De bezettingsgraad wordt dan als volgt berekend:

$$\text{Bezettingsgraad}[\%] = \frac{\text{Bezettijsd}}{\text{Tijdsperiode}} \times 100 \quad (3.3)$$

Volgens het UIC mag deze graad in de spits 75% en buiten de spits 60% zijn (UIC, 2013), zie Figuur 3.15 voor een voorbeeld. De linker tijd- weg diagrammen worden gecomprimeerd naar de rechter. De bovenste is een tweerichting spoor en de onderste is een één richting spoor. De invloed van verschillende richtingen op de capaciteit is duidelijk op zien: bij één richting passen er vier treinen in een periode, terwijl er bij twee richtingen drie treinen in dezelfde tijdsperiode passen

Er is kritiek op de UIC methode, deze is niet voor elke situatie geschikt: het kan niet omgaan met langere secties waar meer dan twee stations of knopen zijn. Ook moet het aantal treinen gelijk blijven (Lindner and Pachl, 2010);



Figuur 3.15: Voorbeeld compressie methode, van twee- en één richting spoor (Khadem Sameni et al., 2011)

2. **Dienstregelinghaalbaarheid** is de mogelijkheid voor treinen om hun geplande paden te volgen. Dit is mogelijk als de geplande procestijden korter zijn dan de werkelijke tijden en wanneer de dienstregeling conflict vrij is (zie Paragraaf 3.3.1. Een eenheid voor haalbaarheid kan het aantal conflicten zijn;
3. **Dienstregelingstabiliteit**: is de mogelijkheid voor een dienstregeling om **initiële vertragingen** en **primaire vertragingen** op te vangen. Initiële vertragingen zijn vertrekvertragingen op het startstation en vertragingen van treinen die het netwerk inrijden (bij grensovergangen). Een primaire vertraging is veroorzaakt bij variaties in procestijden, waardoor de werkelijke procestijd langer is dan de geplande procestijd.
De hersteltijd hangt af van de opgenomen rijtijdspeling en de buffertijden in de dienstregeling. De buffertijd tussen twee treinen voorkomt secundaire vertragingen (vertraging verspreiding doordat een andere trein vertraagd is). Een prestatie indicator voor een vertraging hangt af van twee variabelen: de grootte van de vertraging en de hersteltijd van de vertraging. In Duitsland moet een vertraging van 10 minuten binnen 2 uur weggereden zijn;
4. **Dienstregelingrobuustheid** is de mogelijkheid van een dienstregeling om ontwerpfouten, variaties in procestijden en veranderende operationele condities. De robuustheid hangt dus met name af van het stochastische gedrag van de processen. Een prestatie indicator kan een norm zijn dat het aantal processen binnen de geplande procestijd blijven (bijvoorbeeld 90%). Merk op dat robuustheid sterk samenhangt met stabiliteit: waar stabiliteit de buffers gebruikt om vertragingen op te lossen, gebruikt robuustheid de buffers om vertragingen te voorkomen. Roubuustheid moet dus de vertragingen voorkomen en de stabiliteit van een dienstregeling moet vertragingen oplossen; en,
5. **Dienstregelingsveerkracht** is de mogelijkheid om secundaire vertragingen te voorkomen of af te laten nemen door gebruik te maken van rijwegaanpassingen, volgorde of tijd aanpassingen. Hier is dus de interactie tussen de dienstregeling en de daadwerkelijke uitvoer waar de verkeersleiding invloed op heeft. Punctualiteit kan als prestatie indicator worden gebruikt.

Dienstregelingsontwerp in Nederland

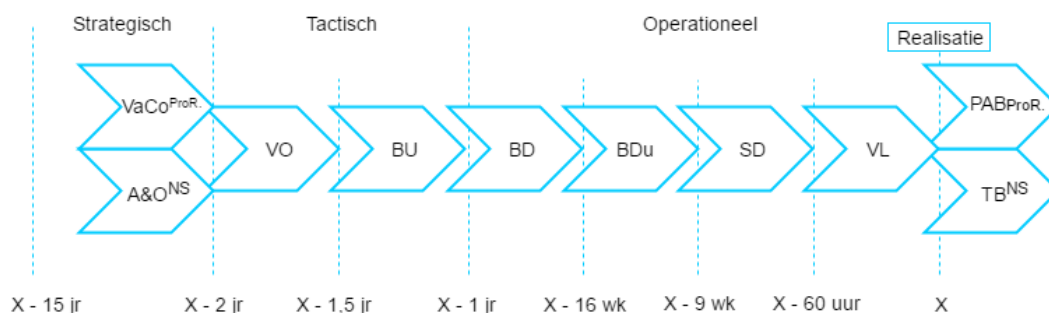
In Nederland zijn de kaders voor het spoor vastgelegd in de *Spoorwegwet* (Overheid, 2016). De Spoorwegwet is gedetailleerder uitgewerkt in onder andere het *Besluit Aanwijzing Hoofdspoorwegen* (Overheid, 2015a), *Besluit Spoorverkeer* (Overheid, 2015c), *Besluit Hoofdrailnet* (Overheid, 2004) en het *Besluit Capaciteitsverdeling Hoofdspoorweginfrastructuur* (Overheid, 2015b). NS heeft via de concessie Hoofdrailnet het recht om tot en met 2025 op het hoofdrailnet te rijden (I&M, 2014b), waarbij ProRail vanuit de beheersconcessie tot en met 2025 het spoor zal beheren (I&M, 2014a). Naast het Hoofdrailnet, zijn er ook regionale lijnen waar aparte aanbestedingen voor zijn.

In dit hoofdstuk zal het dienstregelingsontwerp in Nederland worden beschreven, wat aan de hand van vier stappen gedaan zal worden. Eerst wordt in Paragraaf 4.1 het ontwerpproces besproken, waarna in Paragraaf 4.2 de tooling besproken wordt. In Paragraaf 4.3 worden de algemene resultaten uit interviews met betrokkenen besproken. Waarna in Paragraaf 4.4 de sterke punten aan het Nederlandse dienstregeling besproken worden en in Paragraaf 4.5 wordt naar de verbeterpunten van de Nederlandse dienstregeling gekeken.

De informatie in dit hoofdstuk is verkregen uit literatuur, rapporten van NS en ProRail en uit interviews met NS en ProRail medewerkers. De samenvattingen van deze interviews alsmede waar de respondenten in het ontwerpproces actief zijn, zijn terug te vinden in Bijlage D,

4.1. Ontwerpproces van de dienstregeling in Nederland

In Nederland wordt de dienstregeling in acht verschillende stappen (fases) ontworpen/gepland. Een nieuwe dienstregeling gaat op de 2^e of 3^e zondag van december in, bij studies van NS wordt dit moment *X* genoemd, bij ProRail *N* (Rijper, 2016). *X-1* jaar betekent dat het 1 jaar is voor de indiensttreding van de dienstregeling. Naast jaren kan dit ook in weken, dagen of uren aangegeven worden, dit is per fase verschillend. In Figuur 4.1 zijn de fases van het ontwerpproces in Nederland te zien (ProRail, 2016a). Enkele respondenten (Hagen, 2016; Ossendrijver, 2016) geven aan dat door het werken in fases, en door de wisselwerking tussen ProRail en NS, piekbelasting in de werkdruk ontstaat en dat er erg rustige periodes zijn, dit wordt met name in de BD en BDu periode ervaren.



Figuur 4.1: Fases in het ontwerp van de dienstregeling (ProRail, 2016a).

De uitgeschreven namen van de fases zijn:

- **VaCO en A&O:** Vervoersanalyse & Capaciteitsontwikkeling (ProRail) en Advies & Ontwikkeling (NS);
- **VO:** VoorOntwerp;
- **BU:** Basis Uur;
- **BD:** Basis Dagen;
- **BDu:** Basis Dagen update;
- **SD:** Specifieke Dagen;
- **VL:** Verkeersleiding; en,
- **PAB en TB:** Prestatie Analyse Bureau (ProRail) & Transport Besturing (NS).

In Paragraaf 4.1.1 t/m Paragraaf 4.1.8 wordt per fase eerst beknopt besproken hoe dit georganiseerd is, waarna de opvattingen van de respondenten over de fase(s) beknopt besproken worden. Gedetailleerde informatie is terug te vinden in de verslagen van de interviews in Bijlage D.

4.1.1. Vervoersanalyse & Capaciteitsontwikkeling en Advies & Ontwikkeling

Bij VaCO en A&O worden studies gedaan vanaf 15 jaar vooruit t/m start van voorstudies voor een specifiek dienstregelingjaar (X-2). Formeel worden deze fases los doorlopen bij NS en ProRail, waarbij er onderling wel contact is om de wensen uit te wisselen. Zo weet ProRail wat NS over 10 jaar over de infrastructuur wil gaan rijden. Binnen deze fase worden dienstregelingen gemaakt als studiemiddel om de capaciteit vast te stellen. Door een dienstregeling te maken in voorstudies, liggen er gelijk voorstudies klaar voor latere fases (Bik, 2016; Giesing, 2016).

Volgens Bik (2016) krijgt A&O (NS) verzoeken vanuit de afdeling Treindienst Ontwikkeling (TDO) om studies te doen. TDO werkt samen met de afdeling Commercie om de klantwensen vast te stellen (van Leeuwen, 2016). Voor de voorstudies staan de volgende soort vragen centraal: *Is een andere lijnvoering beter? is een toename in frequentie op een bepaald traject mogelijk? Welk materieel kan hier ingezet worden? Kan een Intercity op station x een extra stop maken?*. Deze vragen zijn erg breed en daarom wordt in overleggen vastgesteld wat de precieze onderzoeksvragen en randvoorwaarden zijn (Bik, 2016; van Leeuwen, 2016). De uitkomsten van de studies worden meegenomen in overleggen met ProRail om infrastructuur aanpassingen mogelijk te maken, maar ze worden ook gebruikt in de voorstudies voor een dienstregeling (Bik, 2016).

Bij ProRail krijgt VaCO volgens Giesing (2016) de meeste verzoeken vanuit het Ministerie van I&M, maar ook vanuit overleggen met vervoerders, waaronder NS. Net als bij NS zijn bij de start van een studie de vragen vaag en wordt dit in overleggen gespecificeerd. Aan het einde van een studie gaat de informatie terug naar de vraagsteller en/of binnen ProRail om projecten te starten om de infrastructuur aan te passen (Giesing, 2016).

4.1.2. VoorOntwerp

Het VoorOntwerp is de fase waarin gekeken wordt naar een specifieke dienstregeling van een jaar (ProRail, 2016a). Volgens Warmerdam (2016) worden in het VO voorstudies gedaan door diegenen die ook in de BU fase betrokken zijn; voorstudies zijn verkennende studies naar mogelijkheden en wensen die in de BU fase besproken gaan worden. Afhankelijk van de hoeveelheid veranderingen in de nieuwe dienstregeling (geheel vernieuwd (voor 2017) of een verbetering van het voorgaande jaar (voor 2014, 2015 en 2016)) wordt er wel of niet met het BU of BDu (bestand) van het voorgaande jaar gestart. Als er geheel opnieuw wordt gestart met een dienstregeling levert A&O varianten aan, zodat de planner niet helemaal opnieuw hoeft te beginnen. Bij NS wordt ook gestart met informatie vanuit Commercie waaraan de nieuwe dienstregeling moet voldoen (bijvoorbeeld frequenties, overstappen) (Warmerdam, 2016).

Bij ProRail wordt een vergelijkbaar proces doorlopen. Hier is het volgens Ybema (2016a) de taak van ProRail om te inventariseren wat de wensen van de verschillende vervoerders in de BU fase gaan zijn. Bij grote wijzigingen in de dienstregeling werken de vervoerders en ProRail al wel samen in het VoorOntwerp. Dit is gebeurd bij de dienstregeling 2017 en ETMET (Ybema, 2016a).

4.1.3. Basis Uur

De BU fase loopt van september tot en met januari. Binnen ProRail wordt deze fase ook wel de BUP fase genoemd. De BU fase is de eerste fase waarin de infrastructuur vast ligt: het is bij grote uitzondering mogelijk om een wissel te plaatsen of een perron te verlengen (ProRail, 2016a). In Nederland wordt een cyclische dienstregeling gehanteerd, waarvoor een basisuurpatroon de basis vormt. Dit zijn uurpatronen voor daluren, spits en nacht (ProRail, 2016a) (zie Paragraaf 3.3.4 voor meer informatie over cyclische dienstregelingen).

In de BU fase zijn er tussen alle vervoerders (zowel reizigers als goederen) drie tot vier overleggen per week. Deze overleggen gebeuren in zogeheten ontwerpateliers. De ontwerpateliers worden voorgezeten door ProRail (Ybema, 2016a). Volgens Ybema (2016a) zitten sinds twee jaar van de grootste vervoerders drie personen aan tafel: één planner (logistiek), één vanuit Commercie en één van de verkeersleiding (uitvoering). Roelof vindt het grote voordeel hiervan dat iedereen vanuit de bedrijven betrokken is tijdens de BU fase, hierdoor is de driehoek van dilemma's binnen de vervoerder (Commercie, logistiek en uitvoering) vroegtijdig in het proces zichtbaar. Ook wordt binnen het BU proces, in overleg met de goederenvervoerders, een deel van de goederenpaden gepland. Goederenpaden zijn paden die goederenvervoerders op een later moment kunnen reserveren.

Het BU proces is volgens Ybema (2016a) een redelijk vrijblijvende fase: het is niet essentieel als vervoerders het onderling niet eens worden over de capaciteitsverdeling. Als de vervoerders het niet eens worden, wordt er een *agree to disagree* vastgesteld. Deze *agree to disagree* zal in de BD fase opgelost moeten worden. Volgens Warmerdam (2016) is de BU fase niet geheel vrijblijvend: een ontwerpatelier gaat niet door wanneer iemand afwezig is en het streven is om zo min mogelijk *agree to disagrees* te hebben zodat het product voor BD dan beter is.

4.1.4. Basis Dagen

In de BD fase wordt het basisuurpatroon over de gehele dag 'uitgerold'. Dit betekent dat de basis uren 18x achter elkaar worden gezet tot een dag. Het plannen van de opstart en afbouw van een dag, ook treinen als de ICE, Thalys en goederenpaden die geen uurpatroon hebben worden meegenomen (ProRail, 2016a). Midden april moeten de vervoerders klaar zijn en hun aanvraag bij ProRail doen. De aanvraag die NS doet moet volgens Ossendrijver (2016) conflictvrij zijn met haar eigen treinen, maar mag wel conflicten hebben met andere vervoerders. Over deze conflicten beslist ProRail; welke vervoerder krijgt haar pad en welke vervoerder kan niet (exact) op dat pad rijden. Deze keuzes worden gemaakt aan de hand van beslisregels die staan beschreven in het besluit Capaciteitsverdeling, welke in de Netverklaring staat (Hagen, 2016).

ProRail plant ook de goederenpaden en reizigerspaden voor vervoerders die niet zelf plannen. Volgens Hagen (2016) moet dit transparant gebeuren, omdat ProRail hier twee petten op heeft: als planner en verdeler. Door alle wetgeving heeft dit nog niet tot problemen geleverd (Hagen, 2016).

Het einde van de BD fase is het formele moment dat de vervoerders capaciteit aan vragen bij ProRail (ProRail, 2016a). Deze aanvraag wordt door ProRail beoordeelt en bij de start van de BDU als input geleverd. Als vervoerders het niet eens zijn met de verdeling, dan is het mogelijk om in beroep te gaan op de verdeling (Hagen, 2016; Ossendrijver, 2016).

4.1.5. Basis Dagen update

Na de capaciteitsaanvraag van vervoerders en de daaropvolgende capaciteitstoewijzing door ProRail krijgen de vervoerders een (concept) BDU bestand. In de BDU fase kunnen vervoerders nog kleine wijzigingen aanvragen in de zogenoemde ad hoc fase om tot een betere dienstregeling te komen. Deze aanvragen worden toegewezen/geaccepteerd door ProRail als er geen conflicten zijn. Nadat de dienstregeling in dienst is getreden kunnen in zes wijzigingsbladen (nieuwe BDU's) structurele aanpassingen aan de dienstregeling gedaan worden. Dit zijn volgens Ossendrijver (2016) vooral fijschavingen van minuten of grotere wijzigingen na voltooiing van (grote)bouwstappen. Idealiter wordt de oplevering van infrastructuurprojecten samen gepland met een nieuwe BDU's (Weeda, 2016). De BDU's gaan in op:

- December (ingaan dienstregeling);
- Februari;
- April;
- Juni;
- September; en,
- Oktober (herfstmaatregelen).

4.1.6. Specifieke Dagen

Op basis van informatie van het Order Service Centre (OSC), (een AUP (Aangepast Uur Patroon) en specificaties) plant de afdeling Dagplan van NS de exacte dagen voor een specifieke datum. Een AUP is een aangepaste BU voor de specifieke dag, waarin de afwijkingen op het BD door Dagplan doorgevoerd moeten worden in de dienstregeling (Baijense, 2016). Volgens Engel (2016) zijn (niet periodieke) buitendienststellingen en evenementen (bijvoorbeeld: Koningsdag, vierdaagse, voetbalwedstrijden en concerten) van grote invloed op de te plannen dienstregeling.

Bij Dagplan voeren ze de ontworpen basis dienstregeling (AUP) en specificaties uit om alle conflicten weg te werken. Vervolgens controleert ProRail volgens Rijper (2016) op vaste momenten of de specifieke dag goed gepland is en geeft hier terugkoppeling over aan vervoerders. Uiteindelijk controleert ProRail als laatste het plan en stuurt deze op naar de Verkeersleiding. Als er voor het opsturen nog conflicten in de planning zitten, verwijdert de afdeling Capaciteit Verdeling van ProRail het pad dat het minst recht heeft op het treinpad (Rijper, 2016).

4.1.7. Verkeersleiding

Op de 13 verkeersleidingsposten werken Decentrale Verkeersleiders (DVL) en Treindienstleiders (TD) (ProRail, 2015a). De Decentrale Verkeersleiders verwerken laatste orders van treinpaden. Volgens Groeneveld (2016) worden er op de post van Amsterdam 75-100 last minute treinen per dag aangevraagd. Dit zijn gestrande reizigerstreinen of laat bekend geworden goederentreinen. Als er nog ruimte is op het spoor, kunnen extra treinen tot 30 minuten van te voren ingepland worden. Soms wachten goederenvervoerders met het aanvragen van hun treinen tot ze dit bij de verkeersleiding kunnen doen, ondanks dat ze al langer wisten dat ze een trein wilden laten rijden. Dit doen goederenvervoerders omdat ze bij VL een stuk vrijer zijn met het inleggen van treinen, waardoor aanvragen die in de SD afgewezen worden wel bij de verkeersleiding worden geaccepteerd (Groeneveld, 2016).

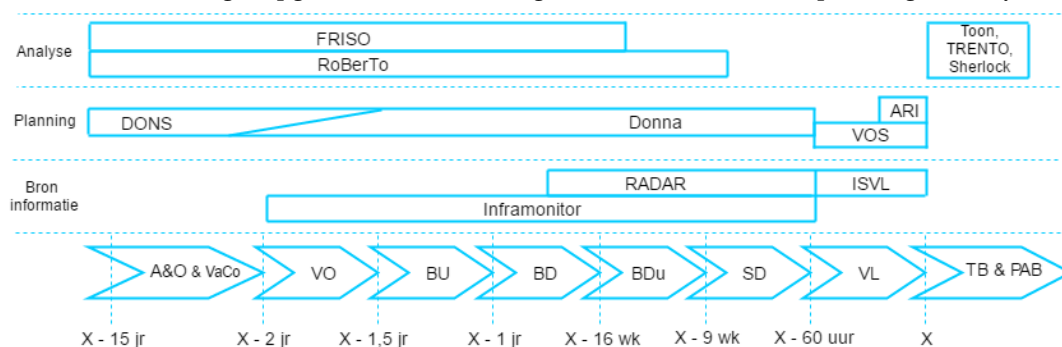
Treinen die aangevraagd worden over meerdere DVL gebieden, hebben een DVL toestemming van DVLs van andere posten nodig. Dit gebeurt digitaal via het systeem ISVL (Groeneveld, 2016). De Treindienstleider is werkzaam in het nu moment: zij bewaken vanaf X-15 minuten de veiligheid, onder andere door de Automatische Rijweg Instelling (ARI) in de gaten te houden en bij verstoringen in te grijpen. De treindienstleider kan ook handmatig rijwegen instellen, zolang dit geen conflicten oplevert (Groeneveld, 2016).

4.1.8. Prestatie Analyse Bureau & Transport Besturing

Wanneer de dienstregeling uitgevoerd is, wordt bij het Prestatie Analyse Bureau (PAB, ProRail) en Transport Besturing (TB, NS) getoetst hoe goed de dienstregeling was. Allereerst wordt volgens Weeda (2016) naar de punctualiteit gekeken voor rapportages naar de concessieverlener (Ministerie van I&M). Ook worden de analyses van de uitvoering, waaronder spreiding, gebruikt om volgende dienstregelingen te verbeteren. Deze verbeteringen kunnen gedurende het dienstregelingsjaar gebeuren via BDU's of voor de volgende dienstregeling (Mestrum, 2016; Weeda, 2016).

4.2. Tooling

In deze paragraaf zal de meest gebruikte tooling voor het plannen tijdens het ontwerpproces van de dienstregeling beschreven worden. Per tool zal kort de functie van de tool beschreven worden, met enkele voor- en nadelen van de tool. De informatie over de tools zijn gehaald uit beschikbare documentatie en de uitgevoerde interviews. Voor samenvattingen van de interviews zie Bijlage D. In Figuur 4.2 is te zien welke tool wanneer gebruikt wordt. De tooling is opgedeeld over drie categorieën: bron informatie, planning en analyse.



Figuur 4.2: Gebruikte Tooling ten opzicht van de fases (Middelkoop, 2015).

4.2.1. Bron informatie

- **RADAR:** RADAR (Registratie en Administratie Dagplan Aanvragen Railned) wordt gebruikt om alle vormen van buitendienststellingen (BTD) aan te vragen en verdelen. Omdat binnen het plannen in Donna de informatie over een BTD niet altijd compleet is wordt RADAR als naslag gebruikt over de precieze informatie over de BTD (ProRail, 2016b). Respondenten gaven aan tevreden te zijn over de functies van RADAR;

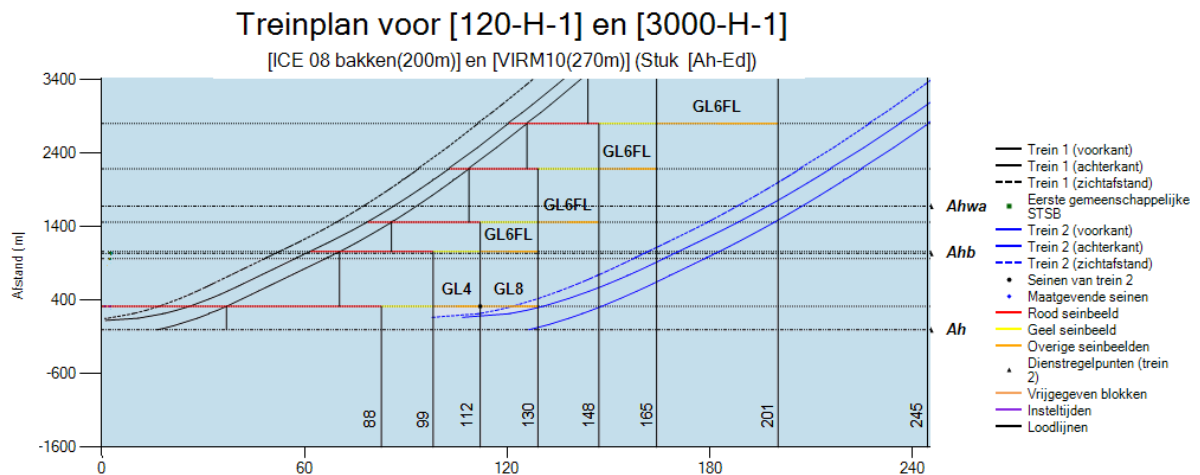
- **ISVL:** Op de verkeersleidingspost werken ze met ISVL. Met het programma ISVL kunnen vervoerders orders voor extra treinen aanvragen of aanpassingen aan treinen. Ook staat in ISVL alle meldkaarten van Nederland. Meldkaarten zijn berichten over een verstoring (Groeneveld, 2016). Groeneveld (2016) gaf aan tevreden te zijn met de werking van ISVL.

4.2.2. Plannings tools

- **DONS:** DONS is het plansysteem wat NS en ProRail gebruiken voor voorstudies tot X-1,5 jaar. DONS is planningstool met mesoscopische detail infrastructuur waarbij overkruisingen en opvolgingen gepland worden op basis van plannormen. Bij DONS kan, in tegenstelling tot Donna, één persoon tegelijkertijd werken in een planversie. Hierdoor kunnen verschillende versies van een dienstregeling/infrastructuur opgeslagen worden. Wel kunnen andere planners los van elkaar aanpassingen doen in het bestand. Een voordeel aan DONS is dat de planner zelf infrastructuur kan muteren en in tienden van minuten kan plannen (Bik, 2016).
- **Donna:** Donna is het nationale plansysteem voor alle ondernemingen die een deel van de capaciteit van het spoornet willen gebruiken. Het systeem is ontwikkeld door NS en ProRail (ProRail, 2016a). Het planningssysteem Donna werkt met microscopische detail infrastructuur waarbij overkruisingen en opvolgingen gepland worden op basis van normen. Respondenten zijn tevreden over de communicatieve functie van Donna (Bik, 2016; Engel, 2016; Hofstra, 2016). Op de software zijn wel aanmerkingen wat betreft de methodiek die gebruikt wordt voor het plannen, aan het einde van elk punt is aangegeven welke respondenten dit aangegeven hebben:
 - Rijtijdberekening: rijtijden worden niet goed berekend in Donna en daarom wordt er nu gewerkt met een rijtijdenboek in de VO- en BU fase, in de BD en SD fase niet. Vanuit dit rijtijdenboek wordt handmatig de rijtijd overgenomen naar Donna voor een afstand tussen dienstregelpunten op basis van het materieel. De rijtijd die gebruikt wordt is gebaseerd op de Donna berekening, DONS berekening, OpenTrack en gerealiseerde rijtijden (Bik, 2016; Hagen, 2016; Hofstra, 2016; Mestrum, 2016; Van Dijk, 2016; Warmerdam, 2016; Weeda, 2016; Ybema, 2016a). Ook wordt bij het berekenen van de rijtijd voor reizigerstreinen de invloed van hellingen en bogen niet meegenomen (voor goederentreinen gebeurt dit wel)(Bik, 2016);
 - Plannen in tienden: momenteel worden rijtijden in tienden berekend maar door- en aankomst tijden worden afgerond naar gehele minuten. Hierdoor gaat waardevolle informatie over de exacte locatie van de trein en soms ook capaciteit verloren (Bik, 2016; Hofstra, 2016; Mestrum, 2016; Van Dijk, 2016; Warmerdam, 2016; Ybema, 2016a); en,
 - Conflicten: Donna detecteert in 2016 40 conflicten (zie Bijlage A.2): dit zijn situaties die in de praktijk niet mogelijk kunnen zijn. Met name over de opvolg- en overkruisconflicten geven veel respondenten beperkingen aan (Bik, 2016; Engel, 2016; Hagen, 2016; Hofstra, 2016; Mestrum, 2016; Ossendrijver, 2016; Van Dijk, 2016; Warmerdam, 2016; Weeda, 2016; Ybema, 2016a)(zie ook Paragraaf 4.5.1). Toch geeft Warmerdam (2016) aan dat conflicten ook een handig hulpmiddel zijn: ondanks dat volgens Warmerdam de conflicten te omzeilen zijn en moet je je als planner niet focussen op het wegwerken van conflicten maar de detectie als ondersteuning gebruiken. Het plan hoeft volgens Warmerdam nog niet goed te zijn als er geen conflicten zijn, en een plan kan soms ook prima uitvoerbaar zijn als er wel conflicten zijn.
- **VOS:** Op de verkeersleidingspost wordt VOS (Verkeersleiding Ondersteunend Systeem) gebruikt. In VOS staan de treinpaden zoals deze vanuit Dagplan naar de verkeersleidingspost zijn opgestuurd. Decentrale verkeersleiders gebruiken VOS om nieuwe treinpaden in te leggen, waarbij geen conflictdetectie aanwezig is en de treinen op basis van ervaring worden ingelegd. Decentrale Verkeersleiders zijn tevreden met de werking van VOS (Groeneveld, 2016); en,
- **ARI:** Op de verkeersleidingspost gebruiken Treindienstleiders de Automatische Rijweg Instelling (ARI). ARI stelt voor treinen automatisch een veilige rijweg in. Dit instellen doet ARI opbasis van het PPR (procesplan rijwegen) wat vooraf gedefinieerd is. Als alles volgens plan gaat, werkt ARI volledig automatisch. Bij verstoringen gaat niet alles automatisch en moeten treindienstleiders handmatig rijwegen in ARI instellen, treindienstleiders zijn tevreden over ARI (Groeneveld, 2016).

4.2.3. Analyse tools

- **FRISO:** Met FRISO (Flexibele Rail Infra Simulatie Omgeving) kunnen microscopische simulaties naar de kwaliteit van infrastructuur-, dienstregeling- en/of besturingsvarianten gedaan worden. Output van de analyses zijn vertragingen, verspreiding, voortplanting, demping en infrastructuur gebruik. Respondenten gaven aan dat ze tevreden zijn over FRISO;
- **ROBERTO** Rij- en Opvolgtijd BERrekenings TOol. **ROBERTO** is een capaciteitstoets voor opvolgtijden. In Figuur 4.3 is een analyse van een VIRM10 na een ICE op Arnhem te zien. De uitkomst is dat de VIRM10 88 seconden na de ICE8 kan vertrekken. De opvolgtijd in minuten wordt naar boven afgerond in minuten, dit ivm Donna. Respondenten vinden dat de tool prima functioneert, al vinden Weeda (2016) en Warmerdam (2016) dat drie dagen lang wachten is op een reactie van degene die de berekening uitvoert en Giesing (2016) vindt het jammer dat het niet mogelijk is om opvolgtijden op een geheel of groen-13 seinbeeld te berekenen;



Figuur 4.3: **ROBERTO** berekening van een opvolging van een VIRM10 na een ICE8.

- **TRENTO** Met TRENTO is het mogelijk om snel percentielen van de gerealiseerde procestijden (halteerduur, rijdtijd) voor bijna elk station en treinserie te bepalen. Tevens kunnen er bandbreedtegrafieken worden gemaakt met behulp van Trento (Mestrum, 2016); en,
- **Sherlock:** in Sherlock zijn per treinnummer bijna alle beschikbare uitvoeringsdata beschikbaar. De basisgegevens (tijdstip van aankomst/vertrek/doorkomst per drglpt, spoorgebruik, materieelinzet), maar ook zaken zoals de seinbeelden die een trein heeft gekregen en informatie over of een op een bepaald moment gehinderd is en door welke trein (Mestrum, 2016).
- **Toon:** Toon is een aanvulling op Sherlock en geeft inzicht in de realisatie treindienst: Toon geeft uitvoeringgegevens (gekoppeld aan treinnummer) visueel weer: waar en wanneer een trein gereden heeft (op sectieniveau). Tevens worden toestanden van infra-elementen weergegeven (ProRail, 2016b);

4.2.4. Missende functies in software

In de interviews hebben de meeste respondenten aangegeven dat ze over het algemeen tevreden zijn over de tooling die zij gebruiken. Bij de software Donna waren aanmerkingen dit is voorgaand besproken (onder Paragraaf 4.2.2). Drie respondenten gaven aan dat ze kleine onderdelen in de tooling missen, maar dit zijn geen grote beperkingen aan de methodiek. Voor de volledigheid worden ze hieronder wel benoemd:

- Warmerdam (2016) mist aan Donna drie functies. Ten eerste mist ze een speelfunctie om bij voorstudies snel een aantal mogelijkheden te bekijken, in plaats van treinen al in te leggen. Ook mist ze in de voorontwerpfase dat gewijzigde infrastructuur nog niet altijd in Donna is ingevoerd, dit kost haar extra tijd. Als laatste mist ze in het begin van het BU proces de treinspecificaties van de nieuwe Sprinter Flirt;
- Baijense (2016) mist dat er uit software geen functie is om lijsten voor het OSC (Order Service Centre) te exporteren. Dit gaat om buitendienststellingen of wijzigingen ten opzichte van het BU. Dit gebeurt nu handmatig, maar het zou makkelijker zijn als dit met het één druk op de knop zou kunnen; en,
- van Leeuwen (2016) mist een functie om op zeer grote schaal dienstregelingen te maken. In het voorontwerp is het niet mogelijk om met software snel verschillende alternatieven met elkaar te vergelijken. Ook DONS vraagt volgens van Leeuwen al om vrij gedetailleerde informatie.

4.3. Algemene resultaten uit de interviews

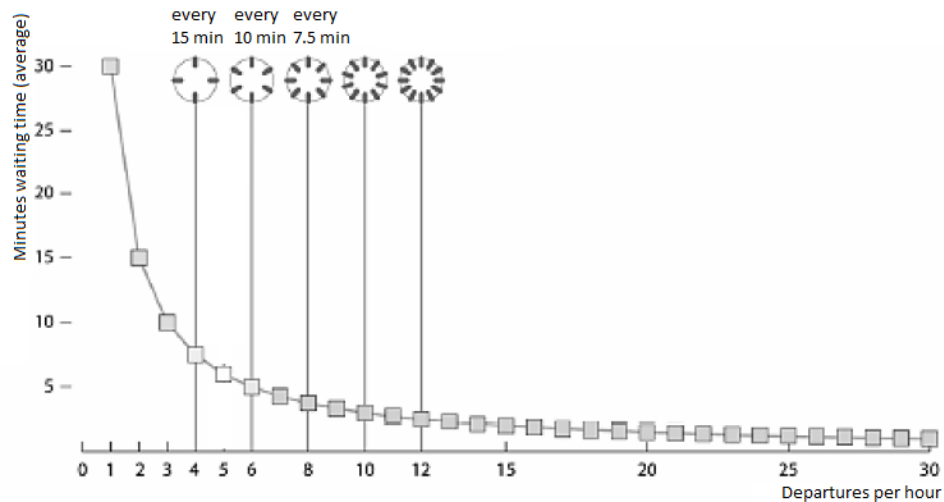
Alle respondenten geven aan dat er bij hun werkzaamheden voldoende informatie beschikbaar is en wanneer dit niet voldoende beschikbaar is, is het proces zo ingericht dat er veel overleggen zijn om de benodigde informatie boven tafel te krijgen. Er is volgens Ybema (2016a) & Giesing (2016) alleen een kloof tussen de lange termijn (VaCO/A&O) en de jaardienst (VO): omdat de realisatie van infrastructuren projecten veel tijd kost komen deze later beschikbaar. Het is niet altijd bekend bij planners wanneer en in welke stappen deze infrastructuur beschikbaar komt. Het project *Rolling Forecast* wordt nu opgezet om deze kloof te dichten. Dit is een dashboard waarin voor komende jaren, per jaar staat aangegeven hoeveel infrastructuur er beschikbaar is, hoeveel infrastructuur vervangen wordt en wat de (verwachte) vervoersvraag is (Ybema, 2016a).

Hoewel over het algemeen voldoende informatie beschikbaar is en van voldoende kwaliteit is, zijn er op twee vlakken tekorten geconstateerd. Ten eerste is de broninformatie is niet altijd kloppend, waardoor de dienstregeling op foutieve informatie wordt gebaseerd. Dit werd door drie respondenten (Hagen, 2016; Rijper, 2016; Van Dijk, 2016) aangegeven. Als tweede geven Van Dijk (2016) & Rijper (2016) aan dat informatie in de regelgeving soms onduidelijk is en informatie (strakker) in de Netverklaring geregeld zouden moeten worden. Rijper (2016) geeft hier enkele concrete voorbeelden voor:

- **Documentatie van de Tafel van Verdeling:** wat de redenen achter de gemaakte afspraken in het BU proces zijn. Voor het BU 2017 is het document *keuzes en onderbouwing uitwerking BUP-2017* opgesteld (Ybema, 2016b). Dit had Rijper nog niet bereikt;
- **Rijden op enkelspoor en opvolgtijden:** dit staat niet duidelijk genoeg in de Netverklaring waardoor er op gezond verstand gepland wordt, dit zorgt wel dat er soms verschillende oplossingen voor dezelfde situatie zijn (Rijper, 2016); en,
- **De precisie in het plannen,** waarbij vaak als argument wordt genoemd dat het niet zo nauw komt. Rijper (2016) noemt als voorbeeld brugopeningen: daar wordt nu gepland met netto openingstijden i.p.v. met bruto openingstijden. De netto openingstijd is de tijd dat de boten door kunnen varen, bruto openingstijd is de tijd dat trein verkeer niet mogelijk is. Het is opmerkelijk om te plannen op een open staande brug tijd die korter is dan de werkelijk afgesproken openingstijd. Dit geldt overigens ook voor vertrektijden: de reiziger denkt dat de deuren sluiten op de hele minuut (zoals op de borden staat), maar dit is de vertrektijd. De vertrek procedure van de Hoofdconductor begint 24 seconden voor de hele minuut en sluiten de deuren twintig seconden voor de hele minuut (NS, 2015).

Naast dat de respondenten consensus hadden over dat er voldoende informatie beschikbaar is, noemen de meeste respondenten (Bik (2016); Giesing (2016); Mestrum (2016); Ossendrijver (2016); Warmerdam (2016); Weeda (2016) & Hofstra (2016)) de voordelen van het ontvlechten van de dienstregeling. Door het beperken van kruisende bewegingen is hinder van andere treinen niet meer mogelijk. Over de terminologie van het ontvlechten is men het nog niet eens; sommigen noemden dit corridor rijden, terwijl Hofstra (2016) het Nederlandse netwerk geen corridor netwerk vindt.

Één van de huidige ontwikkelingen is het verhogen van de frequentie (ETMET: elke tien minuten een trein) op enkele trajecten. Bik (2016); Ybema (2016a) & Warmerdam (2016) verwachten dat dit binnenkort ook gereden gaat worden, onder andere doordat in 2019 de tussentijdse rapportage aan het ministerie van I&M over de concessie is. Wel verwacht Warmerdam (2016) dat het verhogen van de frequentie enkele problemen op gaat leveren omdat er werkzaamheden op Amsterdam Centraal zijn. Hofstra (2016) verwacht dat ondanks de werkzaamheden het wel mogelijk is om al met een tien-minuten-dienstregeling te gaan rijden. Volgens Mestrum (2016) wordt er vrij veel gewicht binnen de organisatie, maar ook in de media, aan het ETMET gegeven. Er zijn volgens hem meer trajecten waar veel treinen rijden (o.a. Den Haag - Rotterdam). Daarnaast heeft het ETMET ook een nadeel: door de 6/6 frequentie sluiten de treinen moeilijk aan op de 4/4 frequentie. Ook als het materieel door moet rijden op een andere lijn met een lagere (4/4) frequentie, dan zijn er twee treinen over of tekort. Daarom is het volgens (Mestrum, 2016; Weeda, 2016) planningstechnisch eenvoudiger om de frequentie te verhogen naar 8/8. Zo kunnen de treinen van één 8/8 traject doorrijden op twee 4/4 trajecten. Zoals in Figuur 4.4 te zien is, levert het verhogen van 6/6 naar 8/8 minder voordeel op in wachttijd dan de verhoging van 4/4 naar 6/6 in wachttijd. De afname van wachttijd wordt volgens Corman (2014) minder naarmate de frequentie al hoger is. Daarom zal wachttijd in de toekomst (na een 8/8 dienstregeling) geen reden meer zijn om de frequentie te verhogen. Wel kan capaciteitstekort een reden zijn om de frequentie te verhogen.

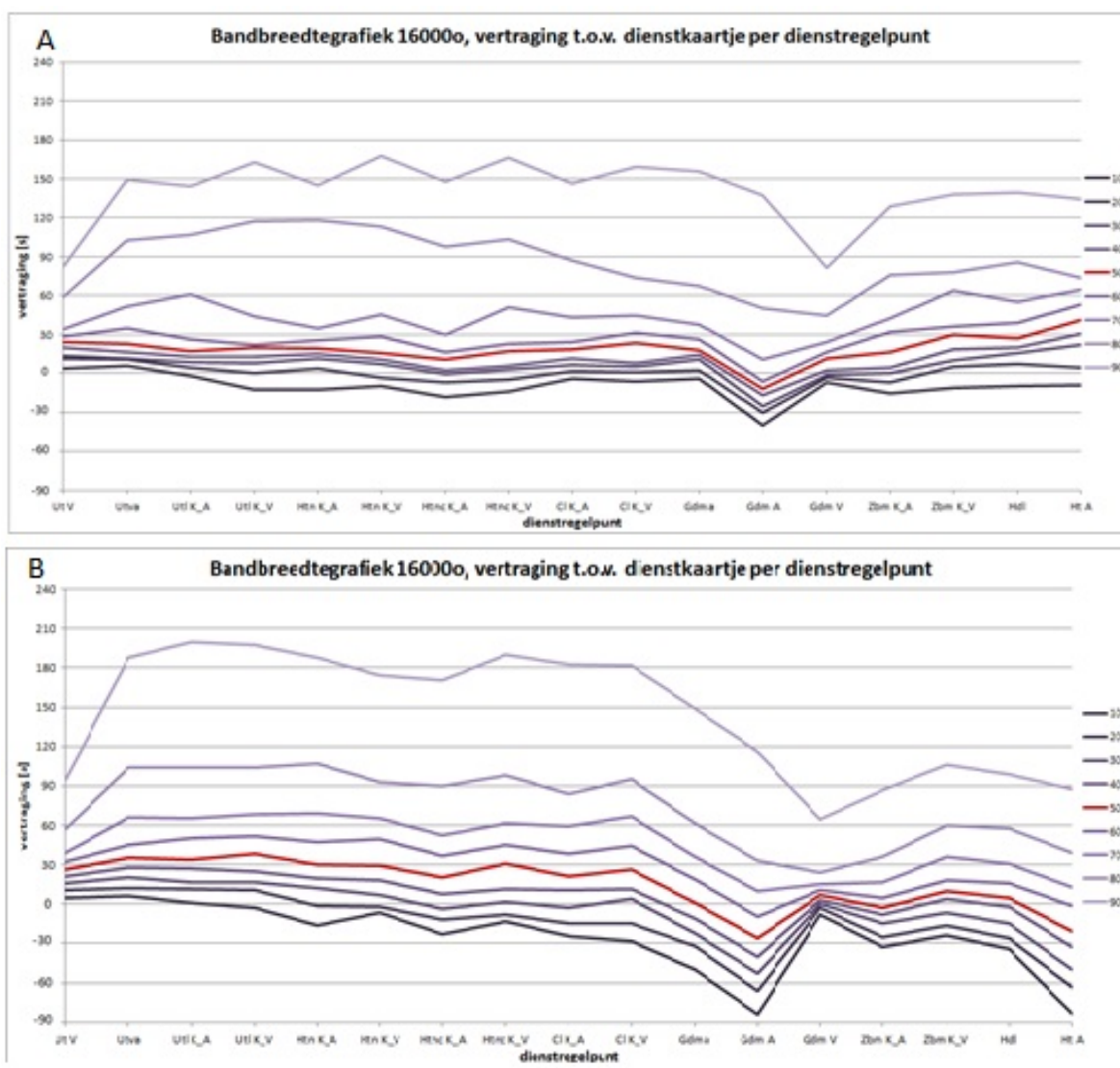


Figuur 4.4: Invloed van frequentie op gemiddelde wachttijd (Corman, 2014).

Achterin het proces (SD & VL, (Engel, 2016; Groeneveld, 2016; Rijper, 2016)) is nog geen consensus met het begin van het proces (A&O/VaCO), (Bik, 2016; Deerenberg, 2016; Van Dijk, 2016; Warmerdam, 2016) over het saneren van wissels en het plannen in tienden:

- **Wissels** worden gesaneerd om ontvlechten extra te ondersteunen en ter voorkomen van wissel storingen: als er minder wissels zijn kunnen deze niet in storing springen (zie Paragraaf 5.5). Met minder wissels is de kans op een olievlek werking minder groot, waardoor de overlast tot één lijn beperkt blijft. Volgens Rijper (2016), Engel (2016) & Groeneveld (2016) missen de bijsturing en SD deze wissels soms omdat dit hun bewegingsvrijheid beperkt in het aanpassen van de dienstregeling ten opzichte van het basisuurpatroon. Van Dijk (2016) bevestigt dat niet iedereen van naar het grotere geheel van het netwerk/dienstregeling kijkt, er wordt door sommigen snel/te veel naar details gekeken.

- **Plannen in tienden;** respondenten dichter bij de uitvoering (Engel, 2016; Groeneveld, 2016; Rijper, 2016) zien geen voordelen in het plannen in tienden. Ze geven als reden aan dat het niet zo nauw komt in de planning en dat machinisten niet exact op tijd kunnen rijden. Er zijn twee argumenten waarom plannen in tienden wel beter en haalbaar is: als eerste is volgens Bik (2016) het plannen in tienden voordelig wanneer meerdere dienstreglingspunten vlak achter elkaar liggen (zoals in Amsterdam Singelgracht), dan levert een plan in tienden een realistischer plan op. Als tweede laat Deerenberg (2016) zien dat wanneer een machinist een goed plan en de juiste informatie krijgt, het wel goed mogelijk is voor een machinist om op tijd te rijden en dat het de spreiding vermindert. Sinds februari 2016 is gestart met dienstkaartjes in tienden voor de machinisten. Eerste proeven met de dienstkaartjes in tienden laten een afname in spreiding zien. De spreiding tussen het tiende en zeventigste percentiel zijn treinen die variatie in de uitvoering verklaren. Overige vertragingen ontstaan door hinder van andere treinen of incidenten. De verschillen zijn in Figuur 4.5 te zien: bijvoorbeeld een afname van 94s naar 51s bij Geldermalsen aansluiting (Gdma) en van 90 s naar 73 s seconden bij Den Bosch aansluiting (Hta). Dit is een afname van 45% en 28 % in de spreiding. Deze effecten zijn de eerste resultaten, waarin werd gezien dat er een leereffect bij machinisten was. Hierdoor presteerden de machinisten aan het einde van de meting beter dan toen de tienden net op het dienstkaartje stonden (ProRail, 2016d).



Figuur 4.5: Spreiding op dienstregelpunten tussen Utrecht en Den Bosch. Grafiek A (boven): spreiding van de uitvoering op basis van een dienstkaartje in tienden, Grafiek B (onder): spreiding in referentie periode op het zelfde traject met een dienstkaartje in minuten (ProRail, 2016d).

4.4. Kwaliteit Nederlandse Dienstregeling

In deze paragraaf zal de kwaliteit van de Nederlandse dienstregeling besproken worden zoals de respondenten deze zien. Eerst wordt een algemene analyse van de interviews gemaakt, waarna in Paragraaf 4.4.1 de methodische kwaliteiten volgens de respondenten worden besproken. Als laatste wordt in Paragraaf 4.4.2 de (infrastructuur) inhoudelijke kwaliteiten besproken. In Paragraaf 4.5 zullen de verbeterpunten worden besproken. Een eerste opvallende constatering is dat respondenten het lastig vonden om positieve kanten van het Nederlandse spoor te benoemen. Het is lastig om hier een reden voor te vinden. Dit zou mogelijk kunnen komen door de reputatie van het spoor in Nederland, de kritische houding van Nederlanders of omdat medewerkers van NS en ProRail altijd bezig zijn om het product te verbeteren en daardoor op zoek zijn naar wat er fout gaat. Desondanks zijn er in de interviews wel positieve kanten benoemd.

Over het algemeen vonden respondenten het positief dat er met de hoge intensiteiten een hoge punctualiteit wordt bereikt. Warmerdam (2016) vond als aanvulling dat ondanks de werkzaamheden nog redelijk hoge punctualiteit gehaald worden. Daarnaast werd door Ybema (2016a) en Bik (2016) het knooppunt met korte overstappen als positief punt genoemd. Bik (2016); Van Dijk (2016) en Mestrum (2016) noemden naast de korte overstappen dat er veel reisrelaties zonder overstap mogelijk. Dit komt volgens hun dankzij het alternerende netwerk. Alternerend is bijvoorbeeld de IC vanuit Groningen & Leeuwarden die naar Den Haag of Rotterdam rijdt, dit wisselt per half uur. Daarbij benoemen ze wel de uitdaging die bij het ontwerpen van de dienstregeling is: door de vele verbindingen over het netwerk bestaat de mogelijkheid van olievlekwerking bij vertragingen en/of verstoringen. Van Dijk (2016) noemde dat door alle interacties en afhankelijkheden in het netwerk wel eens gekscherend gezegd wordt dat de dienstregeling van Arriva in Arnhem bepaald is door de vertrektijd van de Thalys in Parijs. Ook noemde Van Dijk als voordeel aan het huidige netwerk en dienstregeling, dat mocht er een verstoring optreden dat het mogelijk is om met relatief kort omreizen de eindbestemming gehaald kan worden.

4.4.1. Methodische kwaliteit

Wat betreft de methodische kwaliteiten van de Nederlandse dienstregeling is volgens Hofstra (2016); Ybema (2016a) en Ossendrijver (2016) het basisuurpatroon een erg sterk punt. Dit geeft een sterke basis voor de dienstregeling. Daarnaast vindt Ybema (2016a) het erg sterk dat het BUP symmetrisch gepland wordt: dit zorgt voor goede overstap mogelijkheden. Een interessante constatering over het BUP kwam van Van Dijk (2016); de cyclische eigenschap aan onze dienstregeling brengt een hoop voordelen maar ook een aantal beperkingen. Voor de klant is het erg onwenselijk om het Basis Uur Partroon af te schaffen, maar het is soms wel nadelig om bijvoorbeeld geen onderscheid te maken tussen uren in de spits of het dal waar de processen toch anders verlopen qua tijden.

Bij lange termijn en voorstudies werd door Mestrum (2016), Giesing (2016) en Bik (2016) opgemerkt dat het erg positief is om te starten met pen en papier want dit zorgt voor overzicht en duidelijk zichtbare verbanden en mogelijkheden.

Daarnaast wordt er volgens Weeda (2016) door planners de laatste tijd veel netter gepland. Allereerst is het gebruik van uitbuigen door planners sterk verbeterd ten opzichte van het verleden: als een planner een trein uitbuigt wordt er extra rijtijd speling toegevoegd om een conflict te voorkomen (bijvoorbeeld een IC die achter een SPR rijdt). Het gevolg is dat de trein toch te vroeg aankwam (omdat de machinist hier geen informatie over krijgt) en daarom op een rood sein loopt. Naast uitbuigen gaan planners volgens Mestrum (2016) en Warmerdam (2016) ook netter om met het creatief afronden: door creatief afronden kan een overkruising van 1,9 minuten afgerond worden naar 3 minuten waardoor Donna geen conflicten signaleert terwijl de overkruising in werkelijkheid te krap is.

Voor het dienstregelingsjaar 2017 zijn de verwachtingen hoog. Dit komt volgens Warmerdam (2016) deels doordat Het BU 2017 opnieuw is ontworpen en niet als vervolg op voorgaande dienstregelingen. Verder zijn volgens Ybema (2016a), Van Dijk (2016), Mestrum (2016) en Warmerdam (2016) voor 2017 realistische rij- en halteertijden gebruikt en is er al rekening gehouden met extra speling voor de langere rijtijden (door rustiger remgedrag) die in de herfst nodig zijn. Nu zijn dit nog langere stationnementen, en in de herfst kan dit langere rijtijd worden. Weeda (2016) verwacht van vier van de vijf series die in 2016 het slechtst scoren op punctualiteit dat die in 2017 een hogere punctualiteit halen. Wel verwacht Weeda dat er een hoop werk zal gaan zitten in het bijschaven van de dienstregeling, omdat 2017 geheel opnieuw ontworpen is. Ook zien Mestrum (2016), Bik (2016) en Hofstra (2016) als verbetering dat het voorontwerp in tienden is gepland. Ze vragen zich af wat er aan het einde van de SD fase nog van te zien gaat zijn, maar het basis ontwerp is beter ontworpen.

4.4.2. Inhoudelijke kwaliteit dienstregeling

De inhoudelijke kwaliteit die de respondenten in de Nederlandse dienstregeling zien staan puntsgewijs beschreven aan de hand van baanvakken en knopen. Achter het beschreven punt staat in welke interview(s) dit aangedragen is. Het is te zien dat deze lijst redelijk beperkt is, zoals eerder beschreven is dit terug te leiden naar de kritische blik van de respondenten.

Baanvak

De volgende baanvakken worden als sterke punten in de dienstregeling beschouwd:

- Trajecten waar van vier naar twee sporen wordt gegaan liggen er dienstregelingstechnisch vrij goed in (Duivendrecht - Amsterdam Centraal en bij Delft) (Warmerdam, 2016);
- De mogelijke vijfde en zesde sprinter naar Houten vanaf Utrecht Centraal bij voorstudies voor 2018. Deze ligt er erg mooi in en gaat veel rangeerbewegingen schelen (Warmerdam, 2016);
- De verweving van de HSL en het Hoofdrailnet in de toekomst. Bij het nieuwe intercity materiaal (IC-NG, vanaf 2021) is een verhoging van de maximale snelheid van 160 naar 200 km/h waardoor het snelheidsverschil met de hogesnelheidstreinen (300 km/h) kleiner wordt (Bik, 2016).

Knoop

Wat betreft de knopen zijn twee respondenten (Warmerdam, 2016) en Van Dijk (2016) tevreden over de knopen Zwolle en Schiphol. Beide knopen zijn lastig door de afhankelijkheden. In het verleden werd begonnen met het maken van de dienstregeling bij Schiphol, maar door de huidige lijnvoering is dit niet meer nodig en wordt de dienstregeling vanaf knoop Zwolle opgebouwd. Zwolle is volgens Warmerdam en van Dijk uitdagend door de gelijktijdige aankomsten van drie treinen. Deze gelijktijdigheid is nodig in verband met de transfers. Voor het basisuurpatroon van 2017 is Warmerdam tevreden met de dienstregeling rond Zwolle.

4.5. Verbeterpunten Nederlandse Dienstregeling

De verbeterpunten van de Nederlandse dienstregeling die de respondenten in de interview hebben aangedragen, zullen net als de kwaliteiten van de Nederlandse dienstregeling, aan de hand van methodisch en inhoudelijke verbeterpunten besproken worden.

Een verbeterpunt wat door de meeste respondenten genoemd is en niet binnen de categorieën (methodisch/dienstregeling) valt zijn goederentreinen. Goederentreinen worden volgens Ybema (2016a) ingelegd voor de slechtst mogelijke rijkskarakteristiek, zodat goederenvervoerders altijd een pad kunnen gebruiken met hun uiteindelijke belading. Het gevolg is dat dit erg lage gemiddelde snelheden zijn ten opzichte van reizigerstreinen. Volgens Ybema zijn de daadwerkelijk gerealiseerde rijkskarakteristieken in veel gevallen veel beter (bijv. lichtere massa) wat meer oplossingsruimte zou bieden voor een aantrekkelijkere uitwerking van het BUP. De goederentreinen hebben veel invloed op reizigerstreinen (Bik, 2016). Bijvoorbeeld een goederentrein die van Kijfhoek naar Onnen zes reizigerstreinen doorkruist. Van Dijk (2016), Warmerdam (2016), Engel (2016) en Rijper (2016) bevestigen in de interviews de mening van Ybema en Bik. Weeda (2016) en Mestrum (2016) geven daarnaast aan dat de opvolg- en overkruisnormen voor goederentreinen vaak te krap zijn, waardoor de gerealiseerde dienstregeling hinder kan hebben. Hofstra (2016) geeft aan dat goederenpaden erg weinig benut worden, zijn schattingen liggen op 10-20%. Volgens Hofstra is een ander nadeel van het basisuurpatroon dat een goederenpad twee keer per uur voorkomt, zou deze per dag 36 keer voorkomen, wat in de praktijk niet het geval is.

4.5.1. Methodische verbeterpunten

Op methodisch gebied worden door vele respondenten twee verbeterpunten genoemd. Dit zijn: plannen met locatiespecifieke normen en plannen in tienden van minuten. Daarnaast noemen twee respondenten het missen van stochastiek in het proces. Deze drie punten worden hieronder besproken, waarna enkele kleine verbeterpunten besproken worden:

- **Locatiespecifieke norm:**

Zoals in Paragraaf 3.3.1 is besproken, wordt de dienstregeling in Nederland gemaakt met algemene plannormen voor opvolg- en overkruisconflicten. De nadelen die daar beschreven worden, zijn ook van toepassing in Nederland en worden door veel respondenten genoemd. Soms wordt er ruimer gepland dan nodig (Engel, 2016; Ossendrijver, 2016; Rijper, 2016). Ook detecteert Donna de opvolg- en overkruistijden niet altijd goed (Hofstra, 2016). De oplossing met de **ROBERTO** berekeningen en het IB-conflict werken niet goed omdat deze niet gelijk in het systeem zitten (Hagen, 2016; Weeda, 2016). Door de normen doen planners soms dingen omdat het wordt afgedwongen van het systeem en niet omdat er een betere dienstregeling van komt (Mestrum, 2016; Van Dijk, 2016). Goederentreinen hebben hier een grote invloed op, omdat deze treinen erg lang zijn en langzaam rijden (Hofstra, 2016);

- **Plannen in tienden van minuten:**

Nu wordt in Donna de plantijd afgerond naar hele minuten. De plantijd is de tijd waar vooral mee gewerkt wordt. Dit afronden heeft een aantal nadelen. Allereerst kan dit er in de praktijk toe leiden dat constructies worden gepland, die in tienden onmaakbaar zou zijn. Anderzijds worden constructies gemist, die in tienden wel mogelijk zouden zijn (Mestrum, 2016). Planners kunnen de doorkomsten niet in logische tijden vastleggen, omdat er wordt afgerond naar minuten (Bik, 2016; Van Dijk, 2016). Ook ontstaat er een kromme verdeling van de rijtijdsdeling. Nu is het onduidelijk waar meer capaciteit nodig is en waar capaciteit mist. Dat kan meer inzichtelijk gemaakt worden als er gepland wordt in kleinere eenheden (tienden) (Giesing, 2016; Hofstra, 2016; Ybema, 2016a). Plannen in tienden levert niet veel extra capaciteit op, maar zorgt wel voor een nauwkeuriger plan. Het zal vooral voordelen opleveren op locaties met veel dienstregelpunten achter elkaar. Wel zal er volgens Bik (2016); Warmerdam (2016) gekeken moeten worden naar de normen als er in tienden gepland gaat worden. Bij een korte stop zullen de aankomst- en vertrekmomenten niet meer op dezelfde minuut vallen, waardoor bij sommige situaties de norm te hoog is. Dan mag de trein niet meer rijden zoals deze nu wel mag. Zo gaat er volgens Bik (2016) capaciteit verloren, die er nu wel is; en,

- **Stochastiek:**

Binnen het ontwerpproces wordt er niet stochastisch ontworpen, maar met normen. Dit betekent dat variatie niet meegenomen wordt, maar er wordt ontworpen voor de meest voorkomende waarden in het ontwerpproces. Hierdoor wordt er één werkelijkheid gecreëerd, terwijl er in de uitvoering een spreiding is (Hofstra, 2016; Van Dijk, 2016).

Naast de bovenstaande methodische verbeteringen, worden in de interviews een aantal kleine verbeteringen genoemd. Zo wordt een dienstregeling niet altijd opnieuw ontworpen, maar wordt er doorgegaan met een voorgaande dienstregeling. Het is volgens Warmerdam (2016) niet handig als er teveel geïtereerd wordt op een dienstregeling, omdat er dan met dezelfde fouten doorgewerkt wordt. Weeda (2016) noemt wel dat door het hergebruiken van een dienstregeling dat de meeste kinderziektes opgelost worden.

Enkele respondenten geven aan dat goederen lastig zijn. Naast de afwijkingen met de opvolg- en overkruisnormen op de realiteit zijn de goederen op een ander vlak ook een verbeterpunt. De goederenpaden die aangevraagd worden zijn volgens de traagst mogelijke rijkaracteristieken zodat goederentreinen altijd kunnen rijden. Naast dat goederentreinen al vrij traag zijn, vraagt dit extra capaciteit van het spoor (Bik, 2016; Hofstra, 2016; Van Dijk, 2016; Ybema, 2016a). Ook wordt volgens Van Dijk (2016) de invloed van vertraagde treinen op het netwerk niet meegenomen. Donna detecteert enkel dat een trein hinder veroorzaakt (conflict). Het wordt alleen niet inzichtelijk hoe ver die hinder doorwerkt in het netwerk. Er wordt dus geen robuustheidstoets meegenomen. Vroeger werd dit gedaan door het programma SIMONE. SIMONE wordt niet meer gebruikt omdat de uitkomsten binnen NS niet meer door iedereen vertrouwd worden. Incidenteel wordt er een simulatie van OpenTrack aangevraagd bij een ingenieursbureau (Van Dijk, 2016).

Daarnaast zou het volgens Hofstra (2016) mogelijk moeten zijn om gehinderd te plannen (alle seinbeelden behalve groen en rood). Het is geen probleem als een trein een stukje (gepland) 80 km/h i.p.v. 130 km/h mag rijden. Als dit gehinderd plannen maar bewust wordt gedaan. Met de huidige tooling kan dit volgens Hofstra niet goed gepland worden.

4.5.2. Inhoudelijke verbeterpunten

De inhoudelijke verbeteringen van de Nederlandse dienstregeling staan puntsgewijs beschreven aan de hand van baanvakken en knopen. De baanvakken en knopen waar volgens de respondenten momenteel of in de recentelijke toekomst de capaciteit lager is dan de vraag zijn ook grafisch weergegeven in Figuur 4.6.

Baanvak

Op de volgende baanvakken is volgens de respondenten de huidige of recentelijk toekomstige vraag naar capaciteit hoger dan de capaciteit die de infrastructuur levert:

- Utrecht C. - Arnhem C., (Ossendrijver, 2016);
- Utrecht C. - Amersfoort (Hofstra, 2016; Ossendrijver, 2016);
- Amersfoort - Amsterdam C. (Ossendrijver, 2016);
- Hanzelijn (Lelystad - Zwolle) (Ossendrijver, 2016);
- Regio Schiphol (Bik, 2016);
- Den Haag C. - Schiphol (Bik, 2016);
- Nijmegen - Den Bosch (Warmerdam, 2016);
- De driehoek Dordrecht, Breda, Roosendaal (Ybema, 2016a);
- Arnhem - Nijmegen (Giesing, 2016; Warmerdam, 2016);
- Utrecht C. - Harderwijk (Giesing, 2016);

Daarnaast zijn er op baanvakniveau volgens de respondenten een aantal locaties waarbij er beperkingen zijn die niet vraag-aanbod gerelateerd zijn, dit zijn:

- Seinplaatsing bij enkel spoor; deze is vaak zo ontworpen dat er achter een trein geen tweede trein aan mag/kan rijden. In de dienstregeling is dit nooit nodig, maar voor leeg materieel is dit soms wel nodig (Weeda, 2016);
- Brabantroute; door werkzaamheden aan de Betuweroute worden goederen omgeleid over de Brabantroute. Dit levert een erg vol baanvak met weinig restructuur op (Warmerdam, 2016);
- IC Den Haag Centraal - Eindhoven die vanaf Breda niet verder zal rijden door materieel tekort (Mestrum, 2016).

Gedurende het jaardienstverdelingsproces of naar aanleiding van een prognose van capaciteitsaanvragen voor de nabije toekomst kunnen capaciteitsknelpunten worden gesignaleerd. Het knelpunt kan verbonden zijn aan zowel de fysieke als andere begrenzingen (onder andere geluid, spoorwegveiligheid en externe veiligheid) van de capaciteit. Dit kan leiden tot het door ProRail overbelast verklaren van delen van de infrastructuur. Na overbelastverklaring stelt ProRail binnen 6 maanden een capaciteitsanalyse op. Binnen 6 maanden na afronding van de capaciteitsanalyse stelt ProRail na overleg met betrokken gerechtigden een capaciteitsvergrotingsplan op. Voor het capaciteitsvergrotingsplan stelt ProRail met behulp van een kostenbatenanalyse de meest kosteneffectieve oplossing vast. Oplossingen kunnen zowel van infrastructurele als dienstregelingstechnische aard zijn (ProRail, 2016b).

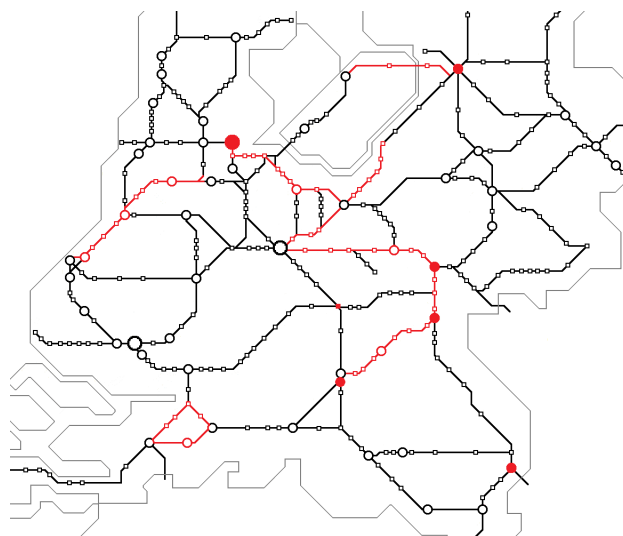
Knoop

Op de volgende knopen is volgens de respondenten de vraag naar capaciteit hoger dan de beschikbare capaciteit:

- Amsterdam Centraal (Bik, 2016; Giesing, 2016; Warmerdam, 2016);
- Zwolle (Warmerdam, 2016);
- Nijmegen (Giesing, 2016; Warmerdam, 2016);
- Vught aansluiting (Bik, 2016);
- Venlo (Ybema, 2016a);
- Arnhem (Ybema, 2016a); en,
- Geldermalsen (Bik, 2016).

Naast knopen waar een tekort in capaciteit is worden door de respondenten een drietal knopen gegeven waar de capaciteit erg krap is of het lastige knopen in het ontwerpproces zijn:

- Schiphol en Amsterdam Zuid, hier is de transfer capaciteit beperkt. Wat betreft treinen is er voldoende infrastructuur, maar de perrons kunnen de groei in reizigersstromen niet aan (Hofstra, 2016);
- Station Venlo: het is het laatste stukje van de dienstregeling wat ontworpen wordt waardoor er veel afhankelijkheden vastliggen met de rest van het netwerk. Daarnaast zitten er bij Venlo veel treinen op een kluitje en zijn er langzame rijwegen (Weeda, 2016); en,
- Station Zwolle: door de gelijktijdigheid van treinen uit drie richtingen is dit een lastig station. Daarom is dit station in 2017 als start van het dienstregelingsontwerp genomen (Warmerdam, 2016).



Figuur 4.6: Capaciteitstekort op knoop- en baanvakniveau in Nederland, aangegeven door de respondenten.

4.6. Conclusie dienstregelingsontwerp in Nederland

In Nederland wordt de dienstregeling in zeven fases ontworpen, waarbij het proces goed georganiseerd is. Opvallend is dat respondenten van NS en ProRail het lastig vonden om positieve onderdelen aan de dienstregeling te noemen: ze hebben een erg kritische houding ten opzichte van het spoor in Nederland, terwijl men in het proces niet altijd kritisch is op brugopeningen, vertrektijden of dat men verwacht dat het plan niet strikt gevolgd zou kunnen worden. De planners vlak voor de uitvoering zijn erg uitvoerend en specifiek, daarom missen ze soms het overzicht op de gehele dienstregeling. Ook hebben ze een andere opvatting ten opzichte van het begin van het proces. Dit verschil zit vooral in de noodzaak van plannen in tienden, recente onderzoeken hebben aangetoond dat machinisten nauwkeuriger kunnen rijden als ze hier een goed (kloppend en in seconden) plan voor krijgen. Daarnaast is naar voren gekomen dat goederentreinen een grote invloed op de capaciteit hebben, en vaak met te slechte rijkskarakteristieken worden ingelegd.

Methodisch zijn er vier verbeterpunten naar voren gekomen: de generieke plannormen zijn niet geschikt, de dienstregeling in minuten is te globaal, stochastiek mist in het ontwerpproces en de mogelijkheid om gehinderd (op 80 km/h ipv 130 km/h) te plannen wordt nog erg weinig gebruikt.

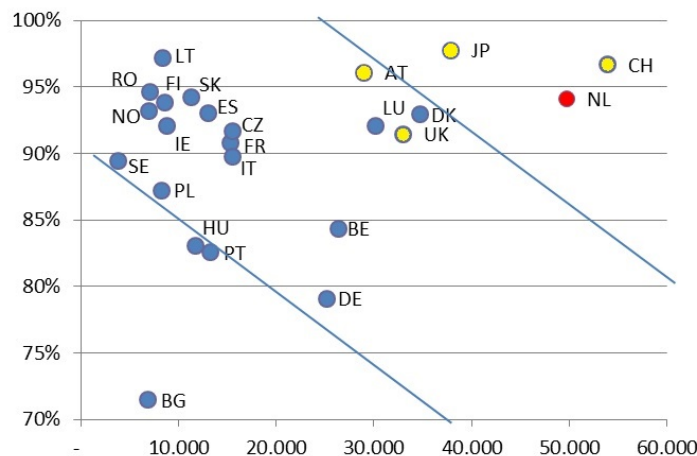
Wat betreft de tooling is men in het proces tevreden over de software voor de evaluaties en broninformatie, ondanks dat de broninformatie niet altijd juist is (infrastructuur gegevens en rijtijdberekening). Wel mist er software voor het evalueren van het basisuurpatroon.

Dienstregelingsontwerp in het buitenland

In dit hoofdstuk wordt het ontwerp van de dienstregeling in het buitenland besproken. Dit gebeurt aan de hand van vier landen: Oostenrijk (Paragraaf 5.2), Verenigd Koninkrijk (Paragraaf 5.3), Zwitserland (Paragraaf 5.4) en Japan (Paragraaf 5.5). Japan zal in de vorm van een intermezzo beschreven worden, omdat er geen informatie over het ontwerpproces beschikbaar is binnen de tijd dat dit onderzoek plaatsvindt. Eerst zal in Paragraaf 5.1 worden verklaard waarom voor deze landen is gekozen.

5.1. Verklaring keuze landen

Een eerste selectie van landen is gemaakt op basis van de hoogste intensiteit en punctualiteit. In Figuur 5.1 is te zien dat de landen die dan in aanmerkingen komen zijn Oostenrijk, Japan, Zwitserland, Verenigd Koninkrijk, Luxemburg en Denemarken. Van deze lijst is Luxemburg afgefallen, omdat dit spoornet een stuk kleiner is: 275 km t.o.v. 3.016 km in Nederland (UIC, 2014). Daarnaast is Denemarken ook afgefallen omdat dit ook een kleiner netwerk is; 2.131 km (UIC, 2014) verdeelt over 3 eilanden, waardoor eigenlijk drie verschillende netwerken ontstaan. Daarnaast was er ook minder informatie beschikbaar over Denemarken. In Bijlage B zijn de netwerkkaarten van de gekozen landen (Oostenrijk, Verenigd Koninkrijk en Zwitserland) gegeven.



Figuur 5.1: Punctualiteit ten opzichte van de intensiteit (trein km/route km) van het railverkeer (NS, 2013c).

In Tabel 5.1 zijn enkele te vergelijken waarden van de landen te zien. Wat betreft oppervlakte is Nederland goed te vergelijken met Zwitserland. Oostenrijk is twee keer zo groot en het Verenigd Koninkrijk en Japan zijn veel groter in oppervlak. Wat betreft de dichtheid van het netwerk is Nederland de laagste met Zwitserland, Japan is hier erg hoog. Het aantal reizigers is erg verschillend per land en om dit in perspectief te plaatsen is het goed om te kijken naar de reizigers intensiteit. Hier zijn het Verenigd Koninkrijk en Zwitserland vergelijkbaar met Nederland, Japan is veel hoger en Oostenrijk een stuk lager.

Tabel 5.1: Gegevens over de te vergelijken landen. Bron van de informatie staat in de laatste kolom, als deze leeg is, is de waarde berekend op basis van de andere gegevens.

		NL	VK	Oos	Zwi	Jap	
Geografische gegevens							
Oppervlakte	Duizend [km^2]	37	243	84	41	378	(UIC, 2014)
Populatie	Miljoenen	16,8	64,1	8,5	8,1	127,3	(UIC, 2014)
Populatie dichtheid	[inwoners / km^2]	498	465	103	205	349	(UIC, 2014)
Spoorgegevens							
Totaal spoor lengte	[km]	3.016	14.787	5.058	3.607	19.470	(UIC, 2014)
Dubbelspoor of meer	[km]	- ¹	10.820	2.064	1.892	7.718	(UIC, 2014)
Geëlektrificeerd spoor	[km]	2.107	4.894	3527	3.607	11.094	(UIC, 2014)
# treinen		5.311	23.738	23.070	13.255	29.393	(UIC, 2014)
# medewerkers	Duizend	12	85	42	36	128	(UIC, 2014)
dichtheid netwerk	[km spoor / km^2]	12	16	16	11	19	
Reizigers							
# reizigers	Miljoenen	346	1.600	245	476	9147	(UIC, 2014)
Reiziger - kilometers	Miljoenen	17.018	85.466	11.582	18.490	260.014	(UIC, 2014)
reizen per inwoner	[# reizigers/populatie]	20	24	17	58	78	
kilometer per reiziger	[km]	49	53	47	39	28	
Reiziger Intensiteit	miljoen [reiziger-km / totale lengte spoor]	6	6	2	5	13	
Kwaliteit spoor							
5 min. punctualiteit	[%]	94	91	96	97	98	(NS, 2013c)
Reiziger tevredenheid	[%]	55	73	73	53	-	(NS, 2013c)
The 2015 European Railway Performance Index							
Ranking		10	8	7	1	-	(BCG, 2015)
Intensiteit		1,7	1,5	2,9	3,0	-	(BCG, 2015)
Service kwaliteit		1,2	1,2	1,2	1,6	-	(BCG, 2015)
Veiligheid		2,4	2,8	1,6	2,5	-	(BCG, 2015)

¹Niet bekend bij (UIC, 2014), ProRail (2016a) geeft aan dat 2.108 km van de 3.058 km dubbelspoor is.

5.2. Oostenrijk

In Oostenrijk is ÖBB de infrastructuurbeheerder en de grootste reizigers vervoerder. De ÖBB groep is opgedeeld in drie organisaties: reizigersvervoer (ÖBB Personenverkehr), goederen (Rail Cargo Austria AG) en infrastructuur beheerder (ÖBB Infrastruktur AG) (ÖBB, 2016). Naast ÖBB zijn er ook vier kleine regionale vervoerders (Micotra, RoEE/ Raaberbahn, WESTbahn en Pinzgauer Lokalbahn) actief op het spoor (Interrail, 2016). In Oostenrijk reed in 1837 de eerste stoomtrein op het traject Wenen - Krakau, twee jaar voordat in Nederland de eerste trein reed en twee jaar nadat in België de eerste trein op het Europese vasteland reed (ÖBB, 2016a).

5.2.1. Ontwerpproces in Oostenrijk

In Oostenrijk wordt de dienstregeling in 4 fases (ÖBB, 2016b) ontworpen:

1. Op X-72 t/m X-48 (maanden) wordt het netwerk gebruik plan gemaakt (*Knoten-Kanten-Konzept*): de lijnplanning en inventariseren welke infrastructuur nodig is.
2. Van X-48 t/m X-18: Concept treinpaden (*Netznutzungsplan*), het basisuurpatroon.
3. Van X-18 t/m X: jaarlijkse dienstregeling (*Netzfahrplan*), treinpad worden hierin aangevraagd.
4. Na de indienstreding (X t/m X+12) worden 12x per jaar wijzigingsbladen doorgevoerd.

In de tweede fase maakt ÖBB gebruik van RailSys, in de derde en vierde fase wordt gebruik gemaakt van ROMAN en LDZ (een interne ÖBB planningstool). De werking van ROMAN en LDZ tools is te vergelijken met die van Donna. De data van RailSys moet handmatig naar ROMAN overgezet worden en naast dat dit proces veel tijd kost is het lastig omdat ROMAN een meer macroscopisch detail niveau heeft waardoor het omzetten lastig gaat. De dienstregeling van ROMAN wordt soms getoetst met behulp van RailSys, als hier conflicten uitkomen wordt dit gerapporteerd aan planners, maar planners zijn niet verplicht deze over te nemen. De dienstregeling wordt dus twee keer overgezet (RailSys, ROMAN, RailSys) (Scheepmaker, 2016c).

5.2.2. Ontwerpmethodiek van Oostenrijk

In Oostenrijk wordt door ÖBB microscopisch gepland. Dit gebeurt op basis van de bloktijdtheorie (zie Paragraaf 3.3.2). Als buffertijd tussen twee blokken wordt één minuut gehanteerd. Volgens ÖBB is plannen op basis van normen alleen mogelijk bij homogene blokafstanden.

Voor de rijtijd berekening in Oostenrijk wordt naast de technisch minimale rijtijd een rijtijdspeling van minimaal 7% gebruikt. De dienstregeling wordt in 1/10 minuut gemaakt, maar voor klanten en personeel gepubliceerd in minuten. Alle tijden worden naar beneden afgerond naar de dichtst bijzijnde hele minuut. Voor goederentreinen wordt minimaal 30% rijtijdspeling gebruikt omdat goederentreinen een brede bandbreedte in de realisatie hebben (Scheepmaker, 2016d). In de Netverklaring staan normen over procestijden. Naast enkele vaststaande operationele tijden, zijn de tijden voor halteren voor lange- en korte reizigerstreinen en per grootte van het station verschillend. Ook de [kopmaak](#) tijden zijn verschillend, want deze zijn afhankelijk van de lengte van de trein (ÖBB-Infrastruktur AG, 2016).

5.3. Verenigd Koninkrijk

In het Verenigd Koninkrijk (VK) (voor dit onderzoek gedefinieerd als Engeland, Wales en Schotland) zijn 28 reizigersvervoerders actief. In verband met beschikbaarheid van data is Abellio Greater Anglia (dochteronderneming van NS) als reizigersvervoerder van het Verenigd Koninkrijk gekozen. Abellio Greater Anglia is de negende grootste reizigersvervoerders in het Verenigd Koninkrijk (ORR, 2016). De Infrastructuur Manager in het Verenigd Koninkrijk is Network Rail (ON-TIME, 2013a).

In 1825 reed in het Verenigd Koninkrijk de eerste commerciële stoomtrein dienst op de lijn Stockton en Darlington. Over 15 kilometer deed de trein 2 uur. Wereldwijd was dit ook de eerste commerciële treindienst (Network Rail, 2016a). Tegenwoordig is er een vijfjaarlijkse cyclus waarin de Britse overheid (in overleg met Network Rail) de eisen aan de infrastructuur vaststelt, waaraan Network Rail moet voldoen (ON-TIME, 2013a). De Reizigersvervoerders kunnen via concessies recht krijgen op een stuk infrastructuur, deze concessies hebben een duur van 7 tot 10 jaar (Scheepmaker, 2016a).

5.3.1. Ontwerpproces in het Verenigd Koninkrijk

Network Rail heeft twee planningsprocessen van de dienstregeling: een Lange Termijn Planning (LTP) proces en een Korte (*Short*) Termijn Planning (STP) proces. In het LTP worden twee dienstregelingen per jaar gemaakt: één in december en één in mei. De voorbereidingen zijn 26 weken voor de indiensttreding klaar en worden in twee varianten gepubliceerd: een *Working Timetable* (voor spoor bedrijven) en een *National Railway Timetable* (voor reizigers) (ON-TIME, 2013a). Abellio Greater Anglia overweegt om naar één dienstregeling per jaar te gaan (Olink et al., 2016).

In het korte termijn planning proces (STP) worden treinen en werkzaamheden aan het spoor ingepland die nog niet in het LTP proces bekend waren. Dit proces start 18 weken voor dienstregeling (ON-TIME, 2013a). De planning wordt gemaakt in ITPS (Integrated Timetable Planning System), waarmee aanpassingen gemaakt kunnen worden tot 17.00 uur op de dag voor uitvoering. Daarna wordt het programma TOPS gebruikt, waar net als in Nederland treinen in aangepast kunnen worden. Dit zijn voornamelijk goederentreinen. Vervoerders vragen capaciteit aan in het programma Voyager Plan, waarna Network Rail dit toekent (als de aanvraag aan de eisen voldoet) in ITPS. ITPS heeft een beperkte conflict signalering: als twee treinen op het zelfde moment dezelfde infrastructuur willen gebruiken, wordt dit door ITPS als conflict gezien. Als een trein in de planning in het Verenigd Koninkrijk op een geel sein loopt is dit geen probleem (ON-TIME, 2013a). Voyager Plan, het planningsprogramma van de vervoerders, heeft geen conflict detectie (Olink et al., 2016). Network Rail maakt voor lange termijn dienstregelingen gebruik van RailSys, maar het wordt niet als absolute waarheid gebruikt maar om dienstregelingen (op deelgebied niveau) met elkaar te vergelijken (Scheepmaker, 2016a).

5.3.2. Ontwerpmethodiek in het Verenigd Koninkrijk

In het Verenigd Koninkrijk is een cyclische dienstregeling niet het doel, maar wel wordt het als basis gebruikt voor de basisdag dienstregeling. Wat betreft tijden gebruikt men in het VK sectierijtijden (*sectional running times*). Dit zijn vooraf uitgerekende rijtijden tussen twee tijdspunten (*timing points*). *Timing points* liggen op een dienstregelpunt, maar niet elk dienstregelpunt is een *timing point*. Zo kunnen de *timing points* voor een Intercity en een Stoptrein verschillend zijn. De rijtijd wordt in de planning als een rechte lijn opgenomen. Deze database is in de loop van de tijd opgebouwd. Voor aanpassingen, als er bijvoorbeeld infrastructuur aanpassingen zijn of nieuw materieel gebruikt wordt, worden de nieuwe tijden met een microscopische tool uitgerekend en toegevoegd aan de database. Wanneer er structureel problemen zijn, wordt handmatig (stop-watch) gekeken of de tijden aangepast moeten worden (Olink et al., 2016). Naast het gebruik van *sectional running times* wordt in het VK gebruik gemaakt van *Timetable Planning Rules* (TPR), de Engelse variant van de Netverklaring.

In de TPR staan de normen voor opvolg- en overkruistijden waarbij een verschil tussen reizigers- en goederentreinen wordt gehanteerd. Ook bij rijtijdspeling wordt een onderscheid gemaakt: voor metro-achtige treindiensten wordt 5% rijtijdspeling gehanteerd. Voor Intercities wordt op specifieke locaties een minuut extra toegekend. Bij Abellio Greater Anglia worden treinen gepland, zodat deze één minuut voor de geplande aankomsttijd kunnen arriveren, maar dit zorgt voor een ruimere bandbreedte van het treinpad. De halteertijden verschillen bij Abellio Greater Anglia in de spits en dalperiode. In de spits geldt voor een IC 2 minuten en voor een SPR 1 minuut, de dalperiode heeft de helft van de spits halteertijd (Network Rail, 2016b). In het VK is een trein punctueel als deze binnen de tijdsrange van 1 minuut te vroeg t/m 2:59 minuut te laat arriveert op een station. De *Working Timetable* wordt afgerond op 30 s en voor reiziger wordt deze afgerond op één minuut (Scheepmaker, 2016a). In het Verenigd Koninkrijk vindt geen beoordeling plaats van de kwaliteit van de dienstregeling voorafgaand aan de uitvoering plaats (Olink et al., 2016).

5.4. Zwitserland

In Zwitserland zijn drie infrastructuur beheerders actief: SBB, BLS en SOB. Aangezien SBB (Schweizer Bundes Bahn) de grootste is (81% van het netwerk (SBB, 2015)), hier veel informatie over beschikbaar is en als infrastructuur beheerder en vervoerder optreedt zal SBB beschreven worden. SBB is als bedrijf actief sinds 1902 (SBB, 2016b), in 1844 reed de eerste trein in Zwitserland (Bärtschi, 2016).

5.4.1. Ontwerpproces in Zwitserland

De dienstregeling in Zwitserland wordt aan de hand van vijf dimensies gemaakt: *Materieel, Service aanbod, Infrastructuur, Stations/real estate en Financiën* (SBB, 2015). Dit gebeurt in drie fases: Lange termijn (X-20 jaar tot X-6 jaar), middellange termijn (X-6 jaar tot X-2/X-1 jaar) en de korte termijn (X-2/1 jaar tot X) (SBB, 2016c). Op X-1 beginnen planners met het aanpassen van de dienstregeling voor kortere periodes. Een jaardienstregeling is opgedeeld in zes intervallen van twee maanden om herhaling van dezelfde taken zoveel mogelijk te voorkomen. Voor elk interval zijn zeven standaard dagen gedefinieerd, maar het is ook mogelijk voor planners om in een specifieke dag te plannen. In de dienstregeling liggen, net zoals in Nederland, goederenpaden klaar. Maar omdat deze paden vaak niet overeenkomen met de vraag van goederenvervoerders, moeten planners regelmatig een dag, of enkele uren, voor uitvoering een nieuw goederenpad maken. Goederentreinen moeten daarnaast soms lang wachten om een nieuwe corridor op te rijden om reizigerstreinen niet te hinderen (ON-TIME, 2013b).

Voor de lange termijn planning gebruikt SBB Viriato. Hierbij gebruiken ze een minimale rijtijdspeeling van 10% in verband met onzekerheid gedurende de rest van het proces. Voor de jaarlijkse planning gebruikt SBB het planningsmodel NeTS (Netzweites Trassen-System). De dienstregeling wordt gemaakt in verschillende gebieden, waarbij de informatie uit Viriato handmatig wordt overgenomen in NeTS, zodat planners precies weten wat en waarom er voor de lange termijn was bedacht. SBB gebruikt simulaties om voor nieuwe infrastructuurprojecten verschillende aanpassingen/varianten te vergelijken en om te onderzoeken of de dienstregeling conflictvrij is. Deze simulaties doen ze in OpenTrack. Voor de middellange termijn worden geen simulaties meer gebruikt, omdat volgens SBB niet nodig is. OpenTrack wordt toegepast op deelnetwerken, omdat het gehele netwerk te groot is waardoor het veel tijd kost. SBB maakt ook gebruik van het OnTime model om trends in punctualiteit van dienstregelingen te kunnen vergelijken. Dit is gedaan om een uitspraak te kunnen doen voor lange termijn studies, om een inschatting te maken van de trend op verschillende knopen (Scheepmaker, 2016b).

5.4.2. Ontwerpmethodiek van Zwitserland

Zoals in de vorige paragraaf besproken maakt SBB gebruik van Basis Dagen welke in zes intervallen van twee maanden worden gebruikt. Deze Basis Dagen zijn gebaseerd op een basisuurpatroon (SBB, 2006). In de jaardienst zijn, net als in Nederland, vaste onderhoudsroosters opgenomen in de plannen. Deze komen in Zwitserland in vier varianten voor: acht uur enkel spoor beschikbaar ('s nachts & overdag) en acht uur geen treinverkeer mogelijk ('s nachts & overdag) (ON-TIME, 2013b).

De dienstregeling wordt gepland en uitgevoerd in seconden maar de commerciële dienstregeling is in minuten. Voor stationnementen wordt één halteertijd per station gebruikt en deze tijd bedraagt het gemiddelde tussen de benodigde tijd in de spits en dalperiode. De minimale rijtijdspeeling is gelijk aan die van Nederland: 5%. Ook punctualiteit wordt net zoals in Nederland gemeten op 3 minuten (Scheepmaker, 2016b).

SBB gebruikt geen conflictdetectie in haar modellen: het bepalen van conflicten gebeurt handmatig door planners. De reden hiervoor is dat het de planners scherp houdt bij het planproces en dat zij hierdoor de dienstregeling goed doorgronden. Volgens SBB is het controleren van conflicten niet erg ingewikkeld, omdat de frequentie van het aantal treinen op het baanvak relatief laag is of omdat er zeer veel infrastructuur beschikbaar is (Scheepmaker, 2016b).

In Zwitserland rijden treinen waar passagiers kunnen aangeven dat er gestopt moet worden, deze zogeheten gevraagde stops (*request stops/Halt auf verlangen*). Deze treinen hebben veel invloed op de punctualiteit. Stel een trein heft vijf gevraagde stops beschikbaar dan, wordt er (met behulp van een kansverdeling) rekening gehouden met drie stops in de planning waar de trein halteert. Als er in de realisatie wel op alle vijf de stops gehalteert moet worden, gaat dit ten koste van de punctualiteit van de trein (Scheepmaker, 2016b).

5.5 INTERMEZZO: Japan

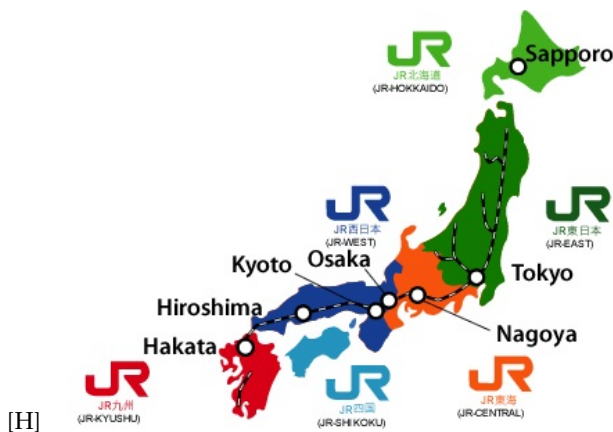
Japan wordt vaak als voorbeeld gezien hoe een spoornetwerk ingericht en gebruikt dient te worden. Zoals eerder is aangegeven is over Japan weinig informatie beschikbaar. Toch is er informatie beschikbaar wat de goede kwaliteit van het spoornet kan verklaren. In deze paragraaf zijn de grootste lessen beschreven die van de Japanse dienstregeling geleerd kunnen worden. Dit gebeurt aan de hand van drie onderdelen: *Geschiedenis & Organisatie, Cultuur en Techniek*.

5.5.1. Geschiedenis & Organisatie

In 1872 is de eerste spoorlijn in Japan, van Tokyo naar Yokohama, in gebruik genomen. Het Japanse spoor kent in haar geschiedenis 4 fases:

1. **Van 1872 - 1906:** ontstaan & groei van de eerste lijnen;
2. **Van 1906 - einde Tweede Wereldoorlog:** uitbereiding van het netwerk en stabilisatie van het spoor;
3. **Van einde Tweede Wereldoorlog - 1987:** ontstaan en einde van Japan National Railways (JNR); en,
4. **Van 1987 - nu:** privatisering van het spoor, ontstaan van JR.

Tot de Tweede Wereldoorlog waren de spoorwegen het enige vervoersmiddel voor lange binnenlandse afstanden (Bagwell, 2001). De economische groei vanaf 1960, motorisering van het autoverkeer en de luchtvaart brachten een grote verschuiving in transportmiddelen. Hierdoor daalde het aandeel spoorgebruik als personenvervoersmiddel van 51% naar 22%. JNR leed grote verliezen en had een jaarlijkse subsidie van 600 tot 700 miljard Japanse Yen nodig (1 Japanse Yen = 0,6 Euro). JNR was organisatorisch niet ingericht om om te gaan met deze financiële uitdaging. Als eerste reden was JNR een erg grote organisatie met meer dan 400.000 werknemers en hierdoor was het moeilijk voor de top van het bedrijf om sturing te geven aan de medewerkers. Een tweede reden was dat JNR niet gericht was op competitie, omdat het een overheidsbedrijf was, waardoor er geen financiële prikkel was. In 1987 werd JNR omgevormd naar de JR-groep. Het was een forse hervorming, bij JR-East werden 71.000 van de 277.000 werknemers ontslagen. Deze reorganisatie kan als eenzelfde soort kanteling gezien worden als dat Spoorslag '70 in Nederland was (zie Paragraaf 3.1.1). De JR-groep is opgedeeld in zes personenvervoerders op basis van geografische scheiding en in één landelijke goederen vervoerder (zie Figuur 5.5.1). Reizigers bleken vooral binnen een regio te reizen terwijl de goederen door heel Japan vervoerd werden.



[H] *Figuur 1.1: Japan opgedeeld in JR's (Zeno's-Guide, 2016).*

Momenteel zijn er 207 spoor ondernemingen actief waarbij de JR-groep het grootste aandeel in service kilometers heeft (20.000 km van totaal 27.618 km). De hervormingen waren een groot succes en het Japanse spoor wordt nu gezien groot voorbeeld. Financieel staat de JR's er goed voor; sinds 1987 hebben ze, behalve belasting invoeringen/verhogingen, hun ticketprijzen niet verhoogd. Ook hebben ze een groot deel van de schulden die ze van JNR overnamen afbetaald (Bagwell, 2001; Ishida, 2007). Onderdeel van deze financiële bedrijfsvoering is dat JR ook bedrijven op en rond stations exploiteert. Iets wat NS ook doet en ook bij NS erg winstgevend is, maar toch is er momenteel sprake dat NS afstand doet van de bedrijven en om zich meer te focussen op haar kerntaak, reizigers vervoeren (NOS, 2016).

Huidige uitdagingen voor het Japanse spoor zijn de grote mate van vergrijzing en de verwachte afname van de bevolkingsgrootte van 50% over 50 jaar en 70% over 100 jaar, waardoor het aantal treinreizigers drastisch zal afnemen (DeMorgen, 2015; van de Velde, 2011).

5.5.2. Cultuur

Lang was in Nederland het cultuurverschil met Japan het excuus waarom Nederland de prestaties van Japan niet zou benaderen, maar ondertussen begint hier een kentering in te ontstaan en wordt het cultuurverschil niet meer als enige reden voor de betere prestaties van Japan gezien (Weeda et al., 2010). De verschillen in Cultuur zijn wel een belangrijk onderdeel, dus kan niet onbenoemd blijven. Het spoorwegpersoneel in Japan is erg toegewijd, precies en trots. Japanse machinisten zijn erg gedreven om de trein op het geplande [treinpad](#) te rijden en de spreiding zo klein mogelijk te laten zijn. Een verschil met Nederland is ook dat per machinist de gegevens van de rit worden opgeslagen. Zo kan een machinist na de rit zien hoe goed ze hebben gereden (hoeveelheid spreiding) en wordt dit ook door de managers gebruikt (Hofstra, 2010; van de Velde, 2011). Het cultuur verschil in Nederland komt ook in uiting in de detail van planning. In Japan wordt al een lange tijd in seconden gepland en gecommuniceerd. In Nederland wordt er wel in seconden gerekend, maar naar minuten afgerond. Door de precisie van Japanners zit hun dienstregeling erg goed in elkaar (Hofstra, 2010).

5.5.3. Techniek

Als de techniek van het Japanse spoor bekeken wordt, zijn er drie grote verklaringen te vinden waarom Japan zo'n kwalitatief hoogwaardig spoor heeft. Ondanks dat er weinig informatie beschikbaar is, geven Weeda et al. (2010) en Hofstra (2010) duidelijke beschrijvingen. De meeste informatie uit deze paragraaf is hierop gebaseerd.

Seinverdwichting

Met het seinstelsel wat in Nederland gebruikt wordt, zijn opvolgtijden van drie minuten mogelijk. De seinplaatsing is in Nederland geoptimaliseerd voor het wensbeeld van ongehinderde treinen. Door toegenomen trein intensiteiten is onderlinge hinder toegenomen, onder die omstandigheden daalt in het Nederlandse systeem de capaciteit, doordat gehinderde treinen de lange [blokken](#) met 40 km/h moeten afleggen. In Japan worden, waar nodig, zeer korte blokken gebruikt (ongeveer 150 meter). Bij hogere snelheden worden meerdere blokken gereserveerd voor de trein, terwijl bij lage snelheden de treinen de blokken snel vrij maken waardoor een andere trein kan passeren.

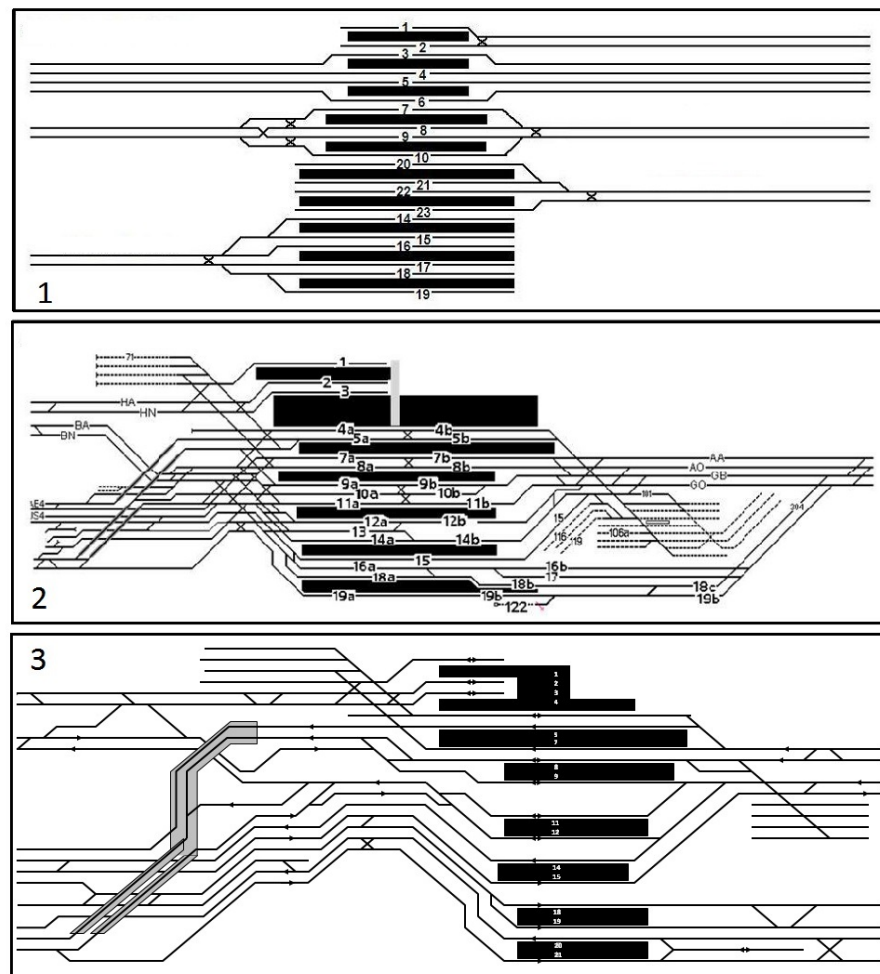
Capaciteitsvergroting

- **Lage snelheden zo hoog mogelijk.** De capaciteit van een spoornetwerk wordt bepaald door de laagste snelheden. Daarom is het effectiever om geld te reserveren voor de lage snelheden te verhogen, dan de hogere snelheid te verhogen. Zo levert een snelheidsverhoging van 40 km/h naar 80 km/h een tijdswinst van 45 seconden per kilometer in plaats van 3 seconden bij een snelheidsverhoging van 140 km/h naar 160 km/h. Het verhogen van de hogere snelheden levert ook grotere snelheidsverschillen tussen IC's en SPR/goederen op. Er zijn 2 situaties waarin het verhogen van de maximale snelheid wel voordelig is: bij sporen waar alleen IC's rijden en op enkelsporige [baanvakken](#); en,
- **Infrastructuur & dienstregeling samen ontwerpen.** In Japan weten dienstregeling-planners waar de seinen staan en wat de mogelijkheden zijn qua rij-, halte- en overkruistijden. In Nederland is dit niet altijd het geval. Door het werken met normen en ontwerpvoorschriften worden dienstregeling en infrastructuur grotendeels onafhankelijk van elkaar ontworpen. Als voorbeeld voor integraal ontwerpen: in Japan zijn de overwegen losgekoppeld van de beveiliging en vormen daardoor geen beperking voor de capaciteit. In Nederland liggen 100 overwegen kort achter een [halte](#), wat veel capaciteit kost (tot één minuut vertraging).

Versimpelen van het Netwerk

- **Seinen alleen in de rijrichting.** In Japan staan de seinen alleen aan de linker sporen, terwijl in Nederland de sporen in beide richtingen van seinen zijn voorzien. Dit levert vrij weinig op: in de dienstregeling wordt het niet gebruikt en voor het onderhoudsrooster zijn andere oplossingen mogelijk. Hierdoor zijn er minder problemen met seinplaatsing, kunnen computersystemen eenvoudiger worden (interlocking, zie Paragraaf 3.2), is er meer overzicht voor de machinist (veiliger), zijn er lagere kosten voor onderhoud, zijn geen [overloop](#)wissel op de [vrijebaan](#) nodig en de verkeersleiding wordt overzichtelijker en daardoor behapbaarder; en,

- **Zo min mogelijk wissels.** Wissels kunnen handig zijn voor de flexiliteit in de **bijsturing**, maar hebben ook negatieve effecten: capaciteitsverlies (door beperking in de seinplaatsing), snelheidsverlies (lagere snelheid door wissels), punctualiteit (kruisende bewegingen), veiligheid (aanrijd risico, ontsporings risico), geld, geluid, trillingen en comfort. De Japanse filosofie is dat je **bijsturing** beter kan voorkomen dan faciliteren. Daarom gebruiken ze in Japan alleen de noodzakelijke hoeveelheden wissels. Ter illustratie, het hoofdstation van Tokyo kent 28 wissels (zie Figuur 5.4.2-1), Utrecht Centraal in de oude situatie 280 (zie Figuur 5.4.2-2). Tokyo verwerkt 180 treinen per uur, waarbij Utrecht Centraal er 80 verwerkt. Bij de verbouwing van Utrecht Centraal wordt de Japanse filosofie gevolgd en komen er in de nieuwe situatie circa 80 wissel (zie Figuur 5.4.2-3) waarbij 160 treinen per uur kunnen gaan rijden (I&M, 2015).



Figuur I.2: Sporenplan hoofdstation Tokyo(1), Utrecht CS: oude situatie (2) en Utrecht CS: nieuwe situatie(3) (Hofstra, 2010; Schut, 2016a).

Door de seinplaatsing, capaciteitsvergroting en versimpeling van het netwerk kan in Japan tussen vertrek van de eerste trein en aankomst van de kruisende tweede trein een tijd van 1,7 minuut zitten. In Nederland is dit twee tot drie keer meer.

Het wil niet zeggen dat alles in Japan het meest efficiënt is. Zo wordt bijvoorbeeld de dienstregeling van de Shinkansen (hoge snelheidslijn) gemaakt voor de drukste dag van het jaar (3 januari, wanneer iedereen terug komt van oud en nieuw vieren met familie). De andere 364 dagen worden er treinen uit deze basisdienstregeling geschrapt. Zo kan het gebeuren dat je door het jaar heen in een stoptrein zit die gepland 4 minuten stil staat aan de kant omdat er op 3 januari wel een sneltrein moet inhalen.

5.5.4. Kritiek op Japan

Ondanks de hoge punctualiteit is er ook kritiek op hoe het spoor in Japan georganiseerd is. Zo zijn er op stations zo min mogelijk wissels, maar daar buiten zijn voldoende (tot zeer veel) wissels om te kunnen voorsorteren (Tomii, 2012). Daarnaast wordt de dienstregeling in Japan vooral handmatig gemaakt: er wordt weinig gebruik gemaakt van modellen voor dienstregeling en personeelsbezetting. De beperking in flexibiliteit komt ook doordat de gevolgen bij een verstoring erg groot zijn, wanneer een trein een minuut vertraging heeft, is het lastig om terug te keren naar een stabiele dienstregeling en andere treinen niet te hinderen (Tomii, 2012). De hoge punctualiteit kan volgens TU Delft (2012) worden gehaald, omdat er op andere vlakken concessies worden gedaan. Zo liggen de snelheden van stop- en exprestreinen gelijk op 95 km/h, hierdoor kunnen er 28 treinen per richting per uur rijden. Overdag als de snelheden wel verschillen en de exprestreinen een aantal stops minder hebben, ligt het aantal treinen op 16 per richting per uur: de capaciteit neemt hierdoor met 43% af. De reistijd is in de spits de helft langer dan die van de IC- en stoptreinen op het baanvak Den Bosch - Utrecht. Het spoor is in de spits meer een metro-achtig ingericht (TU Delft, 2012). Het paradepaartje van het spoor in Japan, de hogesnelheidstreinen Shinkansen behalen ook een erg hoge punctualiteit. Dit is onder andere mogelijk door het weglaten van kruisingen en gelijkvloerse overwegen en is het spoor volledig omheind waardoor zelfdoding niet mogelijk is. Ook rijden er geen goederentreinen op dit spoor (Tomii, 2010).

5.5.5. Conclusie

Het Japanse spoor onderscheidt zich van Nederland met name door cultuur verschillen, hogere seindichtheid, hoge lagere snelheden en zo min mogelijk wissels. In Nederland wordt de Japanse werkwijze soms overgenomen, waar Utrecht één van de eerste situaties is dat dit is gebeurt. Maar er is ook kritiek op de Japanse werkwijze: het Japanse spoor is niet flexibel en de gevolgen van vertragingen zijn groot. Daarnaast zijn er op stations weinig wissels, maar is er buiten het station genoeg mogelijkheden om van sporen te wijzigen.

5.6. Conclusie dienstregelingsontwerp in het buitenland

De processen in Oostenrijk, het Verenigd Koninkrijk en Zwitserland zijn redelijk vergelijkbaar met die in Nederland. Oostenrijk en Zwitserland hebben wel een iets duidelijkere middellange termijn periode. Deze is in Nederland niet zo gespecificeerd.

Wat betreft de ontwerpmethodiek zijn er wel een aantal duidelijke verschillen. Zo plant Oostenrijk microscopisch en op basis van bloktijden, Zwitserland plant zonder conflictdetectie: dit moeten de planners zelf doen vooral om de planners scherp te houden. Het Verenigd Koninkrijk heeft conflictdetectie als treinen op dezelfde infrastructuur geland zijn. In Nederland worden momenteel 40 type conflicten gedetecteerd. De rijtjidspeeling is in Zwitserland gelijk aan die van Nederland (5%), in Oostenrijk is deze iets ruimer (7%) en in het Verenigd Koninkrijk is deze gelijk aan Nederland, maar worden er soms extra spelen geplaatst voor stations. De dienstregeling wordt in Oostenrijk, het Verenigd Koninkrijk en Zwitserland in tienden of seconden ontworpen, maar worden naar de klant in minuten gecommuniceerd. In Oostenrijk werkt het personeel ook met de afgeronde dienstregeling, in het Verenigd Koninkrijk werken ze met een dienstregeling op halve minuten en in Zwitserland in seconden. Voor stationnementen worden in Oostenrijk en het Verenigd Koninkrijk verschillende tijden per trein en dal/spits gebruikt, in Zwitserland is dit het gemiddeld van de spits en dal tijd per station verschillend.

Verder is opvallend dat in het Verenigd Koninkrijk met een rijtijdenboek wordt gewerkt en in Zwitserland stations zijn waar de reiziger moet aangeven of ze hier willen stoppen of niet. Ook gebruiken de andere landen niet één ontwerp tool door het hele ontwerpproces heen.

Casestudie Arnhem - Nijmegen

In dit hoofdstuk wordt de huidige ontwerpmethodiek van de dienstregeling vergeleken met een andere ontwerpmethodiek. Dit gebeurt aan de hand van een praktische casus. Het doel van deze casestudie is om helder te krijgen wat de verschillen tussen twee methodieken zijn. Hiervoor wordt voor de BU fase gekozen omdat dit de basis van de dienstregeling is. Een ontwerpfout in deze fase kan namelijk grote gevolgen hebben voor de overige planfasen, doordat de BU uiteindelijk wordt uitgerold naar een jaardienstregeling.

In dit hoofdstuk zullen vaak afkortingen gebruikt worden voor stations of dienstregelpunten. Deze namen en bijbehorende afkortingen zijn terug te vinden in Tabel C.1 in Bijlage C. In Paragraaf 6.1 is de introductie in de case, in Paragraaf 6.2 wordt de case geanalyseerd, waarna in 6.3 de conclusies staan. In Bijlage C zijn de uitwerkingen te vinden.

6.1. Introductie

De randvoorwaarden van de case worden in deze paragraaf beschreven. In Paragraaf 6.1.1 wordt de methode besproken, waarna in 6.1.2 de geografische afbakening aanbod komt en in 6.1.3 de lijnvoering binnen het casestudie gebied.

6.1.1. Methode

Voor de Nederlandse ontwerpmethodiek van de dienstregeling (zie Hoofdstuk 4) zijn vier knelpunten geïdentificeerd:

1. Generieke plannormen zijn niet geschikt;
2. De geplande dienstregeling in minuten is te globaal;
3. Stochastiek mist in de robuustheidsanalyse van de dienstregeling; en,
4. De mogelijkheid om gehinderd (bijv. op 80 km/h i.p.v. 130 km/h) te plannen wordt nog erg weinig gebruikt.

Deze casestudie heeft als doel om bovenstaande vier knelpunten te bekijken. Dit wordt gedaan met de hulp van drie software systemen:

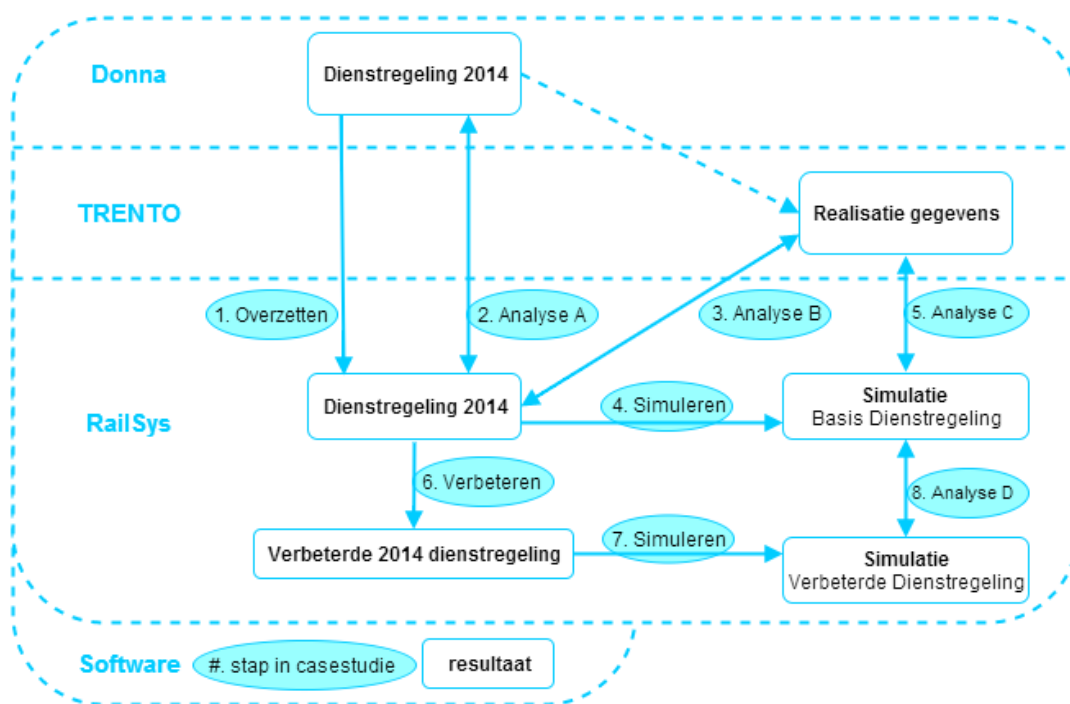
1. **Donna:** Het Nederlandse plansysteem, hierin staat de geplande dienstregeling die vergeleken wordt (voor meer informatie over Donna zie Paragraaf 4.2.2);
2. **TRENTO:** Het systeem waar realisatie gegevens aan de hand van bandbreedtes zijn terug te vinden. Voor meer informatie zie Paragraaf 4.2.2); en,
3. **RailSys:** is een commercieel softwarepakket van *Rail management consultants (RMCon)*. RailSys bestaat uit drie basis elementen: *Infrastructure Manager*, *Timetable & Simulation Manager* en de *Evaluation Manager*. In deze casestudie zal de grootste focus op de Timetable & Simulation Manager liggen. De Evaluatie Manager is voor de evaluatie van realisatie- en simulatie gegevens. RailSys is gebaseerd op bloktijdtheorie (zie Paragraaf 3.3.2) en bevat microscopische infrastructuur gegevens. Ook is het mogelijk om met RailSys op de seconde nauwkeurig te plannen (RMCon, 2016). Dit stelt RailSys in staat om de vier bovenstaande methodische verbeterpunten van Nederlandse ontwerpmethodiek te bekijken. Binnen NS en ProRail is in 2016 een aantal licenties van RailSys aangeschaft voor onderzoek naar de mogelijkheden voor microscopisch plannen en simuleren alsmede berekende blokbezettingsconflicten. RailSys wordt niet gebruikt voor het maken van planningen.

Voor deze casestudie wordt de spits dienstregeling van 2014 vergeleken. Dit heeft een aantal redenen: allereerst omdat de spits het moment is dat de meeste en langste treinen rijden. Ten twee omdat er realisatie gegevens nodig zijn om de simulatie van de geplande dienstregeling mee te vergelijken (daarom valt de 2017 dienstregeling af). De derde reden is dat in RailSys de infrastructuur van 2014 zit die afkomstig is vanuit het OpenTrack model van Railinfra Solutions (RIS). Deze infrastructuur is steekproefgewijs gecontroleerd in InfraMonitor met het InfraAltas bestand *IA_NNVBR_20140407_BD_20131129*, deze infrastructuur staat (binnen de steekproef) correct in RailSys. Voor de dienstregeling van 2014 is het definitieve Donna BU bestand, *20131215-BU-006*, gebruikt.

Voor de analyses van de realisatie gegevens zijn van de eerste maand na het ingaan van de dienstregeling gebruikt (van 15-12-2013 t/m 14-1-2014). In deze periode is het weer niet van nadelige invloed geweest: er was één vorstsdag, met minimum temperatuur van -2.0 graden Celsius en geen neerslag op die dag. De wind is niet boven 5 bft gekomen en de neerslag was maximaal 4,6mm, 3,7mm en 3,6mm per uur en verder niet boven de 2,0 mm per uur (KNMI, 2016). De realisatie gegevens vanuit TRENTO van de eerste maand zijn vergeleken met de maand april. Deze lieten vergelijkbare patronen zien. Daarom kunnen de realisatie gegevens van 15-12-2013 t/m 14-1-2014 als betrouwbaar worden beschouwd.

De case is uitgevoerd aan de hand van acht stappen. Het stappenplan is als volgt, dit is ook terug te zien in Figuur 6.1:

1. Één op één overzetten van de dienstregeling vanuit Donna naar RailSys;
2. Analyse A: analyseren van de verschillen (in conflicten) in de dienstregeling in Donna en RailSys;
3. Analyse B: analyseren of de karakteristieken van de uitvoering te voorzien waren in RailSys;
4. Simuleren: de omgezette dienstregeling wordt gesimuleerd;
5. Analyse C: gekeken wordt of de simulatie in RailSys de realisatie gegevens benadert;
6. Verbeteren: de dienstregeling wordt verbeterd/aangepast met de mogelijkheden van RailSys;
7. Simuleren: de verbeterde dienstregeling wordt met dezelfde parameters als stap 4 gesimuleerd; en,
8. Analyse D: met behulp van de simulaties wordt gekeken wat de effecten van de verbeteringen zijn.



Figuur 6.1: Methode van de casestudie.

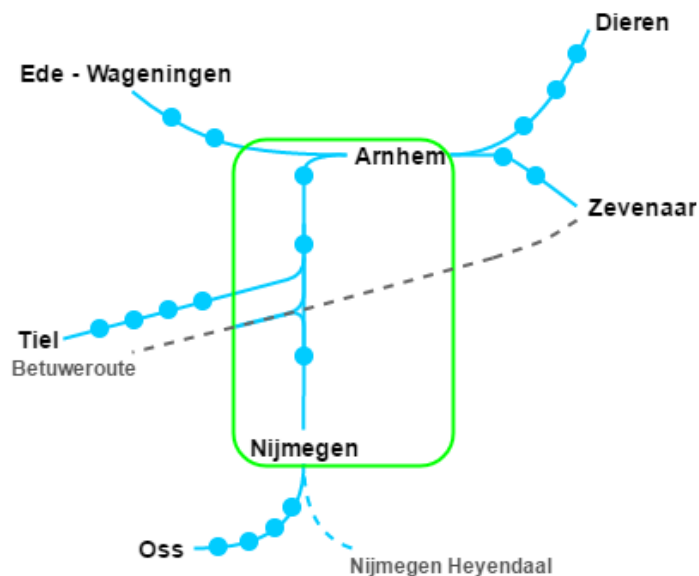
Zoals omschreven in Paragraaf 3.3.6 zijn er volgens Goverde and Hansen (2013) een vijftal evaluatiecriteria voor dienstregelingen: infrastructuurbezetting, dienstregelinghaalbaarheid, dienstregelingstabiliteit, dienstregelingrobuustheid en dienstregelingsveerkracht. De eerste vier criteria zullen besproken worden in dit hoofdstuk, aangezien de dienstregelingsveerkracht te maken heeft met de invloed van de verkeersleiding. In stap 2 en stap 6 zal de infrastructuurbezetting en de dienstregelingshaalbaarheid van de 2014 en de verbeterde dienstregeling besproken worden. De dienstregelingstabiliteit en -robuustheid zal besproken worden in stap 8.

6.1.2. Geografische afbakening

Voor de casestudie is gekozen voor het traject Arnhem <> Nijmegen, hier is voor gekozen omdat dit een druk baanvak is en beide stations tegen hun maximale capaciteit aanzitten (zie Paragraaf 4.5.2). Daarnaast is er naar dit baanvak nog niet veel onderzoek gedaan, waardoor de dienstregeling nog niet uitgeoptimaliseerd is door deelonderzoeken. Hierdoor is de dienstregeling een direct gevolg van de ontwerpmethodiek die nu gebruikt wordt.

Om het netwerkeffect mee te nemen, zijn de grenzen van het gebied uitgebreid naar het eerste intercity station na Arnhem of Nijmegen. De focus blijft liggen op het baanvak Arnhem <> Nijmegen. De treinen naar Nijmegen Heyendaal worden niet meegenomen: deze liggen los van de treinen die op het baanvak tussen Arnhem en Nijmegen rijden.

In Paragraaf C.2 in Bijlage C staat een gedetailleerde kaart van de infrastructuur. Ook staat in dezelfde paragraaf in Tabel C.1 alle stations en dienstregeling punten, samen met de afkortingen die hiervoor gebruikt worden.



Figuur 6.2: Geografische afbakening van de casestudie

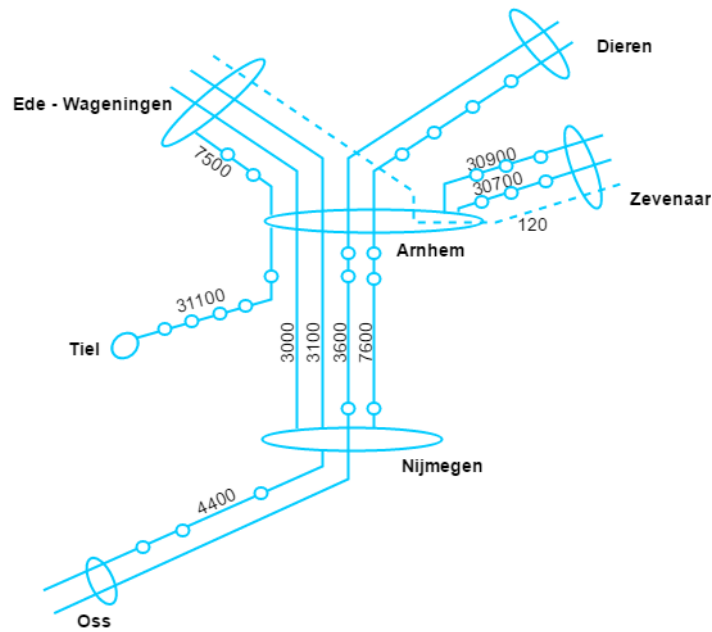
6.1.3. Lijnvoering

De treinseries in het gebied zoals beschreven in Paragraaf 6.1.2 zijn terug te vinden in Figuur 6.3 en Tabel 6.2 samen met het materieel waar deze serie mee rijdt. Te zien is dat er in de spits geen goederentreinen in het gebied rijden.

In Tabel 6.1 is de patroon notering te zien. Elke letter staat voor richting en moment in het uur: trein A3000 rijdt bijvoorbeeld om .15 van Arnhem naar Nijmegen en B3000 rijdt (in tegengestelde richting) om .20 van Nijmegen naar Arnhem, waarna C3000 een half uur later dan A3000 rijdt (.45) en D3000 rijdt een half uur na B3000 (.50). De letters A, B, C en D staan voor het patroon (de standaard trein die altijd rijdt). De daarop volgende letters zijn voor alternatieve patronen (zoals ochtendspits, avondspits, nacht, dal, superdal, als internationaal rijdt), er zijn niet genoeg letters beschikbaar om de letter reeksen vast te leggen voor elke situatie. De treinen worden per dag genummerd, de ene richting is even, de andere richting oneven. Vanaf 4 uur 's ochtends start de nummering, gecombineerd met de letter van het patroon: A3001, C3003, A3005, C3007 en B3002, D3004, B3006, D3008 enz. Als de 1e trein van de 3000 serie om 6 uur rijdt, krijgt deze het nummer A3009 of B3010.

Tabel 6.1: Patroon aanduiding.

	1e trein		2e trein	
	Heen	Terug	Heen	Terug
Patroon	A	B	C	D
Alt. patroon 1	E	F	G	H
Alt. patroon 2	I	J	K	L



Figuur 6.3: Lijnvoering dienstregeling 2014 binnen het casestudie gebied.

Tabel 6.2: Lijnvoering dienstregeling 2014 binnen het casestudie gebied, met gepland materieel type.

Serie	Start serie	Einde serie	Start case	Eind case	Materieel
120	Frankfurt	Amsterdam Centraal	Zevenaar	Ede - Wageningen	ICE8
3000	Nijmegen	Den Helder	Nijmegen	Ede - Wageningen	VIRM10
3100	Nijmegen	Schiphol	Nijmegen	Ede - Wageningen	VIRM10
3600	Rosendaal	Zwolle	Oss	Dieren	E1700 + ICRm7
4400	Den Bosch	Nijmegen	Oss	Nijmegen	DD-AR4
7500	Arnhem	Ede-Wageningen	Arnhem	Ede - Wageningen	SGMm3
7600	Zutphen	Nijmegen	Dieren	Nijmegen	SGMm6
30700	Doetinchem	Arnhem	Zevenaar	Arnhem	GTW9
30900	Winterswijk	Arnhem	Zevenaar	Arnhem	GTW3
31100	Arnhem	Tiel	Arnhem	Tiel	GTW2

6.2. Analyse

In deze paragraaf zal de uitvoering van de case besproken worden, van Paragraaf 6.2.1 t/m Paragraaf 6.2.8 worden de stappen uit de methode doorlopen.

6.2.1. Stap 1: overzetten dienstregeling naar RailSys

Als eerste stap is het Basisuurpatroon (BUP) vanuit Donna omgezet naar RailSys. Tijdens het overzetten zijn er een aantal keuzes gemaakt, die samen de ontwerpvoorwaarden omvatten, deze zijn hieronder terug te vinden:

- **Een BUP functie** zit niet in RailSys, daarom is er voor vier uur aan treinen ingelegd vanaf 6 uur 's ochtends. Er is ook voor vier uur gekozen zodat er voor de simulaties een opwarmtijd wordt meegenomen;
- **De ICE (120 serie)** is in de BU fase in conflict geplaatst met de 7500, 7600 en 30900 serie. Dit is in de BU fase toegestaan (*agree to disagree*), maar zorgt wel voor veel conflicten en maakt analyseren lastig/onmogelijk. Omdat de trein niet tussen Arnhem en Nijmegen rijdt en er geen probleem is met de perroncapaciteit op Arnhem, zie (Schut, 2016b), is de 120 serie verwijderd;
- **De halteertijden** moeten in RailSys gedefinieerd worden als minimum en gepland. De minimum halteertijd wordt gebruikt als de trein later aankomt dat gepland. Dit kan voor komen bij simulaties of wanneer de rijtijd tekort was op het traject naar het station toe. Beide tijden zijn gelijk ingevuld, omdat de casestudie voor de spits gepland wordt en in de spits is de halteertijd aan de korte kant zijn. De gedefinieerde halteertijden van een korte stop zijn: SPR: 0,7 min (42 s) IC: 0,8 min (49 s). Voor Arriva treinen (30700, 30900 en 31100) staan deze tijden op 0,5 min (30 s) omdat bij Arriva de machinist zelf het vertrekproces regelt (ProRail, 2016b);
- **Korte stop** Bij de Donna Dienstregeling is een korte stop een haltering waarbij de aankomst en het vertrek van de trein in dezelfde minuut valt. Machinisten zien deze tijd als de vertrektijd. Daarom doen ze hun best om dan te vertrekken (Schut, 2016b) (en ook eerder aan te komen). Daarom is in RailSys de vertrektijd de hele minuut genomen en voor de aankomsttijd is de vertrektijd min de (minimale) halteertijd genomen;
- **De rijtjidspeeling** is gedefinieerd op minimaal 5% in RailSys en daar zal straks de dienstregelingen ook mee geanalyseerd worden;
- **De Buffer** tussen twee treinen is gedefinieerd als (minimaal) 1 minuut/60 seconden;
- **De minimale keertijd** op een station is gelijk aan de Isidoor (keer) normen, dit is 280 seconden voor de (V)IRM10 (NS, 2016b) ;
- **Aankomen op groen** is toegepast op enkele stations. Aankomen op groen is voor stations op de vrijebaan waar geen overweg achter liggen. Donna kan dit niet instellen, maar in de praktijk is dit wel het seinbeeld. Daarom is dit wel in RailSys gedefinieerd. Voor de stations en de richtingen waarvoor dit is gedaan, alsmede extra uitleg over hooggroen, zie Paragraaf C.5 in Bijlage C; en,
- **Dienstregelpunten** zijn niet gelijk in Donna, RailSys en TRENTO. Om met een gelijk model met RailSys te werken, zoals NS en ProRail hier nu mee werken, is ervoor gekozen om deze dienstregelpunten niet toe te voegen in RailSys.

Overzetten Dienstregeling

In Figuur 6.4 is de Donna planning voor de serie B31100 te zien, in Figuur 6.5 staat de omgezette dienstregeling in RailSys. Te zien is dat RailSys minder dienstregelpunten heeft dan Donna (Tla, Vrk, Ahwa). Bij Donna staat onder Act (activiteit) wat de handeling van de trein is (A: aankomst, V: vertrek, K: korte stop, D: doorkomst). Bij RailSys staat dit onder SchedArr (Scheduled Arrival) en SchedDep (Scheduled Departure) want zoals eerder gezegd kent RailSys geen korte stop. Bij Donna zijn de tijden gedefinieerd onder plantijd en merk op: Donna is in minuten, RailSys in seconden. Voor het overzetten is de hele minuut over gezet. RailSys kent ook een kolom FeasArr (Feasible Arrival) en FeasDep (Feasible Departure). Hierin staan de uitvoerbare tijden met 5% speling. Merk op dat op Kesteren (Ktr) de plantijden 2 seconden lager liggen dan de uitvoerbare tijden. In Donna wordt de kale rijtijd gedefinieerd onder Kaal, bij RailSys onder MRTech (Minimal Technical Running time). Onder Spl (speling) benoemd Donna de rijtjidspeeling over het gehele traject. In RailSys staat onder StAll (Standard Running Time allowance) de standaard rijtjidspeeling (5%), waarna onder MinRT (Minimum Running Time) de minimale rijtijd staat. Hier kan van afgeweken worden onder RTAllow (Running Time Allowance), de afwijking is dus ten opzichte van 5% rijtjidspeeling. De uiteindelijk geplande rijtijd staat onder SchedRT (Scheduled Running Time). Van Tl naar Ktr is de extra rijtjidspeeling min drie seconden en dit is geen probleem: de SchdRT is nog hoger dan de MRtech. Van Esta naar Est is er wel een probleem met de extra 'rijtjidspeeling': dit is -16, terwijl er 5 seconden speling was op basis van de 5% rijtjidspeeling. Hierdoor zou de trein 11 seconde (101 - 90) sneller moeten rijden dan technisch haalbaar is. Een nog niet benoemde

kolom in RailSys is de ArrGrn: dit is aankomst op hooggroen, dit is gedefinieerd voor Tl, Op, Hmn, zie ook Bijlage C.5.

BU Activiteiten - treinrr.B31100

Geldigheid:

Spits, [O,A,]

ervoerder:

Arriva

Matsoort/aantal:

GTW/2

Stationnementstijd:

30

Treintype/Rijk.:

R/ST

Opmerkingen:

ochtend-avond spits

Wijzig:

☒ Route

☐ Tijden

☐ Treingegevens

☐ Alles

Drglpt	Spoor	Act	Van	Naar	Plantijd	Berek	Kaal	Spl	Spltot	Spl%	Dw	SB	Fa
Tl	2	V	2	EC	:16								
Tla	EC	D			:18	17.5	01.4	0.6					
Ktr	4	K	EC	4	:25	25.0	06.6	-0.1					
Op	2	K			:29	28.6	03.0	0.5					
Hmn	2	K			:32	31.5	02.2	0.3					
Za	2	K			:36	35.0	02.8	0.7					
Vrk	70	D	EO	AE	:42	40.6	05.4	0.6					
Esta	AE	D			:44	42.7	02.0	0.0					
Est	2	K			:46	44.7	01.4	0.1					
Ahz	2	D			:49	47.5	02.6	0.4					
Ahwa	AE	D			:51	49.7	02.1	-0.1					
Ahb	21	D			:52	50.2	00.5	0.5					
Ah	4	A	AE	4	:54	51.6	01.2	0.8	4.1	12.2 %			

Figuur 6.4: Dienstregeling B31100 Tiel - Arnhem in Donna.

B31102																		B31102																		B31102																		N																		LoPassTr GTW-D02/Persoon																		Tl																		Tiel																		Ah																		Arnhem																	
Editing																		Bend train path																		Backwards																		to the next stop																																																																																																											
Train characteristics																		Timetable																		Train run																		Train type																		Headways																		Routing																																																																							
	Route	Platform	SchedArr	SchedDep	Fix	FeasArr	FeasDep	FeasDw [s]	SchDw	MinDw	ArrGrn	MRTech [s]	StAll [s]	MinRT [s]	RTAllow [s]	SchedRT [s]	FeasRT [s]																																																																																																																																																
Tl	[Tps...	B-2	6:15:00	6:16:00		6:15:00	6:16:00	60	60	30		488	24	513	-3	510	512																																																																																																																																																
Ktr	[Tl]...	B-4	6:24:30	6:25:00		6:24:32	6:25:02	30	30	30		185	9	194	16	210	208																																																																																																																																																
Op	[Ktr]...	B-2	6:28:30	6:29:00		6:28:30	6:29:00	30	30	30		138	7	145	5	150	150																																																																																																																																																
Hmn	[Op]...	B-2	6:31:30	6:32:00		6:31:30	6:32:00	30	30	30		170	9	179	31	210	210																																																																																																																																																
Za	[Hm]...	B-2	6:35:30	6:36:00		6:35:30	6:36:00	30	30	30		426	21	447	33	480	480																																																																																																																																																
Esta	[Za]...	G-2		6:44:00			6:44:00					101	5	106	-16	90	106																																																																																																																																																
Est	[Esta]...	A-2	6:45:30	6:46:00		6:45:46	6:46:16	30	30	30		145	7	153	27	180	164																																																																																																																																																
Ahz	[Est]...	G-2		6:49:00			6:49:00					145	7	152	28	180	180																																																																																																																																																
Ahb	[Ahz]...	G-1		6:52:00			6:52:00					88	4	93	27	120	120																																																																																																																																																
Ah	[Ah]...	B-4	6:54:00	6:55:00		6:54:00	6:55:00	60	60	42																																																																																																																																																							

Figuur 6.5: Omgezette dienstregeling B31100 Tiel - Arnhem in RailSys, licht aangepast voor leesbaarheid in verslag.

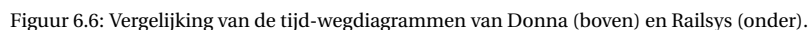
6.2.2. Stap 2: analyse A, vergelijken dienstregeling Donna & RailSys

In deze paragraaf wordt de Donna dienstregeling met RailSys vergeleken. Dit zal gebeuren aan de hand van de tijd-wegdiagrammen (TWD), rijtijden en conflicten.

Tijd-wegdiagram

In Figuur 6.6 is een uitsnede van de tijd-wegdiagrammen tussen Nijmegen Dukenburg en Nijmegen te zien. Voor volledige tijd-wegdiagrammen van RailSys en Donna op het traject Arnhem - Nijmegen, zie Bijlage C.3. In Bijlage C.4 zijn ook de spoorbezettingsdiagrammen van Arnhem en Nijmegen opgenomen. In de uitsnede van de gehele tijd-wegdiagram in Figuur 6.6 zijn twee verschillen te zien tussen Donna en RailSys:

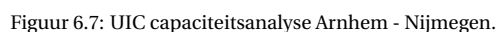
- **Macro- en microscopische verschillen:** er zijn twee verschillen tussen macro en micro:
 - Donna trek rechte lijnen tussen de plantijden, terwijl in RailSys de daadwerkelijke acceleratie en remcurves te zien zijn; en,
 - In RailSys is ook het spoorgebruik te zien. Zo zijn er hoogte verschillen in de halteringen (horizontale lijnen op Nijmegen): dit zijn halteringen op een ander spoor.
- **Technisch minimale rijtijden:** RailSys werkt met de technisch minimale rijtijden. Zo heeft de laatste trein (naar Nmd) een aankomst gepland om :57.18 in Donna, maar volgens RailSys is dit pas mogelijk om :57.46: RailSys werkt met deze uitvoerbare tijden en geeft dit ook weer in de tijd-wegdiagrammen.



Capaciteit baanvak

RailSys heeft de mogelijkheid om een automatische capaciteitsanalyse uit te voeren. Dit wordt gedaan aan de hand van de UIC 406 compressie richtlijnen (zie Paragraaf 3.3.6). De uitwerking voor het traject Arnhem naar Nijmegen is terug te vinden in Figuur 6.7. RailSys gaf een infrastructuurbezetting van 72,1 % voor de richting Arnhem naar Nijmegen, van Nijmegen naar Arnhem komt dit uit op 66,1 %. De berekening van RailSys klopt echter niet volledig: de kruisende 31100 van Tiel naar Arnhem is niet meegenomen. Deze trein heeft een blokbezetting van 80 seconden, er is een buffertijd over van 100 seconden op Elst aansluiting (Esta) en daarom verandert de bezetting niet. Daarnaast neemt de RailSys in de berekening de vertrekkende treinen uit Nijmegen en de aankomende in Arnhem niet mee. Met name de overkruisingen zijn lastig bij het plannen (zie Paragraaf C.1). De beperkingen aan de UIC methode zijn bekend (zie Paragraaf 3.3.6)

De bezetting van het baanvak Arnhem - Nijmegen voldoet in de spits aan de norm (75 %). Buiten de spits blijven de frequenties van de treinen gelijk, waardoor de bezetting buiten de spits niet aan de UIC norm voldoet (60%).



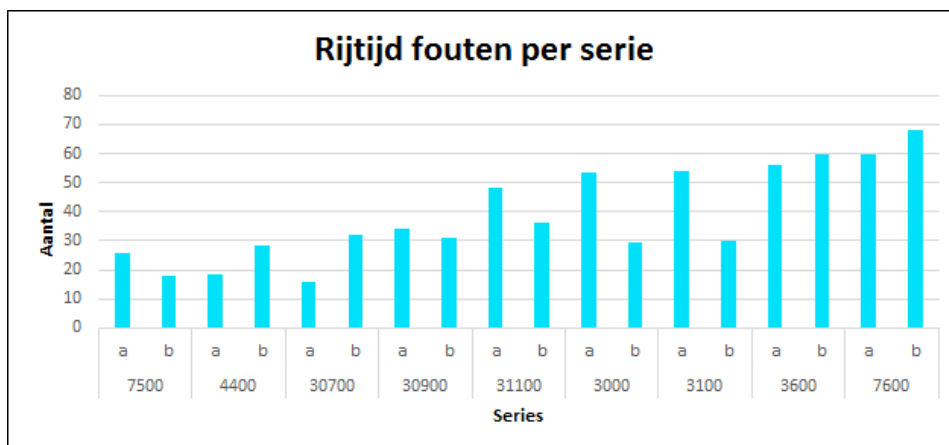
Rijtijden

Zoals in Paragraaf 4.2.2 is beschreven wordt de rijtijd berekening van Donna niet vertrouwd en is het BUP van 2017 gemaakt met een rijtijdenboek. De RailSys rijtijdberekening is vergeleken met Donna en het rijtijdenboek in Bijlage C.6, daar is geconcludeerd dat de berekening van RailSys voor de doelen van de case voldoende juist is. Dat betekent ook dat de materieelgegevens (acceleratie en rem curves) juist in RailSys staan. Daarom wordt in deze paragraaf de rijtijden van RailSys als juist beschouwd, toch moet er opgemerkt worden dat RailSys een model blijft en daarom nooit exact de werkelijkheid kan nabootsen.

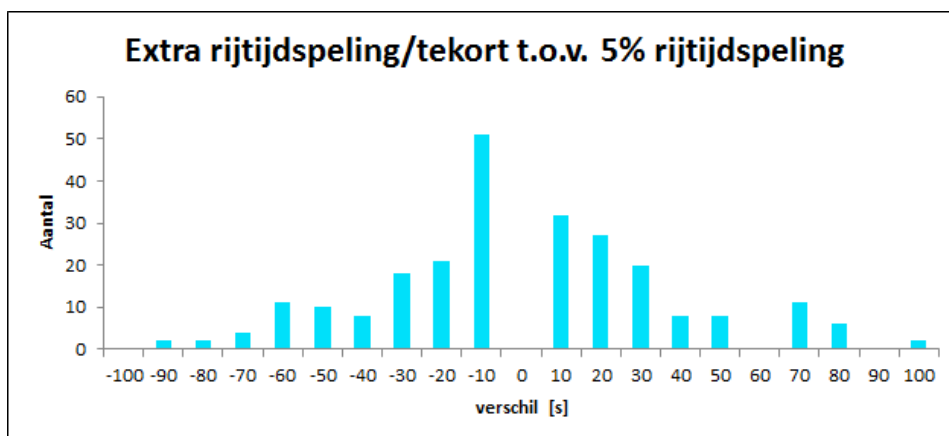
Als we kijken naar het aantal rijtijdfouten in de Donna 2014 dienstregeling in Figuur 6.8, zijn de rijtijdfouten bij alle series van één uur terug te vinden. Een rijtijdfout is een fout waar de geplande rijtijd lager is dan de kale rijtijd of de kale rijtijd met 5% speling. Binnen alle series komen veel fouten voor. Zo is te zien dat de 7600 het dubbele aantal fouten heeft ten opzichte van 7500. Dit is te verklaren doordat de series met meer rijtijdfouten ook de langere series zijn.

Figuur 6.9 geeft het aantal verschillen weer, waarbij er een afwijking is met de standaard 5% rijtijdspeling. Net iets krappert (-10s) of iets ruimer (tot 30s) is geen probleem. Teveel extra speling zorgt ervoor dat treinen te vroeg aan kunnen komen, waardoor ze weer andere treinen kunnen hinderen. Als treinen minder speling hebben, kan dit ervoor zorgen dat variatie in de uitvoering niet opgevangen kan worden of dat een rijtijd niet eens haalbaar is.

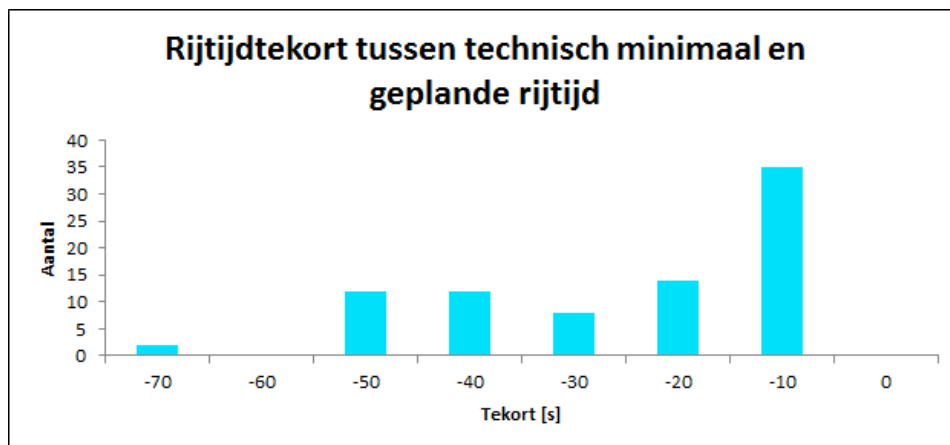
In Figuur 6.10 is het aantal treinen van één uur te zien waarbij de geplande rijtijd korter is dan de technisch haalbare rijtijd; deze rijtijden zorgen voor een niet uitvoerbare dienstregeling. Een verklaring voor deze rijtijden is enerzijds de fouten in de rijtijdmodule van Donna, anderzijds komt dit door het afronden op minuten. Doordat de rijtijden niet kloppen, is de dienstregeling niet altijd haalbaar.



Figuur 6.8: rijtijdfouten per serie, van één uur.



Figuur 6.9: Extra rijtijdspeling/tekort t.o.v. 5% rijtijdspeling, van één uur. De waarden voor 0 seconde verschil zijn verwijderd voor de leesbaarheid; dit aantal is 640. N totaal = 724.



Figuur 6.10: Rijtijden die korter gepland zijn dan technische haalbaar is, van één uur.

Conflicten Donna & RailSys

De conflicten worden besproken aan de hand van vier conflict mogelijkheden: rijtjdspeelingstekort volgens Donna, ROBERTO berekeningen, buffertijd en opvolg- & overkruisconflicten.

- **Donna Rijtjdspeelingstekort:**

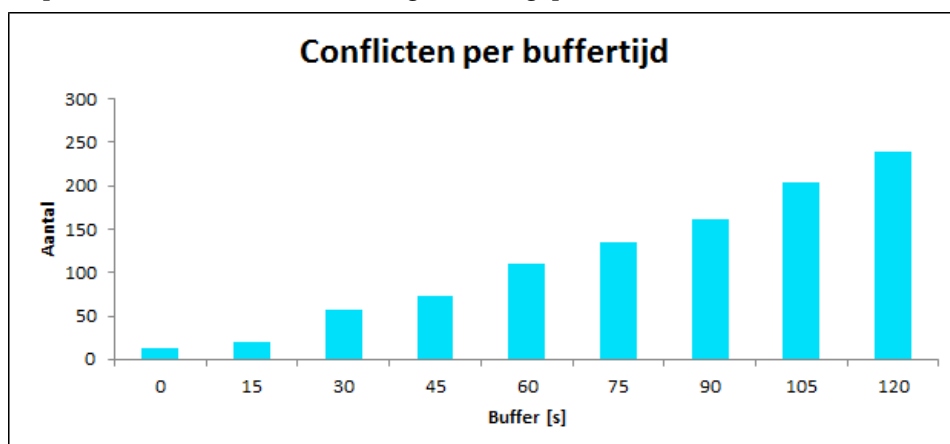
In Donna is een conflict voor de serie A3100 en A3600 op Arnhem. Deze conflicten zijn destijds geaccordeerd door de planners als een *zacht conflict*: *Afwijking generieke norm: voldoet aan norm uitvoerbaarheid*. RailSys laat voor A3100 ook een rijtijd tekort zien: 9s minder dan technisch minimaal. Voor de A3600 laat RailSys geen problemen met de rijtjdspeeling zien van en naar Arnhem (30s en 32s). Donna zat hier dus juist bij de A3100 en fout bij de A3600. Daarnaast heeft Donna wel veel meer rijtijd problemen gemist (zie Figuur 6.9 en Figuur 6.10).

- **ROBERTO berekeningen en Railsys**

Er zijn in Donna drie conflicten die geaccordeerd zijn met behulp van een ROBERTO berekening. Dit zijn de conflicten B7500 met A3000 op Ed, C3000 met B3000 op Nm en de C3100 met D3100 op Nm. Bij het eerste conflict was volgens RailSys 10s over, tweede had 19s over en het derde conflict had 97s over. ROBERTO en RailSys zijn het hier eens en deze conflicten zijn (volgens RailSys) terecht geaccordeerd. Een meerwaarde van RailSys ten opzichte van ROBERTO is dat RailSys gelijk de opvolg- en overkruistijden berekent in de planning, waar ROBERTO dit los berekent tussen twee treinen en de berekening in ROBERTO wordt niet door de planner uitgevoerd;

- **Conflicten per buffer:**

In Nederland wordt een buffer tussen twee treinen van 60 seconden gehanteerd, RailSys laat zien dat er voor vier uur tijd 333 conflicten zijn. Aangezien er een opstart en afwikkeling is zonder conflicten, zijn er per uur ongeveer 110 conflicten. Dit betekent dat er 110 keer verkeerd gepland is. Figuur 6.11 geeft het aantal conflicten weer, afhankelijk van de lengte van de buffer. In dit Figuur is te zien dat er bij geen buffer op 12 secties een dubbele bezetting is; dit zorgt per definitie voor een onuitvoerbaar plan.

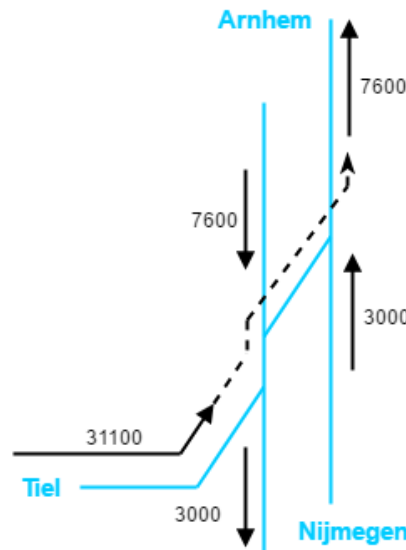


Figuur 6.11: Aantal conflicten per uur in het casestudiegebied, voor een verschillende buffer.

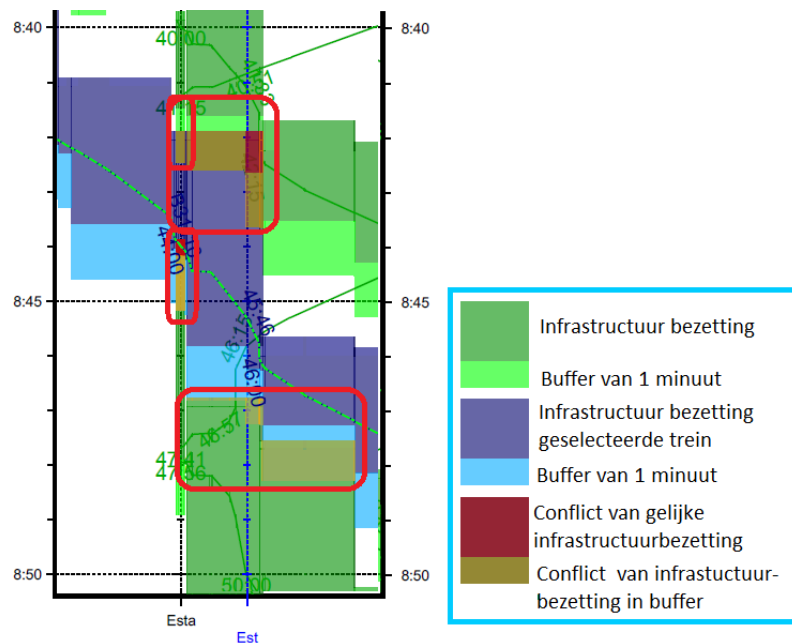
Vervolgens wordt hieronder de opvolg- en overkruisconflicten besproken. Dit gebeurt aan de hand van conflicten die Donna en RailSys beiden detecteren, conflicten wel door RailSys en niet door Donna gedetecteerd en conflicten wel door Donna en niet door RailSys. In Tabel 6.3 staan alle conflicten die door RailSys per uur gedetecteerd zijn. Waar Donna één conflict detecteert tussen twee treinen, detecteert RailSys gelijke bezettingen van secties; daardoor ligt het aantal conflicten in RailSys hoger dan in Donna. Hoe hoger het aantal conflicten van RailSys, hoe groter de hinder is.

De grootste bottleneck is rond Elst aansluiting. Bij het 'intakken' van de 31100 vanuit Tiel naar Arnhem. Figuur 6.12 geeft schematisch weer hoe de 31100 tussen de 7600 en 3000 series door gepland is.

Figuur 6.13 laat de tijd-wegdiagram rond de bottleneck zien. De blauwe blokken zijn van de geselecteerde trein (31100). De oranje vlakken zijn conflicten in de buffer. Dat gebeurt met de 3000 naar Nijmegen (kleine vierkant links boven (in het grote verkant)) en de 3000 naar Arnhem (grote vierkant onder). Met de 3000 en de 7600 serie is ook een rood vlak te zien (middelste, kleinere vierkant & grote vierkant boven), hier is naast een conflict in de buffer ook een gelijke bezetting van de infrastructuur gepland.



Figuur 6.12: Bottleneck op Elst aansluiting.



Figuur 6.13: Conflicten in RailSys van de 31100 bij Elst aansluiting.

Tabel 6.3: Conflicten gedetecteerd door RailSys, voor 1 uur. Letter achter het aantal conflicten verwijst naar de verklaring onder de tabel.

2e trein	1e trein											Totaal
	3000		3100		3600		4400	7600		31100		
	A&C	B&D	A&C	B&D	A&C	B&D		A&C	B&D	A&C	B&D	
3000 A & C	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14(j)	14
3000 B & D	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
3100 A & C	-	-	x	-	8(f)	-	-	-	-	-	-	8
3100 B & D	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	0
3600 A & C	-	2(a)	-	-	x	-	-	-	-	-	-	2
3600 B & D	-	-	-	8(d)	-	x	-	-	-	-	-	8
4400 A & C	-	-	-	-	-	-	x	-	2(h)	-	-	2
7600 A & C	-	12(b)	-	-	-	-	-	x	-	-	4(k)	16
7600 B & D	-	-	-	2(e)	-	-	-	-	x	-	-	2
31100 A & C	-	-	-	-	-	4(g)	-	-	-	x	-	4
31100 B & D	-	4(c)	-	-	-	-	-	-	28(i)	-	x	32
Totaal	0	18	0	10	8	4	0	0	30	0	18	x

- **Opvolg- en overkruisconflict door Donna & RailSys gedetecteerd:**

Onderstaande vier conflicten waren door zowel Donna als RailSys gedetecteerd. De letter voor het conflict refereert naar de conflicten in Tabel 6.3.

- c D31100 met B3000 op Vrk.70 op tijdstip .12 & .42;
- d C3600 met B3000 op Nm 3b op tijdstip .18 & .48;
- e B7600 met B3100 op Nm 4a op tijdstip .03 & .33; en,
- k C7600 met D31100 op Esta.91 op tijdstip .17 & .47.

- **Opvolg- en overkruisconflict wel door RailSys maar niet door Donna gedetecteerd:**

Onderstaande zeven conflicten waren wel door RailSys gedetecteerd, maar niet door Donna. Als RailSys juist is, dan zorgen de onderstaande conflicten (a, b, f, g, h en j) voor een krappere buffer. Conflict i zorgt voor gelijke bezetting van de infrastructuur, wat per definitie zorgt voor een onuitvoerbaar plan. De letter voor het conflict refereert naar de conflicten in Tabel 6.3.

- a 3600 A&C met 3000 B&D tussen Nm en Nml op tijdstip .17 & .47. Er is een tekort van 2 seconden buffer;
- b 7600 A&C met 3000 B&D tussen Est en Ahz op tijdstip .10 & .40. Er is een tekort van 24 seconden buffer;
- f 3100 A&C met 3600 A&C tussen Ahz en Ahb op tijdstip .05/.06 & .35/.36. Er is een maximaal tekort van 7 seconden;
- g 31100 A&C met 3600 B&D tussen Esta en Est op tijdstip .04 & .34. Er is een maximaal tekort van 39 seconden;
- h 4400 A&C met 7600 B&D op Nm op .05 & .35. Er is een maximaal tekort van 15 seconden buffer.
- i 31100 B&D met 7600 B&D tussen Esta en Est op .12 & .42. Er is een maximaal tekort van 60 seconden buffer en 17 seconden overlap van infrastructuur bezetting; en,
- j 3000 A&C met 31100 B&D tussen Elsta en Ahz op tijdstip .18 en .48. Er is een maximaal tekort van 43 seconden buffer.

Bij deze punten kost een microscopische planning dus capaciteit (de treinen moeten ruimer gepland worden). In totaal heeft Donna $2+24+7+39+15+77+43 = 207$ seconden = 3.45 minuut, 5,7 % meer (onterechte) capaciteit.

- **Opvolg- en overkruisconflict wel door Donna maar niet door RailSys gedetecteerd:**

- B4400 met C3600 op Mbro.RT (Tussen Wc en Rvs) op tijdstip .05 & .35.
Volgens RailSys is hier boven de 60 seconden buffer nog 27 seconden over.
- D31100 met A31100 op Vrk.70 (Tussen Ktr & Esta) op tijdstip .12 & .42.
Volgens RailSys is hier boven de 60 seconden buffer nog 1 minuut en 10 seconden over.
- D3600 met C4400 op Mbvro.RT (Tussen Wc en Rvs) op tijdstip .26 & 56.
Volgens RailSys is hier boven de 60 seconden buffer nog 50 seconden over.
- A31100 met B31100 op Ktr.3 (Tussen Ktr & Esta) op tijdstip .28 & .58.
Volgens RailSys is hier boven de 60 seconden buffer nog 2 minuten en 48 seconden over.

Bij deze punten levert een microscopische planning dus capaciteit op (de treinen kunnen dichter op elkaar gepland worden). In totaal heeft Donna $27 + 10 + 50 + 108 = 195 = 3.25$ minuut, 5% capaciteit 'weggegooid'.

In totaal had Donna 207 seconden meer capaciteit in de planning en 195 seconden aan capaciteit 'weggegooit'. Hierin gebruikt een microscopische planning dus 12 seconden meer capaciteit. Hier moet wel bij worden opgemerkt dat niet bekend is hoeveel overkuisingen ruimer gepland zijn dan nodig, omdat dit niet bekend is.

6.2.3. Stap 3: analyse B, vergelijken RailSys 2014 dienstregeling met realisatie gegevens

Één van de methodes om de realisatie gegevens te analyseren is de analyse van bandbreedte grafieken. In Figuur 6.14 is de bandbreedte grafiek van de 3100-even (A&C) tussen Nijmegen en Arnhem. Op de x-as wordt per station de Doorkomst (D), Aankomst (A) of Vertrek (V) gedefinieerd. Per station wordt de afwijking van een activiteit ten opzicht van het plan weergegeven. Als de uitvoering perfect zou zijn, zouden alle lijnen op de x-as lopen. Elke lijn representeert een tiende percentiel. Omdat er naar structurele afwijkingen gekeken wordt, is het 10e percentiel van de treinen niet meegenomen (het 10e percentiel (100%) vertegenwoordigd de incidentele uitschieters). Merk op: een lijn geeft niet de ontwikkeling weer van treinen, een trein zou van het 10^e naar het 70^e percentiel kunnen 'springen', en vice versa.

Aan een bandbreedte grafiek is een vijftal karakteristieken af te lezen, zie Figuur 6.14;

1. **Rijtijd tekort:**

De lijnen lopen parallel *omhoog*, waarbij de ruimte tussen de lijnen nauwelijks verandert. Ook is/ontstaat er ruimte tussen de x-as en het 1e percentiel;

2. **(Te) veel rijtijdspeeling:**

De lijnen lopen parallel *omlaag*, waarbij de ruimte tussen de lijnen nauwelijks verandert. De lijn kan onder de x-as komen, dan is de trein te vroeg;

3. **Conflict:**

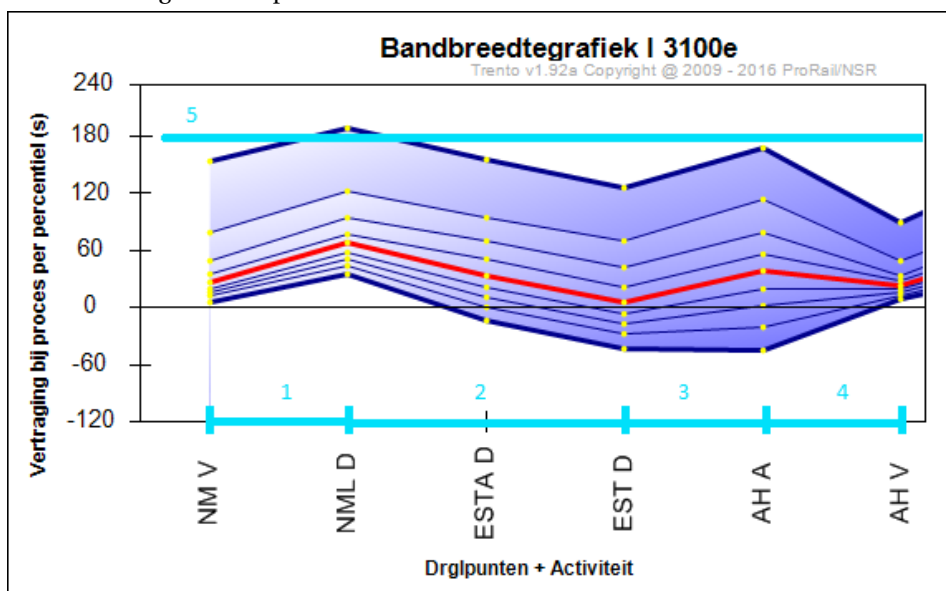
Er ontstaat extra ruimte tussen de lijnen. Dit komt omdat een trein die op tijd is, meestal door kan rijden, maar de treinen die iets vertraagd zijn, lopen vertraging op omdat een andere trein die sectie al bezet houdt;

4. **Haltering:**

De ruimte tussen de lijnen neemt af, waarbij de maximale vertraging het meeste afneemt. Een haltering kan ook tekort gepland zijn, waardoor de vertraging weer toeneemt; en,

5. **Punctualiteit grens:**

De interne punctualiteit grens is drie minuten/180 seconden. Als de 90 percentiel lijn hier onder blijft, is de serie in ieder geval 90% punctueel.



Figuur 6.14: Uitleg bandbreedte grafiek.

Wanneer de bandbreedte grafieken van de realisatie vergeleken worden met de omgezette planning van de 2014 dienstregeling, dan zijn de karakteristieken terug te vinden. Bij een rijtijd tekort is dit terug te vinden in de kolom RTAllow (zie Figuur 6.5), hier is ook te zien als er (te) veel rijtijdspeeling is: dan zijn de getallen erg hoog (boven 30s). Ook de conflicten uit de realisatie zijn terug te vinden in de planning in RailSys, dit is te zien in de tijd-wegdiagrammen (Zoals onder andere in Figuur 6.13).

6.2.4. Stap 4: simuleren 2014 dienstregeling

Voor het simuleren van de dienstregeling in RailSys is het mogelijk om het stochastische gedrag van de uitvoering mee te nemen. Stochastisch gedrag is een verdeling van een procestijd, bijvoorbeeld het vertrekproces. Het vertrekproces duurt in de realisatie niet altijd even lang. Stochastische simulatie is toegepast na enkele deterministische simulaties om de uitvoerbaarheid te controleren. Voor de stochastische simulatie is gekozen om veel runs te doen, zodat het gemiddelde bereikt wordt: dit zijn 200 runs. Binnen RailSys is het mogelijk om een negatief exponentiële verdeling of een empirische verdeling aan een proces en trein mee te geven. Er zijn een viertal processen waarvoor stochastisch gedrag kan worden weergegeven; *initiële verstoring* (bij vertrek eerste station), *rijtijd verstoring*, *halteerprocs verstoring* en *vertrek verstoring*:

- **Initiële vertraging;**

De initiële vertraging wordt empirisch aangegeven. De verdeling is gedefinieerd als een polygone representatie van de empirische verdeling van een verstoring. De polygoon wordt gecreëerd van twee waarden (aantal treinen en de vertraging). De vertraging wordt overgenomen vanuit de bandbreedte grafiek vanuit TRENTO. Daarnaast worden twee extra vertragingen toegevoegd: één aandeel zonder vertraging; anders wordt het 1e percentiel de onderlijn. Als tweede wordt boven het 90^e percentiel een extra percentiel toegevoegd om de laatste treinen ook mee te nemen (anders zou het 90^e percentiel voor het maximum aangezien worden). Het laatste percentiel is gedefinieerd als 20 seconden vertraging meer dan het 90^e percentiel.

Als voorbeeld is de initiële vertraging van 3100 A&C uit Figuur 6.14 in Tabel 6.4 weergegeven.

Tabel 6.4: Initiële vertraging voor de 3100 A&C serie, zie Figuur 6.14 waarop de initiële vertraging gebaseerd is.

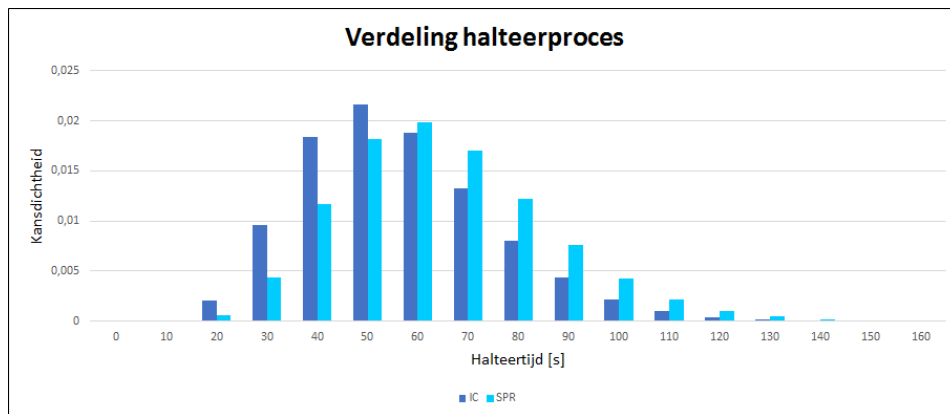
relatief aantal treinen	vertraging [s]
1	0
1	5
1	10
1	15
1	20
1	30
1	35
1	50
1	75
1	150
1	170

- **Rijtijdverstoring:**

Het is binnen RailSys niet mogelijk om een rijtijdverstoring aan alle treinen op alle secties mee te geven. Dit moet per (vertrek) station gedefinieerd worden. Daarom is er voor gekozen om deze vertraging achterwege te laten, en meer vertraging in het halteer- en vertrekproces te plaatsen. Dit heeft als gevolg dat de halteringen langer zullen duren dan de werkelijkheid, en de rijtijden juist iets korter; netto is het resultaat vergelijkbaar.

- **Halteerproces vertraging;**

Voor voorgaande analyses was de minimum dwell time gelijk gesteld aan de scheduled dwell time. Voor de simulatie is de minimum dwell time gelijk gesteld aan één seconde (bij nul seconde is er geen halteer-), en is een empirische variabele halteerproces toegevoegd. Daardoor is het mogelijk voor een trein om een kortere haltering te hebben wanneer deze trein achter op de planning binnenkomt. De verdeling van het halteerproces is overgenomen van CQM (2015). Zoals bij de rijtijdverstoring genoemd, is dit één categorie hoger dan die voor de stations in het casestudie gebied geldt. Deze verdeling heeft voor een Sprinter een Gamma(9,637;6,726) verdeling, voor een IC Gamma (8,4466;6,681). Omdat RailSys geen gamma verdeling mee kan nemen is dit omgezet naar een empirische verdeling. Door de kans met 1000 te vermenigvuldigen komt het relatief aantal treinen naar voren. Zo zijn de gamma verdelingen (zie Figuur 6.15) omgezet naar de empirische verdelingen in Tabel 6.5. Deze verdeling is over alle halteringen verspreid. De verdeling die gebruikt is voor de sprinters was de verdeling voor de kleinere stations. Arnhem en Nijmegen valt onder een andere verdeling, daarom is hier minimum dwell time gelijk gesteld aan 20 seconde.



Figuur 6.15: Gamma verdeling van het halteerproces.

Tabel 6.5: Empirische verdeling van het halteerproces, per IC/SPR.

Vertraging [s]	aantal	
	SPR	IC
20	0	0
30	10	4
40	18	12
50	22	18
60	19	20
70	13	17
80	8	12
90	4	8
100	2	4
110	1	2
120	0	1
130	0	0

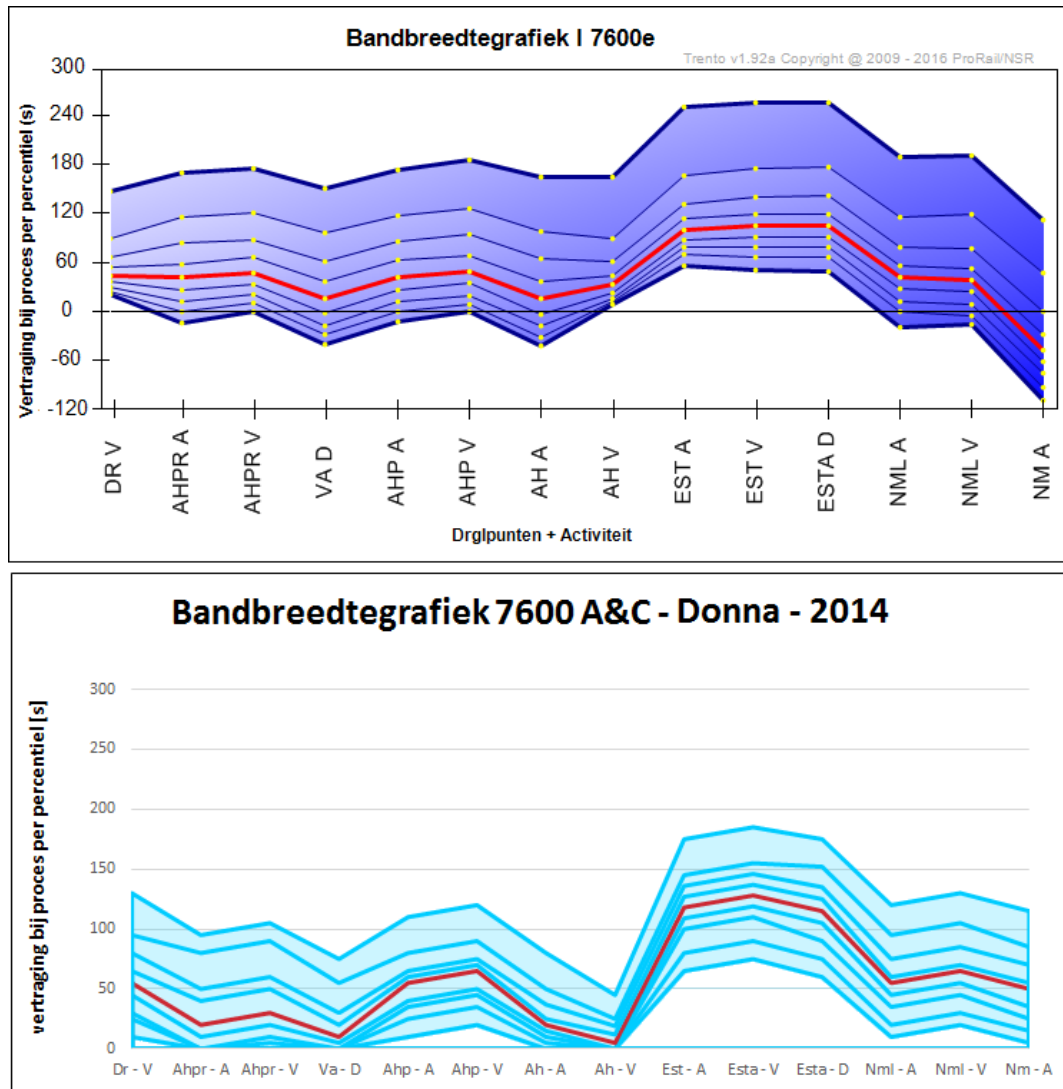
- **Vertrek verstoring;**

De vertrek verstoring is volgens CQM (2015) een dubbele negatief exponentiële verdeling. Aangezien dit niet ingevoerd kan worden bij RailSys (alleen een enkele negatief exponentiële verdeling) is ook deze verdeling omgezet naar een empirische verdeling. Dit is op dezelfde manier gedaan als bij het halteerproces. Voor de Intercity is $\text{NegExp}(1/11,49) + \text{NegExp}(1/11,49)$ genomen, Voor Sprinters is $\text{NegExp}(1/9,99) + \text{NegExp}(1/9,99)$ genomen.

6.2.5. Stap 5: analyse C, vergelijken simulatie 2014 dienstregeling met realisatie

In stap 5 worden de uitkomsten van de simulatie vergeleken met de realisatie gegevens. Dit wordt gedaan om te toetsen in hoeverre de simulaties gebruikt kunnen worden om de werkelijkheid te benaderen. In stap 3 (Paragraaf 6.2.3) is de bandbreedte grafiek in onderstaande figuren uitgelegd. In Bijlage C.7 zijn de bandbreedtes van de simulatie en realisatie van de series 3100 A&C en 3100 B&D toegevoegd.

In Figuur 6.16 is de bandbreedte van de 7600 A&C serie te zien. Deze figuur zal aan de hand van een vijftal punten besproken worden;



Figuur 6.16: Vergelijking van de bandbreedtes van de realisatie (boven) met de simulatie (onder, N=472) van serie 7600 A&C.

1. Initiële vertraging:

Deze is zo goed als gelijk, het is niet mogelijk om deze op de seconde nauwkeurig te krijgen aangezien de haltering verstoring hier ook al geldt. Met name de grotere initiële vertraging valt door deze halteerverstoring iets later uit.

2. Rijtijd tekort:

In de realisatie en simulatie is een rijtijdtekort van Va-D naar Ahp-A en van Ah-V naar Est-A;

3. (Te)veel rijtijdspeling:

In de realisatie in Figuur 6.16 is er een rijtijdtekort van Ahpr-V naar Va-D, van Ahp-V naar Ah-A en van Esta-D naar Nml-A. Deze rijtijdspelingen zijn ook terug te zien in de simulatie. Daarnaast is er in de simulatie een rijtijdspeling van Dr-V naar Ahpr-A. Dit komt omdat er geen rijtijdverstoring aangegeven kon worden, waardoor er op dit langere traject van 9.3 minuten in de simulatie meer wordt ingelopen. Daarnaast is te zien dat in de simulatie de trein niet voor op de planning kan lopen; dit was niet mogelijk

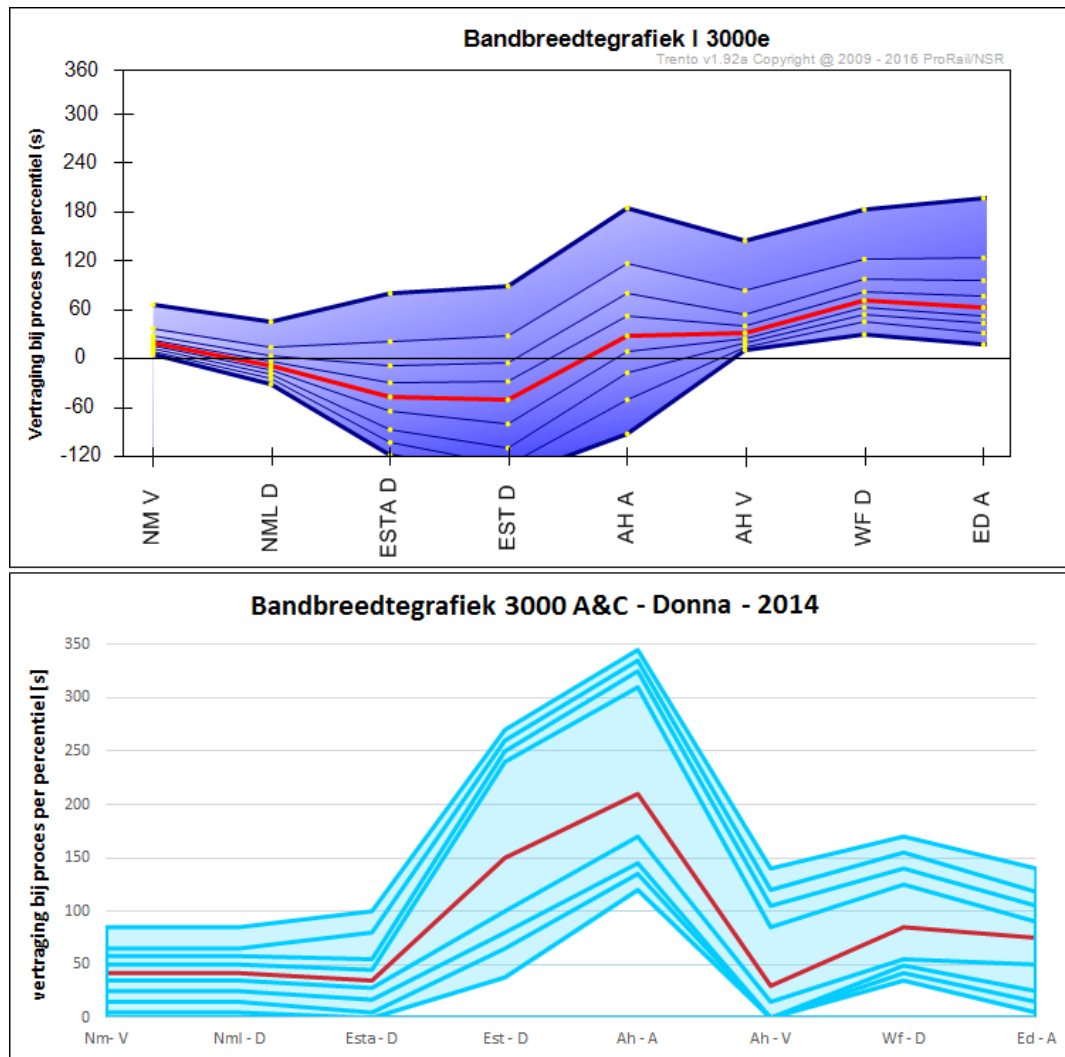
in RailSys. Hier dient rekening mee gehouden te worden, zoals bij de 3000 in Figuur 6.17. Doordat er tussen Nml-D en Esta-D veel rijtjidspeeling is lopen de treinen in de realisatie voor op plan waardoor het rijtjidskort tussen Est-D en Ah-A minder erg is dan in de simulatie;

4. Conflict:

Het conflict van de 7600 tussen Ah-V en Est-A is duidelijk zichtbaar. Dit gaat gecombineerd met een rijtjidskort. Wel is in de simulatie het conflict groter dan in de realisatie; en,

5. Haltering:

In de realisatie winnen de treinen tijd in de haltering van Arnhem, in de simulatie is deze winst groter. Dit komt waarschijnlijk doordat er in de simulatie geen waarde voor een kering opgegeven kan worden; daarom is er veel tijd gereserveerd in de dienstregeling, wat veel tijd goedmaakt in de simulatie. Daarnaast verliezen de treinen ook tijd bij de haltering in Ahpr, Ahp en Nml. Dit is bewust gedaan omdat er geen rijtjidsverstoring aangegeven kon worden (zie Paragraaf 6.2.4).



Figuur 6.17: Vergelijking van de bandbreedtes van de realisatie (boven) met de simulatie (onder, N=472) van serie 3000 A&C.

Er kan geconcludeerd worden dat de simulatie in RailSys de werkelijkheid redelijk weet te benaderen, voor deze verkennende studie is dit goed genoeg. Wel zijn er enkele kanttekeningen: wanneer er conflicten optreden, zijn de gevolgen in de simulatie sterker dan in de realisatie. De rijtijden zijn iets sneller en halteringen zijn iets langer, dit komt door de beperkingen in het definiëren van verstoringen. Deze twee beperkingen heffen elkaar op. Wanneer er veel halteringen op een korter stuk zijn, heeft het wel invloed. Wanneer er veel rijtjidspeeling is, kunnen treinen in de simulatie niet voor het plan rijden. Zo kunnen ze geen speeling sparen, om later bij een rijtjids tekort te gebruiken. Daarom kan het effect van rijtjidskort in de simulatie groter zijn dan in de realisatie.

6.2.6. Stap 6: verbeteren RailSys dienstregeling

In stap 6 van de casestudie wordt de dienstregeling van Donna verbeterd met de mogelijkheden van RailSys. Aangezien gestart wordt met het omgezette model, is dit geen volledig nieuwe dienstregeling, daarom wordt gesproken van een verbeterde dienstregeling. Er is gekozen om te starten met het omgezette model om de entree- en verlatingsstijd van de trein van het casestudie gebied gelijk te houden aan het 2014 model, daarnaast zijn enkele basis keuzes al doorgevoerd; zoals het vertrek van een Intercity voor een Sprinter en symmetrie. De kans is groot dat dezelfde dienstregeling was ontstaan, met dezelfde ontwerpvoorwaarden, als vanaf nieuw was begonnen.

Als aanvulling op de ontwerp voorwaarden in stap 1, gelden de volgende voorwaarden voor het verbeterde model:

- **De lijnvoering & stops** zijn gelijk aan de 2014 dienstregeling;
- **Doorkomsttijden** op dienstregelpunten plannen op seconden en niet handmatig vastleggen (berekend door RailSys);
- **De rijtijd** is op elke sectie minimaal gelijk aan de technisch minimale rijtijd en maximaal 5% rijtijdspeeling + 30 seconden;
- **Snelheidsadviezen** worden zo min mogelijk toegepast om de snelheid in de dienstregeling zo hoog mogelijk te houden;
- **Conflicten** handmatig oplossen door de treinpaden te verschuiven;
- **Entree- en verlatingsstijd** van het gebied blijft gelijk aan de 2014 dienstregeling; en,
- **Vertrek** van stations op de hele minuut gepland;

Het was niet altijd mogelijk om voor alle series aan deze ontwerp eisen te voldoen; soms was de rijtijd simpelweg te laag waardoor de trein één minuut later het casestudie gebied verlaat of soms was het door overkruisingen niet mogelijk om vertrektijden op de hele minuut te houden (voor 4 series/12 haltingen). In Bijlage C.8 zijn deze aanpassingen per serie, per categorie, te zien. Er is op vier categorieën afgeweken van de ontwerp eisen:

1. Evenwijdige aanpassing van het treinpad:

Dit zorgt ervoor dat de reistijd in het casestudie gebied gelijk is, maar door gelijke infrastructuur bezetting moest er soms geschoven worden;

2. Kortere of langere aanwezigheid in het gebied:

Door de tweede ontwerp eis over de rijtijden, was het soms niet mogelijk om een gelijke tijd in het gebied te blijven. Daarom is, als het niet anders kon, de totale tijd in het gebied aangepast;

3. Snelheidsadvies:

Het doel was om terughoudend met snelheidsadviezen te zijn, dit is toegepast bij zeven treinseries; en,

4. Haltering vertrek op tienden:

Soms was het voor een conflict of de tijd in het casestudie gebied niet mogelijk om op een hele minuut te vertrekken. Daarom is voor 4 series op totaal 12 haltingen afgeweken van de eis om op hele minuten te vertrekken.

Als toelichting is in Figuur 6.18 de Donna 2014 dienstregeling in RailSys (boven) en de verbeterde dienstregeling in RailSys (onder) van de B3100 serie te zien. Binnen deze serie komen alle interessante aanpassingen voor die ook (gedeeltelijk) in andere treinseries zijn doorgevoerd. Deze aanpassingen zijn;

• Doorkomsttijden in tienden, uitgerekend door het model:

In Figuur 6.18 is te zien dat de dienstregelpunten in de verbeterde dienstregeling niet op de hele minuut zijn. De invloed hiervan op de snelheid is te zien in Figuur 6.19; in de verbeterde dienstregeling wordt er een constantere snelheid gereden, terwijl in Donna 2014 na elk dienstregelpunt de snelheid in stappen naar beneden gaan. Dit komt omdat de extra rijtijdspeeling voor station Arnhem erg toeneemt: 16, 48 en 77 seconden. Het was ook mogelijk geweest dat, door het afronden, de speling niet toeneemt, maar soms ook afneemt. Dan was het snelheidsprofiel geen trap geweest, maar erg grillig. Aan de snelheidsprofielen is ook te zien dat speling gebruikt wordt door de maximale snelheid te verlagen; dit is een instelling in RailSys. Binnen NS wordt momenteel onderzoek gedaan naar de methode voor het verdelen van rijtijdspeeling (De keuze is uit de volgende methoden: energiezuinig, maximum snelheid verlagen, algehele performance verlagen).

• Rijtijdspeeling minimaal 5% en maximaal 5% met 30 seconden:

Zoals in Figuur 6.18 is te zien, is de rijtijdspeeling in het verbeterde model minder extreem dan in de Donna dienstregeling. Bij Ahz en Rsa is wel een rijtijdspeeling aangegeven welke groter is dan 30 seconden; dit zorgt voor een snelheidsadvies.

- **Entree- en vertalingstijd van het gebied blijft gelijk aan de 2014 dienstregeling:**

Dit was niet mogelijk bij de B3100: Door het vertrek van de 7600 vanuit Nijmegen naar Arnhem kan de 3100 niet eerder binnen komen. De 7600 kon niet verplaatst worden ivm de aankomst in Nijmegen. Daarom is er voor gekozen om voor Nijmegen-Lent rijtjidspeeling te houden door na Arnhem zuid een snelheidsadvies mee te geven.

- **Snelheidsadvies:**

Zoals bij het voorgaande punt benoemd is, is er een snelheidsadvies vanaf Arnhem Zuid.

Donna 2014 dienstregeling in RailSys:

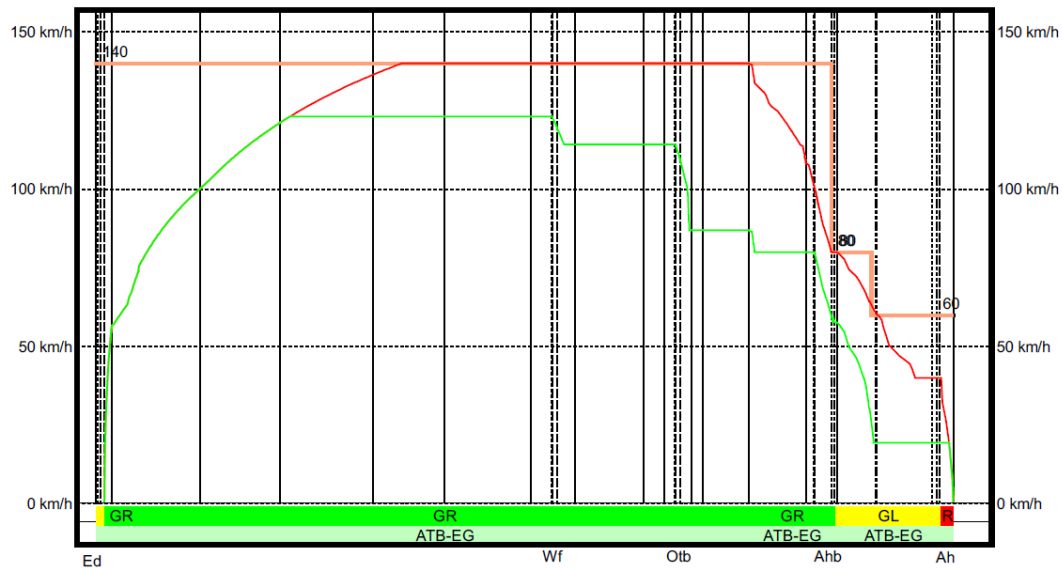
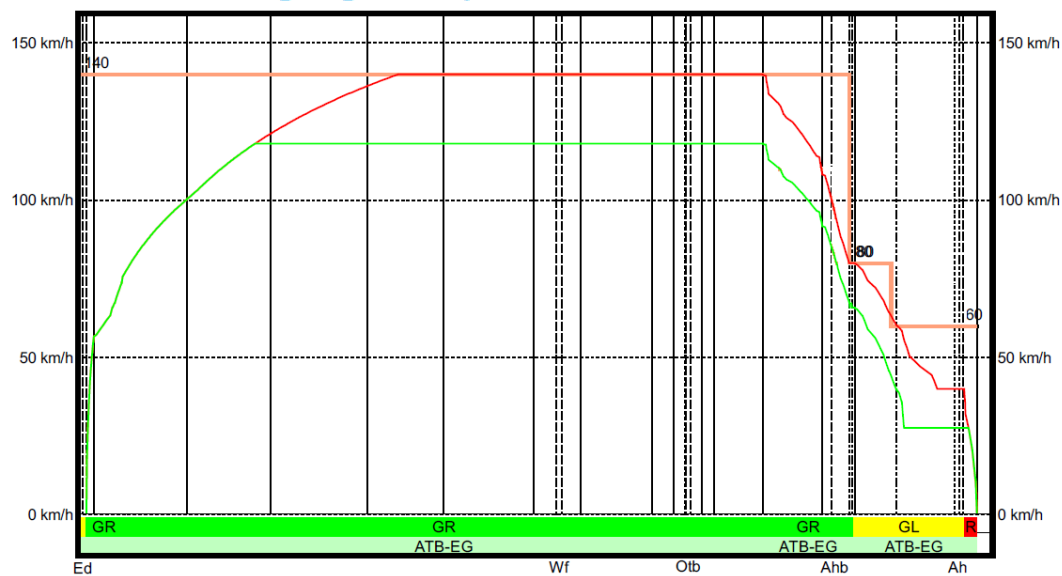
Train characteristics	Timetable		Train run		Train type	Headways		Routing											
	SchedArr	SchedDep	FeasArr	FeasDep	FeasI	SchDw	MinDw	Handl	ArrGrn	MRTech	StAll	MinRT	RTAllow	SchedRT [s]	FeasRT [s]	RTa	RTs		
Ed	6:31:11	6:32:00	6:31:11	6:32:00	49	49	1	24		287	14	301	-1	300	301		0:12:00		
Wf		6:37:00		6:37:01						86	4	90	16	106	105	0:05:00			
Otb		6:38:46		6:38:46						87	4	91	43	134	134	0:06:46			
Ahb		6:41:00		6:41:00						98	5	103	77	180	180	0:09:00			
Ah	6:44:00	6:49:00	6:44:00	6:49:00	300	300	20	24		73	4	77	-5	72	76	0:12:00	0:13:00		
Ahb		6:50:12		6:50:16						156	8	164	4	168	164	0:18:12			
Ahz		6:53:00		6:53:00						112	6	118	2	120	120	0:21:00			
Est		6:55:00		6:55:00						22	1	24	36	60	26	0:23:00			
Esta		6:56:00		6:55:25						33	2	35	85	120	154	0:24:00			
Rsa		6:58:00		6:57:59						102	5	107	-47	60	159	0:26:00			
Nml		6:59:00		7:00:08						217	11	228	-48	180	228	0:27:00			
Nm	7:02:00	7:03:00	7:04:26	7:05:15	49	60	20									0:30:00			

Verbeterde dienstregeling in RailSys:

Train characteristics																		
Timetable		Train run		Train type		hys		Routing										
	SchedArr	SchedDep	FeasArr	FeasDep	FeasI	SchDw	MinDw	Handl	ArrGrn	MRTech	StAll	MinRT	RTAllow	SchedRT [s]	FeasRT [s]	RTa	RTs	
Ed	6:31:11	6:32:00	6:31:11	6:32:00	49	49	1	24		460	23	483	30	513	513		0:10:46	
Wf		6:37:07		6:37:07												0:05:07		
Otb		6:38:49		6:38:49												0:06:49		
Ahb		6:40:33		6:40:33						98	5	103	30	133	133	0:08:33		
Ah	6:42:46	6:48:00	6:42:46	6:48:00	314	314	20	24		73	4	77	16	93	93	0:10:46	0:15:00	
Ahb		6:49:33		6:49:33						156	8	164	10	174	174	0:17:33		
Ahz		6:52:27		6:52:27						168	8	176	70	246	246	0:20:27		
Est		6:55:14		6:55:14												0:23:14		
Esta		6:55:46		6:55:46												0:23:46		
Rsa		6:56:33		6:56:33						102	5	107	45	152	152	0:24:33		
Nml		6:59:05		6:59:05						217	11	228	7	235	235	0:27:05		
Nm	7:03:00	7:04:00	7:03:00	7:04:00	60	60	20									0:31:00		

Figuur 6.18: Dienstregeling van de B3100 van Ede-Wageningen naar Nijmegen in RailSys. Boven is de 2014 dienstregeling rechtstreeks overgezet van Donna in RailSys, onder is de verbeterde dienstregeling.

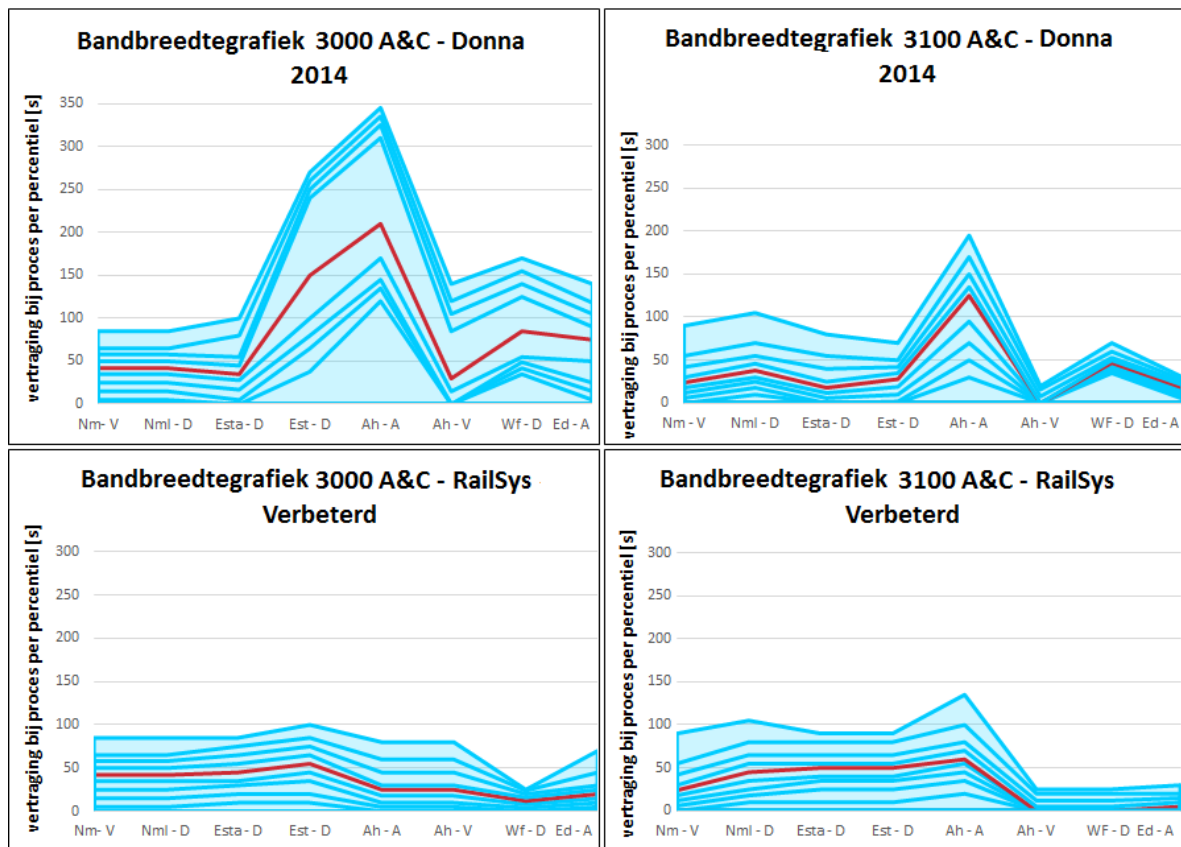
Voor deze omgezette dienstregeling is ook een UIC infrastructuurbezetting berekening gemaakt (zie Paragraaf 6.2.2). Voor het baanvak van Arnhem naar Nijmegen is dit in de verbeterde dienstregeling 73.7% (dit was 72,1%) voor de richting van Nijmegen naar Arnhem is dit in de verbeterde dienstregeling 64,0 % (dit was in 2014 66,1%). Deze verschillen zijn ontstaan door snelheidsadviezen en de enkele aanpassingen in de tijd dat de treinen in het casestudie gebied zijn (zie Tabel C.8 voor deze aanpassingen). De infrastructuur bezetting is dus toegenomen en afgenomen in de verbeterde dienstregeling. Op het tweede criterium van dienstregeling evaluatie: dienstregelingshaarkbaarheid scoort bij de verbeterde dienstregeling beter: aangezien de rijtijden geen conflicten geven en geen opvolg- of overkruisconflicten.

Donna 2014 dienstregeling in RailSys:**Verbeterde dienstregeling in RailSys:**

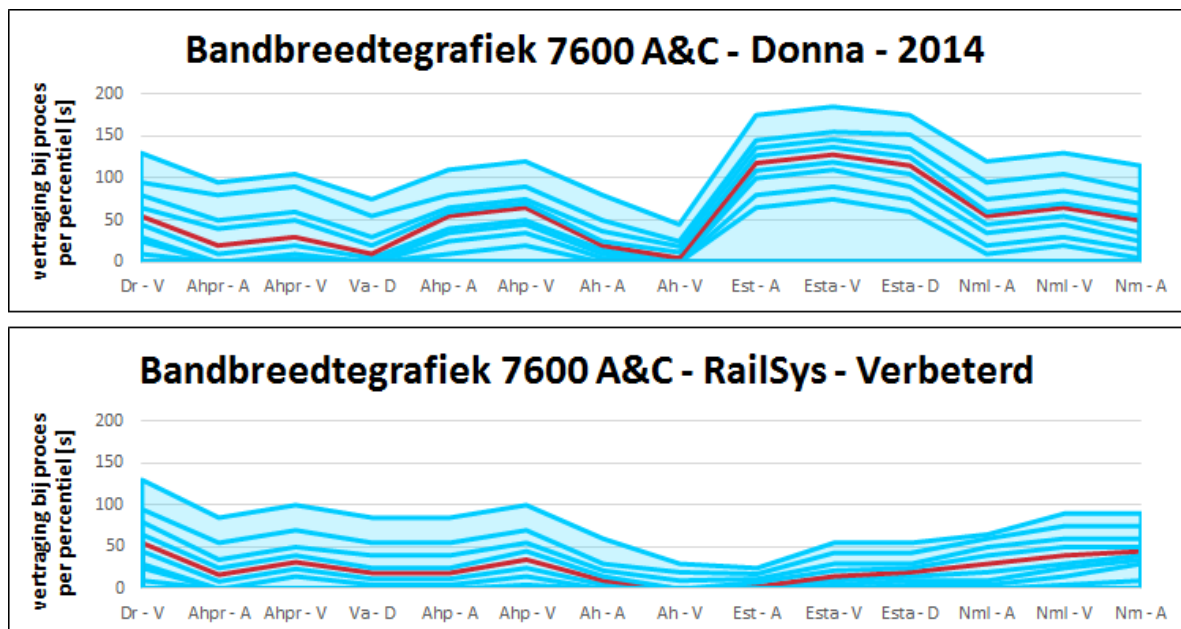
Figuur 6.19: Snelheidsprofielen van de B3100 tussen Ede-Wageningen en Arnhem, voor de dienstregeling zie 6.18. Boven is de 2014 dienstregeling rechtstreeks overgezet van Donna in RailSys, onder is de verbeterde dienstregeling. Oranje: maximale toegestane snelheid, rood: maximale snelheid en groen: geplande snelheid.

6.2.7. Stap 7: simuleren verbeterde dienstregeling

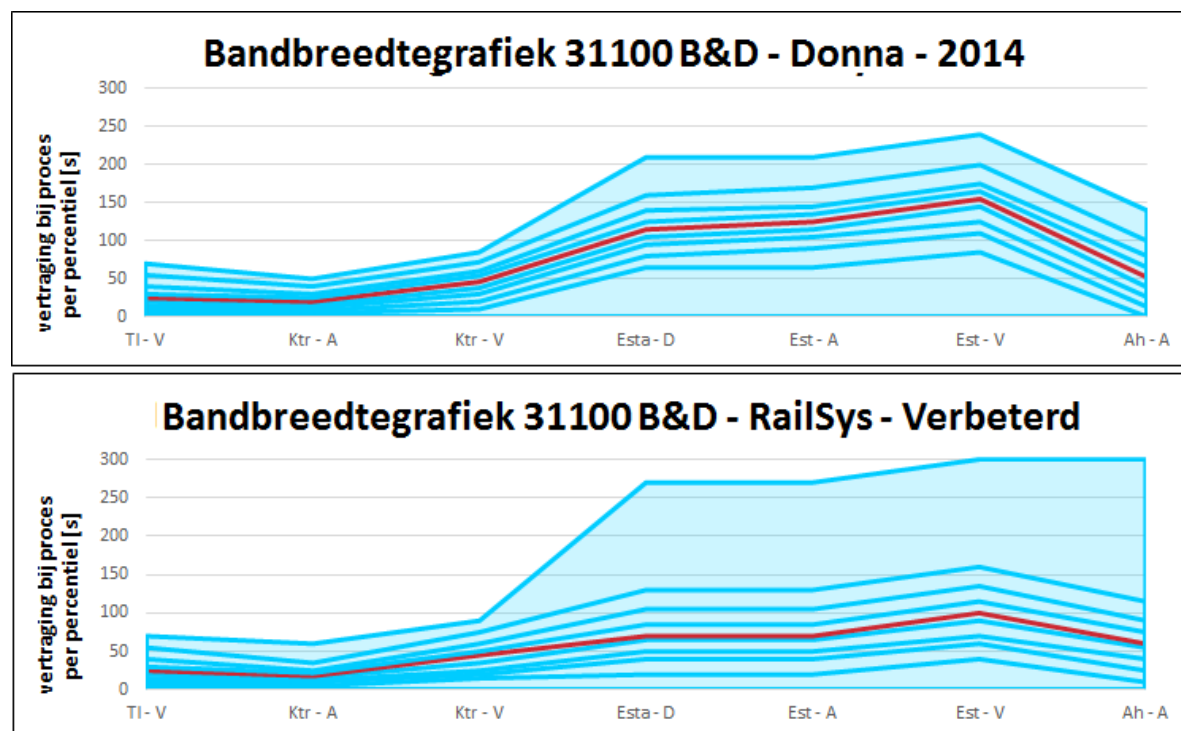
In stap 7 is de verbeterde dienstregeling gesimuleerd. Dit is gedaan met dezelfde parameters waarmee de Donna 2014 dienstregeling gesimuleerd is in stap 4. Daarom wordt verwezen naar stap 4 in Paragraaf 6.2.4 voor toelichting over de parameters. In de volgende paragraaf (stap 8) zullen beide simulaties met elkaar vergeleken worden.



Figuur 6.21: Vergelijking van de bandbreedtes van simulaties van de 2014 dienstregeling (boven, N=472) en de verbeterde dienstregeling (onder, N=688) van de 3000 A&C serie (links) en 3100 A&C serie (rechts).



Figuur 6.22: Vergelijking van de bandbreedtes van simulaties van de 2014 dienstregeling (boven, N=472) en de verbeterde dienstregeling (onder, N=688) van de 7600 A&C serie.



Figuur 6.23: Vergelijking van de bandbreedtes van simulaties van de 2014 dienstregeling (boven, N=472) en de verbeterde dienstregeling (onder, N= 688) van de 31100 B&D serie.

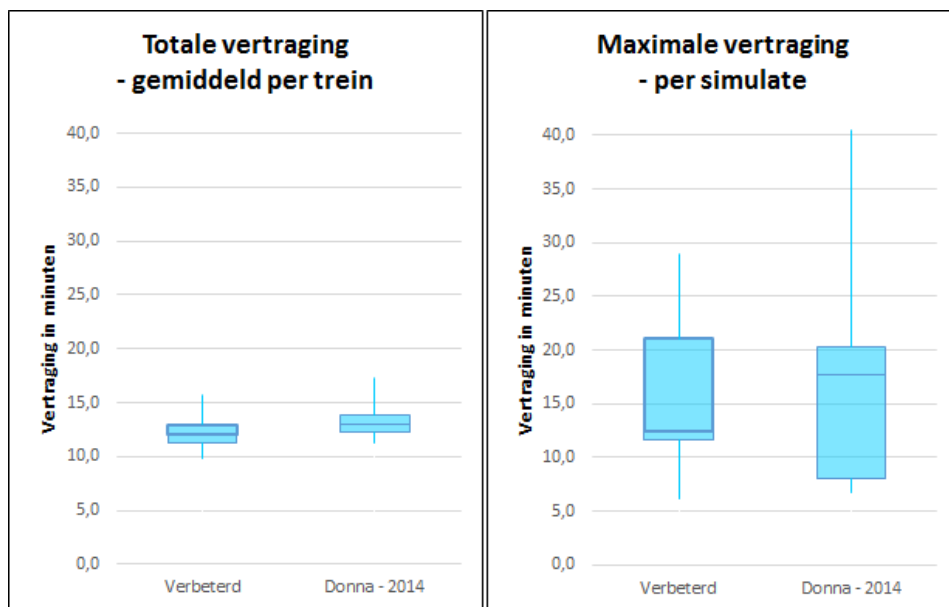
Als er concreter gekeken wordt naar het aantal conflicten in de simulaties, dan is te zien dat er een afname is van gemiddeld 20,7 conflicten in de stochastische simulatie bij de verbeterde dienstregeling (zie Tabel 6.6). Dit is een afname van 37%. Ook in de verbeterde dienstregeling komen nog conflicten voor, dit komt door de stochasticiteit. Treinen rijden door verstoringen niet altijd exact volgens hun geplande pad; wanneer de trein meer dan een minuut afwijkt is er een kans dat een andere trein gehinderd wordt. De afname had nog sterker kunnen zijn, als de inkomende treinen in het casestudie gebied ook met een andere methode gepland was. Dit maakt duidelijk dat de buffer van 60 seconden tussen treinen niet kleiner moet worden.

De deterministische simulatie laat zien, wat er ook al in de planning te zien was: in de 2014 dienstregeling zijn conflicten en in de verbeterde dienstregeling niet.

Tabel 6.6: Gemiddeld aantal conflicten in beide simulaties, totaal 200 runs.

	# conflicten per simulatie	
	Deterministisch	Stochastisch
2014 dienstregeling	51,0	55,1
Verbeterde dienstregeling	0,0	34,4

De conflicten hebben invloed op de vertraging van treinen, daarnaast hebben (in)correct berekende en geplande rijtijden ook invloed op de vertraging. Wanneer we de boxplots van de vertragingen in Figuur 6.24 bekijken, zien we een afname in vertraging in de verbeterde dienstregeling. De totale vertraging per trein is de som van de vertraging per dienstregelpunt. Deze neemt in de verbeterde dienstregeling op de mediaan af met één minuut (van 13,1 minuten naar 12,1 minuten). Bij de verbeterde dienstregeling neemt de gemiddelde maximale vertraging met 5,2 minuten af (van 17,7 minuten naar 12,5 minuten). Daarnaast is de spreiding van de maximale vertraging een stuk kleiner (kwart) in de verbeterde dienstregeling. Wel is het 25e percentiel gestegen. Het is duidelijk te zien aan de boxplots dat de dienstregeling beter is geworden.



Figuur 6.24: Boxplot van de totale vertraging gemiddeld per trein (links) en de maximale vertraging (rechts) in de verbeterde- en de 2014 dienstregeling.

6.3. Conclusie

In dit hoofdstuk is een casestudie tussen Arnhem en Nijmegen uitgevoerd naar twee verschillende methodieken. De huidige Nederlandse methodiek en een methodiek waarin de verbeterpunten uit de Nederlandse methodiek zijn meegenomen (*overkruis- en opvolgtijden m.b.v. bloktijden, planning in tienden, stochastische robuustheidsanalyse en snelheidsadviezen*). Wanneer simulaties van de vernieuwde methodiek vergeleken worden met simulaties van de huidige methodiek, kan er gesteld worden dat het aantal conflicten afneemt met 37%, de mediaan van de vertraging neemt met één minuut af en de maximale vertraging neemt met ongeveer een kwart af. Daarnaast laten de bandbreedte grafieken van de vernieuwde methodiek een stuk stabielere uitvoering zien.

Wel dient er opgemerkt te worden dat dit een casestudie voor een specifiek gebied is. Daarom kan niet gesteld worden dat bovenstaande winst voor heel Nederland geldt, hier dient vervolgonderzoek naar gedaan te worden.

7

Evaluatie

Zoals besproken in de methodologie (Hoofdstuk 2) worden in de evaluatie de drie analyses (dienstregelingsontwerp in Nederland (Hoofdstuk 4), dienstregelingsontwerp in het buitenland (Hoofdstuk 5) en de casestudie (Hoofdstuk 6)) gecombineerd. Zo wordt er op basis van de Hoofdstuk 5 en 6 naar de praktische uitvoerbaarheid gekeken. Hoofdstukken 4 en 6 worden gebruikt om aanbevelingen te doen voor aanpassingen in de methodiek. De financiële impact van de aanpassingen wordt op basis van Hoofdstukken 4 en 6 gedaan. Individuele conclusies die al getrokken zijn, zullen terugkomen in de conclusies en aanbevelingen in Hoofdstuk 8.

In dit hoofdstuk zal in Paragraaf 7.1 eerst naar de praktische uitvoerbaarheid van enkele methodes, die waardevol zijn gebleken in de casestudie, gekeken worden. Waarna in Paragraaf 7.2 voorstellen worden gedaan om de methodiek van Nederlandse dienstregelingsontwerp aan te passen. Vervolgens wordt in Paragraaf 7.3 de financiële impact berekend voor het gebruik van een andere methodiek.

7.1. Praktische uitvoerbaarheid

Bij het doorvoeren van nieuwe methodes is het altijd de vraag of het praktisch haalbaar is. Daarvoor is er gekeken worden naar het dienstregelingsontwerp in het buitenland. Er is gekeken naar het dienstregelingsontwerp in Oostenrijk, het Verenigd Koninkrijk en Zwitserland. Deze landen hanteren een andere methodiek en daarom kan gekeken worden of een andere methode praktisch haalbaar is.

De processen in Oostenrijk, het Verenigd Koninkrijk en Zwitserland zijn redelijk vergelijkbaar met die in Nederland. Oostenrijk en Zwitserland hebben wel een iets duidelijkere middellange termijn periode. Deze is in Nederland nog niet zo gespecificeerd.

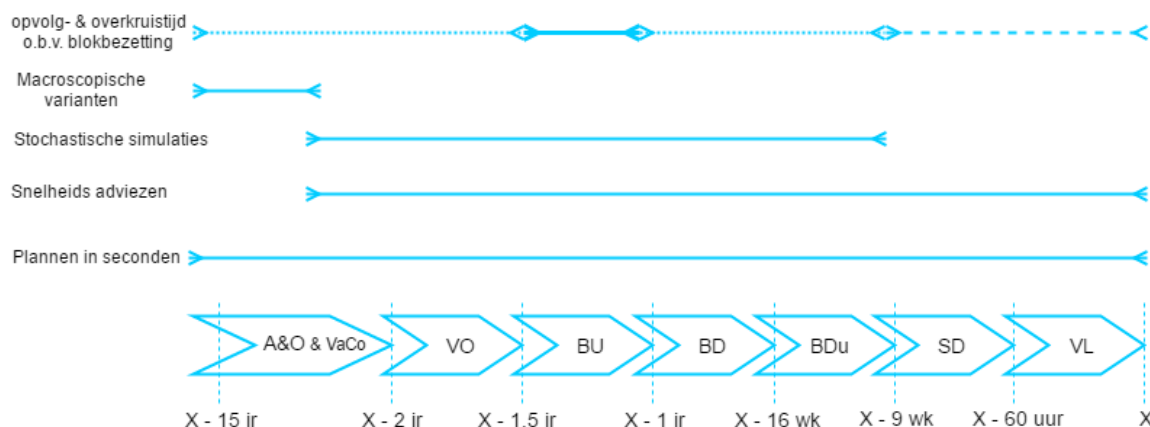
Wat betreft de ontwerpmethodiek is er wel een aantal duidelijke verschillen. Zo plant Oostenrijk microscopisch en op basis van bloktijden, Zwitserland plant zonder conflictdetectie: dit moeten de planners zelf doen, zodat zij scherp zouden blijven. Er wordt wel microscopisch getoetst. In het Verenigd Koninkrijk wordt gepland op basis van normen voor opvolg- en overkruistijden, waar een verschil voor reizigers en goederentreinen wordt gehanteerd. Dit laat zien dat er in alle drie de landen specifiek naar opvolg- en overkruistijden gekeken wordt. Dit laat ook zien dat het uitvoerbaar is om gebruik te maken van een microscopische benadering. Wanneer in Nederland overgestapt wordt naar een meer microscopische methode voor opvolg- en overkruistijden, is het aan te raden om gelijk een goede overstap te maken: overstappen naar daadwerkelijke bloktijden.

De dienstregeling wordt in Oostenrijk, het Verenigd Koninkrijk en Zwitserland in tienden van minuten of seconden ontworpen, maar worden naar de klant in minuten gecommuniceerd. In Oostenrijk werkt het personeel ook met de afgeronde dienstregeling, in het Verenigd Koninkrijk werken ze met een dienstregeling op halve minuten en in Zwitserland in seconden. Dit laat zien dat ook het plannen in kleinere eenheden (tienden van minuten of seconden) praktisch haalbaar is, ook is het mogelijk om dit in de uitvoering te gebruiken.

7.2. Voorstellen voor aanpassingen in methodiek in Nederland

In deze paragraaf worden enkele voorstellen gedaan voor aanpassingen in de methodiek van dienstregelingsontwerp. Er worden vijf methodische aanbevelingen gedaan. Het is het beste om deze vijf aanpassingen door te voeren, indien het niet mogelijk is om alle aanbevelingen door te voeren, is het ook mogelijk om een aantal door te voeren.

In Hoofdstuk 4 is de ontwerpmethodiek van de Nederlandse dienstregeling besproken. Hieruit is naar voren gekomen dat iedereen, die geïnterviewd is, tevreden is over het proces en de fases die hierin doorlopen worden. Daarom wordt aangeraden om het proces gelijk te houden, de tooling kan nog wel verbeterd worden. In Figuur 7.1 wordt een voorstel gedaan voor aanpassingen in de methodiek van dienstregeling planning. Er is geen aparte methodiek per fase, verschillende methodes gaan over verschillende fases heen. Onder Figuur 7.1 worden de methodes toegelicht.



Figuur 7.1: Voorstel voor aanpassingen in de methodiek over de fases van het ontwerp proces.

Opvolg- & overkruistijden m.b.v. bloktijden

In de casestudie (Hoofdstuk 6) is naar voren gekomen dat met het gebruik van opvolg- en overkruistijden m.b.v. bloktijden i.p.v. normen in simulaties het aantal ongeplande geelseinnaderingen met 37% afneemt tussen Arnhem en Nijmegen. Het gebruik van bloktijden zal een meer realistische dienstregeling opleveren. Aangeraden wordt om tijdens de BU fase te starten met bloktijden, omdat dit de basis vormt van de dienstregeling en omdat het Basisuurpatroon door relatief weinig mensen wordt gemaakt. Daardoor is het invoeren niet onnodig complex. Tijdens de BU fase kan eenvoudig iemand parallel aan de Donna dienstregeling de dienstregeling met bloktijden maken (in bijvoorbeeld RailSys of een vergelijkbaar programma). Indien de toegevoegde waarde van de bloktijden in de BU fase aangetoond is, kunnen de bloktijden naar voren en naar achter in het proces ingevoerd worden.

Macroscopische varianten

Voor lange termijn studies is naar voren gekomen dat er een macroscopische tool mist voor voorstudies. Zo kunnen er momenteel nog niet snel meerdere dienstregelingsvarianten doorgerekend worden en moet infrastructuur gedefinieerd worden. Daarom moet voor het bekijken van verschillende alternatieven het mogelijk blijven en nog beter mogelijk worden om macroscopisch nieuwe dienstregelingen te plannen en vergelijken, zonder hier alle infrastructuur voor te definiëren. Waar microscopische informatie van de infrastructuur wel beschikbaar is, moet met deze informatie gewerkt worden. Wanneer er microscopische infrastructuur beschikbaar is, kan er ook met opvolg- en overkruisnormen m.b.v. bloktijden gerekend worden. Als er nog geen microscopische infrastructuur beschikbaar is, dan kan er met de huidige normen gewerkt worden.

Stochastische simulaties

Wanneer de dienstregeling uitgevoerd wordt, loopt deze nooit hetzelfde; er zijn verstoringen/variëaties in de processen. Daarom wordt aangeraden om stochastische simulaties te gebruiken om de stabiliteit en robuustheid van de dienstregeling te bekijken en waar mogelijk te verbeteren.

Snelheidsadviezen/gehinderd plannen

Soms kunnen conflicten tussen treinen voorkomen worden als een trein met snelheidsadvies rijdt en daarvoor later op een bepaalde locatie/sectie komt. Merk op dat dit wel rijtijd kost en daarom alleen toegepast moet worden als er geen andere oplossing is om een conflict op te lossen.

Plannen in seconden

Het plannen in seconden is vooral noodzakelijk wanneer meerdere dienstregelpunten achter elkaar voorkomen. Deze punten kunnen niet dezelfde minuut krijgen, maar de treinen zullen erg langzaam rijden als de plantijden afgerond worden. Het plannen in seconden zorgt er dus voor dat er beter kloppende en/of uitvoerbare dienstregeling komt. Hierdoor zullen de machinisten de dienstregeling meer gaan vertrouwen en beter volgens het geplande pad rijden.

7.3. Financiële impact

Om de financiële impact van de voorgestelde aanpassingen in de methodiek te bekijken zijn twee verkennende berekeningen gemaakt naar de besparing in elektriciteitskosten van ongeplande stops. Naast deze besparingen zal de dienstregeling betrouwbaarder en stabielere worden. Tevens is het mogelijk dat **ROBERTO** berekeningen niet meer gemaakt hoeven te worden; dit kan met een microscopisch programma. Wel komen er kosten bij voor het kopen/ontwikkelen van de nieuwe software en het gebruik hiervan, deze kosten kunnen hoger zijn dan de onderhoudskosten van **ROBERTO**. Aangezien dit een verkennende studie is, wordt er geen uitgebreide berekening gemaakt. Er wordt dus niet naar de kosten gekeken. Doordat deze berekeningen verkennende berekeningen zijn, moeten hier kanttekeningen bij gezet worden. Deze kanttekeningen zijn terug te zien onder de berekeningen. De methodiek die gebruikt wordt in deze berekening, is de methodiek zoals deze in Paragraaf 7.2 is gepresenteerd.

Tabel 7.1: Gebruikte waarden voor de berekening van de besparing, OGSN staat voor ongeplande geel sein nadering.

			Afkorting	Bron
Aantal OGSN				
Landelijk	11.994 per dag	4.377.810 per jaar	$Landelijk_{OGSN}$	(Weeda, 2016)
NS	8.357 per dag	3.050.305 per jaar		(Weeda, 2016)
Afname OGSN in casestudie	37%		$\Delta\%$	Paragraaf 6.2.7
Inkoop elektriciteit	€7,5 per 100 kWh		e_{kWh}	(NS, 2016a)
Kosten extra stop				
IC	50 kWh	€3,75 (via e_{kWh})	$€IC_{stop}$	(NS, 2016a)
SPR	22,7 kWh	€1,70 (via e_{kWh})	$€SPR_{stop}$	(NS, 2016a)
Aandeel materieel in dienstregeling				
IC materieel	67%		$ICs\%_{drgl}$	(NS, 2016a)
SPR materieel	33%		$SPRs\%_{drgl}$	(NS, 2016a)

Eerste berekening:

Een eerste berekening wordt gedaan op basis van het aantal geel sein naderingen in Nederland, de totale afname van ongeplande geel sein naderingen, door het gebruik van een andere methodiek wordt als volgt berekend:

$$\Delta_{OGSN} = Landelijk_{OGSN} \times \Delta\% = 4.377.810 \times 37\% = 1.619.790 \quad (7.1)$$

Dit levert per IC en SPR materieel een besparing op:

$$BesparingIC_{OGSN} = \Delta_{OGSN} \times ICs\%_{drgl} \times €IC_{stop} = 1.619.790 \times 67\% \times €3,7 = €4.060.020 \quad (7.2)$$

$$BesparingSPR_{OGSN} = \Delta_{OGSN} \times SPRs\%_{drgl} \times €SPR_{stop} = 1.619.790 \times 33\% \times €1,70 = €914.443 \quad (7.3)$$

De totale besparing wordt dan:

$$Totalebesparing = BesparingIC_{OGSN} + BesparingSPR_{OGSN} \quad (7.4)$$

$$Totalelandelijkebesparing = €4.060.020 + €914.443 = €4.974.463 \text{ per jaar}$$

Wanneer deze berekening wordt uitgevoerd voor alleen NS treinen, dan is de besparing voor NS 3.5 miljoen euro per jaar (69% van de landelijke treinen met een geel sein nadering zijn van NS).

Tweede berekening:

De voorgaande bedragen zijn erg hoog. Als deze berekening op een andere manier wordt gemaakt, resulteert dit ook in een hoog bedrag:

Als de aannahme wordt gedaan dat elke serie gemiddeld één keer gehinderd wordt door een andere serie, dan zijn dit minimaal 2 conflicten per serie per uur: omdat de frequentie minimaal gelijk aan twee is. Dit zijn 32 conflicten per dag (16 BUPs achter elkaar). Per jaar zijn dit 11.680 conflicten. De kosten per conflict zijn 3,1 euro (67% van 3,75 en 33% van 1,70 (zie Tabel 7.1), voor alle conflicten is dit €36.000 per serie. In de casestudie bleek dat 37% van de conflicten opgelost werden: dan levert dit een besparing op €13.320 per serie per jaar.

- Landelijk levert dit een besparing op bij 116 series; 1,5 miljoen euro per jaar;
- Voor NSR levert dit een besparing op bij 74 series; 1 miljoen euro per jaar; en,
- Alle regionale vervoerders levert dit een besparing op bij 35 series; 450 duizend euro per jaar.

Tabel 7.2: Aantal series per vervoerder in 2018 en/of onderdeel in het dal (Bik, 2016).

Vervoerder	Onderdeel	Aantal series
NSR		
	Reizigers	61
	Leeg materieel	13
NS Internationaal		7
Regionale vervoerders		35
Totaal		116

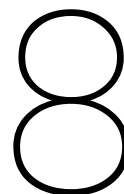
De jaarlijkse elektriciteitskosten van NSR treinen bedragen 90 miljoen euro (NS, 2016a). Het gebruiken van een andere methodiek (zoals deze in Paragraaf 7.2 is gepresenteerd) levert een besparing op van 1,1% tot 4% in energiekosten. Deze besparing staat gelijk aan de besparing van energiezuinig rijden (NS, 2016a).

Kanttekeningen/opmerkingen op de berekeningen:

- Dit zijn twee globale berekeningen naar de financiële impact van ongeplande geel sein naderingen. De berekeningen en de waarden kunnen niet gezien worden als een volledige kosten-baten analyse, maar wel geven de waardes een richting van de hoogte van de mogelijke besparingen;
- De kosten (€3,75 en €1,70) voor een extra stop in de berekeningen zijn de kosten voor een extra stop van een trein, terwijl bij een geel sein nadering afgeremd moet worden naar 40 km/h, wat bij het volgende sein gebeurt kan verschillend zijn: remmen tot stilstand of weer optrekken voor een gunstiger seinbeeld (dit is onbekend). Omdat energie kwadratisch verloopt met de snelheid zorgt de initiële remming al dat de meeste energie verspild wordt;
- De bedragen van extra stops zijn gebaseerd op een hoogspanning van 1,5 kV DC, de wens van NS & ProRail is om dit naar 3 kV DC te verhogen waardoor de elektriciteitsverliezen/kosten lager zijn en treinen sneller kunnen optrekken (NS, 2016a);
- Door de ongeplande geel sein nadering moet de trein afremmen en hierdoor gebruikt de trein de rijtijdspeeling waar anders energiezuinig gereden had kunnen worden. Doordat niet elke trein volledig zal stoppen, waardoor het bedrag van een extra stop te hoog is, wordt het missen van energiezuinig rijden niet meegenomen in de berekening;
- De 37% afname van conflicten is gebaseerd op de casestudie op het traject Arnhem - Nijmegen: een zeer druk traject. Daardoor kan deze afname in conflicten lager zijn dan gemiddeld in Nederland kan zijn; hierdoor zou de besparing landelijk groter kunnen zijn. Hiervoor is vervolgonderzoek nodig op een ander en groter gebied;
- OGSN die voorkomen door verstoringen worden in de simulatie niet meegenomen. Ook machinisten die sneller dan het plan rijden en daardoor een conflict veroorzaken, worden niet meegenomen in de simulatie. Daardoor zal de afname OGSN in de praktijk lager zijn.
- Indirecte opbrengsten, zoals een hogere punctualiteit en hogere veiligheid door minder roodseinnaderingen, zijn niet meegenomen in deze berekening; en,
- Goederentreinen zijn niet meegenomen in de berekening. Omdat deze paden niet voorkwamen in de case en omdat niet duidelijk is hoe vaak deze goederentreinen conflicten hebben. Omdat een extra stop van een goederentrein 250 euro kost ((Bik, 2016)) zouden aannames de berekening erg scheef kunnen trekken.

7.4. Conclusie

NS kan bij gebruik van de voorstelde methodiek, zoals deze in Paragraaf 7.2 is gepresenteerd, minimaal 1 miljoen euro tot maximaal 3,5 miljoen euro aan directe elektriciteitskosten zou kunnen besparen. Naast deze besparing, zal de dienstregeling een hogere punctualiteit en hogere veiligheid hebben. Maar omdat de casestudie voor relatief een klein stuk is uitgevoerd kan de punctualiteit winst of veiligheid niet geëxtrapoleerd worden naar landelijke besparingen.



Conclusies & aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de conclusies uit het onderzoek in dit rapport getrokken. Daarnaast worden er aanbevelingen voor NS & ProRail geformuleerd. In Paragraaf 8.1 worden de conclusies behandeld, waarna in Paragraaf 8.2 de aanbevelingen beschreven staan.

8.1. Conclusies

In deze paragraaf wordt systematisch een antwoord gegeven op de onderzoeksvragen, zoals die zijn geformuleerd in Paragraaf 1.4. Eerst wordt een antwoord op de hoofdvraag geformuleerd, daarna zal per deelvraag een antwoord gegeven worden.

Welke methodiek is in welke fase van het dienstregelingsontwerp het meest geschikt?

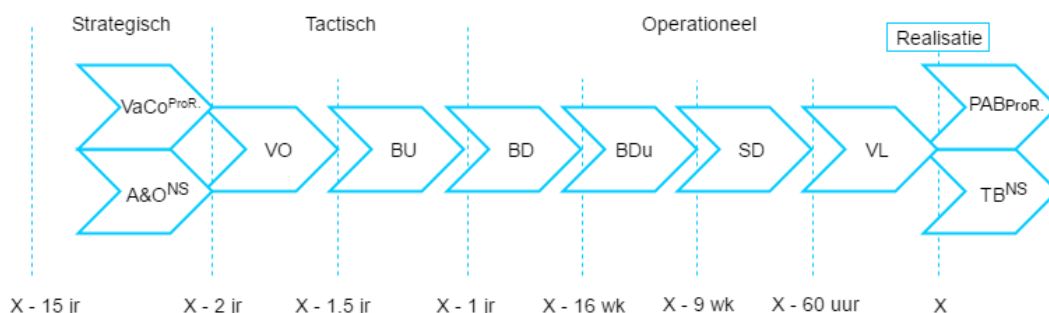
Er is niet één methodiek per fase in het dienstregelingsontwerp. Er kan meer gesproken worden van een kantelpunt. De huidige methodiek is erg geschikt (microscopische infrastructuur data, plantijden op minuten en normen voor opvolg- en overkruistijden). Met de huidige methodiek rijdt 94% van de treinen met minder dan 5 minuten vertraging. Als het de wens is om de punctualiteit te verbeteren of om met een hogere intensiteit te gaan rijden, dan is het noodzakelijk om preciezer te plannen. Dat betekent dat in het hele proces gepland moet gaan worden in seconden (of tienden van een minuut) en in de BU fase de opvolg- en overkruistijden m.b.v. bloktijden bepaald moet worden. Met deze verbeteringen is in een casestudie voor Arnhem en Nijmegen een conflictvrije dienstregeling ontworpen. In een stochastische simulatie is het aantal conflicten met 37% afgenomen en de gemiddelde vertraging per trein één minuut afgenomen. Deze resultaten zouden verder kunnen verbeteren als de bloktijden in het gehele dienstregelingsontwerp gebruikt wordt en met stochastische simulaties de robuustheid van de dienstregeling onderzocht wordt. Wat betreft het kantelpunt vindt deze plaats in de lange termijn studies: wanneer meerdere varianten vergeleken worden, zou dit snel kunnen met op een macroscopische manier. Wanneer het aantal varianten is terug gebracht naar twee of drie moet er inhoudelijker naar gekeken worden: met behulp van de bovenstaande microscopische methodiek.

Dienstregelingsontwerp in Nederland

Voor de analyse van het dienstregelingsontwerp in Nederlandse zijn drie deelvragen geformuleerd, deze worden behandeld in deelvraag 1.1 t/m 1.3.

1.1 Welke faseringen zijn er in het plannen?

In Nederland is het ontwerpproces van de dienstregeling in acht fases verdeeld (zie Figuur 8.1). Binnen VaCO (ProRail) en A&O (NS) worden lange termijn studies naar de dienstregeling (en infrastructuur) gedaan. Binnen de VO fase (VoorOntwerp) worden voorstudies gedaan naar het aankomende Basisuurpatroon. In de BU fase (BasisUur) wordt in overleg met alle vervoerders het Basisuurpatroon gemaakt. Waarna in de BD fase (Basis Dagen) het Basisuurpatroon over de hele week wordt uitgerold en de opstart en afbouw van de dagen wordt ontworpen. In de BDu fase (Basis Dagen update) wordt zes keer per jaar een geüpdatet versie van de basis dagen gemaakt om tussentijdse verbeteringen structureel mee te nemen. In de SD fase (specifieke dagen) wordt op een specifieke dag gepland, met de invloed van buitendienststellingen en evenementen. In de VL fase (VerkeersLeiding) worden de laatste treinen, die eerder nog niet bekend waren, ingepland en gaan de treinen uiteindelijk rijden. Waarna het PAB (Prestatie Analyse Bureau, ProRail) en TB (Transport Besturing, NS) de kwaliteit van de dienstregeling wordt geanalyseerd.



Figuur 8.1: Fases in het ontwerp van de dienstregeling (ProRail, 2016a).

1.2 Welke beperkingen zijn er in de huidige (methodiek) van dienstregeling plannen?

In de huidige methodiek van dienstregelingsontwerp zijn vier beperkingen geïdentificeerd. Als grootste beperking is naar voren gekomen dat de generieke plannormen van opvolg- en overkruistijden niet voor alle situaties geschikt zijn. Door deze plannormen is er soms te weinig, en soms meer tijd dan nodig gereserveerd tussen twee treinen. Als tweede beperking is het plannen in gehele minuten naar voren gekomen: hierdoor gaat soms waardevolle informatie verloren of ontstaan er soms gekke planningen. Machinisten zullen de dienstregeling meer vertrouwen als er op tienden van minuten gepland wordt (omdat dit realistischere rijtijden voor de machinist opleveren). De eerste ontwikkelingen voor het plannen in tienden van minuten zijn opgestart en dienen zo snel mogelijk landelijk worden ingevoerd. Als derde is naar voren gekomen dat stochastische simulaties missen in het ontwerp van de dienstregeling. Hiermee kan de invloed van de variatie van procestijden en verstoringen worden meegenomen op de dienstregeling, dit zal de robuustheid van de dienstregeling verbeteren. Als vierde beperking in de methodiek is naar voren gekomen dat snelheidsadviezen/gehinderd plannen nog erg weinig wordt toegepast en hier betere dienstregelingen van kunnen komen. Naast de methodische beperkingen is de huidige rijtijdenberekening niet goed, waardoor voor het Basisuurpatroon van 2017 is gewerkt met een rijtijdenboek en deze rijtijden handmatig zijn ingevoerd.

1.3 Welke toetsen/criteria worden wanneer gebruikt en welke toetsen/criteria zouden ook gebruikt kunnen/moeten worden?

De dienstregeling moet uiteindelijk voldoen aan het criterium om conflictvrij te zijn. Er zijn veertig conflicten gedefinieerd waar de dienstregeling aan moet voldoen (zie Bijlage A). Naast deze conflicten worden binnen procestafels op vijf bredere onderwerpen getoetst: halteren, rijden, corrigeren, onderhouden en verblijven. Men is tevreden over deze criteria en toetsen. Wel is naar voren gekomen dat de wens er is om ook als toets de daadwerkelijke sectie bezetting m.b.v. bloktijden in te voeren om de generieke normen te toetsen.

Dienstregelingsontwerp in het buitenland

Voor de analyse van de dienstregeling in het buitenland is gekeken naar het ontwerp in Oostenrijk, het Verenigd Koninkrijk en Zwitserland. Voor het dienstregelingsontwerp in het buitenland zijn twee deelvragen geformuleerd, deze zullen behandeld worden in deelvraag 2.1 en 2.2.

2.1 Hoe is het proces van plannen in deze landen?

De processen in Oostenrijk, het Verenigd Koninkrijk en Zwitserland zijn redelijk vergelijkbaar met die in Nederland. Oostenrijk en Zwitserland hebben wel een duidelijkere middellange termijn periode. Deze is in Nederland nog niet zo gespecificeerd.

2.2 Welke methodiek gebruiken deze landen?

In Oostenrijk wordt microscopisch en op basis van bloktijden gepland. In Zwitserland wordt gepland zonder conflictdetectie: dit moeten de planners zelf doen, maar de dienstregeling wordt wel getoetst met bloktijden. Het Verenigd Koninkrijk heeft conflictdetectie als treinen op dezelfde infrastructuur gepland zijn.

De dienstregeling wordt in Oostenrijk, het Verenigd Koninkrijk en Zwitserland in tienden van minuten of seconden ontworpen, maar worden naar de klant in hele minuten gecommuniceerd. In Oostenrijk werkt het personeel (net als in Nederland) ook met de afgeronde dienstregeling, in het Verenigd Koninkrijk werken ze met een dienstregeling op halve minuten en in Zwitserland in seconden.

Wat betreft de minimale rijtijdspeling is deze in Zwitserland gelijk aan die van Nederland (5%), in Oostenrijk is deze iets ruimer (7%) en in het Verenigd Koninkrijk is deze gelijk aan Nederland, maar worden er soms extra

speling geplaatst voor stations. Voor halteringen worden in Oostenrijk en het Verenigd Koninkrijk verschillende tijden per trein en dal/spits gebruikt, in Zwitserland is dit het gemiddelde van de spits- en daltijd en per station verschillend.

Ontwerpmethodiek van dienstregeling

Voor de analyse van de ontwerpmethodiek van dienstregelingen zijn twee deelvragen geformuleerd, deze zullen behandeld worden in deelvraag 3.1 en 3.2.

3.1 Welke macro- en/of microscopische methoden zijn er binnen het plannen van dienstregeling?

Wat betreft macro- en microscopische methodes is er een onderscheid te maken tussen drie categorieën: infrastructuur, plantijden en opvolg- en overkruistijden. Momenteel wordt er in Nederland gepland op basis van microscopische infrastructuur gegevens met plantijden in minuten (macroscopisch) en opvolg- en overkruistijden op basis van normen (macroscopisch). Infrastructuur kan ook macroscopisch gebruikt worden. Plantijden kunnen ook microscopisch (tienden van minuut of in seconden) gebruikt worden en de opvolg- en overkruistijden kunnen microscopisch berekend worden (bloktijden).

3.2 Wat zijn de voor- en nadelen van macro- en/of microscopische modules binnen plannen?

Het voordeel van macroscopische infrastructuur, plantijden en opvolg- en overkruistijden (normen) is dat redelijk snel en eenvoudig een dienstregeling gemaakt kan worden. Het nadeel van deze macroscopische dienstregeling is dat basis informatie globaal is waardoor het eindresultaat (de dienstregeling) precisie mist. Dit is geen probleem als de intensiteit laag is of als 100% punctualiteit niet het doel is: dan is de precisie niet nodig. Wanneer de intensiteit omhoog gaat en treinen zo dicht mogelijk op elkaar gepland worden is het wel nodig om plantijden op dienstregelpunten op seconden te definiëren en de ruimte tussen treinen te berekenen op basis van microscopie (bloktijden). Dit is ook nodig als het om de laatste procenten punctualiteit gaat.

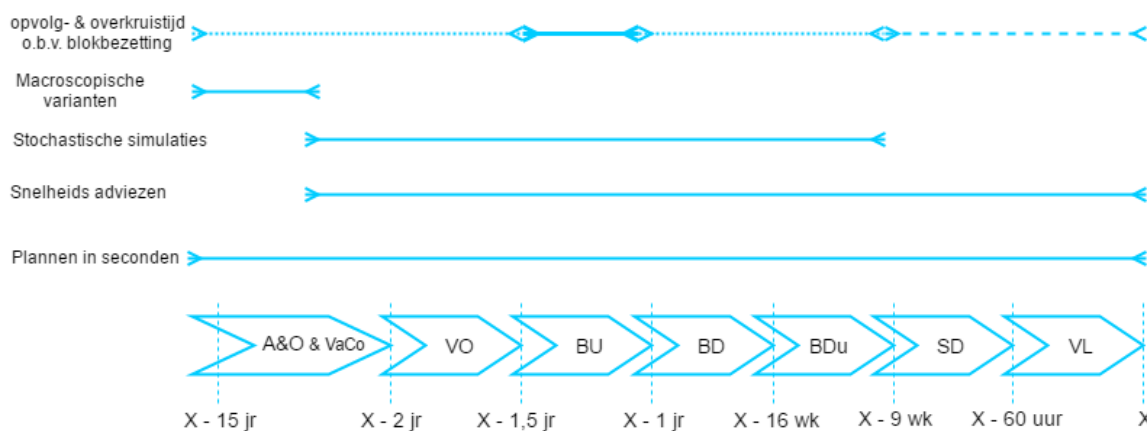
8.2. Aanbevelingen

Op basis van de analyses in de vorige hoofdstukken worden enkele aanbevelingen gedaan, dit is verdeeld in aanbevelingen in de ontwerpmethodiek en aanbevelingen voor vervolgonderzoek (onder andere voor Rail-Sys).

8.2.1. Methodische aanbevelingen

Voor de methodiek worden acht aanbevelingen gedaan. Daarvan zijn vijf aanbevelingen voor aanpassingen in de methodiek van de dienstregeling en drie aanbevelingen voor de concretere invulling. Daarnaast wordt aanbevolen om momenteel Donna als software te blijven gebruiken: het is voor vele toepassingen voor de dienstregeling erg geschikt, zoals de verdeling en communicatie van de dienstregeling met meerdere vervoerders. Wel is het belangrijk dat Donna sneller wordt en dat de rijtijden goed berekend worden.

De vijf methodische verbeterpunten worden weergegeven in Figuur 8.2 en toegelicht in punt 1 t/m 5. Punt 6 t/m 8 zijn concretere methodische aanbevelingen.



Figuur 8.2: Voorstel voor aanpassingen in de methodiek over de fases van het ontwerp proces.

1 **Begin met het gebruik van bloktijden in plaats van generieke normen in de BU fase.**

Met het drukker worden op het spoor is het nodig dat exacte tijden van opvolgingen of overkruisingen van treinen bekend zijn. Dit kan zorgen voor een beter uitvoerbare dienstregeling. Er kan in een proefperiode begonnen worden met een apart programma (bijv. RailSys) parallel aan Donna in de BU fase. Als in de BU fase is gebleken dat microscopie in de planning waardevol blijkt kan dit uitgebouwd worden naar voren (BD, BDU en later SD en VL) en naar achteren (VO en VaCO/A&O). Hierbij is het belangrijk om uiteindelijk in het hele planningsproces één planningstool te hebben;

2 **Zorg voor macroscopische planmogelijkheden in de ontwikkelfase.**

Voor ontwerpen van 10 jaar vooruit is nog geen grote macroscopische planningstool. Soms is de infrastructuur nog niet bekend of moeten 10 varianten met elkaar vergeleken worden. Hiervoor kan een macroscopische ontwerptool een oplossing zijn. Het kantelpunt om van deze macroscopische variant over te stappen naar een microscopische is wanneer er enkele macroscopische varianten over zijn;

3 **Maak gebruik van stochastische simulaties om de robuustheid van de dienstregeling te toetsen.**

De uitvoering van de dienstregeling is nooit exact zoals gepland; procestijden variëren waardoor spreiding in de uitvoering ontstaat. Om de impact van deze spreiding op de uitvoering van de dienstregeling te zien, en waar mogelijk mee te nemen in een verbeterde versie, is het belangrijk om stochastische simulaties uit te voeren (robuustheidsanalyse van de dienstregeling);

4 **Maak gebruik van de mogelijkheden van snelheidsadviezen in de dienstregeling.**

Soms moet een trein een spoor vrijmaken in een station, maar kan deze niet te snel binnenkomen bij een volgend station. Dan kan er gebruik gemaakt worden van een snelheidsadvies om toch een conflictvrije dienstregeling te krijgen. Een kleine kanttekening: een snelheidsadvies verlaagt de snelheid dus men moet terughoudend zijn in het gebruik (alleen als een conflict echt niet anders opgelost kan worden);

5 **Plan en communiceer intern de dienstregeling in seconden/tienden van minuten.**

Momenteel wordt ingezet om in tienden van minuten te plannen en te communiceren. Dit zorgt er voor dat doorkomsttijden op dienstregelpunten logischer gedefinieerd kunnen worden en daarmee machinisten beter hun pad kunnen volgen. Het heeft de voorkeur om in seconden te gaan plannen (meer precisie), maar omdat er nu wordt begonnen met tienden is het beter om hier mee door te gaan en dit proces niet te vertragen;

6 **Maak keuzes voor rijtjidspeeling.**

Momenteel is het mogelijk om veel rijtjidspeeling of juist weinig speeling tussen twee dienstregelpunten toe te voegen, als er aan de eis voldaan wordt om over een heel traject minimaal 5% rijtjidspeeling te hebben. Aanbevolen wordt om minimaal 5% rijtjidspeeling en maximaal 5% + 30 seconden rijtjidspeeling tussen elk dienstregelpunt te gebruiken en niet meer naar een heel traject te kijken.

Daarnaast wordt aanbevolen om een keuze te maken in de verdeling van de rijtjidspeeling, volgens welke methode dit gaat: verlagen algehele performance, verlagen maximale snelheid of energiezuinig rijden. De casestudie heeft laten zien dat een gelijke verdeling van speeling een betere dienstregeling oplevert. Daarom wordt aanbevolen om voor de energiezuinige verdelingsstrategie te kiezen;

7 **Wees scherper en realistischer bij ontwerpkeuzes voor het plannen van de dienstregeling.**

Momenteel worden er nog enkele keuzes gemaakt met de gedachte dat het plannen niet zo nauw komt. Aangeraden wordt om met dezelfde nauwkeurigheid te plannen waarop een machinist met gebruik van hulpmiddelen kan rijden (10 seconden, dus ongeveer 2 tienden van een minuut). Wat er dan in ieder geval veranderd moet worden is:

- **Maak geen gebruik van de korte stop meer; altijd A-V tijd specificeren.**

Bij een korte stop is de aankomst- en vertrektijd van een trein op een station in dezelfde minuut, dit is inclusief de halteertijd. Het is onduidelijk wanneer de aankomst is en wanneer het vertrek. Specificeer deze tijden daarom beide;

- **Plan het vertrek op :15 seconden na de hele minuut.**

De reiziger/klant denkt dat hij/zij nog tot de hele minuut mag instappen, terwijl er een tijd zit tussen instappen en weggrijpen van 10-15 seconden. Nu wordt er gepland dat de trein weggrijdt op de hele minuut, dus moeten de reizigers 10-15 seconden eerder binnen zijn;

- **Plan op de netto openingstijd i.p.v. de bruto openingstijd van bruggen.**

Brugtijden worden nu gepland op de bruto openingstijd: de tijd dat de brug open staat. De tijd dat in de praktijk geen treinen kunnen voor de opening wordt niet meegenomen. Dit is vaak geen probleem omdat in de praktijk de maximale openingstijd meestal niet gebruikt wordt. Toch is het netter om hier betere afspraken over te maken; en,

- **Gebruik gelijke dienstregelpunten in alle systemen.**

Onder andere TRENTO, RailSys en Donna hebben niet dezelfde dienstregelpunten gedefinieerd. Het is beter voor het vergelijken als de dienstregelpunten in alle systemen gelijk zijn.

8 **Plan goederentreinen/paden met realistische rijkaracteristieken.**

Momenteel worden goederenpaden met de rijkaracteristieken van de slechtst presterende locomotief en met de zwaarste belading gepland. Zo kunnen goederentreinen altijd op een goederenpad te rijden. Het is meer realistisch als gepland wordt met karakteristieken van wat er echt verwacht wordt, want dit levert meer capaciteit op. Wel moeten er duidelijke afspraken gemaakt worden als de trein toch een keer zwaarder is dan verwacht werd.

8.2.2. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek & RailSys

Binnen de casestudie heeft plannen m.b.v. bloktijden en op seconden laten zien dat het grote potentie heeft voor dienstregelingsontwerp. Voor het uitvoeren van de casestudie voldeed RailSys aan de eisen om met een andere methode een dienstregeling te ontwerpen. De keuze is aan NS en ProRail of zij hun methodiek willen veranderen, en of zij dan gebruik gaan maken van RailSys of andere software. De volgende drie aanbevelingen gelden voor vervolgonderzoek naar microscopisch plannen, daarna worden twee aanbevelingen gedaan voor verbeteringen aan RailSys. Deze verbeteringen zouden ook kunnen gelden voor andere software met vergelijkbare methodische eigenschappen:

9 **Vergelijk de verbeterde dienstregeling met een simulatieprogramma als Friso en/of OpenTrack.**

De uitkomsten van de verbeterde dienstregeling in de casestudie zijn veelbelovend. Om te controleren of andere simulatie software gelijke verschillen vertoont tussen de twee dienstregelingen, is het belangrijk om beide dienstregelingen te simuleren met een andere simulatieprogramma;

10 **Vergelijk de praktische toepasbaarheid van ROBERTO met RailSys.**

RailSys heeft de functionaliteiten van ROBERTO; het berekenen van daadwerkelijke opvolg- en overkruistijden. ROBERTO wordt nu gebruikt omdat Donna werkt met normatieve tijden. Wanneer RailSys gebruikt gaat worden voor planningen, zou het de functionaliteit van ROBERTO kunnen overnemen. Dan kan tijdens het maken van de dienstregeling direct de daadwerkelijke opvolg- en overkruistijden gebruikt worden, i.p.v. een wachttijd van 2-3 dagen. Daarnaast zijn beide programma's nog niet gevalideerd; dit zou ook moeten gebeuren bij de vergelijking; en,

11 Herhaal de casestudie voor een groter gebied.

In de casestudie heeft microscopisch plannen grote potentie laten zien. De case is uitgevoerd op een relatief klein gebied. Daarom is het van belang om te kijken of de resultaten vergelijkbaar zijn in andere en grotere gebieden. Het is aan te raden om gebieden te kiezen waar ook goederentreinen rijden.

Vervolg RailSys

RailSys heeft potentie laten zien door de microscopische benaderingen. In december 2016 wordt de uitgebreide validatie van RailSys bekend, wanneer NS en ProRail kiezen om verder te gaan met RailSys zijn er enkele inhoudelijke verbeteringen aan RailSys mogelijk/nodig. Dit zijn de volgende:

12 Gebruik RailSys bij het basisuurpatroon proces.

RailSys heeft in de casestudie laten zien dat het 37% van de conflicten kan verminderen. Als parallel aan Donna door één persoon RailSys gebruikt, kan de microscopische planningsmethode uit RailSys al gebruikt worden. Vooraf dienen duidelijke procesafspraken gemaakt te worden; wanneer wordt RailSys wel en wanneer RailSys niet gevolgd kan/mag/moet worden. Bij het gebruik van RailSys in de BU fase kan gekeken worden naar de praktische toepasbaarheid van microscopisch plannen in Nederland; en,

13 Stel een lijst op met (grafische) verbeteringen aan RailSys.

Tijdens de casestudie zijn er enkele praktische beperkingen aan RailSys naar voren gekomen, als RailSys gebruikt gaat worden voor plannings doeleinden is het aan te raden om dit op te lossen. Momenteel zijn er vijf verbeteringen geïdentificeerd:

- **BUP functie:** RailSys kent op dit moment geen Basisuurpatroonfunctie zoals Donna die kent;
- **UIC compressieberekening:** deze berekening klopte niet voor de casestudie, wegens de beperkingen aan de methode, als hier mee gewerkt gaat worden, moet hier goed naar gekeken worden;
- **Voorlopen op planning in simulatie:** machinisten kunnen in de werkelijkheid sneller rijden dan dat er gepland is (als er veel speling is), het is momenteel niet mogelijk om dit in RailSys te definiëren.
- **Bandbreedtegrafiek uit simulatie:** voor de casestudie zijn de bandbreedte grafieken handmatig gemaakt o.b.v. punctualiteit per dienstregelpunt. Het is erg waardevol als dit automatisch zou kunnen.
- **Emplacement Noord-Zuid oriëntatie:** bij de weergave van een station is soms het noorden aan de bovenzijde en soms het zuiden, het is goed om hier één oriëntatie voor te hebben.

Bibliografie

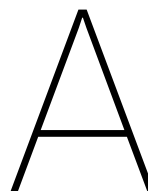
- Bagwell, P. (2001). A history of japanese railways, 1872-1999. *The Journal of Transport History*, 22(2):165.
- Baijense, W. (2016). Interview met Wim Baijense over het OSC(Order Service Centre), zie Bijlage D.5 voor de goedgekeurde samenvatting.
- BCG (2015). Boston consultancy group: The 2014 European Railway Performance Index.
- Bešinović, N., Quaglietta, E., and Goverde, R. M. (2015). Microscopic computer-aided tools for automated railway traffic planning. In *Transportation Research Board 94th Annual Meeting*, number 15-4600.
- Besinovic, N., Quaglietta, E., and Goverde, R. M. P. (2014). Supporting tools for automated timetable planning. *Proc. Comput. Railways XIV, WIT Trans. Built Environ*, 135:565–576.
- Bik, P. (2016). Interview met Paul Bik over Voor Ontwerp, zie Bijlage D.1 voor de goedgekeurde samenvatting.
- Bosschaart, M. (2013). *Lean Engineering Design of Rail Interlocking Systems with RailML*. PhD thesis, TU Delft, Delft University of Technology.
- Bärtschi, H.-P. (2016). Die anfänge. <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/d/D7961.php>. Verkregen op 26-8-2016.
- Cacchiani, V. and Toth, P. (2012). Nominal and robust train timetabling problems. *European Journal of Operational Research*, 219(3):727–737.
- Corman, F. (2014). Railway modes & networks. Presentatie voor het vak Introduction to TEL, TU Delft.
- CQM (2015). Consultants in Quantative Methods: Standaardtoets SIMONE - Eindpresentatie.
- Deerenberg, M. (2016). Dienstregeling in tienden van minuten, elke seconde telt, zeker voor Op Tijd Reizen. Interne presentatie.
- DeMorgen (2015). Japanse bevolking neemt in sneltempo af door laagste aantal geboortes ooit. <http://www.demorgen.be/buitenland/japanse-bevolking-neemt-in-sneltempo-af-door-laagste-aantal-geboortes-ooit-b5710052/>. Verkregen op 27-5-2016.
- DONNAWiki (2012). Conflicten. <https://donna-wiki.prorail.nl/confluence/display/donnapro/Conflict>. Verkregen op 2-3-2016.
- Engel, J. (2016). Interview met Jasper Engel over Specifieke Dagen, zie Bijlage D.6 voor de goedgekeurde samenvatting.
- Giesing, S. (2016). Interview met Stefan Giesing, vakspecialist, zie Bijlage D.9 voor de goedgekeurde samenvatting.
- Goverde, R. M. P., Corman, F., and D'Ariano, A. (2013). Railway line capacity consumption of different railway signalling systems under scheduled and disturbed conditions. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 3(3):78–94.
- Goverde, R. M. P. and Hansen, I. A. (2013). Performance indicators for railway timetables. In *Intelligent Rail Transportation (ICIRT), 2013 IEEE International Conference on*, pages 301–306. IEEE.
- Groeneveld, R. (2016). Interview met Ron Groeneveld, Decentrale Verkeersleider op verkeerspost Amsterdam, zie Bijlage D.13 voor de goedgekeurde samenvatting.
- Hagen, H. (2016). Interview met Hans Hagen, Planner/verdelers BD, zie Bijlage D.11 voor de goedgekeurde samenvatting.

- Hansen, I. A. and Pachl, J. (2014). *Railway timetabling & operations: analysis, modelling, optimisation, simulation, performance evaluation*. Eurailpress in DVV Media Group.
- Hofstra, K. (2010). Onze Man In Japan, verzamelde columns van Klaas Hofstra.
- Hofstra, K. (2016). Interview met Klaas Hofstra, Hoofd Ontwerp ProRail, zie Bijlage D.15 voor de goedgekeurde samenvatting.
- ILT (2014). Verscherpt toezicht.
- I&M (2013). Lange Termijn Spoor Agenda, visie, ambities en doelen.
- I&M (2014a). Beheerconcessie 2015-2025.
- I&M (2014b). concessie voor het Hoofdrailnet 2015-2025.
- I&M (2014c). Voorkeursbeslissing ERTMS en Railmap 3.0, Nota Alternatieven.
- I&M (2015). Tracebesluit DoorStroomStation Utrecht.
- Infrasite (2016). Definities. <http://www.infrasite.nl/definitions/definition.php>. Verkregen op 24-2-2016.
- Interrail (2016). Treinen in Oostenrijk. <http://nl.interrail.eu/trains-europe/trains-country/trains-austria#traintypes>. Verkregen op 28-5-2016.
- Ishida, Y. (2007). The break-up and privatization of Japan National Railway and management reforms at JR east.
- Khadem Sameni, M., Landex, A., and Preston, J. (2011). Developing the uic 406 method for capacity analysis. In *4th International Seminar on Railway Operations Research*.
- KiM (2015). Mobiliteitsbeeld 2015.
- KNMI (2016). Daggegevens van het weer in nederland, weerstation de bilt. <http://projects.knmi.nl/klimatologie/daggegevens/index.cgi>. Verkregen op 30-8-2016.
- Kroon, L. G., Dekker, R., and Vromans, M. J. (2007). *Cyclic railway timetabling: a stochastic optimization approach*. Springer.
- Kroon, L. G., Huisman, D., Abbink, E., Fioole, P.-J., Fischetti, M., Maróti, G., Schrijver, A., Steenbeek, A., and Ybema, R. (2009). The new Dutch timetable: The OR revolution. *Interfaces*, 39(1):6–17.
- Liebchen, C. (2004). Symmetry for periodic railway timetables. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 92:34–51.
- Lindner, T. and Pachl, J. (2010). Recommendations for enhancing uic code 406 method to evaluate railroad infrastructure capacity. In *89th Transportation Research Board annual meeting*.
- McCracken, G. (1988). *The long interview*, volume 13. Sage.
- Mestrum, D. (2016). Interview met Daan Mestrum, Business Analist Transport Besturing, zie Bijlage D.7 voor de goedgekeurde samenvatting.
- Middelkoop, D. (2015). Een blik in de gereedschapskist. Interne presentatie.
- Movares (2014). ATB Vv (Automatische Trein Beïnvloeding Verbeterde versie). <https://movares.nl/project/atbv-voorkomt-stop-tonend-sein-passages/>. Verkregen op 15-3-2016.
- National Rail (2016). Operatorsmap. <http://www.nationalrail.co.uk/static/documents/content/nationalrailoperatorsmap.pdf>. Verkregen op 25-7-2016.
- Network Rail (2016a). Key dates in the history of Britain's Railway.
- Network Rail (2016b). Timetable Planning Rules, Anglia 2016-2017 version 4.0.

- NOS (2016). Nieuwe koers van de NS: treinen laten rijden. <http://nos.nl/nieuwsuur/artikel/2089992-nieuwe-koers-van-de-ns-treinen-laten-rijden.html>. Verkregen op 27-5-2016.
- NS (2013a). Dienstregelingsontwerp, van dienstregeling naar dienstverlening. Interne presentatie gegeven door P. Laurs.
- NS (2013b). Masterclass dienstregeling. Interne presentatie gegeven door P. Laurs.
- NS (2013c). NS Benchmark Hoofdrailnet, eindrapportage benchmark 2013.
- NS (2014). Geschiedenis van NS, het tij keert. <http://www.ns.nl/over-ns/geschiedenis-van-ns/het-tij-keert.html>. Verkregen op 24-2-2016.
- NS (2015). Handboek Hoofdconductor.
- NS (2016a). Energieverbruik per extra gemiddelde treinstop & per extra bakstop.
- NS (2016b). Isidoor normen 2016.
- NS (2016a). Jaarverslag 2015.
- NS (2016b). Ontwikkeling dienstregeling. Interne presentatie, gegeven door Carla Bouwhuis.
- ÖBB (2016a). History of the Austrian Railway until 1918. http://www.oebb.at/vip8/oebb/en/OeBB_Group/History_of_the_Austrian_Railway/until1918.pdf. Verkregen op 27-7-2016.
- ÖBB (2016b). Konzeptfahrplan - Trassenplanungsprozess und Definition des Konzeptfahrplans.
- ÖBB (2016). Organization. konzern.oebb.at/en/about-the-group/organization. Verkregen op 29-7-2016.
- ÖBB (2016). Schieneninfrastruktur. http://www.oebb.at/infrastruktur/de/5_0_fuer_Generationen/5_4_Wir_bauen_fuer_Generationen/5_4_1_Schieneninfrastruktur/. Verkregen op 25-7-2016.
- ÖBB-Infrastruktur AG (2016). Network Statement 2016 of ÖBB-Infrastruktur AG.
- Olink, H., Scheepmaker, G. M., Klaver, J., Buren, J., and van Dijk, W. (2016). Visit UK Railway 18 - 20 April 2016.
- ON-TIME (2013a). task 1.1: Principles, definitions and requirements. rapportnummer: ONT-WP01-DEL-001.
- ON-TIME (2013b). task 3.1: Assessment of the state-of-art of train timetabling. rapportnummer: ONT-WP03-I-EPF-008-03.
- ORR (2016). Office of rail and road: Passenger rail usage 2015-26 q4 statistical release. http://orr.gov.uk/__data/assets/pdf_file/0015/22056/passenger-rail-usage-2015-16-q4.pdf. Verkregen op 25-7-2016.
- Ossendrijver, H. (2016). Interview met Hans Ossendrijver over Basis Dagen, zie Bijlage D.4 voor de goedgekeurde samenvatting.
- Overheid (2004). Besluit Hoofdrailnet. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0017795/2015-01-01>.
- Overheid (2015a). Besluit aanwijzing hoofdspoorwegen. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0017794/2015-03-12>.
- Overheid (2015b). Besluit capaciteitsverdeling hoofdspoorweginfrastructuur. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0017627/2015-12-15>.
- Overheid (2015c). Besluit spoorverkeer. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0017624/2015-07-04>.
- Overheid (2015d). Regeling spoorverkeer. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0017707/2015-07-03#Bijlage4>. Verkregen op 13-3-2016.

- Overheid (2016). Spoorwegwet. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0015007/2016-01-18>. Verkregen op 2-5-2016.
- OVinNederland (2015). Dienstregeling 2007. http://wiki.ovinnederland.nl/wiki/Dienstregeling_2007. Verkregen op 24-02-2016.
- OVinNederland (2016a). Kopmaken. <http://wiki.ovinnederland.nl/wiki/Kopmaken>. Verkregen op 29-7-2016.
- OVinNederland (2016b). Nederlands seinstelsel. http://wiki.ovinnederland.nl/wiki/Nederlands_seinstelsel. Verkregen op 4-3-2016.
- Peeters, L. W. P. (2002). *Cyclic railway timetabling optimization*. PhD thesis, PhD thesis, ERIM, Rotterdam School of Management.
- Pot, A. (2013). Microsimulatie op macroschaal: Het nederlandse spoorwegnetwerk in OpenTrack, CVS paper.
- ProRail (2014a). Inleiding Trein Beveiliging. Presentatie.
- ProRail (2014b). Landelijk overzicht treindetectiesystemen, Stoorstroom- en kortsluit compatibiliteit.
- ProRail (2015a). Jaarverslag 2014.
- ProRail (2015b). Regels voor het functioneel ontwerp van railinfrastructuur.
- ProRail (2016a). Introductie vak dienstregelingplanner deel 1, leertraject dienstregelingplanner voor de spoorbranche.
- ProRail (2016b). Introductie vak dienstregelingplanner deel 2, leertraject dienstregelingplanner voor de spoorbranche.
- ProRail (2016a). Jaarverslag 2015.
- ProRail (2016b). Netverklaring 2016.
- ProRail (2016c). Over punctualiteit. <https://www.prorail.nl/over-punctualiteit>. Verkregen op 22-3-2016.
- ProRail (2016d). Proef 'dienstkaartje plus'. analyse door Jordy van den Brink, PAB ProRail.
- ProRail (2016e). Programma Hoogfrequent Spoorvervoer.
- ProRail (2016a). Rijtijdenboek, kale rijtijden.
- ProRail (2016b). TRENTO.
- Rijper, M. (2016). Interview met Milan Rijper, verdeler SD, zie Bijlage D.12 voor de goedgekeurde samenvatting.
- RMCon (2016). Railsys. <http://www.rmcon.de/railsys-en/>. Verkregen op 18-09-2016.
- Roozenburg, N. and Eekels, J. (1995). Product design: Fundamentals and methods. Chichester: Wiley.
- SBB (2006). Increasing capacity through efficient timetabling - a practical experience.
- SBB (2015). How our timetable is born.
- SBB (2016a). Hier arbeiten sie - karte. http://www.sbb.ch/content/dam/sbb/all/bilder/04_Vollbild_553xmind238/sbb-konzern/jobs-karriere/handwerkberufe/Karte_Handwerker_gross.png. Verkregen op 25-7-2016.
- SBB (2016b). History. <https://www.sbb.ch/en/group/the-company/history.html>. Verkregen op 27-7-2016.
- SBB (2016c). Planungshorizonte.

- Scheepmaker, G. M. (2016a). Aantekeningen Werkbezoek UK.
- Scheepmaker, G. M. (2016b). Notulen Werkbezoek SBB 26-5-2016.
- Scheepmaker, G. M. (2016c). Terugkoppeling werkbezoek ÖBB.
- Scheepmaker, G. M. (2016d). Verslag werkbezoek ÖBB.
- Scheepmaker, G. M. and Goverde, R. M. P. (2015). The interplay between energy-efficient train control and scheduled running time supplements. *Journal of Rail Transport Planning & Management*.
- Schlechte, T., Borndörfer, R., Erol, B., Graffagnino, T., and Swarat, E. (2011). Micro–macro transformation of railway networks. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 1(1):38–48.
- Schut, H. (2016a). Doorstroom Station Utrecht, eindsituatie.
- Schut, W. (2016b). Gesprek met een machinist op Arnhem - Nijmegen, zie korte samenvatting in C.1.
- sporenplan.nl (2016). Sporenplan Nijmegen - Arnhem - Zutphen. <http://sporenplan.nl/>. Verkregen op 29-8-2016.
- Tomii, N. (2010). How the punctuality of the shinkansen has been achieved. *WIT Trans Built Environ*, 114:111–120.
- Tomii, N. (2012). Evolution of a Finch in the Far East, How the punctuality of Japanese Railways has been realized and what we should learn mutually?
- TU Delft (2012). Parlementair onderzoek onderhoud en innovatie spoor.
- UIC (2013). Code 406: capacity.
- UIC (2014). Railway statistics - Synopsis.
- van Boeijen, A., Daalhuizen, J., Zijlstra, J., and Schoor, van der, R. (2014). *Delft Design Guide: Design Methods*. BIS publishers.
- van de Velde, D. M. (2011). The japanisation of the dutch railways. *Journal of Business Studies*, 57 (3), 2011.
- Van Dijk, W. (2016). Interview met Wilmet van Dijk, Senior Business Analist, zie Bijlage D.8 voor de goedgekeurde samenvatting.
- van Leeuwen, T. (2016). Interview met Tim van Leeuwen over Commercie, zie Bijlage D.2 voor de goedgekeurde samenvatting.
- Veenendaal, A. J. (2008). *Spoorwegen in Nederland: van 1834 tot nu*. Boom.
- Warmerdam, H. (2016). Interview met Hanneke Warmerdam over Basis Uur patroon, zie Bijlage D.3 voor de goedgekeurde samenvatting.
- Weeda, V. (2016). Interview met Vincent Weeda, Analist Prestatie Analyse Bureau, zie Bijlage D.14 voor de goedgekeurde samenvatting.
- Weeda, V. A., van Touw, B., and Hofstra, K. (2010). Japan op Nederlands spoor: eenvoud loont (sneller, vaker, veiliger, stiller, goedkoper). In *Colloquium Vervoerplanologisch Speurwerk, Roermond*, pages 26–26.
- Wilson, C. (2013). *Interview techniques for UX practitioners: A user-centered design method*. Newnes.
- Ybema, R. (2016a). Interview met Roelof Ybema, programma manager BU, zie Bijlage D.10 voor de goedgekeurde samenvatting.
- Ybema, R. (2016b). Keuzes en onderbouwing uitwerking BUP-2017, ProRail.
- Zeno's-Guide (2016). JR pass. <http://www.yudanaka-shibuonsen.com/userfiles/image/0thers/jr-pass-map.gif>. Verkregen op 27-5-2016.



Plannormen & Conflicten

In deze bijlage zijn de plannormen en conflicten uit Donna opgenomen. In Paragraaf A.1 zijn de plannormen terug te vinden en in Paragraaf A.2 alle conflicten uit Donna.

A.1. Plannormen

Een macroscopische benadering van opvolg- en overkruisconflicten is om dit aan de hand van plannormen te doen. Deze plannormen staan voor de minimale tijd die tussen de twee opvolgende/overkruisende treinen op een [dienstregelpunt](#) moet zitten. De plannormen zijn opgenomen in de Netverklaring (ProRail, 2016b). Deze plannormen zijn te zien in Tabel A.1, Tabel A.2 en Tabel A.3. De plannormen worden verder verklaard in Paragraaf 3.3.1.

Tabel A.1: Norm opvolgtijd voor twee treinen in minuten (ProRail, 2016b).

		Activiteit 2e trein			
		A	D	K	V
Activiteit 1e trein	Aankomst (A)	3	2	3	n.v.t.
	Doorkomst (D)	3	3	3	2
	Korte stop (K)	4	4	4	3
	Vertrek (V)	4	4	4	3

Tabel A.2: Norm overkruistijd voor twee treinen in gelijke richting in minuten (ProRail, 2016b).

		Activiteit 2e trein			
		A	D	K	V
Aankomst 1e trein	Aankomst (A)	3	2	3	1
	Doorkomst (D)	3	3	3	2
	Korte stop (K)	3	3	3	2
	Vertrek (V)	4	3	3	2

Tabel A.3: Norm overkruistijd voor twee treinen in tegengestelde richting in minuten (ProRail, 2016b).

		Activiteit 2e trein			
		A	D	K	V
Aankomst 1e trein	Aankomst (A)	3	2	1	1
	Doorkomst (D)	4	3	4	1
	Korte stop (K)	6	5	6	1
	Vertrek (V)	6	5	6	2

A.2. Conflicten

De conflicten die Donna detecteerd zijn terug te vinden in tabellen A.4, A.5 en A.6.

Tabel A.4: Conflicten 1 t/m 14 DONNA

1	Aaneensluitende routes	De routes van alle rijweginstructies van de beweging binnen het PPLG (Primair Proces Leiding gebied) moeten aaneensluiten. Uitzondering hierop is dat voor een Aankomst/Vertrek met verschillende activiteitssporen (binnen één spoorgroep) de routes niet aaneengesloten hoeven te zijn.
2	Activiteiten op goederenpad	Geplande activiteiten in conflict met goederenpad. Het conflict wordt automatisch geaccordeerd voor goederentreinen die via de bouwstenen zijn ingelegd. In alle andere gevallen worden de conflicten niet automatisch geaccordeerd.
3	Activiteitssporen in routes	De activiteitssporen van de bewegingsactiviteiten binnen het PPLG moeten voorkomen in één van de routes (uitgesplitst naar enkelvoudige routes) uit de rijweginstructies.
4	Beweging door 2 of 4 wekelijkse BTD	Planelement in conflict met 2 of 4 wekelijkse buitendienststelling (BTD).
5	Beweging door BTD	Planelement in conflict met buitendienststelling.
6	Bewegingsactiviteit in spoorbezetting	Een beweging mag geen bewegingsactiviteit gepland hebben op een spoor dat bezet is door een (of meer) ander planelement(en). Aankomende-en vertrekkende treinen krijgen standaard 2 minuten spoorbezetting. De spoorbezetting kan men uitbreiden door een BMR (Beweging Materieel Relatie) of een handmatige spoorbezetting toe te voegen. Ook met A/V activiteiten wordt er spoorbezetting gecreëerd.
7	Bewegingsactiviteit tijdens brugopening	Planelement in conflict met brugopening. Signalering tijdens de brugopening en binnen de normtijd vóór of ná de brugopening.
8	Handmatige conflictnorm (Verdelers/ProRail)	Alleen de verdeler kan handmatige conflictnormen toevoegen en daar vervolgens planelementen aan koppelen. Dit kan alleen in het verdeelperspectief en is bedoeld om o.a. milieuaspecten mee te kunnen wegen in het verdeelproces.
9	Hetzelfde spoor bij materieelrelatie	Bij bewegingsactiviteiten waartussen een bewegingsrelatie is vastgelegd, dienen de activiteiten op hetzelfde spoor of dezelfde spoorgroep plaats te vinden. Het systeem signaleert fysiek onmogelijke materieelrelaties.
10	IB Bew in BTD (goederen paden)	Het infrabezettings-conflicttype werkt op basis van de bezetting van een infraelement. Aan de hand van plantijden en insteltijden van bewegingen en plantijden van buitendienststellingen kan gelijktijdig gebruik van infraelementen binnen een PPLG gesignaleerd worden.
11	IB Bew in VII (Goederen paden)	Het infrabezettings-conflicttype werkt op basis van de bezetting van een infraelement. Aan de hand van plantijden en insteltijden van bewegingen en plantijden van volume infra inzetten kan gelijktijdig gebruik van infraelementen binnen een PPLG gesignaleerd worden.
12	IB Bew vs Bew	Het infrabezettings-conflicttype werkt op basis van de bezetting van een infraelement. Aan de hand van plantijden en insteltijden van beweging 1 en plantijden en insteltijden van beweging 2 kan gelijktijdig gebruik van infraelementen binnen een PPLG gesignaleerd worden.
13	IB BTD vs VII	Het infrabezettings-conflicttype werkt op basis van de bezetting van een spoor. Aan de hand van plantijden van een buitendienststelling en plantijden van volume infra inzetten kan gelijktijdig gebruik van sporen binnen een PPLG gesignaleerd worden.

Tabel A.5: Conflicten 14 t/m 26 Donna

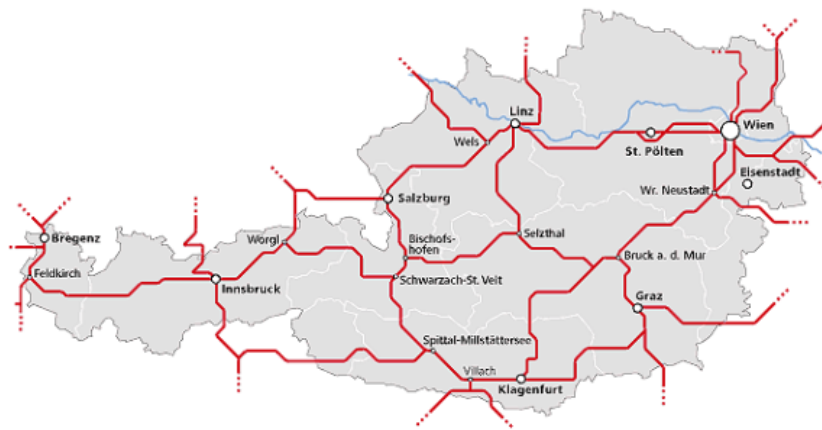
14	IB SBZ in BTD	Het infrabezettings-conflicttype werkt op basis van de bezetting van een spoor. Aan de hand van de plantijden van een spoorbezetting door een beweging en de plantijden van een buitendienststelling kan gelijktijdig gebruik van infraelementen binnen een PPLG gesignaleerd worden.
15	IB SBZ in VII	Het infrabezettings-conflicttype werkt op basis van de bezetting van een infraelement. Aan de hand van de plantijden van een spoorbezetting en de plantijden van een volume infra inzet van een andere vervoerder kan gelijktijdig gebruik van infraelementen binnen een PPLG gesignaleerd worden.
16	IB VII vs VII	Het infrabezettings-conflicttype werkt op basis van de bezetting van een infraelement. Aan de hand van de plantijden van een volume infra inzet van vervoerder 1 en de plantijden van een volume infra inzet van vervoerder 2 kan gelijktijdig gebruik van infraelementen binnen een PPLG gesignaleerd worden.
17	Inhalen op vrije baan	Planelement A haalt planelement B in op hetzelfde vrije baan spoor.
18	Insteltijd oplopend	De insteltijden van de rijweginstructies moeten oplopend zijn.
19	Insteltijd later dan plantijd	De insteltijd van een rijweginstructie mag niet later zijn dan de plantijd van de bijbehorende bewegingsactiviteit. Bij een opgedeelde rijweg is de waarde van de eindtijd van de Donna routebezettingstabel bepalend. De insteltijd van de tweede rijweginstructieregel mag wel later zijn dan plantijd.
20	Insteltijd te lang voor plantijd	De insteltijd van een rijweginstructie mag niet meer dan de normwaarde vóór de plantijd van de bijbehorende bewegingsactiviteit liggen. Ingeval van een opgedeelde rijweg kijkt Donna alleen naar de eerste regel.
21	Keren	Materieel van treinbeweging A komt aan op een eindbestemming en gaat via een BMR over op treinbeweging B, waarbij treinbeweging B vertrekt in de richting waar treinbeweging A vandaan is gekomen.
22	Kopmaken	Indien een beweging wisselt van rijrichting en de geplande tijd tussen de aankomst en het vertrek minder is dan de (materieelafhankelijke) normwaarde voor kopmaken.
23	Materieelovergangen onbepaald	Op een locatie zijn de materieelovergangen van reizigerstreinen zijn zo complex, dat het conflicttype Wet van behoud van materieel onvoldoende secuur kan signaleren. Aan de hand van het conflicttype Materieelovergangen onbepaald, dient de planner een controle uit te voeren
24	Negatieve BMR	Bij bewegingsactiviteiten van verschillende bewegingen waartussen een BMR is aangebracht, dienen de bewegingsactiviteiten in de juiste tijdsvolgorde plaats te vinden. Planelementen A en B zijn met een BMR verbonden, maar planelement A vertrekt eerder dan dat planelement B aankomt.
25	Ontbrekende BMR	Goederenmaterieel vertrekt vanaf een spoor in Centraal Bediend Gebied (CBG) maar de aanvoer is niet gepland. Of goederenmaterieel komt aan op een spoor in CBG, maar de afvoer is niet gepland.

Tabel A.6: Conflicten 26 t/m 40 Donna

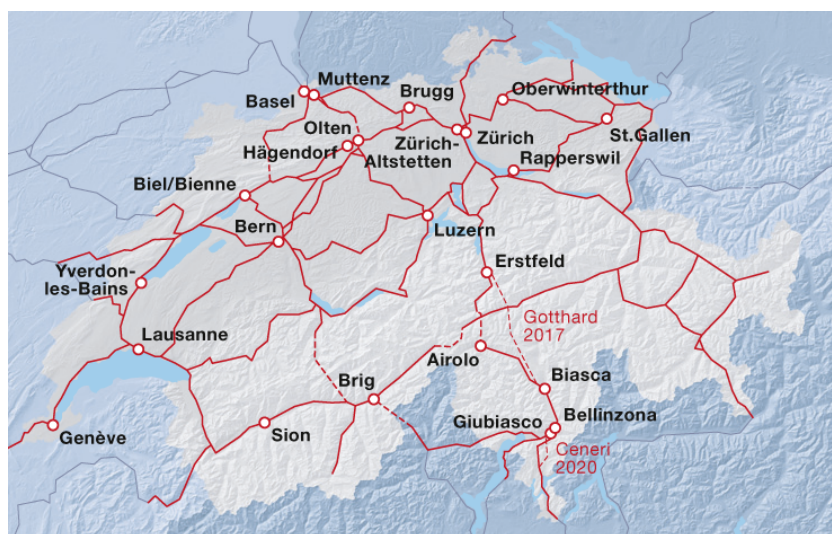
26	Oplopende plantijd	De plantijd van een bewegingsactiviteit mag niet eerder zijn dan de plantijd van de voorafgaande bewegingsactiviteit.
27	Opvolgtijd	Een opvolgconflict treedt op indien twee bewegingen achtereenvolgens in dezelfde richting, hetzelfde IU-spoor(in/uitrij spoor) op of afrijden en dit in de tijd korter na elkaar gebeurt dan de normwaarde die hiervoor geldt.
28	Overkruistijd	Een overkruisconflict treedt op wanneer twee bewegingen, binnen een te korte tijd van elkaar, van of naar een dienstregelpunt rijden over routes die gedeeltelijk gemeenschappelijke infra hebben en niet beiden naar hetzelfde IU-spoor gaan of beiden van hetzelfde IU-spoor komen (want dan is er sprake van opvolgen).
29	Rijtijdspeling	Indien de totale geplande tijd tussen het vertrek uit een blokpunt en de aankomst in het volgende blokpunt onvoldoende speling heeft t.o.v de berekende (technisch minimale) rijtijd, inclusief de benodigde tijd voor de eventuele korte stops. Bij een planelement kan men een spelingpercentage invoeren van 0% tot en met 20%.
30	Rijtijdtekort	Op blokpunt berekende rijtijd is onvoldoende om de geplande route tijdig af te kunnen leggen. Bewegingen die eindigen op een ander punt dan een blokpunt worden niet gesignaleerd door het conflict-type rijtijdtekort.
31	Spoorlengteconflict	De lengte van de opgevoerde treinsamenstelling is groter dan de lengte van het activiteitenspoor.
32	Spooropstel	De optelsom van de lengtes van de opgevoerde treinsamenstellingen van twee of meer bewegingen is groter dan de (nuttige) lengte van het activiteitenspoor.
33	Spooropvolging	Conflict dat ontstaat wanneer er tussen twee opvolgende bewegingen te weinig tijd zit.
34	Tegen elkaar inrijden op vrije baan	Treinbewegingen in tegengestelde richting gelijktijdig op hetzelfde vrije baan spoor.
35	Te veel LBS	Signalering van onnodige spoorbezetting op beperkt aantal locaties, het materieel past zonder LBS op activiteitenspoor
36	Totale route	De totale route door het PPLG+ heen moet starten op een inrijder en eindigen op een uitrijder. Hierbij moet rekening worden gehouden met inrij-en uitrijvervolgsporen.
37	Uitrijder sluit aan op inrijder	De uitrijder van een PPLG moet overeenkomen met de inrijder van het daaropvolgende PPLG. Hierbij moet rekening worden gehouden met inrij-en uitrijvervolgsporen.
38	Verplichte doorkomst	De planroute heeft een beginspoor of een eindspoor in een dienstregelpunt met een 'doorkomst verplichte indicatie'. Er is een conflict indien er geen activiteit gepland is voor deze beweging in dit dienstregelpunt.
39	Volume-infra-inzet met beweging	Een bewegingsactiviteit van infragebruiker A door een VII van infragebruiker B.
40	Wet van behoud van Materieel	De naar een infraelement aangevoerde hoeveelheid materieel van een reizigersvervoerder moet gelijk zijn aan de afgevoerde hoeveelheid materieel.

Kaarten buitenlandse netwerken

In deze bijlage zijn de netwerkkaarten van Oostenrijk, Zwitserland en het Verenigd Koninkrijk gepresenteerd, in Hoofdstuk 5 worden deze landen besproken.



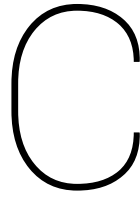
Figuur B.1: Belangrijkste spoorlijnen van Oostenrijk (ÖBB, 2016).



Figuur B.2: Belangrijkste spoorlijnen van Zwitserland (SBB, 2016a).



Figuur B.3: Belangrijkste spoorlijnen van het Verenigd Koninkrijk (National Rail, 2016).



Casestudie gegevens

In deze bijlage is alle extra informatie over de casestudie, zie Hoofdstuk 6, terug te vinden. In Paragraaf C.1 is praktijk ervaring van een machinist en een lokale expert planner terug te vinden. In Paragraaf C.2 is een kaart van de infrastructuur en tabel met alle stations en dienstregelpunten opgenomen. De tijd-wegdiagrammen van Donna en RailSys zijn terug te vinden in Paragraaf C.3, de spoorbezettingsdiagrammen (SBD) van Arnhem en Nijmegen in C.4. In Paragraaf C.5 staat uitleg over binnen komen op hooggroen. Waarna in Paragraaf C.6 de rijtijden van RailSys vergeleken worden met Donna. In Paragraaf C.7 zijn extra figuren over de simulatie van de 2014 dienstregeling. In Paragraaf C.8 staat een toelichting op de verbetering van de dienstregeling.

C.1. Praktijk ervaring

Het is belangrijk om de ervaring uit de praktijk mee te nemen. Daarom zijn er gesprekken geweest met een machinist van NS Reizigers (Wietze Schut) en een planner en ex-treindienstleider van ProRail (Martijn in 't Panhuisen).

Wietze Schut, Machinist, 5 - 9 - 2016

Wietze is machinist met onder andere wegbekendheid op het traject Arnhem <> Nijmegen. Het gesprek met Wietze is gebruikt om de bekendheid van een machinist mee te nemen. Als eerste gaf Wietze aan dat een machinist bij een korte stop, de gespecificeerde tijd als vertrektijd hanteert. Terwijl de tijd van een korte stop bedoeld is als aankomsttijd en de machinist in de minuut mag vertrekken. Daarnaast noemde Wietze een drietal ervaringen van de dienstregeling:

- De 3000 van Nijmegen naar Arnhem, wordt door de 31100 gehinderd vanuit Tiel;
- Als Wietze in een IC uit Arnhem naar Nijmegen te hard doorrijdt, komt hij een rood sein tegen voor Nijmegen; en,
- De sprinters tussen Arnhem en Nijmegen liggen er erg goed in (geen conflicten en niet te weinig/veel speling).

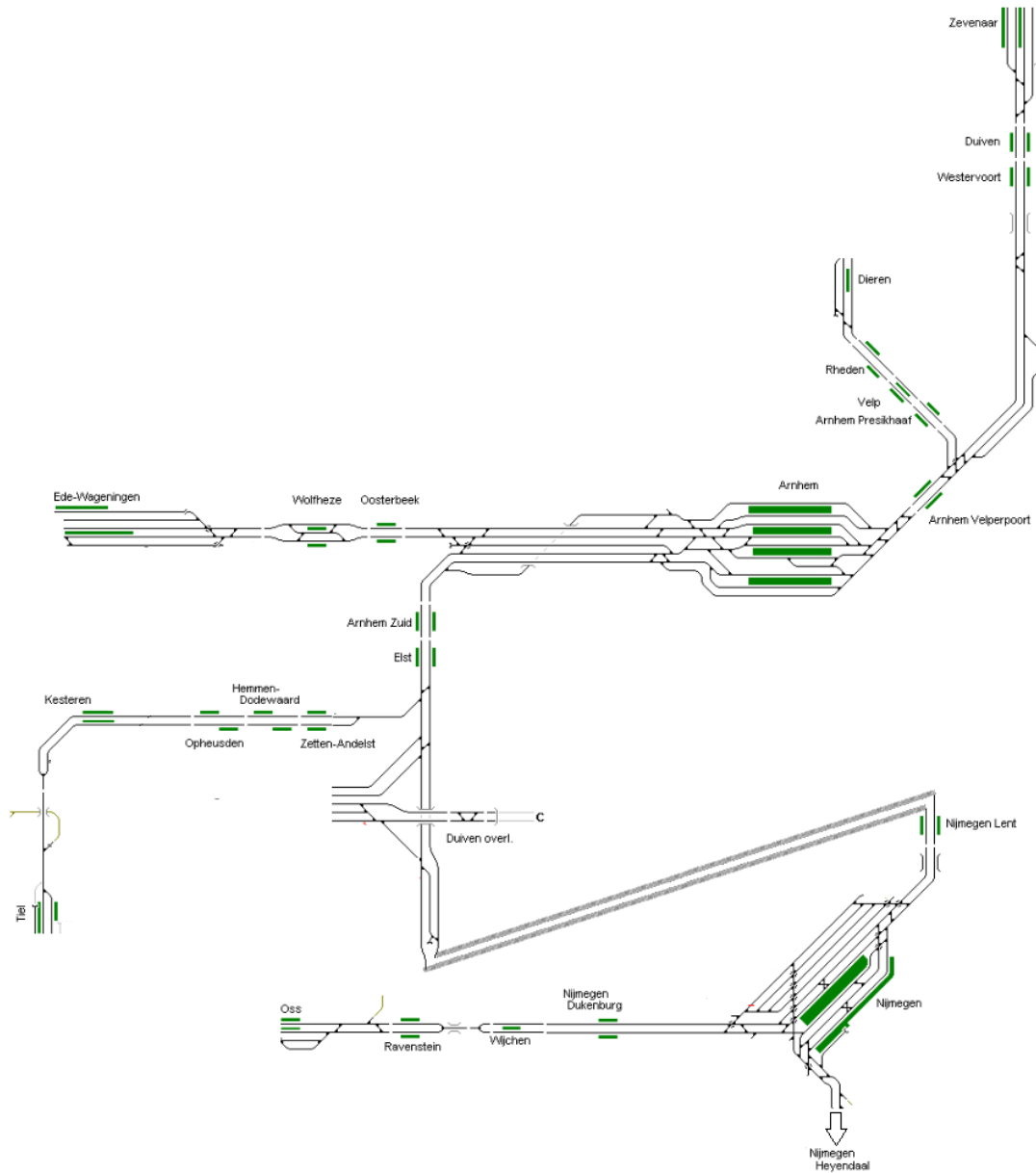
Martijn in 't Panhuisen, Planner, lokale kennis 2 - 9 - 2016

Martijn is treindienstleider geweest op het traject Arnhem <> Nijmegen en werkt nu als planner met deze lokale kennis bij ProRail. Martijn noemt de volgende dingen opvallend aan het traject:

- Overwegen: er zijn vrij veel overwegen en als deze 5 minuten dicht zijn schieten ze in storing. Het gevolg is dat een machinist rustig moet rijden, of wachten. Als het baanvak leeg is, kan de overweg uit storing gehaald worden. Dit lukt vrij vlot: binnen 3 minuten. In 2016 zijn er nog maar 3 gelijkvloerse kruisingen met het wegverkeer, waarvan er in 2017 één over is;
- Van Nijmegen naar Arnhem is een bottleneck; de 31100 uit Tiel moet het spoor kruizen om op het rechter spoor te komen. Hiermee hindert hij de trein vanuit Nijmegen naar Arnhem;
- Station Nijmegen heeft een krappe, maar voldoende perroncapaciteit; en,
- Station Arnhem heeft voldoende perroncapaciteit.

C.2. Infrastructuur

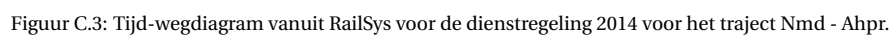
In Figuur C.1 staat de infrastructuur van het casestudie gebied, in Tabel C.1 staan alle stations en dienstregelpunten met afkortingen. Hierin is ook te zien dat in RailSys en TRENTO minder dienstregelpunten gedefinieerd zijn dan in Donna.



Figuur C.1: Spoor layout van het casestudiegebied. Verkregen via sporenplan.nl (2016), gecontroleerd en aangepast opbasis van de gegevens van december 2014 in Inframonitor.

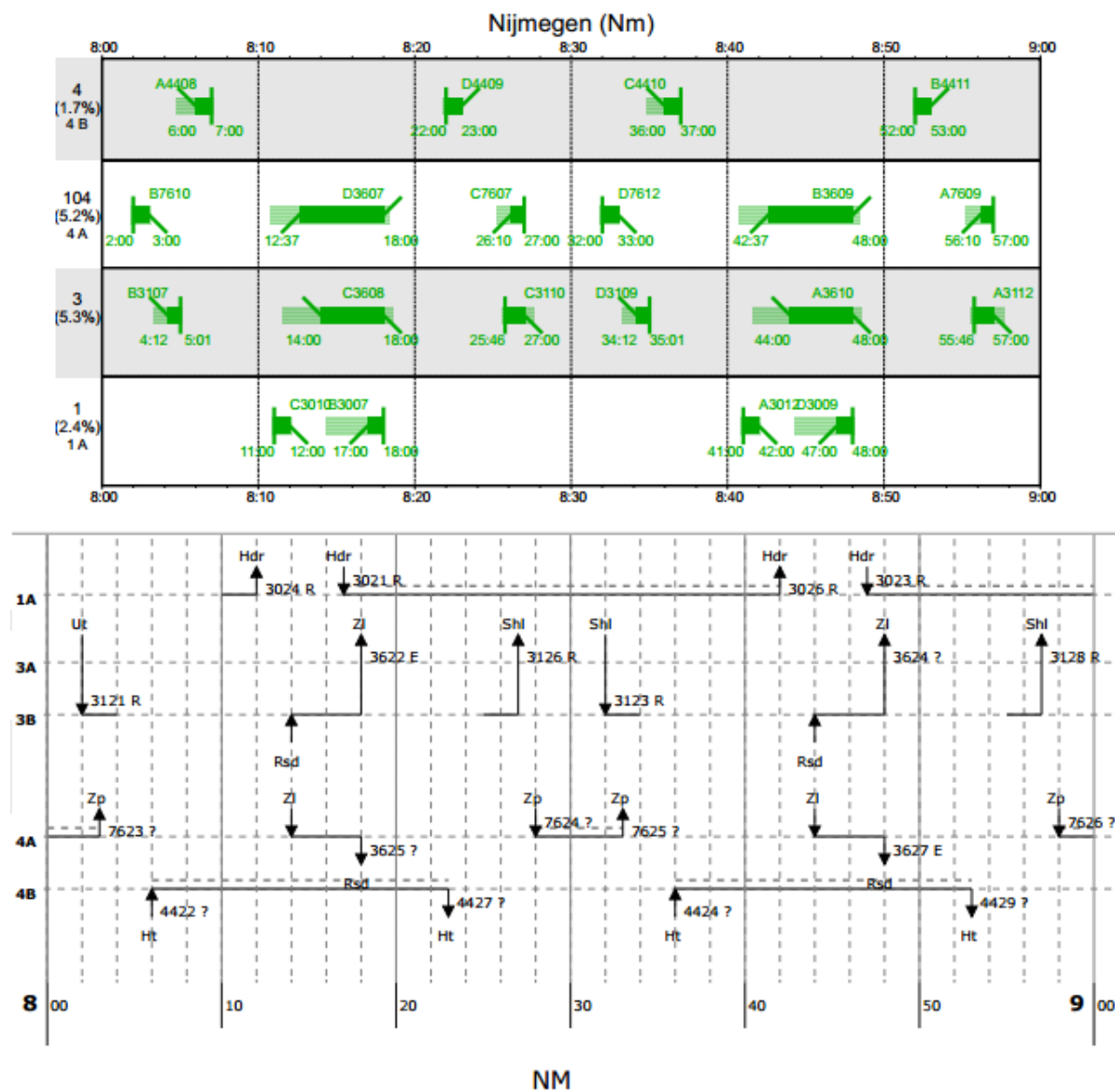
Tabel C.1: Stations en dienstregelpunten (Drglpt) in het casestudie gebied.

	Station	Drglpt	Donna	RailSys	TRENTO
Arnhem Berg		Ahb	x	x	
Arnhem Centraal	Ah		x	x	x
Arnhem Persikhaaf	Ahpr		x	x	x
Arnhem Velperpoort	Ahp		x	x	x
Arnhem west aansluiting		Ahwa	x		
Arnhem Zuid	Ahz		x	x	
Dieren	Dr		x	x	x
Duiven	Dvn		x	x	
Ede-Wageningen	Ed		x	x	x
Elst	Est		x	x	x
Elst aansluiting		Esta	x	x	x
Elst Betuweroute aansluiting		Ebtwa	x		
Hemmen Dodewaard	Hmn		x	x	
Kesteren	Ktr		x	x	x
Maasbrug Ravenstein Oostzijde		Mbvro	x		x
Nijmegen	Nm		x	x	x
Nijmegen Dukenburg	Nmd		x	x	
Nijmegen Lent	Nml		x	x	x
Oosterbeek	Otb		x	x	
Opheusden	Op		x	x	
Oss	O		x	x	x
Oss racc. Elzenburg		Oelz	x		
Ravenstein	Rvs		x	x	x
Ressen aansluiting		Rsa	x	x	
Rheden	Rh		x	x	
Tiel	Tl		x	x	
Tiel aansluiting		Tla	x		
Velp	Vp		x	x	
Velperbroek aansluiting		Va	x	x	x
Vork		Vrk	x		x
Westervoort	Wtv		x	x	x
Wijchen	Wc		x	x	
Wolfheze	Wf		x	x	x
Zeten-Andelst	Za		x	x	
Zevenaer	Zv		x	x	x

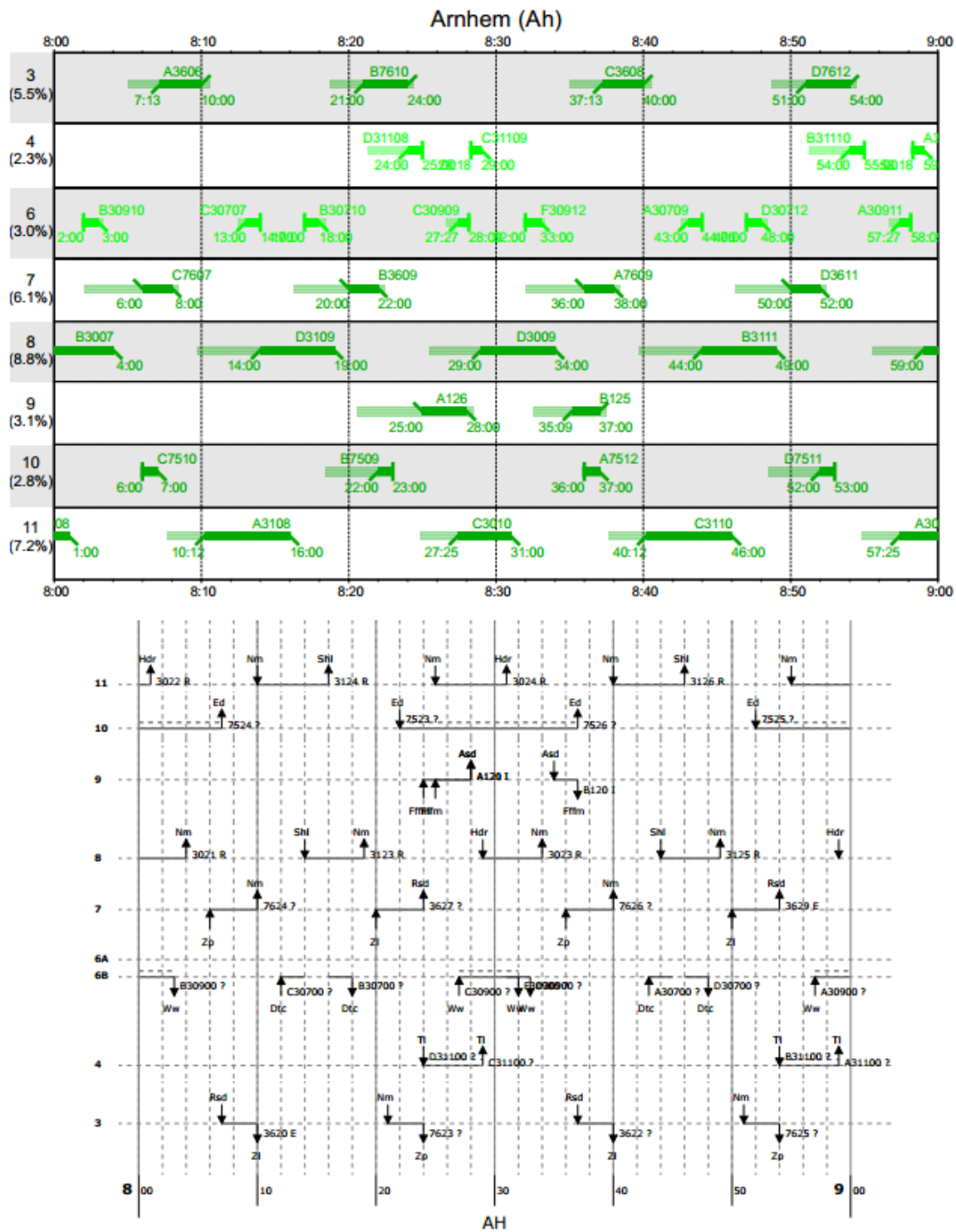


C.4. Spoorbezettingsdiagram Arnhem & Nijmegen

In Figuur C.4 staat het spoorbezettingsdiagram van RailSys en Donna voor station Nijmegen. In Figuur C.5 voor station Arnhem.



Figuur C.4: SBD van Nijmegen voor de dienstregeling 2014 in Donna.

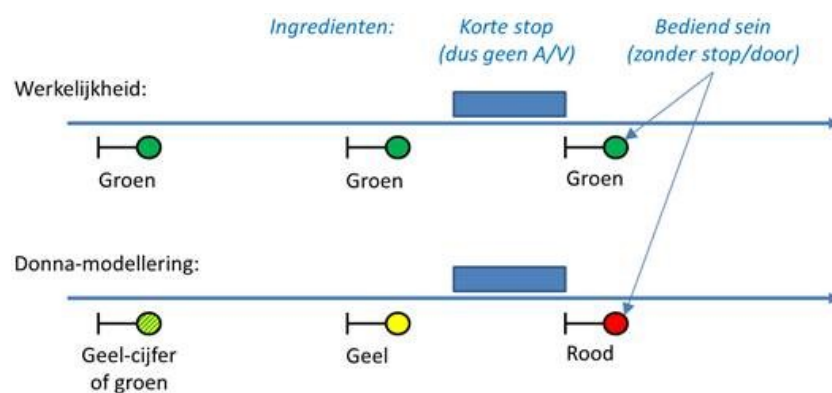


Figuur C.5: SBD van Arnhem voor de dienstregeling 2014 in Donna.

C.5. Aankomst op Hooggroen

Hooggroen, of binnenkomen op groen, is een methode om de rijtijd naar het station toe te verkorten. Bij hooggroen wordt de rijweg na een station al ingesteld, waardoor het sein na het station al op groen staat (zie Figuur C.6). Als de rijweg nog niet is ingesteld staat het sein aan het einde van het perron nog op rood; daarvoor moet het sein daarvoor op geel staan (vanaf sein 40 km/h) en het sein daarvoor is geel met een cijfer (remmen tot bepaalde snelheid) of groen. Als de rijweg niet ingesteld wordt, moet er eerder geremd worden. Het gebruik van Hooggroen kan een rijtijd winst tot 40 seconden opleveren, afhankelijk van de lengte van de blokken. In de praktijk komt dit voor bij haltes op de vrijebaan, waar geen overweg na het perron is. Daarnaast wordt het ook toegepast op enkele stations waar wel wissels zijn, die weinig gebruikt worden voor kruisende bewegingen (bijvoorbeeld station Gouda). In Donna is het momenteel nog niet mogelijk om hooggroen aan te geven.

In Tabel C.2 is te zien voor welke stations in het casestudiegebied hooggroen wordt gebruik. Voor deze stations is dit in RailSys ook aangegeven. Als er geen hooggroen voor beide richting gedefinieerd wordt, ligt er in één richting na het station een overweg.



Figuur C.6: Praktijk en Donna-modellerings hooggroen.

Tabel C.2: Stations waar in RailSys is ingesteld dat aankomst op hooggroen is.

Station	Richting
Ahp	Beide
Ahpr	Dr
Ahz	Beide
Dv	Ah
Ed	Beide
Est	Nm
Hmn	Tl
Nmd	Beide
Nml	Beide
Op	Tl
Otb	Beide
Rvs	O
Tl	Beide
Wf	Ah
Wt	Beide
Za	Esta

C.6. Rijtijden

In Hoofdstuk 4 is één van de verbeterpunten van het dienstregelingsontwerp aangegeven dat de rijtijden niet goed berekend worden. Voor RailSys is momenteel (verwachte oplevering november 2016) een validatie onderzoek bezig (uitgevoerd door RIS en RMCon). Omdat de uitkomsten nog onbekend zijn, worden de rijtijden van RailSys bekeken om te zien of deze in de basis kloppen. De valisatie gaat om de basis en is niet bedoeld als validatie van het systeem RailSys te vervangen. Om het gehele casestudie gebied te bekijken, worden de rijtijden van de volgende series vergeleken:

- 3000 (IC)
- 3600 (IC)
- 4400 (SPR)
- 7500 (SPR)
- 7600 (SPR)
- 31100 (SPR & Diesel trein)

In Tabel C.3 t/m Tabel C.14 staan de rijtijden van de series, in beide richtingen. De rijtijden van RailSys worden vergeleken met Donna 2014 en de kale rijtijd van het rijtijdenboek voor de dienstregeling van 2017. Voor het rijtijdenboek wordt handmatig een keus gemaakt op basis van gegevens uit Donna, Trento en OpenTrack (ProRail, 2016a). De 31100 serie is niet in het rijtijdenboek opgenomen, omdat het een regionale vervoerder is. Daarom wordt deze serie vergeleken met de realisatie gegevens van de 10% meest punctuele treinen in TRENTO (ProRail, 2016b).

In de tabellen is te zien dat de rijtijden in de basis kloppen. Verschillen die groter dan 0.3 minuut kunnen worden verklaard. Er zijn twee rijtijd verschillen die niet verklaard konden worden (zie categorie 4d). De verschillen worden verklaard aan de hand van vier categorieën:

1. Verschil in aantal dienstregelpunten

De som van het rijtijden rond deze dienstregelpunten klopt wel. Dit kwam zes keer voor.

2. Structurele fout in Donna 2014

Dit is aangepast in rijtijdenboek; het verschil RailSys - Rijtijdenboek is minimaal. Dit kwam vijf keer voor, met een totaal verschil van 3,8 minuten;

3. Een haltering in 2014, in 2017 stopt de IC hier niet meer.

Daarom is de rijtijd in het rijdtijdenboek een stuk hoger dan in RailSys en Donna 2014; en,

4. Overig, zie:

- a Mogelijk een fout in het rijtijdenboek: Trento komt goed overeen met RailSys;
- b Momenteel onverklaarbaar;
- c Mogelijk een fout in het rijtijdenboek: kale rijtijd is hoger van RailSys, Trento en OpenTrack;
- d Mogelijk verschil door verschillend materieel;
- e Opvallend verschil: eerst een halve minuut sneller, en daarna langzamer; en,
- f TRENTO is opvallend lager dan RailSys en Donna, dit kan komen doordat er op dit traject erg veel speling (3,5 en 2,2 minuten) is, en de machinisten hiermee bekend zijn waardoor ze langzamer rijden.

Tabel C.3: Rijtijd vergelijking serie 3000, Ed - Nm.

IC	3000	RailSys	Donna 2014	verschil	Donna	Trento	OT	Kaal	verschil
			IRM		ICM	IRM	ICM	IRM/ICM	
	Ed								
	Wf	4,8	4,7	0,1	4,7	4,5	4,9	4,6	0,2
	Otb	1,4		1,4¹	-	-	1,4	1,4	0,0
	Ah	3,1	4,4	-1,3¹	4,5	4,2	3,2	3,0	0,1
	Ahz	3,8	3,7	0,1	3,7	-	3,8	3,7	0,1
	Est	1,9	1,8	0,1	1,9	5,5	1,9	1,8	0,1
	Esta	0,4	0,4	0,0	0,4	0,5	0,4	0,5	-0,1
	Rsa	0,6	0,8	-0,3	0,8	-	-	0,7	-0,2
	Nml	1,7	1,5	0,2	1,5	2,2	2,2	1,5	0,2
	Nm	2,4	2,2	0,2	2,2	2,7	2,5	2,4	0,0

Tabel C.4: Rijtijd vergelijking serie 3000, Nm - Ed.

IC	3000	RailSys	Donna 2014	Verschil	Donna	Trento	OT	Kaal	Verschil
		IRM			IRM				
	Nm								
	Nml	2,2	2,2	0,0	2,2	2,3	2,2	2,3	-0,1
	Rsa	1,9	1,6	0,3	1,6	0,0	0,0	1,6	0,3
	Esta	0,6	0,8	-0,3	0,5	2,3	2,4	0,7	-0,2
	Est	0,4	0,7	-0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	-0,1
	Ahz	1,9	2,6	-0,7 ²	3,2	0,0	1,9	2,0	-0,1
	Ah	4,4	4,4	0,0	4,4	6,3	4,4	4,4	0,0
	Otb	3,1	-	3,1 ¹	-	-	3,1	3,0	0,1
	Wf	1,5	4,4	-2,9 ¹	3,4	4,4	1,5	1,5	0,0
	Ed	4,5	4,3	0,2	4,3	4,5	4,5	4,5	0,0

Tabel C.5: Rijtijd vergelijking serie 3600, Dr - O.

IC	3600	RailSys	Donna 2014	Verschil	Donna	Trento	OT	Kaal	Verschil
		IRM			IRM	ICM	ICM/IRM		
	Dr								
	Rh	3,6	3,9	-0,3	3,8	-	3,6	3,6	0,0
	Vp	1,8	1,8	0,0	1,8	-	1,8	1,8	0,0
	Ahpr	1,7	1,7	0,0	1,7	7,2	1,8	1,8	-0,1
	Va	1,1	1,2	-0,1	1,2	1,1	1,0	-	1,1
	Ahp	0,5	0,3	0,2	0,4	0,4	0,5	1,5	-1,0
	Ah	2,0	2,0	0,0	2,0	1,9	1,9	1,9	0,1
	Ahz	4,2	4,5	-0,3	3,7	-	3,7	3,7	0,5 ³
	Est	3,4	3,5	-0,1	1,8	5,5	1,9	1,8	1,6 ³
	Esta	0,9	1,4	-0,5	0,4	0,5	0,4	-	0,9 ¹
	Rsa	0,8	0,9	-0,1	0,8	-	-	1,2	-0,4 ¹
	Nml	2,5	2,1	0,4	1,5	2,2	2,2	1,5	1,0 ³
	Nm	2,1	3,7	-1,6 ²	2,2	2,8	2,5	2,4	-0,3
	Wc	7,1	6,8	0,3	6,1	-	6,1	7,0	0,0
	Rvs	3,3	2,8	0,5	3,4	9,3	3,3	3,4	-0,1
	O	4,5	4,9	-0,4 ⁴ <i>a</i>	3,9	4,7	5,0	3,8	0,7 ⁴ <i>a</i>

Tabel C.6: Rijtijd vergelijking serie 3600, O - Dr.

IC	3600	RailSys	Donna 2014	Verschil	OT	Donna	Trento	Kaal	Verschil
			IRM		ICM	ICM	IRM	ICM/IRM	
	O								
	Rvs	4,7	5,2	-0,5²	4,5	4,1	4,6	4,6	0,1
	Wc	3,3	3,2	0,1	3,3	3,3	1,4	3,3	0,0
	Nm	6,3	6,1	0,2	6,2	6,0	8,1	6,2	0,1
	Nml	2,6	3,1	-0,5²	2,5	2,5	2,4	2,5	0,1
	Rsa	2,5	2,5	0,0	-	1,6	-	1,6	0,7^{2 1}
	Esta	0,6	0,8	-0,2	2,3	0,8	2,3	-	-0,6¹
	Est	1,1	1,0	0,1	0,4	0,1	0,5	1,2	0,1
	Ahz	3,4	3,6	-0,2	1,9	3,1	-	2,0	1,4¹
	Ah	4,9	4,9	0,0	-	2,1	-	2,2	2,7²
	Ahp	1,5	1,9	-0,5²	1,5	1,7	1,7	1,7	-0,2
	Va	0,6	0,4	0,2	0,5	0,4	0,4	-	0,6¹
	Ahpr	1,2	1,1	0,0	1,1	1,1	1,1	1,5	-0,3¹
	Vp	1,6	1,7	-0,1	-	1,7	-	1,7	-0,1
	Rh	1,9	1,8	0,1	-	1,8	-	1,8	0,1
	Dr	4,0	3,5	0,5^{4 b}	7,1	3,5	7,1	3,6	0,4

Tabel C.7: Rijtijd vergelijking serie 4400, O - Nm.

SPR	4400	RailSys	Donna 2014	Verschil	Donna	Trento	OT	Kaal	Verschil	
		DD-AR			SGM					
	O									
	Rvs	5,2	5,5	-0,3	5,0	2,7	4,8	5,2	0,0	
	Wc	4,5	4,5	0,0	4,3	4,8	3,4	4,6	-0,1	
	Nmd	3,4	3,4	0,0	3,2	3,8	3,5	3,4	0,0	
	Nm	4,8	4,4	0,4 ^{4 c}	4,8	5,3	5,5	5,8	-1,1 ^{4 c}	

Tabel C.8: Rijtijd vergelijking serie 4400, Nm - O.

SPR	4400	RailSys	Donna 2014	Verschil	Donna	Trento	OT	Kaal	Verschil
		DD-AR			SGM				
	Nm								
	Nmd	4,6	4,0	0,6 ⁴ <i>d</i>	3,5	3,2	5,0	5,1	-0,6 ⁴ <i>d</i>
	Wc	3,3	3,4	-0,1	3,0	6,0	3,6	3,3	0,0
	Rvs	4,5	4,5	0,0	4,3	4,4	4,6	4,4	0,1
	O	5,1	5,6	-0,6 ⁴ <i>d</i>	5,6	5,5	5,9	5,5	-0,5 ⁴ <i>d</i>

Tabel C.9: Rijtijd vergelijking serie 7500, Ed - Ah.

SPR	7500	RailSys	Donna 2014	Verschil	Donna	Trento	OT	Kaal	Verschil	
		SGM			SGM					
	Ed									
	Wf	6,1	6,4	-0,3	6,4	6,1	5,8	6,1	0,0	
	Otb	2,7	2,6	0,1	2,6	0,0	2,8	2,7	0,0	
	Ah	3,7	3,9	-0,2	3,8	7,0	3,7	3,7	0,0	

Tabel C.10: Rijtijd vergelijking serie 7500, Ah - Ed.

SPR	7500	RailSys	Donna 2014	Verschil	Donna	Trento	OT	Kaal	Verschil	
		SGM			SGM					
	Ah									
	Otb	3,6	3,0	0,6 ⁴ <i>b</i>	3,0	0,0	3,2	3,1	0,5 ⁴ <i>b</i>	
	Wf	3,3	3,4	-0,1	3,4	7,2	3,5	3,4	-0,1	
	Ed	6,4	6,2	0,2	6,2	6,0	6,7	6,1	0,3	

Tabel C.11: Rijtijd vergelijking serie 7600, Nm - Dr.

SPR	7600	RailSys	Donna 2014	Verschil	Donna	Trento	OT	Kaal	Verschil
		SGM			SGM				
	Nm								
	Nml	3,0	2,2	0,8 ²	-	-	-	2,7	0,3
	Rsa	2,3	2,2	0,1	-	-	-	2,2	0,1
	Est	1,7	1,7	0,0	1,3	1,1	1,3	1,9	-0,2
	Ahz	3,1	3,2	-0,1	3,2	-	3,2	3,2	-0,1
	Ah	4,5	4,4	0,0	4,5	8,3	4,7	4,7	-0,3
	Ahp	1,8	1,7	0,1	1,7	2,0	1,9	1,8	0,0
	Ahpr	2,4	2,3	0,1	2,3	2,2	2,4	2,3	0,1
	Vp	2,4	2,6	-0,2	2,6	0,0	2,8	2,8	-0,4
	Rh	3,0	2,8	0,2	2,8	0,0	3,1	3,0	0,0
	Dr	4,6	4,2	0,4	4,2	11,4	4,2	4,2	0,4

Tabel C.12: Rijtijd vergelijking serie 7600, Dr - Nm.

SPR	7600	RailSys	Donna 2014	Verschil	Donna	Trento	OT	Kaal	Verschil	
		SGM			SGM					
	Dr									
	Rh	4,2	4,1	0,1	4,1	-	4,3	4,3	-0,1	
	Vp	2,8	2,8	0,0	2,8	-	3,0	3,0	-0,2	
	Ahpr	2,5	2,4	0,1	2,4	11,4	2,6	2,6	-0,1	
	Ahp	2,0	2,1	-0,1	2,1	2,0	2,2	2,1	-0,1	
	Ah	2,2	2,2	0,0	2,2	2,1	2,1	2,1	0,1	
	Ahz	4,1	4,0	0,1	4,0	-	4,3	4,2	-0,1	
	Est	3,1	3,0	0,1	3,1	8,0	3,2	3,1	0,0	
	Rsa	1,3	1,8	-0,5 ⁴ <i>ge</i>	1,8	-	-	2,0	-0,7 ⁴ <i>e</i>	
	Nml	2,6	2,1	0,5 ⁴ <i>e</i>	2,1	3,1	3,2	2,1	0,5 ⁴ <i>e</i>	
	Nm	3,6	3,2	0,4	3,2	3,2	3,7	3,2	0,4	

Tabel C.13: Rijtijd vergelijking serie 31100, Tl - Ah

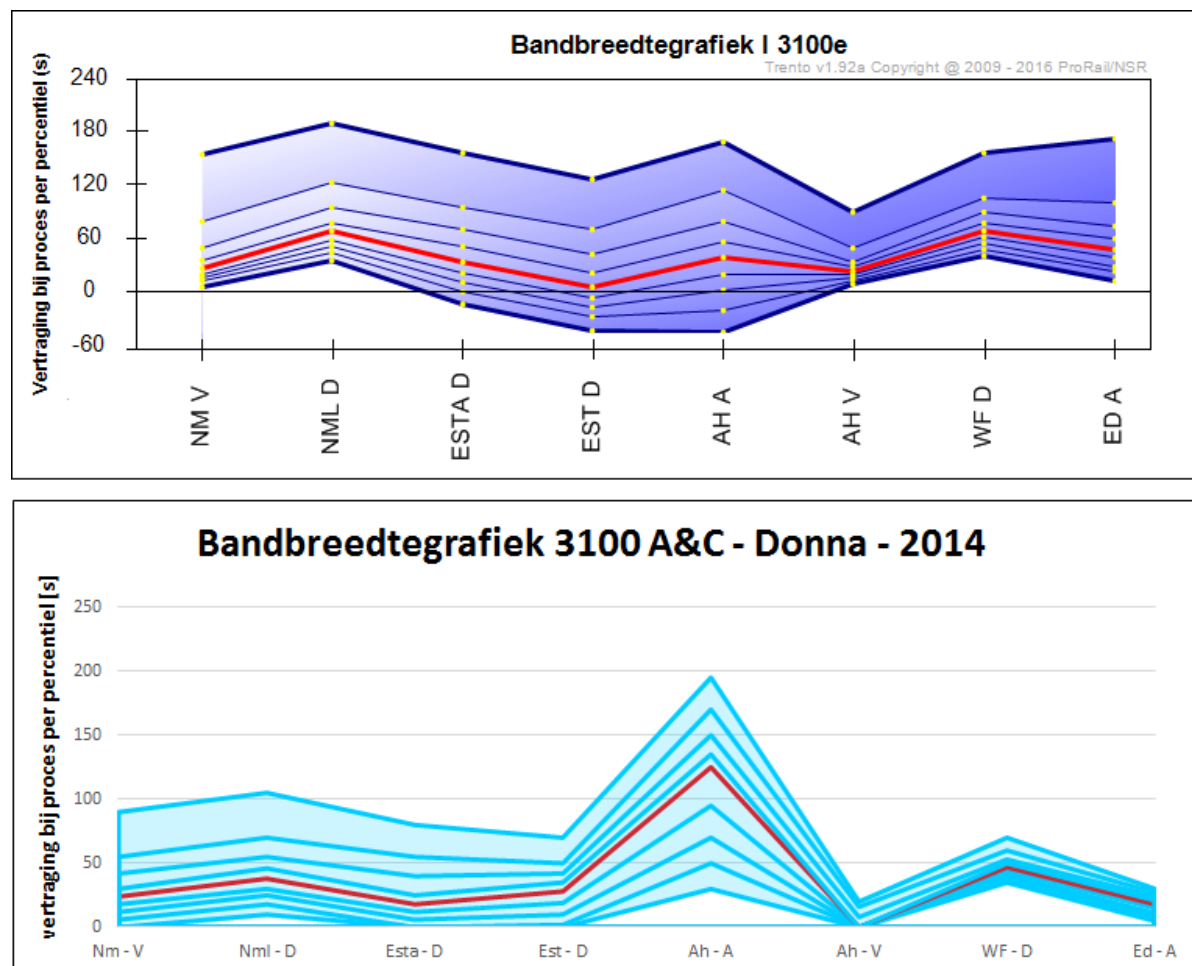
SPR	31100	RailSys	Donna 2014	Verschil	TRENTO	Verschil
		GTW			GTW	
	Tl					
	Ktr	8,1	8,0	-0,1	8,4	-0,3
	Op	3,1	3,0	-0,1		
	Hmn	2,3	2,2	-0,1		
	Za	2,8	2,8	0,0		
	Esta	7,1	7,4	0,3	17,8	-2.5 ⁴ f
	Est	1,7	1,4	-0,3	1,5	0,2
	Ahz	2,4	2,6	0,2		
	Ahb	2,4	2,6	0,2		
	Ah	1,5	1,2	-0,3	6,4	-0.1

Tabel C.14: Rijtijd vergelijking serie 31100, Ah - Tl

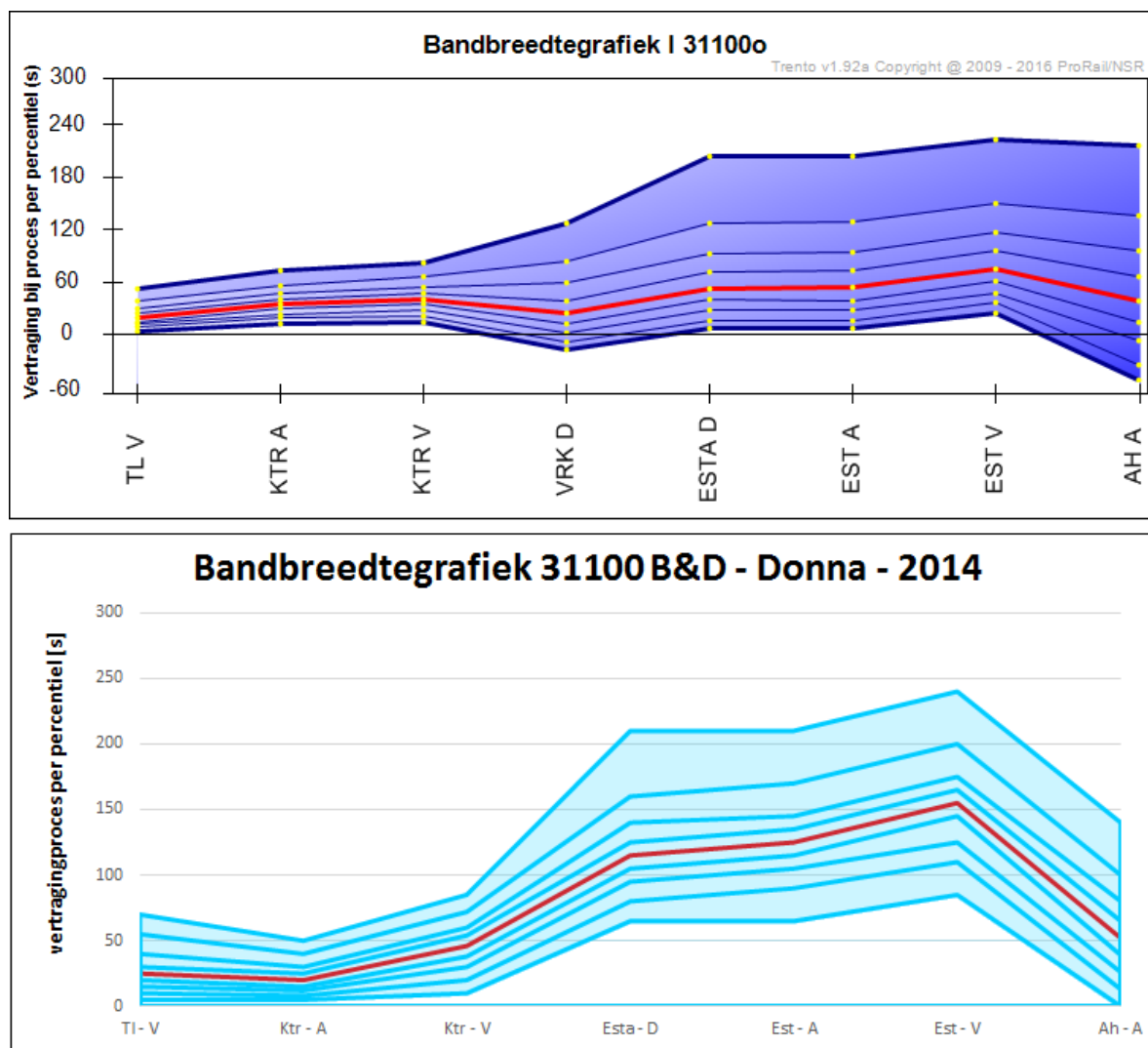
SPR	31100	RailSys	Donna 2014	Verschil	TRENTO	Verschil
		GTW			GTW	
	Ah					
	Ahb	1,2	0,7	0,5	0,0	
	Ahz	2,5	4,0	-1,5 ²	0,0	
	Est	2,6	2,4	0,2	6,3	-0,1
	Esta	1,1	1,3	-0,2	1,2	-0,1
	Za	7,1	6,9	0,2		
	Hmn	2,9	2,9	0,0		
	Op	2,4	2,4	0,0		
	Ktr	3,0	3,0	0,0	17,4	-2,0 ⁴ <i>f</i>
	Tl	8,7	8,6	0,1	8,4	0,3

C.7. Simulatie 2014 dienstregeling

In deze paragraaf zijn in Figuur C.7 en C.8 de bandbreedtes van de series 3100 A&C en 31100 B&D. Dit is een aanvulling op de bandbreedtes in Paragraaf 6.2.5.



Figuur C.7: Vergelijking van de bandbreedtes van de realisatie met de simulatie (n=472) van serie 3100 A&C.



Figuur C.8: Vergelijking van de bandbreedtes van de realisatie met de simulatie (n=472) van serie 31100 B&D.

C.8. Verbeteren

In stap 6 van de casestudie (zie Paragraaf 6.2.6) is de 2014 dienstregeling verbeterd met de mogelijkheden van RailSys. Daarvoor zijn er in stap 6 een aantal ontwerpvoorwaarden opgesteld. Om een conflict vrije dienstregeling te krijgen konden deze niet overal allemaal gevolgd worden. Op vier van deze ontwerpvoorwaarden is afgeweken. Dat zijn:

1. Evenwijdige aanpassing van het treinpad, 4 treinseries;
2. Kortere of langere aanwezigheid in het gebied, 8 treinseries;
3. Snelheidsadvies, 7 treinseries; en,
4. Haltering vertrek op tienden, 4 series/12 halteringen.

In Tabel C.15 is te zien welke serie op welke ontwerpvoorwaarde is afgeweken.

Tabel C.15: Grote aanpassingen in de verbeterde dienstregeling per serie.

		Categorie				Toelichting
		1	2	3	4	
3000	A&C	x				1 min later vertrek uit Nm
		x				1 min later aankomen in Ed
				x		Snelheidsadvies tot Esta van 65 km/h
	B&D	x				1 min later vertrek uit Ed
		x				1 min later aankomen in Nm
				x		Snelheidsadvies van Ah naar Ahb van 30 km/h
				x		Snelheidsadvies van Esta naar Nml van 70 km/h
3100	A&C			x		Snelheidsadvies van Nm naar Ahz van 75 km/h
	B&D		x			1 min later aankomen in Nm
				x		Snelheidsadvies van Ahz tot Nm van 90 km/h
3600	A&C			x		Snelheidsadvies van Rvs naar Nm van 100 km/h
	B&D				x	4 haltingen vertrek op :10 of :20
4400	A&C		x			1,5 min later aankomen in Nm
						2 haltingen vertrek op :30
	B&D					-
7500	A&C		x			1 min later aankomen in Ed
	B&D					-
7600	A&C	x				2 min later vertrek uit Dr
		x				2 min en 10s later aankomen in Nm
					x	laatste 2 haltingen :35 en :10
				x		Snelheidsadvies van Ahz naar Est van 70 km/h
	B&D		x		x	25s eerder vertrek uit Nm
					x	5 stations op :10, :20 of :30
30700	A&C	x				1 min later vertrek uit Zv
		x				1 min later aankomen in Ah
	B&D		x			30s later aankomen in Zv
30900	A&C		x			1 min later aankomen op Ah
	B&D					-
31100	A&C		x			1 min later vertrek uit Ah
	B&D		x			1 min later vertrek uit Tl
			x			1 min eerder aan in Ah

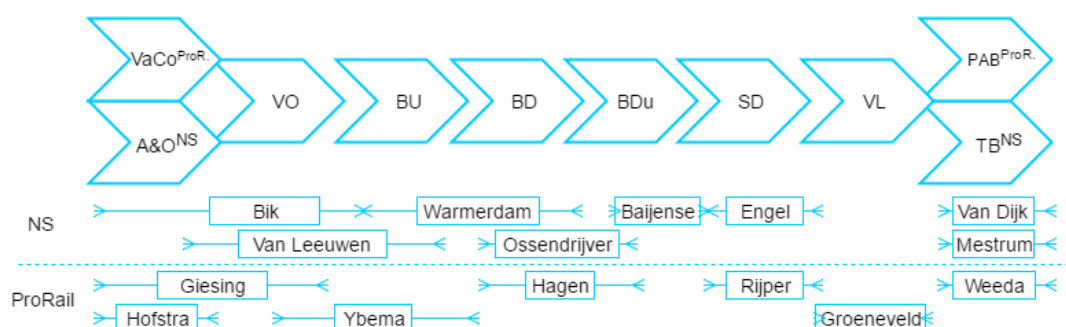
D

Samenvattingen interviews

In deze bijlage zijn de samenvattingen van de gehouden interviews terug te vinden. Deze samenvattingen zijn beoordeeld en goedgekeurd door de respondenten. In Tabel D.1 is de lijst met interviews terug te vinden, het nummer staat voor de bijlage waar de samenvatting van het interview gevonden kan worden. Op pagina 138 is de vragenlijst terug te vinden.

Tabel D.1: Lijst met geïnterviewden.

Nr.	Respondent	Functie	Organisatie	Pagina
D.1	Paul Bik	Expertplanner VO	NS	110
D.2	Tim van Leeuwen	Commercie	NS	112
D.3	Hanneke Warmerdam	Expertplanner BU	NS	114
D.4	Hans Ossendrijver	Expertplanner BD	NS	116
D.5	Wim Baijense	Klantvertegenwoordiger OSC	NS	118
D.6	Jasper Engel	Seniorplanner SD	NS	120
D.7	Daan Mestrum	Business Analyst Kenniscentrum	NS	122
D.8	Wilmet van Dijk	Senior Business Consultant	NS	124
D.9	Stefan Giesing	Vakspecialist	ProRail	126
D.10	Roelof Ybema	Programmamanager BU	ProRail	127
D.11	Hans Hagen	Medewerker Capaciteitsverdeling	ProRail	129
D.12	Milan Rijper	Planner SD	ProRail	131
D.13	Ron Groeneveld	Decentrale Verkeersleider Amsterdam	ProRail	133
D.14	Vincent Weeda	Analist Prestatie Analyse Bureau	ProRail	134
D.15	Klaas Hofstra	Senior adviseur infra ontwikkeling	ProRail	137



Figuur D.1: Positie van Respondenten in het dienstregelingsontwerp proces.

D.1. Interview Paul Bik

Respondent: Paul Bik
 Functie: Expertplanner VO
 Bedrijf: NS
 Interviewer: Tjerk Planting
 Datum interview: 30 mei 2016

Paul is expertplanner in de A&O (Advies & Ontwikkeling) fase. Samen met drie collega's werkt hij bij NS aan vraagstukken voor de dienstregeling voor X-2 en verder vooruit. Daarnaast ondersteunt Paul soms ook in de Voor Ontwerp fase en bij specifieke vragen in de basisuur fase. Vaak zijn de vragen in de basisuur fase een uitvloeisel van projecten waar Paul bij betrokken is geweest in de A&O of VO fase.

De onderzoeken die Paul doet zijn vraag gestuurd vanuit de treindienst ontwikkeling (TDO, onderdeel van Commercie). Deze verzoeken kunnen erg specifiek zijn; *is een toename in frequentie op een bepaald traject mogelijk?, welk materieel kan hier ingezet worden? en kan een Intercity op station x een extra stop maken?*. De vragen kunnen ook erg breed en vaag zijn waarbij het belangrijk is om tussen de regels door te lezen. Diegene die het verzoek doet weet meestal dat de vraag vaag is en gaat met Paul in gesprek om te kijken wat er mogelijk is. Hierdoor kan Paul ook makkelijk om extra informatie vragen als hij dit nodig heeft. Aan het einde van het project is er terugkoppeling naar Paul of het resultaat een antwoord was op de vraag.

Paul gebruikt als criteria bij het toetsen van het resultaat van studies met name de plannormen uit de Netverklaring en de 5% spelingsnorm. Een wens van Paul is dat de locatiespecifieke normen uit ROBERTO berekeningen via ROBERTO bulk gelijk in DONS gebruikt kunnen worden.

Dienstregeling

Paul vindt aan de huidige dienstregeling in zijn geheel erg sterk, en met name de volgende punten:

- Veel reisrelaties zijn zonder overstap mogelijk;
- Korte overstappen op grote knooppunten; en,
- De verweving van de HSL en het Hoofdrailnet, bij het nieuwe Intercity materiaal is een verhoging van de maximale snelheid van 160 naar 200 km/h, waardoor het snelheidsverschil met de hogesnelheids treinen (300 km/h) kleiner wordt.

Paul ziet een aantal bottlenecks in de huidige dienstregeling:

- Regio Schiphol: door beperkte infrastructuur;
- Den Haag Centraal - Rotterdam Centraal: door het stuk tweesporigheid tussen Delft en Schiedam. Ook wanneer de tweede tunnelbuis bij Delft in gebruik genomen zal worden zal Schiedam een bottleneck door de flessenhals blijven. Gevolg is dat treinen uitgebogen moeten worden; en,
- Inpassen van goederenpaden: twee paden per uur per rijrichting. Goederentreinen zijn vooral langzamer, er rijden al veel reizigerstreinen. In het verleden kon de goederentrein kort stilgezet worden, maar dit is ongewenst omdat een niet commerciële stop een goederen vervoerder 250 euro kost. Het lastige van goederentreinen is dat ze meerdere corridors van reizigerstreinen doorkruisen. Zo doorkruist een trein van Kijfhoek naar Onnen zes corridors, vaak moet een goederenpad uitgebogen worden bij corridor grenzen.

In de komende jaren verwacht Paul dat er met ETMET (Elke Tien Minuten Een Trein) gereden gaat worden. Dit zal uiteindelijk haalbaar zijn met de infrastructuur en nodig zijn voor de tussentijdse rapportage van de concessie in 2019. Daarnaast verwacht Paul voor de toekomst een paar uitdagingen:

- Amsterdam Centraal en Schiphol: blijft een bottleneck door de beperkte infrastructuur;
- Vught aansluiting; en,
- Geldermalsen: De verbouwing van de aansluiting zal invloed hebben op de capaciteit van de Betuwe-route.

Software

Over de Software die Paul gebruikt is hij erg tevreden. Hij gebruikt DONS en Donna, waarbij beide systemen alles kunnen wat Paul van nodig heeft. Voor DONS zijn er drie ontwikkelaars werkzaam, zo kunnen er veel aanpassingen snel doorgevoerd worden. Zo is een wens om bloktijden te gebruiken in DONS, hier wordt nu mee gestart en zal waarschijnlijk dit jaar nog beschikbaar komen. Daarnaast zal DONS ook sneller worden eind dit jaar. De software kent wel een paar beperkingen:

- Rijtijdberekening; omdat de rijtijden momenteel niet goed berekend worden is er een rijtijdenboek. Daardoor moet de rijtijden uit het rijtijdenboek handmatig ingevuld worden in lijstjes in DONS en Donna;
- Rijtijdmodule van van DONS en Donna zijn soms verschillend. Waardoor op basis van dezelfde specificaties andere rijtijden berekend worden.
- De invloed van hellingen & bogen worden niet meegenomen voor reizigerstreinen.

Methodiek

Paul denkt dat tienden voor een nauwkeuriger plan zal zorgen maar weinig extra capaciteit oplevert. DONS werkt al in tienden van minuten. Het zal vooral voordelen opleveren op locaties met veel dienstregelpunten achter elkaar. Bij Donna is het nog niet mogelijk om met tienden te werken. Ook zal er gekeken moeten worden naar de normen als er in tienden gepland gaat worden. Bij een korte stop zullen de aankomst en vertrekmomenten niet meer op dezelfde minuut vallen, waardoor bij sommige situaties de norm te hoog is. Dan mag de trein niet meer rijden zoals deze nu wel mag en gaat er dus capaciteit verloren.

In samenwerking met Paul zijn het aantal series uit Donna gehaald voor de berekening in Paragraaf 7.3. Deze series zijn terug te vinden in Tabel D.2

Tabel D.2: Aantal series per vervoerder en/of onderdeel in het dal.

Vervoerder	Onderdeel	Aantal series
NS		
	Reizigers	61
	Leeg materieel	13
	NS Internationaal	7
Regionaal		35

D.2. Interview Tim van Leeuwen

Respondent: Tim van Leeuwen
 Functie: Product Marktmanager
 Bedrijf: NS
 Interviewer: Tjerk Planting
 Datum interview: 27 juni 2016

Tim is Product Marktmanager bij Commercie van NS. Tim levert de commerciële specificaties waaraan nieuwe dienstregelingen moeten voldoen. Vanuit Commercie worden voor twee tijdsperiodes specificaties aangeleverd:

- **Tot (BU) 2017:** alle infrastructuur en materieel staat vast, er kan hooguit en bij uitzondering een perron verlengd worden; en,
- **Tot 2025 - Referentie/MLT (Midden Lange Termijn) ontwerp:** infrastructuur is een stuk flexibeler, wissels kunnen nog aangepast worden, maar er kunnen geen flyovers gebouwd worden.

Commerciële specificaties voor 2025 en verder vooruit worden vastgesteld door de afdeling strategie.

Voor het vaststellen van de specificaties werkt Tim vanuit een ideaal markt perspectief, wat haalbaar is gegeven de infrastructuur. Bij het vaststellen van de specificaties zijn drie onderwerpen waar Tim specificaties voor vaststelt:

- Lijnvoering (route & begin- en eindpunt van lijnen);
- Frequenties (2/2, 4/4 of 6/6); en,
- Stopregime (aanpassingen van stops op standaard IC/SPR stations).

Deze gegevens in het logistieke plan zijn nooit zwart-wit, want hierin komen ook kwalitatieve dilemma's naar voren die Tim moet beoordelen. Zo kan het ook voorkomen dat het vanuit commercieel oogpunt niet nodig is om een IC een extra stop te laten maken, maar is deze ruimte er wel door andere beperkingen. Dan wordt er voor gekozen om deze extra stop te maken.

Tim baseert zijn informatie op basis van drie gegevens:

- **Matrices met historische data & elasticiteiten:** Op basis van het aanpassen van verschillende parameters kunnen door de bekende elasticiteiten de effecten van keuzes worden gezien. Dit zijn keuzes over bijvoorbeeld snelheden en frequenties;
- **Lijnvoeringsmodel:** Op basis van het lijnvoeringsmodel kan vastgesteld worden wat, volgens de modellen, de ideale lijnvoering is; en,
- **Beleids effecten op reizigers:** er zijn twee beleidsgebieden wat invloed heeft op het aantal reizigers:
 - De wereld verandert: dit kan zijn door politieke keuzes of door oplevering van andere (infrastructuur) projecten zoals de Noord-Zuid lijn of de ZIGGO Dome.
 - Het product verandert: door keuzes over lijnvoering, kan de reizigersvraag veranderen.

Voor deze informatie zal altijd onzekerheid gelden. Zoals Tim zei: "het blijft waarzeggerij". Na een verandering in het product duurt het ongeveer vijf jaar voordat een evenwicht in reizigersaantallen is bereikt.

Tim levert zijn informatie aan planners. Dit gaat veel in samenwerking, waarbij hij in het begin van het proces veel ontwerpwerk heeft en een planner hem ondersteunt. Richting het BU neemt de planner het over en blijft Tim in een adviserende rol betrokken. Als criteria voor zijn output gebruikt Tim dat de snelheid in de dienstregeling zo hoog mogelijk moet liggen. Hiervoor gebruikt hij twee vuistregels: maximaal één minuut uitbuigen en maximaal één minuut afwijken van de cadans (14/16 i.p.v. 15/15).

Dienstregeling

Tim vindt dat er steeds minder vrije ruimte op de infrastructuur beschikbaar is, in de toekomst zal dit nog duidelijker zichtbaar zijn. Vooral bij buitendienststellingen is het effect groter en kan het product een stuk minder goed blijven rijden. Een keuze die nu gemaakt wordt is om voor 15 dagen per jaar de gehele dienstregeling uit te dunnen en 350 dagen een zo uitgebreid mogelijke dienstregeling te rijden.

Sterke punten aan de dienstregeling zijn volgens Tim:

- Strakke cadans met hoge frequenties;
- Een goed product met vrij weinig infrastructuur; en,
- Treindienst met drie verschillende trein typen (IC, SPR en internationaal) wat gebruik maakt van dezelfde infrastructuur.

Volgens Tim zijn er vrij weinig infrastructurele problemen tijdens het ontwerp van de dienstregeling: in het proces wordt ervoor gezorgd dat met de lastige locaties begonnen wordt. Dit was altijd Schiphol, maar deze regio gaat een stuk beter. Nu is dit Zwolle, omdat hier veel treinen op een beperkt aantal sporen binnenkomen. Daarnaast zorgen bepaalde specificaties dat er soms weinig bewegingsvrijheid is. Zo is het treinpad van de IC Enschede - Den Haag Centraal vooraf al vastgelegd door de overstap mogelijkheden op vijf punten met regionale lijnen. Als deze er niet zouden zijn, zou de trein 10 minuten sneller kunnen rijden. Als concrete zwaktes aan het spoornetwerk noemt Tim:

- Burg bij Ravenstein: een enkelsporige brug, hierdoor is er erg weinig capaciteit;
- Vught aansluiting: door de gelijkvloerse kruising veel interactie tussen treinen; en,
- Amsterdam Centraal - Sloterdijk: is vrij krap wat betreft infrastructuur.

Methode & Software

Tim werkt veel met pen en papier uit. Een nadeel hiervan is dat verschillende versies en varianten minder makkelijk opgeslagen/bewaard kunnen worden. Daarnaast zijn er veel programma's die plannen, maar weinig programma's die kunnen ontwerpen. Zo mist Tim de functie dat een trein makkelijk ingelegd kan worden, ook als deze in conflict zou liggen: dit zou rood aangegeven kunnen worden in plaats van dat er error ontstaat of dat het niet mogelijk is. Er moet niet in conflict gepland worden, maar dit zou in de ontwerpfase wel een mogelijkheid moeten zijn. Daarnaast mist Tim dat er niet op macro-macro schaal schetsen doorgerekend worden. DONS is al vrij gedetailleerd en heeft al veel details nodig, ook details die voor schetsen doorrekenen niet nodig zijn. Deze beperking aan DONS maakt het lastig om verschillende globale varianten met elkaar te kunnen vergelijken.

D.3. Interview Hanneke Warmerdam

Respondent: Hanneke Warmerdam
 Functie: Expertplanner BU
 Bedrijf: NS
 Interviewer: Tjerk Planting
 Datum interview: 31 mei 2016

Hanneke Warmerdam is expertplanner op de afdeling Nieuwbouw Productie. Momenteel is ze vanuit NS de enige planner die bezig is met voorstudies in het Voor Ontwerp voor het Basis Uurpatroon 2018 (BU2018). Vanaf september gaat de BU fase in en mogelijk krijgt Hanneke dan ondersteuning van één collega. Het voordeel dat Hanneke de enige NS planner is, is dat ze op de hoogte is van alle afspraken die in het BU2018 traject gemaakt worden. Drie tot vier keer per week is er een ontwerpatelier waarin de voortgang besproken wordt. Binnen een ontwerpatelier komen 6-10 mensen personen bijeen die allemaal een partij en/of bedrijf vertegenwoordigen. Het voordeel van de ontwerpatelier is dat bij de capaciteitsaanvraag minder verrassingen uit de hoge hoed komen omdat deze van te voren al besproken zijn. De capaciteitsaanvraag gebeurt in de BD fase. Dit gebeurt niet in de BU fase omdat er teveel afwijkende treinen/patronen in het basisuurpatroon zitten (bijvoorbeeld ICE, rijdt eens per twee uur, of sommige goederenpaden, die soms eens per dag rijden). Sinds drie jaar is het de gewoonte dat de planner van het VO via BU doorgaat in de BD en vaak ook BDu.

Voor het VO krijgt Hanneke informatie vanuit A&O en Commercie. In 2017 is de dienstregeling opnieuw ontworpen en niet een aanpassing op voorgaande jaren. Daarom zijn hier al concepten vanuit A&O geleverd, voor BU2018 is vanuit A&O alleen de materieellijst geleverd. Op de materieellijst staat welke treinserie door welk materieeltype gereden wordt, deze materieellijst was niet geheel kloppend. Daarnaast wordt de informatie uit de Netverklaring als input gebruikt. Hierin staan randvoorwaarden waaraan de dienstregeling moet voldoen (normen, maar ook locatie specifieke regels/normen rond bijvoorbeeld tunnels). Doordat er veel in ateliers met andere vervoerders wordt gewerkt en veel overleggen zijn binnen NS over het BU is de informatie die Hanneke in VO en BU fase nodig heeft makkelijk verkrijgbaar.

Het BU moet voldoen aan de specificaties die door Commercie zijn aangeleverd en de normen & randvoorwaarden die ProRail aanlevert. Deze neemt Hanneke gaande weg mee, waardoor ze aan het einde geen eigen check uitvoert. Aan het einde van een VO, BU en BD fase is er een toetsteam die de dienstregeling test. Dit doen zij onder andere op klantwaarde, kosten en uitvoerbaarheid. Hier komt voldoende terugkoppeling op, waarbij Hanneke weet wat ze nog kan/moet verbeteren. Voor het ETMET 2018 kreeg ze onder andere als terugkoppeling over transfers (treinen die kort achter elkaar aankwamen op het zelfde perron wat teveel reizigers op het perron op zou leveren).

Dienstregeling

Aan sterke punten voor de huidige dienstregeling noemt Hanneke;

- Dat er ondanks de werkzaamheden nog redelijk hoge punctualiteit gehaald worden; en,
- De gelijktijdige aankomsten van drie treinen in Zwolle in verband met de transfers daar.

Zwakke punten aan de huidige dienstregeling vindt Hanneke:

- BU2016 niet opnieuw begonnen maar een aanvulling op voorgaande dienstregelingen;
- goederen worden omgeleid over de Brabant route, door werkzaamheden op de Betuweroute. Dit levert een erg vol baanvak met weinig restructuur op;
- Enkel spoor tussen Nijmegen en Den Bosch, het is een lang baanvak met een enkelsporige brug; en,
- De stations: Schiphol, Zwolle (wordt al opgepakt, oa met de gelijktijdigheid) en Nijmegen (veel kruisende bewegingen waardoor bij één minuut te laat vertrekken van een goederentrein een domino effect ontstaat).

Sterke punten aan de komende dienstregelingen:

- Het BU2017 is opnieuw ontworpen en niet als vervolg op voorgaande dienstregelingen.
- Het BU2017 is ontworpen met gerealiseerde rijtijden ipv de foutieve tijden uit Donna.
- Trajecten waar van vier naar twee sporen wordt gegaan liggen er vrij goed in (Duivendrecht - Amsterdam Centraal en bij Delft); en,
- De mogelijke vijfde en zesde sprinter naar Houten vanaf Utrecht bij voorstudies voor 2018. Deze ligt er erg mooi in en gaat veel rangeerbewegingen schelen.

Na 2017 verwacht Hanneke weinig bottlenecks. Veel infrastructuurprojecten lopen al en zijn in de afrondende fase. Wel is het nog niet zeker of het Programma Hoog Frequent spoor kan gaan rijden door de verbouwingen die in Amsterdam Centraal en Vught Aansluiting gepland staan. Hier wordt volgende maand een besluit over genomen.

Methodiek

Hanneke vindt het erg jammer er nog steeds niet in tienden wordt gepland. Aan het einde van het gebruik van VPT werd hier net tegen aangelopen en het is jammer dat dit niet gelijk in Donna is ingebouwd. Hierdoor is het mogelijk als er een tijd van 1,6 minuut tussen twee treinen zit, dat dit (creatief) afronden een verschil van drie minuten wordt waardoor je in Donna aan de norm voldoet en er geen conflict gesignaleerd wordt. Terwijl dit in werkelijkheid te dicht op elkaar ligt.

Software

Hanneke gebruikt zelf vooral Donna en ze raadpleegt ROBERTO berekeningen. Een tekortkoming is dat de rijtijden niet kloppen en dat er niet in tienden wordt gepland. In de voorontwerp fase is de nieuwe infrastructuur nog niet ingevoerd in Donna wat onhandig is en extra tijd kost. Verder mist Hanneke een speelfunctie om bij voorontwerpen snel een aantal mogelijkheden te bekijken in plaats van de treinen al in te leggen en op te slaan. Ondanks dat de conflictsignalering niet altijd goed werkt en een planner door creatief af te ronden deze normen kan omzeilen is het wel erg handig. Hanneke gebruikt dit als check richting het einde of de treinen er goed inliggen. Een valkuil is om de conflictsignalering gelijk te gebruiken, en dan ben je als planner *rode streepje aan wegwerken* in plaats van een zo goed mogelijke planning te maken. Hanneke mist in Donna de treinspecificaties van de nieuwe spinter FLIRT, deze staat nog niet in Donna.

D.4. Interview Hans Ossendrijver

Respondent: Hans Ossendrijver
Functie: Expertplanner BD
Bedrijf: NS
Interviewer: Tjerk Planting
Datum interview: 1 juni 2016

Hans Ossendrijver is net als Hanneke Warmerdam expertplanner op de afdeling Nieuwbouw Productie. Momenteel is Hans bezig met het plannen van het BDu 2016 met het wijzigingsblad van september. Voor de dienstregeling van 2016 heeft Hans ook het BU en BD ontworpen. Het BD wordt door 4-6 personen gepland, het BDu wordt gedaan door twee planners. Naast de planners bij BD en BDu zijn er ook knooppuntplanners en lokale planners actief.

De BD start in de 2e week van februari en loopt tot april. Dan moet het BD af zijn en wordt de capaciteitsaanvraag bij ProRail gedaan. Eind augustus krijgt Nieuwbouw van ProRail te horen welke capaciteit door ProRail is toegekend en welke niet. Dit is volgens Hans vrij laat: als dit eind juni zou zijn, is er meer tijd om de wijzigingen beter te verwerken. Vanaf 2017 hoeft voor de capaciteitsaanvraag het ledig materieel nog niet aangevraagd worden, dit hoeft pas in juli. Hierdoor is meer tijd voor de beladen treinen in de BD fase.

De informatie voor het BD komt van het BU met aanvullende specificaties vanuit Commercie en van ProRail het Donna bestand met de goederenpaden (die in de BU fase zijn afgesproken) en de onderhoudsroosters levert ProRail. Deze onderhoudsroosters kunnen in overleg in de capaciteitsverdelingsperiode van april t/m juni aangepast worden. Dit gebeurt door ad-rem dossiers in de zogenoemde ad-hoc fase. De specificaties vanuit Commercie zijn niet altijd foutloos, ook gedurende het proces komen nog nieuwe specificaties bij. Dit gebeurt vaak wanneer een nieuwe lijnvoering ingaat. Dit kan lastig zijn, waarbij het makkelijker is als Hans dit in de programatie fase (zo vroeg mogelijk) weet. Maar de BD fase blijft een continu proces waarbij nieuwe eisen naar voren komen, over het algemeen is het goed oplosbaar. De capaciteitsaanvraag in het BD krijgt Nieuwbouw terug als nieuw concept BDu (in augustus) als basis voor de nieuwe dienstregeling die in december ingaat.

In een BDu worden grote bouwstappen zoals Utrecht Centraal meegenomen en zijn er kleine wijzigingen om de dienstregeling fijn te slijpen. Voor één BDu is ongeveer 6-8 weken de tijd. Voor het BDu komt de informatie van voorgaande BD of BDu, en nieuwe specificaties, als deze een groot deel of de gehele BDu periode van kracht zijn, van commercie en van ProRail (onder andere de verkeersleiding). Het definitieve BDu gaat naar de afdeling Dagplan om de specifieke dagen te plannen. Er zijn naast de indienstreding vijf momenten dat er een nieuw wijzigingsblad wordt ingevoerd:

- December (ingaan dienstregeling);
- Februari;
- April;
- Juni;
- September; en,
- Oktober.

Het BU mag in principe conflicten met externe partijen hebben, maar met eigen treinen moet de aanvraag conflictvrij zijn. Met andere vervoerders kan in overleg van te voren al aanpassingen gedaan worden. De BD moet geheel conflictvrij zijn. Vanuit Dagplan is er weinig terugkoppeling. Sinds kort is er een piepsysteem RAILS, hierin kunnen opmerkingen vanuit het Dagplan worden gezet. Er zijn alleen nog geen structurele formele momenten gepland voor terugkoppeling. Er is al wel informele terugkoppeling omdat de afdelingen Nieuwbouw en Dagplan op dezelfde verdieping zitten.

Aan het einde wordt het BD en BDu wordt door processtafels getoetst op de kwaliteit. Er zijn vijf processtafels, elke processtafel toetst een specifiek onderwerp: *halteren, rijden, corrigeren, onderhouden of verblijven*. Hans zelf toetst niet aan het einde, hij neemt alle eisen van de input en de eisen in het ijk document (catalogi) van de processtafels tijdens het plannen mee. Deze processtafels zijn net opgestart en het is nog niet duidelijk hoe goed dit werkt en of er nog verbeteringen nodig zijn.

Dienstregeling

Sterk aan de huidige dienstregeling vindt Hans dat met de structuur (corridors) een erg mooi en goed patroon (basisuurpatroon) neergelegd wordt. Wat betreft infrastructuur capaciteit mist er op de volgende baanvakken capaciteit; Utrecht Centraal - Arnhem, Utrecht Centraal - Amersfoort en Amersfoort - Amsterdam Centraal). Daarnaast mist de Hanzelijn ook capaciteit. Deze is nu dubbelspoor, maar er wordt gekeken of dit viersporig kan worden. Blijkbaar is men verrast door de grote hoeveelheid reizigers die de Hanzelijn heeft getrokken. In de toekomst komt er meer infrastructuur en materieel beschikbaar. Dan verwacht Hans dat NS/ProRail goed aan de vraag kan voldoen. Wel vindt Hans dat er vrij veel wissels worden weggehaald waardoor de bijsturing beperkt wordt.

Software & Methodiek

In de manier van plannen zijn de processen erg duidelijk. Een gevolg van de scheiding van de fases is dat er veel pieken en dalen in de werkdruk zitten. Dit komt door de fases en deels ook door de systemen die niet altijd soepel werken; waaronder de conflicten in Donna. Daarnaast is Hans niet tevreden over de normen: met de invoering van Donna zijn deze verhoogd. De normen zijn niet altijd goed zichtbaar. Als nieuwe infrastructuur beschikbaar komt gaat dit niet soepel, als infrastructuur wijzigt tussen de wijzigingsbladen in, moet bij Dagplan elke dag aangepast worden in plaats van dat dit vanuit het BD(u) gebeurt. Dit komt omdat de infrastructuur niet op het zelfde moment wordt opgeleverd als dat de wijzigingsbladen ingaan. Wat ook jammer is aan de processen is dat wanneer extra capaciteit gevraagd wordt in de ad-hoc fase, dat dit niet automatisch wordt toegewezen. Lijnen worden met één type materieel gepland, maar er zitten vrij grote verschillen tussen de rijkarakteristieken van het materieel (ook al VIRM10 of VIRM6), het zou mooi zijn als binnen een serie met apart materieel gepland kan worden.

D.5. Interview Wim Baijense

Respondent: Wim Baijense
 Functie: Klantvertegenwoordiger bij OSC
 Bedrijf: NS
 Interviewer: Tjerk Planting
 Datum interview: 28 juni 2016

Het Order Service Centre (OSC) maakt werkvoorbereidingen voor Dagplan (Specifieke Dagen). Bij het OSC zijn vier functies vertegenwoordigd: klantvertegenwoordigers, vakspecialisten, coördinerend specialisten en procesbewaking. De klantvertegenwoordigers zijn verdeeld over regio's (Noord-Oost, Randstad-Noord, Randstad-Zuid, Utrecht en Zuid) en er zijn centrale klantvertegenwoordigers (voor onder andere bijzonder- en grensoverschrijdend vervoer). De coördinerend specialisten zijn verantwoordelijk voor de plannen in één week in de uitvoering. Daarnaast houdt procesbewaking in de gaten of alle deadlines gehaald worden. De vakspecialisten geven ondersteuning, onder andere om aangepaste uurpatronen (AUPs) uit te werken en om vervoersplannen en specificaties te maken.

Het OSC krijgt het BDU van de afdeling Nieuwbouw. Het BDU wordt aangepast voor specifieke dagen met informatie over Buitendienststellingen (BTD) en Evenementen. Informatie over BTDs worden aangeleverd door ProRail. Deze BTDs worden een jaar van tevoren vastgesteld, hierin heeft OSC ook een stem; zij kunnen voorstellen van ProRail beoordelen op haalbaarheid voor de aanpassingen op de dienstregelingen. Voor 2017 zijn er veel BTDs door ProRail voorgesteld. Daarom is er veel overleg geweest en zijn NS en ProRail het niet eens geworden: dit heeft geleid tot een geschil.

Voor evenementen krijgt het OSC hun informatie van de regiomanagers van de afdeling Sales van NSR. De informatie die het OSC krijgt over BTDs en over evenementen is van voldoende kwaliteit.

Op X-25 weken wordt bij het OSC gestart met het Landelijke Afstem Overleg (LAO). In het LOA zijn alle klantvertegenwoordigers en vertegenwoordigers van Dagplan aanwezig. Het LAO is het eerste overleg moment voor een specifieke week, waarbij alle specifieke dagen voor twee weken worden doorgesproken. Binnen dit overleg wordt integraal (landelijke) gekeken naar BTD en evenementen die invloed kunnen hebben op elkaar (bijvoorbeeld binnen een treinserie die twee afwijkende situaties tegenkomt).

Op X-24 weken vindt de Aftap Plan Week (APW) plaats. Bij dit overleg zitten naast de vakspecialisten en coördinerend specialisten van NSR en ook Capaciteitsverdeling van ProRail en goederenvervoerders. Hier worden concept AUPs en concept vervoersplannen besproken met een AUP zonder conflicten als gewenst resultaat.

Op X-23 weken vindt het Verkeer Als gevolg van Beheer (VAB) plaats. Dit wordt voorgezeten voor Capaciteitsverdeling van ProRail met als doel om formeel vast te stellen wat de gemaakte afspraken zijn in het AUP.

Op X-21 weken ligt er een concept vervoerplan, AUP en een lijst van ontwerpcriteria die eerst besproken en besloten wordt in het regionale ontwerpteam en daarna beoordeeld wordt door Dagplan op uitvoerbaarheid en realiseerbaarheid. Als het antwoord positief is, dan resulteert dit automatisch in een definitief vervoersplan met extra documenten over evenementen en/of BTD wat als order gaat naar Logistiek. Het antwoord kan ook positief, mits een aantal beperkingen zijn (de zogenaamde 'ja-mits'). Deze beperkingen worden via de coördinerend specialisten opgelost al dan niet in overleg met de klantvertegenwoordiger. Dit gaat vaak over kleine wijzigingen wat in overleg met een ketenpartner opgelost kan worden. Als het grote wijzigingen zijn kan het soms voorkomen dat er terug gegaan wordt naar het ontwerpteam, maar dit komt een enkele keer voor. Als resultaat ligt er een vervoersplan met AUP gemaakt door de vakspecialist wat op X-9 definitief naar Dagplan gaat.

Van de BD worden volgens Wim 70% van de treinen nog aangepast. Veel aanpassingen zijn relatief klein, waar de reiziger weinig van merkt: andere route over een emplacement of een ander aankomst/vertrek perron.

Wim noemt tijdens het interview drie punten die als lastig bij het OSC ervaren worden:

- OSC maakt plannen die gebaseerd zijn op basis van informatie op X-25 terwijl de plannen gebruikt worden vanaf X-9 bij Dagplan. Ondertussen is veel nieuwe informatie beschikbaar gekomen. Hierdoor kunnen er verschillen zitten in de specificaties van OSC en de plannen die Dagplan aangeleverd krijgt;
- Er zijn soms opeenvolgende weken dat dezelfde buitendienststellingen voorkomen, maar waar andere oplossingen voor geleverd worden door OSC. Dit komt omdat soms meerdere buitendienststellingen gecombineerd tot een ander plantijden. De wens vanuit Dagplan is om meer gestandaardiseerde oplossingen te ontvangen vanuit OSC; en,
- Dagplan controleert de kwaliteit van de plannen van het OSC terwijl het er later zelf ook mee moet wer-

ken. Hierin is geen overleg, maar wordt er veel heen en weer gestuurd. Ook controleert degene het werk waarmee later zelf mee moet worden gewerkt; dit zorgt ervoor dat de controle niet altijd onafhankelijk gebeurt.

Bij het OSC gebruiken ze vooral de systemen Donna en VPT voor materieel. Wim merkt hier geen beperkingen aan. Wel mist Wim dat er geen software beschikbaar is voor alle wensen: er worden lijstjes uit meerder pakketten samengesteld. Dit zou eenvoudiger gaan als dit met één druk op de knop zou kunnen.

D.6. Interview Jasper Engel

Respondent: Jasper Engel
 Functie: Seniorplanner SD
 Bedrijf: NS
 Interviewer: Tjerk Planting
 Datum interview: 3 juni 2016

Jasper Engel is Seniorplanner bij de afdeling Dienstregeling bij Dagplan. Naast Dienstregeling zijn er bij Dagplan ook de afdelingen Materieel, Personeel en Knoop. Bij dienstregeling werken 3 senior planners en in totaal 40 planners. Dagplan is de productie fabriek van logistiek. Ze hebben de opdracht om voor een week de exacte dagen te plannen. Grote invloed zijn (niet periodieke) buitendienststellingen en evenementen (Koningsdag, Nijmeegse vierdaagse, voetbalwedstrijden en concerten). Doordat ze bij Dagplan van de uitvoerende werkzaamheden zijn zou Jasper weinig lastige dilemma's of keuzes tegen moeten komen. Helaas is het dagelijkse praktijk dat deze keuzes wel gemaakt moeten worden door de (senior)planners, dit doen ze dan naar het beste inzicht.

Dagplan krijgt van het Order Service Centre (OSC) en ProRail haar informatie:

- Bij grote wijzigingen een Aangepast Uur Patroon (AUP) van OSC;
- Dag specifieke specificaties van OSC;
- BDu bestand in Donna voor de specifieke dag; en,
- Buitendienststellingen van ProRail.

Het BDu bestand is gebaseerd op het BU. De afwijkingen tussen het AUP en BU worden door Dagplan doorgevoerd. Daarnaast moeten ze aanvullende specificaties van OSC meenemen, waaronder de buitendienststellingen van ProRail en extra treinen. Volgens Jasper schort er nog wel eens iets aan de informatie dat Dagplan van het OSC krijgt; gewijzigde treinen worden niet altijd genoemd in de specificatie, verschillen tussen AUP en specificatie en typefouten. Een 100% kloppende specificatie is niet te verwachten van het OSC, maar er is nog wel veel te halen. Jasper wijdt de fouten onder andere aan dat het OSC in regio's werkt. Zo kan in een specificatie een trein extra stops moeten maken terwijl deze aan de andere kant van het land opgeheven is. Ook met goederenpaden is het soms lastig. De planning van Dagplan ziet er als volgt uit:

- X-9 weken: Dagplan krijgt Donna bestand, gecheckt wordt op fouten/onduidelijkheden;
- X-8 weken: Dagplan start met SD;
- X-7 weken: AUP is conflictvrij en toegepast;
- X-6 weken: AUP en losse orders zijn conflictvrij verwerkt;
- X-4 weken: Dienstregeling (en materieel omloop) grotendeels klaar;
- X-2 weken: Knooppunten en personeel zijn klaar; en,
- x-1 week: levering van de specifieke dag aan Verkeersleiding.

De output van Dagplan, de levering van de Specifieke Dag, aan ProRail moet conflict vrij zijn. Een aantal conflicten wordt door ProRail gemonitord en de andere zijn van belang voor NS als deze niet meer in conflict liggen. Er is weinig terugkoppeling/contact met ProRail. Op X-5, X-3 en X-1 krijgt Dagplan een lijst met conflicten van ProRail die nog opgelost moeten worden, deze lijst is vooral nuttig voor de conflicten met andere vervoerders aangezien deze voor NS lastig te zien zijn. Op X-1 krijgt Dagplan de laatste lijst om 10.00 uur aangeleverd, deze moeten voor 16.00 opgelost zijn; dan gaat het bestand dicht. Als er daarna toch nog conflicten zijn, beslist ProRail welke trein het recht heeft om te rijden.

Methodiek

Jasper ziet aan de manier van werken een aantal verbeter mogelijkheden. Zo is de personeelsverdeling op de trein niet corridor gericht; hierdoor heeft een vertraagde medewerker ook invloed op andere trajecten/corridors. Verder is het saneren van wissels/perrons niet altijd goed. Op het traject Amsterdam - Utrecht zijn er alleen op de binnen sporen nog perrons voor de Sprinters. Daarnaast vindt Jasper dat er vrij veel wissels in Utrecht zijn weggehaald. Hierdoor is er minder schuif mogelijkheid in de SD fase. In de SD fase wijken ze namelijk af van het BUP, en de infra is vooral voor de BUP ontworpen. Hierdoor is er soms te weinig infra voor de SD. Daarnaast zijn de normen erg overdreven; negen van de tien normen zijn te ruim. Waarbij bij VPT een norm nog vier minuten was, is deze nu zes minuten. De aandacht dat het afronden heeft is volgens Jasper te veel. Hier kan iets minder de nadruk op liggen. Machinisten kunnen de trein niet precies op het pad rijden. Jasper vindt het een goed idee als er vooral naar de knopen gekeken wordt in de dienstregeling en dat de stukken daartussen automatisch gegenereerd worden. De treinen kunnen nooit exact op de geplande lijn rijden op deze baanvakken; dan scheelt het een hoop energie als dit niet exact gepland hoeft te worden.

Software

Bij Dagplan werken ze vooral met Donna, Donna heeft veel verbeteringen ondergaan. Op dit moment heeft Dagplan nog een lijstje met wensen voor aanpassingen. Een groot mankement is de conflict detectie; deze detecteert conflicten die er niet zijn of detecteert geen conflicten als ze er wel zijn. Daarnaast werkt het nieuwe infrabezettingsconflict nog niet goed: 80% van de conflicten is onterecht.

Naast Donna gebruiken ze ook RADAR voor buitendienststellingen, een Materieel mutatie systeem voor aanpassingen in materieel en soms ook VPT voor informatie over het materieel.

D.7. Interview Daan Mestrum

Respondent: Daan Mestrum
 Functie: Business Analist Kenniscentrum (afdeling Besturing & Operatie)
 Bedrijf: NS
 Interviewer: Tjerk Planting
 Datum interview: 31 mei 2016

Daan is Business Analist bij het Kenniscentrum. Daan is werkzaam bij alle fases van het ontwerp, waarbij de focus ligt op het Voor Ontwerp en het Basis Uurpatroon en de analyses van de realisatie. Binnen het VO/BU bekijkt Daan hoe robuust sommige dienstregelingsvarianten zijn. Hierbij bekijkt hij of NS waar zou kunnen maken, wat er gepland wordt. De dilemma's die hij hierbij tegenkomt zijn de dilemma's uit de afwegingsdriehoek (zie Figuur D.2) de rol van Daan binnen deze driehoek is om te toetsen op de uitvoerbaarheid van de dienstregeling. Opdrachten waar Daan om advies wordt gevraagd zijn bijvoorbeeld om mogelijkheden van de FLIRT in te voegen in de dienstregeling, welke treinseries het beste waar kunnen rijden en adviezen over de robuustheid rond ETMET. Hierin geeft Daan aan wat de risico's bij de plannen zijn. Omdat de lijnen erg kort zijn bij de adviezen die gevraagd worden en de vele informatie die binnen het Kenniscentrum is mist hij geen informatie bij de aanvragen.



Figuur D.2: Afwegings driehoek dienstregeling ontwerpen bij NS.

De toetsen/criteria die Daan gebruikt zijn een combinatie tussen kwantitatief en kwalitatief onderzoek. Daan is vooral gericht op de robuustheid van de dienstregeling, waarbij hij een afweging maakt tussen de baten en de uitvoerbaarheid. Hiervoor is, naast de 5% spelingsnorm en de normen uit de Netverklaring, geen harde toets. Veel gebeurt op gevoel en aan het einde van een ontwerproude wordt een OpenTrack analyse bij Royal Haskoning DHV aangevraagd. Het Kenniscentrum interpreteert de resultaten vervolgens. Volgens Daan zou het zou beter zijn als deze simulatie middelen (eventueel intern) al tijdens het ontwerpproces worden ingezet. Het voordeel van OpenTrack is dat bekeken kan worden wat de invloed van een vertraagde trein is op de treinen die volgen.

Dienstregeling

Naast de sterke punten aan de dienstregeling, vindt Daan in de huidige dienstregeling Schiphol en de Brabant route zwakke plekken. Schiphol heeft beperkte infrastructuur terwijl veel treinen door de tunnel willen en de Brabant route neemt een aantal goederentreinen van de Betuweroute over omdat er verbouwingen zijn. Aan de huidige dienstregeling vindt Daan de volgende punten erg sterk:

- De grote hoeveelheid aansluitingen in heel Nederland, gezien de complexiteit; en,
- De vele infrastructuur projecten zoals DSSU/Amsterdam zuid waar de SPR en IC los van elkaar kunnen rijden door goede emplacementen en viersporige baanvakken.

In toekomstige dienstregelingen vanaf 2017 vindt Daan de volgende punten erg sterk:

- Rijtijden zijn veel realistischer;
- Dienstregeling in DONS in tienden gemaakt, waardoor een stuk sterker product staat; en,
- Veel netter gepland, planners kunnen door creatief afronden een overkruising van 1,9 minuten afronden naar 3 waardoor Donna geen conflicten signaleert terwijl de overkruising te krap is. Hier zijn de planners een stuk beter mee omgegaan dan in het verleden.

Daan verwacht twee uitdagingen in toekomstige dienstregelingen:

- IC Den Haag Centraal - Eindhoven die vanaf Breda niet verder zal rijden door materieel tekort; en
- ETMET: wordt veel gewicht aangeven door de organisatie, er zijn meer trajecten waar veel treinen rijden (zoals Den Haag Centraal - Rotterdam). Daarnaast heeft het ook twee nadelen: de overstappen van de ETMET naar een 4x per uur frequentie is ongunstig en aan het einde van het traject heeft ook nadelen, omdat treinen dan vaak doorgaan in een 4x per uur frequentie (Amsterdam richting Alkmaar en Eindhoven richting Sittard). Gevolg van dit laatste is dat je ofwel een 10/20 ligging krijgt op Eindhoven-Sittard en Amsterdam-Alkmaar, ofwel een lang stationnement in Eindhoven/Amsterdam moet inbounden, om een 15/15 ligging te realiseren richting Sittard en Alkmaar.

Methodiek & Software

Aan de huidige methode vindt Daan het goed dat er in voorstudies veel gewerkt wordt met pen en papier, ten behoeve van het schetsen van dienstregeling structuren en samenhang. Daarnaast vindt hij het jammer dat er gewerkt wordt met normen en gepland wordt in minuten:

- Normen: afwijken, zowel te krap plannen als capaciteit verlies. Daan verwacht dat er wellicht wel honderden punten zijn (zeer globale schatting) waar de generieke norm afwijkt van de opvanglocaties norm. Dit komt relatief vaak voor bij opvolg- en overkruissituaties met goederentreinen, omdat deze duidelijk andere rijkarakteristieken hebben dan reizigerstreinen. ROBERTO voldoet hier niet in, omdat er veel wijzigingen in infrastructuur is en het trein afhankelijk is; en,
- Plannen op hele minuten leidt er toe dat er moet worden afgerond. Dit kan er in de praktijk enerzijds toe leiden dat constructies worden gepland, die in een wereld van tienden onmaakbaar zouden zijn.

Anderzijds worden constructies gemist, die in een wereld van tienden wel mogelijk zouden zijn.

Ook zouden uitvoerbaarheids oordelen meer klant gericht mogen zijn, bijvoorbeeld in criteria als het *totaal aantal vertragsminuten*, wat in euro(cent) per vertragsminuut is uit te drukken. Of het percentage van de overstappen die gehaald gaan worden door reizigers.

Daan is erg tevreden over de tools die beschikbaar zijn. Jammer dat de rijtijden niet juist in Donna zitten en niet in tienden gerekend kan worden. verder zijn het mooie tools. Daan gebruikt ook veel analyse tools die verder niet veel gebruikt worden. Dit zijn *Toon*, *TRENTO*, *SHERLOCK* en *Enterprise Guide*. Met TRENTO is het mogelijk om snel percentielen van de gerealiseerde procestijden (halteerduur, rijdtijd) voor bijna elk station en treinserie te bepalen. Tevens kunnen er bandbreedtegrafieken worden gemaakt met behulp van Trento. Sherlock is een bron met per treinnummer bijna alle beschikbare uitvoeringsdata die je je maar kan bedenken. De basisgegevens (tijdstip van aankomst/vertrek/doorkomst per drglpt, spoorgebruik, materieelinzet), maar ook zaken zoals de seinbeelden die een trein heeft gekregen en informatie over of een op een bepaald moment gehinderd is en door welke trein.

D.8. Interview Wilmet van Dijk

Respondent: Wilmet van Dijk
Functie: Senior Business Analyst
Bedrijf: NS
Interviewer: Tjerk Planting
Datum interview: 2 juni 2016

Wilmet is Senior Business Consultant bij de afdeling Proces Kwaliteit en Innovatie. Vanuit hier is ze project-leider van het project TUP: Toets Uitvoerbaarheid Plan. Aanleiding voor het opzetten van het project was de dienstregeling in 2013, die aanzienlijk slechter was dan voorspeld werd. Binnen TUP is het doel om de voorspelbaarheid van de kwaliteit van de dienstregeling te verhogen. Bij het ontwerp van de dienstregeling is ze de afgelopen tijd vooral betrokken geweest met het voorontwerp van 2017. Hierin hielp ze met het specificeren van de uitvoerbaarheid eisen en begeleidde ze het proces van het ontwerp team, zelf heeft ze niet ontworpen. Binnen TUP zijn ze nu betrokken bij de VO en BU fase, het doel is om in de toekomst ook bij de BD en SD fase betrokken te zijn. Wilmet ziet tijdens het maken van de dienstregeling vooral de keuze tussen de verschillende versies van de werkelijkheid waarop de ontwerpen gebaseerd worden. Bijvoorbeeld: welke ruimte neem je mee in de dienstregeling voor een vertraging. Is dit een vertraagde trein, vertraagd bij 2, 3 of 5 minuten? Één van de werkzaamheden vanuit TUP is om duidelijk te krijgen wat de invloed is van afwijkingen op de norm (bijvoorbeeld 2,9 op 3 of 3,4 op 3). Gebruikelijk krijgt Wilmet informatie van het Kenniscentrum (NS) of PAB (Prestatie Analyse Bureau, ProRail). Dit kan bestaan uit data maar ook uit kwalitatieve (subjectieve) beoordelingen. Daarnaast krijgt ze ook informatie van planners. De informatie in het planproces is niet altijd voldoende, er mist gedetailleerde informatie. Zo is de infra Atlas/Inframonitor niet volledig en niet altijd correct. Hierdoor mist er informatie voor planners en wordt de dienstregeling op foutieve informatie gebaseerd. Binnen TUP hebben ze voor de output van hun informatie drie eisen:

- De informatie moet bruikbaar zijn.
- De informatie moet valide zijn, goed onderbouwd.
- De informatie moet met de relevante belanghebbenden zijn afgestemd.

Het aard van het project is om terugkoppeling te geven en krijgen van de toetsingscriteria. Daarom is er veel terugkoppeling en is er weinig informatie wat over de schutting gegooit wordt.

Op dit moment zijn ze bij TUP vooral bezig geweest met het definiëren van de criteria en tooling maar ook het bekijken van methoden van dienstregelingsontwerp. De belangrijkste toetsen zijn volgens Wilmet de betrouwbaarheid en uitvoerbaarheid van de dienstregeling. Dit is een interactief proces, waar iedereen het eens moet zijn over de criteria/toetsen en de methode van het vaststellen van deze criteria.

Dienstregeling

Wilmet vindt aan de huidige dienstregeling erg sterk dat er weinig lange omreizen zijn als een baanvak uitvalt en dat er zeer weinig exceptionele vertragingen (meer dan 15 minuten) van een trein zijn; het netwerk en de dienstregeling zijn zodanig opgezet dat er veel rechtstreekse verbindingen zijn en heel veel reismogelijkheden (wat ontzettend handig is bij verstoringen) wat een sterk punt is in het treinaanbod in Nederland. Dat is vooral erg sterk vanuit klantperspectief.

In de dienstregeling van 2016 waren Schiphol en Zwolle lastige stations, deze zijn in het BUP van 2017 erg sterk opgezet. In 2017 zijn de vele overstappen vanuit Zwolle beter beheersbaar en voor de klant zijn er betere rechtstreekse verbindingen door het alternerende patroon van de lijnen.

Een uitdaging van de dienstregeling is dat door de vele goede verbindingen over het netwerk een grote kans is dat er een olievlekwerking optreedt bij vertragingen. Ook is door alle interacties in het netwerk wordt wel eens gekscherend gezegd dat de dienstregeling van Ariva in Arnhem bepaald is door de vertrektijd van de Thalys in Parijs. Verder zijn voor 2017 realistische rij- en halteertijden meegenomen en is er al rekening gehouden met extra buffer voor de langere rijtijden die in de herfst nodig zijn. Nu zijn dit nog langere stationnementen, maar in de herfst kan dit langere rijtijd worden. Ook is het goed dat het VoorOntwerp in tienden is gepland, het is de vraag wat er aan het einde van de SD fase nog van te zien gaat zijn, maar het basis ontwerp is beter ontworpen.

Software

De rijtijd berekenings module is niet goed in Donna, dit kost veel tijd om aan te passen. Wilmet weet niet of dit komt door Donna of omdat het altijd veel tijd kost om software aan te passen. Daarnaast zijn er veel kleine dingen die missen aan Donna, hierdoor wordt er van planners gevraagd om een goed plan te maken, maar deze wijkt per definitie af van de werkelijkheid. Ook voor planners is dit frustrerend: zij denken dat ze iets erg goeds hebben gemaakt, maar dit blijkt uiteindelijk niet zo te zijn. Het missen van een structurele verbeterloop aan Donna mist; het zijn allemaal individuele projecten.

Methodiek

Wilmet vind de cyclische eigenschap aan onze dienstregeling erg interessant: het brengt een hoop voordelen maar ook een aantal beperkingen. Als klant moet je er niet aan denken om dit af te schaffen maar het is soms wel nadelig om bijvoorbeeld geen onderscheid te maken tussen uren in de spits of het dal waar de processen toch anders verlopen qua tijden. Wilmet mist nog wel eens dat niet iedereen naar het grotere geheel van het netwerk kijkt, er wordt door sommigen snel naar details gekeken. Managers zouden beter kunnen stimuleren om te begrijpen waar iedereen onderdeel van uitmaakt. Nu gebruiken de meetsystemen voor de analyse van de kwaliteit van de uitvoering de systemen voor de beveiliging. Hierdoor zijn sommige data niet erg accuraat, beter zouden GPS gegevens zijn die meer specifieke informatie kunnen geven.

- Plannen in minuten, doorkomsten kunnen door de planners niet in logische tijden worden vastgelegd, omdat er wordt afgerond naar minuten. Dit maakt opportunistisch gedrag mogelijk. De uitvoering kan ook pas strakker als er meer en betere informatie beschikbaar is (ook rijtijdspeling);
- Goederenpaden: dit zijn erg vlakke lijnen (lage snelheden), normen zijn hier niet voor geschikt, paden worden op basis van tonnage, tractie en snelheid gemaakt zodat ruim 90% van de treinen kunnen rijden.
- Generieke normen en buffers, er zitten grote verschillen tussen type treinen en tijden in de spits/dal.
- Normen: door de normen doe je dingen omdat het moet van het systeem.
- Rijtijden: je vraagt planners om een goed plan te maken terwijl ze geen goede tooling hebben, dit is erg lastig om mee om te gaan en voor de planners soms ook demotiverend. Eigenlijk wordt er iets onmogelijks van de planners gevraagd.
- Stochastiek mist nog, er is niet één versie van de werkelijkheid. Daarom is het nodig om het effect van verschillende omstandigheden mee te nemen in het ontwerp.

D.9. Interview Stefan Giesing

Respondent: Stefan Giesing
 Functie: Adviseur Vervoeranalyse & Capaciteitsontwikkeling
 Bedrijf: ProRail
 Interviewer: Tjerk Planting
 Datum interview: 31 mei 2016

Stefan is sinds 2009 werkzaam als adviseur bij VaCo (Vervoeranalyse & Capaciteitsontwikkeling) en houdt zich met name bezig met het PHS. Bij VaCo houden ze zich vooral bezig met nieuwe infrastructuurprojecten. Als methode is er gekozen om een dienstregeling te ontwerpen als studiemiddel om de capaciteit vast te stellen. Waarbij VaCo de enige garantie is die ze hebben: hun dienstregeling zal buiten nooit gereden worden. Hierbij is het belangrijk om te blijven waken om wel kritisch de dienstregelingen te beoordelen. VaCo gebruikt twee vragen om de klantvraag ten opzichte van de infrastructuur te onderzoeken: *waar zitten de knelpunten? En hoe kunnen deze knelpunten opgelost worden?* Dit zou kunnen door infrastructuur, ook kan het zijn dat de klantvraag onhaalbaar.

Verzoeken voor VaCo komen vanuit het ministerie van I&M en komen door de organisatie heen via de programmamanagers bij Stefan met de vraag: *we willen iets*. Het werk dat Stefan doet kan gezien worden als advieswerk, waarbij een groot deel van het werk bestaat uit het ontwikkelen van beslisinformatie voor besluitvormers. Er wordt veel samengewerkt in ontwerpateliers, hierdoor kunnen de wensen en criteria in overleg aangevuld/duidelijker gemaakt worden. Ook is het hierdoor eenvoudig om (extra) informatie te krijgen. VaCo geeft de informatie terug aan het ministerie of aan NS of andere vervoerders/belanghebbenden. Toetsen/criteria die Stefan gebruikt om het resultaat te testen zijn tweeledig:

- Projectsamenkomst, voor PHS is er een uitgangsdokument (met onder andere materieelspecificaties, frequenties, in welke stations welke stops); en,
- Regels voor het functioneel ontwerp van railinfrastructuur, zijn vooral ontwerpprincipes op hoofdlijnen, omdat het geen projectsamenkomst criteria zijn is het een stuk objectiever. Deze regels zijn voorlopig goed genoeg. De eerste projecten die deze ontwerpregels gevolgd hebben worden nu gerealiseerd waardoor het goed is om over een tijd te evalueren of de ontwerpregels voldoende waren.

Dienstregeling

Stefan is erg weinig betrokken bij huidige dienstregeling projecten, daarom kan hij moeilijk aangeven welke punten hij erg sterk of juist voor verbetering ziet. Wel heeft hij zicht op enkele bottlenecks vanaf 2017:

- Baanvak Arnhem - Nijmegen;
- Utrecht - Harderwijk, er zouden twee extra sprinters komen. Dit kan lokaal maar in het netwerk geeft het problemen;
- Station Nijmegen, hier zijn nu al veel kruisende bewegingen en dat worden er meer; en,
- Amsterdam Centraal.

Software

Sterke kanten van het analyse bij VaCo zijn door niet te snel in de software duiken, maar ook veel met pen en papier uit te werken. Aan de huidige software zitten volgens Stefan wel een paar mankementen:

- Feitelijke informatie is niet goed, zoals de rijtijden en normen. Deze normen zijn vaak goed maar wijken ook af waardoor ruimte weggegooid wordt of te krap gepland wordt;
- Gebruik van veel verschillende software en niet één pakket;
- Conflict signalering: DONS heeft het nog niet en bij ROBERTO kan alleen berekend worden op groen, soms is Geel 13 of Geel 8 ook voldoende voor de dienst. Dit moet per geval feitelijk beoordeeld worden en niet op de regels. Belangrijk om dit inzichtelijk te maken met plaatjes en niet alleen met de getallen.

Methodiek

Stefan vindt een zwakte dat er gepland wordt in minuten: door het afronden ontstaat er een kromme verdeling van de rijtijdsdeling. Nu is het onduidelijk waar meer capaciteit nodig is en waar capaciteit mist. Dat kan meer inzichtelijk gemaakt worden als er gepland wordt in kleinere eenheden (tienden).

Momenteel is er een kloof tussen de lange termijn en de jaardienst. Omdat de bouw van projecten veel tijd kost komen deze later beschikbaar, dit is niet altijd bekend bij planners. Het project rolling forecast wordt nu opgezet. Dit is een dashboard waarin voor komende jaren, per jaar staat aangegeven hoeveel infrastructuur er beschikbaar is, hoeveel infrastructuur vervangen wordt en wat de (verwachte) vervoersvraag is.

D.10. Interview Roelof Ybema

Respondent: Roelof Ybema
Functie: Programmamanager BU
Bedrijf: ProRail
Interviewer: Tjerk Planting
Datum interview: 2 juni 2016

Roelof is werkzaam als programmamanager Basis Uurpatroon en Middel Lange Termijn bij ProRail Capaciteitsverdeling (CV). In 2000 is hij begonnen bij NS waar hij als één van de eersten met het simulatiemodel SIMONE gewerkt heeft. In 2010 heeft Roelof de overstap van NSR Logistiek naar ProRail CV gemaakt.

Proces

Momenteel is Roelof als voorzitter van de ontwerpateliers als procesbegeleider betrokken bij de voorontwerpen en het BUP. Binnen de ontwerpateliers van het BUP-proces vindt het onderhandel proces van nieuwe dienstregelingen plaats. Dit werk vindt plaats vanaf anderhalf jaar voor ingang dienstregeling, een moment waarop, de infrastructuur zo goed als vast ligt. Het is bij uitzondering nog net mogelijk om een gunstig liggend wissels te plaatsen (mits de beveiliging niet wordt geraakt) of een perron te verlengen. Het VoorOntwerp werken de vervoerders in principe zelf uit, maar bij grote projecten (zoals dienstregeling 2017 of ETMET op de A2-corridor) kan de vervoerder er ook voor kiezen om bilateraal met ProRail samen te werken.

De BUP fase loopt van september tot en met januari, en vindt plaats in zogeheten ontwerpateliers. Hierin zitten alle vervoerders (zowel reizigers als goederen). Sinds twee jaar zitten in de ateliers drie disciplines aan tafel: planners (logistiek), medewerkers vanuit Commercie en experts van de verkeersleiding en/of transportbesturing (uitvoering). Een groot voordeel hiervan is dat iedereen vanuit zijn eigen discipline bedrijven gelijk betrokken is tijdens de BUP fase. Hierdoor is de driehoek van dilemma's (Commercie, logistiek en uitvoering) tijdens het proces al zichtbaar. Het BUP proces is v.w.b. deelname een vrijwillig proces. Uitkomst van het BUP-proces zijn afspraken die vervoerders onderling en met ProRail maken over de wijze waarop zij hun capaciteit aanvragen. Hoe meer overeenstemming voorafgaand aan de capaciteitsaanvraag, hoe beheersbaarder het jaardienstverdeelproces en hoe eerder vervoerders zekerheid hebben over de te verwachten verdeling van de capaciteit van hun treinen. Over het algemeen is de sfeer tijdens de ontwerp ateliers erg goed, al kan het af en toe er erg scherp aan toe gaan. De capaciteitsaanvraag wordt gedaan onder de noemer van de BUP fase, waardoor vervoerders het niet eens hoeven te worden met elkaar. Daarom kan in het jaardienst verdelproces (BD fase) een lijst met meningsverschillen (agrees to disagree) tussen vervoerders meegenomen worden die in de BU fase geïdentificeerd zijn.

De BUP fase begint meestal met het laatste BUP/BDu bestand van het voorgaande dienstregelingsjaar. Op die manier is er ook een terugkoppeling naar Roelof over wat er van het voorgaande BU is overgebleven. Roelof zorgt er zelf voor dat hij op de hoogte is van de wijzigingen van de BUP naar BD(u) en wat de te verwachte wensen zijn van de vervoerders voor de BUP fase ingaat. Er is geen gestandaardiseerd moment voor terugkoppeling. De overdracht naar de BD fase is erg breed. Dit jaar is er voor het eerst een document *keuzes en onderbouwing uitwerking BUP-2017* opgesteld. Dit heeft als doel om de keuzes en dilemma's uit het BUP proces te documenteren voor latere planfasen. Ook wordt Roelof nog regelmatig gevraagd om met specifieke situaties mee te kijken met de jaardienst. Daarnaast is de fysieke afstand naar de jaardienst erg kort, en lopen ze gemakkelijk bij elkaar binnen.

Tijdens, en aan het einde, van de BUP fase worden diverse toetsen uitgevoerd o.a. *beschikbare infrastructuur, (overweg)veiligheid, geluidsproductie, transfercapaciteit, tractie-energievoorziening en lokale bijzonderheden*. Veel van de criteria zijn aan het begin van de BU fase bekend en worden tijdens het proces meegenomen. Omdat vanaf voorontwerp dienstregeling 2017 naast logistiek de disciplines Commercie en uitvoering full-time vertegenwoordigd zijn, is de kans kleiner dat aan het einde van het BUP-proces nieuwe verrassingen oppoppen, bijvoorbeeld in minder harde criteria aan het BUP.

Naast de VO en BUP fase is Roelof ook betrokken bij de Middel Lange Termijn (MLT). De MLT zit tussen VaCo (vanaf X-10 en verder) en CapaciteitsVerdeling (X-2 t/m X) in. Hierin werkt Roelof bottom up, vanaf de laatste dienstregeling met een grote structuurwijziging (2017) naar de toekomst. Zo wordt er per jaar vooruit gekeken wat de verwachte veranderingen in de wensen voor de dienstregeling kunnen zijn en wat de te verwachte veranderingen in de infrastructuur is. Deze veranderingen in de infrastructuur kunnen zowel een toename als een (tijdelijke) afname zijn door (ver)bouwwerkzaamheden. In deze MLT planning wordt bekeken of huidige, en nieuw gewenste, dienstregelingen nog wel kunnen rijden door toekomstige veranderingen. Hierbij vindt een iteratieve toets plaats van de match tussen gewenste wijzigingen in de dienstregeling en verwachte

wijzigingen in de infrastructuur (rolling forecast). Deze *rolling forecast* heeft invloed op het huidige dienstregelingen. Als het over twee jaar onmogelijk is om door bouwwerkzaamheden een ETMET dienstregeling te rijden door bijvoorbeeld verbouwingen, kan er voor gekozen worden om in het aankomende dienstregeling geen ETMET in te voeren, hoewel dit met de huidige infrastructuur wel zou kunnen.

Dienstregeling

Van de huidige dienstregeling (2015-2016) vindt Roelof erg mooi dat er een vrij hoge punctualiteit gehaald wordt, terwijl er met een erg hoge intensiteit gereden wordt op het spoor.

Het zou mooi zijn als de match beter is tussen wat de vervoerders willen rijden en wat er van infrastructuur beschikbaar is. Vervoerders of de politiek willen soms net iets te snel, bijvoorbeeld ETMET op de A2-corridor of een 4^e trein op Meppel - Leeuwarden. Een klein voorbeeld uit de MLT waarbij deze afstemming correct verloopt: op de Valleilijn van Amersfoort naar Ede-Wageningen; Connexion wil met nieuwe treinen gaan rijden die vijf meter langer zijn, hiervoor worden de perrons verlengd, Afspraak is dat de langere treinen ingezet kunnen worden zodra de perrons verlengd zijn; tot die tijd rijdt Connexion nog met de huidige materieelsamenstelling.

Inhoudelijk lastige ontwerp-issues aan de huidige (2017) en toekomstige dienstregelingen vindt/verwacht Roelof:

- De driehoek Dordrecht, Breda, Roosendaal is erg uitdagend qua infrastructuur en frequenties: de zeer uiteenlopende rijkarakteristieken IC/Sprinter/goederen en het feit dat in een driehoek alle 3 de baanvakken elkaar beïnvloeden;
- De driehoek Tilburg, Den Bosch, Eindhoven: op basis van dezelfde redenen als hierboven benoemd; en,
- Station Venlo en Arnhem, vanwege het grote aantal treinbewegingen van diverse vervoerders met elk hun eigen proces op een beperkte hoeveelheid aan beschikbare infrastructuur.

Software & methodiek

Roelof werkt in de procesbegeleiding van de BUP fase veel met Donna. Hij vindt het een prima systeem, goed voor de communicatie, vastleggen van paden en het detailniveau voor het spoorgebruik is ook prima. Wel missen hier betrouwbare rijtijden en conflicten op detailniveau. De huidige conflictsignalering in Donna werkt o.b.v. generieke normen en zorgt voor een schijnzekerheid. Roelof gebruikt de resultaten uit RoBerTo, de locatiespecifieke normen die hier uit komen worden gebruikt als motivatie om een conflict in Donna te accorderen. Deze berekeningen zijn vrij gespecialiseerd. Dit is afhankelijk van de *locatie, route, materieeltypes en de treinlengtes*.

Het BUP van 2017 vindt Roelof een prachtig product dat tijdens het proces en aan het einde stevig getoetst is. Dat maakt dat het draagvlak voor BUP-2017 groot is omdat een zeer breed scala aan disciplines het BUP heeft kunnen beoordelen. Dat wil niet zeggen dat iedereen tevreden kan worden gesteld met het resultaat, maar wel dat iedereen weet waarom een bepaalde wens niet is meegenomen in BUP-2017. Roelof vindt de volgende punten erg sterk aan de manier van plannen:

- Het knoop netwerk;
- Het plannen in symmetrie; en,
- Het BUP patroon: er wordt niet gelijk in de details en exacte uitwerking gedoken maar eerst in groffe schetsen wordt onderzocht hoe de dienstregeling er op hoofdlijnen uit moet zien.

Ook zitten er in de huidige manier van werken een aantal zwaktes:

- Plannen in minuten: het VO van 2017 is gepland in tienden, dit gaf de buffers en speling die treinen nodig hebben erg goed weer. Donna werkt echter met een planning op hele minuten. Het zou veel werk schelen & inzichten geven als de hele dienstregeling in tienden gepland gaan worden;
- Rijtijden zijn in Donna niet in alle gevallen even betrouwbaar, daarom is voor NS treinen in VO en BUP-2017 een rijtijdenboek gebruikt, dit is voor regionale treinen minder belangrijk omdat deze veel op enkel sporige baanvakken rijden waar niet veel variatie in de dienstregeling mogelijk is; en,
- Goederentreinen: deze worden ingelegd met specificaties zoals opgegeven door vervoerders met zware rijkarakteristieken zodat goederenvervoerders ook in de ad-hocfase (de planfase na jaardienstverdeling) er zeker van kunnen zijn een goederenpad te kunnen gebruiken met hun treinen. De daadwerkelijk gerealiseerde rijkarakteristieken zijn in veel gevallen veel lichter en biedt meer oplossingsruimte voor een aantrekkelijkere uitwerking van het BUP.

D.11. Interview Hans Hagen

Respondent: Hans Hagen
Functie: Medewerker Capaciteitsverdeling
Bedrijf: ProRail
Interviewer: Tjerk Planting
Datum interview: 7 juni 2016

Hans is werkzaam als planner/verdelers BD Nieuwe dienst/BDu bij Capaciteitsverdeling ProRail. Hans heeft in de BD fase twee functies; het verdelen van infrastructuurcapaciteit en het plannen voor niet zelf plan-nende vervoerders. Hans plant voor besloten reizigers vervoer en overige goederenvervoerders, niet zijnde DB Schenker/DB Cargo. Besloten reizigers vervoer bestaat voornamelijk uit wintersporttreinen en de diner trein. Besloten reizigerstreinen worden niet in de BU meegenomen omdat deze seizoensgebonden zijn waar-door niet volgens een uur patroon rijden. Deze treinen krijgen een periodieke code mee voor de kalenderda-gen die gelden voor dit treinpad.

Ook voor het goederenvervoer wordt in de BD Nieuwe dienst/BDu capaciteit aangevraagd. Hans verwacht dat capaciteitsaanvragen voor besloten reizigersvervoer in de toekomst vaker in de Jaardienst zullen worden aangevraagd omdat er in de SD fase minder rest capaciteit vrij is.

De keuzes die Hans moet maken zijn vooral als twee vervoerders gelijktijdig gebruik willen maken van een stuk infrastructuur; welke vervoerder heeft dan recht op een pad? In de Algemene Maatregel van Bestuur wordt aangegeven wie er voorrang heeft wanneer een baanvak overbelast is verklaard. Hans heeft verder te maken met grensafstemming met buitenlandse infrastructuur managers voor het (internationale) goeder-en/reizigers verkeer.

Hans krijgt informatie vanuit de BU fase, capaciteitsaanvragen van vervoerders en hij gebruikt de uitgangst-punten van de grondslagen voor de capaciteitsverdeling. Voor conflict situaties die buiten de grondslag val-len moet een programmatie dossier opgemaakt worden. In dit programmatie dossier wordt de conflicterende aanvraag beschreven en doet ProRail CV een voorstel voor een oplossing. Voordat Hans een programmatie dossier maakt heeft hij al contact met de vervoerders om de oplossingsrichtingen te verkennen. Ook heeft ProRail CV contact met Vaarwegbeheerders, Rijkswaterstaat en het ministerie voor brug openingstijden. Bin-nen ProRail krijgt Hans informatie vanuit Asset Management (AM) over (Grote) Incidentele Onttrekkingen (GIO's) van de infrastructuur. Naast deze incidentele onttrekkingen zijn er ook de onderhoudsroosters. De informatie/aanvragen van reizigersvervoerders zijn vaak van goede kwaliteit omdat de patronen over het al-gemeen goed zijn en in de 7x24 worden uitgerold. Met goederenvervoerders gaat dit soms minder goed: de afspraak dat goederenvervoerders moeten plannen/aanvragen in de goederenpaden wordt niet altijd nage-leefd.

De informatie van BD/BDu gaat naar SD en uiteindelijk verkeersleiding. Het bestand moet conflict vrij/met geaccordeerde conflicten, opgeleverd worden. Naast de conflicten, moet het plan ook voldoen aan milieu eisen (oa voor geluid). Wanneer ProRail CV twijfelt of een capaciteitsaanvraag mogelijk is, kan ProRail CV onder voorbehoud het pad toekennen. ProRail CV krijgt terugkoppeling over wat er niet goed gaat vanuit VL door de feedbackloop. De verbeterpunten worden meegenomen naar een volgend BDu.

Dienstregeling

Hans zit niet direct op de uitvoering, waardoor hij het lastig vindt om aan te geven wat hij goed vindt aan huidige- en toekomstige dienstregeling(en) en wat er beter kan. Wel vraagt hij zich af of de huidige infra-structuur aanpassingen en wissel saneringen een goede ontwikkeling zijn met het oog op bijstuurbaarheid. Zo resteert er in dienstregeling 2017 voor besloten reizigersvervoer een uurpatroon.

Methodiek & Software

Binnen ProRail CV gebruiken ze vooral Donna, Inframonitor, RADAR, RailDocs. Hans vindt het mooi dat met Donna de mogelijkheid wordt geboden dat alle vervoerders hun treinen zelf kunnen plannen en als capaciteit kunnen aanvragen. Wel mist hij een aantal dingen;

- De spoorlengtes in Donna, Inframonitor en *hoe het buiten ligt* komen niet altijd overeen; Hans is één keer een situatie bij Roosendaal tegengekomen dat er vijf verschillende nuttige perronlengtes gehanteerd werden;
- De rijtijdmodule in Donna: deze klopt niet, zo is er een goederentrein van 5400 ton die van Kijfhoek naar Emmerich 14 minuten rijtijde tekort heeft op het pad (rijtijd is ongeveer 1,5 uur). Terwijl deze trein in de realisatie het pad makkelijk kan volgen; en,
- Normen; als de Roberto uitkomsten in één systeem mogelijk zou zijn, zou dat een hoop doorlooptijd schelen.

Sinds 1,5 jaar is een nieuw conflict aan Donna toegevoegd: het IB (Infrastructuur Bezetting) conflict. Bij opvolg- en overkruis conflicten worden routes binnen PPLGs niet meegenomen maar gebeurt dit op basis van de dienstregelpunten. Met het IB conflict worden conflicten binnen een PPLG geconstateerd. Op dit moment werkt de detectie nog niet goed in Donna en zijn er onterechte/onbetrouwbare IB conflicten. Daarom hoeven vervoerders hier nog niet mee te werken. ProRail CV werkt hier wel mee, en moet alle IB conflicten beoordelen of deze terecht of niet terecht zijn, oplossen of accorderen.

D.12. Interview Milan Rijper

Respondent: Milan Rijper
Functie: Expertplanner SD
Bedrijf: ProRail
Interviewer: Tjerk Planting
Datum interview: 30 mei 2016

Milan is begonnen bij de verkeersleiding en is nu expertplanner Specifieke Dagen bij het bedrijfsbureau Capaciteits Verdeling. Milan is werkzaam als laatste stap in het proces voordat de dienstregeling naar de verkeersleiding gaat. Bij het bedrijfsbureau zijn negen mensen werkzaam, zij vervullen drie functies. Als primaire functie controleren ze of de plannen die in de SD fase gemaakt zijn voldoen aan de eisen. Ten tweede hebben ze bij het bedrijfsbureau lokale expertise waarover ze door planners om advies gevraagd kunnen worden in de BU/BD fase. Als derde functie hebben ze het beheren van lokale bijzonderheden zoals dwangen in rijwegen, RIO instellingen en stop-door schakelingen.

In de SD fase plannen ze de dienstregeling voor een specifieke dag, hierbij plannen ze treinen/situaties die niet in de BU/BD patronen voorkomen. Hier kan gedacht worden aan extra leeg materieel, supporterstreinen en buitendienststellingen. De SD fase moet op X-60u klaar zijn en de verkeersleiding leest dit op X-24 in, bij ProRail wordt in plaats van X ook N gebruikt. Het tijdsverschil hiertussen is dat er tot voor kort nog niet op alle verkeersposten met Donna gewerkt werd, waardoor voor het overzetten van gegevens extra tijd nodig is. Bij het bedrijfsbureau werkt één persoon de conflicten die Donna detecteert na en meldt aan de planners van de vervoerders dat deze conflicten opgelost moeten worden. Acht anderen zijn bezig in hun eigen geografische gebied om fouten te vinden die Donna niet detecteert. Hiervoor hebben ze bij het bedrijfsbureau een lijst per regio waar op gecontroleerd moet worden.

Milan ontvangt informatie en de plannen vanuit ProRail van OSS (One Stop Shop) en de Jaardienst en van alle zelf plannende vervoerders. Ook hebben ze contact met de verkeersleidingsposten. De informatie staat allemaal in Donna. Als de informatie aan de eisen voldeed en Donna zelf alle fouten juist zou detecteren zou het het bedrijfsbureau een hoop werk schelen. Door de lokale kennis bij het bedrijfsbureau blijft het belangrijk dat zij de laatste check doen voordat de dienstregeling naar de verkeersleiding gaat. Het bedrijfsbureau levert de goedgekeurde plannen aan de verkeerspost. Er is een feedbackloop vanuit de verkeersleidingspost via een computersysteem. Landelijk worden er ongeveer 140 meldingen per maand gedaan, deze meldingen zijn erg afhankelijk van de meldingsbereidheid op de post en het aantal structurele fouten in de dienstregeling. De informatie kan van alles zijn waarvan het niet mogelijk is/was om het plan uittevoeren in de realisatie. Het bedrijfsbureau communiceert de feedback van de verkeersleiding weer door richting de verantwoordelijke vervoerder of afdeling, die op hun beurt een terugkoppeling verzorgen voor de post. Milan merkt dat er door de feedbackloop structureel een beter plan ontstaat.

Dienstregeling

In toekomstige dienstregelingen verwacht Milan dat de lokale kennis vanuit het bedrijfsbureau meer wordt meegenomen waardoor de dienstregeling beter wordt. In de toekomst zijn er wel een aantal uitdagingen:

- Goederenpaden krijgen het steeds lastiger;
- Voor trein 9200, de BeNeLux trein, is nog geen structurele oplossing waarbij de rijtijd zelfs langzamer is dan een sprinter omdat er geen ruimte is voor een goed pad; en,
- Voor het gevoel worden er nu iets te veel wissels gesaneerd. Dit geeft minder tot geen ruimte in de bijsturing.

Software

Milan gebruikt vooral Donna, zoals hij zei: dankzij Donna zitten we hier, als Donna alle conflicten goed zou detecteren zouden we veel minder werk hebben. Als aanvulling gebruikt Milan RADAR, dit geeft meer informatie over buitendienststellingen dan Donna over de redenen en precieze invulling van de buitendienststelling. In Donna staat er alleen een rode lijn. Daarnaast gebruikt Milan SHERLOCK, een programma van het Prestatie Analyse Bureau, om de feedback van de verkeersleiding met de realisatie gegevens te bekijken. Ook gebruikt Milan de Inframonitor voor spoorinfrastructuur, dit wordt uitgelezen uit de infra atlas.

Methodiek

Er mist momenteel informatie in de regelgeving die onduidelijk is. Het meeste zal beter in de Netverklaring moeten staan. Wat er mist:

- Documentatie van de tafel van verdeling, wat de redenen achter de gemaakte afspraken zijn;
- Hoe om te gaan met rijden op enkel spoor; en,
- De precisie in het plannen, waarbij vaak de argumenten worden genoemd dat het niet zo nauw komt. Bijvoorbeeld bij brug openingen. Daar wordt nu gepland met netto openingstijden ipv met bruto openingstijden (netto openinstijd: de tijd dat de boten door kunnen varen, bruto openingstijd: de tijd dat trein verkeer niet mogelijk is).

Naast de regelgeving vindt Milan de plannormen in de Netverklaring niet goed. Bijvoorbeeld bij een Vertrek - Aankomst is zes minuten de plannorm. Er zijn locaties/haltes/stations waar in deze tijd drie treinen kunnen vertrekken en aankomen maar er zijn ook rangeerbewegingen waar meer tijd nodig is. Milan betwijfelt of het plannen in tienden van minuten zin heeft, vooral of machinisten wel zo precies kunnen rijden. Ook vertrek processen zullen niet op de seconde nauwkeurig zijn (bijvoorbeeld als een reiziger met een rollator instapt). In het gesprek bleek dat Milan vooral de voordelen nog niet vanuit VaCo gehoord, binnen ProRail weet dus nog niet iedereen wat de effecten hiervan zijn. In het gesprek kwamen we erop dat het ook voordelen kan hebben door de verdeling van dienstregelpunten, deze zijn vanuit de historie vastgesteld. Om dit aan te passen zijn er infrastructuur aanpassingen nodig. Soms liggen er een aantal punten vrij dicht achter elkaar, waar op elk punt afgerond moet worden.

D.13. Interview Ron Groeneveld

Respondent: Ron Groeneveld
Functie: Decentrale Verkeersleider
Bedrijf: ProRail
Interviewer: Tjerk Planting
Datum interview: 30 juli 2016

Op een verkeersleidingspost werken decentrale verkeersleiders (DVL) en Treindienstleiders (TD). Treindienstleiders zijn werkzaam in het nu moment; zij bewaken van X-15 minuten de veiligheid, door de Automatische Rijweg Instelling (ARI) in de gaten te houden en ze grijpen in bij verstoringen.

De decentrale verkeersleiders verwerken orders voor nieuwe treinen, dit gebeurt vanaf X-2 dagen t/m X-30 minuten; zij plannen dus de laatste treinen in. Bij de verkeersleidingspost Amsterdam komen de meeste aanvragen van NSR (50-75 per dag), ook komen er aanvragen voor goederen (20 per dag), bij de verkeersleidingspost Rotterdam komen door de Rotterdamse haven veel meer aanvragen voor goederentreinen. De treinpaden die aangevraagd worden zijn voor treinen die niet eerder aangevraagd hadden kunnen worden, bijvoorbeeld een gestrande trein die naar de werkplaats gesleept moet worden of een goederentrein die afhankelijk is van een vertraagd vrachtschip. Als een treinpad aangevraagd wordt, legt de DVL van het gebied waar de trein begint een kladlijn in. Deze kladlijn moet door de DVLs, waar binnen deze kladlijn ligt, getoetst worden. De DVLs kunnen de kladlijn accepteren of aanpassen, de aangepaste lijn moet de oorspronkelijke DVL weer toetsen.

Voor de toetsing is voor Ron uitvoerbaarheid het belangrijkste criterium. Dit doet Ron op basis van ervaring en door drie minuten ruimte voor en achter een trein te houden. Het systeem toetst hier niet op. Volgens Ron kunnen er geen treinen meer ingelegd worden als de DVL de opvolg- en overkruisnormen zouden hanteren. Ook vindt Ron het beter als een trein één keer op rood kan rijden dan dat die trein anders niet had kunnen rijden.

Naast het inleggen van extra treinen verwerkt een decentrale verkeersleider de treinomloop bij verstoringen. Hierin wordt geprobeerd om zo snel mogelijk de treinen van het huidige moment aan te passen en naar een stabiele treindienst toe te werken. Voor de meest voorkomende situaties liggen standaard protocollen klaar: de zogenoemde versperringsmaatregelen.

Dienstregeling

Vanuit de verkeersleidingspost Amsterdam ziet Ron twee lastige onderdelen aan de dienstregeling:

- **Transfercapaciteit op Schiphol is laag:** als een trein opgeheven wordt naar Schiphol is de capaciteit op de perrons voor sommige lijnen (waaronder richting Amsterdam Centraal) te laag. Als dit vanaf augustus gebeurt, wordt een andere trein opgeheven om de reizigers naar Amsterdam Centraal te vervoeren (maar vooral om het perron vrij te maken). Ron vindt het opmerkelijk dat hier het corridor rijden los wordt gelaten; en,
- **De 900 serie (IC-direct):** De Intercity Direct ligt in de media en politiek erg gevoelig, daarom krijgt deze op alles voorrang, ook als de IC-direct al veel vertraging heeft.

Software en Methode

Volgens Ron zijn er in de afgelopen jaren veel regels bijgekomen, 30 jaar geleden was Ron op de post bezig met treinen laten rijden en nu met regels volgen en dit is de veiligheid wel ten goede gekomen. Daarnaast gaat DVL niet volgens de regels om met goederenpaden: binnen het BU zijn er goederenpaden gereserveerd, dit is soms één pad per uur. De ruimte die in het tweede half uur ligt wordt door DVL ook gebruikt, terwijl dit eigenlijk geen pad is. Dit tweede pad is niet altijd de beste oplossing. Ook komt het voor dat goederenvervoerders wachten met aanvragen tot VL de planenn heeft, omdat de regels bij SD strenger zijn waardoor ze in de SD niet toegewezen worden.

Voor de software gebruikt Ron ISVL: hierin staan de orders voor extra treinen of aanpassingen aan treinen. Ook staat in ISVL alle meldkaarten van Nederland. Meldkaarten zijn berichten over een verstoring. De treinen worden ingelegd in VOS. Treindienstleiders werken met ARI, dit wordt gevoed door VOS. Op de verkeersleidingspost wordt er zonder Donna gewerkt wordt.

D.14. Interview Vincent Weeda

Respondent: Vincent Weeda
 Functie: Analist bij Prestatie Analyse Bureau
 Bedrijf: ProRail
 Interviewer: Tjerk Planting
 Datum interview: 3 juni 2016

Vincent is analist bij het Prestatie Analyse Bureau van ProRail. Bij het PAB onderzoeken ze afwijkingen van de realisatie met de dienstregeling. De aanleiding om het PAB te beginnen lag in 2001; toen de punctualiteit een dieptepunt had bereikt. Sinds 2006 is het PAB operationeel. De ambitie is dat de dienstregeling niet meer tot vertragingen leidt. In 2006 waren 75% van de vertragingen terug te leiden tot het ontwerp van de dienstregeling. Momenteel zijn minder dan 10% van de vertragingen terug te leiden tot fouten in de dienstregeling. In het begin van het PAB waren ze vooral druk met het vaststellen van de getallen van de uitvoering en wat de betekenis hiervan is. Het PAB heeft ook geadviseerd in de hoogte van de normen (rijtijdspeling, halteertijden en opvolgtijden) die gebruikt worden. In het begin van het PAB waren er weinig gegevens beschikbaar, daarom hebben ze geleerd om blij te zijn met wat er komt. Benodigde informatie komt veel van automatische meetgegevens. Deze sensoren worden voor de beveiliging gebruikt maar heeft ook informatie voor de analyses. Dit gebeurt met het programma TROTS. Een groot voordeel is dat deze systemen alle treinen meten/signaleren, dus zijn er per serie, per locatie, per dag al 36 meetpunten. Hierdoor zijn er snel voldoende gegevens verzameld voor de analyses. Deze gegevens worden aangevuld met gesprekken met machinisten en treindienstleiders maar ook met eigen waarnemingen op locatie, dit wordt vooral gedaan wanneer het niet voor de hand ligt wat de oorzaken achter de vertragingen zijn. Op dit moment is er zoveel informatie beschikbaar bij het PAB dat de mankracht een beperkende factor is in het aantal analyses.

Recent is er een waardevolle bron voor gerealiseerde snelheidsprofielen weggevallen. Dat komt omdat het een tijdelijk proef was, binnenkort komt hier een structurele oplossing voor. Deze snelheidsprofielen waren erg inzichtelijk bij het verbeteren van de rijtijd module in Donna. Het PAB heeft drie richtingen waar hun output naar toe gaat:

- basisuurpatroon, het PAB zit bij het BU proces. Hierdoor worden in het BU kleine wijzigingen meegenomen op basis van analyses van voorgaande jaren. Dit kan alleen wanneer de vertragingen tijdig gesignaleerd worden; in december gaat de dienstregeling in en in maart eindigt het nieuwe BU proces al. Na het wennen aan de nieuwe dienstregeling en met eventuele sneeuw hinder is er weinig tijd om te meten. Soms kan het ook nog in de BD fase meegenomen worden;
- Als de aanpassingen niet kunnen wachten op het nieuwe BU of BD dan is het mogelijk dat dit al meegenomen wordt in één van de wijzigingsbladen. Dit kan bij situaties gebeuren als grote vertragingen, veiligheid en om publicitaire redenen. Een groot nadeel aan het BDU aanpassen is dat hier weinig terugkoppeling is en vaak in een volgend BDU of BU deze informatie verloren gaat.
- Overig: dit kan op basis van een vraag van iemand uit de organisatie zijn of op eigen initiatief. Als het vraaggestuurd gebeurt is dit een redelijk effectief proces omdat het meestal iemand is die ook de sleutel tot de oplossing heeft. Wanneer Vincent zelf op zoek moet naar de sleutel heeft hij vrij veel overtuigingskracht nodig, vooral omdat het PAB niet over financiële middelen beschikt voor aanpassingen.

Bij het PAB wordt vooral getoetst op punctualiteit en uitval. Een derde toets is het aantal rood sein naderingen, dit zijn ongeplande stops die nadelig zijn voor de veiligheid, reizigers waardering, energieverbruik en punctualiteit. Bij punctualiteit is het lastig om een percentage aan te geven wanneer het nodig om er iets aan te doen, bijvoorbeeld een punctualiteit van 86% is onder gemiddeld maar nog niet verontrustend. Soms helpt het ook om op treinserie te kijken, dat zou nog meer kunnen gebeuren. Hierbij klagen de klanten vaak over de laagste uitschieters bij zo'n treinserie, waardoor het waardevol kan zijn om deze aan te pakken.

Dienstregeling

Vincent vindt de huidige keuzes voor het ontvlechten van de dienstregeling erg goed. Door het beperken van kruisende bewegingen zijn conflicten met andere treinen al niet meer mogelijk. Dit kan soms als consequentie hebben dat reizigers een overstap over slechtere verbinding hebben maar de gehele dienstregeling is beter. Een extreme variant van ontvlechten van kruisende bewegingen zijn vrije kruisingen (Fly-overs).

Een zwak punt in de Nederlandse dienstregeling zijn de ketens van afhankelijkheden. Door de cyclische eigenschappen van de dienstregeling zal een te lang proces in de cyclus door werken naar volgende cycli, waardoor een sneeuwbal effect ontstaat. Dit is iets wat met behulp van max-plus of de software PETER goed

zichtbaar te maken is. Bij een circuit op een enkelsporig baanvak moet er naast de kale rijtijden, kale overkruistijd en halteertijd een speling van 2 minuten per 15 minuten dienstregeling zitten. Hierdoor kan eventuele vertraging minder makkelijk ontstaat en als er vertraging is kan deze uitdempen.

Voor 2017 verwacht Vincent een beter dienstregeling door het gebruikt van gerealiseerde rijtijden. Door deze tijden is de basis erg strak en het is afwachten hoeveel er gedurende het proces van over blijft.

Het ETMET op de A2 corridor Amsterdam - Eindhoven ziet Vincent niet zitten: de samenhang van 6/6 (IC/SPR) met de kwartierdiensten (4/4) is erg lastig, ook is het naar Eindhoven niet nodig om aan de klantvraag te voldoen. Hogere frequenties gelooft Vincent wel in: 8/8 en 4/4 sluiten een stuk beter op elkaar aan. Dan zit er zeven of acht minuten tussen de treinen. Hierdoor hoeven geen hele lange treinen ingezet te worden. Vincent noemt drie voorbeelden van goede situaties;

- Los liggende lijnen zijn succes factoren: deze ondervinden geen hinder door de keten afhankelijkheid waardoor ze hun eigen plan kunnen blijven volgen;
- De Sprinter Nijmegen -> Den Bosch: deze lag er te krap in na station Nijmegen Govert en er werd met langzamer Sprinter materieel op het traject gereden. Door één minuut eerder te vertrekken uit Nijmegen is de punctualiteit gestegen van 75% naar 85%. Over het algemeen geldt als trajecten slecht presteren dat de eerste minuut veel oplevert in punctualiteit; en,
- 7900 Zwolle -> Enschede: Dit was een erg krappe dienstregeling, door een set aan maatregelen is de punctualiteit gestegen naar 90%. Dit waren maatregelen als het finetunen van tijden, een stop door timer op station Heino, een dwang aanpassen (er werd een langzaam spoor bij Nijverdal gebruikt) en door een onterecht ATB ingreep op te lossen. De ATB greep in terwijl de seinen op groen stonden. Dit kostte 20 seconden in de circuitytijd (op een enkel spoor).

Qua bottlenecks zijn dit volgens Vincent de slechtst presterende trajecten die door de dienstregeling veroorzaakt worden:

- 3000: Amsterdam -> Arnhem. Dit is de slechtste treinserie. Dit komt onder andere door de rijtijd foutjes in de dienstregeling en door de krappe sprinter (7400) ervoor; 75% van de vertragingen van de 3000 wordt door deze sprinter veroorzaakt. Er is al vrij veel geprobeerd en gezocht om de vertraging op te lossen, maar dit is nog niet gevonden. Het is nog onbekend of het in 2017 beter zal gaan;
- 2600: Schiphol -> Amsterdam Centraal. Eerst lag deze te krap en op dit moment ligt hij er te ruim in. Rond Hoofddorp is er veel hinder van de trein vanuit Vliissingen. De punctualiteit op deze lijn is 75-80%. Afhankelijk van het ontvlechten straks bij Schiphol zal dit beter gaan.
- 8800: Leiden -> Utrecht. Deze treinserie ondervindt veel kleine hinder, ook als deze op tijd vertrekt vanuit Woerden. Als de trein niet op perron 21 kan halteren is het al lastig in de basis. Waarschijnlijk zal dit door project DSSU in 2017 opgelost zijn.
- 5700 Amsterdam Zuid <-> Den Haag Centraal. In beide richtingen. Deze ligt er erg krap in (net 5% speling) en heeft veel kruisende bewegingen. Er waren in het verleden weinig mogelijkheden, met de dienstregeling van 2017 ligt deze er al beter in.
- 5200 Eindhoven -> Tilburg. Heeft erg korte opvolgingen en zowel Eindhoven als Tilburg is een overstapknoop waardoor er veel beperkingen in het ontwerp zijn. Daarnaast is het afhankelijk van ketens die net kunnen in de dienstregeling. Waarschijnlijk ligt dit stuk er met de dienstregeling van 2017 ook beter in.

Als station is Venlo in 2017 een erg lastig punt in de dienstregeling. Dit komt omdat er veel afhankelijkheden met de rest van het netwerk zijn. Daarnaast zitten er bij Venlo veel treinen op een kluitje en zijn er langzame rijwegen.

Software

Vincent gebruikt veel software om te monitoren, het belangrijkste programma is Sherlock. Waaronder SAP van Asset en het programma GOTCHA, GOTCHA registreert door het hele land de aslast. Dit wordt gebruikt om de massa van de goederentreinen te bepalen wat nodig is om de gebruikers vergoeding vast te stellen. Ook kan het gebruikt worden om de trein lengte vast te stellen en voor NS is het handig omdat het vlakke plaatsen op de wielen kan detecteren. Vincent is erg tevreden over de software. Alleen de rijtijdmodule van Donna zou beter kunnen.

Methodiek

Wat betreft de methodiek is er volgens Vincent de afgelopen jaren een hoop gewonnen in het gebruik van uitbuigen door planners. Als een planner een trein uitbuigt, wordt er extra rijtijd speling toegevoegd om een conflict te voorkomen (bijvoorbeeld een IC die achter een SPR rijdt). Het gevolg is dat de trein toch te vroeg aan kwam en daarom op een rood sein liep. In het verleden waren er geluiden dat er daarom naast

de minimale speling van 5% ook een maximale speling ingevoerd zou moeten worden. Momenteel wordt er veel minder uitgebogen, waardoor de geluiden voor een maximale speling niet meer hoorbaar zijn. Wel is de verdeling van de rijtijdspeling niet goed afgesproken: nu wordt er naar de cumulatieve tijd over een traject gekeken naar de rijtijdspeling, deze rijtijdspeling zou ook tussen dienstregelpunten aangegeven moeten worden.

Verder is volgens Vincent het gebruikt van Roberto een houtje-touwtje-methode. Er wordt al geprobeerd met IB conflict (infrastructuur bezettingsconflict) dit op te lossen, maar het IB conflict werkt nog niet goed. Daarnaast zijn de normen nu gelijk, waardoor er voor goederentreinen veel onjuiste normen gebruikt worden.

Als laatste noemt Vincent dat de seinplaatsing niet altijd handig is bij enkel spoor. Dit is zo geplaatst dat er achter een trein geen tweede trein aan mag/kan rijden. In de dienstregeling is dit ook nooit nodig, maar voor leeg materieel is dit soms wel nodig.

Wat betreft het materieel wordt er in Donna met materieelspecificaties van de verwachte/geplande treintype op een lijn gepland. De verschillen van de planning met de uitvoering met ander materieel zijn volgens Vincent beperkt. Volgens Vincent was er vroeger een onderscheid te maken tussen getrokken IC materieel en niet getrokken IC materieel, tegenwoordig is al het Intercity materieel niet meer getrokken. Het enige waar nog wel vertragingen zijn terug te vinden is als er met ouder sprinter materieel gereden wordt, terwijl er met een SLT gepland was. Voor Sprinters zijn er "twee groepen" te onderscheiden: nieuw Sprinter materieel (SLT/FLIT) en oud Sprinter materieel (SGM/DDZ).

Voor bloktijden gebruiken ze bij ProRail de volgende gegevens:

- Insteltijd (met wissel omzetten): 12 seconden;
- Insteltijd (zonder wissel omzetten): 4 seconden;
- Insteltijd (P-seinen): 1 seconden; en,
- Reactietijd machinist: 9 seconden. Dit is de afstand tot het sein dat de machinist de tractie uitschakelt, waardoor er al enige vorm van hinder is.

Wat betreft het aantal roodsein naderingen heeft Vincent de volgende informatie gegeven:

- Structurele roodseinnaderingen (>80%) zijn gelukkig zeldzaam geworden dus met Elst heb je wel een grote vis te pakken.
- Om precies te zijn meet ProRail de geelseinpassages. Wat daarna gebeurt kan variëren van een lichte remming waarna seinbeeldverbetering plaatsvindt, tot (bijna) stilstand. Omdat energie kwadratisch verloopt met de snelheid heb je met de initiële remming al de meeste energie verspild. Bovendien wordt bij een stop voor een station vaak nog maar tot 40 km/h opgetrokken en dat kost ook veel minder energie.
- De geelseinpassages zijn ooit ingedeeld in oorzaken, maar vanwege allerlei vergelijkbare initiatieven is dit algoritme niet bijgewerkt met nieuwste inzichten. Toch geeft dit een eenvoudige mogelijkheid om "gepland geel" bij inrijden van een knooppunt of stopdoorschakeling op rood te herkennen. Inrijseinen zijn niet te herkennen, dus stoppen vlak voor een station zit wel in de data.
- Een heel jaar aan data duurt lang, dus heeft Vincent Q2 gekozen, voor veel doelen een goede gemiddelde periode zonder zomervakantie of herstdrukke/bladeren. In het tweede kwartaal van 2014 waren er landelijk (alle vervoerders) gemiddeld per dag 11994 roodseinnaderingen (geelseinpassages) waarbij de 19530 geplande geelseinpassages bij stops niet meetellen. Nu had in 2014 Q2 gemiddeld per dag 8357 "ongepland" (en 14152 bij stops).
- Voor 2016 waren er gemiddeld 13159 per dag "ongepland" (en 20612 bij stops). Daarin valt een toename op, maar dat zou aan verkeersgroei kunnen liggen aangezien het gepland aantal ook toeneemt.

D.15. Interview Klaas Hofstra

Respondent: Klaas Hofstra
Functie: Senior adviseur infra ontwikkeling
Bedrijf: ProRail
Interviewer: Tjerk Planting
Datum interview: 1 juni 2016

Klaas is hoofd ontwerp bij ProRail, dit houdt in dat hij betrokken is bij infrastructuur functionaliteiten vanaf 2023. Daarnaast is Klaas ook betrokken bij het interpreteren van de toetsen op de aankomende dienstregelingen. Deze analyses worden gedaan door Royal Haskoning DHV, en worden geïnterpreteerd door Klaas.

Dienstregeling

In de huidige manier van ontwerpen vindt Klaas het basisuurpatroon een belangrijk instrument met kwartier diensten als basis. Het BUP is voor 2017 wel behoorlijk uitgeoptimaliseerd. Na 2017 is er niet heel veel meer te halen op het netwerk. Ook met de start van het PHS zullen er niet veel extra treinen gaan rijden, misschien een groei van 5% op landelijk niveau. De tien-minutendienst tussen Amsterdam Centraal en Eindhoven biedt een uitkomst voor station Amsterdam omdat het de er voor zorgt dat de zes treinen die vanuit Noord-Holland komen door kunnen naar Utrecht Centraal. Nu kunnen er vier treinen door rijden en keren twee treinen op Amsterdam. Dit kost meer tijd dan er beschikbaar is op de perrons tijdens de geplande ombouw van Amsterdam Centraal. De maatregelen uit het programma Beter en Meer zijn nodig voor een stabielere treindienst. Aan de huidige dienstregeling vindt Klaas dat de goederenpaden veel capaciteit vragen. De paden worden erg weinig benut. Klaas schat de bezetting op 10-20%. Een nadeel van het Basis halfuur Patroon is dat één goederenpad 36 keer per dag capaciteit vraagt. Daarnaast worden de goederenpaden ingelegd voor goedereentreinen met onrealistisch slechte rijkaracteristieken. Hierdoor gaat er veel capaciteit verloren en hebben machinisten van goedereentreinen moeite om in hun pad te blijven omdat de snelheid erg laag ligt. Klaas verwacht in de toekomst veel problemen, waarvan er twee al op korte termijn ontstaan:

- Op het traject Utrecht - Amersfoort omdat er meer treinen moeten gaan rijden dan fysiek past; en,
- De transfer capaciteit van Schiphol en Amsterdam Zuid. Wat betreft treinen gaat dat prima, maar de perrons kunnen de groei in reizigersstromen niet aan.

Software

Donna is erg goed geschikt als een administratie/communicatie systeem met alle vervoerders. Binnen Donna zijn de volgende functionaliteiten onjuist, waardoor Klaas er ook geen gebruik van maakt:

- Rijtijden worden niet goed berekend;
- Opvolgtijden & overkruisingen niet juist gedetecteerd; en
- Afronden zorgt voor verlies van waardevolle informatie.

Methodiek

Om betere dienstregelingen te krijgen vindt Klaas dat er microscopisch gesimuleerd moet gaan worden, dit kan op dit moment alleen met OpenTrack, een nieuwe tool, RailSys, is in ontwikkeling. Door de simulatie kan er niet meer getweakt worden door de planners. Planners hebben nu als doel om te zorgen dat Donna geen conflicten geeft, wat gemakkelijk door "slimäfronden" gehaald kan worden. Ook kunnen er door simulatie geen twee treinen meer te dicht op elkaar gelegd worden. De simulatie laat daarnaast goed zien wat de invloed is van een conflict op het netwerk. Momenteel wordt er gepland op basis van ongehinderde opvolgtijden, soms is het ook nodig om rekening te houden met gehinderde opvolgingen. Dit kan met microscopische simulatie wel. De essentie van plannen d.m.v. deterministische, microscopische simulaties is dat er een buffer toegevoegd wordt aan de opvolgtijd. Deze buffer staat beschreven in de Netverklaring (60s) en is bedoeld om de stochasticiteit in de processen op te vangen, zonder deze buffers is een treindienst niet mogelijk. Als deze buffer aangepast zou moeten worden, zou deze buffer volgens Klaas eerder verhoogd moeten worden dan verlaagd.

D.16. Vragenlijst

Onderstaande vragenlijst is als handvat tijdens de semi gestructureerde interviews gebruikt. Dit had als voordeel dat in elk interview dezelfde vragen behandeld zijn en aanvullingen mogelijk zijn. Afhankelijk van de rol die de respondent in het ontwerpproces heeft, is er meer of minder nadruk op enkele vragen gekomen.

1. Wat is je rol bij het ontwerpen van de dienstregeling?
 2. Welke keuzes/dilemma's kom je tegen tijdens het ontwerpen?
 3. Van wie/wat (personen/groepen/applicatie) krijg je input/informatie?
 - (a) Welke input/informatie?
 - (b) Is de informatie van voldoende kwaliteit?
 - (c) Mist er informatie?
 4. Aan wie geef je informatie/output?
 - (a) Welke output is dit?
 - (b) Waar moet de output aan voldoen?
 - (c) Krijg je terugkoppeling?
 - (d) Hoe/wat is deze eventuele terugkoppeling?
 5. Welke toetsen/criteria gebruik je om te checken of het resultaat voldoende is?
 - (a) Zijn deze toetsen/criteria goed genoeg?
 6. Welke sterke punten zitten er in de huidige dienstregeling (2016)?
 - (a) Waarom?
 7. Welke bottlenecks/problemen zijn er in de huidige dienstregeling (2016)?
 - (a) Waarom?
 8. Welke sterke punten verwacht je in toekomstige dienstregelingen (2017 en verder)?
 - (a) Waarom?
 9. Welke bottlenecks/problemen verwacht je in toekomstige dienstregelingen (2017 en verder)?
 - (a) Waarom?
 10. Wat zijn de sterke kanten van de huidige manier van plannen?
 - (a) Waarom?
 11. Welke beperkingen zijn er in de huidige manier/methode van dienstregeling planning? (normen, tijden)
 - (a) Waarom?
 12. Zou je willen dat er op een andere manier gepland gaat worden?
 - (a) Waarom?
 - (b) wat zijn hier de uitdagingen bij?
 - i. Inhoudelijk
 - ii. Procesmatig
 13. Van de software lijst; van welke maak je gebruikt?
 - (a) Welke beperkingen heeft deze software?
 - (b) Mist er nog software? Of functies?
 14. Voor een casestudie, heb je een idee voor traject/locatie en onderwerp?
 15. Heb je nog aanvullingen of andere interessante ideeën?
- Afsluiting: dank!

Woordenlijst

In deze woordenlijst zijn begrippen uit het rapport opgenomen. Het getal achter de omschrijving geeft aan op welke pagina(s) het woord/begrip te vinden is.

ARI is de afkorting voor Automatische Rijweg Instelling, ARI is een hulpmiddel voor de [treindienstleider](#). Zoals de naam al zegt, kan het systeem onder vooropgestelde voorwaarden automatisch rijwegen instellen (Infrasite, 2016). 14, 140

baanvak is een opeenvolging van aaneengesloten diensregelpunten en [vrijebanen](#), beginnend en eindigend in een diensregelpunt. De maximumsnelheid op een spoorlijn kan per baanvak verschillen, ieder baanvak in Nederland kent zijn eigen baanvaksnelheid (Infrasite, 2016). 7, 41

bijsturing is een term voor het herplannen van treinen op het moment dat deze al zijn vertrokken (ILT, 2014).. 42

blok is een stuk infrastructuur tussen twee seinen. Een blok kan uit verschillende [secties](#) bestaan. 15, 41, 139

bloklengte is de afstand in (kilo)meters van een [blok](#). 15, 139

bloktijd is de tijd dat een trein een blok bezet houdt, deze bloktijd is uit verschillende componenten opgebouwd. zie hiervoor 3.3.2. De bloktijd is metname afhankelijk van de [bloklengte](#). 14

dienstregelpunt is een primair gebied dat een aaneengesloten begrensde deel van het spoorwegnet vormt en dat een functie vervult bij het opzetten en vastleggen van de dienstregeling. De vertrektijden, aankomsttijden en doorrijtijden op deze punten worden in de dienstregeling opgenomen. Een dienstregelpunt is ook een meetpunt op een [emplacement](#) of [vrijebaan](#) waar een trein volgens dienstregeling op een tijd moet passeren om een eventuele afwijking vast te stellen en voor de procesleiding te verwerken. Er worden verschillende typen dienstregelpunten onderscheiden: aansluiting, beweegbare brug, eindstation, evenementenhalte, goederen [emplacement](#), grensstation, [halte,station](#) en wisseloverlopen op de [vrijebaan](#) voorzien van beveiliging (Infrasite, 2016). 13, 16, 87, 140

emplacement is spoorweginfrastructuur, bestaande uit wissels en bediende seinen. Dit kunnen zeer complexe locaties zijn, als emplacement Utrecht Centraal, maar ook plaatsen waar slechts een wissel ligt. Op een emplacement worden de rijwegen door de treindienstleider aangeboden (Infrasite, 2016). 10, 12, 139, 140

halte is een locatie waar reizigers kunnen in- en uitstappen via perrons op de [vrijebaan](#), vaak wordt een halte ook als [station](#) genoemd (Infrasite, 2016). 16, 41, 139, 140

initiële vertraging is een vertraging die ontstaat als vertrek vertragingen op het startstation en vertragingen van treinen die het netwerk inrijden (bij grensovergangen). 19

interlocking is een opeenvolgend gebied van beweegbare spoor elementen (wissels, ontspoorwissels en beweegbare bruggen). Het interlockingsysteem stuurt de wissels op routes waarbij afhankelijkheid tussen (en met) deze beweegbare elementen meegenomen wordt. Interlocking evalueert de spoorbezetting om een veilige route te kunnen garanderen (Bosschaart, 2013). 8–10, 12

kopmaak is het van rijrichting veranderen van de trein. (OVinNederland, 2016a). 37

korte stop is een stop op een station of halte waar de vertrek minuut gelijk is aan de aankomst minuut (Infrasite, 2016).. 16

- macro** is een term om de mate van detail- of schaalniveau aan te geven. Macro is het grootste of meest geaggregeerde niveau. De andere niveaus zijn **meso** en **micro**. 12, 140
- meso** is een term om de mate van detail- of schaalniveau aan te geven. Meso is het middelste niveau en valt tussen de andere niveau **macro** en **micro**. 12, 140
- micro** is een term om de mate van detail- of schaalniveau aan te geven. Micro is het kleinste of meest gedetailleerde niveau. De andere niveaus zijn **meso** en **macro**. 12, 140
- opvolging** vindt plaats wanneer twee trein bewegingen achtereenvolgens in dezelfde richting plaatsvinden, en beide treinen hetzelfde in- OF uitrijspoor hebben (ProRail, 2016b). 7, 13, 140
- op zicht** rijden is een aanwijzing van de **treindienstleider** of van een sein. Bij rijden op zicht is het toegestaan om verder te rijden met een snelheid waarbij op elke plaats, waar nodig, gestopt kan worden. De snelheid mag hierbij niet hoger zijn dan 40 km/h (Infrasite, 2016). 10
- overkruising** vindt plaats wanneer twee trein bewegingen van of naar een dienstregelpunt rijden over routes die gedeeltelijk gemeenschappelijke infrastructuur hebben en niet beiden hetzelfde in- of uitrijspoor hebben. Een overkruising kan tegengesteld of in dezelfde richting plaatsvinden (ProRail, 2016b). 7, 13, 140
- overloop** is een voorziening om op een **vrijebaan** van spoor te wisselen via wissels (ProRail, 2016b). 41, 139
- primaire vertraging** is een vertraging die veroorzaakt wordt door variaties in procestijden, waardoor de werkelijke proces tijd langer is dan de geplande proces tijd. 19
- rijdtijdspeling** bovenop de technische minimale rijtijd wordt een rijtjidspeeling van 5% plus een halve minuut per blokpunt toegevoegd. Dit om de kleine verstoringen in processen op te kunnen vangen (ProRail, 2015b). 7, 16
- rijweg** is een stuk spoor op een **emplacement** dat gereserveerd is voor en eventueel bezet is door een trein of rangeerdeel. Een rijweg wordt ingesteld door een **treindienstleider** of **ARI**. 7, 10
- ROBERTO** is de Rij en Opvolgtijd Berekenings Tool voor het berekenen van daadwerkelijke tijden van **opvolgingen** en **overkruisingen**, voor meer informatie zie pagina 26. xxi, 13, 26, 31, 53, 71
- sectie** is een door sectiescheidingen afgebakend stuk spoor dat als geheel in de beveiliging beschikbaar of bezet wordt gemeld. Dus de kleinste eenheid railinfrastructuur die tegelijk in gebruik kan zijn (Infrasite, 2016). 15, 139
- simulatie** is een nabootsing van de werkelijkheid, in veel gevallen met behulp van een model van die werkelijkheid. Vanuit een gegeven Ausgangssituatie (bijvoorbeeld dienstregeling), laat een simulatie zien hoe deze situatie verandert en zich ontwikkelt in de loop van de tijd. Het model geeft daarbij de regels aan volgens welke deze verandering plaatsvindt. 12
- station** is een locatie waar reizigers bij een trein kunnen in- en uistappen via perrons, op een **emplacement**. Een perron op een **vrijebaan** is officieel geen station maar een **halte** (Infrasite, 2016). 7, 16, 17, 139
- Stop Tonend Sein** is niet meer dan dat een sein dat aangeeft dat de machinist de trein voor dit sein tot stilstand gebracht moet hebben. Het meest bekende stoptonende sein is het rode sein (Infrasite, 2016). 11
- treindienstleider** zit op de verkeersleidingspost en stelt de rijwegen voor de treinen in, al dan niet met hulp van **ARI**. Hierbij is het mogelijk voor de treindienstleider om met machinisten te communiceren. Bij incidenten anticipeert de treindienstleider om het treinverkeer zo goed mogelijk te laten verlopen (Infrasite, 2016). 10, 14, 139, 140
- treinpad** beschrijft het gebruik van de infrastructuur door een trein. Dit is een 'lijn' op de infrastructuur over de tijd (Hansen and Pacht, 2014). 7, 14, 41
- vrijebaan** is spoorweginfrastructuur, een verbinding tussen twee **dienstregelpunten** waarin geen wissels liggen (Infrasite, 2016). 12, 41, 139, 140