

De statische wissel de wissel die nooit faalt



Lucas Mortier

4889789

17 Januari 2022

Technische Universiteit Delft

Begeleiders:

Dr.Ir. E. Schrik CEng (Mott MacDonald)

Ir. R. Schalk (Mott MacDonald)

Dr. V.L. Markine

Prof.Dr.Ir. R.P.B.J. Dollevoet

VOORWOORD

Dit rapport is geschreven als Bachelor Eindwerk voor de Bachelor Civiele Techniek aan de Technische Universiteit Delft. Het eindwerk heeft als doel mij te testen in het doen van onderzoek, opstellen van een geordend rapport en het trekken van conclusies.

Dit rapport was alleen mogelijk met de dagelijkse begeleiding van Eelco Schrik en Ricks Schalk (Mott MacDonald). Met hun hulp en visie heb ik overzicht kunnen krijgen over de grote hoeveelheid aan informatie die ik heb verzameld. Daarom wil ik ook Gertjan van Rhee (Systeemmanager Wissels, ProRail), Theo Kruse (Systeemspecialist Civiel, ProRail), Janneke Tax (Asset Manager Tram, GVB) en Gert Loogman (Maintenance Engineer Tram Baan, GVB) bedanken voor expertise en kennis die ik heb mogen ontvangen van hen in interviews.

Delft, Januari 2022

SAMENVATTING

Dit rapport behandelt de onderzoeksvraag: “*Wat is de toepasbaarheid van een statische wissel?*”. In dit onderzoek wordt dus een statische wissel onderzocht. Een statische wissel is een wissel dat geen bewegende delen bezit en waarbij wordt aangenomen dat de wissel niet langs de punt bereden kan worden.

Eerst wordt in hoofdstuk 2 vastgesteld welke verschillende soorten wissels al bestaan, zodat een vergelijking gemaakt kan worden tussen deze wissels en een statische wissel. Zo wordt de standaard wissel in de heavy rail onderzocht, maar ook de Engelse wissel, een concept van een WIRAS-wissel door Ingenieur Richard de Roos en een terugklapwissel uit tramspoor.

Om vast te stellen wat de huidige restricties zijn van een standaard wissel, worden de Europese normen (TSI en de ontwerpvoorschriften van ProRail doorgenomen in hoofdstuk 3. Belangrijke elementen in wissels zijn daarom: puntstukken, stompe kruisingen, bochtlimieten, toepassingsgebieden, raakvlakken en wisselbedieningen.

In hoofdstuk 4 worden de verschillende vormen van storingen behandeld met daarnaast welk onderhoud daarbij komt kijken. Zo is duidelijk geworden dat NIC-meldingen (niet in controle) de grootste vorm van klanthinder zijn en dat deze grotendeels komen door het falen van het controlesysteem van wissels. Onderhoud vindt het meeste plaats bij de volgende onderdelen van een wissel: puntstukken/hartstukken, wisselstellers, wisseltongen, het controle circuit, ballastbed & spoorbielzen (sleepers) en slijpen van spoorstaven. De terugklapwissel en statische wissel lijken een oplossing te bieden voor deze storingen en het onderhoud.

In hoofdstuk 5 wordt de inpassing van statische wissels onderzocht. Dit wordt gedaan door te zoeken in heavy rail, bedrijfsterreinen en remises, tramspoor en metrospoor naar wissels die (vrijwel) alleen samenvoegend werken. Hierbij wordt duidelijk dat bedrijfsterreinen & remises en tramspoor het meeste een statische wissel aanvaarden. Heavy rail heeft veel last van het feit dat de wissel niet langs de punt bereden kan worden. Metrospoor laat duidelijk zien dat een toepassing van een statische wissel ongewenst is.

In hoofdstuk 6 is naast deze onderzochte aspecten rond wissels, ook gekeken naar wat de interactie tussen voertuig en wissel is. Zo is vastgesteld dat reizigerscomfort, slijtage aan het voertuig en ontsparingen de belangrijkste aspecten zijn. De WIRAS-wissel presteert hierbij het beste.

Na al deze aspecten te hebben onderzocht is een totale analyse gedaan waarbij beoordelingen zijn gedaan per wissel. Hieruit volgt dat een statische wissel niet gewenst is in heavy rail, maar wel in tramspoor. Ook werd duidelijk dat het concept van een WIRAS-wissel en de terugklapwissel wenselijker zijn dan de standaard wissel zelf, maar blijkbaar ook dan een statische wissel. De totaalscores die elke wissel heeft gekregen zijn in Tabel 1 te zien en in hoofdstuk 7 toegelicht.

Tabel 1 Totaalscores op alle aspecten voor verschillende wissels

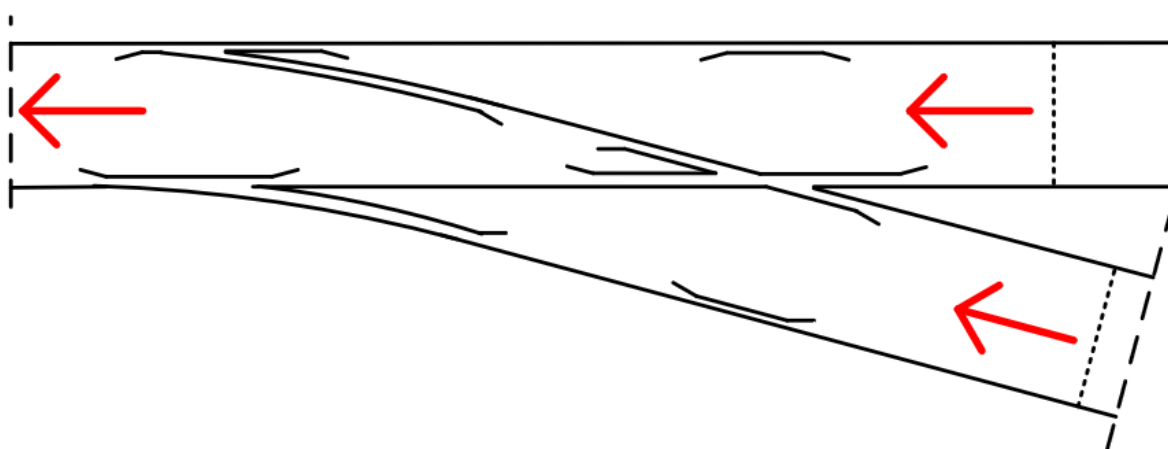
Soort wissel	Heavy rail toepassingen	Standaard wissel	Engelse wissel	WIRAS wissel	Tramrail toepassingen	Terugklapwissel		Statisch wissel
Alle aspecten								
Totaal		-2.25	-4	0.95		-1.43		-4.30

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	ii
Samenvatting	iii
1 Inleiding.....	1
1.1 Concept: “Een Statische Wissel”	1
1.2 Doelstelling	1
1.3 Plan van aanpak	2
2 Bestaande wissels	3
2.1 Standaard wissel	3
2.2 Andere typen wissels	7
2.3 Wissels in tramsporen.....	9
3 Technische restricties	11
3.1 Eisen volgens TSI	11
3.2 Eisen volgens ProRail	13
3.3 Aanbevelingen op technisch gebied	14
4 Effect op storingen & onderhoud	16
4.1 Niet bestuurbare wissels.....	17
4.2 Zwakste elementen van wissels.....	17
4.3 Vergelijking tussen wissels.....	18
4.4 Onderhoud bij wissels.....	18
4.5 Aanbevelingen op gebied van storingen & onderhoud	19
5 Operationele grenzen	21
5.1 NS/ProRail hoofdspoorwegen.....	21
5.2 Bedrijfsterreinen/opstelsterreinen	22
5.3 Tramspoor GVB en RET	24
5.4 Metrospoor GVB en RET	26
5.5 Aanbevelingen op operationeel gebied.....	27
6 Interactie tussen voertuig en wissel	29
6.1 Reizigerscomfort	29
6.2 Slijtage aan het voertuig	29
6.3 Herkomst ontsporingen	30
6.4 Aanbevelingen op gebied van voertuiginteractie.....	30
7 Vergelijking wissels met statische wissel	32
7.1 Knelpunten van verschillende wissels	32
7.2 Analyse van verschillende wissels.....	34

8	Conclusies en aanbevelingen	36
A.	Literatuurlijst.....	37
B.	Ontwerpvoorstellen	38
C.	Inpassing statische wissel	40
C.1	NS/ProRail hoofdspoorwegen	40
C.2	Bedrijfsterreinen/opstelsterreinen	41
C.3	Tramspoor GVB en RET	43
D.	Inpassing statische wissel; langs de punt bereden	47
E.	WIRAS-wissel, Californisch wissel en groefrails	54
F.	Interview ProRail 1.....	56
G.	Interview ProRail 2.....	61
H.	Interview GVB	64

1 INLEIDING



Figuur 1.1 Schets van een statische wissel

1.1 CONCEPT: “EEN STATISCHE WISSEL”

Het huidige spoor in Nederland kent vele wissels. Wisselstoringen op het spoor zijn dé grote boosdoener van treinvertragingen. De reden waarom wissels storingen kunnen hebben, is vanwege het feit dat de bewegende delen (wisselstellers en wisseltongen) vastzitten. Een wissel die deze elementen niet meer heeft en daarom ook niet meer kan blokkeren op die manier, vergt mogelijk minder onderhoud, minder monitoring en dus uiteindelijk minder kosten.

Zo'n wissel, met minder tot geen beweegbare delen kan dus een zogenaamd “statische wissel” genoemd worden (passieve wissel bijvoorbeeld ook). Een statische wissel wordt gezien als een wissel die (bijna) geen bewegende delen heeft waarmee deze wissel twee stromen samen kan voegen. Deze wissels missen de wisselstellers en wisseltongen waarmee normale wissels treinen in goede banen leidt.

Deze statische wissel dient vooral voor het samenvoegen van aparte stromen. Er wordt daarom in dit onderzoek aangenomen dat de wissel niet vanaf de punt bereden kan worden. Hier zouden namelijk aparte aanpassingen voor gedaan moeten worden, boven op de voorzieningen die worden getroffen om dus de wissel al zonder de wisselstellers en wisseltongen te laten functioneren. Dit valt buiten de visie van dit onderzoek en wordt daarom niet onderzocht.

1.2 DOELSTELLING

Dit rapport heeft als doel te onderzoeken of “statische wissels” gewenst zouden zijn in Nederlandse spoorwegen en bepalen waar dit dan het geval is. Door middel van verschillende interviews zal kennis worden opgedaan over het gebruik van wissels op het moment, zodat een reële schatting gedaan kan worden voor het gebruik van “statische wissels”.

De onderzoeksvraag die daarom wordt aangehouden is “*Wat is de toepasbaarheid van een statische wissel?*” Met behulp van de volgende subvragen wordt deze beantwoord:

Hoofdstuk 2 - Wat zijn wissels nu en welke varianten bestaan er?

Hoofdstuk 3 - Wat zijn de eisen aan standaard wissels en wat betekenen die voor statische wissels?

Hoofdstuk 4 - Wat zijn gebreken aan wissels en wat zijn oplossingen die gebruikt worden?

Hoofdstuk 5 - Waar liggen wissels die voornamelijk samenvoegend werken?

Hoofdstuk 6 - Wat is de interactie tussen voertuig en wissel?

1.3 PLAN VAN AANPAK

Om realistische aannames te kunnen doen in dit onderzoek, wordt gebruik gemaakt van literatuur om de samenstelling en huidige gebruik van wissels te kunnen omschrijven. Een groot deel van deze informatie is te danken aan het werk van Coenraad Esveld in zijn boek "Modern Railwaytrack" (Esveld, 2001). Na de beschrijving van een standaard wissel, wordt een opsomming gemaakt van verschillende soorten andere wissels die bestaan, in heavy rail maar ook in tramrails.

Hierna wordt er gekeken naar de verschillende eisen die wissels hebben. Zo kan een duidelijk beeld geschetst worden waaraan een statische wissel zou moeten voldoen en welke eisen juist minder belangrijk worden voor statische wissels. Deze eisen worden verkregen door Europese normen beschreven in TSI en normen opgesteld door ProRail.

Door literatuuronderzoek en interviews wordt achterhaald wat de voornaamste problemen zijn met wissels in het spoorwegennet. Verschillende soorten storingen worden geëvalueerd. Dan wordt gekeken naar welke oplossingen op het moment gebruikt worden. Daarnaast wordt er ook gezocht naar aanpassingen die momenteel gebruikt worden om deze problemen aan te passen. Zo kan gevonden worden of statische wissels daadwerkelijk een unieke oplossing kunnen bieden die nuttig kan zijn.

Daarnaast wordt er gebruik gemaakt van databases (*Sporenplannen*, 2021), spoorkaarten (NS, 2021b) en dienstregelingen (NS, 2021a) om vast te stellen waar statische wissels ingepast zouden kunnen worden in het Nederlands spoorwegennet. Naast het nationale spoor wordt er ook gekeken naar bedrijfsterreinen en opstelsterreinen, maar ook tram- en metrokaarten zoals die van de RET in Rotterdam en GVB in Amsterdam. Zo kan een duidelijk beeld geschetst worden van alle locaties waar (alleen) samenvoegende wissels aanwezig zijn.

Niet alleen literatuuronderzoek wordt gebruikt als bron, er worden ook gesprekken gevoerd met bedrijven zoals ProRail en GVB, om van hun ervaring gebruik te maken, zodat gegronde conclusies getrokken kunnen worden. Daarnaast kunnen zij ook aangeven wat hun bevindingen zijn over een statische wissel en aangeven welke gebreken zij kennen in hun werkgebied dat deze wissel wel of niet kan oplossen.

Wanneer alle aspecten onderzocht zijn, kan een vergelijking gedaan worden van de verschillende prestaties van alle onderdelen. Met plussen (+) en minnen (-) worden voordelen en nadelen weergegeven van elk aspect per wissel. Zo kunnen totaalscores verkregen worden voor wissels door deze punten op te tellen: zo zouden een combinatie van ++, +++, - - en – een totaalscore geven van +2. Deze scores worden daarna tot gemiddeldes gerekend, aangezien sommige aspecten meerdere onderdelen bezitten, dus deze vier onderdelen zorgen in het voorbeeld voor een score van $2/4 = \frac{1}{2}$. Om een beoordeling te doen die duidelijk weergeeft wat de prestatie is van elke wissel, worden bepaalde aspecten hoger gewogen dan andere. Zo tellen technische restricties het laagst (x1). Storingen en onderhoud hoger (x2), dit brengt namelijk de gewenstheid over van het willen verwijderen van storingen bij wissels. Operationele grenzen het hoogst (x3), aangezien deze bepalen of een wissel überhaupt geplaatst kan worden. Interactie tussen voertuig en wissel wegen evenveel mee als technische restricties (x1).

N.B. In dit verslag wordt "de wissel" gebruikt, in spoorwegjargon is het daarentegen ook gebruikelijk om "het (spoor)wissel" te gebruiken.

2 BESTAANDE WISSELS

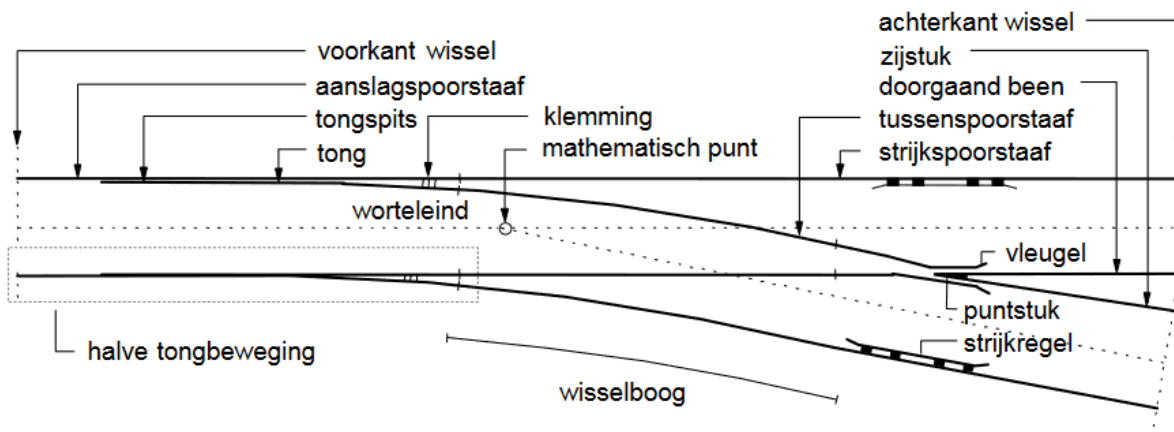
In dit hoofdstuk wordt een overzicht van wissels verkregen, door gebruik te maken van onder andere het boek "Modern Railway Track" door Coenraad Esveld (Esveld, 2001). In het kort worden standaard wissels beschreven, de verschillende variaties hierop en daarnaast ook systemen waarmee wissels in de gaten worden gehouden. Naast de algemene omschrijving van wissels in heavy rail, worden ook variaties op de standaard wissel voorgelegd.

2.1 STANDAARD WISSEL

Er zijn verschillende typen wissels, met allemaal net andere geometrie en functie. De standaard wissel wordt gezien als een wissel die twee richtingen samenvoegt naar één richting en één richting tot twee richtingen splitst. De drie hoofdfuncties van een wissel zijn daarom:

- **Wisselen** (het kunnen splitsen en samenvoegen van richtingen)
- **Geleiden en dragen** (het vloeiend leiden van treinen door een wissel en kunnen dragen)
- **Isoleren en verbinden** (de installatie waarmee besturing en controle wordt verricht)

Figuur 2.1 hieronder laat zien wat de verschillende elementen bij een "normale" wissel zijn:

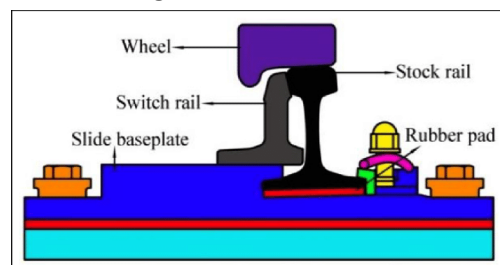


Figuur 2.1 Gewone wissel (Esveld, 2005)

Wissels kunnen verschillende manieren hebben waarmee hun wisseltongen kunnen worden verplaatst. De wisseltongen zijn meestal kleiner dan de gewone spoorstaven, hierdoor hoeven wisselstellers (point machines) weinig kracht uit te oefenen om de wisseltongen van positie te laten veranderen. De dwarsprofielen van zulke wissels zijn in Figuur 2.2 weergegeven.

De wisseltong is dus in totale hoogte kleiner, maar zorgt er niet voor dat het wiel van de trein zou moeten zakken. Daarvoor is de schuifplaat (slide baseplate) aangebracht. Hierover glijdt de wisseltong van de ene naar de andere stand.

Wisselstellers kunnen elektrisch, hydraulisch en pneumatisch functioneren en het sluitsysteem, waarmee de wisseltongen vastgezet worden, verschilt tussen middel- en hogesnelheidstreinverkeer. Het aantal wisselstellers neemt namelijk toe naarmate wissels langer worden. Deze wisselstellers worden niet alleen gebruikt voor de wisseltongen, maar deze zijn ook aanwezig bij het puntstuk (zoals te zien is in Figuur 2.5).



Figuur 2.2 Aansluiting wisseltong en spoorstaaf (Ma et al., 2018)

Aangezien deze mechanismen gevoelig zijn voor koud weer (vriezen, sneeuw, koude regen etc.), waardoor ze kunnen blokkeren, worden ze d.m.v. gas of elektriciteit verwarmd. Deze verwarmingselementen worden meestal lintelementen genoemd.



Figuur 2.3 Elektrisch lintelement (Wikipedia, 2010b)



Figuur 2.4 Gas lintelement (Wikipedia, 2010a)

Naast deze elementen bestaat ook nog de strijkgel. Deze voorkomt dat het wiel van het kopstuk kan afglijden wanneer deze de sprong maakt naar het andere stuk spoor.

Belangrijk om op te merken, is het feit dat wissels in principe schuin in het vlak gelegd kunnen worden. Dus in een situatie van een bocht, kunnen spoorstaven ook in de wissel schuin staan. Dit brengt wel problemen met zich mee. Daarom wordt dit eigenlijk altijd voorkomen en worden wissels altijd vlak gelegd. Er is dan namelijk geen helling meer aanwezig. Wat wordt gedaan, om de overgang van schuin spoor naar een vlakliggende wissel mogelijk te maken, is het toevoegen van zogenaamde wringingselementen. Zie "3.2 Eisen volgens ProRail" voor meer informatie hierover.

Hogesnelheidsspoor

Wissels die liggen in spoor dat dient voor hogesnelheidslijnen, hebben aanpassingen nodig, om ontsparingen van treinen te voorkomen. Een groot verschil dat zich voordoet bij hogesnelheidsspoor is het feit dat wissels veel langer moeten zijn. De hoek waaronder de twee samenvoegende/splitsende richtingen samenkomen is namelijk scherper dan 1:29 (Esveld, 2001).



Figuur 2.5 Wissel in hogesnelheidsspoor (AgicoGroup)

In bovenstaande Figuur 2.5 is een wissel te zien dat behoort tot hogesnelheidsspoor. Wat hier belangrijk is om op te merken, is het feit dat de punt (die hier in het midden te zien is van de afbeelding) bij hogesnelheidslijnen verstelbaar is. Dit beweegbaar puntstuk is langer en er zijn stellers aanwezig die het puntstuk kunnen verplaatsten van positie.

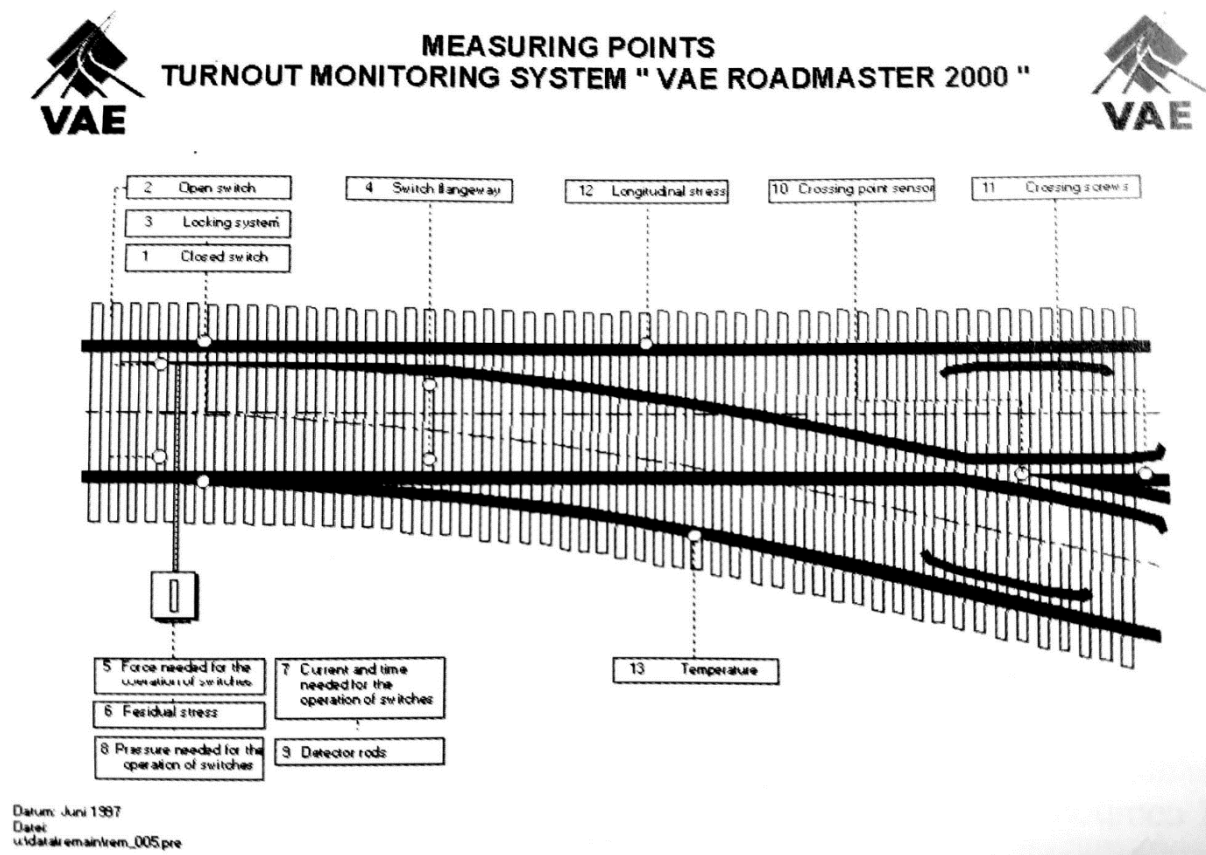
Management van wissels

“Wissels (en kruisingen) bezitten in spoorwegonderhoud een aandeel van ongeveer 25% van het budget.” (Esveld, 2001). Wissels en kruisingen worden nog op standaard manier (wel met de hulp van computers) bekeken en geanalyseerd. Het lijkt mogelijk om de toekomst de wisselbediening geheel te automatiseren. Dit was de conclusie in 2001 van C. Esveld. Tegenwoordig is dit werkelijkheid geworden en worden met een landelijk systeem wissels gecontroleerd en bestuurd.

Met behulp van verschillende programma's, wordt toegestuurde data verwerkt en gevisualiseerd als hulpmiddel bij inspecties. De volgende data worden gemeten en verwerkt:

- Ultrasoon (vibraties)
- Wisselsteller (toestand van apparaat)
- Veranderingen in de geometrie (verplaatsingen)
- Materiaal toestand (slijtage)

De punten bij een standaard wissel waar automatische metingen worden gedaan zijn in Figuur 2.6 afgebeeld:



Figuur 2.6 Monitor systeem van VAE (Esveld, 2001)

ProRail, spoorwegbeheerder in Nederland, maakt op het moment gebruik het systeem WENS (van Gompel, 2021). Het **WENS** systeem houdt het gebruik van de wissels en het spoor op nationale schaal bij. Het is in principe een algoritme dat bijhoudt hoe wissels en spoorstukken worden beïnvloed door treinverkeer. Dit systeem houdt bij: treinverkeer, wisselbesturing, WILD (Wheel Impact Load Detection) data, infrastructuur van het spoor en de wissels.

Dit systeem geeft visie in overbelasting door hoge as-lasten of problemen met wielen van de treinen. Daarnaast kan met WMS (Wayside Monitoring System) en smart sensing gemonitord worden wat de bezetting is van het spoor. Zo kan een duidelijk beeld gecreëerd worden van het gebruik van alle stukken spoor.

Onderhoud

Onderhoud van spoorwegen wordt gezien als: het onderhouden en/of vervangen van spoor. Dit kan met de hand en mechanisch gedaan worden. Bij onderhoud wordt er gedaan (Esveld, 2001):

Handmatig: Lassen aan het oppervlak, wissels, vlakke kruisingen en structuren
Mechanisch: Aanstampen (tamping), regulatie van ballast, stabilisatie van ballast, slijpen van spoorstaven, verbindingen rechtzetten en ballast schoonmaken

Bij vervanging wordt gedacht aan:

Handmatig: Specifieke onderdelen
Mechanisch: Continu spoor of panelen, gehele wissels of onderdelen, vormen en structuren

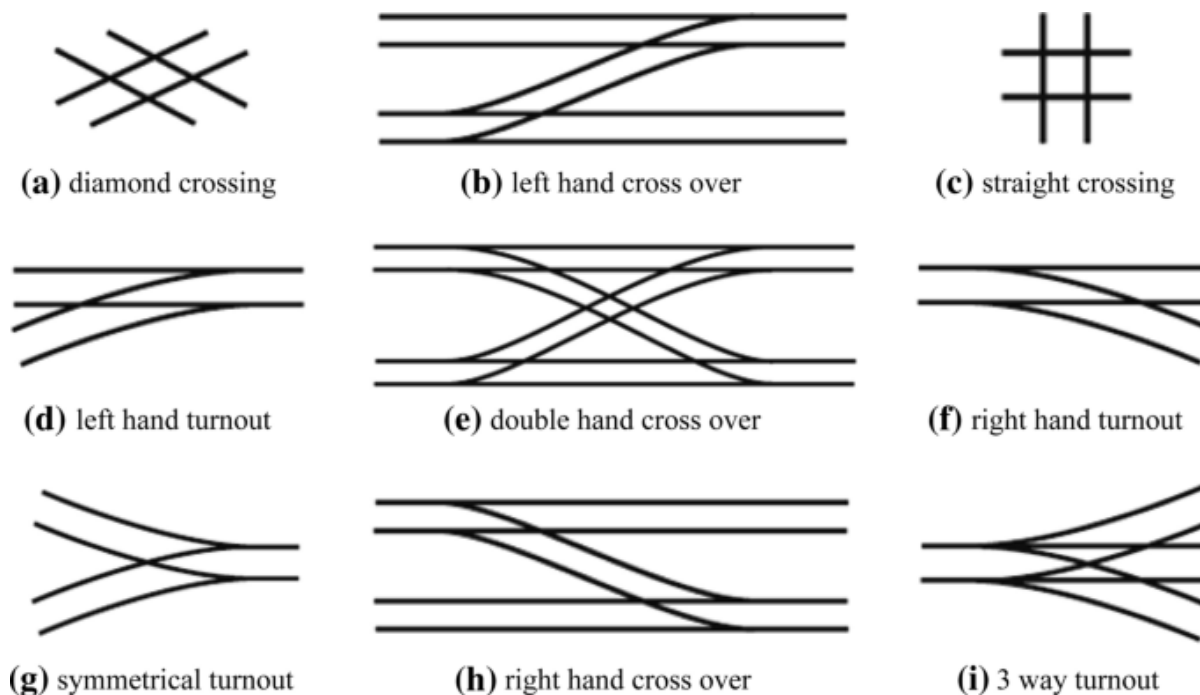
Belangrijke onderhoudsmethoden voor wissels zijn dus vooral het slijpen van spoorstaven, reparatie van ballast en het vervangen van elementen van de wissel (of de gehele wissel).

Als wordt gekeken naar een toepassing van statische wissels, kan dit voor onderhoud een probleem geven. Onderhoudsmachines die op spoor rijden, hebben voornamelijk de voorkeur om voor- en achteruit te kunnen rijden (Rhee, 2021). Als een statische wissel dus niet langs beide kanten bereden kan worden, brengt dit grote beperkingen met zich mee.

2.2 ANDERE TYPEN WISSELS

Naast de standaard wissel zijn er ook de volgende andere geometrieën die kruisingen kunnen hebben:

- Standard turnout (left- and righthand)
- Symmetric and 3-way turnouts
- Straight crossing
- Diamond crossing (double and single slip)
- Combinaties van deze typen kunnen de connectie tussen twee aparte spoorlijnen vormen zoals (b, e en h) aangeven in de figuur hieronder



Figuur 2.7 Verschillende typen wissels (Rahmani & Seyedhousseini, 2021)

Het wezenlijke verschil tussen de standaard wissel en de symmetrische wissel, is het feit dat bij de standaard wissel één richting rechtdoor blijft gaan. De symmetrische wissel heeft twee richtingen die met dezelfde hoek afhaken van de initiële richting.

Een “diamond crossing” heeft de mogelijkheid om alleen richtingen elkaar te laten kruisen. Er wordt dan niet naar andere richtingen gewisseld. Een andere toepassing van een diamond crossing, is met double en single slip. Dit laatste houdt in dat er daadwerkelijk gewisseld kan worden in deze diamond crossing: namelijk langs één zijde of beide. Op de titelpagina is een afbeelding te zien met diamond crossings die double slip gebruiken. Zo’n wissel wordt ook wel een Engelse wissel genoemd. In het geval van single slip, wordt zo’n wissel meestal een “halve Engelse wissel” genoemd.

De Engelsman (Engelse wissel)

Een speciaal soort wissel, dat langzaam uit het Nederlands spoorwegennet verdwijnt wanneer deze einde leven is (in plaats van repareren), is de Engelsman/een Engelse wissel. Deze wissel staat toe dat twee stukken die elkaar schuin kruisen en dat elk kan wisselen naar de andere baan. Een richting kan dus rechtdoor blijven rijden, of afbuigen met het kruisende spoor mee.

Het interessante aan deze wissel, voor dit onderzoek, is het feit dat de wissel in de ban wordt gedaan. De wissel, alhoewel deze veel functionaliteit geeft, vergt veel onderhoud en heeft veel last van storingen. Bij einde levensduur wordt de Engelse wissel meestal vervangen door twee standaard wissels. Dit neemt daarentegen wel veel meer ruimte in.



Figuur 2.8 Engelsman in Amersfoort 2006 (Spilt, 2006)

Een mogelijke oplossing zou dus kunnen zijn om de helft van deze wissel statisch te maken. Op die manier zouden er dus minder bewegende delen aanwezig zijn, waardoor de wissel compact kan blijven maar dus minder onderhoud zal vergen dan de normale Engelsman.

WIRAS – winterproof spoorwegwissel

Rond 2018 heeft ingenieur Richard de Roos een ontwerp geleverd voor een wissel dat volledig “winterproof” is, WIRAS. Dit ontwerp houdt in dat er verticaal bewegende onderdelen zijn, die de banen voor de trein creëren. Dit is in plaats van de wisseltongen die dus normaal horizontaal bewegen (Roos, 2021).

Het feit dat deze wissel ook verticaal bewegende elementen heeft zitten bij het puntstuk is eigenlijk belangrijker dan het feit dat deze winterproof is. Dit puntstuk kan veel beter bereiden worden aangezien er geen onderbreking meer is in het spoor.



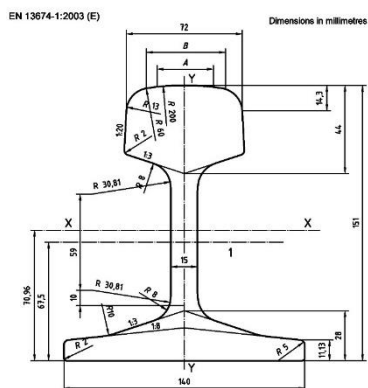
Figuur 2.9 Verticaal beweegbare elementen zijn te zien in de groeven (Mortier, 2021)

In het Stevin-laboratorium van de TU Delft staat een prototype (wel zonder het puntstuk-gedeelte). In Figuur 2.9 zijn de verticaal beweegbare elementen net te zien tegen de “gewone” spoorstaven aan. Wanneer het linkerdeel omhoogkomt, gaat het rechterdeel omlaag en vice versa. Met een paar wisselstellers en een constructie tussen de spoorstaven, kunnen de verticaal bewegende delen omhoog en omlaag gebracht worden.

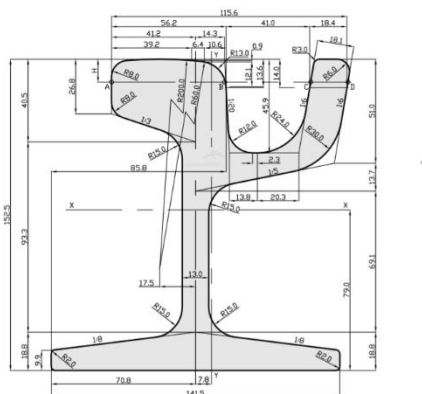
In bijlage E zijn schematische weergaven te zien van deze wissel.

2.3 WISSELS IN TRAMSPOREN

Om te zien of wissels in tramsporen van nut kunnen zijn in een toepassing van statische wissels in een hoofdspoor, worden deze ook geanalyseerd. Een tramspoor is in wezen totaal anders dan hoofdspoor. In een hoofdspoor wordt vignolrails gebruikt en in tramspoor groefrails, zoals te zien hieronder in Figuur 2.10 en Figuur 2.11.



Figuur 2.10 Vignol rails; 50E2 ("EN13674-1 European standard 50E2/50EB-T railway steel rail," 2021)

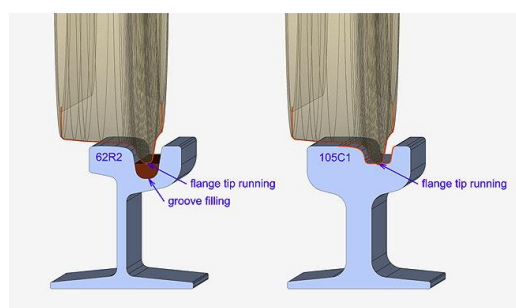


Figuur 2.11 Groef rails; 54G1/54R1 (ArcelorMittal, 2021)

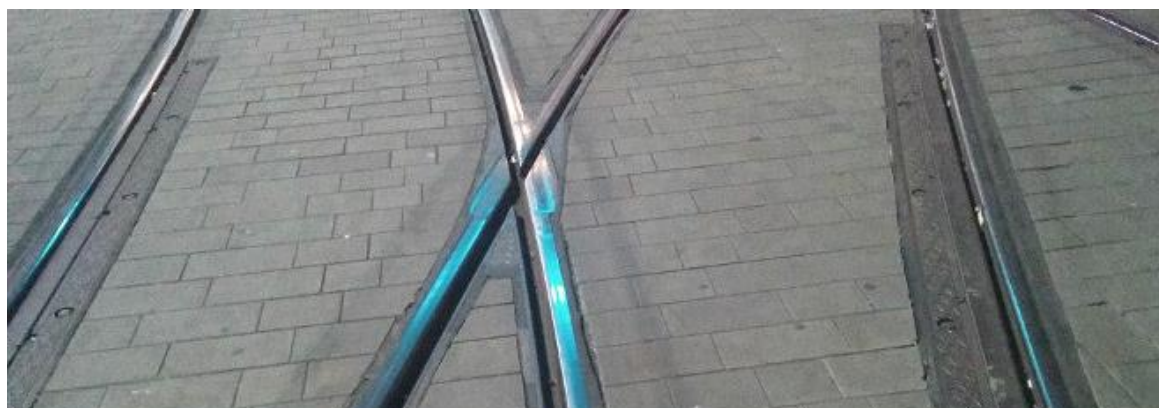
Het wezenlijke verschil tussen een vignol en groefrails, is de toevoeging van een soort ingebouwde strijkregel. Deze voorkomt dat het wiel te ver kan uitwijken van de kop van de rails in de scherpe bochten die tramrails heeft. Wat daarnaast bereikt wordt, is dat bij het benaderen van een puntstuk, de groef minder diep wordt. Van 45 [mm] diepte wordt 16 [mm] diepte gemaakt, daarnaast gaat de breedte van de groef van 37 [mm] naar 28 [mm]. Dit zorgt ervoor dat een tramwiel op zijn flens rust. Hierdoor kan met meer zekerheid gezorgd worden dat het tramwiel niet op de punt van het puntstuk rijdt en daadwerkelijk de bedoelde baan volgt (Tax & Loogman, 2021).

Verkleining diepte in groefrails

Zoals in Figuur 2.13 te zien is, wordt de groef inderdaad minder diep bij het benaderen van het puntstuk. Hierbij wordt er dus op de flens van het wiel gereden, zoals in Figuur 2.12 te zien is in een doorsnede van het spoor.



Figuur 2.12 Doorsnede groefrails (Constantin, 2016)



Figuur 2.13 Verkleining van groefdiepte (Constantin, 2016)

Daarnaast bestaan er ook hartstukken waar de groef van laag naar hoog gaat bij de ene richting en datzelfde bij de andere richting. De tram maakt dan een sprong naar de nieuwe baan en heeft een moment vrije ruimte. Dit is te zien in Figuur 2.15.



Figuur 2.14 Terugklapwissel ("Single-blade tramway switches,")

Terugklapwissel

Naast de standaard wissel, zoals die in heavy rail wordt toegepast, wordt in tramsporen gebruik gemaakt van een zogenaamd terugklapwissel (Tax & Loogman, 2021). Deze wissel werkt met een verend systeem, dat trams langs de samenvoegende kant door laat gaan en de wisseltong door de tram in de goede positie wordt geduwd. In plaats van actief de wisseltongen in een andere stand te zetten met wisselstellers, duwen veren de wisseltong in zijn originele stand nadat de tram is gepasseerd. Net zoals een zelfsluitende deur, een Ikea meubel of een lade. In Figuur 2.14 hierboven is zo'n wissel zichtbaar, de wissel die daar is afgebeeld laat trams standaard beide kanten samenvoegen maar laat trams die vanaf de punt de wissel berijden afbuigen. Een zodanig wissel kan daarom ook uitgevoerd worden in de andere positie waarbij deze standaard trams rechtdoor laat rijden.

Deze wissel heeft een lagere functionaliteit, aangezien deze niet trams kan splitsen van richting. Deze wissel heeft daarentegen wel minder bewegende delen (één vrijwel automatisch bewegende wisseltong). Daarentegen is het wel zo dat geen actieve besturing meer nodig is, alleen de controle moet wel aanwezig zijn (deze moet bevestigen dat de wisseltongen daadwerkelijk niet blokkeren).

Overige interessante wissels

Naast permanente wissels, bestaat er ook het zogenaamde opleg/Californisch wissel in tramsporen. In bijlage E wordt deze kort omschreven. Dit zou interessant kunnen worden voor statische wissels, aangezien dit een toepassing is van een tijdelijke aanpassing van een functie van het spoor. Statische wissels kunnen niet langs de punt bereden worden, maar met een soortgelijke toepassing als dit, zou mogelijks een rails tijdelijk over spoor gelegd kunnen worden om bij onderhoud de wissel toch langs beide zijdes berijdbaar te houden. Hierbij moet wel rekening gehouden worden met het grotere gewicht dat deze constructie zal moeten dragen, aangezien treinen zwaarder zijn dan trams.



Figuur 2.15 Sprong in groefdiepte (Constantin, 2016)

3 TECHNISCHE RESTRICTIES

Een van de belangrijkste aspecten van wissels, is de veiligheid. Daarom moet gekeken worden aan welke eisen “gewone” wissels moeten voldoen, om te zien welke eisen ook zullen gelden voor statische wissels en welke niet. Zo moeten functies zoals wisselen en dragen & geleiden beiden door de techniek verkregen worden.

Verschillende Europese Normen worden gebruikt om wissels (en spoor) te kunnen ontwerpen en bouwen volgens samen afgesproken eisen. TSI (Technical Specifications for Interoperability) is bijvoorbeeld als standaard richtlijn neergezet door het Europese Parlement. Deze geeft niet zozeer aan wat precieze afmetingen moeten zijn van elementen (deze kunnen namelijk makkelijk verschillen per toepassing), maar eerder eisen dat bepaalde elementen wél of niet aanwezig moeten zijn vanaf bepaalde snelheden, as-lasten etc. (European Parliament, 2016). Bij de eisen die in dit document worden vastgelegd, word weer naar andere eurocodes verwezen waar dan de specifieke geometrische eisen zijn uitgewerkt.

Daarnaast hebben spoorbeheerders zoals ProRail hun eigen voorschriften opgesteld. In deze voorschriften zijn dus wel specifiekere geometrische eisen vastgelegd (ProRail, 2018).

3.1 EISEN VOLGENS TSI

In deze paragraaf worden de belangrijkste regelgevingen rond wissels gegeven zoals deze staan in de Europese normen.

Puntstuk (bij spoorbreedte van 1435mm)

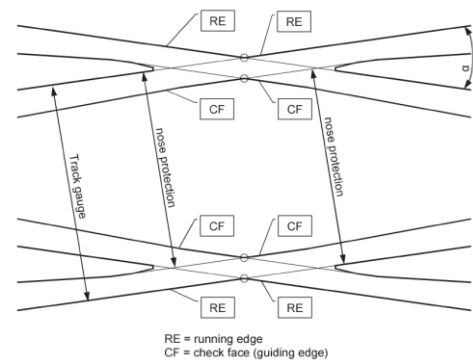
- Maximale vrijloop van wielen in wissels: 1380 [mm]
- Minimale waarde van neus bescherming: 1392 [mm]
- Maximale vrijloop van wielen bij het puntstuk: 1356 [mm]
- Maximale vrijloop van wielen bij strijkregel: 1380 [mm]
- Minimale breedte geleidingsgroef: 38 [mm]
- Minimale hoogte geleidingsgroef: 40 [mm]
- Maximale hoogte strijkregel: 70 [mm]

Wanneer snelheden van meer dan 250 [km/u] worden gereden, moeten er beweegbare puntstukken gebruikt worden.

Stompe kruisingen

De belangrijkste regel bij stompe kruisingen is dat strijkregels en andere voorzieningen tegen het ontsporen van treinen, niet te kort mogen zijn:

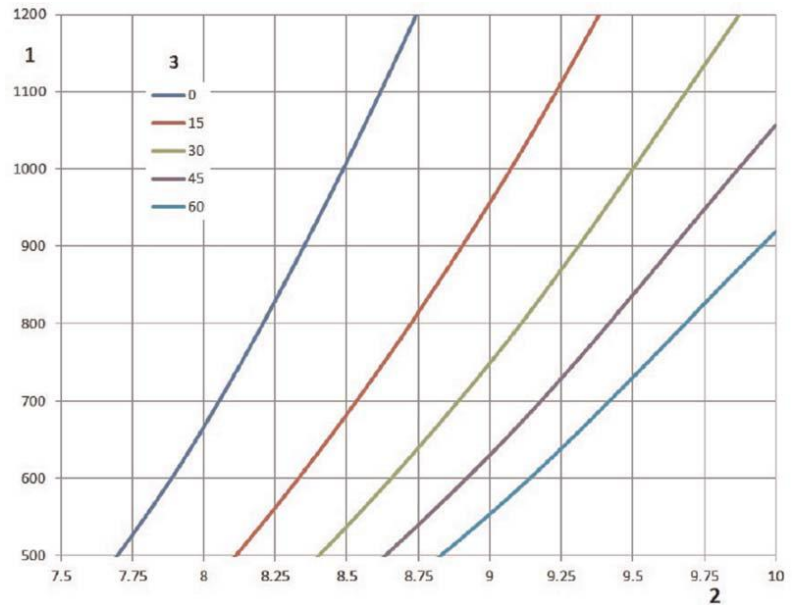
- Minimale invalshoek 1:9 ~ 6.20°
- Minimale bochtradius 450 [m]
- Minimale hoogte strijkregel 45 [mm]
- Vorm van de neus zoals aangegeven in Figuur 3.1



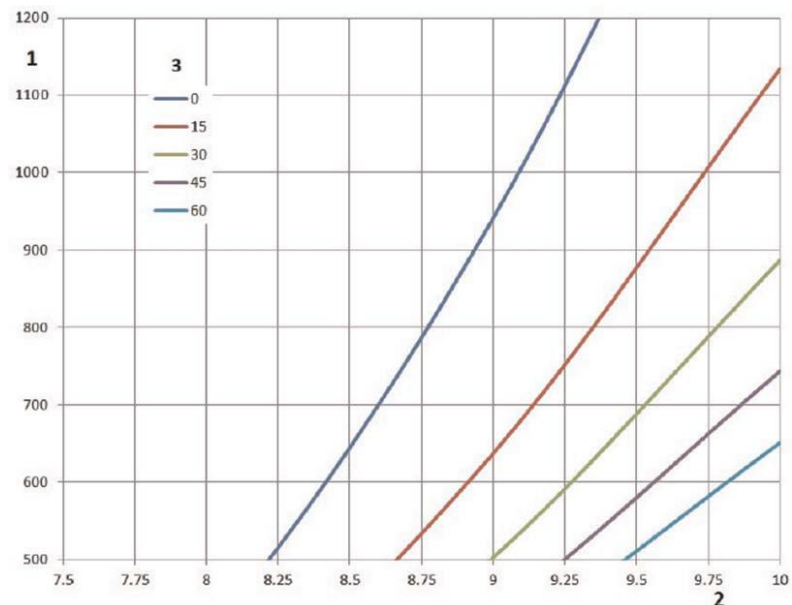
Figuur 3.1 Stompe kruising; met aangegeven strijkregels en bereden spoor

In Figuur 3.2 is te zien bij welke wioldiameters (verticale as) welke invalshoek gebruikt mag worden. Een hoek mag namelijk niet te scherp zijn. Hoe kleiner het wiel, hoe groter de minimale invalshoek is (lager getal op de horizontale as). Daarnaast geven de verschillende curves elk aan wat een verschil in hoogte van de strijkgregel hieraan verandert. Hoe hoger de strijkgregel (60 [mm] is de rechtercurve) hoe scherper de invalshoek mag zijn.

Dit kan daarnaast vergeleken worden met een stompe kruising die recht is, te zien in Figuur 3.3. Hier wordt duidelijk dat wanneer niet via een bocht de kruising wordt benaderd, deze invalshoek scherper mag zijn.



Figuur 3.2 Minimale wioldiameter tegenover invalshoek bij 450 [m] radius stompe kruising



Figuur 3.3 Minimale wioldiameter tegenover invalshoek bij rechte stompe kruising

3.2 EISEN VOLGENS PRORAIL

ProRail gebruikt als beheerder van het hoofdspoor ook de regels die in de Europese normen van de TSI zijn vastgelegd, maar geven daarnaast ook zelf verschillende andere eisen aan wissels en hun gebruik. De belangrijkste onderdelen die zijn vastgelegd in voorschriften zijn de toepassingsgebieden en regels voor wissels, raakvlakken van wissels en de wisselbediening.

Door het interview met Gertjan van Rhee, is de volgende algemene omschrijving van de eisen van ProRail opgesteld (Rhee, 2021).

Toepassingsgebied en regels voor wissels

Om het gebruik van wissels veilig te houden, zijn voorschriften vastgelegd voor specifieke toepassing rond wissels.

Zo hebben wissels en kruisingen standaard minimale afstanden tot bochten met bepaalde krommingen en ook tot andere wissels en kruisingen. Er wordt ook verschil gemaakt of de bocht achter of voor de wissel zit. Kruiswissels, wisselverbindingen, wisselstraten en andere manieren van parallel of serie schakeling van wissels hebben allemaal hun eigen standaard minimale waarden voor afstanden tussen elkaar. Deze afstanden garanderen veiligheid, aangezien kort op elkaar geplaatste wissels niet snel bereden kunnen worden. Als dit toch gedaan wordt bestaat er een vergrote kans op ontsporing.

Naast deze specificaties wordt ook aanbevolen dat alle wisselverbindingen in één vlak horen te liggen. Verkanting is namelijk niet gewenst. Als stukken spoor die wel schuin staan, verkant zijn, en dan overgaan in een wissel worden er zogenaamde wringingselementen toegepast. Deze zorgen voor een goede overgang naar het schuine spoor voor treinen, maar daarnaast ook dat het systeem niet lijdt onder de krachtswerking die door de schuinstand is ontstaan.

Raakvlakken van wissels

Wissels worden op verschillende posities toegepast in het spoorstelsel. Spoor gaat soms over van normale aardebaan naar een kunstwerk, zijn aanwezig bij overwegen of dienstoverpaden, bij perronkeerwanden en soms wordt verkanting toegepast bij spoor wat over moet gaan in een vlakliggende wissel (volledig horizontaal).

Naast deze overgangsvormen in spoor, zijn er ook specifieke elementen die soms bepaalde vereisten hebben. Denk daarbij aan het ballastbed, lasverbindingen, (kunststof) spoorbielzen, puntstukken, het voegloos krijgen van aansluitend spoor, vrije ruimte rond de wissels en uiteindelijk ook de wisselverwarming.

Wisselbediening

Om de wissel te kunnen besturen is wisselbediening nodig, deze bestaat uit bedrading voor aansturing en voor het bevestigingssignaal, maar ook de wisselsteller die de wisseltong in de goede stand zet. Om dit mogelijk te maken moet dus rekening gehouden worden met de soort wisselstellers die worden gebruikt maar ook de totale ruimte rondom de wissel die nodig is om de installatie te kunnen plaatsen.

3.3 AANBEVELINGEN OP TECHNISCH GEBIED

Om overzicht te krijgen welke restricties een grote rol spelen en welke weinig en wat deze betekenen, vergeleken met standaard wissels, wordt hieronder een korte opsomming gemaakt. In hoofdstuk 7 is een totaaloverzicht te zien van alle gevonden evaluaties. +’en houden een voordeel in en –’en een nadeel. Ook hun aantal geeft aan in welke mate ze veranderingen aanbrengen. +/- geven aan dat er eigenlijk weinig effect plaatsvindt in dat onderdeel bij die specifieke wissel.

Tabel 2 Restricties op technisch gebied bij verschillende wissels

Soort wissel	Restricties					
	Welke problemen komen kijken bij wissels, als naar de norm wordt gekeken					
	Puntstukken	Invalshoeken	Toepassingsgebied (serie/parallel schakeling van wissels)	Raakvlakken	Wisselbediening	Totaal
Heavy rail toepassingen:						
Standaard wissel	--	-	+/-	-	-	-5
Engels wissel	--	--	-	--	---	-10
WIRAS	+/-	---	-	---	--	-9
Tramrail toepassingen:						
Terugklapwissel	-	--	+/-	-	+	-3
Statische wissel	---	--	+/-	-	++	-4

Bij standaard wissels zijn de vereisten veel strenger bij puntstukken dan zijn andere elementen. Dit is te zien in de eisen die zijn opgesteld in TSI. Het toepassingsgebied is het kleinste probleem voor een standaard wissel.

Een Engels wissel heeft het meeste problemen rond wisselbediening. Puntstukken, invalshoeken en raakvlakken zijn ook nadelige aspecten rond deze wissels aangezien ze redelijk compact uitgevoerd worden en hierdoor complexer zijn. Hierdoor worden eisen strenger. Wisselbediening kent vaak mankementen en heeft dus strengere eisen.

De WIRAS-wissel zal algemeen strengere eisen krijgen, aangezien deze niet bestaat. Deze moet op schaal gebouwd en getest worden, voordat eisen opgesteld kunnen worden. Puntstukken zullen minder strenge eisen krijgen aangezien deze voor betere geleiding zorgen. Daarentegen zullen invalshoeken een groter probleem worden. De wissel heeft namelijk een compacte toepassing van de geleidende elementen, als deze compacter moeten worden bij een scherpe invalshoek kan dit zelfs onmogelijk worden. Deze wissel is niet compacter dan een standaard wissel. Inpassing in specifieke raakvlakken kan daardoor een probleem worden. De wisselbediening daarnaast is ook complexer, aangezien met een paar wisselstellers beide bewegende delen worden bestuurd met een constructie tussen beide spoorstaven.

Een terugklapwissel eist meer rond invalshoeken. Een zodanig wissel kan geen scherpe bochten aan, daarbij zou de zijde waar geen wisseltong zit een te scherp puntstuk krijgen. De eisen rond wisselbediening van deze wissel zouden daarentegen wel eenvoudiger worden, aangezien geen besturing nodig is en alleen controle.

Een statische wissel zal strenge eisen rond puntstukken krijgen, aangezien nieuwe puntstukken worden geïntroduceerd in de voorkant van de wissel. Invalshoeken van statische wissels zullen daarentegen ook strenger worden, maar niet evenveel. Een statische wissel kan namelijk geen bochten met een grote hoek aan, hierdoor zouden de krachtenwerking door een invoegende trein te groot kunnen worden. Het toepassingsgebied (in de zin van rondom andere wissels) heeft geen strengere eisen nodig. De wissel presenteert geen andere implicaties dan een standaard wissel op dit gebied. Eisen rond de wisselbediening zullen alleen maar voordeliger worden, aangezien deze niet meer aanwezig is.

4 EFFECT OP STORINGEN & ONDERHOUD

Er zijn verschillende elementen in wissels die stuk kunnen gaan, naast volledig falen zijn er ook andere ongewenste situaties die zich voor kunnen doen bij een wissel. Zoals vibraties en last van geluid. Belangrijk in dit onderzoek, is om te kijken welke problemen bestaan bij wissels, worden verholpen door statische wissels, maar ook of er nieuwe problemen ontstaan.

Wissels vervullen in principe drie belangrijke functies:

- Wisselen
- Dragen en geleiden
- Isoleren en verbinden

De eerste functie houdt het systeem in dat het samenvoegen en splitsen van richtingen in het wissel mogelijk maakt. De tweede functie houdt in dat het systeem sterk genoeg moet zijn om de treinen te dragen (zonder hierdoor te veel te deformeren) en dat dit ook geleidelijk gebeurt zonder te veel hoogte verschillen en de trein dus soepel door het wissel kan. De laatste functie houdt het circuit in dat de aansturing en controle doet van het wissel, alle kabels en sensoren etc. (Kruse, 2021).

Naast deze directe functies, zijn er ook een aantal andere die voor storingsmeldingen kunnen zorgen:

- De wisselverwarming
- Overige RVO's: aanrijdingen, koperdiefstal, vandalisme etc.

RVO (rapport van onregelmatigheid, gebruikt door ProRail bij storingen)

Wat belangrijk is om op te merken, als er wordt gekeken naar storingen dan is "een storing" niet altijd een groot probleem. Verschil kan worden gemaakt in het soort hinder dat wordt ontvangen:

1. Tekortkomingen in het systeem
2. Technische afwijkingen
3. Technische storingen
4. Daadwerkelijk gemelde storingen
5. Treinhinder door storingen
6. Veel treinhinder
7. Veel reiziger/klanthinder

Het maakt daarom dus uit om op een hoger niveau (1) in het systeem aanpassingen te doen, om daadwerkelijk de klanthinder (7) te kunnen reduceren (Kruse, 2021).

Daarnaast wordt ook meteen gekeken naar de aanpassingen die op het moment worden gedaan om deze problemen te verhelpen. Dit kan laten zien of de noodzaak voor een statische wissel dus daadwerkelijk een gewenste oplossing zou zijn.

4.1 NIET BESTUURBARE WISSELS

Wissels zijn een belangrijk schakelpunt in spoor, daarom kan dit voor grote problemen zorgen wanneer ze niet bestuurbaar zijn. Het grootste aandeel, in het aantal storingen, zijn Niet In Controle meldingen (NIC). Dit aandeel is ongeveer 60%. Daarnaast is wel het aandeel van klanthinder door NIC meldingen 70-80%. Dit houdt dus in dat bijvoorbeeld sensoren, kabels etc. niet kunnen bewijzen dat een wissel veilig in de goede positie staat aan de treindienstleiding. Het gebruik van een statische wissel zou dit probleem kunnen wegnemen, aangezien geen controle uitgevoerd zou moeten worden, aangezien de wissel niet in verschillende “standen” kan staan (Rhee, 2021).

Het principe van een niet bestuurbare wissel, houdt vooral in dat deze, na een bevel te hebben gekregen, niet een bevestigingssignaal op tijd doorgeeft dat de wisseltongen in de goede positie zitten en de melding verwerkt is. Er wordt een tijdspan aangehouden van 50 seconden waarin de wissel een signaal krijgt en moet terugsturen. Als dit niet gebeurt, wordt de wissel bevolen in de oude positie terug te keren en wordt daarna opnieuw geprobeerd. In de meeste gevallen werkt dit, zo'n situatie wordt dan een “levende wissel” genoemd. Wanneer een wissel wel blijft blokkeren, dan wordt deze situatie een “dode wissel” genoemd. Het verschil hier, zit dus in het feit dat bij een levende wissel niet meteen duidelijk is waarom er bij de 1^e poging iets fout ging. Bij een dode wissel kan makkelijker achterhaald worden wat er fout gaat, aangezien deze zich nog steeds in de “kapotte” toestand bevindt (Kruse, 2021).

4.2 ZWAKSTE ELEMENTEN VAN WISSELS

In wissels zitten verschillende elementen die, als ze niet werken naar behoren, zorgen voor het volledig onbestuurbaar hebben van een wissel. Wisselstellers, wisseltongen, puntstukken en wisselverwarming.

Het meeste onderhoud dat plaatsvindt bij wissels is bij puntstukken, vooral de beweegbare. ProRail haalt deze beweegbare puntstukken namelijk nu weg uit het spoorstelsel wanneer ze einde levensduur zijn (beweegbare puntstukken zijn verplicht bij invalshoeken hoger dan 1:29) (Rhee, 2021). Het hele alignment wordt daarna aangepast om een grotere invalshoek te hebben en een statisch puntstuk te mogen gebruiken. Statische puntstukken daarentegen ondervinden ook veel slijtage en geven voertuigen die de wissel passeren die zogenaamde schokbeweging (een sprong in verticale richting).

Wisselstellers worden in de gaten gehouden door hun stroomloop te meten. Als deze wisselstellers bijvoorbeeld geen stroom pakken, dan is bekend dat de wisselsteller zelf niet werkt. Als deze wisselsteller meer stroom pakt dan normaal, dan is deze niet goed verbonden met de wisseltong of blokkeert iets de wisseltong met bewegen. Als de wisselsteller wel stroom pakt, maar nog steeds een NIC melding doorkomt dan wordt duidelijk dat iets in het controlecircuit fout gaat (Kruse, 2021).

Naast deze elementen in de constructie, zijn ook zakkingen een veel voorkomend probleem bij spoor. Eenmaal als er lokaal zakking plaatsvindt, dan kunnen stukken spoor blijven zweven en kunnen deze verticaal bewegen (dit is dan ook een probleem bij gewoon spoor en niet specifiek wissels) (Rhee, 2021). Statische wissels lijken dit probleem waarschijnlijk niet aan te pakken, maar als deze wissels daadwerkelijk goedkoper zouden zijn dan standaard wissels, zou dus meer geld gestoken kunnen worden in bodemonderzoek & bouwen van goede fundering. Wat dus zakkingen beter te voorspellen maakt.

Het controlecircuit, dat de wisseltongen hun positie moet waarnemen met sensoren en daarna dit moet bevestigen en doorsturen naar de dienstregeling, is ook een onderdeel dat kwalen vertoont.

Op het moment zijn er plannen vanuit ProRail om het stroomnet, waarmee de signalen worden uitgezonden, te vervangen van een systeem met 12V met 5-10 milliampère naar 48V met 70 milliampère. Of dit de problematiek hiermee opgelost wordt, is nog de vraag (Rhee, 2021).

Wisselverwarming/lintelementen zijn een kritiek punt bij wissels gezien storingen. Deze elementen worden toegepast om niet alleen de bewegende delen maar ook sensoren bescherming te bieden tegen vriezen in de winter. Zo kunnen wisseltongen en wisselstellers blijven werken naar behoren maar ook de sensoren nog steeds blijven meten en signalen doorsturen (minder NIC meldingen). Als wisselverwarming niet goed functioneert, dan zal er een stijging zijn in storingen. Daarnaast is de oorzaak voor deze storingen veelzijdig aangezien sensoren maar ook de wisselstellers en wisseltongen hierdoor kunnen falen. Dit maakt snel en gericht onderhoud lastiger.

4.3 VERGELIJKING TUSSEN WISSELS

Naast de verschillende typen storingen, kan er ook gekeken worden naar de soorten wissels en hun leeftijden. Na een interview met Theo Kruse van ProRail, liet hij weten dat als er werd gekeken naar storingsfrequenties, “ouderwetse” wissels beter presteren ten opzichte van de wissels met modernere elementen (zoals wisselstellers). Dit is in beide gevallen: algemeen storingen en daadwerkelijk klanthinder door storingen.

Als ook wordt gekeken naar de leeftijd die wissels hebben, met name hun storingsfrequenties (en niet totaal aantal storingen), dan wordt duidelijk dat in de algemene zin bejaarde wissels de laagste storingsfrequentie hebben. Daarentegen als alleen naar “gewone” wissels en Engelse wissels wordt gekeken, dan weergeven de nieuwere wissels een betere prestatie (Kruse, 2021).

4.4 ONDERHOUD BIJ WISSELS

Onderhoud wordt gedaan bij wissels bij de volgende elementen:

1. Puntstukken/hartstukken
 2. Wisselstellers
 3. Wisseltongen
 4. Controle circuit
 5. Ballastbed & Spoorbielzen (sleepers)
 6. Slijpen van spoorstaven
-
- 1) Deze ondervinden vrijwel de meeste slijtage aangezien de zware treinen hierop daadwerkelijk “vallen”. Deze moeten daarom geregeld vaker vervangen worden, vergeleken met gewone spoorstaven.
 - 2) Wisselstellers worden gerepareerd of geheel vervangen. Dit apparaat bestaat uit een motor die is aangesloten op een stroomnet en elementen waarmee het de wisseltongen in verschillende standen zet.
 - 3) Wisseltongen hebben een nauwe werking met wisselstellers. Verbindingen tussen deze twee zijn hebben eerder last van faalmechanismen dan de wisseltong op zichzelf.
 - 4) Controle circuits hebben op het moment de meest voorkomende storingen. Het mechanisme dat moet bevestigen met sensoren en deze melding moet doorsturen faalt vaak. Onderhoud hoeft in dit geval meestal plaats te vinden in de naam van het repareren/schoonmaken van sensoren, maar koperdiefstal is ook een probleem dat aanwezig is bij het spoor (Kruse, 2021).
 - 5) Het ballastbed vereist de meest intensieve vorm van onderhoud. Hierbij wordt namelijk met tamping-machines het ballastbed weer goed gelegd. Er hebben namelijk (kleine) zakkingen

plaatsgevonden waardoor spoorbielzen los zijn komen te liggen (deze kunnen nu verticaal bewegen).

- 6) Geregeld worden spoorstaven bijgeslepen als deze slecht uitgevoerd blijken en als er te slechte geleiding is na gebruik.

4.5 AANBEVELINGEN OP GEBIED VAN STORINGEN & ONDERHOUD

Op het gebied van storingen zijn NIC meldingen het meest voorkomend en daarom vrij ongewenst. Deze zijn vooral afhankelijk van “de controle”-stap in het circuit. De sensoren en het stroomcircuit waarmee de positie van de wisseltongen wordt vastgesteld, voor het aantal NIC meldingen dat zich voordeed is dit aandeel 50%. Het andere deel bestaat uit het slecht doorkomen van het bevel tot omschakelen (25%) en de laatste 25% komt door het slecht werken van de wisselsteller met de wisseltongen.

Op het gebied van onderhoud zijn de belangrijkste onderdelen in wissels puntstukken/hartstukken, wisselstellers & wisseltongen, het controle circuit, ballastbed met de spoorbielzen en de spoorstaven zelf. Deze vergen elk hun eigen soort onderhoud en hebben elk hun eigen frequentie waarbij ze falen.

Tabel 3 Voor- en nadelen op gebied van storingen en onderhoud

	Storingen			Onderhoud					
	Wisselen	Geleiden en dragen	Controleren en isoleren	Puntstukken/hartstukken	Wisselstellers & wisseltongen	Controlecircuit	Ballastbed & spoorbielzen	Spoorstaven	Totaal
Heavy rail toepassingen:									
Standaard wissel	-	-	---	--	-	--	--	-	-13
Engels wissel	--	--	---	---	--	--	--	-	-17
WIRAS	-	--	--	+	+	--	--	-	-8
Tramrail toepassingen:									
Terugklapwissel	+	--	++	--	+	-	--	--	-4
Statische wissel	--	--	+++	---	+++	+++	--	---	-3

Een standaard wissel heeft het meeste last van storingen bij de functie controleren. Onderhoud bij puntstukken, wisselstellers en wisseltongen en het ballastbed (zakkingen) zijn de grootste andere problemen.

Bij een Engels wissel zijn de problemen rond storingen zijn in grotere mate aanwezig. Rond onderhoud ondervinden vooral de wisseltongen en wisselstellers meer slijtage dan de andere elementen, dit aangezien dit het enige element is dat grotendeels veranderd. Er zijn ook meer puntstukken waardoor deze ook een groter aandeel krijgen.

De WIRAS-wissel ondervindt mogelijk op het punt van geleiden en dragen meer problemen. Aangezien deze wissel verticaal bewegende elementen heeft, hebben deze een werking direct tegen de richting in van het gewicht van een trein. De bewegende delen gaan dus een ander soort

slijtpatroon geven dan bij horizontaal bewegende delen. Als wordt gekeken naar onderhoud, dan zullen puntstukken en wisseltongen juist minder onderhoud vergen. Puntstukken worden nu anders bereiden en wisseltongen zijn afwezig. Het controle circuit, ballastbed en spoorstaven ondervinden geen andere nadelen/voordelen dan een standaard wissel, dus krijgen dezelfde beoordeling.

Een terugklapwissel heeft een betere wisselfunctie, daarentegen een slechtere geleiding. Dit vanwege het hartstuk dat wordt geïntroduceerd op de plek waar normaal een wisseltong zat. Storingen zullen daarentegen veel minder voorkomen, aangezien deze wissel geen besturing vergt, er hoeft alleen gecontroleerd te worden. Qua onderhoud zullen dus wisseltongen, wisselstellers en het controle circuit nu minder vergen. Daarentegen gaan spoorstaven meer slijten. Treinen komen nu door het hartstuk heen wat voor een ander soort werking zorgt, dan wanneer hier een wisseltong aanwezig was.

Als laatste dus de statische wissel. Deze wissel zal meer storingen ondervinden bij de wisselwerking maar ook het geleiden en dragen. Deze functies zullen namelijk nu op een statische manier verzorgd worden, wat gegarandeerd meer zal eisen van het materieel. De gehele functie van het controleren en isoleren zal nu voordelig zijn. Er is geen besturing of controle meer aanwezig, deze wissel heeft daardoor geen wisselbediening meer nodig. Bij onderhoud gaan daarom wel de puntstukken en spoorstaven meer slijtage ondervinden en dus meer onderhoud vergen. De wisseltongen, wisselstellers en het controle circuit gaan juist geen onderhoud vergen nu, vanwege hun afwezigheid.

5 OPERATIONELE GRENZEN

Met behulp van databases zoals sporenplan.nl, de spoorkaart van NS en de NS-dienstregeling kan worden gekeken naar het huidige spoor in Nederland en geanalyseerd worden waar wissels in het systeem vervangen kunnen worden door statische wissels (*Sporenplannen*, 2021) (NS, 2021b) (NS, 2021a).

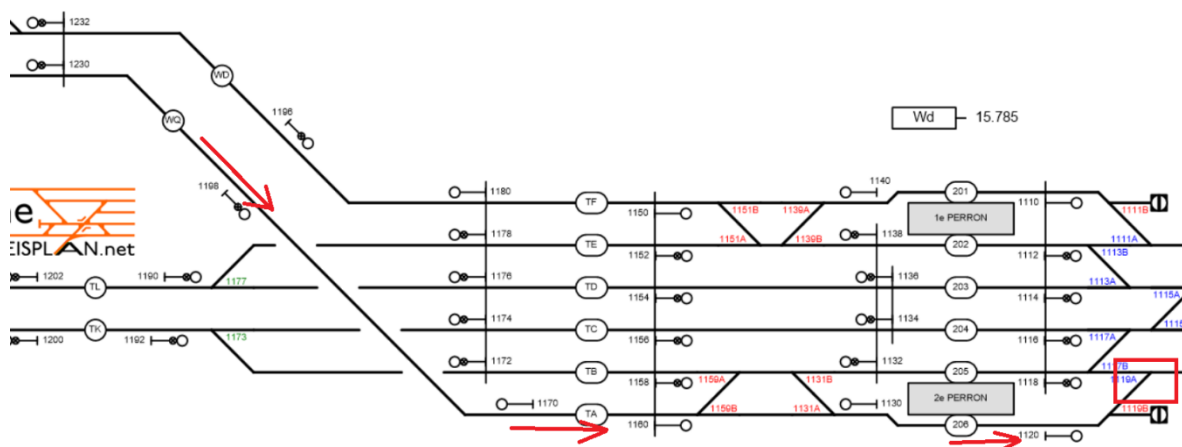
In Appendix D is een analyse toegevoegd van stukken spoor in Nederland waar statische wissels, die vanaf de punt bereden kunnen worden, ingepast zouden kunnen worden. Aangezien in de huidige analyse, dit (nog) niet als haalbaar geacht wordt, is dit buiten de scope van dit onderzoek gehouden.

In de huidige analyse is onderzocht in hoofdspoorwegen, bedrijfsterreinen, tramsporen en metrosporen waar wissels liggen die vrijwel alleen samenvoegend werken. Dit moet duidelijk krijgen of een statische wissel in verschillende omgevingen ook daadwerkelijk toe te passen is, gezien de beperkte functionaliteit dat deze heeft.

5.1 NS/PRORAIL HOOFDSPOORWEGEN

Op de nationale spoorwegen wordt er gekeken naar stukken spoor die vrijwel alleen samenvoegen. Dit is meestal het geval vlak voor stations en op knooppunten tussen verschillende spoorlijnen. De samenbundeling van dubbelspoor naar een ander stuk dubbelspoor introduceert deze posities. In deze paragraaf worden enkele voorbeelden gegeven, maar in Appendix C zijn overige gevonden locaties vermeld.

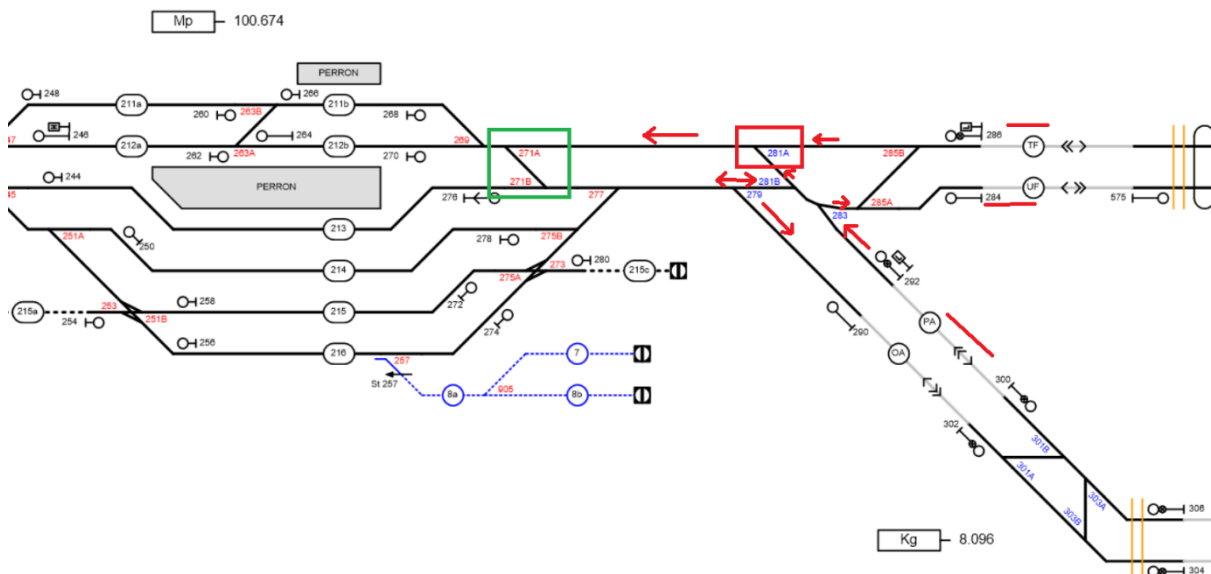
Station Woerden



Figuur 5.1 Station Woerden

Zoals op bovenstaand sporenplan te zien is, wordt de wissel in het rode vak gebruikt om treinen van spoor 6 op spoor 5 samen te voegen. Volgens de dienstregeling van NS wordt het spoor WQ vrijwel altijd naar Woerden toe gereden en spoor WD van Woerden af. Daarnaast komt (vrijwel) nooit spoorverkeer aan vanaf de rechterkant spoor 5 op volgens de dienstregeling van NS. De punt van de wissel wordt hier dus niet bereden, wat dit dus een goede locatie zou maken voor een statische wissel.

Meppel – Hoogeveen/Steenwijk



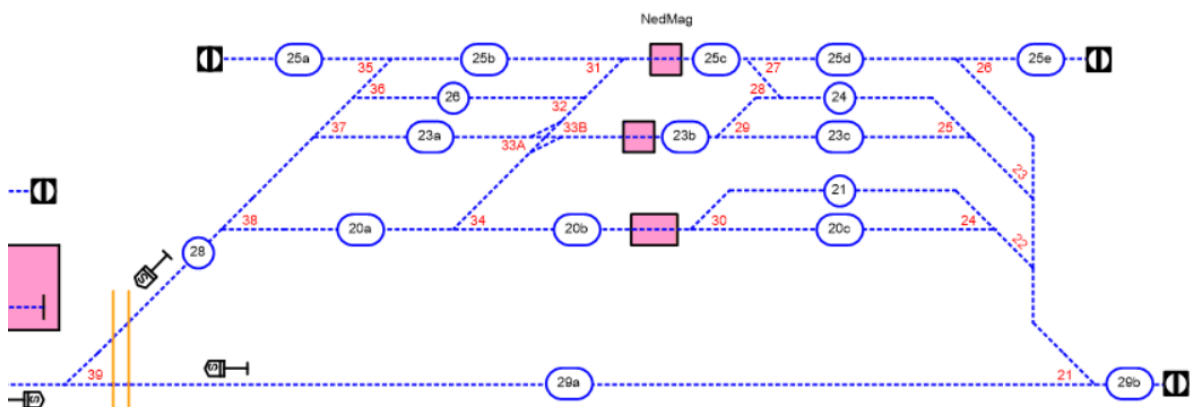
Figuur 5.2 Meppel – Hoogeveen - Steenwijk

In de bovenstaande figuur wordt de verbinding tussen de stukken spoor die van Hoogeveen en Steenwijk samenkomen, vlak vóór Meppel, weergegeven. Hier is te zien dat bepaalde stukken spoor een standaard rijrichting hebben. Daarom kan worden aangenomen dat de wissel, in de rode rechthoek, voornamelijk wordt gebruikt als een samenvoegende wissel. Met de wisselconnectie in de groene rechthoek, kan worden voorkomen dat treinen, de desbetreffende wissel langs de punt zouden berijden.

5.2 BEDRIJFSTERREINEN/OPSTELTERREINEN

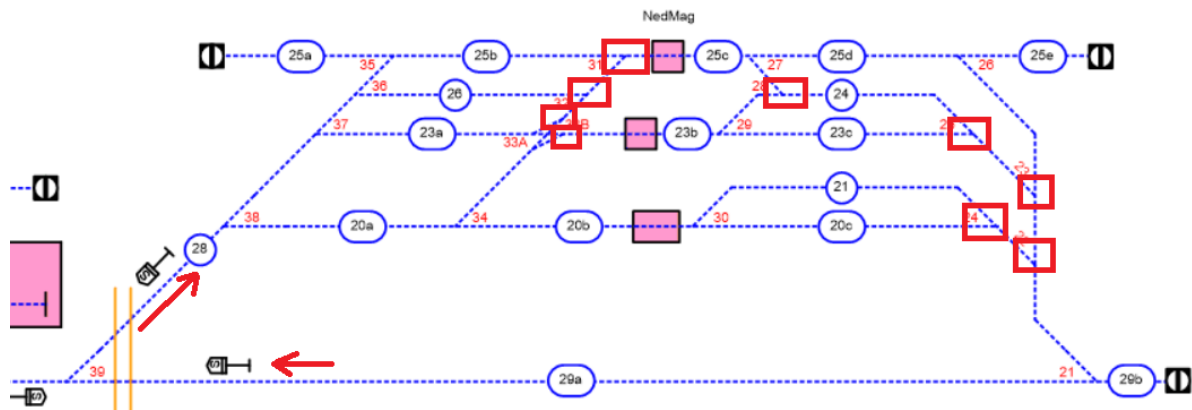
Bedrijfsterreinen en opstelsterreinen beloven een grote acceptatie van statische wissels. Deze terreinen kunnen namelijk makkelijker op vaststaande rijrichtingen ingericht worden. Deze terreinen hebben daarnaast veel afsplitsingen wat dus ook de mogelijkheid biedt tot veel samenvoegende wissels, die dan mogelijk door statische wissels vervangen kunnen worden.

NedMag Veendam

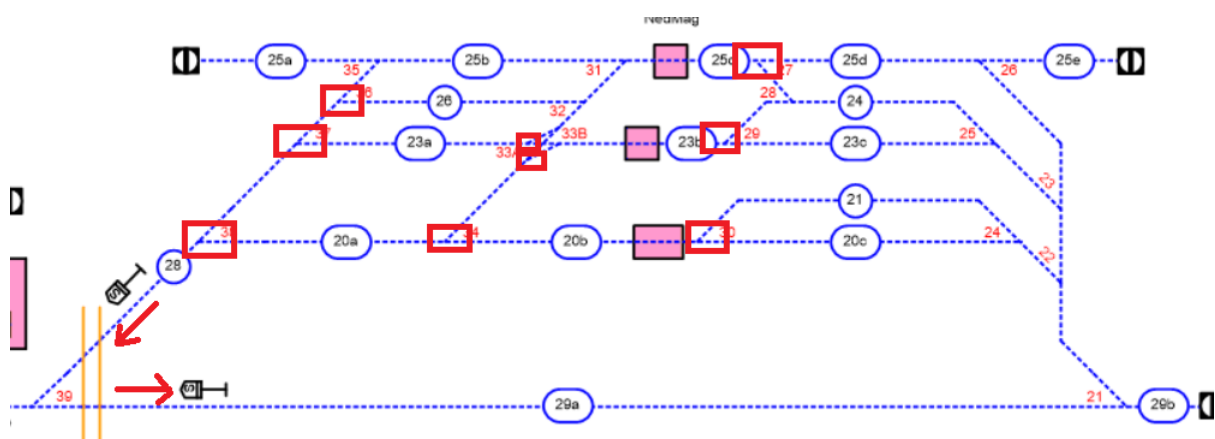


Figuur 5.3 Bedrijfsterrein NedMag

In Figuur 5.3 is het spoorplan van het terrein van NedMag b.v. te zien in Veendam. Zoals duidelijk uit de figuur, is het spoorstelsel circulair. Er wordt langs linksonder (in de afbeelding) het systeem ingeregen en kan in theorie helemaal rond worden gereden om daar weer te vertrekken. Dit betekent dus dat het systeem ook standaard langs één kant binnengetreden zou kunnen worden, waardoor er wissels standaard alleen samenvoegend zouden worden. Dit zou betekenen dat in totaal de helft van de wissels in dit terrein vervangen zouden kunnen worden door statische wissels.



Figuur 5.4 NedMag route 1



Figuur 5.5 NedMag route 2

In Figuur 5.4 en Figuur 5.5 zijn twee opties te zien, waar rijrichtingen vast zouden staan en welke wissels dan statische wissels zouden kunnen worden.

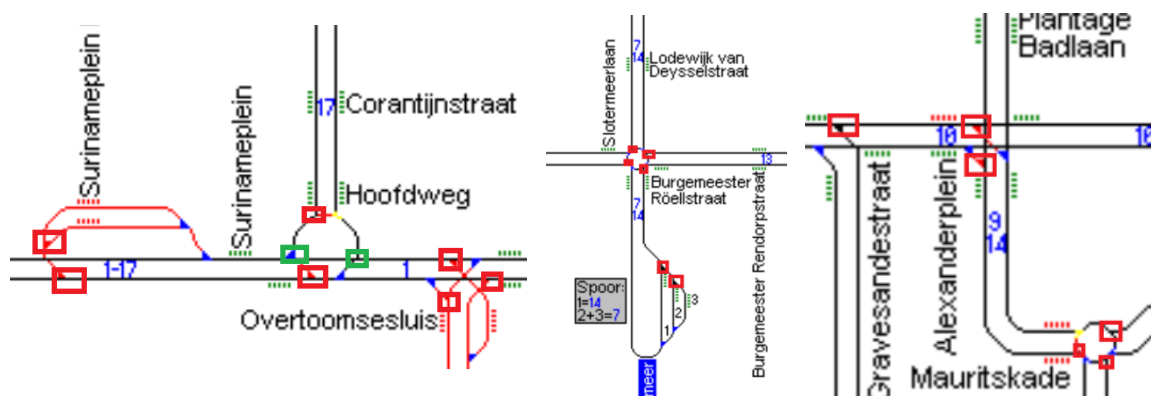
Belangrijk om op te merken is dat wissels op de meeste bedrijfsterreinen, niet worden bediend door een centrale dienstregeling, maar door de machinisten zelf of door een installatie op het terrein zelf. Er wordt dus op een andere manier gebruik gemaakt van een wisselbesturing (en dus ook controle) dan bij heavy rail (Rhee, 2021). Het nut van een statische wissel op de terreinen en remises staat daarom niet vast.

5.3 TRAMSPOOR GVB EN RET

Om een beeld te krijgen van hoe het tramnetwerk in elkaar zit en of hier de toepassing van statische wissels mogelijk zou zijn, wordt dit bekeken voor de tramsporen van de GVB in Amsterdam en de RET in Rotterdam. Belangrijk om te vermelden is vooral dat tramsporen vrijwel altijd langs dezelfde richting bereden wordt, eigenlijk nooit de andere kant. Er bestaan daarnaast wel bepaalde stukken in het netwerk waar enkel spoor aanwezig is. Dit is dan wel de enige uitzondering (Tax & Loogman, 2021).

GVB Amsterdam

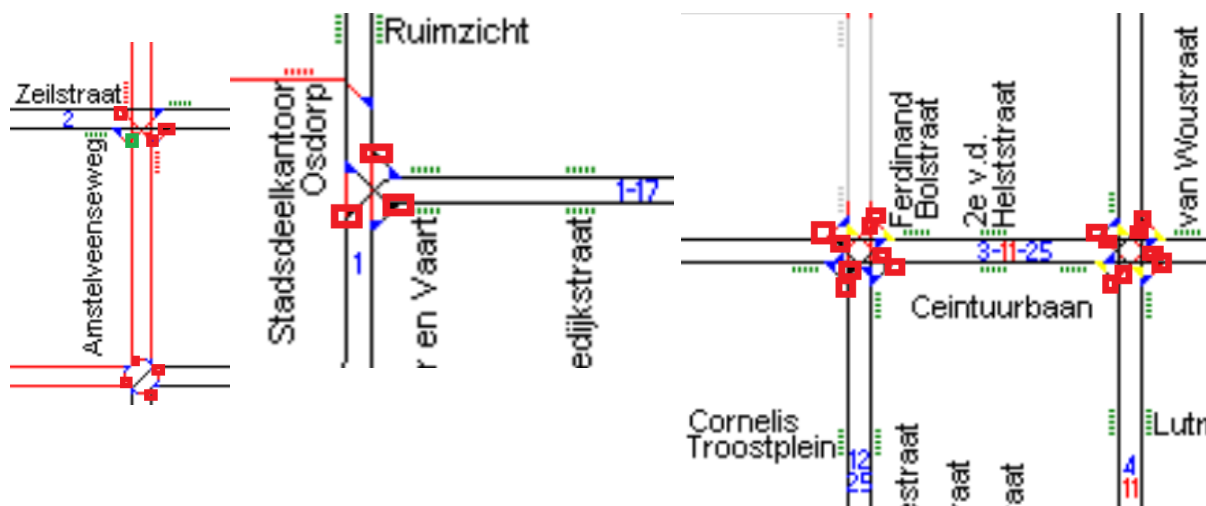
Het tramnetwerk van Amsterdam bestaat grotendeels uit een samenkoppeling van verschillende haltes en stations door middel van dubbelspoor. Deze komen samen in circulaire knooppunten zoals bij Zeilstraat, Hoofdweg, Burgemeester Röellstraat en Mauritskade:



Figuur 5.6 GVB; Hoofdweg, Burgemeester Röellstraat en Mauritskade

Met rode vierkanten worden posities voor statische wissels aangegeven. De groene vierkanten geven de posities van serie geschakelde wissels aan. Hier zitten wissels vrij dicht op elkaar. Dit zou bij heavy rail onmogelijk zijn of Engelse wissels introduceren, maar bij tramsporen worden wissels daadwerkelijk met nog amper anderhalve meter marge neergelegd (Tax & Loogman, 2021).

Naast circulaire connecties, zijn er ook T-splitsingen en rechte kruisingen zoals bij: Zeilstraat, Meer en Vaart, Ferdinand Bolstraat en van Woustraat (en afbuiging bij Albert Cuypstraat):



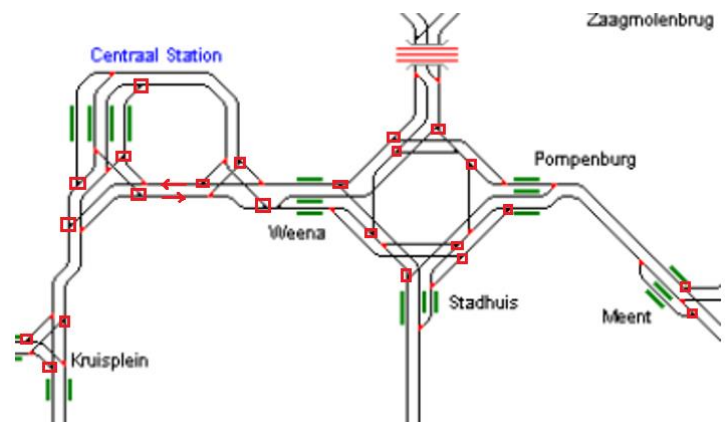
Figuur 5.7 Zeilstraat, Meer en Vaart, Ferdinand Bolstraat en van Woustraat

RET Rotterdam

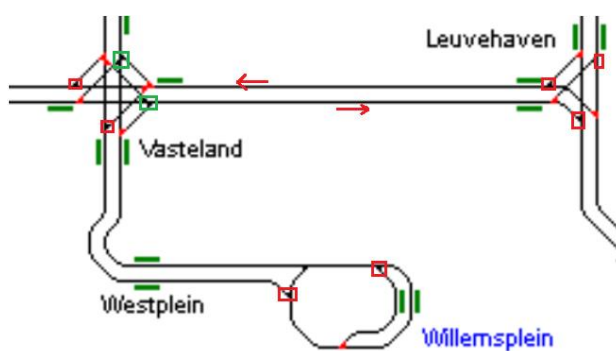
In het tramnetwerk van Rotterdam zijn verschillende posities die toevoeging van het statische wissel zouden toestaan. Kruisingen en stations/haltes zijn goede posities waarin alleen samenvoegende wissels aanwezig zijn:

Centraal Station en Meent zijn voorbeelden van zulke haltes/stations. Daarnaast zijn de rechte kruising bij Kruisplein en de circulaire kruising tussen Weena-Stadhuis-Pompenburg ook geschikte locaties.

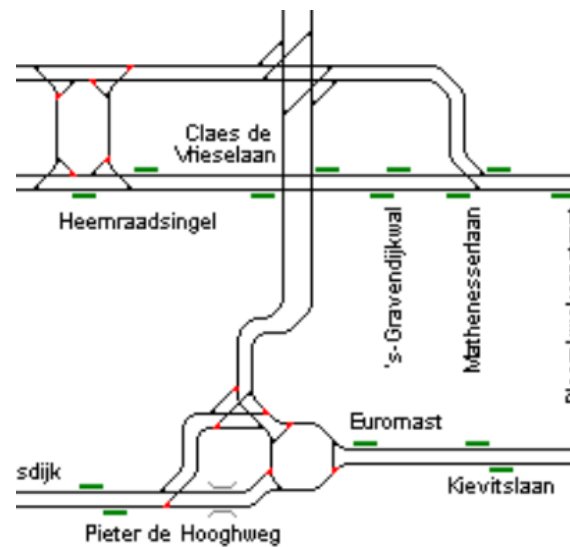
De kruisingen bij Vasteland en Leuvehaven zijn ook plekken waar wissels alleen als samenvoegend kunnen werken.



Figuur 5.8 Centraal Station, Meent en Kruisplein, Stadhuis, Pompenburg



Figuur 5.9 Vasteland, Leuvehaven en Willemsplein

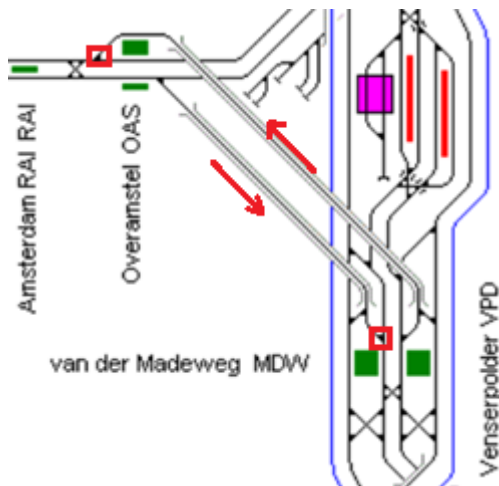


Figuur 5.10 Heemraadsingel, Pieter de Hoogweg en Mathenesserlaan

5.4 METROSPOOR GVB EN RET

De metro in Amsterdam is een stuk minder grootschalig dan het tramnetwerk, maar bezit daardoor wel een complexe samenstelling van verbindingen. Die willen eigenlijk toestaan dat meerdere rijrichtingen op een stuk spoor toelaatbaar zijn. Hierdoor wordt het toepassen van statische wissels een grotere uitdaging dan bij de tramwegen.

Daarentegen zijn er wel een aantal posities die een statische wissel toestaan, zoals:



De tunnelverbinding tussen Overamstel (OAS) en Venserpolder (VPD), hier is duidelijk te zien dat het ene spoor invoegt na elke tunnelopening. Hier zouden vaste rijrichtingen ook redelijk standaard vaststaan. Rechts rijdende metro lijkt hier de logische keuze. Daarentegen zijn wel kruisverbindingen vóór en na de tunnels te zien. Dit kan dus ook betekenen dat op het moment de sporen wel anders gebruikt kunnen worden.

Stations zoals tussen Amstelveen Centrum en Ouderkerkerlaan, maar ook Amsterdam Zuid staan de mogelijkheid van statische wissels toe, wanneer éénrichtingswegen aangehouden worden.

Figuur 5.11 Overamstel - Venserpolder

Hieronder, in Figuur 5.12, is aangegeven met richtingen hoe “normaal” gereden wordt.



Figuur 5.12 Amsterdam Zuid

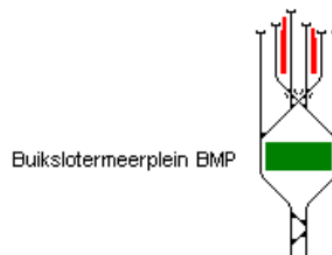
In dat geval zouden in de rode vierkanten vrijwel gegarandeerd statische wissels passen. Als daarnaast gekeken wordt naar andere plekken voor statische wissels (in de gele driehoeken) dan wordt duidelijk dat meerdere richtingen vaker worden aangehouden en daar dus geen toepassing van een statische wissel mogelijk wordt.

Alleen eindstations, aan uiteindes van het metronetwerk zoals bij de Isolatorweg en Bukslotermeerplein (zie Figuur 5.14) staan het gebruik van statische wissels niet toe, aangezien treinen recht door de halte inrijden, maar dan weer achteruit terug moeten rijden. Dit betekent dat metro's hier via beide kanten de wissels berijden.

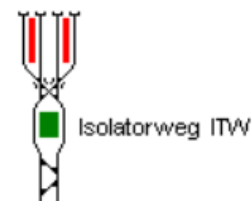
Daarentegen zijn tussenstops, zoals de verbinding tussen Amstelveen Centrum en Ouderkerkerlaan in Figuur 5.13, wel weer gunstiger voor een statische wissel.



Figuur 5.13 Amstelveen Centrum en Ouderkerkerlaan



Bukslotermeerplein BMP



Figuur 5.14 Bukslotermeerplein en Isolatorweg

5.5 AANBEVELINGEN OP OPERATIONEEL GEBIED

Als nu de verschillende inpassingsgebieden vergeleken worden met elkaar en hun eigen specifieke voor- en nadelen opgesteld worden. Opgesteld in Tabel 4 zijn de voor- en nadelen die een rol spelen bij statische wissels in elk toepassingsgebied.

Tabel 4 Voor- en nadelen op operationeel gebied voor statische wissels

Voordelen	1.	Geen wisselbesturing, dus vergen geen aandacht in dienstregeling			
	2.	NIC-meldingen komen minder voor -> minder vertragingen			
Nadelen	3.	Treinen kunnen niet omgeleid worden over deze wissels (maar 1 richting is mogelijk)			
	4.	Onderhoud kan niet plaatsvinden als wissels daarbij langs meerdere kanten bereden worden			
Zone		Heavy rail (nationaal spoor)	Bedrijfsterreinen /remises	Tramsporen	Metrosporen
		Meerdere schakels in het systeem hebben standaard rijroutes, alleen voor onderhoud zouden meerdere richtingen wel mogelijk moeten blijven	Bedrijfsterreinen en remises kunnen vaststaande rijroutes makkelijk accepteren, aangezien ze vrij kleinschalig zijn	Tramsysteem heeft vaste rijroutes, wat inpassing goed zou toestaan	Er zijn vrijwel geen posities voor statische wissels mogelijk, er worden vrijwel geen vaste richtingen aangehouden of zijn niet mogelijk
			Wissels worden vaak niet centraal bestuurd, wat eigenlijk het meest voorkomende faalmechanisme is.	Tramsporen hebben soms al toepassingen waarbij minder bewegende delen aanwezig zijn	
Statische wissels					
Impact van voor- of nadeel (+++/-)	1.	++	+	+++	++
	2.	++	+	+	++
	3.	---	-	-	---
	4.	---	-	-	--
	Totaal	--	+/-	++	-

Duidelijk wordt dat tramsporen het meeste zouden profiteren en het minste last zouden hebben van een toepassing van een statische wissel. Alhoewel in heavy rail er veel voordeel wordt ondervonden, hebben de nadelen van een statische wissel ook meteen het meeste effect. Metrospoor lijkt vrij weinig locaties te hebben die de wissel zou toestaan.

Als een statische wissel langs de punt bereden zou kunnen worden, dan wordt de functionaliteit beter en zou deze wissel daadwerkelijk veel wenselijker worden. Dit zou mogelijk wel betekenen dat

er bewegende delen moeten worden toegevoegd, wat het grote voordeel van een statische wissel weghaalt (zie hoofdstukken 3 en 4).

Om ook te vergelijken met de huidige functionaliteit van andere wissels in de verschillende soorten spoor, wordt dit hieronder in Tabel 5 uitgewerkt.

Tabel 5 Vergelijking wissels in verschillende soorten spoor

	Heavy rail (nationaal spoor)	Bedrijfsterreinen /remises	Tramsporen	Metrosporen
Heavy rail toepassingen:				
Standaard wissel	+	+	+	+
Engels wissel	++	++	+/-	+/-
WIRAS	+	+	+	+
Tramrail toepassingen:				
Terugklapwissel	+/-	+/-	+	+

In deze tabel wordt de standaard wissel als algemeen voordelig gezien in elk soort spoor. Deze is namelijk overal toepasbaar en wordt daarom op het moment ook het meest gebruikt. Een Engelse wissel heeft meer functionaliteit (is compact en kan evenveel als twee standaard wissels) en krijgt daarom een positieve beoordeling voor heavy rail en bedrijfsterreinen. In tramsporen en metrosporen worden deze minder gebruikt, daar heeft hun voordeel daarom minder impact. Wissels kunnen namelijk bij tramsporen dichter op elkaar geplaatst worden. Een WIRAS-wissel is in elk soort spoor toepasbaar, niet anders dan een standaard wissel. Een terugklapwissel wordt op het moment niet gebruikt in heavy rail. In tramsporen en metrosporen daarentegen wel (Tax & Loogman, 2021).

6 INTERACTIE TUSSEN VOERTUIG EN WISSEL

Naast welke eisen aan wissels gesteld worden, verschillende vormen van storingen en inpassingsmogelijkheden, hebben de voertuigen die op het spoor rijden ook een bepaalde interactie met wissels. In dit hoofdstuk wordt gekeken welke onderdelen van de wissel en welke van het voertuig, specifiek belangrijk zijn en dus belangrijk zijn voor statische wissels.

Om verbanden te vinden tussen wiel en spoor, zijn er bijvoorbeeld dynamische modellen opgesteld om dit te visualiseren. Zo is het verschil tussen dynamische modellen onderzocht (Elias et al., 2006) maar ook gekeken wat aanpassingen aan wissels veranderen in de resultaten van zulke modellen (Pålsson, 2014). Deze technieken brachten meer inzicht in de dynamiek van voertuigen wanneer deze een wissel passeren. Deze onderzoeken maken duidelijk hoe complex de interactie tussen een wissel en een trein is. Elke verandering die wordt gedaan aan het ontwerp van een wissel kan dus voor een totaal andere dynamiek zorgen.

6.1 REIZIGERSCOMFORT

Wat een belangrijke eis is in transport over spoor, is het comfort van reizigers bij passagierstransport. Treinen worden daarom over spoor gereden dat ook goed geleid: de spoorstaven zijn zo uitgevoerd dat er minimaal aan verticale sprongen zijn en bijgehouden dat deze ook in deze staat blijven. Deze worden onderhouden door ze bijvoorbeeld bij te slijpen (4.4 Onderhoud bij wissels).

Een belangrijk aspect bij wissels is daarom het puntstuk dat aanwezig is. Een trein komt hier met een klap op. Dit is daarom ook goed te voelen in de trein tijdens het reizen. Goed uitgevoerde puntstukken kunnen deze klap minimaliseren, maar deze onderbreking in het spoor blijft aanwezig.

Naast schokken en vibraties, is ook het schrapen van de wielen tegen de kop van de spoorstaven een oorzaak van schelle geluiden. In scherpe bochten komt dit slippen en schrapen van het wiel veel voor. Naast dit schrapen kunnen geluiden ook veroorzaakt worden door de ruwheid van spoor of onregelmatigheden. Het bekende geklik, wanneer treinen over een overgang van twee verschillende spoorstaven, is hier een voorbeeld van.

6.2 SLIJTAGE AAN HET VOERTUIG

In de treinbogie zijn elementen aanwezig om de trein op het spoor te laten houden. De wielen en het bijbehorende vering systeem zijn daarbij noodzakelijk. Daarnaast vangt het vering systeem klappen op om het comfort in passagierstreinen te garanderen. Dit systeem en wielen slijten daarom beiden.

Een belangrijk aspect dat treinbogies hebben, is het feit dat deze een bepaalde marge hebben van scheefstand binnen de spoorstaven. Daarbij kan de treinbogie dus op zo'n manier georiënteerd zijn, dat deze een wissel schuin benaderd, dat dus de daarvoor aanwezige strijkgelassen daadwerkelijk noodzakelijk worden om de trein niet te laten ontsporen. Deze strijkgelassen hebben om deze reden ook een kleine vertakking, de vleugel, om de wielen op de kop van de spoorstaaf te houden (Rhee, 2021).

6.3 HERKOMST ONTSPORINGEN

Om vast te stellen hoe hedendaagse wissels verbeterd kunnen worden, worden dus dynamische modellen opgezet om wissels te simuleren en metingen te visualiseren. In een onderzoek dat kortgeleden heeft plaatsgevonden is een simulatie gedaan om ontsporing in wissels duidelijk te krijgen (Jun et al., 2021). Hierbij werd voor het eerst uitgewerkt hoe ontsporing precies werkt in wissels, door dit te simuleren, en daarbij vastgesteld welke aanpassingen aan de wielflens gedaan kunnen worden. In dit onderzoek werd vastgesteld hoe het “opklimmen” van het wiel werkte en dat de veiligheid voor de bogie afhankelijk is van beide de voor- én achter wielstel.

In ander onderzoek, verricht in 2012, werd gekeken naar de oorzaak van ontsporingen (Xiang et al., 2012). Hierbij werd geconcludeerd dat bij snelheden onder de 10 mph hadden ontsporingen meestal te maken met menselijke fouten. Slechte treinbesturing, slechte remprocedures en slecht gebruik van wisselbesturing. Als daarna gekeken werd naar snelheden boven de 25 mph werden deze problemen juist vervangen door het falen van apparatuur, de draagconstructie, gebroken wielen en breken van de wielassen.

Ontsporing in wissels komt dus vooral door menselijke fouten (in de bediening) en daarnaast is het opklimmen van het wiel op de kop van de spoorstaaf ook een veel voorkomend probleem.

6.4 AANBEVELINGEN OP GEBIED VAN VOERTUIGINTERACTIE

Om de paar gevonden belangrijke punten van voertuiginteractie in een overzicht te krijgen zijn ze hieronder beoordeeld neergezet in Tabel 6. Een + geeft een voordeel aan en een – een nadeel (net zoals de andere tabellen in de vorige hoofdstukken).

Tabel 6 Voor- en nadelen op gebied van voertuiginteractie

Soort wissel	Voertuiginteractie			Totaal
	Reizigerscomfort	Slijtage aan voertuig	Ontsporingen	
Heavy rail toepassingen:				
Standaard wissel	-	-	-	-3
Engels wissel	-	-	-	-3
WIRAS	++	++	++	+6
Tramrail toepassingen:				
Terugklapwissel	--	-	-	-4
Statische wissel	--	--	--	-6

Duidelijk is geworden dat de WIRAS-wissel, als enige, verbeteringen biedt op de slechte punten die aanwezig zijn bij standaard wissels. De WIRAS-wissel heeft namelijk een goede oplossing voor het puntstuk dat op alle drie deze punten daarom beter functioneert dan de andere wissels. Een Engels wissel en een terugklapwissel, brengen op het punt van voertuiginteractie geen extra complicaties met zich mee. Behalve dat de terugklapwissel, met zijn enige wisseltong, een klein nadeel zal brengen voor reizigerscomfort.

Een statische wissel brengt meer nadeel, aangezien deze extra puntstukken toevoegt in zijn voorkant en daarom dus het element dat het slechtste geleid juist opnieuw introduceert. Ook zou het, afhankelijk van de uitvoer van een statische wissel, kunnen dat er op de wielflens wordt gereden. Dit zou dus de slijtage aan het voertuig sterk kunnen verhogen (deze dynamiek moet dan onderzocht worden).

Als een toepassing van een statische wissel daadwerkelijk wordt overwogen, dan moet de interactie tussen wissel en voertuig verder onderzocht worden dan hier is gedaan.

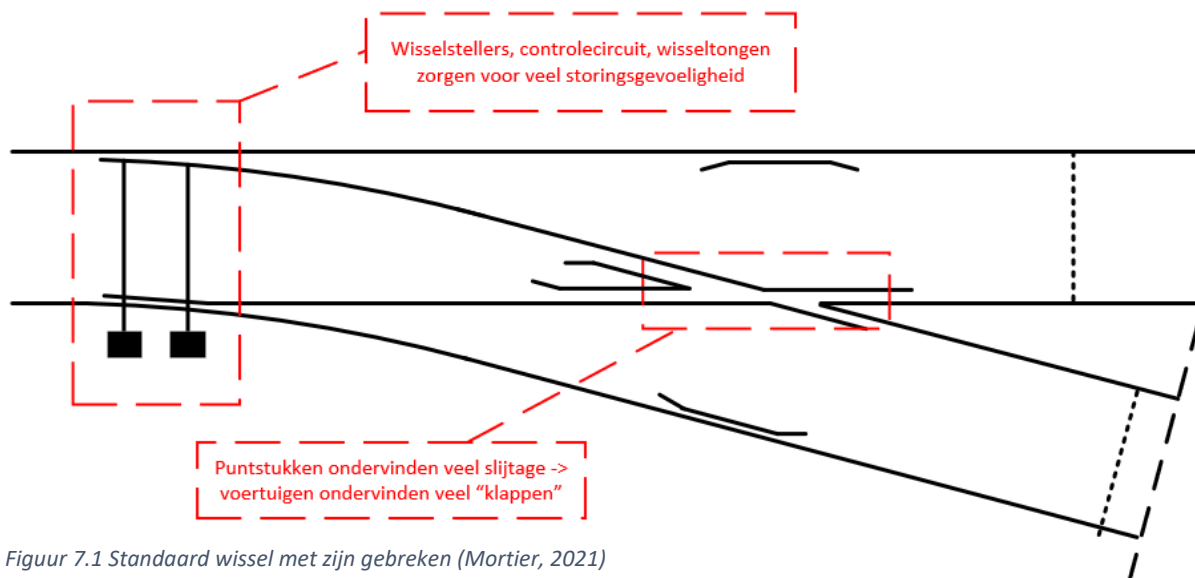
In dit hoofdstuk, en de hoofdstukken hiervoor, werd vooral gekeken naar het feit dat treinen het meeste last kregen bij het invoegen in de statische wissel. Treinen die de wissel inkomen vanaf het afbuigende spoor ondervinden inderdaad de grootste onderbreking in geleiding en dragen. Daarentegen betekent dit niet dat de rechtdoor gaande richting geen hinder ondervindt. Treinen ondervinden ook een onderbreking in geleiding en dragen. Zie Figuur 7.4, hier is te zien dat het linker wiel van een trein tijdelijk niet wordt ondersteund als een trein rechtdoor door de wissel gaat.

7 VERGELIJKING WISSELS MET STATISCHE WISSEL

Om een duidelijk overzicht te krijgen van alle elementen die een rol spelen voor de goede werking van een wissel, worden ze in dit hoofdstuk allemaal vergeleken met wat bij een statische wissel veranderd. Eerst wordt visueel aangeduid welke knelpunten bij verschillende wissels bekend zijn en daarna wordt een totale beoordeling gegeven voor elke wissel.

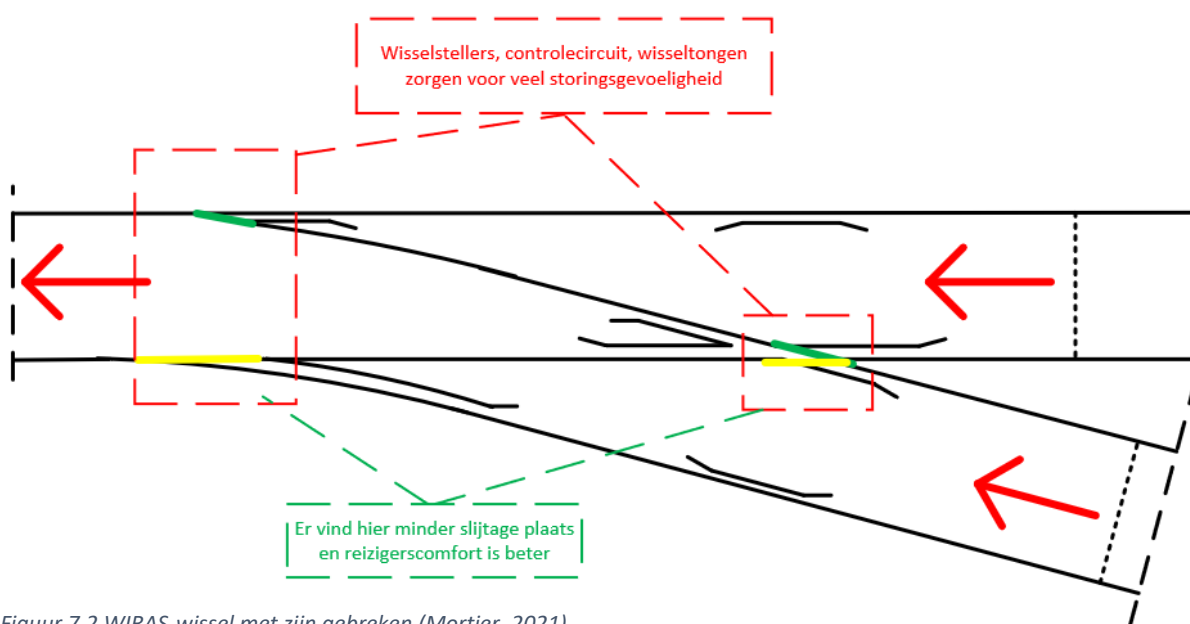
7.1 KNELPUNTEN VAN VERSCHILLENDE WISSELS

De huidige standaard wissel met zijn gebreken is te zien in Figuur 7.1.



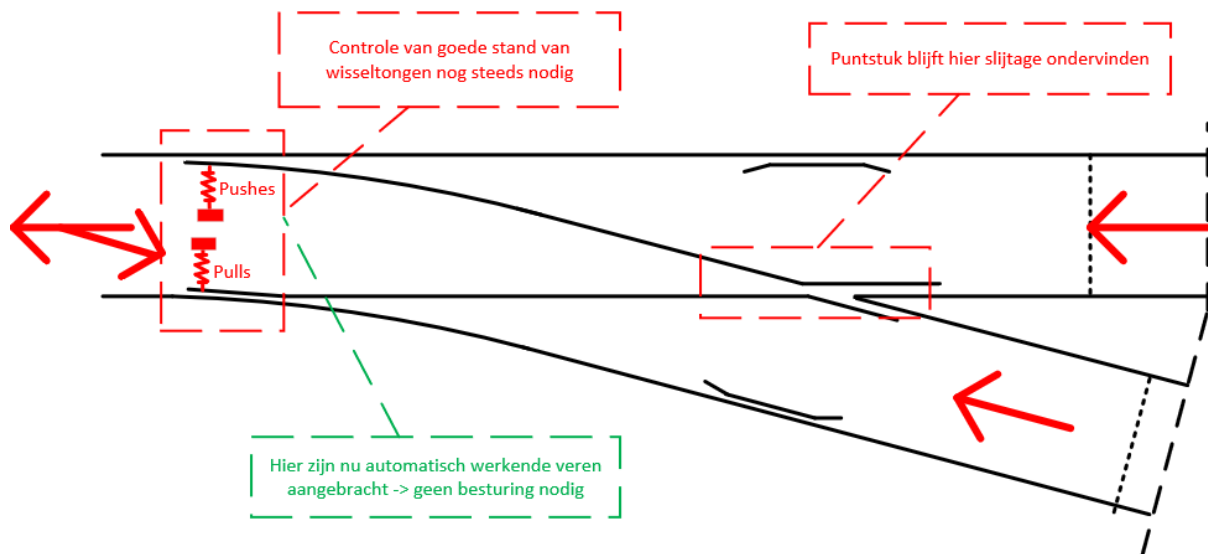
Figuur 7.1 Standaard wissel met zijn gebreken (Mortier, 2021)

Als een WIRAS-wissel gebruikt zou worden, dan zijn de belangrijkste punten weergegeven in Figuur 7.2 hieronder.



Figuur 7.2 WIRAS-wissel met zijn gebreken (Mortier, 2021)

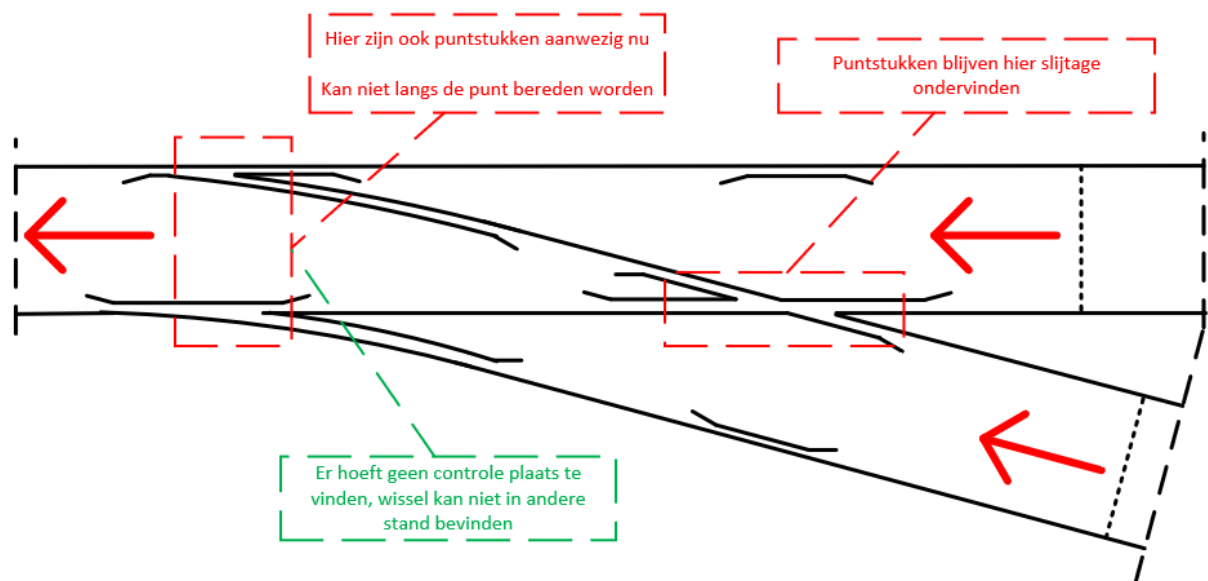
Ook de terugklapwissel kent zijn gebreken, zoals in Figuur 7.3 te zien is.



Figuur 7.3 Terugklapwissel met zijn gebreken (Mortier, 2021)

Een tweede veer is bij deze terugklapwissel aangegeven, aangezien in heavy rail geen groefrails gebruikt wordt. Deze terugklapwissel is in dit geval zo uitgewerkt dat de splitsende zijde treinen laat afbuigen. Een andere versie is ook mogelijk waarbij treinen juist rechtdoor blijven rijden, de duwende veren zouden dan moeten trekken en voor de trekkende veren juist duwen.

Als laatste is een statische wissel te zien in Figuur 7.4.



Figuur 7.4 Statische wissel met zijn gebreken (Mortier, 2021)

7.2 ANALYSE VAN VERSCHILLENDE WISSELS

In deze paragraaf worden de verschillende wissels beoordeeld en tegenover elkaar gezet. Er worden +’en en –’en gebruikt om aan te duiden of een element een groot of klein voordelig of nadelig effect heeft. Dus +++ is heel voordelig en – is in kleine mate nadelig. Zie paragraaf 1.3 Plan van aanpak, voor uitleg over hoe deze beoordeling is samengesteld.

De standaardwissel krijgt geen gemiddelde waarden, maar ook een eigen beoordeling om aan te duiden wat huidige knelpunten zijn bij deze wissels zodat ook duidelijk wordt op welke punten een nieuwe wissel meer aandacht vergt en welke niet. Een overweging van de toepasbaarheid van een statische wissel kan dus worden gedaan door zijn beoordeling te vergelijken met die van de standaard wissel en de andere wissels. Deze beoordeling is samengevoegd tot één geheel in Tabel 7.

Tabel 7 Totaaloverzicht voor- en nadelen verschillende wissels

Soort wissel	Heavy rail toepassingen	Standaard wissel	Engelse wissel	WIRAS wissel	Tramrail toepassingen	Terugklap-wissel		Statisch wissel
Restricties (hoofdstuk 3)								
Puntstukken		--	--	+/-		-		---
Invalshoeken		-	--	---		--		--
Toepassingsgebied (serie/parallel schakeling van wissels)		+/-	-	-		+/-		+/-
Raakvlakken		-	--	---		-		-
Wisselbediening		-	---	--		+		++
Subtotaal		-5	-10	-9		-3		-4
Storingen en onderhoud (hoofdstuk 4)								
Wisselen		-	--	-		+		--
Geleiden en dragen		-	--	--		--		--
Controleren en isoleren		---	---	--		++		+++
Puntstukken/hartstukken		--	---	+		--		---
Wisselstellers& wisseltongen		-	--	+		+		+++
Controlecircuit		--	--	--		-		+++
Ballastbed& spoorbielzen		--	--	--		-		--
Spoorstaven		-	-	-		--		---
Subtotaal		-13	-16	-8		-4		-3
Operationele grenzen (hoofdstuk 5)								
Heavy rail		+	++	+		+/-		--
Bedrijfsterreinen en remises		+	++	+		+/-		+/-
Tramsporen		+	+/-	+		+		++
Metrosporen		+	+/-	+		+		-
Subtotaal		+4	+4	+4		+2		-1

Soort wissel	Heavy rail toepassingen	Standaard wissel	Engelse wissel	WIRAS wissel	Tramrail toepassingen	Terugklapwissel		Statische wissel
Voertuiginteractie (hoofdstuk 6)								
Reizigerscomfort		-	-	++		--		--
Slijtage voertuig		-	-	++		-		--
Ontsporingen		-	-	++		-		--
Subtotaal		-3	-3	+6		-4		-6
Alle aspecten								
	x1 / 5	-5	-10	-9		-3		-4
	x2 / 8	-13	-16	-8		-4		-3
	x3 / 4	+4	+4	+4		+2		-1
	x1 / 3	-3	-3	+6		-4		-6
	*							
Totaal		-2.25	-4	0.95		-1.43		-4.30

* de scores van alle aspecten worden vermenigvuldigd met hun waarde (zoals vermeld in hoofdstuk 1.3) en gedeeld door hun aantal onderdelen

Dit totaaloverzicht is verkregen door het onderzoek dat is gedaan in de hoofdstukken 2 t/m 6. Hieruit blijkt dat een statische wissel niet wenselijk zou zijn. Daarentegen is wel duidelijk geworden dat een terugklapwissel en een WIRAS-wissel beiden juist interessantere oplossingen zijn.

In de huidige beoordeling worden de verschillende toepassingsgebieden (bij aspect operationeel gebied) samengenomen tot één totaal beoordeling. Daarentegen zit er een groot verschil tussen een toepassing in heavy rail of in tramsporen. In tramsporen is een statische wissel beter toepasbaar dan in heavy rail. De toepassing per gebied maakt dus wel uit. Als er niet met een gemiddelde gerekend zou worden, zou de lage score die de statische wissel nu heeft, veranderen. De score in het geval van tramsporen alleen is:

$$\begin{aligned}
 \text{Standaard wissel:} & \quad 1/5x-5 + 2/8x-13 + 3/1x+1 + 1/3x-3 & = -2.25 \\
 \text{Engelse wissel:} & \quad 1/5x-10 + 2/8x-16 + 3/1x+0 + 1/3x-3 & = -7.00 \\
 \text{WIRAS-wissel:} & \quad 1/5x-9 + 2/8x-8 + 3/1x+1 + 1/3x+6 & = +1.2 \\
 \text{Terugklapwissel:} & \quad 1/5x-3 + 2/8x-4 + 3/1x+1 + 1/3x-4 & = +0.07 \\
 \text{Statische wissel:} & \quad 1/5x-4 + 2/8x-3 + 3/1x+2 + 1/3x-6 & = +2.45
 \end{aligned}$$

Duidelijk is dus dat een statische wissel zeker wenselijk zou zijn in tramsporen.

De statische wissels blijken niet wenselijk te zijn in heavy rail, maar de uitvoering van een zodanig wissel zou daarnaast ook een uitdaging zijn. Dit rapport gaat hier niet op in, maar in Appendix B zijn bevindingen toegevoegd over een mogelijk ontwerp. Hier zijn ook een versie van de terugklapwissel en een wissel met beweegbare puntstukken toegevoegd.

8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De onderzoeksvraag van dit rapport was: *“Wat is de toepasbaarheid van een statische wissel?”*. Deze lijkt na het overzicht, verkregen in hoofdstuk 7, beantwoord te zijn.

Na vast te stellen wat de verschillende wissels zijn, die op dit moment bestaan, kon er een vergelijking gedaan worden tussen deze wissels en een statische wissel. Als volgt zijn de technische restricties van wissels vastgelegd, zijn de verschillende soorten en oorzaken van storingen onderzocht en werd het benodigde onderhoud van wissels onderzocht. Ten slotte werden de operationele grenzen van een statische wissel bepaald en werd de interactie tussen voertuig en wissel onderzocht.

Naast het bespreken van de voor- en nadelen van de statische wissel, werd ook vastgesteld wat de voor- en nadelen zijn bij andere wissels zoals de standaard wissel in heavy rail, de Engelse wissel, het concept van de WIRAS-wissel en een terugklapwissel uit een tramspoor. Een algemene analyse is uitgevoerd om een vergelijking tussen al deze wissels te doen.

Zo werd duidelijk dat de Engelse wissel, naast de extra functionaliteit, vrij nadelig is zoals ProRail heeft vastgesteld (Kruse, 2021). Een statische wissel lijkt voornamelijk niet toepasbaar te zijn, met name vooral niet in heavy rail. Deze is sowieso niét toepasbaar in heavy rail. In tramsporen zouden deze mogelijk wél toepasbaar zijn.

Alhoewel een statische wissel niet overal wenselijk is, is wel duidelijk geworden dat andere wissels zoals de WIRAS-wissel en een terugklapwissel, beiden wel een goede prestatie hebben. Deze blijken daarom eerder toepasbaar te zijn dan een statische wissel.

Conclusies van dit rapport zijn daarom:

- Een statische wissel is niet wenselijk in heavy rail, daarentegen wél in tramsporen.
- Een toepassing van de WIRAS-wissel zou wél wenselijk zijn, als niet wordt gekeken naar zijn winterproof-zijn maar eerder naar de vermindering in slijtage rond/door puntstukken. Een werkelijk ontwerp op schaal zou de mogelijke kennis kunnen bieden of deze wissel realistisch is.
- Een terugklapwissel is een geschikte optie die voor een vermindering in storingen kan zorgen (geen besturing nodig), maar ook nog langs de punt bereden kan worden in tegenstelling tot een statische wissel. Deze zou daarom een betere oplossing zijn dan de aangenomen statische wissel.

Aangezien het rapport niet alles heeft behandeld, zijn de volgende aanbevelingen opgesteld:

- De interactie van voertuigen en wissels is nog weinig onderzocht, om hiervan daadwerkelijk een goed beeld te krijgen zou meer onderzoek gedaan moeten worden.
- In plaats van een statische wissel zou een uitvoering van een terugklapwissel in heavy rail onderzocht kunnen worden. Het ontwerpen van een zodanig wissel is wenselijker dan een statische wissel. Het huidige ontwerp van een terugklapwissel wordt alleen gebruikt in tramsporen, waardoor eenzelfde versie niet zomaar in heavy rail geplaatst kan worden.
- Het rijden op de wielflens, deze techniek wordt toegepast bij trams, zou mogelijks toegepast kunnen worden in wissels bij heavy rail. De technische haalbaarheid hiervan vereist nader onderzoek.
- Bij het kijken naar de haalbaarheid van een statische wissel, is vooral gekeken naar de interactie van een “invoegende” trein. Een trein die daarentegen recht door de wissel gaat, ondervindt ook een onderbreking in het spoor. Deze interactie vereist meer aandacht.

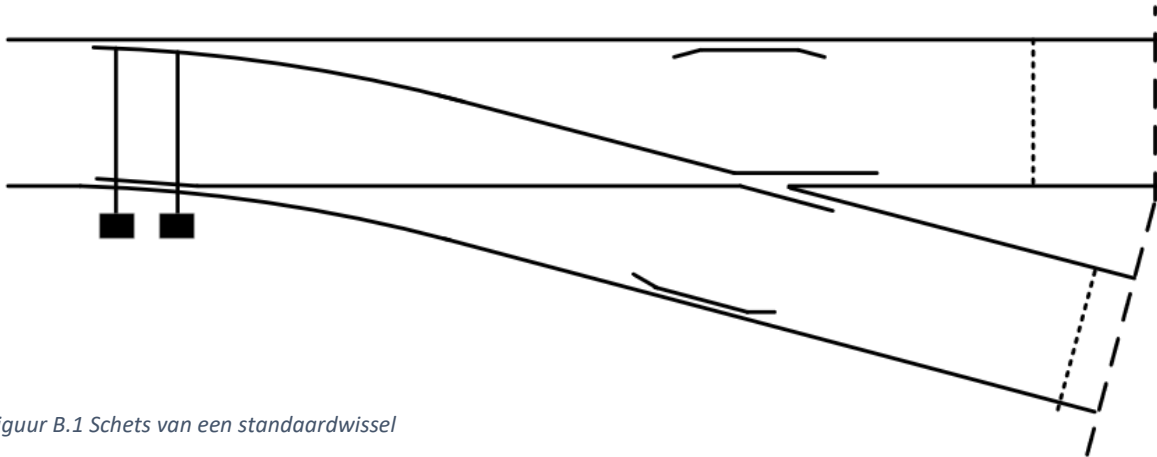
A. LITERATUURLIJST

- AgicoGroup. Railway Turnout Frog. In. rail-fastener.com.
- AMTR. (2015). Who pays for Switching? In. amtr.com: AMTR.
- ArcelorMittal. (2021). Grooved rail 54G1/54R1 (41GPU). In. arcelmittal.com.
- Constantin. (2016). Flange tip lift crossing. <https://pwayblog.com/2016/11/05/flange-tip-lift-crossing-tramway/>
- Elias, K., Clas, A., & Jens, C. O. N. (2006). Simulation of dynamic interaction between train and railway turnout. *Vehicle System Dynamics*, 44(3), 247-258, year = 2006. <https://doi.org/10.1080/00423110500233487>
- EN13674-1 European standard 50E2/50EB-T railway steel rail. (2021). In. alibaba.com.
- Esveld, C. (2001). *Modern railway track* (2nd rev. ed.). MRT-Productions.
- Esveld, C. (2005). Gewoon wissel. In. Geometrisch en constructief ontwerp van wegen en spoorwegen.
- European Parliament, D. (2016). *Technical Specifications for Interoperability*.
- Jun, L., Jingmang, X., Ping, W., Zheng, Y., Shuguo, W., Rong, C., & Jialin, S. (2021). Numerical investigation of dynamic derailment behavior of railway vehicle when passing through a turnout. *Engineering Failure Analysis*, 121, 105132. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.105132>
- Kruse, T. P. J. L. (2021). *Interview ProRail; storingen* [Interview].
- Ma, X., Wang, P., Xu, J., & Chen, R. (2018). Combined structure of switch rail and stock rail. In. Effect of the vertical relative motion of stock/switch rails on wheel-rail contact mechanics in switch panel of railway turnout.
- Mortier, L. (2021). In.
- NS. (2021a). *Dienstregeling*. <https://www.ns.nl/reisinformatie/download-dienstregeling>
- NS. (2021b). *Spoorkaart*. [https://www.ns.nl/binaries/ ht_1604421377494/content/assets/ns-nl/dienstregeling/nieuwe-dienstregeling/spoorkaart-2021.pdf](https://www.ns.nl/binaries/ht_1604421377494/content/assets/ns-nl/dienstregeling/nieuwe-dienstregeling/spoorkaart-2021.pdf)
- Pålsson, B. A. (2014). *Optimisation of railway switches and crossings*. Chalmers Tekniska Hogskola (Sweden).
- ProRail. (2018). Ontwerpvoorschrift: Baan- en bovenbouw, Wissels en kruisingen. In.
- Rahmani, A., & Seyedhousseini, S. M. (2021). Different types of turnouts. In. Development of Railway Turnout Structural Condition Index.
- Rhee, G. v. (2021). *Interview ProRail; Wissels* [Interview].
- Roos, R. d. (2021). *WIRAS: winterproof and without pointheating*. <http://www.winterproofturnout.info/>
- Single-blade tramway switches. In: Pražská Strojírna a.s.
- Spilt, N. (2006). Engelsman wissel Amersfoort 2006. In. Langs de rails.
- Sporenplannen*. (2021). sporenplan.nl
- Tax, J., & Loogman, G. (2021). *Interview GVB Amsterdam; Tramspoor* [Interview].
- van Gompel, M. (2021). How ProRail uses wayside monitoring systems. *RailTech.com*. <https://www.railtech.com/infrastructure/2021/08/04/how-prorail-uses-wayside-monitoring-systems/>
- Wikipedia. (2008). Kustlijn Blankenberge; Overloopwissel. In.
- Wikipedia. (2010a). Branderpijp systeem. In.
- Wikipedia. (2010b). Elektrisch lintelement. In: Wikipedia.
- Xiang, L., Saat, M. R., & Christopher, P. L. B. (2012). Analysis of Causes of Major Train Derailment and Their Effect on Accident Rates. *Transportation Research Record*, 2289(1), 154-163. <https://doi.org/10.3141/2289-20>

B. ONTWERPVOORSTELLEN

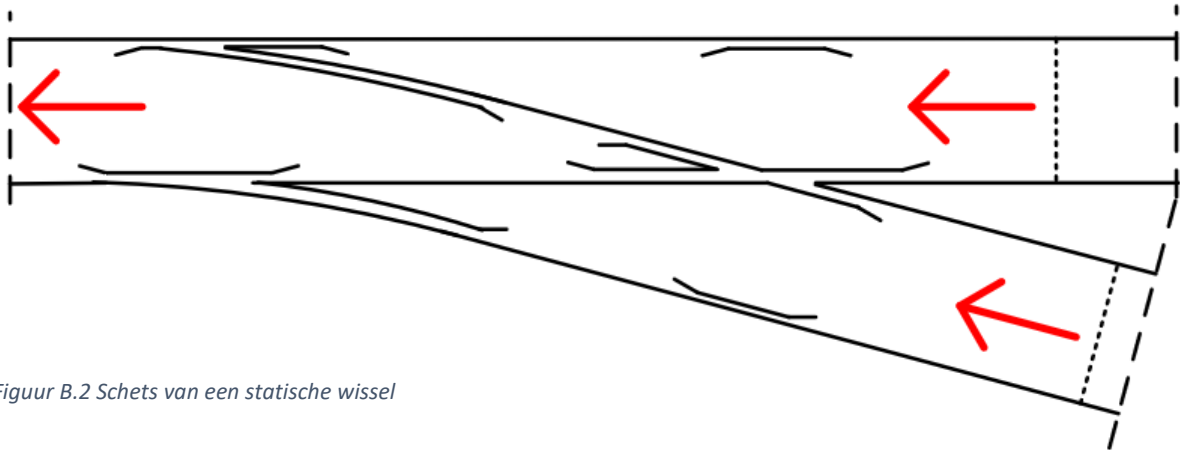
Om duidelijk overzicht te krijgen waarom een statische wissel een oplossing zou zijn (of niet), worden met verschillende schetsen, wissels vergeleken met elkaar. Deze krijgen allemaal aangegeven bij hun ontwerp waar hun gebreken liggen om zo een vergelijking te kunnen maken.

Een standaard wissel, in heavy rail, wordt meestal ontworpen op de volgende manier:



Figuur B.1 Schets van een standaardwissel

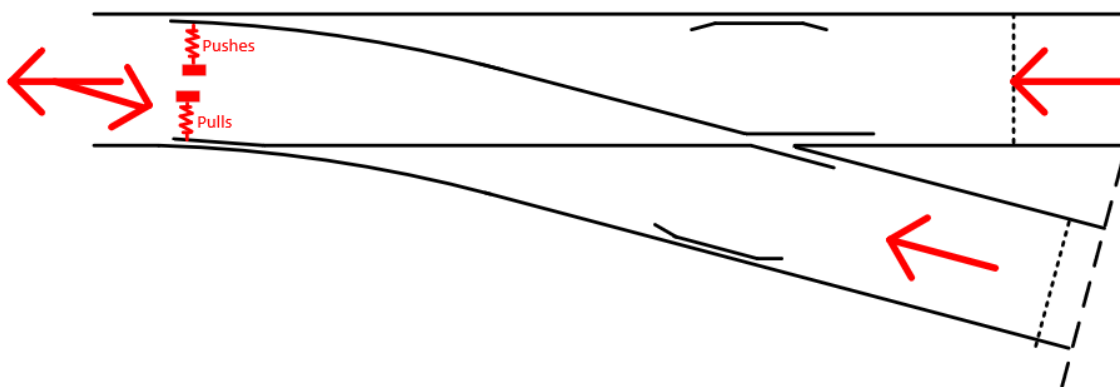
Een statische wissel mist de wisseltongen en wisselstellers die standaardwissels wel bezitten. In de figuur hieronder is een statische wissel te zien dat extra strijkgrengels heeft gekregen. Als de hoek, van de afbuigende richting, niet te stomp is dan kan een trein mogelijk met weinig moeite vanuit de afbuigende kant invoegen.



Figuur B.2 Schets van een statische wissel

Deze uitvoering vergt daarentegen nog aandachtig onderzoek om vast te stellen of treinen veilig deze wissels kunnen passeren. Als wordt gekeken naar groefrails in tramsporen, dan kan de toepassing van het verkleinen van de groefdiepte misschien worden toegepast. Een treinwiel dat op zijn flens zou rijden zou daarentegen wel (strengere) eisen vergen aangezien treinen veel zwaarder zijn dan trams en op hogere snelheden rijden.

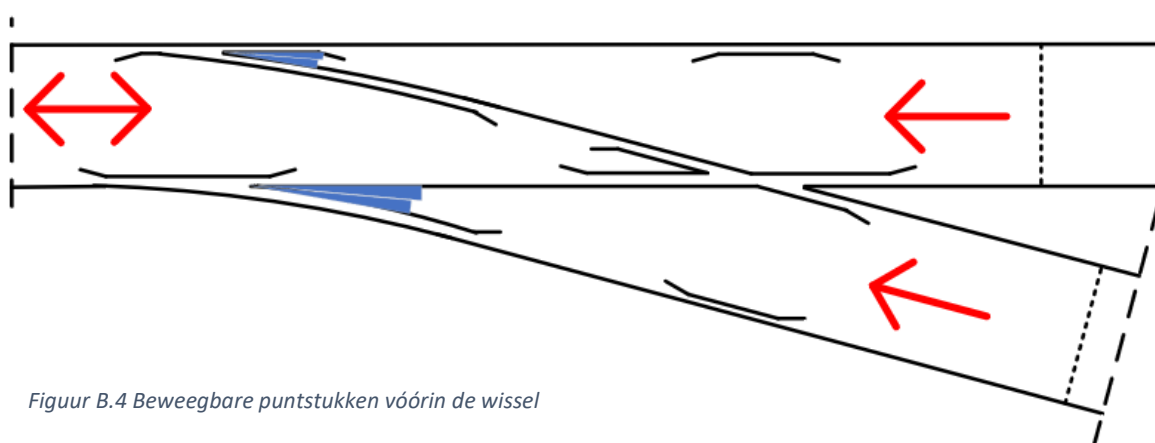
Als de toepassing van een volledig statische wissel niet gedaan zou worden zouden de WIRAS-wissel en de terugklapwissel toegepast kunnen worden. De WIRAS-wissel zou alleen op het punt van slijtage problematiek verwijderen. Een terugklapwissel haalt de noodzaak van besturen van de wissel weg, maar er is nog steeds een mechanisme dat moet bewegen en gecontroleerd moet worden.



Figuur B.3 Terugklapwissel-principe

In Figuur B.3 is het terugklapwissel toegepast waarbij deze in zijn actieve stand treinen de afbuigende baan in laat gaan vanaf de splitsende kant en beide richtingen toelaat langs de samenvoegende kant. Een andere versie kan ook worden toegepast waarbij treinen juist rechtdoor kunnen langs de splitsende kant van de wissel.

Naast deze wissels zouden ook beweegbare puntstukken, zoals wordt gedaan bij hogesnelheid spoor verplicht is bij hoeken groter dan 1:29. In Figuur B.4 zijn zulke puntstukken aangegeven in blauw. Deze wissel zou mogelijks alle richtingen gewoon kunnen toestaan (niet zoals een statische wissel of terugklapwissel waarbij maar gedeeltelijke functionaliteit van wisselen bestaat).



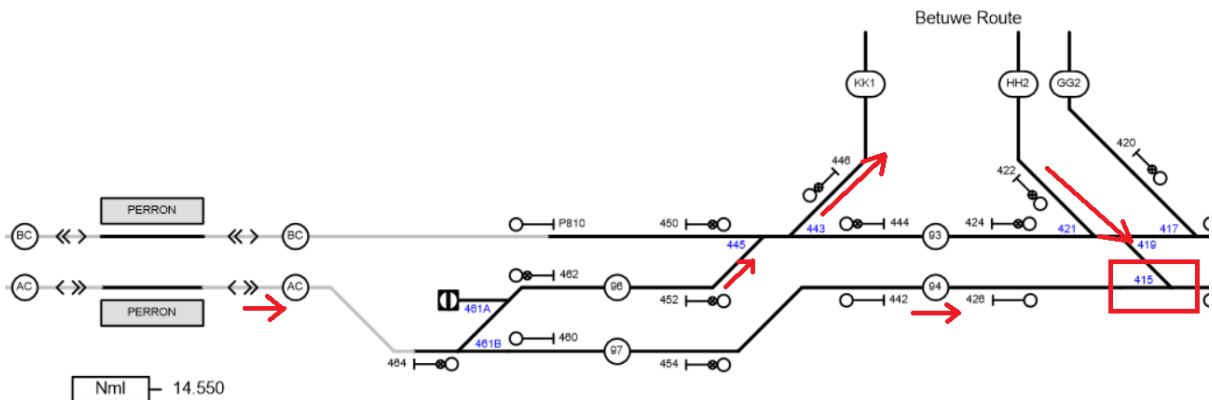
Figuur B.4 Beweegbare puntstukken vóór in de wissel

C. INPASSING STATISCHE WISSEL

Hier worden de overige gevonden locaties voor statische wissels vermeld, om de rest van het document beknopt te houden.

C.1 NS/PRORAIL HOOFDSPOORWEGEN

Betuwe Route

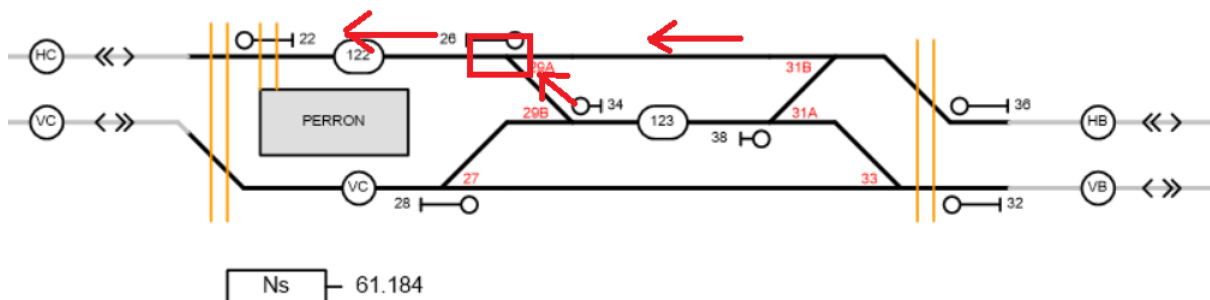


Figuur C.1 Nijmegen Lent – Betuwe Route - Elst

In bovenstaande spoorplan is te zien hoe de Betuwe Route inhaakt op het spoor tussen Nijmegen Lent en Elst.

Met rode pijlen is aangegeven wat de voornaamste routes zijn in het traject, wat dus zou betekenen dat een statische wissel geïmplementeerd zou kunnen worden op het knooppunt, aangegeven met de rode rechthoek.

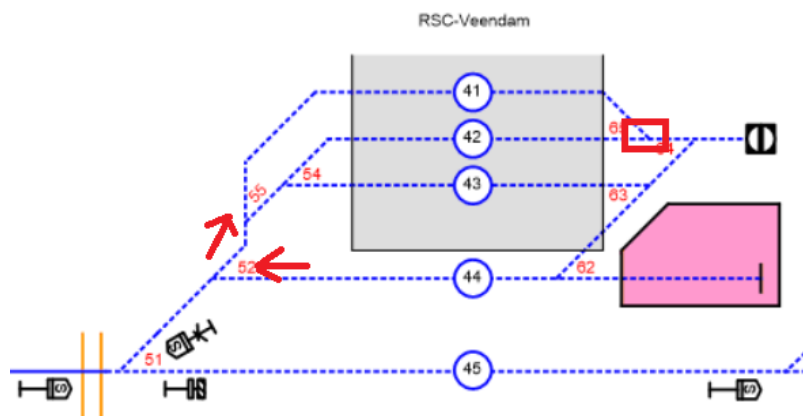
Zwolle – Amersfoort



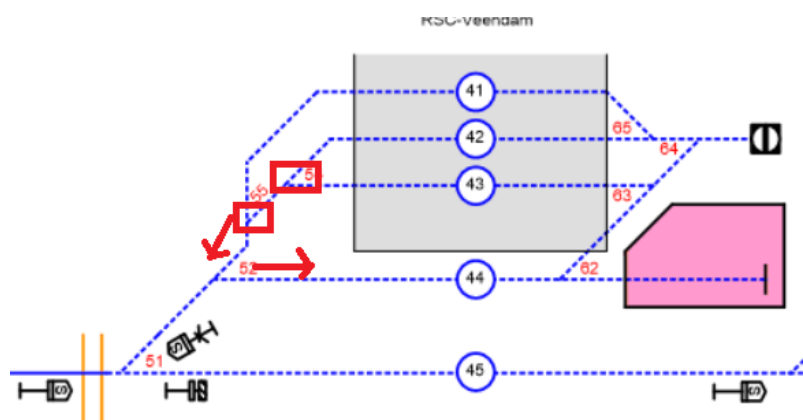
Figuur C.2 Station Nunspeet

Station Nunspeet is een station waarbij voornamelijk standaard richtingen worden aangehouden. Als dit zou worden vastgezet, dan zou de wissel in de rode rechthoek een statische wissel kunnen worden. Wissels vóór het station zouden kunnen voorkomen dat treinen deze wissel zouden kunnen benaderen vanaf de punt.

De volgende opties zouden dan bijvoorbeeld zijn:



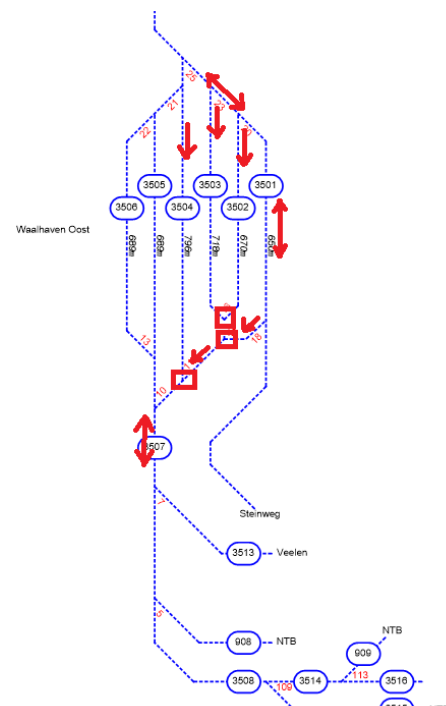
Figuur C.6 RSC-Veendam route 1



Figuur C.5 RSC-Veendam route 2

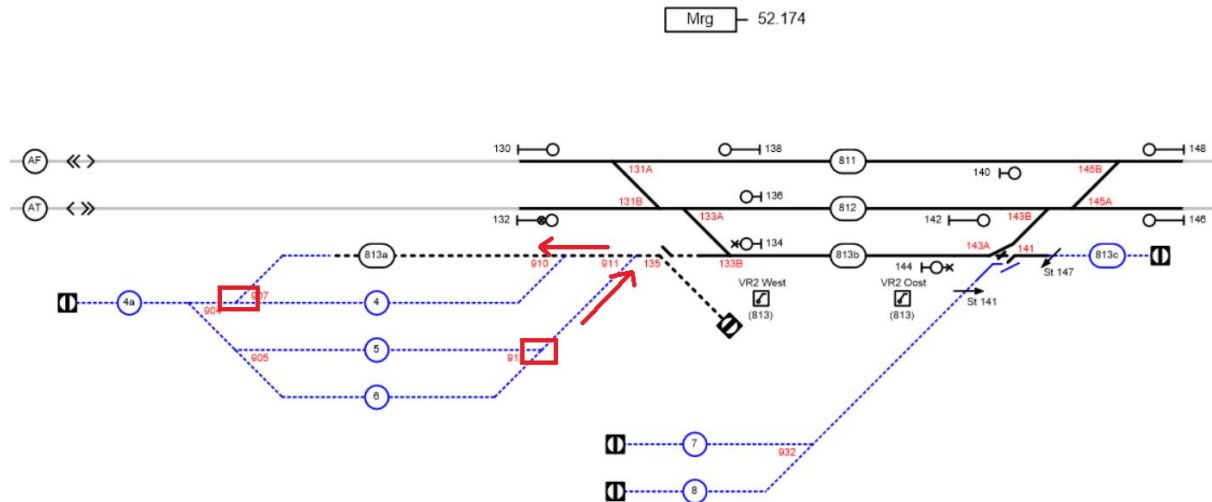
Waalhaven-Oost

Bij het terrein van Waalhaven-Oost is het mogelijk om 3 stukken spoor op één-richtingsverkeer vast te zetten. Dit zou betekenen dat er 3 statische wissels geplaatst kunnen worden in de aangegeven rode rechthoeken:



Figuur C.7 Opstelterrein Waalhaven-Oost

Maarn Goederen



Figuur C.8 Opstelterrein Maarn

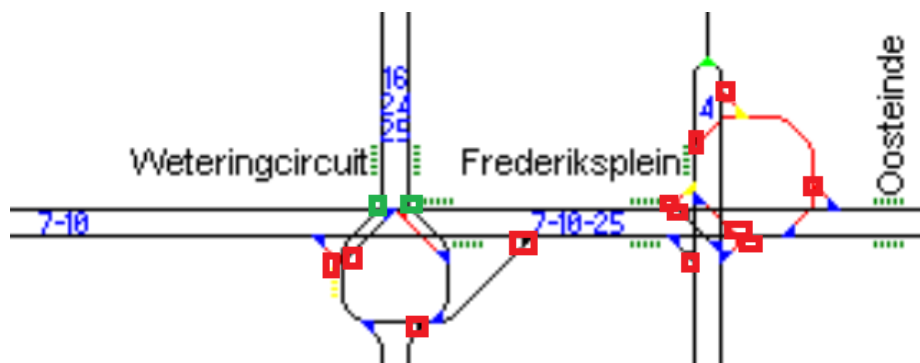
Aan het spoor bij station Maarn is een aansluiting voor een goederen, hier zit een circulaire structuur in, wat dus betekent dat er een statische wissel geplaatst zou kunnen worden, als vaststaande richtingen aangehouden zouden worden.

C.3 TRAMSPOOR GVB EN RET

Naast het spoorwegennet van Nederland en de bedrijf- en opstelterreinen, bestaat er ook het lightrail netwerk. Dit zijn bijvoorbeeld de tram en metrowegen in Amsterdam van de GVB en in Rotterdam van de RET.

Tramnetwerk Amsterdam

In deze paragraaf worden overige gevonden locaties onderzocht waar de statische wissel toepasbaar zou zijn in tramwegen van Amsterdam.

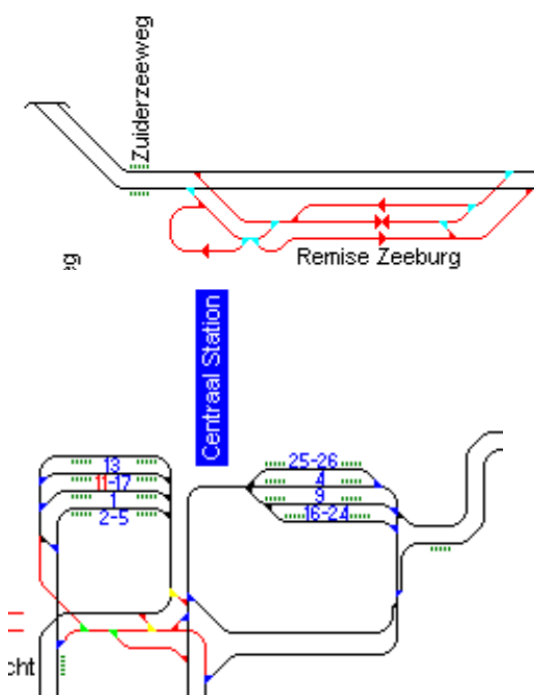


Figuur C.9 Weteringcircuit en Frederiksplein

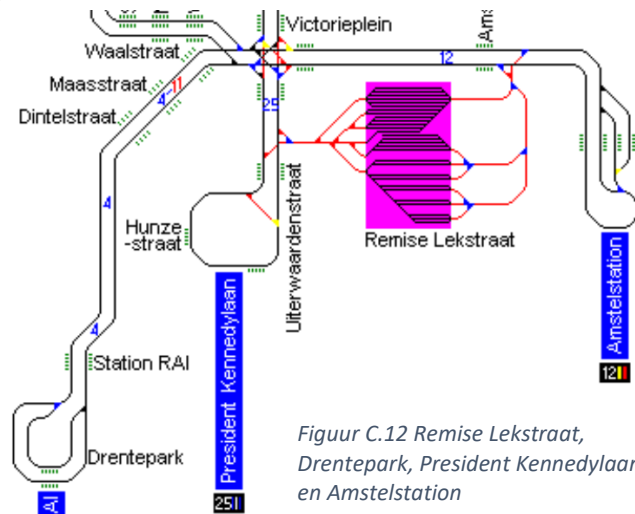
Een interessante andere bundel van connecties is aanwezig bij Weteringcircuit en het Frederiksplein:

Als hier éénrichtingswegen aangehouden zouden worden, dan zouden veel wissels vervangen kunnen worden door de statische wissels.

Maar kruisingen zijn niet de enige posities in het netwerk dat statische wissels mogelijk zouden toestaan, stations/haltes en remises zijn ook geschikte keuzes:



Figuur C.11 Centraal Station en Remise Zeeburg



Figuur C.12 Remise Lekstraat, Drentepark, President Kennedylaan en Amstelstation

Wisseltype:	
▲	Vetag
▲	Automatisch-Sneltram
▲	Hand
▲	Drukveer
▲	Buiten gebruik
▲	Verwijderd / Toekomstig
Rails:	
-	In gebruik
-	Buiten gebruik
-	Verwijderd / Toekomstig
+	Vervolg onbekend
Halte:	
.....	In gebruik
.....	Buiten gebruik
.....	Verwijderd / Toekomstig
.....	Tijdelijk

Figuur C.10 Legenda van tramnetwerkaart

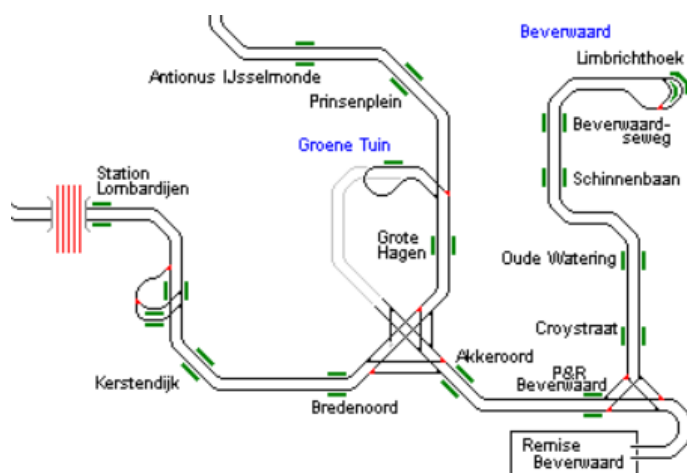
N.B. in de gegeven voorbeelden zijn rode lijnstukken en rode stippellijnen te zien. Deze plekken zijn op het moment niet in gebruik. Wat dit dus kan betekenen is dat deze stukken spoor te weinig werden gebruikt/hun onderhoud te duur was. Dit betekent daarentegen wel dat wanneer onderhoud een probleem was en de wissels hier een reden voor waren, dat statische wissels een oplossing zouden kunnen bieden.

Tram-netwerk Rotterdam

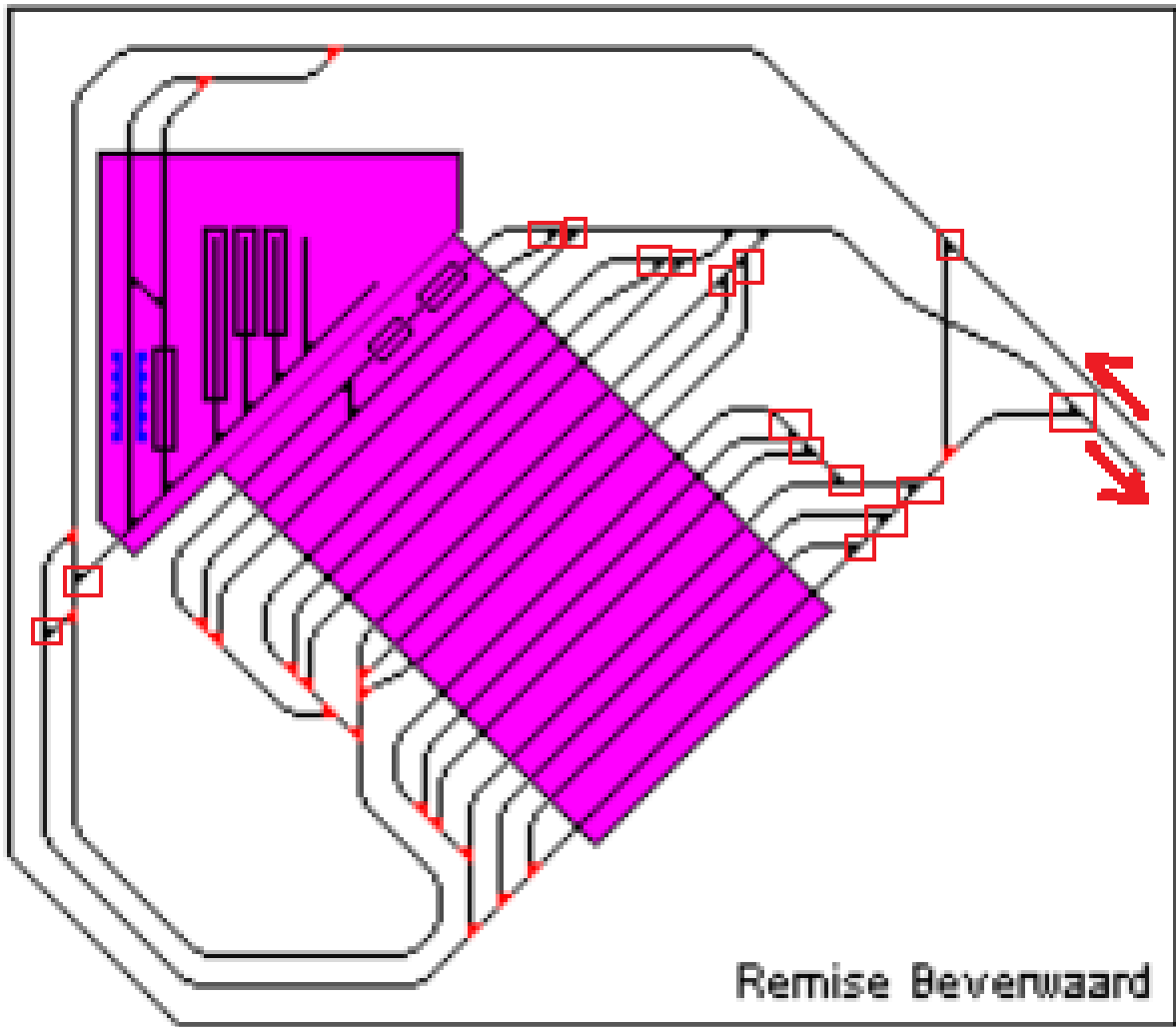
Beverwaard

Op het zuidoostelijke stuk van het tramtraject in Rotterdam, zit de remise van Beverwaard. Dit is een circulair systeem waar dus standaard rijrichtingen gebruikt lijken te worden. In de figuur hieronder wordt in rechthoekjes aangegeven op welke posities statische wissels gepositioneerd kunnen worden.

N.B. Er wordt nu aangenomen dat er altijd op het rechterspoor wordt gereden



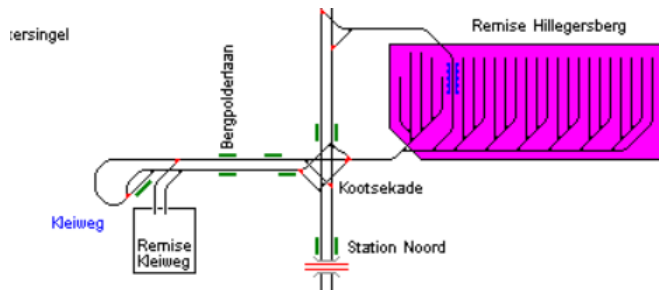
Figuur C.13 RET-tram Beverwaard



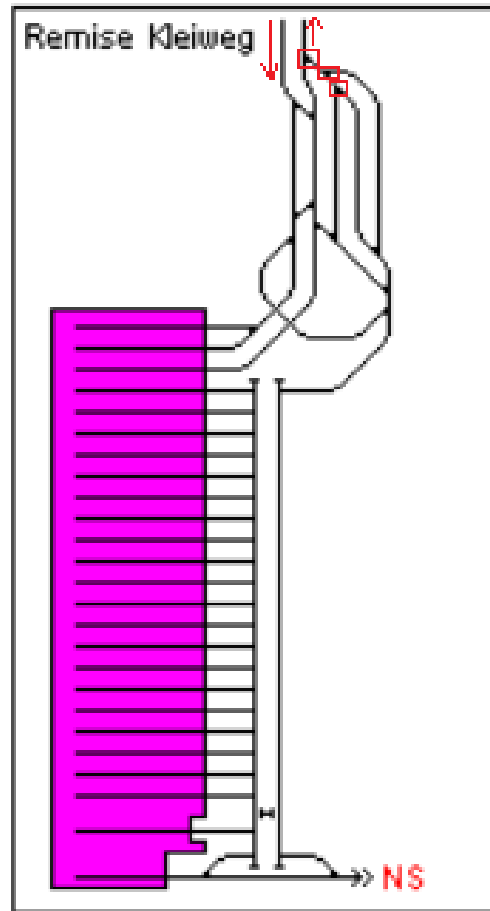
Figuur C.14 Remise Beverwaard

Kleiweg

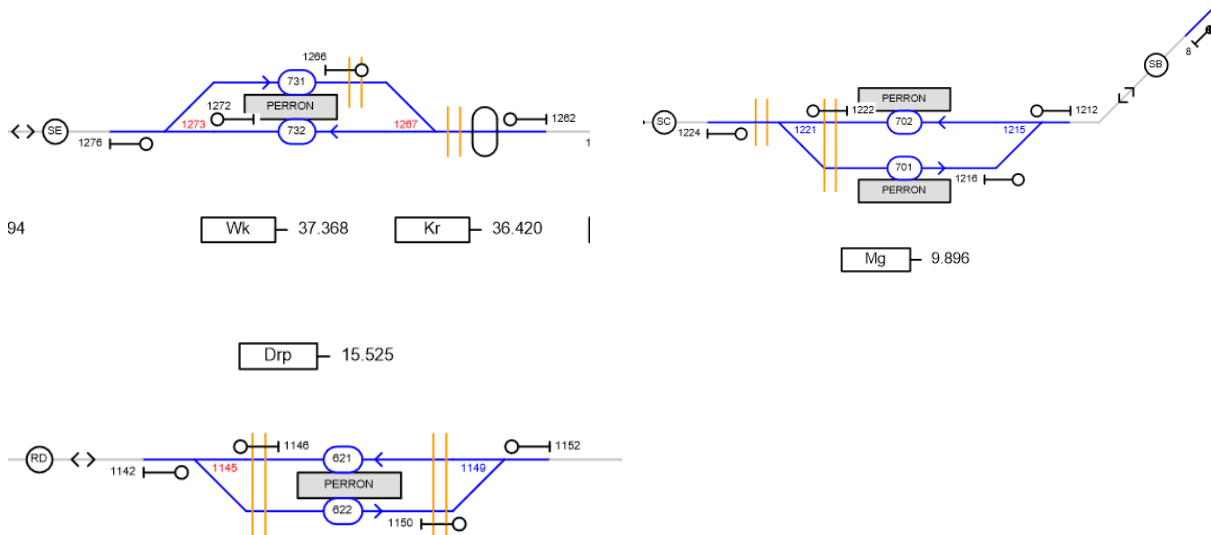
De remise Kleiweg, en dan niet de Remise Hillegersberg, staat de toepassing van een stuk vaststaande



Figuur C.16 RET-tram Kleiweg



Figuur C.15 Remise Kleiweg



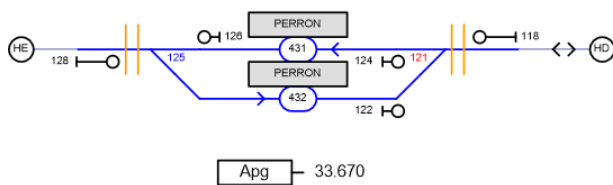
Figuur D.4 Sporenplannen van Workum, Mantgum en Donryp (Sporenplannen, 2021)

Eemshaven/Delfzijl - Groningen

Op deze spoorlijnen zit er een verschil, vergeleken met de vorige lijn. Op het stuk tussen Groningen-Delfzijl, worden stations op dezelfde manier neergezet, als bij Leeuwarden-Stavoren. Dit ziet er bijvoorbeeld zo uit bij Appingedam:



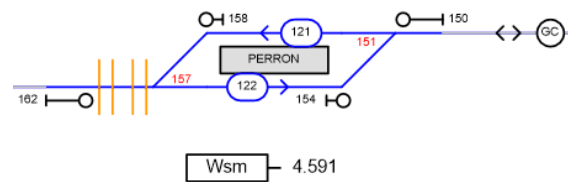
Figuur D.5 Spoorkaart rond Groningen (NS, 2021b)



Figuur D.6 Sporenplan van Appingedam (Sporenplannen, 2021)

Dit zijn dus twee samenvoegende wissels die ook vanaf de punt bereden worden.

Deze oriëntatie, zorgt voor één splitsende wissel en één samenvoegende. Daarentegen als naar het stuk Groningen-Eemshaven wordt gekeken, dan ziet het er zo uit in Winsum:

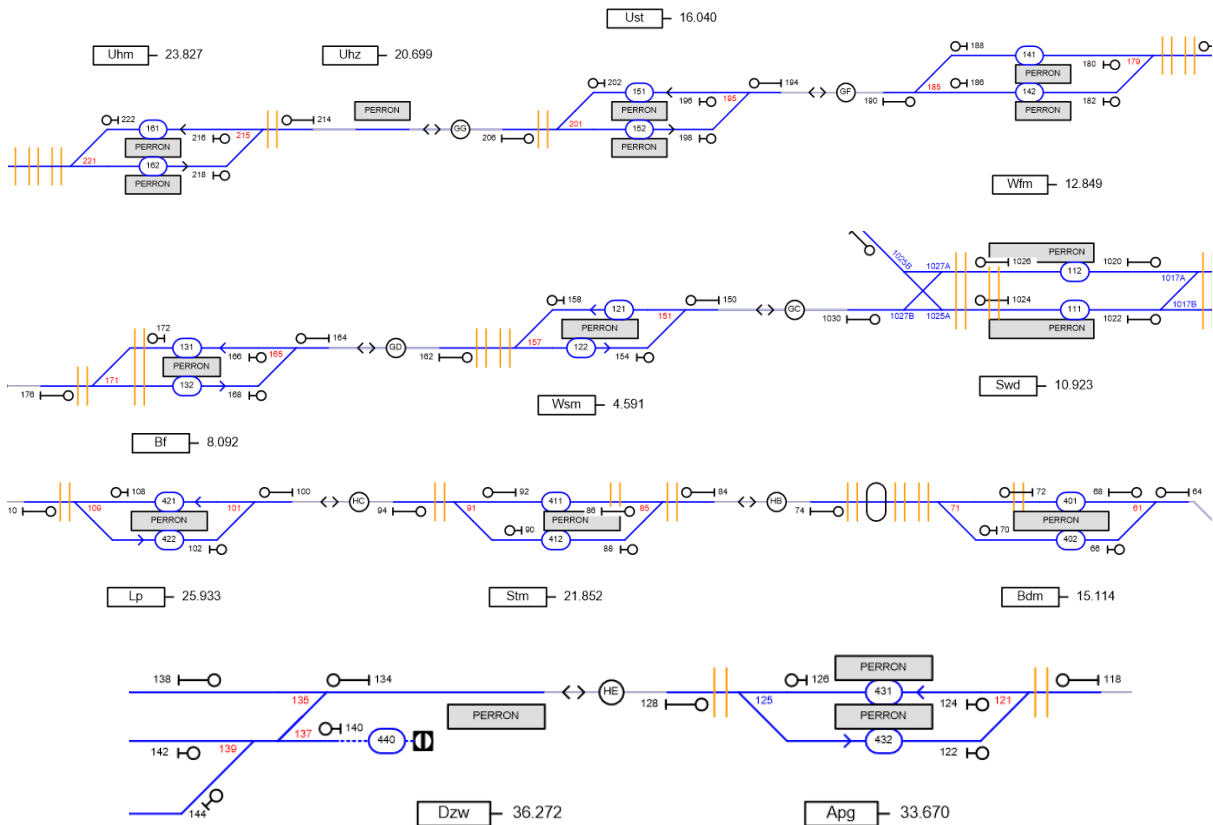


Figuur D.7 Sporenplan van Winsum (Sporenplannen, 2021)

In totaal zijn er dus samenvoegende wissels op de stations:

Appingem, Loppersum en op de andere lijn Winsum, Baflo, Usquert, Uithuizermeeden.

Stations Stedum, Bedum en Warffum zijn alledrie stations waar niet aangegeven wordt dat maar één richting wordt aangehouden, maar deze zouden dus ook omgebouwd kunnen worden zoals de andere stations.

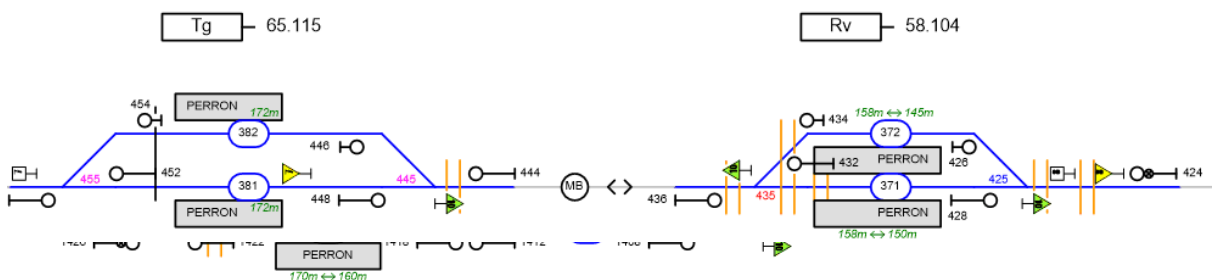


Roermond - Venlo

Op dit spoortraject bevinden zich drie stations:

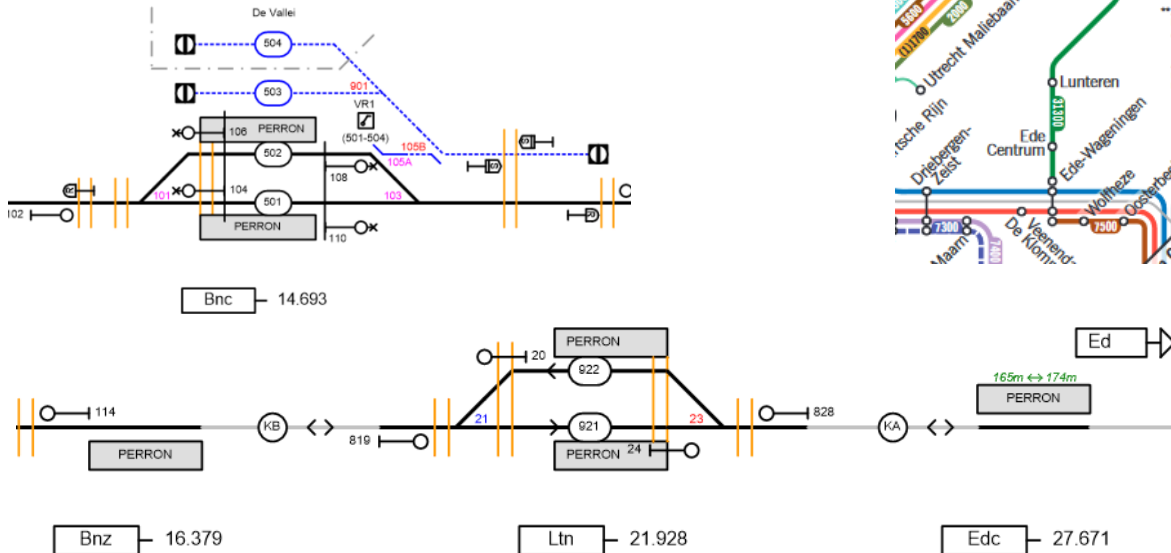
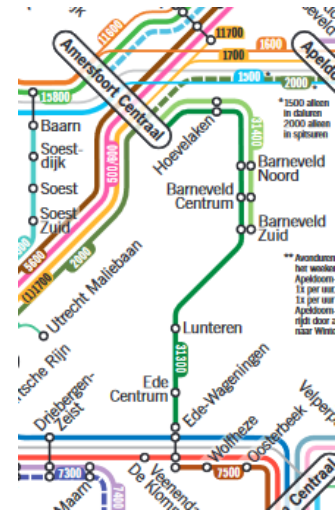
Tegelen, Reuver en Swalmen

Die elk een enkel spoor splitsen in twee aparte. Het zou dus mogelijk kunnen zijn om deze stations zo in te richten dat bij elk van de twee sporen op het station maar één richting aangehouden wordt. Hierdoor zouden er 3 samenvoegende wissels kunnen worden geplaatst op dit traject.



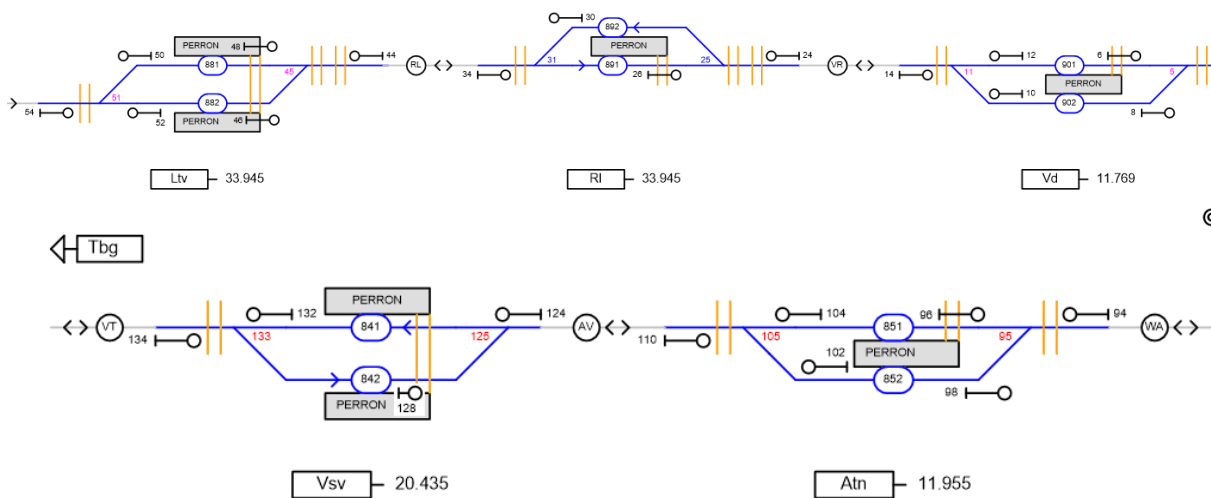
Amersfoort - Deventer (station Lunteren)

Op dit traject bevindt zich station Lunteren dat ook enkelspoor splitst in twee standaard richtingen. Daarnaast is er ook station Barneveld Centrum dat ingericht zou kunnen worden om wissels enkel samen te laten voegen.



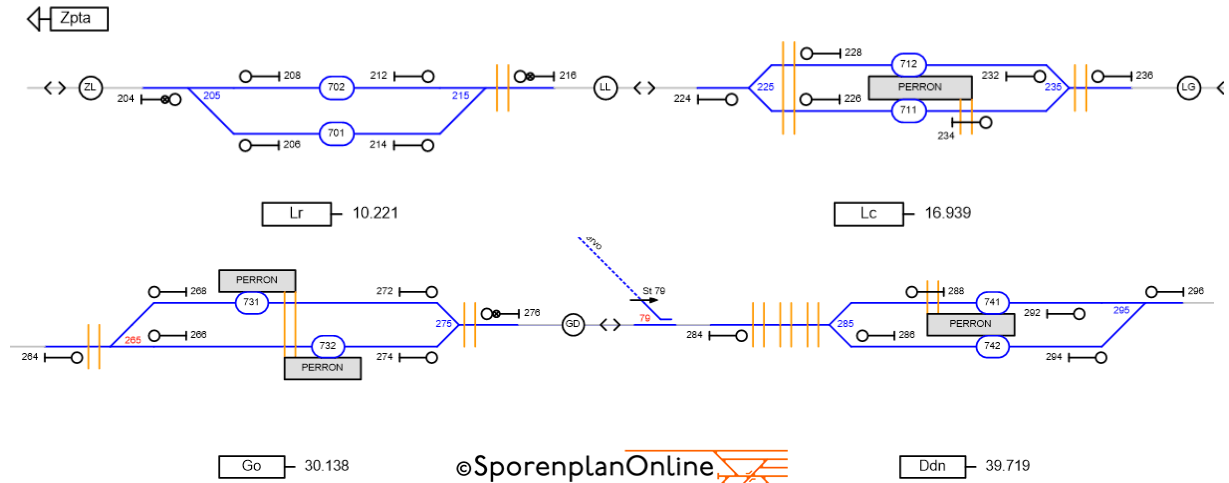
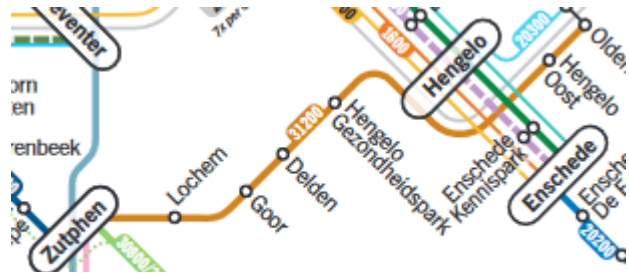
Zevenaar - Winterswijk - Zutphen

Op dit traject zijn stations Varsseveld en Ruurlo met zekerheid met vaststaande richtingen. Aalten, Vorden en Lichtenvoorde Groenlo hebben allemaal een geometrie dat aangepast kan worden, zodat vaststaande richtingen aangehouden kunnen worden.



Zutphen – Hengelo

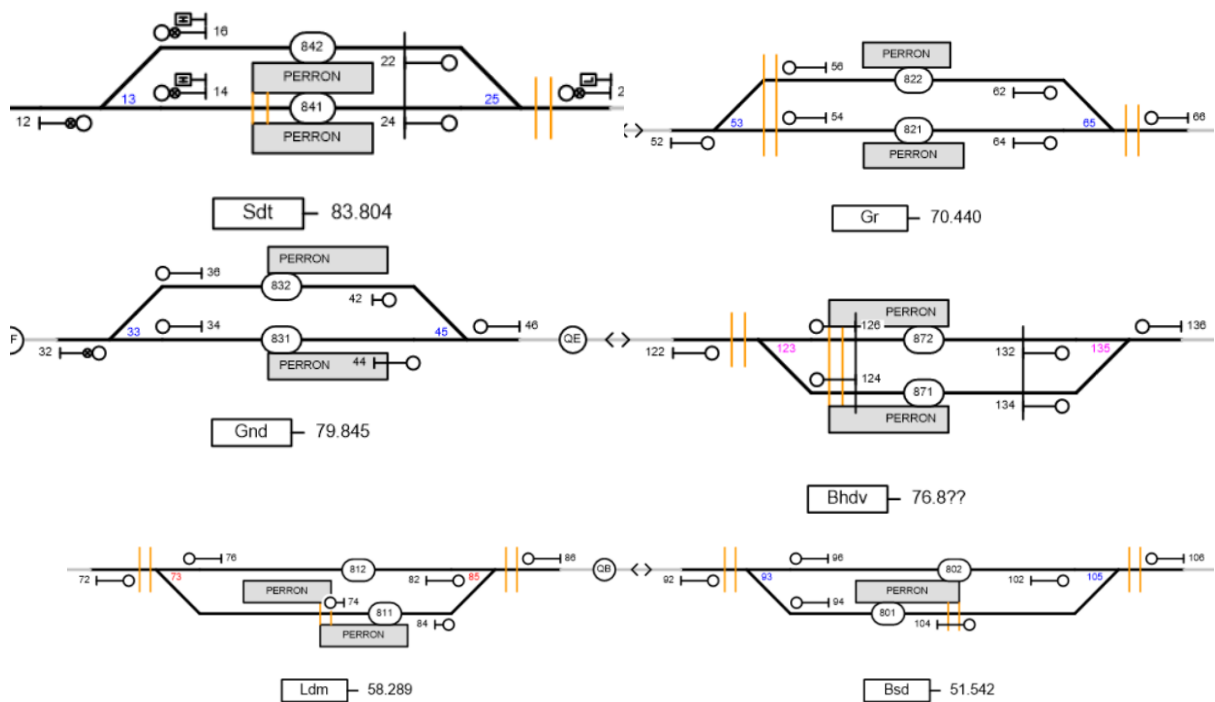
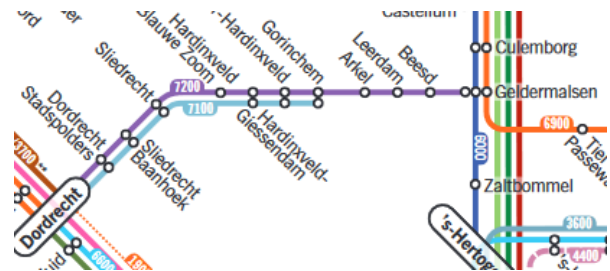
De station Lochem, Goor, Delden en Hengelo Gezondheidspark worden niet standaard langs dezelfde richting bereden, maar dit zou wel mogelijk zijn aangezien er maar enkel spoor wordt aangehouden voor de standaard lijn.



Dordrecht – Geldermalsen

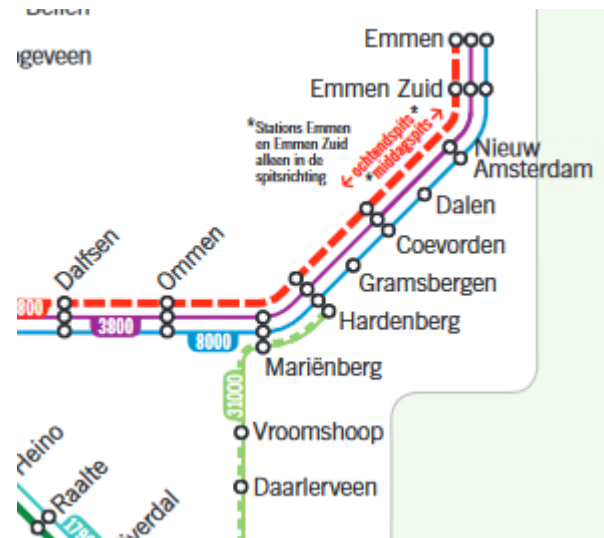
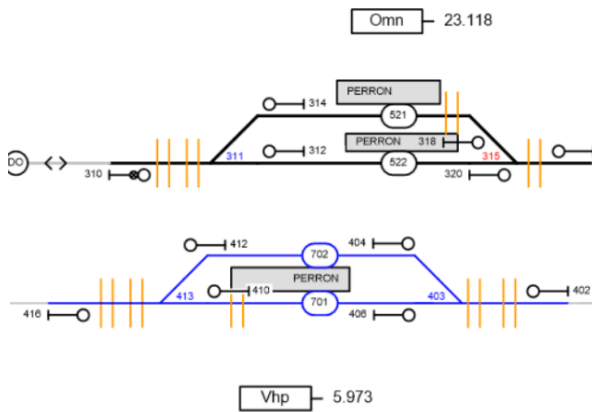
De volgende stations hebben allemaal enkel spoor dat zich splitst in dubbelspoor:

Sliedrecht, Giessendam, Boven-Hardinxveld, Gorinchem, Leerdam en Beesd



Vroomshoop/Ommen – Emmen

Er zijn op dit traject twee stations, in Ommen en in Vroomshoop, deze hebben ook enkel spoor dat ze splitsen in twee richtingen en dan weer samenvoegen.



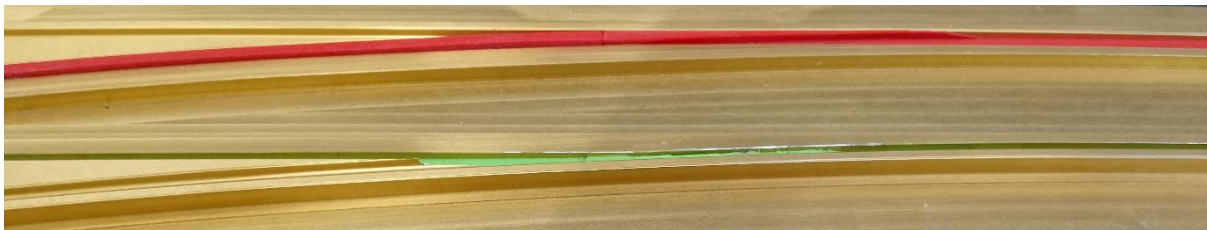
E. WIRAS-WISSEL, CALIFORNISCH WISSEL EN GROEFRAILS

Hieronder is in schematische weergaven te zien wat de bewegende delen zijn in de WIRAS-wissel, ook het puntstuk is hier te zien:



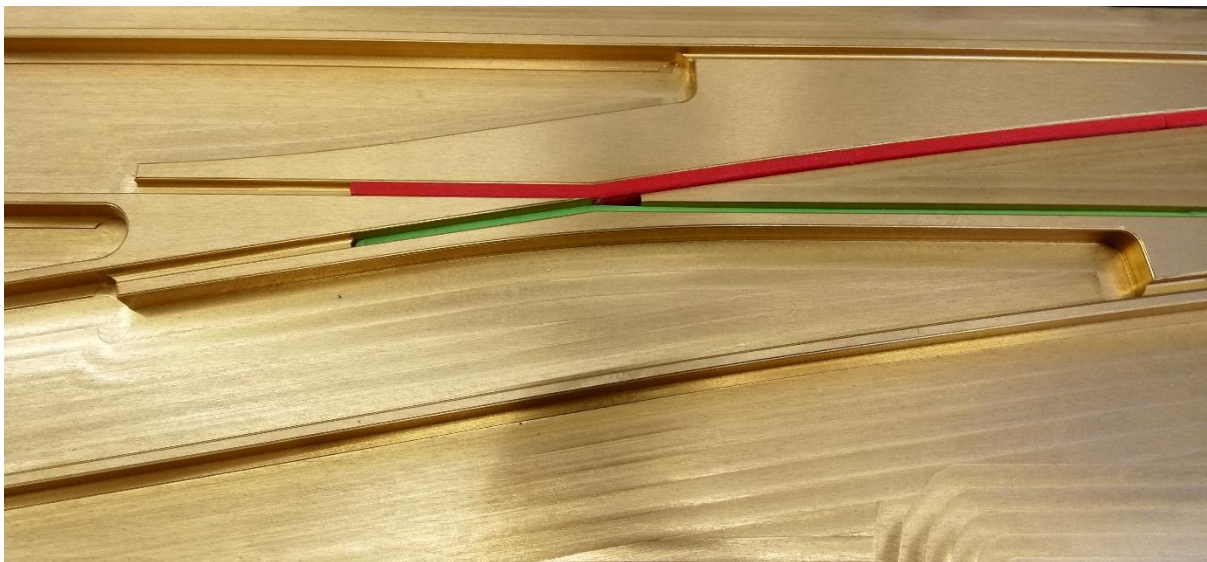
Figuur E.1 Volledige WIRAS-wissel, schematisch weergeven

Wat daarbij dus de interessantste onderdelen zijn, is het “begin” van de wissel en het puntstuk:



Figuur E.2 “Begin” van de WIRAS-wissel, het splitsend uiteinde

In Figuur E.2 is de stand te zien waarin de wissel treinen via de “gebogen” zijde de wissel door laat gaan. De rode lijn geeft de verhoogde zijde aan, en de groene lijn de verlaagde.



Figuur E.3 Het puntstuk van een WIRAS-wissel

Het puntstuk van een WIRAS-wissel is misschien nog wel het belangrijkste onderdeel. Dit principe verandert dus het meest belaste onderdeel van de wissel “het puntstuk”, tot een vorm waarbij deze vrijwel geen slijtage meer ondervindt (daarbij de bogie van de treinen ook niet meer). Er zijn minder schokken te voelen in de treinen en er is minder last van geluid.

Opleg-, overloop- of Californisch wissel

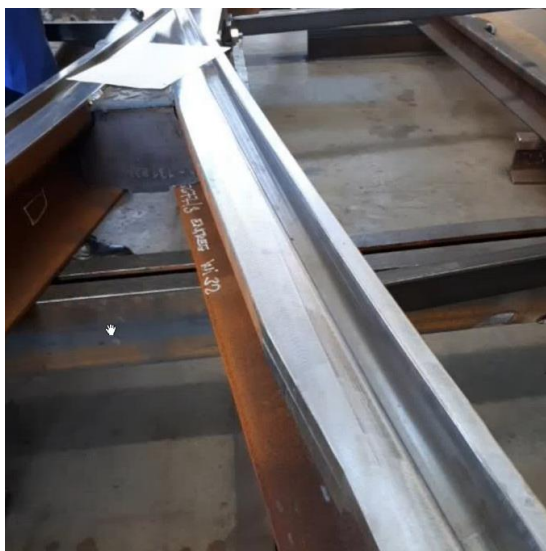
Naast de wissels die hier beschreven zijn voor tramsporen, bestaat er ook het zogenaamde oplegwissel (of Californisch wissel). Deze wissel wordt gebruikt om bijvoorbeeld omleidingen mogelijk te maken voor trams, wanneer er bijvoorbeeld aan een stuk spoor gewerkt wordt. Hierbij wordt een bepaald spoorstuk boven op het wegdek en spoor gelegd, zodat met deze verhoging een tram een andere baan kan volgen. In Figuur E.4 is dit afgebeeld.

Wat wel belangrijk is om op te merken: deze constructie is sterk genoeg om een “lichte” tram te dragen. Als zo’n soort toepassing gebruikt zou worden bij heavy rail, dan zou dit grotere krachten moeten dragen dus een soortgelijke toepassing zal daarom lastig worden.

Groefrails

In het interview met de GVB (Tax & Loogman, 2021) kwam ter sprake hoe de groefrails een andere uitvoering voor de wisseltongen heeft. Hiernaast is een afbeelding te zien van een zodanig wissel:

Daarnaast is in onderstaande afbeelding te zien hoe de groefdiepte kleiner wordt en de breedte van de groef nauwer, naarmate het hartstuk benaderd wordt gaat:



Figuur E.5 Verkleining groefdiepte (Tax & Loogman, 2021)



Figuur E.4 Een oplegwissel wissel (Wikipedia, 2008)



Figuur E.6 Wisseltong bij groefrails (Tax & Loogman, 2021)

F. INTERVIEW PRORAIL 1

Datum: 08-12-21 Tijd: 15:00-16:00

Interviewer: Lucas Mortier

Interviewde: Gertjan van Rhee;

ProRail Systeemmanager Wissels | AM / Techniek / Spoor, Wissels en Geotechniek

Korte samenvatting van het gesprek: De functies die wissel hebben worden behandeld. Er komt ter sprake hoe storingen werken rond wissels en wat de grootste oorzaak is. Op het moment is ProRail van plan om het stroomnet van wissels aan te passen naar hogere spanning en stroomsterkte. Er wordt duidelijk dat puntstukken ook een knelpunt zijn van wissels. Deze slijten veel en zorgen voor een onderbreking in geleiding, de zogenaamde klap die een trein ondervindt bij passeren. Daarnaast wordt gezegd hoe beweegbare puntstukken een nog groter probleem vormen. Er wordt kort verteld welke snelheden bij welke invalshoeken horen bij wissels. Naderhand worden TSI normen en het ontwerpvoorschrift van ProRail voorgelegd, om een beeld te scheppen van restricties rond wissels.

Lucas: *geeft eerst introductie over concept van statische wissels*

Het concept statische wissels houdt dus in dat er geen/weinig bewegende delen nog aanwezig zijn in wissels en dus daardoor alleen samenvoegend kan werken.

-laat vervolgens schets van statische wissel zien-

Zo zou dus een statische wissel er uit kunnen zien. Afmetingen & formules zijn hierbij nog niet gebruikt, het blijft een ruwe concepttekening. De grootste veranderingen doen zich voor bij het deel waar de wisselstellers en wisseltongen zijn verwijderd. Belangrijke dingen zijn dus het rekening houden met de wielen, deze moeten niet ontsporen en het spoor moet de klap van het samenvoegen kunnen opvangen.

Gertjan: Maar het lijkt mij dus redelijk dramatisch als deze wissel langs de andere kant bereden zou worden (langs de punt).

Lucas: Ja dat klopt, daar ga ik dus bij dit project ook niet van uit. Er wordt nu gezocht naar de inpassing van een statische wissel dat alléén kan samenvoegen en niet kan splitsen. Dit maakt het daardoor wel lastiger voor de inpassing, maar dus wel mogelijk een meer haalbaar ontwerp.

Lucas: Daarentegen heb ik ook een andere optie voorgesteld, waarbij “beweegbare punten” toegevoegd worden op de posities waar wisseltongen zitten, zodat er gegarandeerd kan worden dat er wél bijvoorbeeld rechtdoor gereden kan worden.

Lucas: Ik heb daarom dus nu alleen samenvoegende wissels onderzocht en daarom ook gekeken naar waar “vrijwel alleen” samenvoegende verkeersstromen voorkomen
-> verwijst naar Hoofdstuk 5.

Lucas: In mijn onderzoek ben ik dus nog eigenlijk eerder aan het kijken naar haalbaarheid van zo’n wissel, dan het precieze ontwerp ervan.

Gertjan: Ja precies, en om dus de vraag academisch te beantwoorden, moet je dus eigenlijk een wissel weer gaan opbouwen. Een wissel heeft dus eigenlijk 5 functies: dragen, geleiden, wisselen, vergrendelen, controle. Dragen en geleiden wordt dus gedaan door de constructie zelf. Wisselen, vergrendelen en controle behoort eigenlijk tot de bediening. De grootste hinder zit hem vooral in de

bediening. Dus bijvoorbeeld een situatie waarin de wissel wél vergrendeld is, dus gewoon te berijden is, alleen je bent daarentegen niet in staat om dat te vertellen aan de treinbeveiliging.

Lucas: Dus er gaan vooral dingen mis in de (digitale) communicatie?

Gertjan: Ja denk daar dus bij dat bijvoorbeeld contactpunten vervuilen, daar zit condens op, of die bevriest, of spanning is bijvoorbeeld te laag om de drempelspanning te overwinnen.

Gertjan: Van alle gevallen van “niet beschikbaar zijn” van wissels, komt 70% door het falen van het controlecircuit. (Het is dus vrij wenselijk om dus het controlecircuit overbodig te maken) Dit zijn we daarnaast natuurlijk wel aan het proberen op te lossen. Wat we nu dus doen is, dat controlecircuit wat kilometerslange kabels zijn waar iemand ooit heeft bedacht dat dit 12V moest hebben, willen we dus gaan verhogen naar 48V en naar 70 milliampère in plaats van 5-10 milliampère.

Gertjan: Dit maakt dus een statische wissel vrij interessant, aangezien je dus die hele voorziening van wisselbesturing & controle uitspaart. Mits je daarin succesvol bent, gaat hier een grote vraag naar zijn. Daarentegen gaat de beperking, van het “niet vanaf de punt kunnen berijden” van een statische wissel, wel zwaar wegen in het feit of de wissel geaccepteerd gaat worden.

Lucas: Ja het is natuurlijk een stuk wenselijker dat zo’n wissel langs beide kanten te berijden is. Deze zal zeker beter toepasbaar zijn.

Gertjan: Inderdaad, je kunt ook kijken naar iets wat wij sowieso al doen: ongeleide openingen en dan vooral de dekking die je daar hebt vanuit de wielens. Bij té kleine wielen, heb je op een gegeven moment onvoldoende flensdekking. Dus hier zou een trein dus zijwaarts zo eroverheen schuiven. Wat dan wordt gedaan, op basis van een minimale hoeveelheid massa-traagheid, wordt toch toegestaan daar doorheen te rijden.

Lucas: Okay dus dan is er eigenlijk een minimale snelheid hier vereist om te garanderen dat deze bocht veilig gehaald kan worden. Maar als je hier dus met dus kleine wielen, te langzaam doorheen gaat, dan heb je toch een probleem?

Gertjan: Inderdaad, maar daarom stellen we evengoed een minimale vereiste van ongeveer 730 mm aan diameter voor de wielen. Je zou dan zeggen, je hebt te weinig flensdekking, maar toch rijden we zo. Dit kan dus misschien ook interessant worden voor statische wissels, aangezien zulke risico’s dus geaccepteerd worden voor bochten & kleine wielen.

Lucas: Dus is het ook mogelijk dat treinen eigenlijk zelf actief in een wissel sturen, om zo te garanderen dat ze rechtdoor gaan in een wissel?

Gertjan: Nee, je moet daarnaast dus zelfs rekening houden met een bepaalde speling op de wielassen. Deze kunnen namelijk onder een bepaalde hoek de wissel inkomen, “the angle of attack”, en deze kan dus soms vrij ongunstig vallen.

Lucas: Dus de checkrails die kunnen dan normaal gezien garanderen dat deze “angle of attack” niet fataal wordt.

Gertjan: Ja, maar dat is dus wel weer een probleem bij deze statische wissel.

Lucas: Misschien met bepaalde snelheden kun je dan wel garanderen dat een trein rechtdoor, langs de punt berijdend, de wissel wel kan overbruggen.

Gertjan: Ja dat zou je dus inderdaad kunnen onderzoeken. Daarentegen is daarom nu een statisch wissel, zonder dat ie langs de punt bereden kan worden, moeilijk verkocht zou kunnen worden aan ProRail.

Lucas: Ja dat is inderdaad begrijpelijk. Dat heb ik ook in mijn onderzoek tot nu toe kunnen constateren, in het nationaal netwerk heb je eigenlijk vrij weinig plekken waar wordt gezegd dat überhaupt grotendeels de wissels alléén samenvoegend werken.

Lucas: Als je dan weer kijkt naar bedrijfsterreinen, dan zou je dus standaard rijrichtingen veel makkelijker kunnen vastzetten, wat dus de inpasbaarheid van een zodanig statisch wissel hoger zou maken.

Lucas: In mijn appendix heb ik ook een onderzoek geplaatst naar dus de wissels die ook langs de punt bereden kunnen worden, en dan is te zien dat grote stukken in bijvoorbeeld Groningen, uit enkel spoor bestaan en dan splitsen en samenvoegen bij stations. Als statische wissels daar wel langs de punt bereden konden worden dan zouden bijvoorbeeld hier opeens gigantisch veel opties ontstaan waar zo'n wissel gebruikt kon worden.

Gertjan: Ja maar zelfs dan, hier moet je wel uitkijken. Stel je hebt een gestrande trein op een van die haltes, in normale gang van zaken zouden hier treinen dus de andere baan kunnen inslaan, maar als hier statische wissels zouden liggen, zouden meerdere treinen vast komen te staan. Statische wissels zouden hier dus eigenlijk, vanuit de dienstregeling gekeken, niet meer toestaan dat treindienstleiding niet meer verstoringen meer kunnen verwerken.

Lucas: Oké maar als je dus kijkt naar dit stuk spoor, als een trein hier nou gestrand zou zijn, hoe snel komt het dan voor dat een treindienstleiding dan een omleiding over het andere spoor zou organiseren?

Gertjan: Nou hoe snel niet zozeer, voor zulke situaties liggen dus nooddraaiboeken klaar, voor de treindienstleiding om hun beslissing op te baseren. Waarbij ze dus inderdaad wel zouden kunnen zeggen: "Ja nu gaan we links rijden". Ja en dan houd je waarschijnlijk ongeveer de helft van je capaciteit nog maar over, maar dan kan er dus wel een uitgedunde dienstregeling blijven rijden.

Gertjan: Ik heb ook even naar jouw vragen gekeken, en een aantal daarvan komen eerder uit bij collega's van mij. Misschien dat je met hen ook even kan praten en kijken of zij je verder kunnen helpen.

Lucas: Ja is goed!

Gertjan: Sommige vragen weet ik ook wel wat dingen over, bijvoorbeeld wat specificaties rond kosten van wissels, dat bij een hoek van 1:9 (de grootste hoek van inval) 40km/h hoort en daarom ook de goedkoopste wissel (is ook de kleinste wissel). Er is dus ook een systeem genaamd atb, automatisch treinbeïnvloedingssysteem. Dit systeem kent zo verschillende trappen in snelheden: 40kmh, 60, 80, 130 en 140.

Bij dan 40kmh hoort 1:9, bij 60 1:12, bij 80 1:15 en bij 130 of hoger 1:29.

(Gertjan was aan het kijken naar prijzen voor wissels)

Gertjan: Ja ik kan niet gauw vinden wat de precieze prijzen zijn, daarvoor moet je toch echt naar een kostenengineer, maar als je kijkt naar het bouw pakket van een kleine wissel bijvoorbeeld ben je al gauw 130 duizend kwijt. Daarbij zijn dus kosten voor het plaatsen en de installatie rondom de wissel nog niet meegerekend.

Gertjan: Dan is dus zo'n wissel alleen nog maar in elkaar gezet en dan moet ie dus nog vervoerd worden, dus dan nadat hij getest is en alles (gecheckt op juiste afmetingen enz.), wordt hij in stukken gezaagd om dan vervoerd te worden. Daarna wordt hij dus op de bouwplaats in de put getakeld. Nu dat hij dus vervoerd is moet hij opnieuw getest worden, om zeker te zijn dat niks/niet te veel is veranderd.

Lucas: Hoe zit het eigenlijk met de monitoring van wissels. Welke installaties zijn zoal aanwezig.

Gertjan: Je hebt sowieso standaard het controle signaal (het wissel moet natuurlijk bestuurd worden) en communicatie moet kunnen plaats vinden naar de centrale en dan naar de treinen.

Dus verschillende van de andere meet methodes worden wel en niet gedaan, meestal op keuze per locatie. Maar sommige methoden worden nu wel al structureel toegepast: wisselstellers worden bijvoorbeeld gecheckt op hun weerstand. Als dan wordt gemeten dat een wisselsteller zich anders gedraagt dan normaal dan wordt duidelijk dat er iets mis is en een controle moet plaatsvinden. Daarnaast wordt nu ook meetapparatuur gehangen onderaan passagierstreinen om direct metingen te kunnen doen, zonder ook dus de capaciteit van het spoor te verlagen (door anders specifieke meettreinen rond te laten rijden).

Gertjan: Er worden daarnaast nu ook metingen gedaan in de lagers van een wielstel, daarbij worden dan de klappen gemeten die deze opvangen. Als dan dus in die metingen pieken te zien zijn, dan weet je waar in je spoor er oneffenheden zitten.

Lucas: Waar in het spoorwegennet falen wissels meestal? Is dit vooral op grote knopen, zoals de wissels bij Utrecht Centraal, of eerder bij wissels midden in een platteland met maar beperkt aantal banen etc.?

Gertjan: Dit zou je beter aan een collega van mij vragen, maar wat ik zelf heb gemerkt is dat het niet functioneren van wissel redelijk willekeurig is. Vaak grote problemen die voorkomen zijn ook zakkingen, waarbij dus de wissel niet geheel vlak meer ligt (schuin trekt). Daarnaast kunnen dus ook lokaal elementen gaan klapperen (omdat ze op posities dus los zitten van de ballast).

Lucas: Hoe realistisch is het trouwens, dat op bedrijfsterreinen, zoals bij NedMag Veendam, éénrichtingswegen aangehouden worden? Komt het vaak voor dat treinen heen en weer rijden op deze terreinen of rijden ze inderdaad eigenlijk met vaste richtingen?

Gertjan: Nou er is sowieso een groot verschil tussen centraal bediende spoorwegen, en terreinen zoals deze. Bij centraal bediende wordt er dus soort van langs bovenaf regie uitgeoefend, en wissels open en gesloten gezet voor treinen. In zo'n remise zoals hier, daar moet de machinist meestal gewoon uitstappen om dan op een knopje te drukken om die wissel om te schakelen.

Gertjan: Het hele belangrijke hierbij is dus ook dat dus een machinist zelf de controle uitoefent of hij de wissel kan berijden of niet. Het niet bestuurbaar hebben van wissels, is hier van minder grote mate, omdat hier geen systeem is gebouwd dat deze wissels van bovenaf bestuurt.

Lucas: Daarnaast zit op dit terrein ook een Engelsman/Engelse wissel, klopt het dat deze uit het spoorstelsel verwijderd wordt?

Gertjan: Nou, niet helemaal. Ze worden niet actief verwijderd uit het systeem, maar als ze het eind van hun leven hebben bereikt worden ze inderdaad vervangen door "gewone" wissels. Ze zijn inderdaad relatief storingsgevoelig en dat maakt ze redelijk ongewenst.

Lucas: Zou ProRail het daarom ook interessant vinden, om eerder Engelse wissels aan te passen in plaats van geheel te vervangen (als ze dus aan het einde van hun levensduur zitten)?

Gertjan: Ja kijk, wat bij vervanging nu gedaan moet worden, is het alignement aanpassen. Dit is een vrij grootschalig en duur proces.

Lucas: Wat zijn uiteindelijk eigenlijk de onderdelen in wissels die veel onderhoud vergen?

Gertjan: Dit zijn vooral de puntstukken (deze komen daarentegen vooral bij hogesnelheidslijnen voor) die krijgen zware klappen te verduren.

Lucas: En als je dan dus kijkt naar statische wissels, daar wordt doordat vaste richtingen gebruikt worden, niet meer op deze punt gereden en alleen maar eraf. Dit zou dus dan wel weer schelen in onderhoud op deze wissels.

Gertjan: Ja dat klopt inderdaad, wissels die voornamelijk samenvoegend werken, ondervinden minder slijtage op de puntstukken vergeleken met voornamelijk splitsende wissels.

Lucas: Daarnaast zijn zulke puntstukken ook statische en beweegbare vorm beschikbaar toch?

Gertjan: Ja inderdaad, wat daarnaast dus belangrijk is, de TSI (normen voor spoorelementen) zegt dat dus vanaf een hoek van inval hoger dan 1:29, er dus beweegbare puntstukken aanwezig moeten zijn. Daarentegen blijken deze puntstukken hartstikke duur en verschrikkelijk in gebruik. Daarom worden ze langzamerhand weggehaald hier in Nederland en wordt zelfs het volledig alignement aangepast om maximaal de 1:29 te gebruiken als hoek van inval, zodat een statisch puntstuk voldoende is.

Gertjan: ProRail haalt dus nu beweegbare puntstukken weg, maar als je kijkt naar deze statische wissels, dan wil je dus eigenlijk beweegbare wisseltongen weghalen. Deze puntstukken worden daarnaast niet actief weggehaald, maar bij einde van levensduur worden ze dus vervangen door statische puntstuk.

G. INTERVIEW PRORAIL 2

Datum: 17-12-21 Tijd: 14:00-15:00
Interviewer: Lucas Mortier
Interviewde: Theo P.J.L. Kruse
ProRail | Systemespecialist Civiel | Architectuur & Techniek

Korte samenvatting van het gesprek: Er wordt uitgelegd op welke manier naar storingen bij wissels wordt gekeken, welke verschillende vormen er zijn en wat momenteel wordt gedaan om deze bij te houden en op te lossen. Wisselmonitoring wordt uitgelegd. De manier van monitoring, door de motorstroom van de wisselsteller in de gaten te houden wordt behandeld. Er wordt duidelijk gemaakt hoe Engelse wissels voor- én nadelig zijn. Het feit dat een wissel signaal binnen 50 seconden geheel verwerkt moet zijn is opgemerkt. Het verschil tussen een zogenaamde “levende” en “dode” wissel wordt uitgelegd.

Lucas: * legt in het kort uit wat het concept statische wissels inhoudt in zijn onderzoek *

Eigenlijk bestaat mijn onderzoek nu uit het onderzoeken of het gewenst is om wissels aan te passen, zodat er vrijwel geen bewegende delen meer aanwezig zijn.

Deze wissels kunnen daarom sowieso wel samenvoegend werken, maar de vraag is nog of ze langs de punt bereden kunnen worden en of ze daar dan rechtdoor of afbuigend benaderd kunnen worden. Splitsen lijkt vrij onmogelijk, als er geen bewegende delen meer aanwezig zijn.

Theo: Wisselen blijft daarentegen een essentiële functie van een wissel. Daarnaast zijn er wel vraagstukken geweest om misschien wissels met magnetisme de wisseltongen te laten verplaatsen of een extra spoorstaaf introduceren om de trein, met ook een extra wiel, op een andere manier de bocht te laten nemen. Wissel moeten eigenlijk bijna altijd wel splitsen evenveel als samenvoegen.

Lucas: Dat is niet helemaal waar, sommige stukken spoor worden standaard langs een bepaalde zijde bereden en daardoor werken sommige wissels standaard samenvoegend. Alleen bij onderhoud of uitzonderlijke omleidingen (na ongelukken/gestrande treinen), heb je dan dat ze op een andere manier bereden worden. Het hele doel van zo'n statische wissel, is dus om het een wissel te maken waar niet meer naar gekeken moet worden, dan normaalspoor.

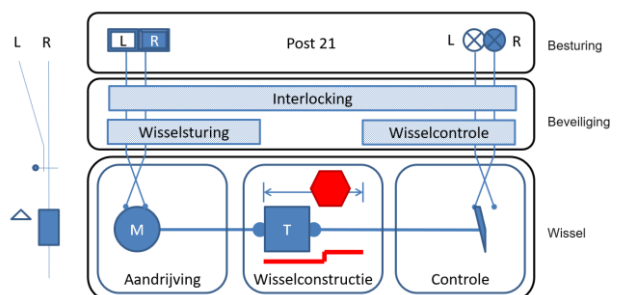
Theo: Ja kijk wissels hebben voornamelijk drie functies: wisselen, dragen & geleiden, circuits. Ze hebben daarom ook allemaal hun eigen faalkansen, en vergen dus ook allemaal andere soorten onderhoud.

Lucas: Ja uw collega vertelde ook dat dus ongeveer 70% van de gevallen dat een wissel onbestuurbaar was, kwam door het controlecircuit.

Theo: Ja dat klopt, ik haal even een oude presentatie van ProRail erbij om wat info te geven hierover.

Er zijn dus drie onderdelen in wisselbesturing:

- Wisselsturing: signaal naar motor om te werken
- Aandrijving: Wisselsteller krijgt signaal en start de motor



ProRail Wisselmonitoring

- Wisselconstructie: De wisselsteller geeft kracht om de wisseltongen in andere positie te zetten.

Controle: Een sensor neemt nieuwe positie van de wisseltongen aan en zend dat signaal weer terug naar de regeling bovenaf.

Zo'n wissel moet dus binnen 50 seconden werken (als hij te traag is, wordt dit vaak ook al gezien als een storing).

Door bijvoorbeeld ook de stroomloop in de motor in de gaten te houden, kan bijvoorbeeld vastgesteld worden wat fout gaat in de wissel, als deze stroomloop anders is dan normaal.

Als je geen motorstroom hebt, dan gaat er iets fout in het signaal naar de wisselsteller of het verwerken ervan fout.

Als je motorstroom hebt en deze is anders dan "normaal", dan weet je dat iets misgaat bij de wisselconstructie en de motor. De motorstroom kan bijvoorbeeld constant blijven wat inhoudt dat iets de wisseltong bijvoorbeeld blokkeert.

Als er wel, een goede, stroom loopt maar evengoed geen terugmelding is (geen bevestiging van controlesysteem), dan gaat er iets fout in de laatste stap. Deze storing komt vrijwel het meeste nog voor.

Lucas: Ik heb zo ook gekeken naar een aantal mogelijke versies voor een statische wissel: eentje die alleen samenvoegend werkt, een variant daarop die het principe van groefrails gebruikt (tramrails), een met puntstukken vóór in de wissel en een met een veren systeem dat de wisseltongen in een bepaalde positie drukt.

Theo: Ja als je kijkt naar puntstukken, dan zijn dit belangrijke elementen in de wissel waar er een soort onderbreking zit in het dragen en geleiden van een wissel. Dit element lijdt dus daadwerkelijk ook het meeste aan deformaties en breken. Dit zorgt daardoor ook voor onderhoud dat dan wel veel moet plaatsvinden om deze puntstukken in goede staat te houden.

Kijk en dan wordt hierdoor dus weer belangrijk dat wanneer je elementen dus toch laat bewegen (zulke beweegbare puntstukken), dan moet je deze toch ook weer controleren. Wat dus het hele voordeel van een statische wissel weghaalt.

Lucas: Ja inderdaad, mijn onderzoek kan dus daarom ook uiteindelijk eindigen bij een conclusie waaruit blijkt dat een statische wissel niet echt mogelijk is.

Theo: Daarom moet je ook in je onderzoek wel een duidelijk onderscheid houden tussen het: het nuttig zijn van een statische wissel in het spoor en het haalbaar zijn van technische aanpassingen

Je kan in bij dat eerste feit dus ook al een overweging maken tussen het nut hebben van een statische wissel, dat dus wel in functionaliteit beperkend is: het zorgt misschien voor minder onderhoud/geen besturing meer nodig maar daarentegen wel weer dat deze wissel niet langs de punt bereden kan worden of sowieso niet splitsend kan werken.

Wat je daarom nu al ziet, is wanneer wissels meer taken moeten gaan vervullen (dus besparen op aantal wissels vooraf en systeem kleiner maken bijvoorbeeld), dan beginnen bepaalde processen te lijden onder de verandering van de dynamiek. Staat daarom dus de winst hoger dan de verliezen, die zo'n verandering in de functionaliteit van de wissel creëert? Is de vraag die je jezelf moet stellen.

Lucas: Om even terug te gaan op mijn vragen: Hoeveel van de storingen die in het spoornet, komen ook daadwerkelijk door wissels?

Theo: Je kunt dus dan onderscheid maken in welke functie van de wissel dan faalt, maar als je deze functionaliteiten bundelt, dan zie je dat 15% van de klanthinder komt door het niet functioneren van een wissel. Het grootste aandeel, 40%, komt door de “vrije baan” (dat was in 2018). Je hebt dan verschil in gewoon een storing, treinhinder en klanthinder (een wissel kan natuurlijk ook storing hebben, maar niet hinder veroorzaken).

Lucas: Ik zag in dit document ook een Engelse wissel staan.

Theo: Ja het interessante aan Engelse wissels is dus eigenlijk dat deze vrij storingsgevoelig is en daarom als een onhandig element gezien kan worden. Daarnaast genereerd deze wissel wel weer meer functionaliteit.

Lucas: Ja deze is heel erg compact inderdaad.

Theo: Als je daarom die functionaliteit tegenover de storingsgevoeligheid zet, zou je ook kunnen concluderen dat ze juist wel handig zijn. Er wordt daarentegen wel beseft dat ze lastiger en complexer zijn, dus daarom worden ze vermeden als dat mogelijk is (als dus de wens naar die extra functionaliteit niet te groot is).

Lucas: Hangt het falen van wissels af van het verkeer dat erover rijdt?

Theo: Dit hebben we natuurlijk inderdaad onderzocht, of hier verbanden tussen zijn. Deze zijn niet per se eenduidig, daarnaast is natuurlijk de vraag hoeveel effect dit heeft op welke functionaliteiten van wissels. Het heeft natuurlijk het meeste effect op dragen & geleiden, maar je zou ook kunnen kijken naar het effect dat trillingen misschien kan hebben op de andere functies die wissels hebben (sensoren die storingen hebben door te grote vibraties van passerende treinen).

Interessant is misschien om te weten dat een deel van je problemen, binnen een paar minuten opgelost kunnen worden. Omdat de wissel weer terug in de vorige stand wordt gezet en dan voor een 2^e keer de wissel wordt gevraagd in de positie te gaan die vereist was. Zo zijn er dus ook gevallen dat een wissel niet bestuurbaar is na die 2^e poging en dus bijvoorbeeld 's avonds naderhand deze wissel wordt gecontroleerd. Daarom heb je dus ook het verschil tussen een wissel dat “even niet werkt” en een wissel dat “blijft blokkeren”. Als een wissel even niet werkt, dan is niet meteen duidelijk wat deze storing veroorzaakt en is het ook lastig dit te achterhalen, aangezien deze bij een 2^e poging het wel doet (er moet dus iemand bij staan om te kunnen kijken wat er aan de hand is wanneer deze blokkeert). Een wissel dat het definitief niet doet, dat is makkelijk te achterhalen wat er gerepareerd moet worden, je moet er dan wel alleen naar toe.

Wij gebruiken dus ook verschillende systemen die allemaal hun eigen meldingen geven over problemen met wissels. Zo zijn TROTS statussen een weergave van de toestanden van een wissel, PRL-meldingen komen naar boven wanneer er een ongewenste TROTS status aanwezig is, en daarna krijg je NIC-RVO (niet in controle – rapport van onregelmatigheid) meldingen die gevolgen hebben op de TAO (treindienst aantastende omstandigheid). Zo kunnen korte storingen nog geen TAO geven, maar langere wel, terwijl uiteindelijk hetzelfde element faalt in de sturingscyclus.

Je hebt daarom ook dus drie verschillende situaties:

- Terugkijken op hinder->begrijpen->herstellen
- Fout direct zijn en begrijpen -> herstellen
- Fout zonder hinder direct begrijpen -> herstellen

H. INTERVIEW GVB

Datum: 17-12-21 Tijd: 9:00-10:00

Interviewer: Lucas Mortier

Interviewde: Janneke Tax, Gert Loogman;

Janneke Tax: Asset management

Gert Loogman Maintenance engineer Tram Baan

Korte samenvatting van het gesprek: Het verschil tussen vignolrails en groefrails wordt uitgelegd. Verschillende afbeeldingen werden laten zien over puntstukken/harstukken en de wisseltongen in tramspoor. Gebruikte rijrichtingen in het tramsysteem in Amsterdam worden voorgelegd. Het principe van een terugklapwissel wordt behandeld. Het feit dat in tramspoor veel hartstukken aanwezig zijn wordt voorgelegd aan de hand van een paar voorbeelden van kruisingen. Dat wissels ook op enkele meters van elkaar op afstand kunnen liggen wordt ook aangegeven.

Lucas: * Legt statische wissel uit en geeft varianten met nog wel bewegende delen *

Janneke: Meerdere van die varianten die jij nu aangeeft (klapwissel bijv.) bestaan al in de tramwereld.

Gert: Weet jij het verschil tussen een vignolrail en een groefrail?

Lucas: Nee geen idee, wat is het verschil?

Janneke: * Laat vignolrail en groefrail zien op afbeeldingen * Zo'n vignolrail ondervindt dus door treinen ook kopslijtage vooral aan één zijde.

Gert: Wat dus in theorie gedaan kan worden, is een stuk spoor dat dus langs één zijde versleten is, om te wisselen met de andere spoorstaaf. Dit wordt voornamelijk gedaan om een snelle oplossing te bieden, wanneer spoor nog tijdelijk gebruikt moet worden en onderhoud iets later toch gedaan wordt (er is namelijk ook zijdelingse slijtage die niet voordelig is wanneer de spoorstaaf is omgedraaid).

Janneke: Hierzo kun je de groefrails zien die wij hier gebruiken (bij de GVB).

Lucas: Ah ja ok, dat is dus inderdaad een soort vignolrail, maar dan met een soort ingebouwde "check rails".

Gert: Ja inderdaad, die zit er wel voornamelijk zodat er geen zand, grond, asfalt en stenen tegen de kop van de rails aan kan komen. De flens van het wiel van de tram moet natuurlijk ook vrij baan hebben.

Je zou ook kunnen hebben dat het een soort hoekprofiel aan de zijkant van de vignolrails wordt gebouwd. Daarnaast is het dus ook zo dat tramspoor krappere bogen heeft en dan dient deze groefrails ervoor dat de bogie van de tram goed geleid wordt en binnen de baan blijft.

Deze groefrails zijn "contrakant"/geleiderail zou in theorie niet nodig moeten zijn, maar in de praktijk blijkt deze wel noodzakelijk om te kunnen garanderen dat de tram in de goede baan blijft.

Janneke: Bij ons spoor daarom dus ook eigenlijk altijd dezelfde richting aangehouden, het komt vrijwel nooit voor dat er "links" wordt gereden.

Lucas: Dat is wel heel handig voor een toepassing van een statische wissel.

Gert: Ja en wanneer we dan dus wel opeens een andere richting op moeten rijden, wordt soms zelfs een constructie boven op het wegdek gelegd, waardoor dus de tram een kleine verhoging op kan, om dan vervolgens op een andere manier een bocht te maken.

Wat er dan ook bestaat is een wissel, zogenaamd een terugklapwissel, die dus met een verensysteem toestaat dat een tram erlangs kan rijden, maar dus terug dichtklapt wanneer deze is gepasseerd.

Janneke: Om terug te komen op mijn woord over standaard rijrichtingen: alleen op de Amstelveen lijn wordt er wel in twee richtingen gereden. Dit is daarom wel echt een uitzondering.

Gert: * laat in het programma QGIS een deel van het tramnetwerk zien * Hier juist boven Frederiksplein, is er een wissel dat dus een terugklapwissel is. Deze wissel laat dus trams langs het noorden rechtdoor gaan, en langs het oosten treinen invoegen. De wisseltongen zitten dan tegen de rechterzijde constant gedrukt, waardoor dus de trams van het Noorden rechtdoor door de wissel kunnen. De wisseltongen worden naar de linkerkant gedrukt door de tram wanneer de tram erdoorheen gaat.

Iets verder noordelijk heb je juist een omgekeerde situatie, daarbij buigt de tram uit het zuiden automatisch af (wisseltongen zitten hier dus tegen de linkerkant van de wissel gedrukt).

Zo heb je dus in de zuidelijke wissel, dat trams die de wissel vanaf de punt benaderen, altijd rechtdoor gaan, en dan ook samenvoegende wissels toestaat. Maar daarnaast dus ook de noordelijke wissel, die standaard trams laat afbuigen en dan ook trams langs de andere kant laat samenvoegen.

Lucas: Wat zijn eigenlijk de voornaamste “problemen” met deze wissels?

Janneke: Er zijn twee “problemen” bij deze wissel: 1. beperkte functie, je kan maar langs één richting hierover rijden. 2. Afhankelijk hoe ze worden uitgevoerd, kunnen ze veel/weinig geluidsoverlast geven.

Bij deze wissels net beschreven, hebben we in theorie daar het minste last van (geluid). Aangezien deze volgens een soort “Ikea keukenla principe” werkt. De wisseltong wordt dus eenvoudig in een andere stand geduwd, door de samenvoegende tram, maar wanneer deze is gepasseerd gaat deze zoals een Ikea keukenla weer langzaam dicht.

Lucas: Het viel mij op dat in tramspoorkaarten bepaalde stukken spoor in het rood stonden (niet in gebruik). Is dit omdat trams hier niet meer over moesten rijden (lijnen vervielen) of kwam dit doordat wissels daar te veel onderhoud vergden etc.

Janneke: De tram werkt in dat opzicht wat anders dan heavy rail, als een stuk spoor gewoon ook niet meer gebruikt wordt, dan laten we dit gewoon liggen. Zulke stukken spoor wordt ook vaak gezien als koningsdagspoor, wordt alleen in nood of bij speciale gelegenheden gebruikt.

Lucas: Hierzo bij de remise Lekstraat zijn bijvoorbeeld ook allemaal samenvoegende wissels te vinden, worden deze ook alleen op die manier gebruikt?

Janneke: Ja dat klopt, bij die lus eronder tussen de Hunzestraat en de Uiterwaardenstraat heb je bijvoorbeeld een paar wissels dat juist niet meer gebruikt wordt.

Gert: De kaart waar je nu naar kijkt is trouwens sterk verouderd, verschillende haltes zoals het Amstelstation zijn totaal andere situaties nu. Daarnaast is misschien ook goed om te weten dat remise Lekstraat geheel geautomatiseerd is. Trams die komen dus binnenrijden en melden zich bij

een paal, waarna ze dan automatisch een rijstraat worden toegewezen en geleid door de wissels heen. Je hebt dus niet een algemeen besturingssysteem bovenaf zoals bij heavy rail, maar dus kleine closed-systems bij remises waar het zelf geregeld wordt.

De wissels die hier samenvoegen (waar alle rijstraten weer samenkomen), zouden in principe aangepast kunnen worden. Maar als je dan weer naar de remise Havenstraat gaat kijken, dan heb je daar een totaal andere situatie. Hier worden namelijk wissels met maar één wisseltong gebruikt en hier worden die daarnaast oprecht via de punt bereden (dit is dus anders dan bij het hiervoor besproken Amstelveen).

Janneke: *Laat een afbeelding van een wissel in groefrail zien* hier is nu te zien hoe een wisseltong geïntegreerd is in groefrails. *laat daarna een afbeelding van het hartstuk zien* Hier is dan ook de connectie te zien van twee stukken die samengevoegd worden tot het hartstuk.

Gert: Je kunt hier dus duidelijk zien dat de groefdiepte kleiner wordt naar het hartstuk toe. Hij verandert naar 16 mm diep en 28 mm breed. Normaal gesproken is hij 45 mm diep en 37 mm breed.

Hier heb je dus de profielen (groefrails profielen) die wij gebruiken. Wat we doen om deze te maken, is eerst gewone volkoprails waar dan een groef in gefreesd wordt. Het handige hieraan is dus dat makkelijk bepaald kan worden om dieper of ondieper te frezen. Zo kun je dus die verandering in diepte krijgen die je bij de hartstukken nodig hebt.

Lucas: Hier is bijvoorbeeld een soort “rotonde” in jullie tramspoor te zien. Ik vroeg mij af of hier op een bepaalde manier wissels worden toegepast, die het mogelijk maken om die rotonde zo klein mogelijk maken. Zoals de Engelse wissel bijvoorbeeld ook een compacte versie is van twee wissels in een.

Janneke: Wisselcomplexen zitten sowieso anders in elkaar, dan de toepassing van wissels in heavy rail is. Hier is een kruising te zien bij bijvoorbeeld Zijlstraat. Deze is daarentegen niet helemaal volledig langs alle kanten te berijden, dus de kruising bij Overtoom is misschien een beter voorbeeld.

Gert: Hier kun je meteen zien dat trams die deze kruising benaderen een wissel hebben om naar rechts te gaan, maar direct daarna (ongeveer anderhalve meter al) zit alweer een nieuwe wissel. Op één zo’n kruising zitten daarom 16 wissels. Deze hoeveelheid en hun oriëntatie zorgen daarnaast voor het gebruik van 72 hartstukken. Daarnaast kun je ook een verschil zien in hartstukken, want in het midden van deze kruising heb je wat we noemen “het viervak”. Deze hartstukken staan loodrecht op elkaar bij deze kruising. Bij sommige kruisingen bestaan er dus ook schuine benaderingen, dan heb je daardoor ook bochten/bogen die door deze viervakken heen gaan.

Ik ben wel sceptisch over het nut van een statische wissel in heavy rail. Als je kijkt naar alle verschillende toepassingen van wissels die te vinden zijn in de tramwereld, die zijn veel makkelijker te doen omdat deze trams veel langzamer maar rijden. Op heavy rail bereiken ze snelheden van zelfs 140km/h, als je in dat geval een meter spoor weg zou halen, dan zou de trein daar vrijwel niks van merken omdat deze zo snel rijdt.

Wat een groot verschil dus is tussen besturingsprincipes in tram- en in treinspoor, is het feit op welke manier het omschakelen van de wissel wordt besloten. Bij trein wordt een trein aangemeld op een bepaalde plek, dit wordt doorgegeven aan de leiding, deze geven aan bij de wissel dat deze moet omschakelen en dan gebeurt dit. Bij tram wordt dit mechanisch geregeld. Door de lagere snelheid waarmee wordt gereden, kan dus dichterbij de wissel een installatie zitten die voor de tram besluit of deze moet omschakelen. Hierdoor hoeft het bij tramwissels niet eens motorisch aangestuurd te worden.

Ken je modeltreinbouw een beetje?

Lucas: Ja mijn pa heeft wat Märklin treintjes.

Gert: Als je naar zo'n wisseltje kijkt in dat spoor, dan heb je daar een driehoekig plaatje zitten met wat krulletjes eraan. Dit is daarom eigenlijk hoe een "gewoon wissel" in heavy rail werkt, maar eigenlijk ook zoals een wissel met maar één wisseltong in tramspoor. Dit heeft daarom dus een soort samenvoeging van beide soorten spoor.

Daarnaast als je een veldspoor wissel bekijkt, vignolrails dus, dan is er een grote vrijloop in beide standen waarin de wisseltongen gezet kunnen worden. Bij tramspoor heb je géén vrijloop. De achterkant van het wiel zal altijd tegen de tong aan blijven lopen. Die wordt daardoor ook meegestuurd.

