



Conditie gebaseerd onderhoud aan wielstellen van goederenwagens

Studie naar mogelijkheden



Contents

Management samenvatting	5
Management summary	7
1. Inleiding.....	9
1.1. Plek in het overkoepelende project.....	9
1.2. Mogelijke mate van reductie volgens W+B.....	9
1.3. Onze aanpak.....	11
2. Soorten en maten wagens.....	13
2.1. Goederenwagens.....	13
2.1.1. Soorten wagens.....	13
2.1.2. Aantallen wagens.....	18
2.1.3. Verschillen tussen goederenwagens.....	18
2.2. Vervoer	22
2.2.1. Corridors.....	22
2.2.2. In Nederland	23
2.2.3. Tendensen.....	23
2.3. Vervoer in goederenwagens	24
3. Meten en registreren.....	25
3.1. Meetsystemen op de corridors	25
3.2. Meetsystemen in Nederland	29
3.2.1. Quo Vadis.....	30
3.2.2. Hot Box	31
3.2.3. Informatieverstrekking door ProRail.....	32
3.3. Registratie van wielen bij goederenmaterieel	32
3.4. Wegnemen van onrondheid.....	36
3.4.1. Wielen rond maken	36
3.4.2. Wielaswisselproces	37
4. Data analyse.....	39
4.1. Quo Vadis	39



4.2.	Koppeling met rembloktype.....	41
5.	Mogelijke focusrichtingen voor trillingsreductie	43
5.1.	Focus naar type	43
5.2.	Focus naar aantallen.....	43
5.3.	Focus naar type remblok	44
5.4.	Focus naar ECM.....	44
5.5.	Focus naar ondergrond.....	45
5.6.	Focus naar corridor/ route	45
6.	Onderhoudsconcepten voor trillingsreductie.....	46
6.1.	Onderhoudsconcept 0: niets doen.....	48
6.2.	Onderhoudsconcept 1: preventief	49
6.2.1.	C1.1- alle containershuttle treinen preventief	49
6.2.2.	C1.2- alle kolentreinen preventief.....	50
6.2.3.	C1.3- alle LL-kolentreinen preventief	51
6.3.	Onderhoudsconcept 2: correctief meermaals RMS-laag 7,5	52
6.3.1.	C2.1- alle vervoer correctief 10 x RMS-laag 7,5.....	53
6.3.2.	C2.2- kolenvervoer correctief 10 x RMS-laag 7,5.....	53
6.4.	Onderhoudsconcept 3: correctief meermaals RMS-laag 15	54
6.4.1.	C3.1- alle vervoer correctief 10 x RMS-laag 15.....	55
6.4.2.	C3.2- kolenvervoer correctief 10 x RMS-laag 15.....	55
6.5.	Concept vergelijking.....	56
7.	Scenario keuze en uitwerking	58
7.1.	Scenario- selectie en uitgangspunten voor verdere uitwerking.....	58
7.2.	De stappen in het proces.....	60
7.3.	Mogelijke efficiëntieverbetering	63
7.4.	Variatiemogelijkheden bij inrichten van het proces.....	64
8.	Conclusies en aanbevelingen	66
	Referenties:	69
	Figuren en tabellen.....	70





Management samenvatting

ProRail als beheerder van de Nederlandse spoorweginfrastructuur onderzoekt, op verzoek van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, de effecten, kosten en neveneffecten van maatregelen om trillingen die worden veroorzaakt door treinen te beperken. Hiertoe is het programma Innovatieagenda Bronaanpak Spoortrillingen ("IBS") ingericht. Binnen het programma IBS is één van de stappen om te bepalen in welke mate met nieuwe onderhoudsregels aan goederenwagens, gebaseerd op monitoring, minder trillingen mogelijk zijn.

Er is in een vorige stap van dit programma aangegeven dat het ProRail-meetsysteem Quo Vadis een indicatie zou kunnen geven welke wielen trillingen veroorzaken ten gevolge van een mate van onrondheid of ander defect. Quo Vadis is één van de weinige systemen in Europa die een dergelijke indicatie zou kunnen geven.

De registratie van Quo Vadis in 2024 is in dit rapport gebruikt om de aantallen goederenwagens te analyseren. In dat jaar zijn in Nederland ongeveer 55.000 verschillende goederenwagens geregistreerd. Wagens van het type erts-/kolen hebben naar verhouding vaker een hoge trillingsindicatie-waarde dan dat de andere wagentypes hebben. Bijna 80% van de wagens in 2024 met de meeste hoge trillingsindicaties zijn erts-/kolenwagens. De trillingsindicatie-waarde in Quo Vadis is de zogenaamde RMS-laag waarde.

Er zijn vele onderhoudsconcepten denkbaar om tot trillingsreductie te komen. De aanpak is preventief (trillingen zoveel als mogelijk voorkómen door het wisselen van wielen voordat ze een hoge RMS-laag waarde geven) of correctief (trillingen wegnemen door het wisselen van wielen met een hoge RMS-laag waarde). Het succes van een onderhoudsconcept wordt bepaald door de mate van trillingsreductie, hanteerbaarheid, implementeerbaarheid, operationele en commerciële impact en kosten. In dit rapport zijn drie onderhoudsconcepten verder uitgewerkt.

Niets doen leidt uiteraard niet tot trillingsreductie, maar scoort beter op alle andere aspecten.

Preventief kolenwagens behandelen zou kunnen leiden tot maximaal 9% minder trillingen. Het gaat om ongeveer 3.000 wagens van 6 verschillende wagenbeheerders (ECM's) met 5 verschillende spoorwegondernemingen.

Correctief alle wagens behandelen die 10 maal RMS-laag 7,5 genereren zou kunnen leiden tot maximaal 20% minder trillingen. Het gaat om ongeveer 16.000 wagens van meer dan 50 verschillende ECM's en vele spoorwegondernemingen.

Correctief kolenwagens behandelen die 10 maal RMS-laag 15 genereren zou kunnen leiden tot maximaal 5% minder trillingen. Het gaat om ongeveer 1.500 wagens van 6 verschillende ECM's en 5 verschillende spoorwegondernemingen.



Het nieuwe proces voor het behandelen van wagens met het oog op trillingsreductie is in te richten, mits een aantal zaken met betrokken partijen georganiseerd en afgesproken zijn. Ook zijn investeringen in mensen, middelen en sporen noodzakelijk. Om de haalbaarheid aan te tonen en detailknelpunten inzichtelijk te krijgen, kan een pilot helpen. Een pilot met kolenwagens, met een beperkt aantal stakeholders, lijkt op afzienbare termijn zonder uitgebreide internationale afstemming in te richten. Voor een duurzaam proces zijn internationale afspraken over trillingen aan te raden.

Voor een proces dat het goederenvervoer zo min mogelijk operationeel belast, lijkt een geoutilleerd servicestation op een emplacement een belangrijke factor voor succes.

Arno van Deursen

Esther Tolner



Management summary

At the request of the Ministry of Infrastructure and Water Management, ProRail, the manager of the Dutch railway infrastructure, is investigating the effects, costs, and side effects of measures to reduce vibrations caused by trains. The Innovation Agenda for Source Approach to Rail Vibrations ("IBS") program has been established for this purpose. One of the steps within the IBS program is to determine to what extent new monitoring systems can determine whether maintenance regulations for freight wagons, based on monitoring, reduce vibrations, and whether vibration nuisance is possible.

A previous step in this program indicated that the ProRail Quo Vadis measurement system could provide an indication of which wheels are causing vibrations due to a degree of out-of-roundness or other defect. Quo Vadis is one of the few systems in Europe that could provide such an indication.

The Quo Vadis registered data for 2024 is used in this report to analyse the number of freight wagons. In that year approximately 55,000 different freight wagons were registered in the Netherlands. Ore/coal wagons are more likely to have a high vibration indicator RMS value than other wagon types. Nearly 80% of the wagons in 2024 with the most high vibration indicators will be ore/coal wagons.

Many maintenance concepts are conceivable for achieving vibration reduction. The approach is preventive (preventing vibrations as much as possible by changing wheels before they reach a high RMS low value) or corrective (eliminating vibrations by changing wheels with a high RMS low value). The success of a maintenance concept is determined by the degree of vibration reduction, manageability, implementability, operational and commercial impact, and costs. This report further elaborates on three maintenance concepts.

Doing nothing obviously does not lead to vibration reduction, but scores better on all other aspects.

Preventatively treating coal wagons could lead to a maximum of 9% reduction in vibrations. This concerns approximately 3,000 wagons from 6 different vehicle management companies (ECMs) with 5 different operators.

Correctively treating all wagons generating 10 times RMS level 7.5 could lead to a maximum of 20% reduction in vibrations. This concerns approximately 16,000 wagons from more than 50 different ECMs and numerous operators.

Correctively treating coal wagons generating 10 times RMS level 15 could lead to a maximum of 5% reduction in vibrations. This concerns approximately 1,500 wagons from 6 different ECMs and 5 different operators.



The new process for treating wagons with the aim to reduce vibration can be implemented, provided that several matters are coordinated and agreed with the parties involved. Investments in staffing, equipment and tracks are also essential. A pilot project can be helpful to demonstrate feasibility and gain insight into detailed bottlenecks. A pilot project with coal wagons, involving a limited number of stakeholders, appears feasible in the foreseeable future without extensive international coordination. International agreements on vibration are recommended for a sustainable process.

For a process that has the least possible operational impact on freight transport, an equipped service station at a yard seems to be an important factor for success.

Arno van Deursen

Esther Tolner



1. Inleiding

1.1. Plek in het overkoepelende project

Doel van het overkoepelende project is om uit te zoeken in welke mate de huidige ontwikkelingen in voorspellend conditie gebaseerd onderhoud aan wielstellen van rollend materieel gebruikt kunnen worden, doelmatig en haalbaar zijn om spoortrillingen te verminderen [0]. Het gehele project zal inzicht geven in:

- a) Welke mate spoortrillingen gereduceerd kunnen worden door het toepassen van nieuwe onderhoudsregels op wielen gebaseerd op nieuwe monitoringstechnieken;
- b) Welke mate dit invloed heeft op de Life Cycle Costs (LCC) van materieel;
- c) Andere effecten voor de sector (veiligheid, beschikbaarheid, betrouwbaarheid etc.)

In het kader van dit project heeft Witteveen+Bos een uitgebreid onderzoek gedaan naar de relatie tussen spoortrillingen, wielrondheid en de output van monitoringssystemen. Het rapport dat de studie van Witteveen+Bos beschrijft [1] (hierna 'W+B') is het uitgangspunt voor dit vervolg van de studie.

In de hiernavolgende paragraaf 1.2 wordt stilgestaan bij de conclusies van W+B. In paragraaf 1.3 wordt onze aanpak beschreven.

1.2. Mogelijke mate van reductie volgens W+B

Er worden een aantal conclusies getrokken, die hieronder kort herhaald worden:

1. Er bestaan relaties tussen een aantal Quo Vadis parameters en trillingsniveaus, maar de spreiding is aanzienlijk. Voor meetpunten dicht bij het spoor is de relatie duidelijker aanwezig dan voor meetpunten op grotere afstanden van het spoor. Lineaire regressie resulteert in de meeste gevallen niet in een eenduidige relatie met een redelijke mate van onzekerheid.
De meest relevante Quo Vadis wiel- parameter voor het voorspellen van trillingen op enige afstand van het spoor is RMS-laag.
[conclusie 1 van H5.1 van W+B].
noot: in dit rapport wordt Quo Vadis en RMS-laag toegelicht in paragraaf 3.2.1.
2. De gemeten trillingsniveaus dichtbij het spoor van afzonderlijke goederenwagens vóór en ná het uitvoeren van wielonderhoud laat grote verschillen zien. De ondergrond van het spoor maakt dat het beeld verre van uniform is.
Voor één meetlocatie zijn reducties van 15 tot 20% berekend op 25 meter afstand van het spoor. Ook kan onderhoud aan relatief weinig wagens leiden tot duidelijke afname van trillingsniveaus.
Op slappe ondergrond lijken de golflengtes van dominante signalen niet significant te worden beïnvloed door wielkwaliteit. Hier is het meer de treinsamenstelling (want voertuiggewicht, rijnsnelheid en wagontype worden bepalend).
[conclusie 2 van H5.1 van W+B].
3. Er zijn verschillen tussen de invloed van onderliggende parameters op de bodemtrillingen op 25 m en de trillingen in het gebouw, en tussen locaties op stijve ondergrond en de locatie op slappe ondergrond. Wielkwaliteit behoort slechts voor locaties met stijve ondergrond tot de relevante parameters. Voertuiggewicht, voertuigsnelheid en voertuigtype behoren in alle gevallen tot de meest relevante parameters.



Omgevingsvariabelen zoals grondwaterstand en temperatuur beïnvloeden de trillingsniveaus sterk, maar er zijn waarschijnlijk nog meer onderliggende variabelen verantwoordelijk voor de variaties in het trillingsniveau over tijd.

[conclusie 3 van H5.1 van W+B].

4. Op stijve ondergrond is in de meeste gevallen de passage van de locomotief te herkennen en bepalend, maar in specifieke gevallen zijn transporten/ materieeltypen geïdentificeerd die de trilling veroorzaken. Wel zijn die trillingen dan op kortere afstand vanaf het spoor waarneembaar en juist veel minder of niet op grotere afstand van het spoor of in gebouwen. Maar... er zijn ook voorbeelden waarin ook op grotere afstanden van het spoor en in gebouwen sprake is van verhoogde trillingsniveau door specifieke goederenwagens. Ook in dit geval zijn er specifieke transporten die meer trillingen veroorzaken dan andere.
[conclusie 4 van H5.1 van W+B].
5. W+B stelt dat 'een verschil van 25 à 40 % in trillingsintensiteit in veel gevallen waarneembaar is door mensen'. Extra onderhoud aan wielen kan één van de maatregelen zijn om minder trillingen te krijgen. [1] stelt vervolgens dat 'gemiddeld genomen over de populatie treinen met verminderde wielkwaliteit op enige afstand van het spoor en in gebouwen geen reducties van deze omvang worden gerealiseerd bij extra onderhoud van de verslechterde wielen'. Oftewel, gemiddeld genomen heeft meer onderhoud aan wielen geen waarneembaar effect.
[ook conclusie 4 van H5.1 van W+B].
6. W+B stelt dat 'voor een selectief deel van de populatie dat dergelijke grotere reducties haalbaar lijken. Het zou daarmee logisch en doelmatig zijn om op deze groep te focussen wanneer wordt gewerkt aan nadere uitwerking van een eventueel aanpak om te komen tot hinder reductie'.
[ook conclusie 4 van H5.1 van W+B].
7. De conclusie die wordt getrokken op basis van de data is dat voor slappe ondergrond in het merendeel van de passages de locomotief leidt tot de hoogste $V_{eff,max}$ waarde op maaiveld op 25 m afstand van het spoor. In de panden zijn voor een groter deel van de passages de wagons dominant. Voor de panden geldt dat voor een significant deel van de passages de wagons trillingsniveaus geven die vergelijkbaar zijn met dat van de locomotief of zelfs hoger. De totale duur van het 'hinderlijke' deel van een passage neemt toe als naast de locomotief ook wagons tot hinderlijke trillingsniveaus leiden.
[conclusie 5 van H5.1 van W+B].
8. Er zijn simulaties gedaan om een poging te doen de effecten te kwantificeren. Met de kanttekening dat RMS-laag niet altijd een verhoogde waarde geeft bij wielafwijkingen waardoor de reductie een conservatieve inschatting zou zijn. Afhankelijk van de ondergrond is bij de vier meetlocaties een reductie berekend tussen <1% en 10% bij onderhoud vanaf RMS-laag 15. Afhankelijk van de ondergrond is bij de vier meetlocaties een reductie berekend tussen 5% en 24% bij onderhoud vanaf RMS-laag 7,5.
[conclusie 6 van H5.1 van W+B].

W+B heeft simulaties beschreven, om te pogen de effecten te kwantificeren. De resultaten van de simulaties worden als conservatief bestempeld, en laten voor de gehele dataset over het algemeen een beperkte reductie van het gemiddelde trillingsniveau zien. Dit sluit aan op de eerdere conclusies op basis van het beschouwen van spreiding binnen de populatie en detailanalyses op individuele passages. Wanneer de simulaties echter focust op een subset



behorende bij de 10 % hoogste $V_{eff,max}$ waarde, dan kan de conclusie getrokken worden dat een doelmatig onderhoudsregime (waarin materieel dat zorgt voor duidelijk verhoogde trillingsniveaus ten gevolge van wielkwaliteit extra onderhoud krijgt), zin heeft. Eén van de aanbevelingen van W+B is dan ook om te richten op het plegen van onderhoud aan materieel waarvoor Quo Vadis duidt op sterk verminderde wielkwaliteit, want voor deze deelpopulatie lijkt direct substantiële hinderreductie haalbaar. Als RMS-laag als indicator wordt gebruikt zou RMS-laag ergens tussen 10 en 20 kN een interventiewaarde zijn waarvoor gesteld kan worden dat overschrijding niet nodig zou hoeven zijn. Materieel en locatie afhankelijkheid spelen hierbij echter een rol en daarmee is het nodig om een eventueel in te stellen regime zorgvuldig nader uit te werken. Een correctie per Quo Vadis meetpunt en een correctie o.b.v. beladingsgraad/aslast zijn, indien Quo Vadis informatie voor dit doel gebruikt wordt, zeker noodzakelijk.

1.3. Onze aanpak

Aan het begin van de opdracht hebben we gesprekken gevoerd met de opdrachtgever en vier stuurgroepleden. Deze gesprekken hebben niet geleid tot een bijstelling van onze aanpak zoals die in de offerte was beschreven. Na de opdrachtverstrekking en gesprekken is het hiervoor in paragraaf 1.2 genoemde rapport van Witteveen+Bos verschenen. Bovenstaande conclusies hebben wél tot een iets gewijzigde aanpak geleid. De aanpak blijft driedelig:

- I- Van nationaal naar internationaal
scope analyse van de hoeveelheid wagens, analyse van wat andere infrabeheerders analyseren, gesprekken over wat vervoerders en/of wageneigenaren bijhouden op het gebied van wielen.
- II- Van indicaties naar onderhoudsactiviteiten
proces wat logischerwijs gaat lopen, wat zijn de gevolgen voor het huidige onderhoud.
- III- Baten en beschikbaarheid
wat zijn de gevolgen voor veiligheid en betrouwbaarheid, wat is de verwachting ten aanzien van beschikbaarheid.

De in voorgaande paragraaf 1.2 beschreven eerste conclusie van W+B maakt dat we een analyse uitvoeren op QuoVadis data, en wel van de RMS-laag meldingen. Dit ook in lijn met de hierboven beschreven aanbeveling. De in paragraaf 1.2 beschreven conclusie twee, drie en vier van W+B maakt dat we de gevolgen van een RMS waarde niet moeten overschatten. De in paragraaf 1.2 beschreven conclusie vijf van W+B stelt zelfs dat 'gemiddeld genomen over de populatie treinen met verminderde wielkwaliteit op enige afstand van het spoor en in gebouwen geen reducties van deze omvang [een verschil van 25 à 40 % in trillingsintensiteit, in veel gevallen waarneembaar door mensen] worden gerealiseerd bij extra onderhoud van de verslechterde wielen'. De in paragraaf 1.2 beschreven conclusie zes van W+B geeft hoop en conclusie zeven geeft aan dat het wegnemen van trillingen wel effect zal hebben. Conclusie zes geeft aan dat een subset geschikt zou kunnen zijn, en conclusie acht geeft een zoekrichting.



We voeren een analyse uit op Quo Vadis data, waarbij we kijken of er subsets te bepalen zijn waarop het zinvol focussen is. Hierbij kijken we ook wat het effect is voor verschillende niveaus van de RMS-laag waarde. Hiermee is enige inschatting te maken van de mogelijke mate van reductie van spoortrillingen.

Omdat het ervaren van spoortrillingen, zoals blijkt uit het rapport van W+B, een subjectieve zaak is die bovendien niet uitsluitend afhankelijk is van de mate van rondheid van wielen, is een waarde voor de mate van hinderreductie niet te geven.

We hebben gewerkt met data uit 2023 (hoeveelheid vervoer) en 2024 (hoeveelheid wagens en Quo Vadis data). Het combineren van de beide datasets is bedoeld om in enige mate de hoeveelheden te kunnen controleren. Het geeft geen ander inzicht als de hoeveelheid wagens of Quo Vadis data uit 2023 gebruikt zouden zijn.

We hebben gesprekken gevoerd met twee eigenaren/ onderhoudsverantwoordelijken van goederenwagens, met twee onderhoudsuitvoerenden, met twee infrabeheerders, met twee spoorwegondernemingen. De Quo Vadis- data zijn specifiek voor deze opdracht gedeeld (inclusief disclaimer). Verder is publiek beschikbare informatie gebruikt.

In dit voorliggende document wordt bovengenoemde aanpak beschreven.

Hoofdstuk 2 staat stil bij de verschillende soorten treinen en goederenwagens, en hoeveel goederenwagens er in een jaar in Nederland verkeren (*scope analyse van de hoeveelheid wagens*). Dit geeft een beeld van de maximale omvang.

Hoofdstuk 3 staat stil bij wat er gemeten wordt aan goederenwagens in diverse landen, waaronder Nederland. Ook wordt stilgestaan bij de registratie door wageneigenaren en andere belanghebbenden. Het behandelt ook het huidige proces van het wegnemen van onrondheden (*analyse van wat andere infrabeheerders analyseren, gesprekken over wat vervoerders en/of wageneigenaren bijhouden op het gebied van wielen*). Dit geeft een beeld van de kans op een internationaal afgestemd proces en werkwijze.

Hoofdstuk 4 staat stil bij meetdata van Nederland, in relatie tot de hoeveelheid wagens (*scope analyse*). Dit geeft inzicht in hoeveel registraties er zijn en daarmee hoeveel mogelijke trillingshinder wordt ervaren.

Hoofdstuk 5 bevat mogelijke focusrichtingen. Focusrichtingen zijn logische en doelmatige richtingen om de trillingen met een selectief deel van de populatie te reduceren, zoals ook al door W+B aangegeven.

Hoofdstuk 6 geeft een aantal concepten, inclusief hun voor- en nadelen. Deze concepten worden met elkaar vergeleken.

In hoofdstuk 7 worden vanuit de concepten drie scenario's gekozen die vervolgens worden uitgewerkt naar proces, waarbij uitgangspunten en aandachtspunten aan bod komen (*proces wat logischerwijs gaat lopen, gevolgen*).

Hoofdstuk 8 bevat de conclusies en aanbevelingen.



2. Soorten en maten wagens

Bij de analyse van de hoeveelheid wagens, als eerste aspect van het eerste deel van onze opdracht, is het van belang dat het besef er is dat er verschillen zijn in goederenwagens die het gedrag (ten aanzien van trillingen) kunnen beïnvloeden.

Adviesbureau We-Boost (met medewerking en input van ProRail, het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en diverse bewonersgroepen) maakt onderscheid naar bepaalde treinen [2]. De volgende soorten goederentreinen worden onderscheiden:

- Ketelwagens
- Erts/ kolenwagens
- Autotreinen
- Containerwagens
- Overige

Deze verdeling zullen we in de rest van de onderstaande analyse (zo goed als mogelijk) volgen.

Onderstaande analyse gaat allereerst in op soorten en aantallen goederenwagens en de verschillende typen.

Vervolgens wordt de hoeveelheid transport in verband gebracht met de verschillende typen goederenwagens, om zodoende de hoeveelheden wagens en daarmee de (mogelijke) scope gefundeerd in te kunnen schatten.

2.1. Goederenwagens

Wikipedia hanteert de volgende definitie:

“Een goederenwagon of goederenwagen is een railvoertuig zonder aandrijving, bedoeld om een vracht te vervoeren. Een trein die uit goederenwagens bestaat is een goederentrein. Er zijn vele verschillende soorten goederenwagens. Er zijn soorten die worden gebruikt om bulkgoederen te vervoeren, zoals erts en kolen. Andere soorten zijn bedoeld om stukgoederen te vervoeren, zoals etenswaren en post.”

2.1.1. Soorten wagens

Uitvoeringsbesluit 2018/1614/EG stelt dat wagens alle een uniek kenmerk hebben dat bestaat uit 12 cijfers. Van deze 12 cijfers geven de cijfers 5-6-7-8 het typenummer weer. Naast een uniek nummer hebben goederenwagens ook een typering; die typering kan hetzelfde zijn voor meerdere typenummers. Zo zijn bijvoorbeeld de wagens met de nummers 5-6-7-8 '5992', '5892', '5831', '5500', '5890' en '5891' alle van de typering Eanos (open wagon met hoge zijden, vier assen, niet zijdelings of eind kiepend, belading > 60t, geschikt tot 100 km/h).

Wanneer we de soorten goederentreinen van We-Boost/ ProRail aanhouden, kan het volgende gesteld worden.



Categorie ketelwagens

Globale typering: Een ketelwagen of tankwagon is een goederenwagen die geschikt is voor het vervoer van vloeibare producten. Daartoe is op de wagen een ketel of drukvat gemonteerd.

Ketelwagens worden onder andere gebruikt voor het vervoer van minerale oliën. Daarnaast worden ook chemicaliën, zoals natronloog, met ketelwagens vervoerd. Naast vloeistoffen worden ook vloeibaar gemaakte gassen in ketelwagens vervoerd.

Ketelwagens voor lpg bijvoorbeeld hebben een volume van 110 m³ en een laadvermogen van 55 ton. Ketelwagens voor chloroform hebben een volume van 55 m³ en een laadvermogen van 70 ton. Door de grote verscheidenheid aan producten zijn er veel kleine verschillen in ketelwagens. Kenmerk van de lading is dat vloeistoffen altijd gelijkmatig verdeeld zijn over de lengte van de wagen en daarmee over de assen. Bij remmen en aanzetten heeft vloeistof wel een bewegend effect.

Ketelwagens zijn er met wagens met twee assen, en met draaistellen en daarmee vier assen. De typering begint steeds met een Z.

Ketelwagens rijden veelal in één richting beladen en in de tegenrichting leeg.



Figuur 1: Zacns [ERMEWA]

Categorie erts-/ kolenwagens

Globale typering: Een erts- of kolenwagen heeft meestal geen dak en kent verschillende manier om geleegd te worden. De erts of kolen wordt als bulk gestort door middel van een laadunit waar de wagens onder door rijden. Hierdoor is het stortgoed redelijk evenwichtig verdeeld over de lengte van de wagen.

Een vier-assige erts- of kolenwagen (typering Fa) heeft een eigengewicht van 20,2-24 ton . Het maximaal beladingsgewicht bedraagt 64,5-69,8 ton (overeenkomend met 85-90m³). Er zijn ook zes-assige erts- of kolenwagens (typering Faa), met een vergelijkbaar groter laadvermogen. Het typenummer 6861 omhelst zes-assige wagens die paarsgewijs verbonden zijn met een koppelstang in plaats van met een koppeling. De gewichtsbesparing op het gebied van de koppeling betekent extra laadvermogen (en minder koppelkoppen).

Erts- en kolenwagens rijden meestal in één richting beladen en in de tegenrichting leeg.



Figuur 2: Falns [ERMEWA]

Categorie autowagens

Globale typering: Een autotransportwagen is zodanig vormgegeven dat op twee niveaus auto's opgereden kunnen worden. De structuur van een autotrein is er één met (relatief) veel open ruimte rondom de lading, dergelijke treinen zijn dus minder homogeen qua luchtstromen.

Er zijn meerdere uitvoeringen van autotransportwagens maar vrijwel alle bestaan uit twee kort gekoppelde wagens met in totaal vier assen. De typering begint met La. Doordat de lading veel open ruimte kent en daarmee dus relatief laag in massa is, is het mogelijk dit zonder draaistellen te realiseren. In beladen toestand is de massa van een autotransportwagen tussen de 45 en 72 ton, tendens is dat het gemiddelde gewicht per auto stijgt door een toename van het aantal elektrische auto's. In lege toestand is de massa meestal tussen de 28,5 en 36,5 ton. Autowagens rijden meestal in één richting beladen en in de tegenrichting leeg.



Figuur 3: Laaers [DB]

Categorie containerdraagwagens

Globale typering: Er zijn diverse varianten goederenwagens bedoeld voor intermodaal vervoer. Bij intermodaal goederenvervoer worden goederen getransporteerd door middel van meerdere vervoermiddelen (modaliteiten), de goederen worden niet afzonderlijk maar met behulp van een laadeenheid omgeladen. Die laadeenheid is in heel veel gevallen een container. De goederenwagens zijn voorzien van twistlocs waarmee de containers vastgezet kunnen worden. Dit zijn dezelfde bevestigingen als bij vrachtwagens. De lengte van een container wordt uitgedrukt in voet. De meest voorkomende maten container zijn 40 voet (ca 12 meter, 2 TEU) en 20 voet (ca 6 meter, 1 TEU).

Twee- assige wagens (typering Lg) worden bijna niet meer ingezet, ingezet worden overwegend wagens van 60 voet, 80 voet en 90 voet lengte waar diverse containers op passen (typering Sg of Sgg).

Een Sgns heeft vier assen, een eigengewicht van 18,8 ton (hiervan 5 ton onafgeveerd), en een max load van 70 ton in maximaal 3 TEU (dus max aslast 22,5 ton beladen).

Een Sggrss of Sdggmrss heeft zes assen, een eigengewicht van 26,6-35 ton met 108,8 ton maximaal beladen, maximaal 4 TEU.

Er zijn ongeveer 45% Sg- wagens en 55% Sgg- wagens.

Hoewel niet gegarandeerd, is de schommeling in beladingsgewicht bij containerwagens geringer omdat belading beide richtingen noodzakelijk is om een concurrerend product per spoor te maken. Slechts soms gaat een containerdraagwagen geheel onbeladen onderweg, indien de belading een lege container betreft geldt dat als (betaalde) lading.



Figuur 4: Sgns [DB]



Figuur 5: Sggrss [ERMEWA]



Categorie overig

Er zijn talloze andere typen. In de UIC wordt de volgende indeling gegeven:

E: Normale open wagen of stortwagen, kiepbaar op de kop en zijdelings, met platte bodem

F: Speciale stortwagen

G: Normale gesloten wagen met minimaal acht ventilatiegaten

H: Speciale gesloten wagen

I: Koelwagen met thermische isolatie, luchtkoeling, tralievloer en ijsbak

K: Normale platte wagen op vaste assen met neerklapbare wanden en korte rongen

L: Speciale platte wagen op vaste assen

O: Gemengde platte en open wagen met neerklapbare kopwanden en rongen

R: Normale platte wagen op draaistellen met neerklapbare wanden en korte rongen

S: Speciale platte wagen op draaistellen

T: Wagen met opengaand dak

U: Andere speciale wagens dan deze voorkomend in categorie F, H, L, S of Z

Z: Ketelwagen met (metalen) reservoir voor het vervoer van vloeibare of gasvormige producten

In Nederland veel geziene goederenwagens zijn naast de hiervoor genoemde categorieën nog

Shimmns voor het vervoer van rollen staal.

Habinns voor het vervoer van onder andere papier en gepelletiseerde goederen.



2.1.2.Aantallen wagens

De European Railway Agency heeft diverse fact sheets, ook hoeveel goederenwagens er in heel Europa aanwezig zijn [3]:

Wagon type	construction <2000	%	construction ≥2000	%	total number
E - Ordinary open high-sided wagons	83.058	82%	18.793	18%	101.851
F - Special open high-sided wagons	46.927	77%	13.715	23%	60.642
G - Ordinary covered wagons	6.990	85%	1.270	15%	8.260
H - Special covered wagons	39.104	71%	16.075	29%	55.179
I - Temperature controlled wagons	4.161	74%	1.436	26%	5.597
K - Ordinary flat wagons	17.220	73%	6.329	27%	23.549
L - Special flat wagons	20.239	64%	11.520	36%	31.759
O - Open multi-purpose wagons	324	100%		0%	324
R - Ordinary flat wagons with bogies	32.335	92%	2.701	8%	35.036
S - Special flat wagons with bogies	51.081	38%	82.987	62%	134.068
T - Wagons with opening roof	16.753	59%	11.430	41%	28.183
U - Special wagons	46.326	90%	5.274	10%	51.600
Z - Tank wagons	53.781	48%	58.735	52%	112.516
Grand total	418.299	64%	230.265	36%	648.564

Figuur 6: aantal goederenwagens in Europa in 2023

Zoals in paragraaf 2.1.1. al te zien, is het niet zo maar mogelijk om uit bovenstaande overzicht te halen hoeveel goederenwagens voor intermodaal transport er zijn in Europa (want containerwagens hebben typering L en S, maar autowagens hebben ook L en er bestaan ook S- wagens waarmee staalrollen worden vervoerd). De informatie is uiteraard wel van belang om de maximale omvang van het goederwagenpark te weten.

Vele goederenwagens kunnen in heel Europa verkeren. Van sommige eigendomslanden is het onwaarschijnlijk dat die wagens in Nederland verkeren, door bijvoorbeeld een andere spoorbreedte (Spanje en Portugal). Dit zijn echter geringe aantallen (<2% van het totaal).

2.1.3.Verschillen tussen goederenwagens

De in paragraaf 1.2 beschreven conclusie acht van W+B stelt dat tussen 1% en 24% reductie van trillingen mogelijk zou kunnen zijn. Ook adviesbureau We-Boost stelt dat meer onderhoud aan treinen tot 20% verminderend effect kan hebben [2]. Er worden in [2] zes aspecten genoemd die invloed hebben op trillingen:

- 1- primair afgeveerde massa
- 2- onafgeveerde massa
- 3- aslast
- 4- wieldefecten
- 5- variaties in spoor en ondergrond
- 6- wielslijtage



De zes aspecten worden hierna voor de in paragraaf 2.1.1 genoemde categorieën goederenwagens behandeld.

Massa (primair afgeveerd en onafgeveerd, aslast)

De aspecten 1,2 en 3 hebben alle drie betrekking op de massa, deze kan verschillend zijn per type (goederen-) wagen.

Als onafgeveerde massa geldt de wielen, assen, remschijven en aspotten. Bij vier wielassen is dit ongeveer 5.000 kg (bron VPI-emg-04-4.1 bijlage 1).

Hoewel je zou kunnen zeggen dat een Sgrrs zes assen heeft, kan ook gesteld worden dat dit feitelijk twee wagens zijn, doordat er een korte koppeling in het midden van de wagen zit. Dus in dat geval is de onafgeveerde massa iets lager.

Belangrijk om te beseffen dat er goederenwagens zijn die 'altijd' in één richting beladen en in de tegenrichting leeg rijden, zoals ketelwagens, erts-/ kolenwagens. Terwijl containerdraagwagens ook de andere kant op beladen (kunnen) zijn. Hierdoor kan het zo zijn dat een wagen in de ene richting geen te hoge trilling veroorzaakt en in de andere richting wel.

Er zijn veel varianten van wagens zelfs binnen de categorieën, daarom zijn onderstaande gewichten die van veel voorkomende uitvoeringen en slechts bedoeld om een indicatie te geven.

		ketelwagens	Erts- /kolenwagens	autowagens	containerwagens
1	Primair afgeveerde massa in ton leeg	15,5-18	15,2-19	23,5-31,5	13,5 of 16,6
2	Onafgeveerde massa in ton	5	5	5	3,5 of 5
	Maximale belading	67-69,5	66-69,8	35	38,4 gem
3	Aslast in ton leeg	5,75	6	8,25	4,25
3	Aslast in ton beladen	22,5	22,5-25	18	12,2 gem

Tabel 1: massa's van categorieën goederenwagens

Hieruit blijkt dat een erts-/kolenwagen in beladen toestand wel twee keer zo zwaar is als een gemiddelde containerdraagwagen. En gewicht is van invloed op trillingen.



Wieldefecten

Er zou gesteld kunnen worden dat hoe ouder de goederenwagen, hoe groter de kans op wieldefecten (aspect 4). Echter, wielen en assen zijn een zogenaamd wisseldeel, en ook de draaistellen kennen een eigen revisieregime waardoor de leeftijd van de wagen niet direct een negatieve invloed hoeft te hebben op de kwaliteit van draaistel, veren en wielstel. Wel is het zo dat de bovenbouw van de goederenwagens zichtbare gebruiksschade en slijtage zal hebben.

Omdat wieldefecten zo'n grote impact kunnen hebben, in extremis een ontsporing, is er in het spoorgoederenvervoer veel geregeld in twee richtlijnen, namelijk het VPI en het AVV/GCU.

Hier wordt in paragraaf 3.3 verder op ingegaan.

Variaties in het spoor

De meer dan 7.000 km spoor in Nederland ligt verspreid over verschillende ondergronden, en heeft verschillende constructies. De locatie en de constructie spelen een aanzienlijke rol bij het hebben en ervaren van trillingen. Dit wordt ook duidelijk aangegeven in het rapport van W+B. De invloed van de locatie en de constructie van de infrastructuur ligt buiten de scope van deze opdracht. In deze opdracht hebben we geen uitgebreide rekening gehouden met de trillingsgevoeligheid van de verschillende ondergronden. Dit omdat we onvoldoende informatie hebben over de ondergrond en constructie van elke Quo Vadis- meetlocatie.

Wielslijtage

Dit aspect wordt mede beïnvloed door het type remblok.

Om een trein te vertragen worden (zeker in het geval van goederentreinen) remblokken tegen de draaiende wielen gedrukt. De wielen worden in hun draaiende beweging gehinderd, er ontstaat wrijvingskracht die de draaiende beweging afremt. Het voertuig komt na kortere of langere tijd tot stilstand. Naarmate de kracht waarmee de remblokken tegen de wielbanden gedrukt worden toeneemt, komt het voertuig eerder tot stilstand. Als de kracht echter te groot wordt, zal het draaiende wiel blokkeren. Een geblokkeerd wiel glijdt over de spoorstaaf en krijgt dan een zogenaamde vlakke plaats.

Naast de wrijvingskracht ontstaat er ook warmte. Zowel het remblok als de wielband worden warmer door het omzetten van bewegingsenergie tijdens het vertragen. In extreme gevallen kan de temperatuur te hoog worden met als gevolg vaste remmen, uitbrokkelingen of zelfs ontsporingen.

Door het contact van remblok en wielband zullen beide componenten slijten. Het remblok is van een minder slijtbestendig materiaal gemaakt dan de wielband. Een remblok is namelijk gemakkelijker en goedkoper te vervangen dan een wielband.



Oorspronkelijk bestonden er alleen gietijzeren remblokken. Deze remblokken hebben als kenmerkende eigenschap dat ze bij lage snelheid een hele hoge frictie coëfficiënt hebben. Daardoor komt de trein met die blokken aan het eind van de remweg met een schok tot stilstand. Bij hoge snelheid hebben ze juist een lage frictie coëfficiënt. Bij de remming met gietijzeren blokken wordt er veel geluid ontwikkeld van ijzer op ijzer. Warmte in het wiel-remblokcontact, ontwikkeld door wrijving tijdens het remmen, wordt bij gietijzeren blokken goed afgevoerd.

Vervolgens werden er kunststof remblokken ontwikkeld, aangeduid als K- blok (de letter K staat voor het Duitse Komposit). Deze K-blokken hebben een vlakkere remcurve (ze remmen bij elke snelheid even goed), en hebben een hogere wrijvingscoëfficiënt dan gietijzer. Vervolgens werden L- blokken ontwikkeld (L staat voor Low friction). Deze bestaan ook uit een soort kunststof, maar met een lagere wrijvingscoëfficiënt.

Omdat deze L-blokken toch niet optimaal waren, zijn LL- blokken ontwikkeld met nagenoeg dezelfde frictie coëfficiënt als gietijzeren remblokken bij hoge snelheid, maar toch een vlakke curve. Bij lage snelheid remmen ze dus net zo krachtig als bij hoge snelheid.

Er bestaan kunststof LL-blokken en sinter LL-blokken. LL kunststof remblokken genereren bij het remmen hoge temperaturen die sneller wielschade veroorzaken (uitbrokkeling, opstroping van materiaal). De sinter LL-blokken bestaan uit gesinterd metaal. Dat is zeer agressief, waardoor de wielband mooi glad geslepen wordt bij het remmen. Nadeel is de iets hogere wielslijtage, die tot een enigszins kortere standtijd van het wiel kan leiden. Het blok zelf gaat echter langer mee dan een gietijzeren remblok (bron: grotendeels Ellenkamp, verder infraside.nl).

Nieuwe goederenwagens worden veelal uitgerust met K- blokken (bron: gesprekken), voornamelijk gebaseerd op levenscycluskosten.

Het contact tussen remblok en wielband zorgt zoals hierboven gesteld voor slijtage. Wielslijtage zorgt naast trillingen ook voor geluid. Voor geluid is in Europa- breed aandacht. De EU- richtlijn 2002/49/EC inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai spreekt (mede) over grenswaarden op bepaalde corridors.

De Europese Commissie besloten het concept van geluidsbescherming voor zogenaamde 'stillere routes' in te voeren en heeft zij Verordening (EU) nr. 1304/2014 (TSI NOI) hiervoor aangepast. Met ingang van 8 december 2024 geldt er overeenkomstig artikel 5 van de TSI NOI in principe een verbod op het rijden op de stillere routes met goederenwagens die vallen onder Verordening (EU) nr. 321/2013 (TSI WAG) en niet onder paragraaf 7.2.2.2 vallen.

Dit betekent feitelijk dat goederenwagens die zijn uitgerust met gietijzeren blokken niet meer mogen rijden op de stillere routes. Voor Nederland is dit de route Maasvlakte-Zevenaar grens (Betuweroute) en de lijn Kijfhoek- Venlo grens. De Rhine-Alpine corridor (zie de volgende paragraaf) is geheel een 'stillere route'.

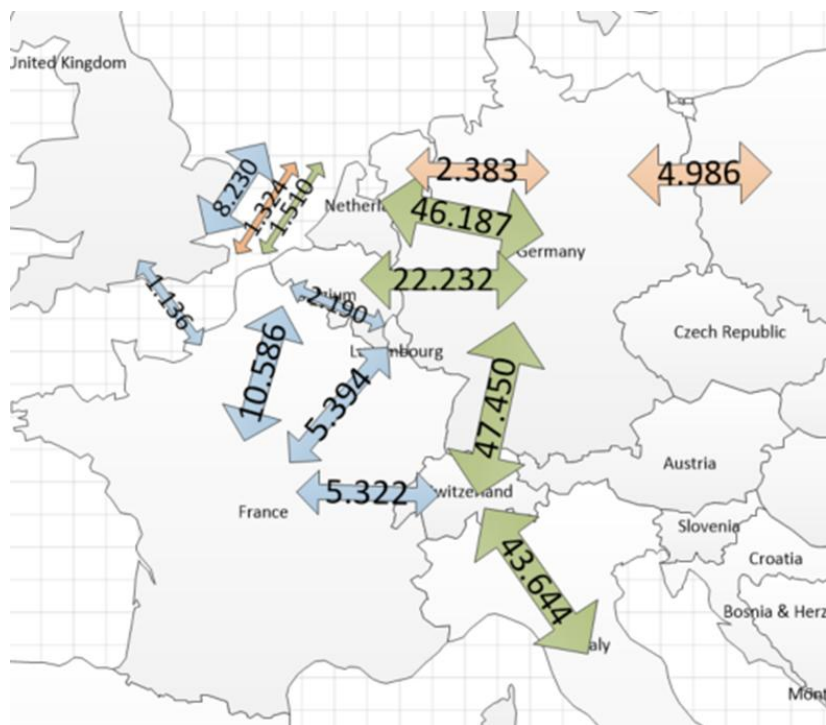


2.2. Vervoer

2.2.1. Corridors

Het prestatie- overzicht van de verschillende corridors geeft inzicht in hoeveel treinen elke grens overgaan. Voor de corridors die Nederland omvatten kan daarmee, in combinatie met de cijfers van het CBS, het aantal treinen en tonnen ingeschat worden.

De Rhine- Alpine corridor is voor wat betreft Nederlands transport de belangrijkste corridor. Daarna de North Sea- Mediterranean corridor. De Baltic corridor draagt het minste bij [4].



Figuur 7: aantal treinen per grensovergang per corridor in 2023.

Inzichten vanuit ProRail [5] laten ook zien dat er in 2023 46.500 treinen naar en van Duitsland reden die bruto 75,0 miljoen ton hebben vervoerd.

Ongeveer 15% van de vervoeren rijdt de gehele Rhine- Alpine corridor [6]. Deze relatie richt zich vooral op het intermodale vervoer naar en van het noorden van Italië. De afstand naar Italië en de passage van de Alpenlanden die voor het wegvervoer relatief problematisch is, maakt railvervoer op deze relatie interessant.

Binnen de Rhine- Alpine corridor is Duitsland voor Nederland de grootste partner. Ruim 62% van de vervoeren begint of eindigt in Duitsland. Een groot deel is kolen en erts.

Minder dan 1% rijdt de gehele North Sea- Mediterranean corridor (dus van Nederland naar Frankrijk of andersom).

Ongeveer 5% rijdt de gehele Baltic corridor. Vanuit Polen worden vooral graan en containers aangevoerd. Polen lijkt mogelijk een belangrijk grensstation voor spoorvervoer van en naar China.



2.2.2. In Nederland

Het CBS stelt dat in 2023 netto 39.340.000 ton lading per spoor is vervoerd binnen Nederland [6]:

2023		Ladinggewicht in ton	Ladingtonkm in mln tonkm	Vervoerde containers
Ketel	11%	4.470.000	703	
Erts/ kolen	31%	11.999.000	2.207	
Auto	2%	745.000	162	
Container	46%	18.295.000	2.796	1.658.000 teu
Overige	10%	3.830.000	624	
	Daarvan metalen 5%			
TOTAAL	100%	39.340.000	6.493	1.658.000 teu

Tabel 2: vervoerde lading in Nederland in 2023

Bijna 90% van de vervoerde lading gaat de landsgrenzen over (slechts 5 miljoen ton is binnenlands).

De cijfers qua vervoer van container en erts/ kolen komen vrijwel overeen met de cijfers uit het jaarrapport van ProRail [5]. In dat jaaroverzicht wordt overigens een andere verdeling in verschijningsvorm gebruikt.

Ter vergelyk: in 2023 is in Duitsland 337.111.173 ton lading per spoor vervoerd, het achtvoudige. Er is 125.364 miljoen tonkm afgelegd, het negentienvoudige.

2.2.3. Tendensen

Gekeken naar de vervoerde volumes in de afgelopen 10 jaar ([6]) kan per categorie een tendens worden vastgesteld.

Categorie ketelwagens

Het vervoer met ketelwagens is redelijk constant rond de 3 miljoen ton +/- 10%.

In 2025 zien we het chemie transport per rail in Europa teruglopen door meer import vanuit Azië en Amerika via de Europese zeehavens.

Dit zou eventueel kunnen leiden tot meer chemietransport van/naar de Nederlandse havens. De stijgende energiekosten in Nederland zouden er echter ook voor kunnen zorgen dat de chemietransporten naar de havens van Antwerpen en Hamburg gaan lopen.

Categorie erts-/ kolenwagens

Het erts/ kolen vervoer is grilliger maar lijkt met de energietransitie een dalende trend in te zetten. Door de oorlog in de Oekraïne en de daaruit ontstane energiecrises heeft het kolentransport een tijdelijke opleving gehad in 2023 en een deel van 2024. Voor de nabije toekomst wordt echter een forse afname verwacht in het kolenvervoer. Daarmee zal de relatief oude vloot van deze wagens binnen enkele jaren uit gaan stromen.



Categorie autowagens

Het autovervoer is klein in omvang en heeft een piek gehad in 2017.

De Europese auto-industrie heeft het momenteel moeilijk en het is nog onduidelijk hoe zich dit verder zal ontwikkelen. De recente ontwikkelingen met invoerheffingen maakt de onduidelijkheid nog groter.

Categorie containerdraagwagens

Het containervervoer vertoont, met enige variatie, een stijgende lijn: in 10 jaar tijd een stijging van 30%, echter in 2024 en tot nu in 2025 heeft het intermodale transport per spoor een afname laten zien met een tegengestelde modal shift naar de weg. Gezien de geplande verhoging van de gebruikerskosten voor spoorvervoer in 2026 van ongeveer 34% in NL en 50% in Duitsland zijn de korte termijn vooruitzichten niet goed. Voor de langere termijn zijn de Europese doelstellingen voor een duurzamer transport wel positief voor het internationale spoorgoederenvervoer.

2.3. Vervoer in goederenwagens

In voorgaande paragrafen is stilgestaan bij ten eerste de hoeveelheid goederenwagens en ten tweede de hoeveelheid vervoer.

Beide worden in deze paragraaf aan elkaar gekoppeld.

De hoeveelheid vervoerde lading zit uiteraard in wagens. Gegeven de typering zoals in paragraaf 2.1.1 geschetst leidt het vervoerde gewicht zoals getoond in tabel 1 in paragraaf 2.2.1 tot het volgende indicatieve aantal wagenbewegingen (afgerond op duizendtallen om schijnnaauwkeurigheid te voorkomen):

2023	Wagenbewegingen beladen	Wagenbewegingen leeg	Wagenbewegingen totaal
Ketel	66.000	66.000	132.000
Erts/ kolen	176.000	176.000	352.000
Auto	21.000	21.000	42.000
Container	476.000	0	476.000
Overige	77.000	77.000	154.000
TOTAAL			1.156.000

Tabel 3: aantal wagenbewegingen in Nederland in 2023.

Deze wagenaantallen zullen verderop in dit rapport de basis zijn voor de scope analyse.



3. Meten en registreren

Binnen het spoorvervoer zijn er een aantal spelers aan te wijzen.

- De spoorwegbeheerder is de onderneming die verantwoordelijk is voor het beheer van de spoorwegen in een bepaald land of gebied. De beheerder onderhoudt de spoorwegen, verdeelt de beschikbare spoorcapaciteit onder de vervoerders en verzorgt de verkeersleiding.
Voor Nederland staat alle technische en commerciële informatie van de spoorwegbeheerder ProRail in de Netverklaring
- De spoorwegonderneming (ook wel vervoerder genoemd) is de partij die geld ontvangt om goederen van A naar B te verplaatsen. Hiervoor gebruikt de spoorwegonderneming tractie (locomotieven) en goederenwagens, en de spoorwegonderneming maakt gebruik van de infrastructuur welke door de spoorwegbeheerder wordt beheerd.
- De houder van de goederenwagen is de juridische eigenaar.
- De ECM (Entity in Charge of Maintenance) is de partij die er verantwoordelijk voor is dat de voertuigen waarvan zij het onderhoud moet verrichten in veilige staat zijn.

De spoorwegbeheerder kan vanuit de infrastructuur zaken meten aan het materieel. Dat wordt in de paragrafen 3.1 en 3.2 beschreven.

Spoorwegonderneming(en), houder en ECM zorgen er samen voor dat onderhoud en reparaties zijn geregeld. Daar wordt in de paragrafen 3.3 en 3.4 verder ingegaan.

Spoorwegbeheerder en spoorwegonderneming hebben een contractuele relatie. In Nederland heet deze de Toegangsovereenkomst, gesloten tussen elke spoorwegonderneming en ProRail.

Spoorwegonderneming(en), houder en ECM hebben ook één of meer contractuele relaties.

3.1. Meetsystemen op de corridors

Vanuit EU-richtlijn 91/440/EEG zijn de verschillende spoorwegbeheerders ontstaan. Veel beheerders hebben zich verenigd in de organisatie van European rail Infrastructure Managers (EIM). De Infrastructuur Managers (IM) in Europa hebben (in veel gevallen) verschillende meetapparatuur die vooral gebruikt wordt om veiligheidsmetingen door te voeren en bij overschrijding van vastgestelde normen een vroegtijdig ingrijpen mogelijk te maken.

Het meten van trillingen is hierbij geen standaard, het gebeurt eigenlijk niet. De netverklaringen van België [7a], Duitsland [7b], Zwitserland [7c], Oostenrijk [7d] en Italië [7e] zijn doorgenomen en worden hierna beschreven. Hiermee is de voor Nederland dan wel het aantal wagens in Nederland meest relevante Rhine- Alpine corridor geanalyseerd.

Er zijn ook enkele (semi-) private initiatieven op het gebied van meetapparatuur met betrekking tot goederenwagens.



België

Infrastructuur Manager Infrabel heeft helemaal geen meetapparatuur in actief gebruik omdat ze zeggen de juridische consequenties niet te kunnen overzien. Vraag hierbij is in hoeverre is een Infrastructuur Manager aansprakelijk als er niet adequaat ingegrepen wordt bij een normoverschrijding en hieruit incidenten ontstaan.

Duitsland

Infrastructuur Manager DB Netze / DB InfraGO heeft 11 cameraportieken op 6 locaties waarmee de uiterlijke verschijning en het UIC-nummer van de passerende goederenwagens wordt vastgelegd. Het krijgen van de informatie als 'zugangsberechtigten Nutzer' is betaald. Met de uiterlijke verschijning, gekoppeld aan het UIC-nummer, kunnen schades aan met name de bovenbouw vastgesteld worden op/ vanaf bepaalde locaties [8].

Vossloh RailWatch biedt een walgebaseerd monitoringsysteem waarmee naar eigen zeggen processen geoptimaliseerd kunnen worden, uitval vermeden kan worden en de beschikbaarheid van het spoorstelsel bevordert wordt (www.vossloh-railwatch.com). Het systeem registreert het UIC- wagennummer, wagenvolgorde, de buitenzijde van de voertuigen, remblokken, wielschaden, welke gevaarlijke stof in het voertuig zit en of er graffiti aanwezig is.

RailWatch geeft aan dat ze betrouwbaarheid van RFID-tags onvoldoende vinden voor het registreren van voertuigen.

In Duitsland bestaat geen algemene regelgeving voor de bescherming tegen spoorweglawaai en/of trillingen. Bij nieuwbouw wordt een berekening gemaakt van het te verwachten geluid, metingen zijn niet voorzien.

Hoewel men bekend is met het feit dat auditieve detectie van vlakke plaatsen mogelijk is, gebeurt dit niet (volgens onderzoek van het Federaal Milieuagentschap in opdracht van het Duitse Ministerie voor Milieu).

Zwitserland

Infrastructuur Manager SBB en vervoerder BLS hebben gezamenlijk in Zwitserland een netwerk van ruim 100 trein-controle-installaties (Zugkontrollenrichtungen, ZKE) gebouwd [9]. Deze zijn in beheer bij de Infrastructuur Manager. Hierdoor kunnen treinen met oververhitte wielen of remmen, ontoelaatbare aslasten, te brede of te hoge ladingen of lekkende ladingen tijdig worden geïdentificeerd en uit dienst worden genomen.

ZKE ondersteunt de huidige controles door de spoorwegondernemingen, maar vervangt ze niet. Ook de verantwoordelijkheid voor het borgen van de veiligheid van voertuigen in overeenstemming met de wet verandert daardoor niet.

ZKE maakt het met name mogelijk om treinen op een gerichte manier te controleren voordat deze kritieke delen van het spoor gaan berijden (bv. tunnels) of om gevaren te identificeren die zich tijdens de rit voordoen (bijv. verschuivingen van de lading). Als de ZKE



een mogelijk gevaar identificeert met voldoende waarschijnlijkheid wordt de trein gestopt op de dichtstbijzijnde geschikte locatie en wordt de betrokken spoorwegonderneming in kennis gesteld om het probleem te gaan oplossen.

ZKE zijn stationaire meetapparaten op het spoor, die enerzijds de voorbijrijdende treinen in de gaten houden op verschillende, met name veiligheidsrelevante kenmerken en aan de andere kant de route op trajecten met risico op natuurschade controleren.

Sinds het eerste gebruik van een detectiesysteem voor warmlopers en vaste remmen (HFO) in 1973, is ZKE uitgebreid met veiligheidsrelevante systemen, beschikbaarheidsrelevante systemen en bedrijfsondersteunende systemen:

- Warmloper en vaste remdetectiesystemen (HFO) (111 gele bolletjes in figuur 8)

Dit systeem meet de temperatuur in het gebied van het aslager en de schijfremmen van wielen of assen.

Op deze manier kunnen oververhitte aslagers of vastzittende remmen worden gedetecteerd, ontsporingen als gevolg van wiel- of asbreuk of wielbeschadiging als gevolg van een thermische oorzaak of de daarmee samenhangende schade (bijv. ongevallen met gevaarlijke goederen) worden voorkomen.

- Radlastcheckpoints (RLC) (35 oranje bolletjes in figuur 8)

RLC's meten het gewicht van elk wiel.

Aan de hand hiervan kunnen conclusies worden getrokken over de beladingstoestand (verdeling van de lading in de wagon of overbelasting) en de toestand van het rollend materieel op het gebied van wielen en assen.

- Profiel- en antennedetectiesystemen (PAO) (14 blauwe bolletjes in figuur 8)

PAO meet overschrijdingen van het profiel van vrije ruimte bij passerende wagons.

Zo worden aanrijdingen door profieloverschrijding en branden door contact met de bovenleiding vermeden. Hoewel dit laatste onwaarschijnlijk lijkt, gaat het met name om het voorkomen van contact met de bovenleiding door truck antennes die vervoerd worden met de "rollende Landstrasse".

- Brand- en chemische detectiesystemen (BCO) (26 groene bolletjes in figuur 8)

BCO's meten de concentratie van brandbare gassen en explosieve gassen van passerende voertuigen en treinen.

Zo kunnen bijvoorbeeld branden in een vroeg stadium en lekken van bepaalde gevaarlijke goederen ontdekt worden voordat ze tot schade leiden. BCO's worden naargelang het ontwerp in tunnels geplaatst, omdat dit de enige manier is om de concentratie van gassen te kunnen meten.

- Opdrukmetingen (AHM) (6 rode bolletjes in figuur 8)

De opdrukkracht van de stroomafnemer wordt gemeten om zo de beschikbaarheid van de bovenleiding te borgen.

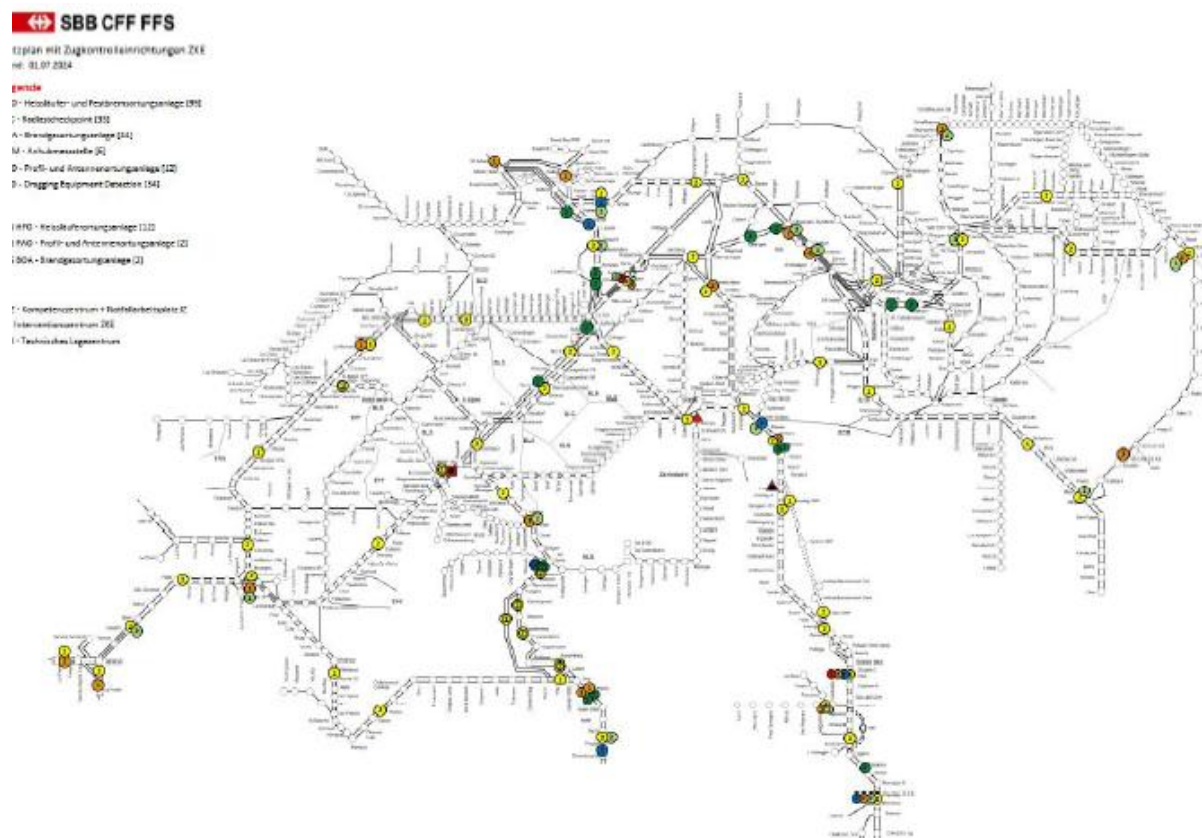


➤ Natuuralarmeringen

Op specifieke plekken wordt gemonitord of het spoor vrij is van obstakels als steenslag, aardverschuivingen of puinstromen.

Netwerk ZKE

De huidige status van het resulterende netwerk van ZKE-faciliteiten is te zien in onderstaande figuur.



Figuur 8: ZKE locaties per 2024

De figuur laat zien dat de corridor- trajecten voorzien zijn van de diverse meetsystemen. Wellicht is uitbreiding met een Quo Vadis- achtige installatie eenvoudig mogelijk.



Oostenrijk

Infrastructuur Manager ÖBB Infrastruktur AG heeft twee meetsystemen.

Via Checkpoints (cameraportiek en detectie) kan betalend informatie verkregen worden (Networkstatement, SNNB 5.5.2) – dit werkt met een maandabonnement. Het betreft informatie over temperatuur van aspotten, remschijven en wielbanden ('hot box'), en informatie over krachten (totaal gewicht van een wagen, verdeling van de massa over de assen, wiel- en aslasten, dynamische krachten).

Het andere meetsysteem is Wagen Fingerprint. Dit systeem bestaat uit een aantal sensoren en meetsystemen langs het spoor die de conditie en het gedrag van passerende voertuigen vastleggen op het moment dat ze een meetpunt passeren. Hiervoor heeft een wagen verplicht een RFID nodig. Er zijn 7 meetlocaties beschreven.

De service bestaat uit regelmatige rapporten over de conditie van voertuigwielen (afwijking van de ideale rondheid van wielen) voor voertuigonderhoud. Deze rapporten bevatten de laatste meetwaarden, polaire diagrammen van de wielvorm en de ontwikkelingstrends van de maximale afwijking van rondheid in de afgelopen 100 dagen. Deze service geldt per wagen voor een vaste prijs per maand (SNNB 5.5.6). De informatie is ook beschikbaar voor wageneigenaren. Het tarief per goederenwagen per maand is voor zowel vervoerder als eigenaar € 0,52 [7d en 7d-2]. Het principe van dit systeem is gelijk aan dat van Quo Vadis.

Italië

Infrastructuur Manager Rete Ferroviaria Italiana (RFI) heeft geen meetapparatuur beschreven in haar netverklaring.

3.2. Meetsystemen in Nederland

In Nederland worden door ProRail een aantal zaken gemeten. Het betreft alle zaken die spoorwegondernemingen kunnen gebruiken voor het verbeteren van hun dienstverlening, maar het is geen basisinformatie.

Een spoorwegonderneming kan er voor kiezen de 'levering van aanvullende informatie' af te nemen. In de Netverklaring [10] staat de levering van diverse monitoringgegevens over onder meer aslasten en temperatuur van het wiel van passerende spoorvoertuigen onder de naam "Quo-Vadis monitoringsystemen en HotBox detectie".

In de ProRail visie op digitalisering [11] zijn een aantal scenario's uitgewerkt. Er is gewerkt aan plannen voor verdere digitalisering van de data van het spoor (goederen-) vervoer in Nederland. Eventuele uitbreidingen van de WTM (wayside train monitoring) zouden betrekking (kunnen) hebben op het ontwikkelen/implementeren van nieuwe meetsystemen zoals bijvoorbeeld wielprofiel meetsystemen en bewaking van remblokdikte met digitale camera's. Los daarvan moet de dataketen van bestaande systemen verbeterd worden.



Het verbeteren van de dataketen, zodat de data eenvoudiger, eenduidiger en sneller met meerdere partijen gedeeld kan worden, vraagt een investering. Het besluit hiervoor is (nog) niet genomen. Er is mogelijk een verband met het INDIGO+ project dat in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu is opgestart.

Er zijn in Nederland op particuliere sporen enkele initiatieven geweest voor bijvoorbeeld Railwatch, het systeem dat in Duitsland aanwezig is (zie hierboven onder 'Duitsland').

3.2.1. Quo Vadis

Quo Vadis is een systeem voor het meten van rijdende treinen: gewicht, dynamische kracht. Het systeem meet de doorbuiging van de spoorstaaf met optische sensoren. Hieruit wordt afgeleid wat de statische en dynamische kracht is die een wiel van de trein op de spoorstaaf uitoefent. Het systeem kan bovendien het passerende materieeltype op basis van as afstanden, snelheid en lengte bepalen. Het meetsysteem is in de periode 2000-2004 ontwikkeld in opdracht van infrastructuurbeheerder ProRail en materieelonderhouder NedTrain. De Quo Vadis installaties voor gewichtsmetingen zijn op 45 locaties in het Nederlandse spoorwegnetwerk geïnstalleerd. ProRail heeft in 2022 besloten het bestaande Quo Vadis- meetsysteem te vernieuwen. Het principe blijft gelijk.



Figuur 9: Quo Vadis locaties



De Quo Vadis- locaties zijn zodanig gekozen dat zoveel mogelijk gewicht dat over het Nederlandse spoorwegnetwerk rijdt gemeten wordt.

Voor vrijwel alle treinen betekenen deze locaties dat ze meerdere keren per transport gemeten worden:

Autotransport van Duitsland (Berlijn, Wolfsburg, Heidelberg, Saarbrücken) naar de Nederlandse havens (Vlissingen, Botlek, Amsterdam): diverse routes mogelijk maar altijd minstens drie metingen (Oldenzaal, Wierden, Amersfoort, ...).

Treinen van Maasvlakte naar Duitsland via de Betuweroute en soms ook via Venlo: 4 keer of 5-6 keer (Europoort, Waalhaven, Betuweroute, Zevenaar) of (Europoort, Waalhaven, (evt WLD) Tilburg, Deurne, Venlo).

Het lijkt gerechtvaardigd om te stellen dat elke wagen gedurende een willekeurig transport tenminste 4 keer gemeten wordt.

ProRail is verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van de Quo Vadis- installaties.

Conclusie 1 uit de studie van W+B is dat de waarde RMS-laag die gemeten wordt, de beste indicatie is voor trillingen. Deze RMS-laag is de vastlegging van het kwadratische gemiddelde van het laagfrequente deel van het dynamische deel van de wiel-railkracht. W+B heeft in haar studie twee niveaus van mogelijke interventie uitgewerkt te weten een RMS-laag 7,5 en een RMS-laag 15.

3.2.2.Hot Box

De Hotbox Detector registreert warm- en heetgelopen wiellagers, wielen en remmen van passerende treinen. Hiertoe zijn sensoren ingebouwd in een holle stalen dwarsligger. Bij nadering van een trein wordt door een bij het systeem behorende assenteller de sensoren geactiveerd. Bij constatering van een heetgelopen component wordt de treindienstleider via een signaleringssysteem gewaarschuwd. Tevens is er een akoestisch alarm. De meetgegevens worden opgeslagen.

Strikt genomen wordt met het Hotbox systeem alleen de aslagertemperatuur gemeten.

Aanvullend kunnen maximaal vier Hot Wheel Detectoren tussen de spoorstaven de temperatuur van beide wielen meten. Dit is belangrijk om slepende remblokken te detecteren en wordt dan ook voornamelijk toegepast bij goederenverkeer (Betuweroute).

De Hotbox detector heeft een essentiële veiligheidsfunctie: het detecteren en signaleren van te heet geworden aslagers en wielbanden. Door ingrijpen van de treindienstleider richting de spoorwegonderneming kunnen tijdig maatregelen getroffen worden om ontsporing door een vastgelopen aslager of een slepende rem te voorkomen.

Dankzij de toevoeging van een tag-reader bij de HSL-Zuid is het voor de spoorwegonderneming(en) mogelijk om de temperatuurontwikkeling van de aspoten te monitoren, zodat onderhoudsprogramma's geoptimaliseerd kunnen worden.

Er zijn 31 HotBox locaties.



3.2.3. Informatieverstrekking door ProRail

De dienst van ProRail kent drie varianten:

- a) Levering hoge waarden (op zijn vroegst een dag na de meting en maximaal na vijf dagen na de meting)
Een dagelijks overzicht van treinen van de betreffende spoorwegonderneming die gemeten zijn met hoge waarden die betrekking hebben op de krachten van wielen en assen. Het overzicht bevat het treinnummer, locatie en tijd van de meting, het asnummer, kant van het wiel (links of rechts), de gemeten snelheid en de gemeten waarden. Deze variant wordt kosteloos en actief aangeboden aan spoorwegondernemingen.
- b) Levering alle meetgegevens (op zijn vroegst een dag na de meting en maximaal na vijf dagen na de meting, tenzij RFID- tags aanwezig)
Een overzicht (dagelijks of bijna real time) van alle meetgegevens van treinen van de betreffende spoorwegonderneming. De gegevens bestaan onder meer uit:
 - 1. Piekkraft
 - 2. Aslast
 - 3. Scheve belading
 - 4. Gewicht van de trein
 - 5. Snelheid van de trein
 - 6. Temperatuur van het loopvlak van de wielen en aspotten.

Deze variant is niet kosteloos.

- c) Maakwerkrapportages
De meetgegevens hebben betrekking op de krachten en temperaturen van wielen en assen. De spoorwegonderneming kan deze meetgegevens gebruiken voor preventief onderhoud van haar spoorvoertuigen en voor controle en aansturing van haar bedrijfsprocessen.
Deze variant is niet kosteloos.

3.3. Registratie van wielen bij goederenmaterieel

Spoorwegonderneming, houder en ECM hebben een gedeelde verantwoordelijkheid bij het veilig rijden en onderhouden van goederenwagens. Om de administratieve regeldruk te reduceren, wordt al lange tijd nauw samengewerkt.

In relatie tot onderhoud van wagens zijn er twee belangrijke 'documenten': het VPI en het AVV.

Het werken onder AVV werkt al lang. Omdat een lid 'uitgeschreven' kan worden als het lid rekeningen niet betaalt, waardoor het (ver-)huren van goederenwagens vele malen complexer wordt, is het een bewezen contract met processen en afspraken die in de loop der jaren stabiel en betrouwbaar zijn gebleken.

Er is nauwelijks tot geen sprake van preventief onderhoud aan wielstellen, alle onderhoud gebeurt om defecten te verhelpen (correctief, zie ook hierna onder [AVV](#)). Voor andere delen van de wagen is wel preventief onderhoud van toepassing.



AVV

Het AVV (Duitse versie, Allgemeiner Vertrag für die Verwendung von Güterwagen) of GCU (Engelse versie, General Contract of Use of Wagons) beschrijft de rechten en plichten van houder en spoorwegonderneming.

De houder dient er voor te zorgen dat de wagen een ECM heeft, en dient er voor te zorgen dat die ECM alle verplichtingen inricht. De houder staat het de spoorwegonderneming toe, alle controles die in bijlage 9 van het AVV staan uit te voeren.

De spoorwegonderneming moet de controles van bijlage 9 uitvoeren, onafhankelijk van de houder en zonder hiervoor kosten in rekening te brengen bij de houder.

Bijlage 9, 'Bedingungen für die technische Übergangsuntersuchung an Güterwagen', beschrijft hoe de wagens moeten zijn bij overgave van de ene naar de andere spoorwegonderneming.

Deze bijlage heeft een aantal aanhangsels, waaronder de Fehlerkatalog (aanhangsel 1) en de Prüfkatalog (aanhangsel 5).

In de Fehlerkatalog staan voor loopwerk allerlei mogelijke afwijkingen, waaronder een aantal die zouden kunnen wijzen op onrondheid van wielen. Die staan ook in het zakboekje wagencontroleur, dat ter ondersteuning gebruikt kan worden ter plekke. Voor een verdenking van onrondheid geldt foutcode 1.7.2 en een wagen moet dan met een plakbrief beplakt worden, model K. Dit betekent dat de wagen gewoon ingezet kan worden, maar vóór de volgende belading moet het defect bekeken/ verholpen zijn.

In geval van een schade, moet de spoorwegonderneming die vastleggen in een schadeprotocol. De spoorwegonderneming zorgt voor de herstelling, met inachtneming van al hetgeen in bijlage 10 (zie hierna) wordt vermeld. Als de kosten van de herstelling hoger zijn dan € 850, moet de houder toestemming geven. De spoorwegonderneming moet de schade betalen, tenzij hij kan aantonen dat de schade niet door zijn schuld is veroorzaakt.

Onrondheid is volgens bijlage 12 ten laste van de houder, tenzij het eenduidig aan de spoorwegonderneming valt toe te wijzen. Vlakke plaatsen zijn voor rekening van de houder indien het remwerk defect is, voor de spoorwegonderneming als het remwerk in orde is.

Voor het vaststellen van de toestand van de wagen kan een derde partij (bijvoorbeeld een ECM-IV) worden ingeschakeld.

Bijlage 10, 'Mindestzustand und Massnahmen zur Wiederherstellung der Lauffähigkeit von Güterwagen', beschrijft wat er (bij grotere afwijkingen die de inzetbaarheid beïnvloeden) gedaan moet worden om de wagen weer loopbaar te maken afhankelijk van wat er gevonden is met gebruikmaking van bijlage 9. In deze bijlage 9 en ook 10 worden de volgende indicaties van onronde wielen genoemd:



- Een afgeschoven splitpen op de tap van de remdriehoek
- Een gebroken vangbeugel
- Een glimmende onderlegging op de ta van de remdriehoek
- Glimmende plekken op de binnenste schroefveer
- T-stuk los of manco
- Mangaanslijtplaat van de aspot of de aspotgeleiding gescheurd of naar beneden gevallen
- Loopvlakken plaatselijk ingedrukt
- Ongelijkmatige raakvlakken of grote uitwalsing op de top van de wielflens

De onrondheid van een wiel mag maximaal 0,6 mm bedragen (bijlage 10 punt 1.19). Als dit is vastgesteld, moet het wiel uitgebouwd worden en retour houder (bijlage 10, punt 1.28).

Noot: informatie van W+B laat zien dat een RMS-laag waarde van 15 overeen kan komen met een onrondheid van 0,6 mm. Een lagere RMS-laag waarde betekent waarschijnlijk dat de wagencontroleur mogelijk geen enkele visuele afwijking kan vaststellen die ontoelaatbaar is volgens AVV.

VPI

Het VPI, waar 300 belanghebbende partijen bij zijn aangesloten, heeft zogenaamde European Maintenance Guides (EMG) voor de verschillende onderdelen van goederenwagens.

VPI-EMG 01 is het algemene deel. Daar staat in bijlage 2 en 3 wat voor onderhoudsbeurten er zijn. Bijlage 2 beschrijft

- de G1.0 (ongeplande reparatie naar behoefte)
- de G2.0 (na afloop van een vastgelegde termijn, volgens opgave van de ECM)
- de G3.0 (ongeplande mobiele reparatie naar behoefte)
- de G4.x (revisie .0 volledig/ .2-.3-.8 vereenvoudigd, volgens onderhoudsschema van de ECM)

Bijlage 3 beschrijft 5 niveaus van onderhoud.

- Niveau 1 is controle/ inspectiewerk cf AVV/GCU, verzorgd door de vervoerder. (noot: Hierbij is het zakboekje wagencontroleur een handig hulpmiddel. Dit zakboekje omvat onder andere de hierna genoemde foutcatalogus). Dit niveau is geen G-beurt.
- Niveau 2 is inspectie en alles tussen 2 geplande termijnen. Door een ECM4, opdrachtgever vervoerder (dan cf AVV-bijlage 10) of ECM (dan cf VPI-EMG of AVV-bijlage 10). Dit niveau is (mogelijk) een G1.0 of een G3.0, en in sommige gevallen een G2.0.
- Niveau 3 zijn maatregelen in een werkplaats. Door een ECM4 volgens bepaling van ECM. Dit niveau is een G4.x.
- Niveau 4 zijn revisies. Door ECM4, volgens bepaling van ECM (G4.x).
- Niveau 5 zijn modificaties.



VPI-EMG 04 behandelt specifiek wielstellen. Hierin staat dat de ECM de onderhoudsmaatregelen en onderhoudsgrenswaarden vaststelt. In zijn algemeenheid gelden de volgende activiteiten voor wielstellen:

- IS 0 inspectie: onder andere toe te passen na een ontsporing, of als abnormale geluiden gehoord worden bij het ronddraaien van het wielstel. Dit is niveau 2 onderhoud.
- IS 1 profielbewerking in gedemonteerde toestand met NDO: onder andere toe te passen voor wielstellen met vlakke plaatsen, materiaalafzettingen of een rondloopafwijking.
- IS 2 IS 1 met wielstellageronderzoek en uitgebreid NDO: onder andere toe te passen bij wielstellen met warmgelopen wielstellagers.

Het onderhoudsregime kent termijnen, die gekoppeld zijn aan de wielstellagers. Na het verstrijken van de maximale kilometrage, ten laatste na overschrijding van de maximale montageduur, moeten de wielstellen worden gedemonteerd en moeten de wielstellen worden onderhouden. De opslagtermijn voor de eerste inbouw van een wielstel na een onderhoudsbeurt met wielstellageronderzoek mag niet meer dan 2 jaar bedragen.

Het genoemde maximale kilometrage is 660.000 km. Afhankelijk van de jaarlijkse kilometers is de maximale montageduur 8 tot 16 jaar. Dit is al vele jaren de termijn, ondanks bepaalde wijzigingen aan de wagens, zoals andere typen remblokken (zie paragraaf 2.1.3, aspect 6-wielslijtage).

Stakeholders

Een gesprek met een ECM leidt tot het inzicht dat er bereidheid is om gebruik te maken van een signaal van onrondheid. Wel zal altijd een inspectie plaatsvinden om de juistheid van de melding te controleren. De vergelijking met een hotbox- melding wordt gemaakt. Als deze onterecht blijkt, zijn de kosten voor de Infrastructuur Manager. Hoe hoger de drempelwaarde gelegd wordt, hoe groter de kans dat er daadwerkelijk een onrondheid is. Deze ECM hanteert de VPI- waarden in haar onderhoudsregels. Gegeven de prestaties van de wagens hanteren ze dan een afkeurwaarde.

Een gesprek met een andere ECM leidt tot het inzicht dat een ECM mogelijk uitsluitend over wil gaan naar het gebruik maken van een signaal van onrondheid, als dit voor het gehele inzetgebied is geregeld. Deze ECM heeft momenteel voor één specifieke trein die in Scandinavië rijdt iets dergelijks ingericht. Pas als het in heel Europa bestaat, overweegt deze ECM om niet meer uitsluitend te vertrouwen op de inspecties van wagenmeesters. Op dit moment volgt ook deze ECM het VPI, wel passen ze sinds 2022 een kilometrage toe in plaats van tijd voor de revisie van de wielagers.

Bij beide ECM's speelt de wagenmeester nu en in de toekomst een rol. Dit heeft te maken met de afspraken die in het internationale contract AVV/ GCU zijn vastgelegd.



3.4. Wegnemen van onrondheid

Als wielen een afwijking hebben die opgelost kan worden door het weer rond maken van die wielen. Dat rond maken gebeurt met behulp van een draaibank, dit wordt in paragraaf 3.4.1 toegelicht. Het proces van rond maken van een wiel wordt in paragraaf 3.4.2 toegelicht.

3.4.1. Wielen rond maken

Het wegnemen van onrondheid gebeurt door de wielen weer rond te maken. Het weer rond maken van wielen gebeurt met een kuilwielenbank of andere afdraai- installatie. Een kuilwielenbank gebruiken betekent dat de wielstellen/ draaistellen niet onder het materieel uithoeven en dat het voertuig "als geheel" behandeld wordt.

Bij goederenwagens zijn de wielstellen en de wagen twee duidelijk losse onderdelen in die zin dat een goederenwagen bedoeld is om geld mee te verdienen. Geld verdienen kan alleen als de wagen lading vervoert of onderweg is om lading op te halen.

In het overkoepelende contract tussen houder, ECM en spoorwegonderneming, het AVV/ GCU, is geregeld dat indien wielen defecten vertonen, dat dan een aswissel plaatsheeft. Op die manier kan de wagen snel weer lading vervoeren en is er minder afhankelijkheid van de beschikbaarheid van kuilwielenbanken.

Kuilwielenbanken en het afdraaien van wielen is geen service van de Infrastructure Managers. Het is aan een ECM-4 (onderhoudsuitvoerende partij) om deze te exploiteren. Dit zijn commerciële partijen met commerciële overwegingen. Er is geen overzicht van kuilwielenbanken of afdraailocaties in Europa. Internet geeft de volgende resultaten:

- NS in Nederland heeft vier kuilwielenbanken (Onnen, Watergraafsmeer, Eindhoven, Leidschendam). NS stelt dat de capaciteit van deze banken, met tandem-as technologie, elk 11.000 wielassen per jaar is [12a]. Niet direct bedoeld voor goederenwagens.
- Strukton heeft een kuilwielenbank die een eigen aandrijving heeft en die in principe mobiel ingezet kan worden (meestal echter Zutphen). Per jaar worden zo'n 1.000 assen verwerkt, waarmee de prestaties boven verwachting zijn [12b].
- Alstom Waalhaven heeft een kuilwielenbank. Hierop wordt in twee shifts gedurende werkdagen een grote diversiteit aan materieel behandeld.
- De LWR (Locomotive Workshop Rotterdam) op de Maasvlakte heeft een kuilwielenbank.
- DB Cargo heeft in Duitsland 23 locaties voor onderhoud aan goederenwagens, in 22 daarvan kunnen wielstellen gewisseld worden en er zijn 2 locaties met een kuilwielendraaibank voor goederenwagens (Seddin, Nürnberg) [12c]. De capaciteit lijkt 2.000 assen per jaar.
- In Duitsland hebben lokale spoorwegondernemingen in sommige gevallen zelf een Unterflur-Radsatz Drehmaschine (UFD).
- BLS in Zwitserland heeft twee kuilwielenbanken (Spiez, Oberburg).
- In Oost- Europa staan draaibanken (type portaalbank) om wielassen te behandelen.



Zoals blijkt uit de globale bovenstaande inventarisatie, zijn er verschillende uitvoeringen van kuilwielenbanken/ draaibanken met verschillende capaciteiten. Er zijn verschillende leveranciers, voorbeelden zijn Koltech, Inovatec en Hegenscheidt.

Leverancier Hegenscheidt [13] herkent drie uitvoeringen.

Allereerst de Unterflur- uitvoering, hierbij is het merendeel van de installatie onder de vloer geplaatst zodat het materieel er, zonder de wielstellen los te nemen, eenvoudig overheen kan rijden. Deze uitvoering kent varianten voor enkele assen en voor twee assen in een draaistel tegelijk (de tandem-as-technologie). De maximale rondheidsafwijking na afdraaien is $<0,1$ mm.



Figuur 10: kuilwielenbank principe [Hegenscheidt]

Tweede uitvoering is de Portal- uitvoering, hierbij is de installatie bedoeld voor het afdraaien van wielstellen die los zijn van het materieel. De maximale rondheidsafwijking na afdraaien is afhankelijk van de variant $<0,1$ mm of $<0,2$ mm.

Derde uitvoering is de Mobiturn, een mobiele afdraaimachine. De maximale rondheidsafwijking na afdraaien is $<0,1$ mm.

3.4.2. Wielaswisselproces

Zoals al in paragraaf 3.3 beschreven hebben spoorwegonderneming, houder en ECM (entity in charge of maintenance) een gedeelde verantwoordelijkheid bij het veilig rijden en onderhouden van goederenwagens. Om de administratieve regeldruk te reduceren, wordt al lange tijd nauw samengewerkt.



Het proces van een wielaswissel, indachtig het AVV, loopt als volgt. Zolang het AVV niet wijzigt zal dit proces geldig blijven.

- a) Controle bij aankomst van de goederentrein op het eindpunt onder verantwoordelijkheid van de vervoerder.
- b) Eventuele beplakking van één of meer goederenwagens bij vaststelling of verdenking van een te herstellen afwijking. Een dergelijke beplakking is feitelijk een opdrachtbon.
- c) Een erkende ECM-4 wordt ingeschakeld door de vervoerder voor het herstel. Indien er twijfel is of het herstelbedrag onder de 850€ blijft, wordt eerst een offerte opgesteld. Bij een herstelling waarbij het duidelijk is dat het herstelbedrag onder dat bedrag blijft, en als vervoerder en ECM-4 een vertrouwde relatie hebben, wordt het werk soms direct en zoveel als mogelijk ter plekke uitgevoerd om daarmee de stilstandtijd van de wagen te reduceren.
- d) De ECM-4 voert het werk uit in opdracht van de vervoerder. Indien een wielas gewisseld moet worden (ten gevolge van uitbrokkelingen, onrondheid of andere afwijkingen) vraagt de ECM-4 een nieuwe wielas aan bij de houder via een standaard formulier (Muster H). Formeel is de aanvrager de vervoerder (AVV Anlage 7 Teil A).
- e) Indien er nieuwe wielas beschikbaar is wordt deze gewisseld. Dit kan in een werkplaats maar ook mobiel (op een veilige locatie op een rangeerterrein of bij een verlader) gebeuren.
- f) De uitgebouwde wielas wordt naar de houder gestuurd die deze laat herstellen. Zeer waarschijnlijk besteedt de houder dit regelen uit aan zijn ECM-1/-2.

De wielas wordt zonder kosten voor de ECM-4 opgestuurd, de commerciële afspraken tussen houder en spoorwegonderneming zijn geen deel van het AVV. Het tarief wat houder en spoorwegonderneming overeenkomen hangt af van de hoeveelheid gehuurde wagens, duur van de huur en andere zaken.

In het AVV zijn ook afspraken opgenomen voor het bewaren van wielstellen; sommige houders hebben in het kader van klantvriendelijkheid op verschillende locaties in Europa wielassen liggen om daarmee de doorlooptijd van bovenstaand wielas wisselproces (met name stap e van het hierboven beschreven proces) verregaand te verkorten.



4. Data analyse

Zowel de Quo Vadis data als gegevens over de remblokken is gebruikt bij de data analyse [14].

Over de hoeveelheid data enige opmerkingen vooraf:

Voor het jaar 2024 zijn vanuit Quo Vadis totaal 2.806.689 wagenmetingen ter beschikking gesteld met 85.982 regels welke 54.691 unieke wagennummers bevatten. Er zijn wel meer metingen gedaan, maar op het moment dat geen eenduidige link gelegd kan worden met een wagenlijst (bijvoorbeeld omdat het aantal assen/ wagens niet overeenkomt), zijn de metingen niet vastgelegd in de ons ter beschikking gestelde file. Dit is duidelijk geworden in een gesprek met experts van ProRail op 26-2-2025.

Indachtig de 1,156 miljoen wagenbewegingen die nodig zijn voor het vervoer van de goederen (zie paragraaf 2.3.1) en dat elke wagen tenminste 4 keer gemeten wordt (zie paragraaf 3.2.1) zou het betekenen dat maximaal ca 60% van de wagenpassages eenduidig gemeten is. Wat de gevolgen van dat percentage zijn, zal op een later moment uitgewerkt moeten worden.

De link tussen gemeten RMS-laag en een wagennummer gebeurt met behulp van geleverde wagenlijsten. In een aantal gevallen levert die link, hoewel het aantal assen/ wagens exact overeenkomt, een discrepantie op: Quo Vadis zegt (bijvoorbeeld) een Shimms gezien te hebben, terwijl het gelinkte wagennummer een Fals aangeeft. Dit is in minder dan 2% van de vastgelegde metingen het geval (ca 33.000 gevallen).

4.1. Quo Vadis

De percentages die hieronder genoemd worden bij aantal metingen zijn de percentages van het totaal aantal metingen. De percentages die genoemd worden bij RMS-laag 7,5 en RMS-laag 15 zijn het deel van de metingen ten opzichte van het totaal aantal metingen van dat type.

	Aantal wagenbewegingen (uit 2.3.1)	Aantal metingen*		RMS-laag 7,5		RMS-laag 15	
TOTAAL	1.156.000	2.806.689	100%	1.017.324	36%	100.376	4%
Type							
Ketel	132.000	219.627	8%	93.124	42%	7.253	3%
Erts/kolen	352.000	706.870	25%	378.911	54%	58.521	8%
Auto	42.000	34.468	1%	6.182	18%	674	2%
Container	476.000	1.423.751	51%	349.742	25%	10.675	1%
Overig	154.000	421.973	15%	189.365	45%	23.253	6%

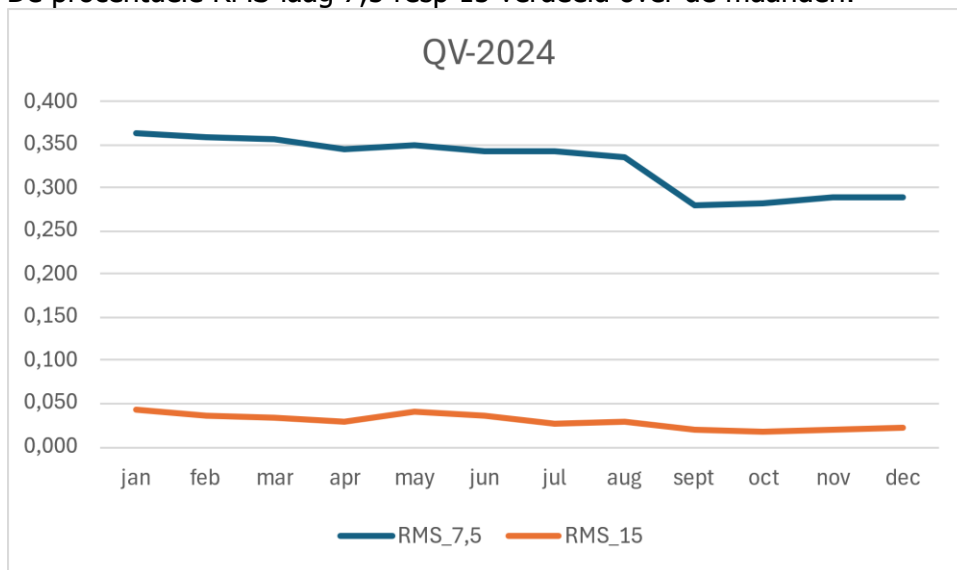
*Waarden per type op basis van gelinkte wagennummers

Tabel 4: Quo Vadis registraties per categorie



Een voorzichtige conclusie die getrokken kan worden is dat alle treinen behalve containertreinen niet alle keren worden vastgelegd. Bij containertreinen is de vastlegging het grootst.

De procentuele RMS-laag 7,5 resp 15 verdeeld over de maanden:



Figuur 11: Quo Vadis RMS waarden over de maanden

De analyse laat zien dat in de herfst iets minder RMS-laag 7,5 (en 15) gemeten worden. Of dit logisch is of juist niet, laten we in het midden.

De 1.017.324 metingen RMS-laag 7,5 worden veroorzaakt door 63.299 wagens.

De 100.376 metingen RMS-laag 15 worden veroorzaakt door 17.800 wagens.

Alle wagens met een RMS-laag 15 hebben ook RMS-Laag 7,5.

Het hoogste aantal gemeten RMS-laag 7,5 voor een enkele wagen is 1263 (Sg), waarbij die wagen in totaal 1643 maal gemeten is. Oftewel ruim 75% van diens passage met een hoge RMS-laag waarde.

De top 10% van hoge RMS-laag 7,5- waarden wordt veroorzaakt door 218 goederenwagens (van de 63.299, dus 3,4 promille).

De top 20% van hoge RMS-laag 7,5- waarden wordt veroorzaakt door 566 goederenwagens (van de 63.299, dus 8,9 promille).

De top 30% van hoge RMS-laag 7,5- waarden wordt veroorzaakt door 1046 goederenwagens (van de 63.299, dus 1,6 procent).

Bij 14.176 goederenwagens is éénmaal een RMS-laag 7,5 gemeten in 2024 (van de 63.299, dus 22 procent).



Het hoogste aantal gemeten RMS-laag 15 voor een enkele wagen is 777 (Fa), waarbij die wagen in totaal 833 maal gemeten is.

De top 10% van hoge RMS-laag 15- waarden wordt veroorzaakt door 34 goederenwagens (van de 17.800, dus 1,9 promille).

De top 20% van hoge RMS-laag 15- waarden wordt veroorzaakt door 117 goederenwagens (van de 17.800, dus 6,5 promille).

De top 30% van hoge RMS-laag 15- waarden wordt veroorzaakt door 249 goederenwagens (van de 17.800, dus 1,4 procent).

Bij 8.431 goederenwagens is éénmaal een RMS-laag 15 gemeten in 2024 (van de 17.800, dus 47 procent).

Sommige locaties kennen een relatief hoog aantal RMS-laag meldingen. Wagens die over die locatie en ook over een andere locatie (tijdens dezelfde treinrit) rijden hebben op de ene locatie wél RMS-laag overschrijdingen en op de andere locatie niet. Navraag bij ProRail leert dat dit waarschijnlijk te maken heeft met een issue in de spoorligging. Het feit dat wagens een verschillende uitslag kennen op verschillende locaties maakt dat een conclusie met enige voorzichtigheid betracht moet worden en dat niet op slechts één (te) hoge waarde afgegaan moet worden. Er zou per locatie bijvoorbeeld een normaal gemiddelde bepaald kunnen worden en dan wagens die daar bovenuit komen markeren. Vooralsnog gaan we er van uit dat zeker bij RMS laag 7,5 meerdere overschrijdingen zullen moeten optreden voordat actie nodig is.

4.2. Koppeling met rembloctype

Het is mogelijk om, gekoppeld aan wagennummers, het rembloctype te achterhalen. Aandachtspuntje is het feit dat zo'n 2% van de relaties zeker niet goed gelegd is. Dan worden de Quo Vadis metingen als volgt verdeeld:

Rembloctype	Aantal keer gemeten	RMS-laag 7,5	RMS-laag 15
Onbekend	97	16	0
LL	621.404 22%	318.880 51%	45.265 7%
K	2.081.082 74%	663.132 32%	52.396 3%
disc	7.860 0,28%	2.950 38%	185 2%
gietijzer	96.246 3%	32.346 34%	2.530 3%

Tabel 5: Quo Vadis registraties naar type rembloklocaties

Indachtig het (grotendeelse) verbod op G- blokken heeft de Duitse Inspectie EBA in de afgelopen jaren al actief gestuurd op het vervangen van G- blokken. In de dienstregelingsperiode 2022/2023 heeft EBA 3.358 goederentreinen (76.220 wagens) gecontroleerd en in 5 treinen bevonden zich in totaal 20 wagens met G- blokken: 0,03%.



Het dienstregelingsjaar ervoor was dat 0,08%, dus het aantal neemt af [15]. Het verschil in transportvolume tussen Nederland en Duitsland (zie 2.2) verklaart niet waarom er in Nederland ruim 3% registraties zijn.

Er valt niet eenvoudig te achterhalen of de LL-blokken sinter of kunststof zijn.

Wanneer de aantallen metingen gegroepeerd worden op wagentype en gesorteerd per type remblok:

	onbekend	LL	K	disc	gietijzer
totaal	0%	22%	74%	0%	3%
Ketelwagens	0	94.033 43%	125.237 57%	6	351
Erts/kolen	0	283.203 40%	411.796 58%	0	11.871 2%
Auto	0	6.105 18%	25.802 75%	0	2.561 7%
Container	93	78.721 6%	1.285.341 90%	7.751 1%	51.845 4%
Overige	4	159.342 38%	232.906 55%	103 0%	29.618 7%

Tabel 6: Quo Vadis registraties per categorie en rembloktype

Wanneer de erts/kolenwagens nader geanalyseerd worden zien we het volgende:

	Aantal metingen	RMS laag 7,5	RMS laag 15
LL	283.203	165.824 59%	26.200 9%
K	411.796	208.841 51%	32.191 8%
G	11.871	4.246 36%	130 1%

Tabel 7: Quo Vadis registraties inclusief RMS laag voor erts-kolenwagens per rembloktype

Wanneer de containerwagens nader geanalyseerd worden:

	Aantal metingen	RMS laag 7,5	RMS laag 15
LL	78.721	29.685 38%	2.651 3%
K	1.285.341	303.334 24%	7.449 1%
G	51.845	13.799 27%	398 1%
disc	7.751	2.909 38%	177 2%
onbekend	93	15 16%	0 0%

Tabel 8: Quo Vadis registraties inclusief RMS laag voor containerwagens per rembloktype

De overige typen (ketel, auto) komen naar verhouding weinig voor, en worden daarom niet nader geanalyseerd.



5. Mogelijke focusrichtingen voor trillingsreductie

Er worden een aantal focusrichtingen besproken, aan het eind van elke paragraaf wordt een conclusie getrokken.

5.1. Focus naar type

Tabel 4 laat zien dat wagens van het type erts- kolen naar verhouding vaker een hoge RMS-laag waarde hebben dan de andere typen wagens.

Deze wagens zijn volgens 2.1.2 relatief oud (77% ouder dan 25 jaar).

Deze wagens zijn volgens 2.1.3 het maximaalst beladen (aslast beladen > 22,5 ton).

Quo Vadis heeft 4.588 verschillende erts-/kolenwagens 706.870 maal gemeten (dat wil zeggen, opgenomen in de lijst die ons ter beschikking is gesteld).

Van deze 4.588 gemeten erts-/ kolenwagens hebben 3.037 wagens een RMS-laag van 7,5 en/of 15. Dat wil zeggen dat 66% van de erts-/ kolenwagens potentieel hinderlijke trilling veroorzaakt.

Er zijn volgens 2.1.2 ca 60.000 wagens type F, gegeven het aantal gemeten wagens heeft daarmee iets minder dan 10% van de erts-kolenwagens in Europa, in Nederland gereden.

Conclusie: Focus naar type heeft zin. Het focustype is erts-kolen.

5.2. Focus naar aantallen

De eerste analyse naar aantallen laat zien dat in het jaar 2024 veel hoge waarden door een heel erg beperkt aantal wagens gerealiseerd wordt.

Door slechts 'de ergste' 250 goederenwagens van het jaar te behandelen, worden ruim 30.000 RMS-laag 15 verholpen en daarmee ruim 92.000 RMS-laag 7,5. Dat wil zeggen dat nog geen 0,5 % van de wagens 30% respectievelijk 10% van de hoge waarden voor zijn rekening neemt.

Door slechts 'de ergste' 550 goederenwagens te behandelen (1%), worden bijna 44.000 RMS-laag 15 verholpen en daarmee ruim 166.000 RMS-laag 7,5. Dat wil zeggen dat 1 % van de wagens 44% respectievelijk 16% van de hoge waarden voor zijn rekening neemt.

De uitspraak dat slechts 1% van de wagens 44% van de RMS laag 7,5 voor zijn rekening neemt, lijkt hoopvol in het kader van het verhelpen van potentiële trillingen. Helaas kan je pas achteraf vaststellen welke wagens in het jaar de grootste veroorzakers zijn geweest.

Bijna 80% van 'de ergste' wagens in 2024 zijn erts-/kolenwagens.

De 250 'ergste' goederenwagens hebben elk 63 tot 777 RMS-laag 15 waarden.

De 250 'ergste' goederenwagens hebben elk 77 tot 1070 RMS-laag 7,5 waarden.

Conclusie: Focus naar aantallen heeft zin, maar lastig vooraf te bepalen. Uitgaande van resultaten uit het verleden kan gesteld worden dat het focustype zeer waarschijnlijk erts-/kolenwagens zal zijn.



5.3. Focus naar type remblok

Tabel 6 laat zien dat het merendeel van de wagens K- blokken heeft, namelijk bijna 75%. Gesprekken met wageneigenaren leveren het inzicht dat nieuwe wagens voornamelijk met K-blokken worden uitgerust. Gesprekken met een ECM-4 leveren hetzelfde inzicht. Wagens met K- remblokken veroorzaken telkens in ongeveer één derde van de gevallen een RMS-laag van 7,5. En in ca 3% van de gevallen een RMS-laag 15.

Wagens met LL-blokken zijn er ca 22%. Deze veroorzaken in 51% van de gevallen een RMS-laag 7,5. En in 7% van de gevallen een RMS-laag 15. Significant meer dus dan bij K-blokken.

Er zijn naar verhouding heel weinig containerwagens met LL-blokken.

Ook bij autotransportwagens komen LL-blokken minder vaak voor.

Bij ketelwagens en erts/kolenwagens is het aandeel wagens met L-blokken ongeveer 40%.

Tabel 7 leert: erts/ kolenwagens met LL-blokken kennen iets vaker een RMS-laag 7,5 dan erts/ kolenwagens met K-blokken, maar nauwelijks vaker een RMS-laag 15.

Tabel 8 leert: containerwagens met LL-blokken kennen veel vaker een RMS-laag 7,5 dan containerwagens met K-blokken, en ook vaker een RMS-laag 15.

Er zijn bijna geen wagennummers waarvan het type remblok onbekend is.

Er zijn nauwelijks wagens met remschijven. Dit lijken zo goed als alle Sdggmrs- wagens te zijn.

Iets meer dan 3% van de wagens heeft volgens de SEP database gietijzeren remblokken.

De typering van die wagens varieert enorm, bijna alle typeringen komen voor

(autotransportwagens, containerwagens, ketelwagens, ertswagens, vrij veel 'unknown').

Indachtig dat dit type remblok op de belangrijkste corridors verboden is, lijkt dit aantal vrij hoog.

Conclusie: Focus naar type remblok heeft in geringere mate zin. Het betreft een kleinere set wagens die soms meer trillingen veroorzaken. Dit geldt in geringe mate voor erts-/ kolenwagens maar zeker voor containerwagens.

5.4. Focus naar ECM

Elke goederenwagen heeft een ECM, een entity in charge of maintenance oftewel een met onderhoud belaste entiteit. De ECM is er verantwoordelijk voor dat de voertuigen waarvan zij het onderhoud moet verrichten, in veilige staat zijn. De houder en de ECM zorgen samen met de gebruiker(s) van de spoorvoertuigen, dat onderhoud en reparaties zijn geregeld.

Een en ander is geregeld in diverse Europese verordeningen. De ECM wordt in dat kader regelmatig geaudit. Bij gebleken geschiktheid krijgen ze een certificaat van ILT etc. Wij gaan er daarmee van uit dat elke ECM het juiste doet ten aanzien van veiligheid van wagens.

Naast het hebben van een certificaat hanteren (zo goed als) alle wagenhouders het AVV.



Het feit dat bepaalde wagens vaker van een bepaalde ECM zijn, zegt niet zoveel. Uiteraard kan het wel zo zijn dat de ene ECM meer genegen is de wielkwaliteit in relatie tot trillingen te beheersen dan de andere.

Ook kan het zo zijn dat (in eerste instantie) gewerkt wordt met één of enkele ECM's, waardoor maatafspraken gemaakt kunnen worden.

Conclusie: focus naar ECM kan zin hebben in de beginfase, wanneer maatafspraken nodig kunnen zijn. Er moet gestreefd worden naar processen die ECM- neutraal zijn.

5.5. Focus naar ondergrond

W+B heeft gesteld dat variaties in het spoor een aanzienlijke rol spelen bij het hebben en ervaren van trillingen. De invloed van de locatie en de constructie van de infrastructuur ligt buiten de scope van deze opdracht, maar een focusrichting zou kunnen zijn, goederenwagens te prioriteren die over de meest gevoelige locatie rijden. Door Quo Vadis meetpunten te selecteren die in de buurt van gevoelige locaties liggen en die signalen 'voorrang' te geven zou de scope gereduceerd kunnen worden en daarmee zou de kans van slagen wellicht vergroot kunnen worden: maatwerk met bepaalde stimulansen.

Conclusie: focus naar ondergrond blijft in deze opdracht buiten beschouwing.

5.6. Focus naar corridor/ route

De in paragraaf 2.2.1 genoemde corridors met de vervoeren op die corridors leidt tot het inzicht dat voor de gehele corridor focus op containershuttles zinvol zou kunnen zijn. Het zou dan om ongeveer 2.500 shuttles op jaarbasis kunnen gaan. Hoeveel verschillende containerdraagwagens er in die shuttles zitten, is niet bekend.

Voor de deelcorridor Nederland- Duitsland geldt dat erts-/ kolentreinen het grootste aandeel zijn. Uit hoofdstuk 3 blijkt dat voor de corridor eigenlijk alleen in Nederland iets gemeten wordt dat de trilling van goederenwagens in kaart brengt.

Ten aanzien van bepaalde locaties in Nederland geldt dat op het moment dat een eindpunt een werkplaats of andere uitgebreidere servicemogelijkheid heeft, zoals bijvoorbeeld Chemelot of IJmuiden, een aswissel eenvoudiger uitgevoerd zou kunnen worden.

Conclusie: focus naar de corridor kan zin hebben voor containershuttles, waarbij onduidelijk is hoeveel wagens dan betrokken zijn. Focus naar de deelcorridor kan zin hebben voor erts-/ kolentreinen. Er wordt vooralsnog alleen in Nederland gemeten.

Conclusie: focus naar locaties met enige servicemogelijkheid (bereikbaarheid, hijsmogelijkheid) leidt tot veel meer efficiëntie en daarmee lagere kosten.



6. Onderhoudsconcepten voor trillingsreductie

Uitgaande van de focusrichtingen kunnen verschillende onderhoudsaanpakken gevolgd worden.

De aanpak kan preventief zijn, oftewel trillingen zo veel als mogelijk voorkómen door de wielen regelmatig af te draaien.

De aanpak kan correctief zijn, oftewel pas wielen afdraaien als ze een gemeten trillingsniveau halen. In de studie van W+B, en dus ook hier, is het trillingsniveau berekend voor twee niveaus, RMS-laag 7,5 en RMS-laag 15.

Volgens W+B kan het wegnemen van alle RMS-laag 7,5 leiden tot een reductie van trillingsniveau tussen 5% en 24%, afhankelijk van de ondergrond. Het wegnemen van alle RMS-laag 15 leidt tot een reductie van <1-10%.

In dit hoofdstuk worden een aantal onderhoudsconcepten gepresenteerd en onderling vergeleken. Uit de onderhoudsconcepten zullen een drietal onderhoudsscenario's worden gekozen voor verdere invulling.

Een goed onderhoudsconcept (en later scenario) is een economisch en operationeel haalbaar concept met grote waarneembare hinderreductie. De economische waardering ligt buiten onze opdracht.

Voor vrijwel alle onderhoudsconcepten geldt dat er, om volledig realiseerbaar te zijn, er in Europees verband bindende afspraken gemaakt dienen te worden voor elke spoorwegonderneming, ECM en houder. Nederland is een export- en doorvoerland; dit zie je ook in het spoorgoederenvervoer terug waar bijna 90% internationaal transport is (zie ook paragraaf 2.2.2). Bij dergelijke transporten zijn in de meeste gevallen meerdere verschillende spoorwegondernemingen betrokken, die indachtig het AVV/ GCU alle hetzelfde zouden moeten doen. Dit betekent dat bijvoorbeeld beplakkingen internationaal opgevolgd en gerespecteerd dienen te worden. Als een melding van onrondheid leidt tot een beplakking van een wagen (zoals beschreven in paragraaf 3.4.2, punt b), betekent dit in Europa overal hetzelfde. Een beplakking betekent altijd dat een wagen niet aan een transport mag starten en/of niet meer beladen mag worden. Omdat dit aspect vrij complex is en de invulling sterk afhankelijk van het gekozen concept, wordt hier in hoofdstuk 7 verder op ingegaan.

Bij het onderling vergelijken van mogelijke onderhoudsconcepten zijn de volgende aspecten in acht genomen:

- Liefst een concept en scenario met een grote **mate van trillingsreductie**. Hierbij is het van belang om te bedenken dat hoe meer wagens betrokken zijn bij een concept hoe groter de mate van reductie, maar hoe minder hanteerbaar het concept (zie hierna). Daarom wordt per concept gekeken of de relatieve mate groter of kleiner is.
- Liefst een concept en scenario dat **hanteerbaar** is. Een te grote hoeveelheid wagens maakt een concept minder behapbaar en minder controleerbaar.



- Liefst een concept en scenario dat **implementeerbaar** is.
Een te grote hoeveelheid spelers, of met te veel verschillende mogelijkheden zal zorgen voor te weinig controle en zicht.
- Liefst een concept en scenario dat de operationele en commerciële **impact** zo gering mogelijk houdt.
De concurrentiepositie van het spoorgoederenvervoer moet niet wezenlijk slechter worden, de operationele capaciteit moet intact blijven.
- Liefst een concept en scenario tegen redelijke **kosten**.
Hoewel de kosten (niet in deze rapportage) in meer detail berekend worden, kan nu al gesteld worden dat naarmate er meer wagens betrokken zijn in een concept en naarmate er meer handelingen nodig zijn voor een wielaswissel, dat dan de kosten toenemen.

Een onderhoudsconcept mag geen negatieve invloed hebben op de veiligheid. Omdat onrondheid van wielen in vrijwel geen enkel geval de veiligheid negatief beïnvloedt zal de veiligheid van het spoorgoederenvervoer niet afnemen door de wielaswissels die nodig zijn om de onrondheden weg te nemen. Uiteraard geldt wel dat elke wielaswissel op een veilige manier uitgevoerd moet worden, de medewerkers van de ECM-4 lopen bij elke wielaswissel een (zeer gering en acceptabel) risico. Omdat dat risico gelijke tred houdt met de hanteerbaarheid, wordt het niet apart gewaardeerd.

Om het aandachtspunt van de juiste wagen bij een melding te verbeteren, zou een onderhoudsconcept zich kunnen richten op wagens met een tag. Hierdoor wordt de vastlegging gegarandeerder zonder vergissingen (in tegenstelling tot wagenlijsten).

De conclusies en aanbevelingen van W+B zoals beschreven in paragraaf 1.2 van dit rapport, de soorten onderhoud zoals beschreven in paragraaf 3.3, de aantallen registraties zoals beschreven in hoofdstuk 4, en de focusrichtingen zoals beschreven in hoofdstuk 5 combinerend zijn de volgende concepten relevant te noemen:

Onderhoudsconcept 0: niets doen.

Onderhoudsconcept 1: preventief op orde brengen van alle wagens in een trein. Hiermee wordt 'voordat het optreedt' de trilling weggenomen. Omdat hier 'vooraf' ook assen gewisseld worden die nog in orde zijn is de reductie toch iets lager dan bij het volgende concept.

Indachtig hoofdstuk 5 kan een focus op corridor (containerdraagwagens of erts-/kolenwagens) efficiënt zijn.

Onderhoudsconcept 2: correctief op orde brengen bij 10 maal een RMS-laag 7,5 melding. Hierbij wordt bij optreden gehandeld. Het trillingsniveau is in dit geval nog niet groot, en omdat deze waarde eerder optreedt dan de RMS-laag 15 is de mogelijke reductie groter dan



bij het volgende concept.

Indachtig hoofdstuk 5 kan een focus op kolen-/ ertswagens efficiënt zijn.

Onderhoudsconcept 3: correctief op orde brengen bij 10 maal een RMS-laag 15 melding. Hierbij wordt bij optreden gehandeld.

Indachtig hoofdstuk 5 kan een focus op kolen-/ ertswagens efficiënt zijn.

Hierna worden de onderhoudsconcepten uitgediept, zodat ze vergeleken kunnen worden.

6.1. Onderhoudsconcept 0: niets doen

Niets doen. De trillingen laten zoals ze zijn.

Mate van trillingsreductie:

Omdat er niets gedaan wordt is er geen (waarneembare) trillingsreductie.

Hanteerbaarheid:

Zeer hanteerbaar want er wordt niets aan de wagens gedaan.

Implementeerbaarheid:

Omdat er niets aan de wagens gedaan wordt is het aantal betrokken spelers irrelevant.

Impact:

Omdat er niets aan de wagens gedaan wordt en er geen extra kosten voor het spoorgoederenvervoer ontstaan is de operationele en commerciële impact afwezig.

Omdat de focus ten aanzien van type en aantallen het meest effect geeft bij het kolen-/ ertsvervoer, moet in acht worden genomen dat dit vervoer zeer waarschijnlijk op zijn retour is. Vanwege de recente piek in dit vervoer zijn veel 'oude wagens' weer ingezet, deze zullen in de nabije toekomst naar verwachting uitstromen.

Als deze 'oude wagens' zijn uitgestroomd, zal ook een aanzienlijk deel van de trilling veroorzakende wagens zijn uitgestroomd. Dat heeft dus ook effect op dit onderhoudsconcept 0: door uitstroom van kolenwagens zal in alle gevallen een reductie van trillingen optreden.

In combinatie met routing van bepaalde vervoerssoorten als kolen en erts kan er wel een gevoelsmatige hinderreductie optreden.



6.2. Onderhoudsconcept 1: preventief

Dit onderhoudsconcept gaat uit van preventief op orde brengen van de wagens in een bepaalde trein, en daarna monitoren.

Door middel van wielaswissels worden de wielen in goede staat gebracht.

De RMS-laag waarden van de gedraaide wielen worden gemonitord. Er wordt bij een hoge RMS-laag waarde geen (correctieve) actie ondernomen, tenzij het uiteraard een potentieel veiligheidsrisico betreft.

Goederenwagens krijgen elke zes maanden regulier preventief onderhoud, op locatie. In eerste instantie wordt na zes maanden de rondheid van de wielen gecontroleerd door een mobiele onderhoudsmonteur. Hiervoor wordt een onderhoudsslot in de planning opgenomen. Deze preventieve actie is bedoeld om te kunnen beoordelen of er afwijkingen in de rondheid zijn die op afzienbare termijn zouden kunnen gaan leiden tot te hoge RMS-laag waarden. De resultaten van die controle worden vergeleken met de ontwikkeling van QV- metingen behorend bij die wagen (om van te leren). Als de rondheid voldoende is, én de QV- metingen geen aanleiding geven, wordt er geen actie ondernomen. Uitgangspunt is voornamelijk dat wielassen elke 12 maanden gewisseld zullen worden.

Dit onderhoudsconcept kan per trein worden uitgevoerd, eventueel per wagen of per deel van de trein. De exacte invulling kan beïnvloed worden door de logistieke en planningsmogelijkheden op de keerlocatie. In geval van een deelset van een trein betekent het dat er met de trein gerangeerd moet worden om één of meerdere wagens naar de aswisselloot te krijgen. Hierdoor neemt de operationele impact behoorlijk toe. In de hierna beschreven drie subconcepten wordt steeds verder gefocussed op een bepaalde deelverzameling goederenwagens, om daarmee de hanteerbaarheid te vergroten.

6.2.1.C1.1- alle containershuttle treinen preventief

Dit onderhoudsconcept 1.1 gaat uit van containershuttle treinen, want het is vrijwel ondoenlijk om alle treinen te behandelen. Bij sommige treinen wisselt de samenstelling regelmatig of zelfs frequent, zoals in het Single Wagon Load (SWL) vervoer. Shuttle treinen wisselen weliswaar ook af en toe van samenstelling, maar zijn toch wat stabiel voor wat betreft wagens. Uit het jaarrapport van ProRail [5] blijkt dat er ca 2.500 containershuttles per maand rijden, oftewel ca 30.000 shuttles per jaar. De gehele Rhine- Alpine corridor wordt door ongeveer 3.000 shuttles per jaar bereden. Uit paragraaf 2.2.2 blijkt dat dit concept 1.1, uitgaande van containershuttle treinen, maximaal betrekking kan hebben op de helft van de vervoeren in Nederland.

Mate van trillingsreductie:



Omdat het shuttletreinen betreft die uit containerdraagwagens bestaan, is de reductie gefocust op containerwagens. Uit tabel 4 in paragraaf 4.1 blijkt dat 34% van de meldingen RMS-laag 7,5 containerdraagwagens betrof. Bij RMS-laag 15 is dit ca 10%.

Hanteerbaarheid:

Het zou om 27.500 wagens kunnen gaan.

Implementeerbaarheid:

Het aantal betrokken partijen (houders, vervoerders) is groot bij dergelijke wagenaantallen: meer dan 50 ECM's, en waarschijnlijk meer dan 10 vervoerders.

Impact:

Het betreft een grote diversiteit aan containerdraagwagens en treinen, met wisselende eindlocaties en keertijden. Het concept gaat uit van planbare activiteiten (want preventief), waarbij gewisseld wordt voordat trillingen geregistreerd worden. Dit zegt echter nog niets over de praktische uitvoerbaarheid.

6.2.2.C1.2- alle kolentreinen preventief

In plaats van focus op de grootste hoeveelheid vervoeren in Nederland, kan ook de focus gelegd worden op de grootste veroorzaker van gemeten trillingsniveaus: het erts-/kolenvervoer.

In het ertsvervoer worden in de regel wagens ingezet met 6 assen en automatische koppelingen tussen de wagens. Deze vervoeren worden gereden in sets van 38 wagens, 5600 bruto ton per trein.

Van de 6 assige ertswagens zijn niet genoeg reservewagens aanwezig om de onderhoudsconcepten uitvoerbaar te maken. Hier wagens onttrekken zou tot kleinere treinen leiden en dus omzetverlies en serieuze productieproblemen bij de ontvanger. Daarom wordt in dit concept gefocussed op uitsluitend kolenwagens.

Mate van trillingsreductie:

37% van de RMS-laag 7,5 waarden en 58% van de RMS-laag 15 waarden komt van erts-/kolenwagens.

Hanteerbaarheid:

Het zou dan om ongeveer 3.000 unieke wagennummers kunnen gaan.



Implementeerbaarheid:

Het aantal betrokken spelers is beperkt omdat het een specifieke transportgroep betreft. Het betreft 6 verschillende ECM's, waarbij één ECM 95% van de wagens beheert. Het betreft maximaal 5 vervoerders, waarbij één vervoerder geschat 75% van het vervoer verzorgt.

Impact:

Het betreft een deelverzameling van het totaal aantal treinen. Het concept gaat uit van planbare activiteiten (want preventief), waarbij gewisseld wordt voordat trillingen geregistreerd worden. Dit zegt echter nog niets over de praktische uitvoerbaarheid.

Er moet in acht worden genomen dat dit vervoer zeer waarschijnlijk op zijn retour is. Vanwege de recente piek in dit vervoer zijn veel 'oude wagens' weer ingezet, deze zullen in de nabije toekomst naar verwachting uitstromen.

Als deze 'oude wagens' zijn uitgestroomd, zal ook een aanzienlijk deel van de trilling veroorzakende wagens zijn uitgestroomd. Dat heeft dus ook effect op dit onderhoudsconcept 1.2.

6.2.3.C1.3- alle LL-kolentreinen preventief

Onderhoudsconcept 1.3 beperkt zich weer een stapje verder om daarmee de hanteerbaarheid en implementeerbaarheid te vergroten. Een enkele set omvat tot 44 kolenwagens. Door een beperkt aantal sets te nemen, wordt de hanteerbaarheid vergroot. Uiteraard neemt de trillingsreductie dan ook af.

Paragraaf 5.3 stelt dat door te focussen op sets met LL-blokken, het effect groter is dan wanneer uitgegaan wordt van K-blokken.

Voor de volledigheid moet vermeld worden dat het effect van focus op LL- blokken groter is bij containerdraagwagens. Het aantal wagens is dan echter vele malen groter waardoor de hanteerbaarheid afneemt in plaats van toeneemt. Vandaar toch de focus op kolen.

Mate van trillingsreductie:

Het betreft een beperkt aantal kolentreinen, 58% van het aantal registraties van scenario 1.2 wordt weggenomen.

Hanteerbaarheid:

Het zou dan om ongeveer 300 unieke wagennummers kunnen gaan.

Implementeerbaarheid:



Het aantal betrokken spelers is beperkt. Eén ECM en één vervoerder is haalbaar, 97% van de kolenwagens met LL- blokken is van één ECM en wordt naar alle waarschijnlijkheid door één vervoerder getransporteerd.

Impact:

Het betreft een gecontroleerde set wagens. Het onderhoudsconcept gaat uit van planbare activiteiten (want preventief), waarbij gewisseld wordt voordat trillingen geregistreerd worden.

Om de exacte impact te kunnen bepalen zou dit met de ECM en vervoerder in detail doorgesproken moeten worden.

Ook hier moet in acht worden genomen dat dit vervoer zeer waarschijnlijk op zijn retour is. Vanwege de recente piek in dit vervoer zijn veel 'oude wagens' weer ingezet, deze zullen in de nabije toekomst naar verwachting uitstromen.

Als deze 'oude wagens' zijn uitgestroomd, zal ook een aanzienlijk deel van de trilling veroorzakende wagens zijn uitgestroomd. Dat heeft dus ook effect op dit onderhoudsconcept 1.3.

6.3. Onderhoudsconcept 2: correctief meermaals RMS-laag 7,5

Dit onderhoudsconcept gaat uit van correctief op orde brengen van de wagen die een aantal keer hogere trillingswaarden (RMS-laag 7,5) genereert. Zoals in paragraaf 4.1 van de scope analyse beschreven, lijkt afgaan op een enkele hoge waarde, die bovendien niet eenvoudig visueel te controleren is, niet wenselijk en haalbaar.

Na een signaal van ProRail van een hoge trillingswaarde, wordt de rondheid van de wielen gecontroleerd door een wagenmeester/ mobiele onderhoudsmonteur. Dit om vast te stellen of de melding correct is. Het is eventueel nog nader te bepalen wat/ hoe de controle dient te zijn (wat voor soort meting met welke apparatuur, als dit af zou moeten wijken van de huidige werkwijze van het AVV/ GCU en VPI).

Er vindt een wielaswissel plaats zoals beschreven in paragraaf 3.4.2.

Er wordt van uitgegaan dat het hierboven genoemde signaal van ProRail nog ingericht moet worden qua proces (zie ook paragraaf 7.4).

Omdat er per locatie een andere spoorconditie kan zijn, is het pas geven van een signaal als elke locatie op de route een hoge waarde geeft, redelijk betrouwbaar.

Afhankelijk van de route wordt een goederenwagen 3 tot 6 keer gemeten. Metingen vinden plaats op treinen die naar het buitenland rijden en op treinen die Nederland in rijden.

Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat slechts actie naar aanleiding van gemeten hoge RMS-laag waarden wordt ondernomen op het moment dat de trein Nederland in rijdt. Dit zou betekenen dat ongeveer 10 keer een hoge RMS-laag waarde wordt gemeten.



Er kan met de termijn waarbinnen de 10 hoge registraties moeten vallen gevarieerd worden: 10 registratie binnen een week, binnen een maand, binnen een kwartaal. Dat kan gebruikt worden om de aantallen betrokken wagens mogelijk te beïnvloeden en om de reductie eventueel te optimaliseren.

In de hierna beschreven twee subconcepten wordt steeds verder gefocussed op een bepaalde deelverzameling goederenwagens, om daarmee de hanteerbaarheid te vergroten.

6.3.1.C2.1- alle vervoer correctief 10 x RMS-laag 7,5

Bij dit onderhoudsconcept 2.1 wordt uitgegaan van alle vervoeren en alle wagens die meerdere malen een RMS-laag 7,5 registreren.

In 2024 hebben 15.989 wagens (op 17.180 regels) meer dan 10 RMS-laag 7,5 gehad, het betreft dan 843.579 van de in totaal 1.017.324 registraties.

Mate van trillingsreductie:

Hiermee wordt 83% van de RMS-laag 7,5 waarden weggenomen.

Hanteerbaarheid:

Het zou dan om alle wagens die meer dan 10 meldingen geven kunnen gaan, oftewel bijna 16.000 wagens.

Implementeerbaarheid:

Het aantal betrokken spelers is groot. Het betreft ruim 270 verschillende types aan wagens met meer dan 50 ECM's. Er zijn 8 ECM's met minder dan 10 wagens, en er zijn 9 ECM's met meer dan 500 wagens. Gegeven het aantal types wagens is de kans groot dat er vele vervoerders zijn.

Impact:

Het betreft een grote diversiteit aan losse wagens in treinen, die dan uitgerangeerd moeten worden. Het scenario is beperkt planbaar want correctief.

6.3.2.C2.2- kolenvervoer correctief 10 x RMS-laag 7,5

Bij dit onderhoudsconcept 2.2 wordt uitgegaan van uitsluitend de kolenvervoeren.

In 2024 hebben 3.333 kolenwagens (op 3.338 regels) meer dan 10 RMS-laag 7,5 gehad, het betreft dan 362.640 van de in totaal 1.017.324 registraties.



Mate van trillingsreductie:

Hiermee wordt 36% van de RMS-laag 7,5 waarden weggenomen.

Hanteerbaarheid:

Het zou dan om 3.333 wagens kunnen gaan.

Implementeerbaarheid:

Het aantal betrokken spelers is beperkter. Het betreft 6 verschillende ECM's, waarbij één ECM 95% van de wagens beheert. Het betreft maximaal 5 vervoerders, geschat 75% van het vervoer wordt door één vervoerder getransporteerd.

Impact:

Het betreft een actie op een meer gecontroleerde set treinen. De wagens moeten ook hier uitgerangeerd worden. Het scenario is beperkt planbaar want correctief.

Omdat de focus ten aanzien van type en aantallen het meest effect geeft bij het kolen-/ ertsvervoer, moet in acht worden genomen dat dit vervoer zeer waarschijnlijk op zijn retour is. Vanwege de recente piek in dit vervoer zijn veel 'oude wagens' weer ingezet, deze zullen in de nabije toekomst naar verwachting uitstromen.

Als deze 'oude wagens' zijn uitgestroomd, zal ook een aanzienlijk deel van de trilling veroorzakende wagens zijn uitgestroomd. Dat heeft dus ook effect op dit onderhoudsconcept 2.2.

6.4. Onderhoudsconcept 3: correctief meermaals RMS-laag 15

Dit onderhoudsconcept gaat uit van correctief op orde brengen van de wagen die een aantal keer hoge trillingswaarden (RMS-laag 15) genereert. Zoals in paragraaf 4.1 beschreven, lijkt afgaan op een enkele hoge waarde, die bovendien niet eenvoudig visueel te controleren is, niet wenselijk en haalbaar.

Na een signaal van ProRail van een hoge trillingswaarde, wordt de rondheid van de wielen gecontroleerd door een wagenmeester/ mobiele onderhoudsmonteur. Dit om vast te stellen of de melding correct is. Het is eventueel nog nader te bepalen wat/ hoe de controle dient te zijn (wat voor soort meting met welke apparatuur, als dit af zou moeten wijken van de huidige werkwijze van het AVV/ GCU en VPI).

Er vindt een wielaswissel plaats zoals beschreven in paragraaf 3.4.2.

Er wordt van uitgegaan dat het hierboven genoemde signaal van ProRail nog ingericht moet worden qua proces (zie ook paragraaf 7.4).



Omdat er per locatie een andere spoorconditie kan zijn, is het pas geven van een signaal als elke locatie op de route een hoge waarde geeft, redelijk betrouwbaar.

Afhankelijk van de route wordt een goederenwagen 3 tot 6 keer gemeten. Metingen vinden plaats op treinen die naar het buitenland rijden en op treinen die Nederland in rijden.

Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat slechts actie naar aanleiding van gemeten hoge RMS-laag waarden wordt ondernomen op het moment dat de trein Nederland in rijdt. Dit zou betekenen dat ongeveer 10 keer een hoge RMS-laag waarde wordt gemeten.

Er kan met de termijn waarbinnen de 10 hoge registraties moeten vallen gevarieerd worden: 10 registratie binnen een week, binnen een maand, binnen een kwartaal.

In de hierna beschreven twee subconcepten wordt steeds verder gefocussed op een bepaalde deelverzameling goederenwagens, om daarmee de hanteerbaarheid te vergroten.

6.4.1.C3.1- alle vervoer correctief 10 x RMS-laag 15

Bij dit onderhoudsconcept 3.1 wordt uitgegaan van alle vervoeren en alle wagens die meerdere malen een RMS-laag 15 registreren.

In 2024 hebben 1.841 wagens (op 1.903 regels) meer dan 10 RMS-laag 15 gehad, het betreft dan 65.627 van de in totaal 100.376 registraties.

Mate van trillingsreductie:

Hiermee wordt 65% van de RMS-laag 15 waarden wordt weggenomen.

Hanteerbaarheid:

Het zou dan om alle wagens die meer dan 10 meldingen geven kunnen gaan, oftewel ruim 1.800 wagens.

Implementeerbaarheid:

Het aantal betrokken spelers is groot. Het betreft ruim 30 ECM's met ruim 100 verschillende types wagens.

Impact:

Het betreft een diversiteit aan losse wagens in treinen, die dan uitgerangeerd moeten worden. Het concept is beperkt planbaar want correctief.

6.4.2.C3.2- kolenvervoer correctief 10 x RMS-laag 15

Bij dit onderhoudsconcept 3.2 wordt uitgegaan van uitsluitend de kolenvervoeren.

In 2024 hebben 1.404 kolenwagens (op 1.407 regels) meer dan 10 RMS-laag 15 gehad, het betreft dan 51.168 van de in totaal 100.376 registraties.



Mate van trillingsreductie:

Hiermee wordt 51% van de RMS-laag 15 waarden wordt weggenomen.

Hanteerbaarheid:

Het zou dan om 1.404 wagens kunnen gaan.

Implementeerbaarheid:

Het aantal betrokken spelers is beperkter. Het betreft 6 verschillende ECM's, waarbij één ECM 95% van de wagens beheert. Het betreft maximaal 5 vervoerders, één vervoerder geschat 75% van de vervoeren transporteert.

Impact:

Het betreft een actie op een meer gecontroleerde set treinen. Het scenario is beperkt planbaar want correctief.

Omdat de focus ten aanzien van type en aantallen het meest effect geeft bij het kolen-/ ertsvervoer, moet in acht worden genomen dat dit vervoer zeer waarschijnlijk op zijn retour is. Vanwege de recente piek in dit vervoer zijn veel 'oude wagens' weer ingezet, deze zullen in de nabije toekomst naar verwachting uitstromen.

Als deze 'oude wagens' zijn uitgestroomd, zal ook een aanzienlijk deel van de trilling veroorzakende wagens zijn uitgestroomd. Dat heeft dus ook effect op dit onderhoudsconcept 3.2.

6.5. Concept vergelijking

Voor elk onderhoudsconcept wordt geprobeerd voor de genoemde aspecten een waardering te geven.

Als waardering wordt zeer negatief (- - -), erg negatief (- - -), negatief (- -) enigszins negatief (-), neutraal (0), enigszins positief (+), positief (+ +), erg positief (+ + +) en zeer positief (+ + + +) gebruikt, waarbij zeer negatief de slechtste waardering is en zeer positief de beste waardering. Nadrukkelijk wordt gesteld dat de waarderingsschaal niet noodzakelijkerwijs lineair is en per aspect kan verschillen.

De Stuurgroep heeft bepaald dat onderhoudsconcept 0 op alle aspecten neutraal gescoord wordt.

Bij het aspect "mate van reductie" is telkenmale de maximaal haalbaar geachte reductie volgens W+B berekend. De schaal voor de waardering is lineair, de maximale score (+++++) van de onderhoudsconcepten is een reductie van 19,9%.

Bij het aspect "hanteerbaarheid" is het aantal betrokken wagens als maatstaf gebruikt. De schaal voor de waardering is lineair, de minimale score (----) van de onderhoudsconcepten komt overeen met 27.500 wagens.



Bij het aspect "implementeerbaarheid" is gekeken naar het aantal spelers. De schaal is niet lineair, en loopt van ---- voor (meer dan) 10 spelers, naar – voor (waarschijnlijk) 2 spelers.

Bij het aspect "operationele en commerciële impact" is gekeken naar de mate van voorspelbaarheid (preventief of correctief), de rangeerbehoefte in aantallen en type (alle of een deelverzameling, trein of enkele wagen) en het moment (eerder of later). Dit leidt tot een aantal subscores – en een aantal subscores +, resulterend in een score voor het aspect. Omdat het onderhoudsconcept 0 voorspelbaar is, geen rangeerbehoefte kent en geen impactmoment heeft, zou dat eigenlijk + + + + scoren, terwijl het meest negatieve scenario hier - - - - scoort. De schaal is dus zeker niet lineair.

Bij het aspect "kosten" is een inschatting gemaakt op basis van de combinatie van het aantal wagens en de operationele impact. De schaal is waarschijnlijk niet lineair.

De onderhoudsconcepten, gewaardeerd volgens hierboven beschreven methodiek, leiden tot de hiernavolgende tabel 9:

	Mate van reductie	Hanteerbaar	Implementeerbaar	Operationele en commerciële Impact	Kosten
C0: niets doen	0	0	0	0	0
C1.1: prev containershuttles	+ +	- - - -	- - - -	- - -	- - - -
C1.2: prev kolenvervoer	+ +	- -	- - -	-	- -
C1.3: prev kolen LL	+	0	-	-	-
C2.1: corr alle 10 x 7,5	+ + + +	- - -	- - - -	- - - -	- - - -
C2.2: corr kolen 10 x 7,5	+ +	- -	- - -	- - -	- - -
C3.1: corr alle 10 x 15	+	-	- - -	- - -	- - -
C3.2: corr kolen 10 x 15	+	-	- -	- -	- -

Tabel 9: Onderhoudsconcepten vergeleken

Te zien is dat de onderhoudsconcepten verschillend scoren op de aspecten. Qua implementeerbaarheid is (uiteraard) niets doen, onderhoudsconcept 0, het meest positief. Dat dat concept leidt tot geen enkele reductie van trillingsniveaus is evident. Qua mate van reductie is het aanpakken van alle goederenwagens die enige trilling veroorzaken het meest positief (onderhoudsconcept 2.1). Dat dat concept slecht scoort op hanteerbaarheid en kosten moge duidelijk zijn, het gaat om heel veel wagens.



7. Scenario keuze en uitwerking

7.1. Scenario- selectie en uitgangspunten voor verdere uitwerking

De onderhoudsconcepten uit het vorige hoofdstuk zijn globaal van opzet. Voor de verdere uitwerking, zowel financieel als operationeel, is dat aantal echter te groot.

Er is in overleg voor gekozen om een drietal uiteenlopende scenario's verder uit te werken:

1. Preventief kolen (concept 1.2 uit hoofdstuk 6)
De waarden van W+B volgend, zou dit scenario kunnen leiden tot maximaal 9% minder trillingen.
2. Correctief alle 10 maal 7,5 (concept 2.1 uit hoofdstuk 6)
De waarden van W+B volgend, zou dit scenario kunnen leiden tot maximaal 20% minder trillingen.
3. Correctief kolen 10 maal 15 (concept 3.2 uit hoofdstuk 6)
De waarden van W+B volgend, zou dit scenario kunnen leiden tot maximaal 5% minder trillingen.

Deze drie scenario's zijn door ons uitgewerkt naar een te volgen onderhoudsproces. Om dit proces te kunnen schetsen, zijn een aantal uitgangspunten genomen, die hieronder toegelicht worden. Deze uitgangspunten zijn essentiële keuzes die de kosten van het proces aanzienlijk beïnvloeden, of de beschikbaarheid van voor het vervoer noodzakelijke wagens wezenlijk raken.

Uitgangspunt 1: Tag (de melding moet zeker juist zijn).

Afhankelijk van het scenario wordt na hoge RMS-laag waarden het proces van het afdraaien ingezet. Als dan onjuist gemelde wielen worden afgedraaid, heeft dat ten eerste geen effect op het niveau van trillingen maar ten tweede leidt het tot onnodig extra kosten.

Op het moment dat een wagen een zogenaamde tag heeft, worden de tag-gegevens door Quo Vadis gelezen en geregistreerd in combinatie met de krachten. Op die manier is de koppeling tussen een hoge RMS-laag waarde en een wielas zeker goed te maken.

Eerste uitgangspunt is dat de wagens een tag hebben.

Uitgangspunt 2: Medewerking, vrijwillige basis

Spoorgoederenvervoer kent vele al langdurig bestaande samenwerkingsverbanden met juridisch bewezen verhoudingen. Voor dit verhaal zijn AVV en VPI de meest wezenlijke. Het wijzigen van de huidige Europese werkwijze, met een verplichting tot het vervangen van wielassen na een (aantal keren) hoge RMS-laag waarde(n), is in principe noodzakelijk. In eerste instantie kan met een beperkt aantal stakeholders een separate afspraak gemaakt worden.



Tweede uitgangspunt is dat de betrokken houder(s), ECM('s) en spoorwegonderneming(en) instemmen met het proces en dat er duidelijkheid is over de kostenverdeling en eventuele vergoeding.

Uitgangspunten 3 en 4: Nederland als startpunt, passend in Europa.

Aangezien spoorgoederenvervoer Europees georiënteerd is, hetgeen ook blijkt uit de cijfers in paragraaf 2.2, is het maken van afspraken die aansluiten bij de huidige Europese werkwijze zoals beschreven in paragraaf 3.4.2 (of het wijzigen van de huidige Europese werkwijze) noodzakelijk. Ten behoeve van een aswissel wordt aan de houder gevraagd een wielas ter beschikking te stellen middels een Muster H. De houder betaalt de levering en het herstel (en zal de prijs verdisconteren in de huurprijs), ervan uitgaande dat de wielas terecht wordt aangevraagd. De houder dient dus in te stemmen met het feit dat het signaal van Quo Vadis een geaccepteerde trigger is voor een onderhoudsactie. Afhankelijk van het scenario is dit proces voor alle betrokkenen te regelen, of kan met een beperkt aantal houders en spoorwegondernemingen afgestemd worden.

Zoals in de paragrafen 3.1 en 3.2 beschreven, is er nog geen Europees meetsysteem voor trillingen. In Nederland lijkt de RMS-laag waarde uit Quo Vadis bruikbaar.

Aangezien er (mogelijk aanzienlijke) kosten gemoeid zijn met het aanpakken van trillingshinder door het wegnemen van onrondheid bij goederenmaterieel, is het van belang om een positief effect zeker te stellen en daarmee stakeholders te overtuigen van nut (en eventueel noodzaak).

Door gebruik te maken van een bestaand systeem (Quo Vadis) kan direct gestart worden met het werken volgens het (in te richten) proces. Omdat RMS-laag waarden kleiner dan 15 waarschijnlijk niet leiden tot een onrondheid van meer dan 0,6 mm is het van belang dat in zo breed mogelijk Europees verband (via AVV/ GCU of VPI) wordt afgesproken dat het gemeten Quo Vadis signaal voldoende reden is om tot een wielaswissel over te gaan.

Derde uitgangspunt is dat Quo Vadis wordt gebruikt voor het starten van het wielaswisselproces.

Vierde uitgangspunt is dat alle betrokken houders, ECM's en spoorwegondernemingen de meldingen van hoge RMS-laag via Quo Vadis waarden accepteren als terecht en correct.

Uitgangspunt 5: geen fysieke beplakking

Zoals al gesteld in aan het begin van hoofdstuk 6, mag een wagen met beplakking niet zonder meer verder rijden. Door geen beplakking te gebruiken maar een digitale markering blijft de huidige Europese werkwijze gehandhaafd. Dit betekent dus dat voor een wagen met de te hoge RMS-laag waarden een digitale markering in het productiesysteem van de spoorwegonderneming afgesproken moet worden in plaats van een beplakking. Zodra blijkt dat het (in te richten) proces effectief is en resultaten kent, kan wellicht overgegaan worden op een nieuwe internationale beplakking.

Vijfde uitgangspunt is dat geen beplakking op de wagen met hoge RMS-laag waarden wordt geplakt, maar dat er een digitale markering wordt gebruikt.



Uitgangspunt 6: reservewagens aanwezig.

In gesprekken tussen de opdrachtgever, Bridgecraft als economische adviseur en Professional in Transportation is gebleken dat het gehele proces veel gecompliceerder wordt, en daarmee veel duurder, als er geen reservewagen beschikbaar is om de wagen waarvan de as(sen) gewisseld moet(en) te vervangen. Het niet hebben van een reservewagen leidt in vrijwel alle gevallen tot uitval van de gehele trein of op zijn minst verlies van transportvolume. De inkomstenderving daarvan is dermate dat daarmee de operationele en commerciële impact buiten proportie raakt. Afhankelijk van het type wagen is er de mogelijkheid om een wagen extra te huren en de wagen in de trein te vervangen.

Zesde uitgangspunt is dat er altijd een reservewagen beschikbaar is.

Uitgangspunt 7: de spoorwegonderneming is aanspreekpunt voor ProRail.

ProRail registreert met Quo Vadis de wielkwaliteit. De meting van ProRail moet naar iemand gaan die daar actie op onderneemt. Zoals al eerder aangegeven zijn er drie partijen die daar een rol spelen: de houder, de ECM en de spoorwegonderneming. De enige partij van de drie die nu al een direct contact heeft met ProRail is de spoorwegonderneming. Bovendien is de spoorwegonderneming de partij die de goederenwagen in de volgende trein mee wil nemen en dus eventueel een alternatief moet vinden. Dat alternatief kan zijn

- de wagen uitzetten en met een wagen minder rijden,
- de wagen uitzetten en een andere wagen ervoor in de plaats zetten,
- de eerstvolgende rit gewoon rijden en bij de volgende slag een wielaswissel

Indien ProRail het signaal deelt met de houder of de ECM(-2) zijn die potentieel behoorlijk wat tijd kwijt met het traceren van de wagen en het bepalen wat er met het eerstvolgende vervoer moet gebeuren.

Meest haalbaar lijkt het, om het proces in te richten tussen ProRail en spoorwegonderneming (hier ligt ook een juridische connectie via de Toegangsovereenkomst), met medeweten en bereidheid tot medewerking van de houder en ECM.

Zevende uitgangspunt is dat de spoorwegonderneming het gemeten Quo Vadis signaal direct van ProRail krijgt.

7.2. De stappen in het proces

Het proces is voor scenario 1 iets anders dan bij scenario 2 en 3, maar wel zeer vergelijkbaar. In het geval van preventief is er geen melding van Quo Vadis en hoeft er geen controle vooraf plaats te vinden. Maar de logistieke handelingen met de trein en wagens is zeer vergelijkbaar. In het proces worden drie lagen herkend: trein, wagen en wielas. Deze hebben elk hun eigen logistiek: in eerste instantie moet een trein in rangeerpositie gebracht worden, in tweede instantie moet één of meerdere wagens uitgerangeerd worden. De wielas, die dient ter vervanging van de wielas welke te hoge RMS-laag waarden geeft, kan onafhankelijk van de trein en de wagen worden aangevraagd. Uiteraard moet wel het juiste



type wielas aangevraagd worden, passend bij de wagen waarvan de as te hoge RMS-laag waarden genereert.

In onderstaande tabel wordt het proces beschreven, met de uitgangspunten van paragraaf 7.1 in gedachten. De eerste drie kolommen helpen in het inzicht of het een stap betreft die raakt aan de trein (T), wagen (W) of wielas (A). De kolommen met de stakeholders geven de betrokken partijen aan. Stappen die deels cursief zijn weergegeven kennen nog een variatie in invulling, welke in paragraaf 7.4 wordt besproken.

De laatste twee kolommen worden ná de tabel toegelicht.

T	W	A	Stap	Pro Rail	verv	ECM-4	ECM-1	Houder	€	EFF
Quo Vadis melding en controle										
1*			Quo Vadis registreert 10 maal een overschrijding van een as <i>binnen een periode</i>	X						
2*			<i>ProRail</i> meldt dit aan de vervoerder	X	X				15	15
3*			De vervoerder bepaalt eerstvolgend behandel station (kan in buitenland zijn maar waarschijnlijker is volgende aankomst in NL).		X				15	15
4*			Er wordt een wagenmeester of ECM-4 ingeschakeld op het behandelstation		X	X			15	15
5*			Wagenmeester of ECM-4 op aankomstlocatie controleert juistheid wagennummer (onwaarschijnlijk dat niet correct want tag, maar check moet om de markering te kunnen maken)		X	X				
6*			Vervoerder maakt digitale markering en informeert ECM-4		X	X			15	15
7*			Melding Wgm/ECM wordt in productiesysteem vervoerder verwerkt (<i>code ntb</i>).		X				15	15
Wagen uit de trein rangeren										
8			Vervoerder bepaalt of hij interne rangeer capaciteit heeft (Bij geen capaciteit kan hij extern inkopen of wagen laten zitten tot volgende mogelijkheid)		X				15	15
9			Vervoerder bepaalt opstel mogelijkheid op eigen sporen. Vervoerder bepaalt naar welk spoor wagen na uitrangeren toe kan		X				15	0
10			Vervoerder vraagt rangeerweg aan bij ProRail	X	X				15	15
11			ProRail bepaalt mogelijkheid tot rangeren (Indien niet mogelijk wagen laten zitten)	X					15	0
12			ProRail stelt rangeerwegen in	X					15	0
13			Vervoerder voert uit (nu: gemiddeld 2 uur)		X				900	450
Wagen in de trein rangeren										



T	W	A	Stap	Pro Rail	verv	ECM-4	ECM-1	Houder	€	EFF
	14		Vervoerder bepaalt of hij interne rangeer capaciteit heeft.		X				15	0
	15		Vervoerder vraagt rangeerweg aan bij ProRail	X	X				15	0
	16		ProRail bepaalt mogelijkheid tot rangeren. Indien niet mogelijk wagen laten zitten	X					15	0
	17		ProRail stelt rangeer wegen in	X					15	0
	18		Vervoerder voert uit (gemiddeld twee uur)		X				900	450
Te repareren wagen van opstelspoor naar reparatiespoor										
	19		ECM-4 maakt indien nodig (> 850€) offerte richting houder (of ECM-1)			X	X	X	25	25
	20		Ecm-4 stuurt Muster H naar houder			X	X	X	15	15
	21		<i>Houder stuurt wielas(sen)</i>				X	X		
	22		ECM-4 ontvangt aankomstdatum van verlader en plant wissel in			X	X			
	23		ECM-4 ontvangt wielas(sen)			X				
	24		ECM-4 en vervoerder plannen wielaswissel in		X	X			50	50
	25		Vervoeren wagen naar reparatie spoor na afspraak met ECM In Rotterdam is het vaak weken wachten tot een reparatie spoor beschikbaar is ! incl 75,- opstelkosten	X	X	X			900 + 200	200
			Hier dan feitelijk nogmaals 15-16-17-18-19							
	27		ECM-4 wisselt as(sen) en geeft wagen vrij na de noodzakelijke controles (Br0)		X	X	X	X	2200	1100
	28		ECM-4 verstuurt onronde wielas naar houder							
Gerepareerde wagen van reparatiespoor naar opstelspoor reserve wagens										
	29		Vervoerder bepaalt of hij interne rangeer capaciteit heeft		X				15	0
	30		Vervoerder bepaalt opstel mogelijkheid op eigen sporen		X				15	0
	31		Vervoerder vraagt rangeerweg aan bij ProRail	X	X				15	15
	32		ProRail bepaalt mogelijkheid tot rangeren	X					15	15
	33		ProRail stelt rangeer wegen in	X					15	15
	34		Vervoerder voert uit Wagen staat op spoor reserve wagens	X	X				900	450
35	35		Productiesystemen vervoerder worden aangepast	X					15	15
									6390	2905

Tabel 10: stappen in het proces (stappen 1-7 niet voor scenario 1)



De één na laatste kolom geeft een indicatie van het bedrag dat gemoeid is met het wisselen van een as van een wagen (€ 6.315 voor scenario 1, € 6.390 voor scenario 2 en 3). Deze bedragen zijn inschattingen van de auteurs, in samenspraak met Bridgecraft (als economische adviseur) en de opdrachtgever, na consultatie van diverse literatuur en interviews met stakeholders.

De laatste kolom wordt toegelicht in paragraaf 7.3.

7.3. Mogelijke efficiëntieverbetering

Zoals in paragraaf 7.2 te zien, vraagt het vervangen van een wielas behoorlijk wat rangeerwerk. Omdat de sporen voor de reguliere processen ver vooruit gereserveerd moeten worden, en omdat sporen daarmee op papier "bezet" zijn, gaat hier veel tijd en geld in zitten. Bovendien dient elke spoorwegonderneming dit vervangen nu zelf te regelen met een ECM-4 en kan het dus zo zijn dat min of meer tegelijkertijd van twee verschillende wagens van twee verschillende spoorwegondernemingen (met mogelijk twee verschillende ECM-1's) door twee verschillende ECM-4's wielassen worden verwisseld.

Bij de kosten in de laatste kolom in de tabel in de vorige paragraaf ('EFF') is ervan uitgegaan dat een locatie ingericht wordt als een service station om bovenstaand wielaswisselproces voor elke spoorwegonderneming efficiënter en betrouwbaarder uit te voeren.

Waarbij ook de aswissel op een reparatiespoor op het service station wordt uitgevoerd met vaste bovenloopkraan.

Bij de inrichting van een service locatie kunnen mogelijk een aantal operationele problemen gereduceerd worden. Denk hierbij o.a.: spoorbezetting, aanwezige rangeercapaciteit, opstel en reparatiesporen etc..

In geval van Kijfhoek als locatie voor een service station zouden reparatiewagens ook via de heuvel gesorteerd kunnen worden.

De mogelijkheid om een service station te gebruiken voor deze taken zou verder uitgewerkt moeten worden om de reductie aan kosten en efficiëntie in het proces beter te bepalen. Als deze efficiëntieverbetering gerealiseerd wordt leidt dat tot een aanzienlijke reductie van de kosten (initiele inschatting: tot € 2.830 voor scenario 1 en tot € 2.905 voor scenario 2 en 3).



7.4. Variatiemogelijkheden bij inrichten van het proces

Een aantal zaken moeten nog ingeregeld worden op het moment dat 'onrondheid' verholpen moet worden na een Quo Vadis- melding. Deze hebben een (zeer) geringe invloed op de kosten en op het verloop van het proces, maar zijn wel van belang om het proces eenduidig en doelmatig te maken.

Aantal meldingen en periode vaststellen.

Ten aanzien van het aantal meldingen zal een aantal vastgesteld moeten worden, nu is 10 gehanteerd. Er zal ook bepaald moeten worden welke vervalttermijn/ meettermijn gehanteerd wordt. Momenteel is alles ingericht op dienstregelingsjaren (systemen, dienstregelingen, contracten tussen spoorwegonderneming en ProRail, ...), dat zou een logische meettermijn kunnen zijn.

Het proces tussen ProRail en spoorwegonderneming moet geregeld zijn.

ProRail registreert met Quo Vadis de wielkwaliteit. De meting van ProRail gaat naar de spoorwegonderneming (zie het zevende uitgangspunt in paragraaf 7.1) die daar actie op onderneemt.

Binnen ProRail kan dit de verkeersleiding zijn, echter deze organisatie zou zich wellicht beter niet bezig kunnen houden met meldingen die geen acuut veiligheidsrisico in zich hebben. Beter om de "trillingsmeldingen" ergens anders bij ProRail vandaan te laten komen.

Meest haalbaar lijkt het, om het proces in te richten tussen ProRail en spoorweg-onderneming (hier ligt ook een juridische connectie via de Toegangsovereenkomst), met medeweten en bereidheid tot medewerking van de houder en ECM.

Het proces moet liefst geautomatiseerd worden en bekrachtigd via de Toegangsovereenkomst.

Er moet een eenduidige melding en reactieperiode afgesproken worden.

Om misverstanden te voorkomen is het van belang om met de betrokken stakeholders af te spreken welke codering gebruikt wordt. De codering moet inhouden dat vervanging wel noodzakelijk is, maar dat er geen noodzaak is om dat onmiddellijk te doen. De acceptatie wordt naar alle waarschijnlijkheid aanzienlijk vergroot als er enige mate van flexibiliteit is in de uitvoering, zodat het in enige mate planbaar wordt. Het mag natuurlijk niet zo zijn dat die termijn onredelijk lang is (vanuit het oogpunt van trillingsreductie), en er moeten regels zijn over wat er gebeurt als die termijn overschreden wordt. Een redelijke termijn lijkt 14 dagen. Die termijn kan gebruikt worden voor het opsturen van (een) as(sen) en/of om een reservewagen te regelen (waardoor het zesde uitgangspunt van paragraaf 7.1 kan gelden). Om misverstanden te voorkomen: de internationale kwaliteit van de treinenloop is door werkzaamheden en andere oorzaken vaak niet stabiel, de planbaarheid kan daar onder lijden.



Er moet voldoende capaciteit op het spoor zijn voor reparatie.

Het wisselen van assen vraagt enige tijd, en een spoor waar de wagen moet staan. Dit spoor moet bereikbaar zijn voor een mobiele kraan om de wagen te kunnen tillen, of moet voorzien zijn van een bovenloopkraan zodat de wagen op die manier getild kan worden. Het spoor moet voor de wagen logistiek gezien goed bereikbaar te zijn om de rangeertijden niet te lang te laten zijn. Dit spoor is idealiter niet lang vooruit te reserveren door spoorwegondernemingen en is te zien als 'projectspoor'.

Er moeten voldoende wielassen en afdraaimogelijkheden zijn.

Afhankelijk van het scenario zijn er meer of veel meer wielassen benodigd.

Gegeven dat een enkele portaalkuilwielenbank maximaal 2.000 wielassen per jaar kan behandelen en dat onrondheid slechts tijdelijk verdwijnt, betekenen bovenstaande hoeveelheden wagens dat er 3 (in geval van 1.404 wagens met elk 4 assen) tot 32 (in geval van 16.000 wagens met 4 assen) kuilwielenbanken bij moeten komen. Een andere afdraaimogelijkheid kan uiteraard ook.

En dus ook een werkvoorraad van duizenden assen, en mankracht om de machines te bedienen.



8. Conclusies en aanbevelingen

De volgende conclusies kunnen getrokken worden:

Er zijn verschillen in goederenwagens, en die verschillen kunnen het gedrag ten aanzien van trillingen beïnvloeden.

Bijna 90% van de vervoerde lading per spoor gaat de landsgrenzen over. Spoorgoederenvervoer is sterk internationaal gericht. Op de goederencorridors rijdt een klein deel van de wagens de gehele corridor, dit zijn voornamelijk containerdraagwagens. De Rhine- Alpine corridor is de belangrijkste vanuit het oogpunt van vervoerde tonnages. Vanuit Nederland rijdt 62% van de vervoerde lading per spoor de deelcorridor Nederland- Duitsland, het merendeel daarvan betreft erts-/kolenwagens.

Ten aanzien van trillingen heeft van de Infrastructure Managers op de Rhine- Alpine corridor uitsluitend ProRail een systeem operationeel dat deze in kaart kan brengen door middels van RMS-laag waarden (Quo Vadis).

Binnen het spoorgoederenvervoer zijn vele afspraken internationaal geregeld op het gebied van veilig rijden en onderhoud van goederenwagens (AVV en VPI). Ook het proces van een wielaswissel is technisch, juridisch, financieel en logistiek beschreven.

Hiervan afwijken kan, maar er zijn vele partijen betrokken. Een wagen heeft een houder, een verantwoordelijke voor het onderhoud (ECM) en een spoorwegonderneming.

In 2024 zijn in Nederland ongeveer 55.000 verschillende goederenwagens geregistreerd middels Quo Vadis.

Wagens van het type erts-/kolen hebben naar verhouding vaker een hoge RMS- waarde dan dat de andere wagentypes hebben.

Bijna 80% van de wagens met het grootste aantal hoge RMS-laag waarden in 2024 zijn erts-/kolenwagens.

Er zijn vele onderhoudsconcepten denkbaar om tot trillingsreductie te komen. De aanpak is preventief (trillingen zoveel als mogelijk voorkómen) of correctief (trillingen wegnemen). Het succes van een concept wordt bepaald door de mate van trillingsreductie, hanteerbaarheid, implementeerbaarheid, operationele en commerciële impact en kosten.

Niets doen leidt uiteraard niet tot trillingsreductie, maar scoort beter op alle andere aspecten.

Preventief kolenwagens behandelen zou kunnen leiden tot maximaal 9% minder trillingen. Het gaat om ongeveer 3.000 wagens van 6 verschillende ECM's met 5 verschillende spoorwegondernemingen.

Correctief alle wagens behandelen die 10 maal RMS-laag 7,5 genereren zou kunnen leiden tot maximaal 20% minder trillingen. Het gaat om ongeveer 16.000 wagens van meer dan 50 verschillende ECM's en vele spoorwegondernemingen.

Correctief kolenwagens behandelen die 10 maal RMS-laag 15 genereren zou kunnen leiden tot maximaal 5% minder trillingen. Het gaat om ongeveer 1.500 wagens van 6 verschillende ECM's en 5 verschillende spoorwegondernemingen.



Het proces voor het behandelen van wagens met het oog op trillingsreductie is mogelijk goed in te richten, voorwaardelijk is dat een aantal zaken nog met betrokken partijen georganiseerd moet worden:

- ProRail zal moeten zorgen dat monitoringsdata uit Quo Vadis op de juiste wijze en in bruikbare vorm bij de juiste partijen beschikbaar kan komen.
- Ook is extra ondersteuning nodig vanuit ProRail Verkeerleiding bij het operationeel proces om wagons uit te rangeren.
- Spoorwegondernemingen en ECM's zullen onderling procedurele afspraken moeten maken over organisatie, afhandeling, registratie van dit wielonderhoud.
- Er zal geïnvesteerd moeten worden in noodzakelijke uitbreiding middelen zoals reserve wagons, reserve wielstellen, outillage voor het wisselen en/of afdraaien van wielen (zoals hefsporen, kranen wielendraaibanken en/of kuilwielenbanken) en voldoende opstel- en reparatiesporen. De mate waarin dit nodig is, is afhankelijk van het gekozen scenario van implementatie. De aanleg en financiering van dit soort voorzieningen bepaalt in grote mate de tijd waarbinnen de scenario's uitvoerbaar zijn.

Mocht besloten worden dat nieuwe onderhoudsregels aan goederenwagens, gebaseerd op monitoring, daadwerkelijk ontwikkeld gaan worden, dan worden de volgende drie aanbevelingen gedaan:

1. zoek commitment

Voor het breed slagen van deze aanpak is (internationale) commitment noodzakelijk. Dit geldt op het gebied van houders van goederenwagens, op het gebied van partijen die verantwoordelijk zijn voor het onderhoud, op het gebied van spoorwegondernemingen, en wellicht op het gebied van infrastructuurmanagers. Internationale afspraken zoals VPI en/of AVV/ GCU zullen aangepast moeten worden om dit nieuwe en aanvullende proces in te bedden.

2. start met een pilot

Om draagvlak voor het (internationale) commitment te krijgen zou wat kleiner begonnen kunnen worden. Indachtig dat kolenwagens de grootste veroorzaker zijn, en dat de meeste kolenwagens in onderhoudsbeheer zijn bij en gebruikt worden door grotendeels één partij, lijkt een pilot maakbaar en uitvoerbaar en bovendien effectief voor het reduceren van trillingen.

Deze pilot met de kolenwagens stelt de partijen in staat om het proces te testen binnen een bepaald tijdsvenster (startend per nieuwe dienst) in een kleinere, gecontroleerde omgeving voordat het op grote schaal uitgerold wordt. Dit helpt om risico's te minimaliseren, kosten beter te beheersen en de kans op succes bij een grootschaliger implementatie te vergroten.

Deze pilot helpt bij het identificeren van mogelijke problemen, risico's of tekortkomingen.

Een succesvolle pilot kan bijdragen aan het creëren van Europees draagvlak binnen de sector.



3. gebruik een service station

Om de kans op succes te vergroten moet het proces redelijk efficiënt zijn. Dat reduceert de kosten namelijk aanzienlijk. Het proces wordt efficiënt op het moment dat een separaat spoor, liefst met goede hijsvoorzieningen, beschikbaar is voor dit proces. Op Kijfhoek, waar ook eenvoudiger wagens uitgerangeerd kunnen worden, zou dit gerealiseerd kunnen worden. Maar ook logische locaties als Amsterdam Westhaven, Maasvlakte West en Waalhaven zijn denkbaar. Afhankelijk van de pilot kan hier een keuze gemaakt worden.



Referenties:

- [0] projectplan 'Ground borne vibration reduction by innovative wheelset maintenance v8
- [1] 132887_24-017.683_rep_draft02_Eindrapportage
- [2] Maatregelen bestaande bouw – deel 1 en 2, v1.0 van 15-3-2023
- [3] ERA Railway Factsheets november 2023 (<https://www.era.europa.eu/content/era-railway-factsheets>)
- [4a] RFC Rhine-Alpine Performance report 2023
- [4b] RFC North Sea- Mediterranean Annual_Report_2023
- [4c] RFC North Sea- Baltic Annual Report 2023 v 24.06.2024
- [4d] RFC North Sea- Baltic Performance Report 2023 v 17.06.2024
- [5] Ontwikkeling spoorgoederen in Nederland-2023_v3
- [6] cbs.nl
- [7a] Netverklaring Infrabel 2025
- [7b] Netverklaring Duitsland 2025
- [7c] Netverklaring Zwitserland 2025
- [7d] Netverklaring Oostenrijk 2025
- [7e] Netverklaring RFI 2025
- [8] Kamerabrueden
- [9] ZKE Gesamtkonzept v1.4
- [10] Netverklaring Nederland 2025
- [11] ProRail visie op digitalisering
- [12] informatie afdraaimogelijkheden
- [13] Hegenscheidt
- [14] Quo Vadis uitdraai 2024
- [15] 2022_23_Schienenlaermschutzgesetz_Jahresbericht



Figuren en tabellen

Figuur 1: Zacns [ERMEWA]

Figuur 2: Falns [ERMEWA]

Figuur 3: Laaers [DB]

Figuur 4: Sgns [DB]

Figuur 5: Sggrss [ERMEWA]

Figuur 6: aantal goederenwagens in Europa in 2023

Figuur 7: aantal treinen per grensovergang per corridor in 2023.

Figuur 8: ZKE locaties per 2017 [9]

Figuur 9: Quo Vadis locaties

Figuur 10: afdraaiprincipe [13]

Figuur 11: Quo Vadis RMS waarden over de maanden

Tabel 1: massa's van categorieën goederenwagens

Tabel 2: vervoerde lading in Nederland in 2023

Tabel 3: aantal wagenbewegingen in Nederland in 2023.

Tabel 4: Quo Vadis registraties per categorie

Tabel 5: Quo Vadis registraties naar type rembloklocaties

Tabel 6: Quo Vadis registraties per categorie en rembloktype

Tabel 7: Quo Vadis registraties inclusief RMS laag voor erts-kolenwagens per rembloktype

Tabel 8: Quo Vadis registraties inclusief RMS laag voor containerwagens per rembloktype

Tabel 9: Scenario's vergeleken

Tabel 10: stappen in het proces