Bridgecraft
Sinds 1995

Wielonderhoud als instrument om trillingen door goederentreinen te beperken

Economische beoordeling

Economie Beperking Trillingen Goederentreinen 251024/IWW/iww
’s-Gravenhage, 24 oktober 2025

Bridgecraft Strategie en Corporate Finance BV
Mauritskade 5, 2514 HC ‘s-GRAVENHAGE
Telefoon: 070 - 3060030, Fax 070 - 3060052

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	3
1.1.	Achtergrond van het onderzoek	3
1.2.	Indeling van het rapport	4
2.	Trillingen en wielonderhoud	5
2.1.	Beperking van trillingen door wielonderhoud	5
2.2.	Onderhoud aan de wielen van goederenwagons op dit moment	6
2.3.	Meting van trillingen die worden veroorzaakt door goederenwagons	6
3.	De drie scenario's	7
3.1.	Inleiding	7
3.1.	Preventief afdraaien van de wielen van kolen- en ertswagons	8
3.2.	Correctief afdraaien wagons met tien of meer hoge trillingsmetingen per jaar	8
3.3.	Correctief afdraaien kolenwagons met tien of meer zeer hoge trillingsmetingen per jaar	9
4.	Meerkosten	10
4.1.	Inleiding	10
4.2.	Kosten en besparingen	11
4.2.1.	Kosten voor trillingsonderhoud	11
4.2.2.	Kosten voor wagonhuur	12
4.2.3.	Besparingen door overlap met bestaand onderhoud	13
4.3.	Meerkosten per scenario	14
5.	Verwacht effect van elk scenario op het vervoersvolume	16
5.1.	Inleiding	16
5.2.	Relatieve prijsstijging	16
5.3.	Prijselasticiteit	17
5.4.	Omzet spoorgoederenvervoer in 2024	17
5.5.	Volume-effect van elk scenario	18

1. Inleiding

1.1. Achtergrond van het onderzoek

ProRail, de 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 het vervoer over het spoor te beperken. Hiertoe is het programma Innovatieagenda Bronaanpak Spoortrillingen ("IBS") ingericht. In het verband van dit programma is informatie verzameld over het optreden van trillingen als gevolg van treinbewegingen, over de intensiteit en oorzaken van die trillingen en over de mogelijkheden om trillingen te beperken.

Het laatstgenoemde thema is het onderwerp van een recente studie van Professional in Transportation ("PiT"). Dit bureau onderzocht welke maatregelen genomen kunnen worden om de trillingen die woerden veroorzaakt door goederenwagons tegen te gaan. De resultaten van dat onderzoek zijn vastgelegd in het rapport *Conditie gebaseerd onderhoud aan wielstellen van goederenwagens. Studie naar Mogelijkheden* (Utrecht, 2 juni 2025).

De studie van PiT is gebaseerd op eerder in het verband van IBS verricht onderzoek naar de oorzaken en intensiteit van trillingen. Deze informatie wordt in de studie verrijkt met gegevens over de samenstelling en omvang het goederenvervoer over het spoor in Nederland en over de technische mogelijkheden die er zijn om trillingen te beperken. Daarbij is met name gekeken naar mogelijkheden om het onderhoud van de wielstellen van goederenwagens te intensiveren.

Op basis van die uitgangspunten komt PiT tot de keuze voor een aantal manieren om de trillingen in het spoorgoederenvervoer te lijf te gaan. De mogelijkheden zijn uitgewerkt in zeven scenario's. Drie scenario's zijn gebaseerd op structureel preventief onderhoud van de

wielen van goederenwagens. De vier andere scenario's zijn gebaseerd op correctief onderhoud van de wielstellen van goederenwagens bij welke in één jaar minstens tien keer hoge trillingswaarden worden gemeten.

PiT heeft een globale analyse uitgevoerd van de effectiviteit van elk van deze scenario's. Ook is een eerste verkenning gemaakt van de kosten en haalbaarheid van elk maatregelenpakket. Aan Bridgecraft Strategie en Corporate Finance ("Bridgecraft") is gevraagd om deze verkenning uit te werken in een economische analyse. Deze analyse dient antwoord te geven op twee vragen:

- wat zijn de kosten van drie van de zeven genoemde scenario's (1.2, 2.1 en 3.2)
- wat is het te verwachten effect van elk van deze drie scenario's op de omvang van het goederenvolume over het spoor.

De bevindingen van Bridgecraft zijn vervat in voorliggend document.

1.2. Indeling van het rapport

Het rapport bestaat uit vijf delen. Na het inleidende Hoofdstuk 1, wordt in Hoofdstuk 2 ingegaan op trillingen die worden veroorzaakt door de wielen van goederenwagons en op de rol die onderhoud kan spelen in het beperken van die trillingen. Hoofdstuk 3 bespreekt de drie te onderzoeken scenario's. In Hoofdstuk 4 wordt begroot wat de meerkosten zijn die elk scenario met zich brengt. In hoofdstuk 5 tot slot wordt bepaald wat het effect is van die meerkosten op het te verwachten volume van het goederenvervoer over het spoor.

2. Trillingen en wielonderhoud

2.1. Beperking van trillingen door wielonderhoud

Trillingen in het spoorverkeer ontstaan onder meer als de wielen onder treinen niet goed rond zijn. Het gaat daarbij niet alleen om de wielen van goederenwagons. Ook personentreinen en de locomotieven van goederentreinen kunnen trillingen veroorzaken. In dit onderzoek wordt de aandacht gericht op de trillingen die door goederenwagons worden veroorzaakt.

Onderhoud aan de wielen van goederenwagons vindt op dit moment alleen plaats als zij een bepaald aantal kilometers hebben afgelegd of als de wielen zodanig beschadigd zijn dat zij niet langer verantwoord gebruikt kunnen worden. De daarbij gehanteerde normen richten zich op het waarborgen van de veiligheid van de trein en het beperken van schade aan het spoor. Omgevingshinder speelt in die normen geen rol. Dat betekent dat lichte afwijkingen van de normale rondheid van wielen nu geen aanleiding geven tot onderhoudsingrepen. In de in dit rapport onderzochte scenario's gebeurt dit wel.

De scenario's richten zich alle drie op het waarborgen van de rondheid van de wielen van goederenwagons. Dit gebeurt door het verwijderen van een dunne laag metaal aan het wieloppervlak, een procedure die bekend staat als het "afdraaien" van een wiel. Afdraaien kan gebeuren door het demonteren van een as en het vervolgens in een werkplaats behandelen van de aan die as gemonteerde wielen. De twee aan een as gemonteerde wielen worden altijd samen behandeld. Dit voorkomt dat zij na afloop van de behandeling uiteenlopende diameters hebben. Afdraaien kan ook worden uitgevoerd op een zogenaamde kuilwielenbank. Dit is een instrument waar een wagon op wordt gereden en waarop de wielen zonder voorafgaande demontage behandeld kunnen worden.

Afdraaien maakt een wiel kleiner. De diameter van de wielen van goederenwagons is gebonden een aan minimum. Dat betekent dat afdraaien niet onbeperkt kan gebeuren. De ervaring leert dat de wielen van een as maximaal vier keer kunnen worden afgedraaid. Daarna dienen zij door nieuwe wielen te worden vervangen.

2.2. Onderhoud aan de wielen van goederenwagons op dit moment

Op dit moment vindt het onderhoud aan de wielen van goederenwagons plaats op twee manieren:

1. *Periodiek onderhoud*
   Goederenwagons worden op gezette tijden gereviseerd. Dit gebeurt in het algemeen één keer in de zes jaar. Het gaat om een onderhoudsbeurt die zich niet alleen richt op de wielen, maar op alle onderdelen van de wagon. Als aan de wielen onregelmatigheden worden geconstateerd, leidt dit tot het afdraaien of vervangen van assen.
2. *Incidenteel onderhoud na een veiligheidssignaal*
   De wagons in een goederentrein worden bij elke treinrit vóór vertrek en na aankomst geïnspecteerd. Dit werk wordt uitgevoerd door een zogenaamde wagenmeester. Als de wagenmeester aan een wiel afwijkingen constateert die de veiligheid van de trein in het geding kunnen brengen, wordt de wagon uit de trein gehaald en vervangen door een ander rijtuig. De kapotte wagon wordt op een apart spoor gezet. Daar wordt de betrokken as met behulp van een kraan onder de wagon vandaan gehaald en vervangen door een gereviseerde of nieuwe as. Als er een werkplaats in de buurt is kan er ook voor worden gekozen om de werkzaamheden daar uit te voeren. Ervaringsgegevens leren dat in een jaar gemiddeld één van elke vijftien wagons te maken krijgt met incidenteel wielonderhoud.

2.3. Meting van trillingen die worden veroorzaakt door goederenwagons

ProRail verricht op 45 locaties in het Nederlandse spoornetwerk continu metingen met het zogenaamde Quo Vadis systeem. Dit systeem meet onder meer de trillingen die door elk passerend wiel van een spoorvoertuig worden gegenereerd. Die intensiteit van die trillingen worden onder meer uitgedrukt in de eenheid "RMS laag". ProRail in is de meeste gevallen in staat om de meetresultaten toe te wijzen aan individuele spoorvoertuigen. Dit betekent dat het mogelijk is om op het Nederlandse spoornetwerk goederenwagons te identificeren die vaak sterke trillingen veroorzaken.

3. De drie scenario's

3.1. Inleiding

In het rapport van PiT zijn zeven scenario's gepresenteerd voor het bestrijden van trillingen die worden veroorzaakt door de wielen van goederenwagons. Van die scenario's zijn er drie geselecteerd voor de uitvoering van een economische toets. Het gaat om de volgende drie:

- structureel preventief onderhoud aan alle kolen- en ertswagons in Nederland
- correctief onderhoud aan alle goederenwagons die minstens tien keer in een jaar de trillingswaarde RMS laag 7,5 of meer voortbrengen
- correctief onderhoud aan alle kolen- en ertswagons die minstens tien keer in een jaar de trillingswaarde RMS laag 15 of meer voortbrengen.

In de volgende drie paragrafen wordt ingegaan op de aard van de in elk scenario te nemen maatregelen.

In alle scenario's wordt voor het uitvoeren van aswissels uitgegaan van de procedure die is beschreven in het rapport van PiT (paragraaf 7.3):

- identificeren van de wagon waarin één of meer aswissels dienen plaats te vinden
- uit de trein rangeren van deze wagon
- in de trein rangeren van een vervangende reservewagon
- verplaatsen van de uitgerangeerde wagon naar een reparatiespoor
- hijsen van de wagon om assen te kunnen wisselen
- uitvoeren van aswissel(s)
- verplaatsen van gerepareerde wagon naar opstelspoor reservewagons.

Gedemonteerde assen worden naar een werkplaats getransporteerd en daar afgedraaid of, als ze het eind van hun technische levensduur hebben bereikt, vervangen. Realisering van de scenario's zal vragen om uitbreiding van de nu beschikbare capaciteit aan werkplaatsen, monteurs, reserve-assen, reservewagons, opstelsporen voor reservewagons, reparatiesporen en hijsmaterieel. De doorlooptijd die benodigd is om die uitbreidingen te realiseren wordt geschat op tenminste drie jaar. Met name de werving en opleiding van monteurs en de besluitvorming en vergunningverlening rond het aanleggen van nieuwe opstel- en reparatiesporen zal tijd vragen. De planning is sterk afhankelijk van de mate waarin ProRail de realisering van deze maatregelen zal prioriteren. Hetzelfde geldt voor eventuele private investeringen. Zonder rendabele business case investeren commerciële partijen niet.

3.2. Preventief afdraaien van de wielen van kolen- en ertswagons

Wagons voor het vervoer van steenkool en erts zijn in het algemeen zwaarder beladen dan andere goederenwagons. Dit leidt tot snellere slijtage van de wielen. Deze snellere slijtage in combinatie met het hoge gewicht van de beladen wagons zorgen ervoor dat kolen- en erts wagons relatief veel trillingen veroorzaken. In dit scenario wordt ervan uitgegaan dat de wielen van alle wagons van dit type ieder jaar aan een preventieve afdraaibeurt worden onderworpen.

In 2024 werden door het Quo Vadis meetsysteem 4.588 verschillende kolen- en goederenwagons op het Nederlandse spoor gedetecteerd. Dit zijn wagons die soms op een vaste route heen en weer reizen tussen Nederland en het land van bestemming. Maar er zitten ook wagons tussen die ons land slechts sporadisch aandoen. In dit scenario wordt het in 2024 vastgestelde aantal als uitgangspunt genomen. Dat betekent dat wordt verondersteld dat ieder jaar alle wielen van 4.588 kolen- en ertswagons worden afgedraaid.

3.3. Correctief afdraaien van wagons met tien of meer hoge trillingsmetingen per jaar

In dit scenario wordt trillingsonderhoud gepleegd aan alle typen wagons die in een jaar tenminste tien keer een trillingswaarde van RMS laag 7,5 genereren. De wagons worden geïdentificeerd op basis van de metingen van het Quo Vadis systeem en de informatie die ProRail heeft over de samenstelling van goederentreinen. In 2024 werden er in totaal 54.691 unieke goederenwagons op het Nederlandse spoor gedetecteerd. Het Quo Vadis systeem registreerde bij 16.000 van die wagons tenminste tien keer trillingen met een

waarde van RMS laag 7,5 of meer. In dit scenario wordt ervan uitgegaan dat dat cijfer als gevolg van correctief onderhoud in voorgaande jaren met 25% zal dalen naar een gemiddelde van 12.000 per jaar. Hoe sterk dit effect werkelijk zal zijn, is in dit stadium bij gebrek aan ervaringsgegevens niet exact te begroten.

3.4. Correctief afdraaien van kolenwagons met tien of meer zeer hoge trillingsmetingen per jaar

In dit scenario wordt trillingsonderhoud gepleegd aan kolen- en ertswagons die in een jaar tenminste tien keer een trillingswaarde van RMS laag 15 genereren. De wagons worden geïdentificeerd op basis van de metingen van het Quo Vadis systeem en de informatie die ProRail heeft over de samenstelling van goederentreinen. In 2024 werden er in totaal 4.588 unieke kolen- en ertswagons op het Nederlandse spoor gedetecteerd. Het Quo Vadis systeem registreerde bij 1.404 van die wagons tenminste tien keer trillingen met een waarde van RMS laag 15 of meer. In dit scenario wordt ervan uitgegaan dat dat cijfer als gevolg van correctief onderhoud in voorgaande jaren met 25% zal dalen naar een gemiddelde van 1.050 per jaar. Hoe sterk dit effect werkelijk zal zijn, is in dit stadium bij gebrek aan ervaringsgegevens niet exact te begroten.

4. Meerkosten

4.1. Inleiding

Elk scenario brengt een meerkosten met zich ten opzichte van het huidige onderhoudsregime van goederenwagons. Dit hoofdstuk gaat voor elk scenario in op de omvang van die meerkosten. Dat gebeurt volgens de volgende methodiek:

- bepaling van het aantal wagons en assen waaraan in elk jaar trillingsonderhoud dient plaats te vinden
  - op basis van de uitgangspunten van het scenario
  - en een veronderstelling over het effect van trillingsonderhoud op het bestaande onderhoud en vice versa
- bepaling van de gemiddelde kosten van het trillingsonderhoud per as
  - de kosten voor rangeren zoals beschreven in paragraaf 3.1
  - de kosten voor het hijsen van de wagon
  - de kosten voor de aswissel met inbegrip van transport, afdraaien en het periodiek vervangen van assen
  - kosten voor coördinatie, administratie en keuringen
- bepaling van de kosten voor de huur van extra reservewagons
  - op basis van een vast te stellen gemiddeld huurbedrag per wagon per dag
  - en de gemiddelde duur van de huurtermijn

Deze gegevens worden gecombineerd om te komen tot een begroting van de meerkosten van elk scenario ten opzichte van een situatie waarin geen trillingsonderhoud plaatsvindt. In dit Hoofdstuk wordt eerst ingegaan op de drie belangrijke kostencomponenten:

- de kosten voor trillingsonderhoud
- de kosten voor wagonhuur
- besparingen door overlap tussen bestaand onderhoud en trillingsonderhoud

Daarna worden de daaruit voortvloeiende cijfers voor de drie scenario's vastgesteld.

Alle meerkosten zijn begroot in de vorm van de lasten die door de betrokken dienstverleners in de onderhoudsketen in rekening worden gebracht: van onderhoudswerkplaatsen, rangeeroperators en kraanbedrijven tot wagonverhuurders. Wat de omvang is van de investeringen die deze partijen binnen hun eigen exploitatie moeten realiseren valt buiten de scope van het onderzoek.

Er dient op gewezen te worden dat de haalbaarheid van deze investeringen geen gegeven is. Commerciële ondernemingen investeren op basis van een voor hen acceptabele balans van risico en rendement. Die balans is bij investeringen in de technische dienstverlening aan het spoorgoederenvervoer niet gunstig. Het potentiële rendement is beperkt omdat de diensten worden geleverd aan sector met sterke concurrentie en lage marges. De risico's zijn relatief hoog als gevolg van de grote afhankelijkheid van het spoorgoederenvervoer voor aanpassingen in de voor de sector geldende regelgeving.

4.2. Kosten en besparingen

4.2.1. Kosten voor trillingsonderhoud

Incidenteel veiligheidsonderhoud
Vertrekpunt voor het begroten van de kosten voor trillingsonderhoud zijn de huidige kosten voor incidenteel wielonderhoud na een veiligheidssignaal (zie paragraaf 2.2). Voor dit type onderhoud wordt volgens een uitgewerkte begroting van PiT gemiddeld € 6.390 per as betaald. In dat bedrag zijn de volgende kosten inbegrepen:

- inspecteren van de gehele wagenset in een trein en selecteren van de wagons en de in die wagons aanwezige assen die onderhoud vragen (zowel primaire inspectie als latere inspecties, metingen, keuringen en certificatie)
- rangeerkosten voor het vervangen van de betrokken wagon door een reservewagon
- kosten voor gebruik van een opstelspoor voor de te onderhouden wagon gedurende gemiddeld twee weken
- inschakeling van een mobiele ploeg om de as in de te onderhouden wagon te vervangen door een gereviseerde as
- kraanhuur voor het hijsen van de wagon ten behoeve van de aswissel
- kosten voor het transporteren en afdraaien van de gedemonteerde as
- kosten voor het op voorraad houden van gereviseerde assen
- kosten voor beheer en administratie.

Van het totaalbedrag heeft € 2.200 betrekking op de eigenlijke aswissel en € 3.800 op de rangeerwerkzaamheden. De resterende € 390 betreft kosten voor coördinatie en administratie.

Een geoptimaliseerd proces voor trillingsonderhoud
Trillingsonderhoud wordt in de onderzochte scenario's in dermate grote volumes uitgevoerd dat ruimte ontstaat voor de inrichting van een geoptimaliseerd proces.

PiT gaat ervan uit (paragraaf 7.3 en 7.4) dat dit proces de kosten voor het wisselen van een enkele as in een wagon reduceert naar € 2.905. Van dat bedrag heeft € 1.000 betrekking op de eigenlijke aswissel en is € 1.905 nodig voor alle andere kosten. Als van één wagon twee of vier assen tegelijk worden gewisseld is het kostenbedrag per gewisselde as lager. Het bedrag van € 1.905 aan overige kosten kan dan worden omgeslagen over het aantal gewisselde assen. Dat leidt bij het wisselen van twee assen in een wagon tot een bedrag per aswissel van € 1.953. Als vier assen worden gewisseld komen de kosten uit op € 1.476 per as.

4.2.2. Kosten voor wagonhuur

Het uitvoeren van trillingsonderhoud mag geen gevolgen hebben voor de productiviteit van het goederenvervoer per spoor. Dat betekent dat alle wagons die ten behoeve van trillingsonderhoud buiten gebruik worden gesteld, onmiddellijk vervangen moeten kunnen worden door reservewagons. Vervoerders zullen daarvoor additionele capaciteit aan reservewagons dienen te huren. In alle scenario's is ermee gerekend dat een wagon in verband met elke afdraaibeurt gemiddeld twee weken buiten gebruik is. De totale huurkosten voor reservewagons per jaar is bepaald door het aantal te onderhouden wagons in elk scenario te vermenigvuldigen met een gemiddelde huurperiode van twee weken en een voor elk scenario specifieke huurprijs voor reservewagons per dag.

In de scenario's 1 en 3 voor kolen- en ertswagons is gerekend met een gemiddelde dag-huurprijs van € 30,00. In scenario 2 is gerekend met een gemiddelde prijs van € 35,00 per dag. De gemiddelde huurprijs van alle andere wagons dan kolen- en ertswagons is volgens marktpartijen ongeveer gelijk aan € 40,00 per dag. De metingen van Quo Vadis wijzen uit dat ruim de helft van de te onderhouden voertuigen in dit scenario kolen- en ertswagons zijn. Dat betekent dat voor de gehele vloot in dit scenario met het gemiddelde van € 30,00 en € 40,00 per dag dient te worden gerekend.

4.2.3. Besparingen door overlap met bestaand onderhoud

Er is van uitgegaan dat bestaand onderhoud aan goederenwagons op twee manieren doorwerkt in de meerkosten voor trillingsonderhoud. Een eerste effect volgt uit de periodieke revisies van goederenwagons. Iedere goederenwagon wordt gemiddeld een keer in de zes jaar onderworpen aan een volledige revisie. In het preventieve scenario 1 is ervan uitgegaan dat de revisiebeurt de preventieve afdraaibeurt in hetzelfde jaar overbodig maakt. Dat komt er praktisch gesproken op neer dat de preventieve afdraaibeurt één keer in de zes jaar wordt overgeslagen.

In de twee correctieve scenario's is geen rekening gehouden met het overslaan van afdraaibeurten in een revisiejaar. De cijfers van het aantal af te draaien assen in is in deze twee scenario's immers gebaseerd op metingen aan een vloot waarvan alle voertuigen de periodieke revisiebeurten ondergaan. Het effect van die revisies op trillingen is dus al verwerkt in de raming van het aantal uit te voeren afdraaibeurten.

Een tweede effect heeft te maken met het incidentele veiligheidsonderhoud. Alleen gaat het hier niet om een uitwerking van het bestaande onderhoud op het trillingsonderhoud, maar andersom. Trillingsonderhoud leidt er in alle scenario's toe dat wielen vaker in de werkplaats terecht komen dan nu het geval is. Het ligt voor de hand dat dit geïntensiveerde onderhoudsregime leidt tot een afname van de behoefte een incidenteel veiligheidsonderhoud.

In het eerste scenario worden alle wielen van elke wagon één keer per jaar afgedraaid. Er is van uitgegaan dat dit leidt tot en daling van de incidentele uitval met 50%. In de andere twee scenario's is de frequentie van het trillingsonderhoud veel lager: gemiddeld één keer in de vijf jaar. In die scenario's is er daarom van uitgegaan dat de besparing op veiligheidsonderhoud beperkt blijft tot 20%.

Kosten voor incidenteel veiligheidsonderhoud zijn overeenkomstig de cijfers in paragraaf 2.2 lid 2 en paragraaf 4.2.1 bepaald op basis van een onderhoudsfrequentie van eens in de vijftien jaar en gemiddelde kosten van € 6.390 per aswissel. Dit leidt voor de verschillende scenario's tot jaarlijkse kosten zoals opgenomen in onderstaande tabel.

Incidenteel Veilgheidsonderhoud op dit moment	Wagons Veiligheid Incidenteel Nu	Assen per wagon	Assen veiligheid incidenteel per jaar	Kosten Veilgheid Incidenteel (€ mln.)
Preventief kolenwagens	334	1	334	2,1
Correctief alle wagens die minstens 10 keer in een jaar trillingssignaal geven groter dan RMS laag 7,5	4.004	1	4.004	25,6
Correctief kolenwagens die minstens 10 keer in een jaar trillingssignaal geven groter dan RMS laag 15	334	1	334	2,1

4.3. Meerkosten per scenario

De meerkosten per scenario volgens uit de uitgangspunten voor elk scenario zoals beschreven in Hoofdstuk 3 en de in dit Hoofdstuk besproken bedragen. De uitgangspunten van de scenario's zijn samengevat in onderstaande tabel.

Uitgangspunten per scenario	Wagons Totaal (PiT)	Wagons Onderhoud Trillingen (PiT)	Assen per wagon gemiddeld (PiT)	Frequentie per jaar	Assen per jaar Onderhoud Trillingen	Nieuwe assen per jaar Trillingen
Preventief kolenwagens	4.588	4.588	4	0,83	15.293	3.059
Correctief alle wagens die minstens 10 keer in een jaar trillingssignaal geven groter dan RMS laag 7,5	55.000	12.000	2	1,00	24.000	4.800
Correctief kolenwagens die minstens 10 keer in een jaar trillingssignaal geven groter dan RMS laag 15	4.588	1.050	2	1,00	2.100	420

Als die gegevens worden gecombineerd met de in dit Hoofdstuk 4 besproken kostenbedragen kunnen de totale meerkosten van elk scenario worden bepaald. Dat is gebeurd in de tweede tabel hieronder.

Meerkosten per scenario	Meerkosten onderhoud trillingen (€ mln)	Merkosten Reserve wagons	Meerkosten scenario (€ mln)
Preventief kolenwagens	21,5	1,9	23,4
Correctief alle wagens die minstens 10 keer in een jaar trillingssignaal geven groter dan RMS laag 7,5	41,7	5,9	47,6
Correctief kolenwagens die minstens 10 keer in een jaar trillingssignaal geven groter dan RMS laag 15	3,7	0,4	4,1

De meerkosten die gepaard gaan met scenario 3 zijn het laagst: € 4,1 miljoen. Veel hoger zijn de meerkosten die optreden in de scenario's 1 (€ 23,4 miljoen) en 2 (€ 47,6 miljoen).

5. Verwacht effect van elk scenario op het vervoersvolume

5.1. Inleiding

De markt voor goederenvervoer is prijselastisch. Dat wil zeggen dat hogere kosten en daaruit voortvloeiende hogere marktprijzen voor spoorvervoer leiden tot een verlies van volume aan andere vervoersmodaliteiten. Dat volumeverlies kan worden bepaald met behulp van twee gegevens:

- de relatieve prijsstijging van het spoorgoederenvervoer
- de prijselasticiteit van het spoorvervoer

Het verwachte volumeverlies is gelijk aan het marktvolume in 2024 vermenigvuldigd met de relatieve prijsstijging vermenigvuldigd met de prijselasticiteit.

5.2. Relatieve prijsstijging

De relatieve prijsstijging in elk scenario wordt als volgt bepaald:

- bepaling van het omzetvolume in het voor elk scenario relevante deel van de markt in 2024
  - voor de scenario's 1 en 3 de omzet van het spoorvervoer van kolen en erts
  - voor scenario 2 de totale omzet van het spoorgoederenvervoer
- bepaling van de meerkosten en de daaruit voortvloeiende stijging van de prijzen in elk scenario.

De markt is gedefinieerd als de omzet van spoorgoederenvervoerders op de Nederlandse kilometers van hun ritten. Prijsstijgingen zijn bepaald op basis van de veronderstelling dat kostenstijgingen zonder opslag worden doorberekend aan de markt.

5.3. Prijselasticiteit

De prijselasticiteit in elk vervoerssegment is ontleend aan de in 2018 in opdracht van het Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen uitgevoerde studie *Gutachten zur Bestimmung der Elastizität der Nachfrage der Eisenbahnverkehrsunternehmen* (hierna*:* "*Gutachten*"). Dit is ook het rapport dat in 2021 na uitvoerige beoordeling door ProRail en de Nederlandse spoorgoederenvervoerders is gekozen als basis voor de economische analyse in het ProRail-rapport *Implementatie van ERTMS in het spoorgoederenvervoer.*

In de scenario's 1 en 3 is gerekend met de in *Gutachten* bepaalde prijselasticiteit van -/- 0,74 voor het goederenvervoer van kolen en erts. In scenario 2 is gewerkt met een afgeleid cijfer dat aansluit bij de samenstelling van de te onderhouden vloot aan wagons. In dit scenario bestaat 54% van de blijkens Quo Vadis-gegevens te onderhouden vloot uit kolen- en ertswagons. De andere 46% bestaat uit alle andere typen wagons. In overeenstemming hiermee is gerekend met een gewogen gemiddelde elasticiteit van -/- 1,15. Dit cijfer volgt uit een elasticiteit van -/- 0,74 voor het vervoer van kolen- en erts (54%) en van -/- 1,64 voor het voervoer in alle andere typen wagons (46%).

5.4. Omzet spoorgoederenvervoer in 2024

De omzet van het spoorgoederenvervoer in Nederland in 2024 is bepaald op basis van de cijfers het ProRail-rapport *Implementatie van ERTMS in het spoorgoederenvervoer.* Dat is als volgt gebeurd:

- in het rapport is een raming gemaakt van de omzet in elk segment van het spoorgoederenvervoer in Nederland in 2019
- dat cijfer is aangepast op basis van de volume-ontwikkeling van elk segment tussen 2019 en 2024 zoals bekend gemaakt in de jaarrapporten van ProRail over de ontwikkeling van het spoorgoederenvervoer
- het resultaat is geïndexeerd op basis van de door het CBS gepubliceerde prijsindex voor goederenvervoer over het spoor voor de periode 2021 - 2024 (139%), vermeerderd met de index voor het goederenvervoer als geheel in 2020 (101,5%); in dat jaar publiceerde het CBS geen aparte index voor het spoorgoederenvervoer.

Dit leidt tot het overzicht in onderstaande tabel.

Type lading	Volume 2019 (ton) ProRail	Omzet 2019 Bridgecraft (€ mln)	Volume 2024 (ton) ProRail	Prijs stijging 20 - 24	Omzet 2024 (€ mln)
Containers	18,5	79,4	17,9	41%	108,3
Kolen	8,1	33,8	4,9	41%	28,8
Ertsen	5,9	18,0	4,9	41%	21,1
Natte Bulk	4,5	63,6	6,6	41%	131,6
Droge Bulk	1,8	12,5	1,5	41%	14,7
Staal	2,6	10,8	2,4	41%	14,1
Overig	0,9	20,0	1,4	41%	43,8
Totaal	42,3	238,0	39,6		362,5

In het spoorvervoer van kolen en erts werd in 2024 volgens deze berekening € 49,9 miljoen omgezet. Dat is het cijfer op basis waartegen de kostenstijging als gevolg van trillingsonderhoud in de scenario's 1 en 3 afgezet moet worden. De totale marktomvang in 2024 van € 362,5 miljoen is bepalend voor de beoordeling van de kostenstijging door trillingsonderhoud in scenario 2.

5.5. Volume-effect van elk scenario

In paragraaf 5.1 is gesteld dat het volumeverlies in elk scenario gelijk is aan het marktvolume in 2024 vermenigvuldigd met de relatieve prijsstijging in dat scenario vermenigvuldigd met de voor dat scenario vastgestelde prijselasticiteit. In de vorige paragrafen zijn die cijfers voor elk scenario bepaald. Het resultaat is te zien in onderstaande tabel.

Volume-effect van meerkosten per scenario	Markt-omvang (€ mln)	Relatieve Prijs-stijging	Prijs-elasticiteit	Relevant Volume ProRail 24 (mln ton)	Verwacht Volume verlies (mln ton)
Preventief kolenwagens	49,9	47,0%	(0,74)	9,8	3,4
Correctief alle wagens die minstens 10 keer in een jaar trillingssignaal geven groter dan RMS laag 7,5	362,5	13,1%	(1,15)	39,6	6,0
Correctief kolenwagens die minstens 10 keer in een jaar trillingssignaal geven groter dan RMS laag 15	49,9	8,2%	(0,74)	9,8	0,6

De tabel laat zien dat het vervoersvolume aan kolen- en erts over het spoor in scenario 1 met 35% daalt van 9,8 tot naar schatting 6,4 miljoen ton. In scenario 2 neemt het totale vervoersvolume af met naar schatting 6,0 miljoen ton (-/- 15%). In scenario drie is sprake van een volumeverlies van 0,6 miljoen in het vervoer van kolen en erts (-/- 6%).

Volumeverlies bij het spoorgoederenvervoer leidt tot volumestijging in van wegtransport en de binnenvaart en mogelijk ook tot het verdwijnen van (een deel van) bepaalde ladingstromen en de daaraan gekoppelde economische activiteiten uit Nederland. Dit effect en zijn maatschappelijke-economische gevolgen zijn in het verband van deze studie niet onderzocht.