

Technische vraagspecificatie (Programma van Eisen)

betreffende

Draadloze Wielpassagesensoren

Beter benutten emplacementen met behulp van draadloze
wielpassagesensoren

Versie 2.0

Document: Technische Vraagspecificatie (Programma van Eisen)

Kenmerk: TN 595135

Revisiegegevens

Versie	Datum	Wijziging
001	18 december 2025	Initiele document
002	11 maart 2026	Eerste draft versie
003	15 april 2026	Taalkundige wijzigingen en enkele aanpassingen
004	13 mei 2026	Aanvullende CyberSecurity-eisen opgenomen
005	5 augustus 2026	Finale versie v2

Inhoudsopgave

REVISIEGEGEVENS	2
INHOUDSOPGAVE	3
1 BEGRIPSBEPALINGEN.....	437
2 INLEIDING	5
2.1 DEFINITIE.....	5
2.2 LEESWIJZER	6
3 VAN TOEPASSING ZIJNDE DOCUMENTEN	9
3.1 BINDENDE DOCUMENTEN.....	9
4 EISEN.....	10
4.1 SYSTEEMEISEN	10
4.2 OBJECT- / DETAILEISEN	10
4.3 ASPECTEISEN	24
4.4 SYSTEEMGEBRUIKSDOCUMENTATIE EISEN	2928
4.5 RAAKVLAKEISEN	2928
5 BERICHTUITWISSELING	3029
5.1 DEFINITIE.....	3029
5.2 STARTBERICHT	3029
5.3 EINDBERICHT	3029
5.4 TOEVOEGING.....	3029
5.5 STATUSMELDING	3029
5.6 FORMAAT	3130
6 VOORBEELDBERICHTEN	3332
6.1 VOORBEELD STARTBERICHT (IN JSON FORMAT)	3332
6.2 VOORBEELD EINDBERICHT (IN JSON FORMAT)	3433
6.3 VOORBEELD NALEVERING / TOEVOEGING (IN JSON FORMAT)	3534
6.4 VOORBEELD HEARTBEAT BERICHT (IN JSON FORMAT)	3635
7 KWALITEITSTEST.....	3736

1 Begripsbepalingen

In deze Overeenkomst kunnen documentnamen, namen van werkpakketten, proceseisen en producten een beginhoofdletter hebben. De betekenis daarvan volgt uit de inhoud. Overige gedefinieerde begrippen, met een beginhoofdletter aangeduid, zijn gedefinieerd in de Algemene Voorwaarden.

Afkorting	Definitie met uitleg
NCBG	Niet-Centraal Bediend Gebied. In dit gebied is geen beveiliging en staat dus niet onder controle van de verkeersleiding.
CBG	Centraal Bediend Gebied. In dit gebied is beveiliging en staat onder controle van verkeersleiding.
UTC	Coordinated Universal Time is de wereldwijd gebruikte standaard tijd plus het aantal uren afhankelijk van de tijdzone.
MLRS	Materieel Locatie & Registratie Systeem is een registratiesysteem waarmee de TreinDienstLeider kan zien wat voor materieeltype inclusief ladinginformatie waar staat op NCBG.
MTTF	Mean Time To Failure. De gemiddelde tijd dat de sensor dient te werken voordat onderhoud of vervanging nodig is.
PGO	Bij PrestatieGericht Onderhoud wordt gestuurd op de continuïteit van levering van kwaliteit van de oplossing.
DVP	Een Digitaal VeiligheidsPaspoort is een digitaal systeem waarin gegevens met betrekking tot de veiligheid en het veilig werken van een werknemer zijn opgeslagen.

2 Inleiding

ProRail heeft behoefte aan inzicht over het gebruik van emplacementen, hoeveel bewegingen de treinen maken en hoeveel er staan. Hiertoe wil ProRail wiel passagesensoren inzetten om betreffende data te kunnen vergaren.

Dit document beschrijft de eisen aan de wiel passagesensor en bijbehorende infrastructuur ('Het Systeem'), en daaraan verwante zaken. De eisen zijn de vanuit ProRail gestelde technische prestatie- en kwaliteitseisen teneinde het Systeem te kunnen passen binnen de systeem- en procesomgeving van ProRail.

2.1 Definitie

Systeemdefinitie

Het Systeem dient de passage van een wiel met een diameter van minimaal 33 cm te detecteren in NCBG & CBG, en de daarbij gegenereerde data inclusief tijdstempel draadloos te versturen, met daarin inbegrepen alle daaraan gerelateerde en gedefinieerde overige datavelden.

Beschrijving systeemgrenzen

Het Systeem levert data aan een eerder opgezet benuttingsdashboard binnen het ProRail-domein (ProRail-platform). Het onderhouden en instandhouden van het Systeem – van het genereren van data tot en met de levering ervan aan ProRail - is onderdeel van deze uitvraag, en daarmee de verantwoordelijkheid van de Opdrachtnemer voor de duur van het contract.

De ingest van de data, de verwerking en de analyse van de data, het verrijken ervan en het tonen in daarvoor ingerichte dashboards valt onder verantwoordelijkheid van het project Last Mile Spoor van ProRail.

Het betreft geen uitvraag voor een veiligheidskritisch systeem.

Toepassing/ systeemcontext

De data die wordt verkregen uit het Systeem dient als input voor het in een eerdere fase van het project Last Mile Spoor (locatie Botlek) ontwikkelde benuttingsdashboard. In dit dashboard wordt inzichtelijk gemaakt welke sporen wanneer en voor welke tijdsperiode bezet zijn en wat de samenstelling van de trein is. Deze informatie wordt gedeeld voor analyse-toepassingen bij Capaciteit Management. Door de inzichten uit het benuttingsdashboard kan de planbare capaciteit op het emplacement beter worden verdeeld. Ook wordt gekeken naar de waarde die de informatie kan leveren voor externe stakeholders; deze zal mogelijk (in een latere fase) worden gebruikt voor ondersteuning van processen bij Verkeersleiding, hulpdiensten en overige stakeholders.

De sensordata zal tijdens de looptijd op sommige locaties verrijkt worden met treinpassage- en ladinginformatie, geregistreerd door middel van beeldherkenningscamera's. Deze camera's worden op een aantal strategische plaatsen van de goederenemplacementen geplaatst. Al deze deelsystemen en databronnen leveren informatie aan het ProRail benuttingsdashboard.

Levering van het systeem

De levering van wielpassagesensoren zal conform in gunningseisen aangeven levertijd in delen plaatsvinden. Direct na gunning zal de Opdrachtnemer de leverdatum met ProRail overleggen, zodat een planning kan worden gemaakt voor installatie per locatie.

Aanleg van het systeem

Na gunning zal in overleg met Opdrachtnemer en de door ProRail geselecteerde aannemer een plaatsingsplanning worden overlegd. Voor de aanleg zal gebruikgemaakt worden van bestaande buitendienststellingen. Dit betekent dat er geen aparte buitendienststellingen worden aangevraagd voor de aanleg van de wielpassagesensoren. Er zijn verschillende soorten buitendienststellingen: dag, avond/nacht en weekend. Dit varieert per locatie waar de sensoren geplaatst dienen te worden. Op sommige locaties wordt niet het gehele emplacement in een keer, maar in delen buiten dienst genomen. Voor de plaatsing dient hiermee rekening te worden gehouden. In het prijzenblad is een indicatie gegeven van het verwachte aantal buitendienststellingen per locatie. Hierbij is de wens indien mogelijk zoveel mogelijk sensoren tijdens een buitendienststelling te plaatsen. De Opdrachtnemer plaatst de sensoren zelf onder supervisie van een door ProRail aangestelde en door ProRail betaalde veiligheidsmensen en volgt hierbij de vereiste veiligheidsprocedures als omschreven in dit document. Voor deze werkzaamheden is een Digitaal Veiligheid Paspoort (DVP) of een geldige DVP-dagpas verplicht.

Onderhoud en storingsherstel

Indien er tijdens de looptijd van het contract onderhoud en/of storingsherstel dient plaats te vinden, gaat dit altijd in overleg met ProRail. Voor deze werkzaamheden is tevens een buitendienststelling nodig en ook voor deze werkzaamheden is een Digitaal Veiligheids Paspoort (DVP) of een geldige DVP-dagpas verplicht.

2.2 Leeswijzer

Inleiding

In deze paragraaf wordt toegelicht hoe de Eisenspecificatie is ingedeeld. Kenmerkend voor deze Eisenspecificatie is de indeling naar diverse soorten eisen en de samenhang tussen de eisen. De eisen vallen uiteen in de volgende typen eisen:

- Systeemeisen;
- Object- / Detaileisen;
- Aspecteisen;
- Eisen aan Systeemgebruiksdocumentatie;
- Raakvlakeisen.

Systeemeisen

Deze eisen betreffen de (functionele) eigenschappen volgens welke het Systeem dient te functioneren gedurende de gebruiksduur.

Object- / Detaileisen

Object- / Detaileisen zijn eisen die gesteld worden met betrekking tot voorgeschreven objecten/details. Indien een object wordt voorgeschreven is tevens aangegeven aan welke eisen dit object/detail dient

te voldoen. Dit kan zijn door te verwijzen naar een kenmerkend voorschrift waarin vervolgens randvoorwaardelijke eisen staan vermeld, maar ook door specifieke (detail)eisen te stellen. Deze eisen zijn minimale eisen. Dit betekent dat de Opdrachtnemer de eisen zelf dient te complementeren zodat voldaan wordt aan de overige eisen uit deze specificatie.

Aspecteisen

Aspecteisen bestaan in beginsel uit de Prestatie-eisen (Betrouwbaarheid, Beschikbaarheid, Onderhoudbaarheid, Veiligheid) en vormgevingseisen en stellen daarmee voorwaarden aan de prestaties van het Systeem.

Systeemgebruiksdocumentatie-eisen

De eisen omtrent Systeemgebruiksdocumentatie bestaan uit eisen aan de documentatie om het Systeem te kunnen gebruiken, zijnde het bedienen, installeren, onderhouden en de-installeren. De Systeemgebruiksdocumentatie bestaat uit alle gegevens benodigd om het Systeem gedurende de gebruiksduur te kunnen gebruiken binnen de aan het Systeem gestelde eisen.

Raakvlakkeisen

Fysieke en functionele raakvlakken zijn raakvlakken met andere systemen of gebruikers (systeemgrenzen). Het Systeem dient te voldoen aan eisen gesteld aan deze raakvlakken om daarmee binnen de systeemketen van de railinfra van ProRail te functioneren.

Van toepassing zijnde documenten

In hoofdstuk 3 van dit document staan de van toepassing zijnde documenten. Deze documenten zijn verdeeld in twee groepen:

- **Bindende documenten:** Bepalingen gesteld in deze documenten stellen eisen waaraan door de Opdrachtnemer dient te worden voldaan, tenzij uit de hiërarchie van de bindende documenten het tegendeel volgt;
- **Informatieve documenten:** Deze documenten bevatten informatie welke relevant kunnen zijn voor het uitvoeren van de Overeenkomst.

Structuur van de eisenspecificatie

De eisen zijn hiërarchisch opgesteld, dat wil zeggen dat iedere eis een onderliggende eis kan hebben. Door middel van de gebruikte codering is het mogelijk de afleiding van een eis van een boven- of onderliggende eis te traceren.

Eisen zijn als volgt weergegeven:

ID	Titel van de eis	Bron	Onderliggende eisen
1.1.1	<Eis>	1.1	1.1.1.1 – 1.1.1.2

Van links naar rechts geeft de matrix de volgende informatie:

- **ID:** De unieke nummering bestaat uit het nummer van de (bovenliggende) eis en een volgnummer behorende bij de eisenserie die onder de bovenliggende eis valt.

- **Titel van de eis:** De unieke titel van de eis bestaat uit twee componenten, <functie/aspect/onderwerp>, <trefwoord bij de eis>, met daaronder <Eis>: De omschrijving van de eis.
- **Bron:** Referentie naar een brondocument en/of de eis met paragraafaanduiding, waar de eis vandaan komt. Hier kan ook verwezen worden naar een bovenliggende eis.
- **Onderliggende eisen:** De nummers van de eisen die zijn afgeleid van de betreffende eis.
- Indien bij een eis een specifieke verificatie(methode) wordt voorgeschreven is deze terug te vinden in het werkpakket Systeemacceptatie van de vraagspecificatie Basisdiensten.

3 Van toepassing zijnde documenten

3.1 Bindende documenten

Type	Titel	Sectie	Document nummer	Versie	Datum	Auteur
Relevante documenten uit Rail Infra Catalogus	EMC-eisen aan apparatuur nabij alle geëlektrificeerde en niet geëlektrificeerde baanvakken in beheer bij ProRail		RLN00007	007	1-8-2020	ProRail
	Productspecificatie spoorstaven	3.1	SPC00011	008	1-7-2023	ProRail
Algemene voorschriften, normen en richtlijnen	Regeling spoorverkeer ¹	Artikel 24, bijlage 4	BWBR0017707		4-10-2024	Ministerie I&W
	Beschermingsgraden van omhulsels van elektrisch materieel (IP codering) ²		IEC 60529		28-12-2023	International Electrotechnical Commission IEC
	Voorschrift Veilig Werken Trein ³		VVW trein	3.0	Okt 2023	Rail Alert
	Ontsluiting en beveiliging van Railinfra assets		IBB 2.30	1.2	Nov 2016	ProRail
Procesbeschrijving	Informatiebeveiligingseisen voor Leveranciers van Wielpassagesensoren		Bijlage 14	1.0	Mei 2026	ProRail

¹ <https://wetten.overheid.nl/BWBR0017707/2023-10-04/0>

² <https://nl.wikipedia.org/wiki/IP-code>

³ <https://www.railalert.nl/regelgeving/regelgeving-aanrijdgevaar/voorschrift-veilig-werken-trein>

4 Eisen

4.1 Systeemeisen

ID	Wielpassagesensor	Bron	Onderliggende eisen
S1	De wielpassagesensor dient de passage van een wiel met een diameter van minimaal 33 cm in verschillende scenario's te detecteren in NCBG & CBG en informatie hierover draadloos te verzenden inclusief tijdstempel. Het geheel van geregistreerde sensoren, datacommunicatie en beheer hiervan wordt aangeduid als het Systeem.		
Toelichting	<i>De wielpassagesensor detecteert wielen en rijrichting bij passages en verstuurt de hiertoe gegenereerde data naar ProRail. Logica in het ProRail-platform zorgt ervoor dat materieel (gecombineerd) wordt herkend.</i>		

4.2 Object- / Detaileisen

ID	Het systeem: Object- of Detaileisen	Bindend voorschrift
O1	De wielpassagesensor dient een wiel bij passage te detecteren en de daarbij vereiste data, zie eis O1.1, naar ProRail te zenden.	
Toelichting	<i>Wielen van de volgende materieeltypen kunnen voorkomen op NCBG & CBG:</i> <i>(Goederen)wagen;</i> <i>Locomotief;</i> <i>Treinstel/rijtuig;</i> <i>Gecombineerd materieel, bijv. meerdere locs;</i> <i>Varianten en combinaties van bovenstaand.</i> <i>Uitgangspunt is dat het om een volwiel van ferrometaal gaat (standaard).</i> <i>Let op: Het is mogelijk dat een wiel stil komt te staan boven de wielpassagesensor dan wel slechts deels de sensor passeert en vervolgens weer terugkeert.</i> <i>Let op: Het kan voorkomen dat bij het remmen/optrekken van materieel, als gevolg van de verende werking van de op het materieel aanwezige buffers, een wiel van het materieel de sensor in beide richtingen (deels) passeert.</i> <i>De wielpassagesensor dient uiteraard met dergelijke scenario's om te kunnen gaan.</i>	

O1.1	De wielpassagesensor dient de volgende data te versturen naar ProRail: • Meettijdstip van wielpassage (per as) met een afwijking van maximaal +/- 0,1 seconde; • Berichten zijn voorzien van een oplopend volgnummer (sequence-ID per sensor ID conform standaard als uitgewerkt in paragraaf 5.6); • Unieke code van de betreffende wielpassagesensor (sensor-ID conform format als uitgewerkt in paragraaf 5.6); • Rijrichting (conform plaatsingsplan wat na gunning gedeeld zal worden).	
O1.2 <u>(WENS)</u>	De wielpassagesensor kan daarnaast: • De afstand tussen twee wielen bepalen (rad-afstand) (max. afwijking +/- 10%); • (Gecombineerd) materieel herkennen; • De rijnsnelheid bepalen (max. afwijking +/- 10%). Ook deze data wordt naar ProRail verstuurd als onderdeel van voornoemde eis O1.1.	
Toelichting	<i>Deze wens wordt niet meegenomen in de beoordeling</i> <i>Een wielpassagesensor kan bijvoorbeeld bestaan uit twee opnemers, waardoor het mogelijk is om de rad-afstand te meten en dus het materieel type te herkennen. Tevens is de rijrichting op deze manier te bepalen.</i>	
O1.3	De wielpassagesensor zal moeten kunnen werken met snelheden van maximaal 40 km/uur en binnen deze grens voldoende betrouwbaar zijn (zie ook de eisen onder paragraaf 4.3).	
O1.4	De wielpassagesensor dient direct na passage van het eerste wiel (of stilstand op de sensor) een startbericht te geven. Deze "start_event" is een attribute (=TRUE/FALSE) in dit bericht, waarbij alleen het tijdstip van de start van de meting wordt meegegeven. Dit startbericht dient in 99,9% van de gevallen zo spoedig mogelijk, maar binnen 15 seconden na passage verstuurd te worden. Voor de overige 0,1% geldt dat berichtgeving in ieder geval binnen 50 seconden dient plaats te vinden.	

O1.5	De wielpassagesensor dient na passage van het laatste wiel (of stilstand bovenop de sensor of wijziging van richting) een waarde voor eindbericht te geven. Dit "end_event" is een attribute (TRUE/FALSE) in dit bericht. Daarnaast wordt het totaal aantal assen sinds "start_event" (cumulatief) gegeven. Het einde van de meting wordt bepaald door het feit dat er 20 seconden zijn verstreken sinds de laatste wieldetectie, óf indien een wijziging van richting plaatsvindt. Het bericht "end_event" dient in 99,5% van de gevallen 20 seconden na laatste meting of wijziging van richting te worden gestuurd. Voor de overige 0,5% van bovenstaande berichten geldt dat berichtgeving in ieder geval binnen 50 seconden dient plaats te vinden. Bij wisseling van richting wordt direct een nieuw event gestart en wordt een startbericht gestuurd als gedefinieerd in O1.3.	
Toelichting	<i>Maximaal 20 seconden is gevraagd om een zo actueel mogelijk beeld te hebben van wat er op het spoor staat. Na maximaal 50 seconden moeten alle berichten zijn ontvangen in de ProRail-omgeving.</i>	
O1.6	Het eindbericht dient te bestaan uit een bundel van wielpassages in relatie tot eis O1.4.	
Toelichting	<i>Bijv.: indien binnen 84 seconden 12 wielassen zijn gepasseerd en er 20 seconden geen wielpassage meer plaatsvindt, wordt een eindbericht met een totaal aantal assen van 12 verstuurd. Indien hierna een volgende wielpassage geregistreerd wordt, volgt weer eerst een startbericht en start de cyclus opnieuw. Op deze manier wordt voorkomen dat de sensor voor iedere wielpassage een los bericht verstuurd, en zorgt dit ook dat de sensor een 'event' tijdig afsluit.</i>	
O1.7	In de berichtgeving van de wielpassagesensoren dient de Coordinated Universal Time (UTC) tijd gehanteerd te worden en dient van tijdsynchronisatie gebruik te maken (bijv. NTP).	
Toelichting	<i>Het is van belang dat het meettijdstip tijdens het passeren van de wielpassagesensor correct is ten behoeve van synchronisatie met data van andere sensoren en camerabeelden.</i>	
O1.8	De wielpassagesensor dient een eigen energievoorziening (batterij) te hebben die minimaal 3 jaar, 35.000 databerichten en 225.000 wielpassages autonoom kan werken (na plaatsing).	
O1.9	Ten behoeve van de montage van de wielpassagesensor is het niet toegestaan gaten te boren in de spoorstaaf of om de sensor te verlijmen. Bevestiging kan bijvoorbeeld gedaan worden door middel van klemmen of magneten.	

Toelichting	<i>De verbinding dient sterk genoeg te zijn om de sensor ook onder extreme weersomstandigheden te kunnen functioneren, en dat de wielpassagesensor zich niet kan verplaatsen of van de spoorstaaf kan vallen. Bevestiging d.m.v. boren aan de dwarsligger kan wel, maar dient te worden gedaan binnen de boorzone.</i>	
O1.10	De wielpassagesensor dient een technische levensduur te hebben van minimaal 10 jaar (na plaatsing).	
O1.11	De wielpassagesensor dient volgens een configureerbaar interval een bericht te zenden waarmee wordt aangetoond dat deze nog correct werkend is. Dit speciale statusbericht, ook wel "heartbeat" genoemd, dient duidelijk onderscheidend te zijn van het bericht t.b.v. wielpassages (zie eis O1.1), zoals gedefinieerd in het message type (zie par. 6.4). Deze heartbeat dient minstens elke 24 uur verstuurd te worden, waarbij het veld batterijcapaciteit gevuld dient te zijn in procenten met 1 decimaal.	
Toelichting	<i>De heartbeat fungeert als 'watchdog' waardoor bekend is dat de wielpassagesensor nog functioneert. De watchdog-berichtgeving dient niet verward te kunnen worden met de berichtgeving die bij een wielpassage hoort.</i>	
O1.12	De wielpassagesensor dient een (tussentijdse) statusmelding te versturen indien deze is verwijderd van de montage-positie, bedoeld dan wel onbedoeld.	
Toelichting	<i>Indien de wielpassagesensor wordt verwijderd of bijv. van de spoorstaaf valt, dient dit te worden gemeld opdat hierop geacteerd kan worden. Deze (nieuwe) status dient in elk geval óók in de heartbeat meegegeven te worden.</i>	
O1.13	De volgende aanpassingen ten behoeve van de wielpassagesensor dienen op afstand (buiten zone-C voor veilig werken) te kunnen worden uitgevoerd: • Configuratie-aanpassingen in de aanwezige software, bijv. rijrichting; • Uitvoeren van updates/patches op de aanwezige software; • Eventuele reset t.b.v. herstart; • Software upgrade via door de Opdrachtnemer beschikbaar gestelde software t.b.v. het verhelpen van bugs of verstoringen, verbeterde functies of veranderende security-eisen.	VVW trein 3.0
Toelichting	<i>Uitgangspunt is dat na plaatsing eventuele wijzigingen niet meer in het spoor uitgevoerd behoeven te worden (hiervoor is namelijk een buitendienststelling noodzakelijk).</i>	
O1.14	Het toevoegen, verplaatsen en verwijderen van de wielpassagesensoren dient door de Opdrachtnemer uitgevoerd te worden.	

Toelichting	<i>Opdrachtnemer is zelf verantwoordelijk voor het (pro)actief uitvoeren van onderhoud. Uitgangspunt hierbij is het blijven voldoen aan gestelde betrouwbaarheidseisen zoals gesteld onder eisen A1 en A2.</i>	
O1.15	Statusmeldingen van de in bedrijf zijnde wielpassagesensoren dienen naar ProRail te worden verstuurd. Het doel is om twee afzonderlijke informatiestromen op te zetten: één voor het verzenden van statusmeldingen, en de andere voor het ontvangen van meetgegevens van sensoren. Het doeladres voor de statusmeldingen van het apparaat en het doeladres voor de meetgegevens moeten los van elkaar kunnen worden geconfigureerd. Dit maakt het mogelijk om de monitoring van de sensoren te scheiden van de wielpassagesensoren-informatiestroom. Onder statusmeldingen vallen in ieder geval: • Heartbeats (zie O1.11); • Wielpassagesensor is van de spoorstaaf verwijderd; • Batterijniveau van de wielpassagesensor is kritisch; • Wielpassagesensor heeft onderhoud nodig; • Functionaliteit wielpassagesensor is verstoord/defect. Andere statusmeldingen worden niet expliciet uitgesloten.	
Toelichting	<i>D.m.v. statusmeldingen kan achterhaald worden wat er is gebeurd met de wielpassagesensor en/of wat er moet gebeuren. Het format hiervoor zal in overleg met Opdrachtnemer worden vastgelegd.</i>	
O1.16	Documentatie en tekeningen dienen in de Nederlandse of Engelse taal opgesteld te zijn.	
O1.17	De volgende documentatie dient beschikbaar te zijn: • Productblad met daarop de (technische) specificaties van de wielpassagesensor; • Installatie-instructies, bijv. positionering en montage, opgave minimale afstand tussen sensoren, de unieke code, nauwkeurige positie in Global Positioning System, etc.; • Onderhoudsinstructies; • Toetsingsinstructies t.b.v. correcte plaatsing en functionering; • Instructies voor verwijderen en verantwoorde afvoer; • Gebruikershandleiding voor configuratie-software.	
O1.18	Alle data van een enkele update van een wielpassagesensor dient zoveel mogelijk in één enkel bericht verstuurd te worden.	

Toelichting	<i>Fragmentatie van berichten dient vermeden te worden, en is dat het geval, zal elk fragment herleidbaar moeten zijn aan het eerste bericht. Als na het eerste bericht nog fragmenten volgen dient dit – voor zover mogelijk - in het eerste bericht kenbaar te worden gemaakt.</i>	
--------------------	--	--

ID	Het systeem: Datacommunicatie en beveiliging	Bindend voorschrift
O2	Zowel de wielpassagesensor zelf, alsmede de draadloze communicatieverbinding en informatieoverdracht, dient te voldoen aan RLN00007. Het is hierbij niet toegestaan om externe ondersteunende communicatieapparatuur te plaatsen. Een eventueel contract met een telecommunicatieprovider maakt expliciet deel uit van deze uitvraag.	RLN00007
Toelichting	<i>Communicatie kan plaatsvinden door middel van de volgende technologieën:</i> • LoRaWAN: 868 MHz transceiver, zendvermogen ≤ 25 mW / +14 dBm; • Mobiel data verkeer (o.a. 4G/ 5G). <i>Andere communicatiesystemen (zoals bijvoorbeeld LTE-M, NB-IoT, Sigfox) worden expliciet niet uitgesloten en kunnen in overleg, met onderbouwing, mogelijk ook worden toegestaan. De wens om gebruik te maken van andere communicatiesystemen dient direct bij inschrijving te worden aangegeven, voorzien van beargumentatie. De gebruikte communicatietechnologie moet een gedefinieerde standaard zijn; proprietary technologie is derhalve uitgesloten.</i>	
O2.1	Payload van output-data dient in JSON-formaat verstuurd te worden.	
O2.2	Output-data dient na elke passage in het format uit hoofdstuk 5 met behulp van een MQTT-protocol verzonden te worden naar de ProRail Cloud-omgeving. De verbindingsgegevens hiervoor worden vóór plaatsing van de sensoren met Opdrachtnemer gedeeld.	
Toelichting	<i>In de cloud-omgeving van ProRail wordt enkel Secure MQTT v3.1.1 ondersteund, en wel op TCP/8883. De maximale berichtgrootte is 256 kB. De verbinding wordt als 'inkomend' beschouwd, waarbij de leverancier de MQTT client is.</i>	
O2.3	Indien (door een storing) er geen verbinding is tussen de wielpassagesensor en het ProRail-platform dient de leverancier de data voor minimaal 7 dagen op te slaan in een databuffer.	

Toelichting	<i>Indien er (tijdelijk) geen verbinding beschikbaar is tussen de wielpassagesensor en de ProRail-omgeving, dient de data (incl. timestamp) gebufferd te worden opdat die op een later tijdstip - wanneer de verbinding hersteld is – alsnog verzonden kan worden. Op deze manier blijft de data compleet. De Opdrachtnemer dient deze data op te slaan conform de gestelde security-eisen van ProRail (zie O2.4).</i>	
O2.4	De data van de wielpassagesensor dient via een veilige voorgeschreven ICT-verbinding naar ProRail verstuurd te worden, zodat onbevoegden geen toegang kunnen krijgen tot de data, het systeem of onderdelen ervan: A. Data van de sensoren dient door de Opdrachtnemer via een centrale ICT-interface te worden aangeboden ter ontsluiting naar de ProRail-omgeving; B. De gebruikte communicatieprotocollen moeten configureerbaar en door ProRail geaccepteerde verbindingen zijn; C. De datavelden van gebruikte connectie- en transportprotocollen op de gebruikte interface zijn versleuteld op minimaal TLS 1.3; D. De interface dient zich op de doelsystemen te kunnen authenticeren via een veilig en versleuteld authenticatieprotocol; E. De interface dient alleen verbindingen te accepteren en/of op te zetten die expliciet voor de in deze PvE vereiste functies noodzakelijk zijn; F. De bedien- en beheerfuncties naar de sensoren zijn alleen beschikbaar voor expliciet geautoriseerde personen of services; G. Deze personen en/of services dienen via een adequaat authenticatiemechanisme te worden geauthentiseerd; H. Bij het uitvoeren van beheer- en onderhoudswerkzaamheden mogen geen rechtstreekse externe verbindingen (Internet, WiFi, GPRS, UMTS, inbelverbinding) worden gemaakt; I. De aangeboden datastroom dient geschikt te zijn voor toepassing van securitymaatregelen zoals het ontkoppelen/termineren van de datastroom via proxy/reverse proxy systemen; J. Alle standaard gebruiker/wachtwoord combinaties moeten worden gewijzigd voordat de componenten in gebruik worden genomen. Dit geldt ook voor eventuele testfases; K. De interface voor uitvoer van configuratietaken dient verschillende autorisatieniveaus te ondersteunen (niet iedereen is admin), die kunnen worden toegekend op basis van de rol die de eindgebruiker heeft. L. Datanetwerkkoppelingen, inzet van cryptografie, draadloze verbindingen en lokale datanetwerkinrichting voor het Systeem dient te worden onderbouwd met een risicoanalyse waaruit blijkt dat de koppelingen geen onacceptabele risico's opleveren.	
O2.5	De data van de sensoren dient naar de ProRail-omgeving verzonden te worden in een door ProRail beschreven format (zie hoofdstuk 5 "Berichtuitwisseling"), via een door ProRail veilig bevonden ICT-protocol (zie O2.2).	

O2.6	Alle data die wordt gegenereerd door de wielpassagesensor dient enkel te worden gedeeld met ProRail. ProRail is dus eigenaar van de data.	
O2.7	Alle data die wordt gegenereerd door de wielpassagesensor dient maximaal een jaar bewaard te worden (indien opgeslagen op een server buiten het ProRail domein). Metadata over het functioneren van de sensoren mag langer bewaard worden, indien ten behoeve van beheeractiviteiten.	
Toelichting	<i>Voorafgaand aan hergebruik of verwijdering van apparatuur dienen alle gegevens op de daarin aanwezige opslagmedia op betrouwbare wijze te worden verwijderd. Bij voorkeur gebeurt dit door een hiertoe gecertificeerde organisatie. Bij gebruik van cloud-opslag dient een vergelijkbare maatregel getroffen te worden. Bovenstaande geldt in het bijzonder na afloop van het contract.</i>	
O2.8	Opdrachtnemer stelt gedurende de contractperiode een contactpersoon aan voor Cybersecurity.	
Toelichting	<i>Deze contactpersoon is aanspreekpunt voor alle Cybersecurity-gerelateerde zaken omtrent OT (sensoren) en IT (beheersysteem, datavergaring en -levering).</i>	
O2.9	Er dient een gedocumenteerde formele en actuele procedure te zijn voor het registreren, verlenen, wijzigen en intrekken van logische toegang tot het Systeem. Deze procedure wordt periodiek beoordeeld en geactualiseerd. Deze procedure vindt plaats na het succesvol doorlopen van het identificatie-, authenticatie- en autorisatieproces en is gebaseerd op <i>Role Based Access Control</i> (RBAC), zodat medewerkers uitsluitend toegang hebben tot en gebruik kunnen maken van de systemen waar zij vanuit hun functie toegang tot moeten hebben.	
Toelichting	<i>De toegangsverlening die volgens deze procedure wordt verleend, wordt altijd gedocumenteerd, zodat dit altijd terug te herleiden is naar een gebruiker of systeem.</i> • <i>Er zijn plannen opgesteld die gehandhaafd worden tijdens informatiebeveiligingsincidenten. Deze plannen zijn gecommuniceerd, geborgd en worden up to date gehouden.</i> • <i>Als onderdeel van het plan zijn processen, rollen en verantwoordelijkheden voor het beheer van informatiebeveiligingsincidenten geborgd.</i> • <i>Bovenstaande dient aantoonbaar periodiek geïnfocend te worden.</i>	
O2.10	Dataverkeersstromen van productie, beheer en (indien van toepassing) OTA dienen aantoonbaar gesegmenteerd, beveiligd en versleuteld te zijn.	
Toelichting	<i>Bij implementatie van het Systeem dient gelaagde beveiliging te worden toegepast.</i>	
O2.10	Monitoring van de remote toegang en beheer op afstand dient altijd te worden ingericht.	

Toelichting	<i>De beheeromgeving en toegang tot (onderdelen van) de wielpassagesensoren dient logisch of fysiek te zijn gescheiden van de kantooromgeving.</i>	
O2.11	Voor de wielpassagesensoren en andere onderdelen van het Systeem dient een zo volledig mogelijke Configuratie Management Database (CMDB) te zijn ingericht, waarin continu actuele data staat over de instellingen ervan. De inhoud, volledigheid en juistheid van deze gegevens wordt periodiek vergeleken met de werkelijkheid. <u>Hierin staat tenminste:</u> • Modelnummer • Serienummer • Firmwareversie • Locatiegegevens • Installatiedatum • Configuratie en/of omschrijving • Back-up versie • Laatste gewijzigd	
Toelichting	<i>ProRail krijgt minimaal eens per jaar een uitdraai uit de CMDB, of wanneer hierin wijzigingen zijn doorgevoerd na uitgevoerd onderhoud.</i>	
O2.12	Voor het maken van wijzigingen aan het Systeem is een wijzigingsproces ingericht, waarbij alle updates en patches conform dit proces verlopen en worden geregistreerd in het CMDB. Deze wijzigingen mogen alleen worden aangevraagd en uitgevoerd door geautoriseerde personen. In geval van afwijking van het proces door noodwijzigingen, wordt de wijziging alsnog geborgd in het CMDB.	
O2.13	Bij het (tijdelijk) koppelen van beheer- en onderhoudsapparatuur aan het Systeem dient te worden voorkomen dat besmetting met malware of virussen plaats kan vinden.	
O2.14	Voor de genomen Cybersecurity controls en maatregelen wordt periodiek het bestaan en de werking ervan aangetoond door middel van een beveiligingsonderzoek.	
O2.15	Het Systeem dient te worden voorzien van correct geïnstalleerde en geconfigureerde anti-malware-oplossingen. Onderdelen die niet door anti-malware-oplossingen worden beschermd, dienen – voor zover mogelijk - periodiek te worden gescand op malware middels anti-malware op een USB-disk (of vergelijkbaar). De werking van anti-malware mag nooit impact hebben op de werking en functionaliteit van het Systeem. Daarnaast dient de anti-malware-oplossing in staat te zijn om: • malware besmettingen te voorkomen; • gedetecteerde malware te detecteren en te verwijderen.	

O2.16	Het Systeem dient te worden <i>gehardend</i> conform een ingericht proces opgesteld volgens <i>best practices</i> van de leverancier of het NCSC. De volgende maatregelen voor <i>hardening</i> dienen ten minste te worden genomen: • niet noodzakelijke datanetwerkservices zijn uitgeschakeld; • bekende kwetsbaarheden worden gepatcht; • alle poorten die niet nodig zijn worden geblokkeerd of uitgeschakeld. Indien deze ingeschakeld worden, mag dit alleen gebeuren door geautoriseerd personeel; • alle default <i>access points</i> zijn verwijderd; • Alle standaard (fabrieks-)accounts zijn uitgeschakeld. Indien dit niet mogelijk is, is het wachtwoord gewijzigd naar een sterk wachtwoord dat voldoet aan gangbare complexiteitseisen (zie NCSC of NIST); • Geadviseerde security-instellingen van leveranciers worden toegepast; • het versturen van mobiele code is geblokkeerd en auto-run is uitgeschakeld; • dat leveranciers en andere partijen maximale <i>hardening</i> nastreven voor apparatuur en delen van hun datanetwerk die nodig zijn voor beheer en onderhoud van het Systeem.	
O2.17	Voor het Systeem wordt een proces ingericht over hoe gebruiksactiviteiten, uitzonderingen, netwerkstoringen en informatiebeveiligingsgebeurtenissen 24/7 worden gelogd. Wanneer de logging verstoord is en/of het geheugen voor de opslag bijna vol is, wordt hiervan altijd een melding gestuurd naar de geautoriseerde persoon. Daarnaast dient de werking van deze procedure periodiek te kunnen worden getoetst. Hierover wordt periodiek gerapporteerd en worden specifieke dreigingen direct gedeeld met de relevante verantwoordelijken. Hierin staat tenminste hoe en welke gegevens worden: • verzameld, zoals datum, tijd, locatie, gevolg en type gebeurtenis. De data die verzameld wordt mag nooit input zijn voor een nieuwe dreiging (bijv. wachtwoorden); • vastgelegd op een adequaat beveiligde omgeving, zodat deze niet door ongeautoriseerde benaderd, gewijzigd of gewist kunnen worden. Mocht dit toch gebeuren, dan moet dit worden gelogd. • bewaard op een daarvoor ingerichte logserver, voor een vastgestelde termijn; • mogelijk gemaakt om te kunnen downloaden ten behoeve van (incident)analyse.	

ID	Het systeem: Fysieke kenmerken	Bindend voorschrift
O3	De wielpassagesensor dient de zichtbaarheid en herkenbaarheid van seinen en borden langs het spoor niet te beperken.	
O3.1	De wielpassagesensor dient niet verward te worden met systemen uit Bijlage 4 van de Regeling Spoorverkeer.	Regeling Spoorverkeer

Toelichting	<i>Grijs, bruin of zwart zijn onopvallende kleuren die toegestaan zijn. Andere kleuren worden niet expliciet uitgesloten indien deze ook in de spoorse wereld passen, maar geef dit aan in de beantwoording.</i>	
O3.2	De wielpassagesensor dient machinisten niet te verblinden of af te leiden doordat bijvoorbeeld de behuizing reflecteert of licht uitstraalt.	
O3.3	De wielpassagesensoren dienen achter elkaar te kunnen worden geplaatst waarbij de fabrikant opgeeft wat de minimale afstand is.	
O3.4	De wielpassagesensor dient water- en stofdicht te zijn conform IP rating 67.	IEC 60529
O3.5	De wielpassagesensor dient bevestigd te kunnen worden in de ziel van de spoorstaaf. De oplossing moet op de spoorstaaf types (SPC00011) en/of in de breedte van het spoor in Nederland passen, op volgende specificaties: • Spoorstaaf type 46E3 • Spoorstaaf type 54E1 • Spoorstaaf type 54E5 • Spoorstaaf type 60E1 • Spoorstaaf type 60E2 • Breedte van het spoor 1435 (+2/-0) mm gemeten op de binnenzijkant van de spoorstaafkop op een hoogte van 14 mm onder de kop van de spoorstaaf.	SPC00011
Toelichting	<i>De spoorstaaf bestaat uit een kop, ziel en een voet. Het wiel rijdt op de kop van de spoorstaaf waarbij de wielflens zich gedeeltelijk naast de spoorstaafkop bevindt. De ziel van de spoorstaaf is het verbindingsstuk onder de kop met de voet van de spoorstaaf. Door het plaatsen van de wielpassagesensor in de ziel van spoorstaaf dient de wielflens de sensor niet te raken, gegeven de verschillende wieltypen/ spoorstaaf typen en slijtage van zowel de wielflens als spoorstaafkop.</i> <i>Mocht de leverancier de metingen op een andere manier dan 'in het spoor' doen, gelieve dit dan uitgebreid te beschrijven in de aanbieding.</i>	
O3.6	Elke wielpassagesensor heeft een unieke, 'leesbare' identifier, zoals deze ook gebruikt wordt in de communicatie (sensor_id). Deze identifier is ook aan de buitenzijde van de sensor te lezen, zowel in cijfers/letters als d.m.v. een QR- of barcode. Het hiervoor gebruikte label dient weersbestendig en slijtvast te zijn, zodat deze ook na langdurig gebruik nog te lezen is.	
Toelichting	<i>De gewenste locaties voor de sensoren worden door ProRail gedeeld vóór installatie. Bij installatie van de sensoren wordt met ProRail gecommuniceerd op welke <u>exacte</u> locatie en positie welke sensor geïnstalleerd wordt. Dit is onder meer omdat de afstand tussen bepaalde sensoren relevant kan zijn t.b.v. aanvullende data-analyses.</i>	

ID	Het Systeem: service level	Bindend voorschrift
O4	Opdrachtnemer is verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van het Systeem, en neemt een pro-actieve houding aan om de functionele werking ervan te waarborgen.	
Toelichting	<i>De werking van de sensoren en bijbehorende infrastructuur wordt door Opdrachtnemer gemonitord, zodat uitval van sensoren of verminderde werking tijdig gedetecteerd wordt. Hierbij wordt ProRail actief geïnformeerd over de benodigde werkzaamheden om de functionaliteit te herstellen.</i>	
O4.1	<u>Deze eis is komen te vervallen.</u>	
O4.2	Bij een niet- of onvolledig werkende wielpassagesensor dient een nieuwe wielpassagesensor binnen één werkdag beschikbaar te zijn om op locatie ingezet te kunnen worden.	
Toelichting	<i>Opdrachtnemer is zelf verantwoordelijk voor het (pro)actief uitvoeren van onderhoud. Uitgangspunt hierbij is het blijven voldoen aan gestelde betrouwbaarheidseisen zoals gesteld onder eisen A1 en A2. Hierbij gelden de principes van PGO (Prestatiegericht onderhoud).</i>	
O4.3	Bij werkzaamheden aan een defecte wielpassagesensor dient de monteur van Opdrachtnemer voor de datum van de door ProRail gecommuniceerde buitendienststelling beschikbaar te zijn om op locatie herstelwerkzaamheden uit te voeren. Indien herstelwerkzaamheden op locatie niet mogelijk zijn, kan er in overleg met ProRail voor worden gekozen om de wielpassagesensor uit het spoor te verwijderen en op een derde locatie herstelwerkzaamheden uit te voeren. In dat geval heeft het de voorkeur om de sensor simpelweg te vervangen.	
O4.4	Opdrachtnemer dient proactief te communiceren met ProRail met betrekking tot benodigd onderhoud indien vastgelegde normwaarden in gunningscriteria (bijv. degradatie in betrouwbaarheid of beschikbaarheid, leegraken batterijen, etc.) binnen 2 maanden bereikt zullen worden. Dit om tijdig benodigd onderhoud te kunnen inplannen.	
O4.6	Opdrachtnemer dient ProRail proactief in te lichten over eventuele kwetsbaarheden in de beveiliging van het geleverde systeem en de termijn waarop deze worden opgelost. De Opdrachtnemer dient het geleverde systeem altijd te voorzien van de laatste beveiligingsupdates.	

Toelichting	Voor het Systeem moet een patchbeleid volgens een ingerichte procedure zijn ingericht, waarin beschreven staat wat de taken, bevoegdheden en verantwoordelijk zijn van de betrokkenen, inclusief de van toepassing zijnde doorlooptijden. Ten behoeve van het installeren van updates dient het volgende in acht genomen te worden: • updates dienen te komen van een aantoonbaar gevalideerde betrouwbare bron; • updates dienen geen hinder te veroorzaken aan de werking van het Systeem; • de apparatuur waarmee de update wordt geïnstalleerd, dient volledig up-to-date te zijn. In geval dat (een onderdeel van) het Systeem niet kan worden geüpdated, dan dient een risicoafweging te worden gemaakt en indien nodig passende maatregelen te worden genomen.	
O4.7	Het doeladres van apparaat statusmeldingen en het doeladres voor de meetgegevens dienen, indien gewenst, binnen 5 werkdagen aangepast te worden.	
O4.8	De Opdrachtnemer dient met een Service Provider een contract af te sluiten waardoor voldaan kan worden aan eisen conform deze PvE.	
Toelichting	<i>Het betreft hier bijvoorbeeld abonnementen op de datacommunicatie, de hosting van eventuele platformen t.b.v. beheer en monitoring, etc.</i>	
O4.9	Voor het Systeem dient conform een ingericht back-up-proces na elke (functionele) systeemwijziging of na een vastgestelde periodiek termijn een back-up te worden gemaakt. Bij het maken van de back-up, mag het operationele proces niet verstoord worden en daarnaast moet de back-up in staat zijn het Systeem terug te brengen naar de volledige werkende situatie. Het opslaan van de back-up moet aan de volgende eisen voldoen: • Opslag volgens de 3-2-1 regel, waarbij de ruimtes fysiek beveiligd zijn; • De bewaartermijn van de back-ups is tot uitdienstname van de asset of tot afloop van het contract; • Opslag van volledige en actuele registers van back-up kopieën.	
O4.10	Voor het Systeem dient een recoveryplan te zijn gemaakt en geborgd, dat besproken is met ProRail. In dit recoveryplan worden tenminste de volgende zaken opgenomen: • De voorzieningen voor back-up en herstel; • Kopieën van gegevens en programmatuur; • Benodigde herstelmaatregelen na een incident zoals b.v. een besmetting met malware.	

ID	Het Systeem: Overig	Bindend voorschrift
O5.1	De Opdrachtnemer dient - op aanvraag - instructie te geven in gebruik, plaatsing, configuratie en onderhoud aan ProRail en procesaannemers.	
Toelichting	<i>Dit wordt relevant indien de wielpassagesensoren na afloop van het contract door ProRail zelf in onderhoud genomen worden.</i>	
O5.2	Wanneer Opdrachtnemer om welke reden dan ook niet in staat is om het contract uit te dienen, zal de geleverde oplossing door een andere door ProRail erkende partij ondersteund moeten kunnen worden.	
Toelichting	<i>In de praktijk zal dit betekenen dat het beheer en onderhoud aan een derde partij overgedragen zal worden, dit in nauw overleg tussen de belanghebbenden.</i>	
O5.3	De Opdrachtnemer dient de wielpassagesensor gedurende de contractperiode te ondersteunen: • Levering en vervanging van defecte sensoren en/of onderdelen (bijv. batterij); • Onderhouden van eventuele abonnementen t.b.v. datacommunicatie; • Onderhouden van het beheersysteem t.b.v. monitoren van de status van de geleverde oplossing; • Software en security updates op hardware/software.	
O5.4	De Opdrachtnemer committeert zich gedurende de contractperiode om – in samenwerking met ProRail – zorg te dragen voor het optimaliseren van de datakwaliteit van de wielpassagesensoren.	
Toelichting	<i>In het eerste jaar na ingebruikname van de sensoren vindt op minimaal twee momenten een vergadering plaats tussen Opdrachtnemer en ProRail om de datakwaliteit en het functioneren van de sensoren te bespreken.</i>	

ID	Het Systeem: Elektrische eisen	Bindend voorschrift
O6	De wielpassagesensor dient om te kunnen gaan met spanningen en stroom door de spoorstaven.	
Toelichting	<i>Naast spanningen op de spoorstaaf zijn er tractie-retourstromen (gelijkspanning) van maximaal 1500 A gedurende één minuut dan wel 4000 A gedurende een kortere periode.</i> <i>Tevens kunnen wisselspanning stroomstromen ontstaan vanuit het materieel. De stroomstromen worden weggeleid via de spoorstaaf. Het betreft frequentie componenten vanaf 10 Hz van 50 A, zie Regeling indienststelling spoorvoertuigen 2020, paragraaf 5.6.</i>	

4.3 Aspecteisen

ID	Prestatie, Gebruiksduur	Bron	Onderliggende eisen
A1	Het systeem dient minimaal gedurende 3 jaar na plaatsing, uitgaande van gemiddeld 365,25 dagen per jaar en 24 uren per dag, zijnde 26.298 gebruiksuren, aan de eisen in dit document te voldoen.		A2, A3, A4, A5

ID	Prestatie, Betrouwbaarheid	Bron	Onderliggende eisen
A2	Het Systeem dient gedurende de gebruiksduur alle mogelijke functies met zo min mogelijk interrupties te vervullen, uitgaande van het functioneren binnen de gestelde omgevingscondities, dat er gebruik wordt gemaakt van de Systeemgebruikersdocumentatie en dat alle benodigde externe hulpbronnen beschikbaar zijn.	A1	A2.1, A2.2, A3.1
A2.1	Betrouwbaarheidseis 1: Het systeem als geheel dient gedurende de gebruiksduur (zie eis A1) een beschikbaarheid te hebben van minimaal 97%.		
Toelichting	<i>Beschrijf waarom en hoe aan deze eis voldaan wordt.</i>		
A2.2	Betrouwbaarheidseis 2: De wiel passagesensoren dienen een MTBF te hebben van minimaal 2850 uur. Onder falen worden alle omstandigheden verstaan, zodat: • door een defect onjuiste metingen worden gedaan; • door een defect of storing berichten niet worden verstuurd; • het tijdsstempel onjuist is, vanwege een defect in tijdsynchronisatie; • verstuurde berichten corrupt zijn, door bijv. een softwarefout; • berichten niet binnen gestelde tijd worden verstuurd, door bijv. verstoringen in de communicatie.		
Toelichting	<i>Hier wordt ook bedoeld op onterechte meldingen als gevolg van interne hard- of software-problemen. Als gevolg van bijvoorbeeld werkzaamheden en/of vandalisme kan het ook zijn dat er andere objecten dan materieel in de buurt</i>		

	<i>van de wielpassagesensor komen (te denken valt aan gereedschap, veiligheidsschoenen met metalen neus, munten, sleutelbossen, magneetrem e.d.) die eveneens een onterechte telling kunnen veroorzaken. De wielpassagesensor dient onderscheidt te kunnen maken tussen deze objecten en passerende wielen.</i>		
A2.3	Betrouwbaarheidseis 3: De werking van de wielpassagesensoren dient dermate betrouwbaar te zijn dat niet vaker dan 3 op de 100 metingen een onterechte telling gedaan wordt (97% nauwkeurigheid). Dit betreft een uitvoeringseis (bij start looptijd contract). Voor de inschrijving geldt dat bij de kwaliteitsmeting moet worden voldaan aan de minimale eis van 95% nauwkeurigheid, gemeten conform omschrijving van de kwaliteitstest zoals beschreven in hoofdstuk 7.		
Toelichting	<i>Een onterechte telling is die waarbij de sensor een as niet geteld heeft, of wanneer niet-bestaande assen onterecht wel geteld worden. Het Systeem dient gebruik te maken van invoer- en uitvoervalidatie om opzettelijk en onopzettelijk corrumperen van informatie te kunnen traceren (zogenaamde outliers).</i>		

ID	Prestatie, Onderhoudbaarheid	Bron	Onderliggende eisen
A3.1	De wielpassagesensor dient onderhoudsvrij te zijn voor minimaal 3 jaar of 35.000 databerichten, en 225.000 wielpassages.		
Toelichting	<i>Regulier onderhoud dient niet eerder plaats te vinden dan het moment van noodzakelijk verwisselen van de batterij; het vervangen of oplossen van storingen vraagt buitendienststellingen die tijd en geld kosten. De periodieke batterijvervanging wordt gezien als gepland onderhoud en wordt door ProRail betaald.</i>		
A3.2	De wielpassagesensor dient door de Opdrachtnemer te kunnen worden vervangen binnen maximaal 15 minuten.		

Toelichting	<i>Bij vervanging dient de nieuwe sensor met exact dezelfde specificaties en configuratie ingericht te zijn, op dezelfde positie teruggeplaatst te worden, en dienen de oude en nieuwe sensor ID met ProRail gedeeld te worden.</i>		
A3.3	De (autonome) energievoorziening van de wielpassagesensor dient door de Leverancier te kunnen worden vervangen binnen maximaal 15 minuten.		
Toelichting	<i>Indien de energievoorziening (lees: batterij) niet ter plaatse vervangen kan worden, geldt eis A3.2.</i>		
A3.4	Bij initiële plaatsing dient de exacte geografische locatie en positie van de geplaatste sensor inclusief sensor identifier te worden doorgegeven aan ProRail.		
Toelichting	<i>Ten behoeve van eenduidige plaatsing van de sensoren zal ProRail een installatiedocument aanleveren met locatiegegevens van te plaatsen sensoren, met positie en instelling voor de rijrichting. Dit document dient na installatie bijgewerkt met relevante gegevens met o.a. sensor ID, locatie en positie met ProRail gedeeld te worden.</i>		
A3.5	Bij onderhoud of storingsherstel dienen de sensoren op dezelfde plaats teruggeplaatst te worden. Na (terug)plaatsing dient de geografische locatie van de geplaatste sensor te worden doorgegeven aan ProRail ter verificatie.		
Toelichting	<i>Alleen wanneer door omstandigheden de sensor een afwijkende locatie krijgt, dienen nieuwe coördinaten doorgegeven te worden. In het andere geval volstaat een opgave van het id van de vervangen sensor en die van de nieuwe. In elke situatie dient de rijrichting van de betreffende sensor correct ingesteld te zijn.</i>		

ID	Prestatie, Veiligheid	Bron	Onderliggende eisen
A4.1	Het betreft geen treinbeveiligingssysteem en derhalve worden geen veiligheidseisen gesteld. Met betrekking tot het plaatsen en onderhoud van de sensoren in het spoor geldt een Buiten Dienststelling of Trein Vrije Periode.		

Toelichting	Voor de installatie van de sensoren wordt geen aparte buitendienststelling of Trein Vrije Periode aangevraagd, maar wordt beoogd gebruik te maken van bestaande buitendienststellingen of treinvrije periodes.		
A4.2	Opdrachtnemer organiseert zijn eigen veiligheid (DVP, PBM) tijdens de installatie van de wiel passagesensoren. Opdrachtnemer houdt rekening met eventuele beperkingen voor de wijze van uitvoering in verband met spoorveiligheid of omgeving. Installatie vindt plaats onder supervisie van ProRail en de door haar aangestelde veiligheidsfunctionarissen.		VVW trein 3.0
Toelichting	ProRail heeft de (spoor-)veiligheid hoog in het vaandel staan. Daarom wijzen wij u met klem op de veiligheidsvoorschriften zoals vermeld op www.railalert.nl . Wij gaan er van uit dat, indien u in aanmerking wilt komen voor werkzaamheden binnen de spoorzone, zelf zorgdraagt voor het voldoen aan de veiligheidsvoorschriften (lees: DVP, PBM's) en het verkrijgen van toestemming om de werkzaamheden op ProRail terreinen en binnen de verschillende veiligheidszones uit te voeren. Voor meer informatie over werken in de spooromgeving verwijst ProRail naar de onderstaande webpagina: https://www.prorail.nl/leveranciers/veilig-werken/richtlijnen-voor-veilig-werken .		

ID	Prestatie, Omgevingscondities	Bron	Onderliggende eisen
A5	Het Systeem dient te functioneren binnen de omgevingscondities conform NEN10721-3-4, 1995, uitgaande van: - Klimatologische condities klasse 4K4H; - Bijzondere Klimatologische condities klassen 4Z1, 4Z5 en 4Z7; - Biologische omstandigheden klasse 4B1; - chemisch actieve stoffen klasse 4C3; - mechanisch werkzame stoffen klasse 4S3; - mechanische voorwaarden klasse 4M8.	A1, A2, A3, A4	
Toelichting	Voornoemde omgevingscondities zijn omstandigheden die kunnen optreden aan de buitenzijde (van de behuizing) van het Systeem;		

	<i>door bijvoorbeeld de invloed van direct zonlicht en optreden condensvorming kunnen aan de binnenzijde andere condities ontstaan die de werking negatief zouden kunnen beïnvloeden.</i>		
--	---	--	--

A5.1	Alle aan het Systeem ondersteunende locaties zijn gedocumenteerd en voorzien van maatregelen, voortkomend uit onderliggende processen, waardoor toegangsbeveiliging in adequate manier georganiseerd is. Hierbij is tenminste het volgende ingericht: • toegang alleen mogelijk met (ten minste) een fysieke sleutel • tenminste 3 minuten inbraakwerend conform BK2, CO2 en ME2 uit VRKI 2.0 • elektronische maatregelen grade 2 conform EL2 uit VKRI 2.0 • schildetectie op nooduitgangen conform SD1 uit VKRI 2.0 • alarmtransmissie conform niveau AT2 uit VKRI 2.0 • alarmen dienen te worden doorgemeld en opgevolgd conform RE1 uit VRKI 2.0		
Toelichting	<i>Van toepassing indien fysieke toegang tot (onderdelen van) het Systeem mogelijk en relevant is.</i>		

4.4 Systeemgebruiksdocumentatie eisen

Het Systeem en de daarbij gebruikte onderdelen worden opgeleverd met alle relevante documentatie voor dagelijks gebruik en onderhoud ervan. Deze documentatie is voldoende gedetailleerd om een nieuwe gebruiker met minimale begeleiding zelfstandig met het systeem te laten werken. Daarnaast dient de documentatie als naslagwerk.

De documentatie mag in Nederlands en/of Engels opgesteld zijn. Zie ook eis O1.17.

4.5 Raakvlakeisen

Niet van toepassing.

5 Berichtuitwisseling

5.1 Definitie

Zoals omschreven in de eisen (O1 tot en met O5.3) worden de door het Systeem gemeten wielpassages door middel van berichten naar de ProRail-omgeving gestuurd. In onderstaande paragrafen staat het formaat van deze berichten beschreven.

Er worden de volgende soorten berichten beschreven:

- Startbericht
- Eindbericht
- Nalevering/ toevoeging
- Statusmelding

5.2 Startbericht

De wielpassagesensor dient na passage van het eerste wiel (of stilstand op de sensor) een bericht “start meting” te geven conform hetgeen beschreven in O1.4.

5.3 Eindbericht

De wielpassagesensor dient na passage van het laatste wiel (of stilstand bovenop de sensor of wijziging van richting) een “einde meting” te geven conform omschrijving O1.5. In dit bericht dient het totaal aantal assen (cumulatief) van de passage – sinds “start meting” – meegegeven te worden.

5.4 Toevoeging

Een toevoeging is een navolgend bericht waarmee een aanvulling of correctie gestuurd wordt op een eerder bericht.

Het sequence id van een bericht is een volgnummer waarmee het event uniek te identificeren is binnen een stroom van events van een sensor. Hiermee is het mogelijk om te detecteren of events missen of dubbel ontvangen zijn. Daarnaast zou een update van een event ook op deze wijze naderhand gestuurd kunnen worden. Dit kan bijvoorbeeld als een leverancier nabewerkingen op de data doet die meer ‘tijd’ kosten dan de gestelde KPI of latency toestaat. Deze informatie kan dan in overleg via een extra bericht met hetzelfde volgnummer worden toegevoegd met message_type: “toevoeging”.

5.5 Statusmelding

In een statusmelding wordt de status van een sensor weergegeven. Deze melding kan gedaan worden op het moment dat een relevante verandering van status een (onmiddellijke) actie vereist, of eens per (bijv.) 24 uur, zoals de heartbeat (zie eis O1.11).

Het doel is om twee afzonderlijke informatiestromen op te zetten: één voor het verzenden van statusmeldingen, en de andere voor het versturen van meetgegevens van sensoren.

Het doeladres voor de statusmeldingen van het apparaat en het doeladres voor de meetgegevens moeten los van elkaar kunnen worden geconfigureerd. Dit maakt het mogelijk om de monitoring van de sensoren te scheiden van de wielpassagesensoren-informatiestroom.

Onder statusmeldingen wordt in ieder geval verstaan:

Paraaf ProRail

Pagina 30 van 37

Paraaf Opdrachtnemer

- Wielpassagesensor is van de spoorstaaf verwijderd of losgeraakt;
- Batterijniveau van de wielpassagesensor is kritisch;
- Wielpassagesensor heeft onderhoud nodig;
- Functionaliteit wielpassagesensor is verstoord/defect.

Andere statusmeldingen worden niet expliciet uitgesloten.

5.6 Formaat

Navolgende voorbeelden van JSON-berichten tonen hoe ProRail de wielpassage-sensormeting wenst te ontvangen. De eerste velden geven aan welke wielpassagesensor het betreft aan de hand van de unieke sensor-id (identifier). Het sensor-id is een unieke, 'leesbare' code, bestaande uit een combinatie van cijfers en/of (hoofd)letters van maximaal 16 karakters. Het gebruik van het minteken (-) is daarbij toegestaan, andere karakters in overleg. Het sensor-id is dezelfde die met een QR-code aan de buitenkant van de wielpassagesensor gescand kan worden (zie ook O3.6).

Hierna volgen de inhoudelijke event-velden. Hierbij is in het bericht "start_time" gevuld met het tijdstip waarop de eerste as de wielpassagesensor passeert. En "end_time" bevat het tijdstip waarop de laatste as de wielpassagesensor gepasseerd heeft. Het tijdstip dient altijd in UTC gegeven te worden, en deze dient in UNIX timestamp formaat te zijn (epoch, 64 bits met tijd in milliseconden).

Veld "direction" – M of T – geeft aan in welke richting de assen verplaatst zijn. ProRail zal vóór installatie voor elke locatie en per wielpassagesensor aangeven welke richting als M(ee) of T(egen) beschouwd wordt. In het geval de rijrichting verkeerd ingesteld is ten tijde van installatie, dient deze door Opdrachtnemer op afstand te kunnen worden aangepast.

Veld "total_axles" bevat het aantal netto assen dat de wielpassagesensor passeert van start bericht tot eind bericht.

Veld "axle_timestamps" bevat een collectie van alle gemeten assen tussen de begintijd en eindtijd van het bericht. Deze collectie bevat een nummer voor de gemeten as (oplopend en beginnend bij 0), en het aantal milliseconden verschil ten opzichte van de eerst gemeten as van het bericht.

Heartbeat

Alle sensoren verzenden een heartbeat, en wel minimaal één keer per 24 uur. Het heartbeat-bericht dient om te kunnen monitoren of de wielpassagesensor (de verbinding en de batterij) nog actief is.

In de heartbeat wordt aanvullende informatie gegeven, nl. leverancier of merk, en soort of type sensor. Deze aanvullende informatie wordt gebruikt om voor het verwerken van de sensordata altijd de juiste 'parser' te kunnen aanroepen.

Indien een wielpassagesensor is verwijderd van de geplaatste locatie, dient deze nog altijd een heartbeat te genereren zoals omschreven in eis O1.12. Bij een correct werkende sensor, wordt het heartbeat-bericht geduid met het message type "heartbeat", inclusief een veld met een waarde voor batterijcapaciteit (van 0 – 100,0% met 1 decimaal). Indien de sensor zich niet (meer) in het spoor bevindt, dient dit direct (en eenmalig) in een statusmelding kenbaar gemaakt te worden, en óók in navolgende heartbeats meegegeven te worden (zie ook O1.12 en O1.15).

Het sequence id (seq_id) is een (oplopend) volgnummer waarmee het event uniek te identificeren is, binnen de events van één sensor (sensor_id). Hiermee is het mogelijk om te detecteren of events missen of dubbel ontvangen zijn. Daarnaast zou een update van een event ook op deze wijze naderhand gestuurd kunnen worden. Dit kan bijvoorbeeld als een leverancier nabewerkingen doet die meer tijd kosten dan de KPI of latency toestaat. Deze informatie kan dan in overleg via een extra bericht met hetzelfde volgnummer worden toegevoegd met msg_type: "toevoeging". Het sequence id is minimaal 2 bytes groot. Een heartbeat behoeft geen sequence id.

Extra (Opdrachtnemer-)specifieke velden zijn in overleg toegestaan, bijvoorbeeld 'aantal wagens', 'soort wagens', 'kwaliteit wielpassagesensor'. Deze worden dan als optionele velden opgenomen in de specificatie.

6 Voorbeeldberichten

6.1 Voorbeeld startbericht (in JSON format)

```
{
  "sensor_id": "AB-1234567",
  "seq_id": 8910,
  "msg_type": "assenmeting",
  "event": {
    "start_event": true,
    "end_event": false,
    "start_time": 1708614480567,
    "end_time": "",
    "direction": "T",
    "total_axles": "",
    "axle_timestamps": {}
  }
}
```

6.2 Voorbeeld eindbericht (in JSON format)

```
{
  "sensor_id": "AB-1234567",
  "seq_id": 8910,
  "msg_type": "assenmeting",
  "event": {
    "start_event": false,
    "end_event": true,
    "start_time": 1708614480567,
    "end_time": 1708614500323,
    "direction": "T",
    "total_axles": 4,
    "axle_timestamps": {
      0: 0,
      1: 550,
      2: 1500,
      3: 4000
    }
  }
}
```

6.3 Voorbeeld nalevering / toevoeging (in JSON format)

```
{
  "sensor_id": "AB-1234567",
  "seq_id": 8910,
  "msg_type": "toevoeging",
  "event": {
    "start_event": false,
    "end_event": true,
    "start_time": 1708614480567,
    "end_time": 1708614500323,
    "direction": "T",
    "total_axles": 4,
    "axle_timestamps": {
      0: 0,
      1: 550,
      2: 1500,
      3: 4000
    }
  },
  "additional_info": {
    "wagons_count": 2,
    "wagons_length": [10, 20],
    "wagons_layout": ["type_a", "type_b"]
  }
}
```

6.4 Voorbeeld heartbeat bericht (in JSON format)

```
{
  {
    "device_brand": "Leveranciersnaam",
    "device_type": "WPS-A1",
    "sensor_id": "AB-1234567",
    "seq_id": "0",
    "msg_type": "heartbeat",
    "event": {
      "start_time": 1708615383782,
      "end_time": "",
      "battery_cap": 84.6
    }
  }
}
```

7 Kwaliteitstest

Alvorens de opdracht definitief gegund wordt, wordt Opdrachtnemer gevraagd mee te werken aan een kwaliteitstest. In deze test worden op een nader te bepalen locatie op het emplacement Botlek minimaal vijf sensoren geplaatst, waarmee Opdrachtnemer dient aan te tonen dat de oplossing aan de gevraagde kwaliteitscriteria voldoet.

Onderdeel van de testen in de kwaliteitstest zijn in elk geval de volgende object- en aspecteisen:

- O1: detectie wielpassage(s) en zenden gerelateerde data;
- O1.4-6: start- en eindberichtgeving;
- O1.11: verzending heartbeats;
- O2.1: timing, inhoud en JSON-format start- en eindbericht;
- O2.2: ontvangst berichten op MQTT;
- O2.5: format berichtgeving;
- O3.6: de sensor heeft dezelfde zichtbare en leesbare identifier als in de berichtgeving (sensor_id);
- A2.3: meten van nauwkeurigheid;
- A3.4: geografische locatie en positie.

De uitgangspunten van de kwaliteitstest zijn als volgt gedefinieerd:

- De sensoren worden door Opdrachtnemer geplaatst op door ProRail aangewezen locaties op het emplacement Botlek;
- De sensoren op locatie zijn volledig werkend en moeten als een permanente installatie aangemerkt worden;
- De Opdrachtnemer krijgt na installatie op locatie, 1 week de tijd om de sensoren en de data-overdracht (op afstand) in te regelen of af te stellen;
- In principe is er na installatie geen gelegenheid meer om op locatie zaken bij te stellen (*first time right*). De sensoren dienen minimaal 1 maand volledig operationeel te werken en de data naar ProRail te verzenden;
 - De opstelling wordt in deze periode getoetst op de gestelde eisen;
 - Wanneer gedurende de toetsperiode de gevraagde kwaliteit niet (voldoende) tot uiting komt, krijgt Opdrachtnemer tot 1 week voor einde gelegenheid de sensoren (op afstand) te optimaliseren. Opdrachtnemer zal hiertoe zelf het initiatief nemen, en ProRail hierover informeren;
- Opdrachtnemer dient aan het einde van de toetsperiode een rapportage op te leveren met de resultaten van de prestaties van de sensoren en de eindresultaten van de kwaliteitstoets;
 - De rapportage bevat minimaal een uitwerking op de gevraagde aspecteisen van de kwaliteitstoets;
 - De rapportage zal vergeleken worden met de controle-metingen die door ProRail zelf worden uitgevoerd, waarna deze met Opdrachtnemer besproken zullen worden;
 - Als na afloop van de kwaliteitstoets de resultaten positief zijn en ProRail overgaat tot definitieve gunning, dan zijn de sensoren definitief “in productie”.

Indien de Opdrachtnemer de kwaliteitstoets niet met succes afrondt, houdt ProRail het recht voor om de gunning in te trekken. In dat geval krijgt de Opdrachtnemer de gelegenheid de door haar gebruikte hardware op eigen kosten te verwijderen op een door ProRail afgegeven tijdstip. ProRail zal met een andere leverancier volgens de wachtkamerovereenkomst het traject vervolgen.