



Vraagspecificatie: Inwinnen luchtopnamen spoorinfra 2025

Van	ProRail, Assetmanagement Informatie
Auteur	Roelof Boekhold, Hoe Ming Wong
Datum	31 maart 2025

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
Begrippenlijst	3
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Luchtopnamen binnen ProRail	5
1.3 Luchtopnamen en de geo-ambities van ProRail.....	5
2 De vraag.....	7
2.1 Producten.....	7
2.2 Te vliegen gebied.....	7
2.3 Wijze van werken	8
2.4 Consultancy	9
3 De inschrijving	10
3.1 Beschikbare materialen	10
3.2 Aanbiedingsbegroting.....	10
4 Technische eisen	11
4.1 Vliegplan	11
4.2 Paspunten	12
4.3 Fotovlucht	13
4.4 Luchtfoto's.....	15
4.5 Uitwendige oriëntering.....	17
4.6 True-orthofoto's.....	20
4.7 LiDAR-puntenwolken.....	22
4.8 Definitie van standparameters voor uitwendige oriëntering	24

Begrippenlijst

Begrip	Uitleg
BBK	Basisbeheerkaart, de topografische kaart van ProRail. De BBK wordt digitaal in bladvorm ter beschikking gesteld en wordt onder meer gebruikt als onderlegger voor de ondergrondse infra, de loop der bovenleiding en het aanvragen van spoorwegvergunningen.
Beeldmateriaal	Foto's (RGB en nabij-infrarood), video's, puntenwolken
IDS	Indiensstelling: het moment dat een traject na een project/werkzaamheden wordt vrijgegeven voor de treindienst.
Infraproject	Een project dat betrekking heeft op de spoorinfrastructuur.
Interessegebied	Het gebied buiten het spoorgebied dat binnen de gemaakte opnamen valt.
LiDAR-opname	De waarnemingen die met een LiDAR-scanner worden gedaan
LiDAR-puntenwolk	Het product dat op basis van LiDAR-opnamen wordt gemaakt.
Luchtfoto	Een foto die vanuit een luchtvaartuig wordt genomen van het aardoppervlak.
Luchtopname	Een foto of LiDAR-puntenwolk die vanuit een luchtvaartuig wordt genomen van het aardoppervlak.
Mapservice	
Meldkamer Spoor	De centrale meldkamer voor het spoor waar incidenten op en rond het spoor worden gemeld.
Nadiropname	Een luchtfoto die loodrecht naar beneden wordt genomen.
Obliekopname	Een luchtfoto die onder een verticale hoek van 45 graden naar beneden wordt genomen. ProRail maakt gebruik van obliekopnamen die voorwaarts en achterwaarts in de vliegrichting zijn gemaakt.
Paspunt	Een eenduidig aan te meten stabiel puntobject in het terrein waarvan de ligging bekend is in RD/NAP-coördinaten.
RailMaps	De kaartviewer van ProRail waarin zowel de orthofoto's van ProRail als die van het landelijk samenwerkingsverband Beeldmateriaal als ondergrond geselecteerd kunnen worden.
Ramingsblad	Een overzicht van de kosten die met het uitvoeren van een opdracht gemoeid zijn op basis van de aangeboden tarieven. ProRail verstrekt het format dat voor het opstellen van een ramingsblad wordt gebruikt.
Spoorgebied	Het in deze mapservice/viewer als zodanig aangegeven gebied.
SpoorInBeeld	Het systeem van ProRail waarin georeferenciert beeldmateriaal wordt ingenomen, opgeslagen en ter beschikking gesteld (https://spoorinbeeld.nl)
True-orthofoto	Een samenvoeging van geometrisch en radiometrisch gecorrigeerde digitale luchtfoto's waarbij de positie van elke pixel wordt uitgedrukt in dezelfde RD-coördinaten als het terreinpunt dat de pixel afbeeldt.
Vliegblok	Een vliegblok is de basiseenheid voor het geven van opdrachten. ProRail heeft Nederland opgedeeld in 72 vliegblokken. Het gemiddelde vliegblok heeft een lengte van 45 km. Meestal omvat een vliegblok een aaneengesloten gebied. Uitzonderingen kunnen haven- en industriegebieden zijn. Zie voor een overzicht van de vliegblokken: mapservice/viewer
Vliegkilometer	De lengte van een kilometer vlieglijn.
Vlieglijn	Het vliegpad dat het luchtvaartuig aflegt terwijl het conform het vliegplan opnamen maakt. Aanvliegroutes en vliegbewegingen om het luchtvaartuig in de juiste positie te brengen of om te wachten zijn geen vlieglijnen.
Vliegoopdracht	Oopdracht tot het uitvoeren van opnamen van meerdere vliegblokken. Gedurende het jaar worden meer opdrachten verstrekt.
Vliegoopdrachtperiode	De periode waarin door opdrachtgever de uitvoering van een opdracht is voorzien.
Vliegpadd	Het traject dat het luchtvaartuig aflegt.
Vliegplan	Het plan dat opdrachtnemer opstelt conform paragraaf 2.1.

Vliegstrook	Het gebied dat wordt bepaald door de lengte van de vlieglijn en de breedte van de footprint van de nadiropnamen.
Waar vliegt ProRail?	ProRail heeft een website (www.waarvliegtprorail.nl) waarop bij de uitvoering van een vliegopdracht zichtbaar is waar het luchtvaartuig zich bevindt. Zeker bij vluchten op lage hoogten voorkomt dat onrust. Zo informeert opdrachtgever voor de aanvang van een vliegopdracht het ministerie van Justitie in verband met de aanwezigheid van gevangenen in de omgeving van het spoor. Op Waar vliegt ProRail wordt ook getoond welke blokken zijn gevlogen en welke nog gevlogen moeten worden.

De URL van de mapservice waarnaar in deze vraagspecificatie wordt verwezen is:

<https://eur02.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fmaps.prorail.nl%2Farcgis%2Fservices%2FHosted%2FFluctopname%2FMapServer%2FWFSServer%3Fservice%3Dwfs%26request%3Dgetcapabilities&data=05%7C02%7C0elof.Boekhold%40prorail.nl%7Ca7b1d4fa17a64aff89d008dd6dcba996%7Ca398fcff8d2b4930a7f7e1c99a108d77%7C1%7C0%7C638787443667721030%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJFbXB0eU1hcGkiOnRydWUsIlYiOiIwLjAuMDAwMCIsIlAiOiJXaW4zMilskFOljoITWFpbCIsIldUljoyfQ%3D%3D%7C0%7C%7C%7C&sdata=2uTwi1Tz3aCZq%2BgdwWrY0UDv86dXLC3V7wjCpl12hzs%3D&reserved=0>

De URL van de viewer waarnaar in deze vraagspecificatie wordt verwezen is:

<https://eur02.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fmaps.prorail.nl%2Fportal%2Fapps%2Finstant%2Fbasic%2Findex.html%3Fappid%3Df09cd17d3dc94554902cfea6960a69f1&data=05%7C02%7C0elof.Boekhold%40prorail.nl%7Ca7b1d4fa17a64aff89d008dd6dcba996%7Ca398fcff8d2b4930a7f7e1c99a108d77%7C1%7C0%7C638787443667689220%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJFbXB0eU1hcGkiOnRydWUsIlYiOiIwLjAuMDAwMCIsIlAiOiJXaW4zMilskFOljoITWFpbCIsIldUljoyfQ%3D%3D%7C0%7C%7C%7C&sdata=slyzTyuFu2xzI6TBleOxSVQoaZgm0oke%2F3Uv5GMIFV4%3D&reserved=0>

1 Inleiding

Deze vraagspecificatie bevat de inhoudelijke beschrijving van de producten en diensten die geleverd moeten worden. Daarnaast beschrijft het ook de achtergronden van de onderhavige aanbesteding.

1.1 Aanleiding

In april 2025 loopt het huidige contract voor het maken van luchtopnamen van het spoor en de spooromgeving af. Om te kunnen blijven voorzien in de behoefte aan luchtopnamen binnen haar eigen organisatie en haar partners wil ProRail een nieuw contract sluiten. Deze aanbesteding moet leiden tot dat nieuwe contract.

1.2 Luchtopnamen binnen ProRail

Al tientallen jaren laat ProRail luchtopnamen maken van het spoor en de spooromgeving. Tot 2017 bestonden die uit nadiropnamen die vooral werden gebruikt voor het actualiseren van de Basisbeheerkaart (BBK) en voor het maken van orthofotomosaïeken voor gebruik binnen RailMaps, de kaartviewer van ProRail.

Meer objecten in beeld

In 2015 ontstond de behoefte om de positie van veel objecten op en rond het spoor niet langer primair in het gebruikelijk lijnreferentiestelsel vast te leggen, maar in RD(/NAP)-coördinaten. Daarnaast wilde men de opschriften van borden langs het spoor kunnen lezen. Dat betekende dat de nadiropnamen veel meer detail moesten bevatten om alle nieuwe objecten in kaart te kunnen brengen. Het betekende ook dat er obliekopnamen moesten worden gemaakt om de opschriften op borden te kunnen lezen. Een proef wees uit dat het gelijktijdig laten maken van LiDAR-opnamen een waardevolle toevoeging was. De proef wees ook uit dat inherent aan de gestelde eisen de absolute nauwkeurigheid van de luchtopnamen sterk kon verbeteren.

Op basis van deze uitgangspunten is in 2016 een aanbesteding uitgeschreven en in 2017 gegund. Bij uitvoering van de overeenkomst zijn de technische verwachtingen overtroffen: de detaillering van de foto's was hoog en is hoger geworden, de puntenwolk is dichter geworden en de absolute nauwkeurigheid is met 5 cm veel beter dan de uitgevraagde 12 cm.

Van tussenproduct naar eindproduct

Waren tot 2017 de luchtopnamen vooral tussenproducten die moesten leiden tot een geactualiseerde kaart en orthofotomosaïeken, na 2017 is het inzicht ontstaan dat luchtopnamen die we nu ontvangen gezien moeten worden als zelfstandige producten met tal van gebruiksmogelijkheden. Het actualiseren van onze topografische data en het bieden van een basislaag in RailMaps zijn daar twee van.

SpoorInBeeld

Om de potentie van de luchtopnamen beter te kunnen benutten is in november 2022 SpoorInBeeld ter beschikking gekomen. SpoorInBeeld is de omgeving van ProRail waarin gegeorefereerd beeldmateriaal kan worden ingenomen, opgeslagen en ter beschikking gesteld. SpoorInBeeld bevat naast luchtopnamen ook foto's en LiDAR-puntenwolken vanaf de trein en 360-gradenpanoramafoto's en LiDAR-puntenwolken vanaf statief op stations (vooral onder perronkappen). In 2025 en 2026 zullen daar 360-gradenpanoramafoto's en LiDAR-puntenwolken van alle publieksruimten op stations worden toegevoegd, evenals 360-gradenpanoramafoto's en LiDAR-puntenwolken van het wegennet rond het spoor en luchtopnamen vanuit drones.

1.3 Luchtopnamen en de geo-ambities van ProRail

Binnen het geodomein van ProRail zijn er twee grote uitdagingen:

1. Het verhogen van de actualiteit van geodata:
2. Het uniformeren van de kwaliteit van geodata.

1.3.1 Het verhogen van de actualiteit van geodata

In september 2024 heeft ProRail een enquête gehouden onder de gebruikers van luchtopnamen binnen en buiten ProRail. Uit de antwoorden bleek onder meer dat de gebruikers vooral hechten aan een hoge gedetailleerdheid van de luchtopnamen en aan een hoge actualiteit. Beide antwoorden kwamen niet als een verrassing en bevestigden het vermoeden dat er al was.

Vooral het bereiken van een hoge actualiteit is een uitdaging. Strikt genomen wordt de actualiteit bepaald door de periode tussen het ontstaan van een geografische mutatie en het moment dat de mutatie kenbaar is voor gebruikers. Hoe korter die periode, hoe hoger de actualiteit.

Mutaties aan het spoor en de spooromgeving vinden meestal projectgewijs en in opdracht van ProRail plaats. ProRail heeft inzicht in de perioden waarin mutaties binnen een traject plaats vinden. De doorlooptijd van een project kan lang zijn en het project kan zijn opgedeeld in projectfasen. Landelijk lopen er tientallen projecten gelijktijdig. Bedrijfseconomisch is het geen haalbare kaart volledig actueel te zijn.

Een praktische maatstaf voor het bepalen van de actualiteit is de periode tussen het moment dat een traject wordt vrijgegeven voor de treindienst (de indienststellingsdatum IDS) en de beschikbaarheid van actuele geografisch data. Voor de verkeersleiding en de Meldkamer Spoor is deze actualiteitsmaatstaf belangrijk. Het is deze maatstaf die ProRail hanteert bij de planning van de luchtopnamen. Voor andere onderdelen van ProRail zou een andere maatstaf voor actualiteit passend zijn.

Bij de planning van de luchtopnamen spelen ook procesmatige en bedrijfseconomische afwegingen een rol. Op dit moment ligt er een optimum bij het jaarlijks vliegen van 70% van het spoorwegnet, verdeeld over vijf vliegperiodes.

ProRail verwacht van de opdrachtnemer dat deze meedenkt om de actualiteit te verhogen en daarbij in ieder geval werkt aan het verkorten van de doorlooptijd van de eigen processen. Het aanpassen van de vliegbloksgrootte en de vliegfrequentie zijn ook mogelijkheden die in samenspraak met ProRail onderzocht kunnen worden.

ProRail is zich ervan bewust dat een optimale actualiteit alleen bedrijfseconomisch bereikt kan worden door meer databronnen dan alleen luchtopnamen in te zetten. In de loop van het project zal ProRail daarom ook andere vormen van data-inwinning gaan inzetten, waaronder opnamen vanaf treinen, drones en auto's. Ook gaan we bestaande data uit projecten en van gebruikers beter hergebruiken.

1.3.2 Het uniformeren van de kwaliteit van geodata

Veel gebruikers van onze geodata zijn zich er niet van bewust maar de kwaliteit van geodata in onze bronsystemen is zeer wisselend. Om historische redenen is de datamodellering soms niet gelijk en kan de mate van de nauwkeurigheid behoorlijk verschillen. Die situatie is onwenselijk.

Het uniformeren van de geodatakwaliteit in de bronsystemen van ProRail betekent praktisch een algehele kwaliteitsverbetering van de geodata. Om dat te realiseren zet ProRail op geautomatiseerde mutatiekartering op basis van beeld-/objectherkenning. Het gebruik van luchtopnamen - al dan niet in combinatie met beelddata uit andere bronnen speelt daarin een centrale rol omdat luchtopnamen de enige (beeld)data is die het hele spoorwegnetwerk omvat.

Voor ProRail is van belang dat de luchtopnamen geschikt zijn om deze ambitie waar te maken.

2 De vraag

Onderstaande tabel toont de eisen waaraan het op te leveren product moet voldoen. Aanvullend hierop zijn er technische eisen aan de wijze waarop dit product tot stand komt. Deze eisen staan in hoofdstuk **Fout!**

Verwijzingsbron niet gevonden..

Bij het toetsen van de geleverde producten zal tenminste 95% van die producten aan de gestelde eisen moeten voldoen.

2.1 Producten

ID	Opdrachtelement	Waarde
Basiseisen eindproducten		
O-1	Nadiropnamen in RGB met een grondpixelgrootte op maaiveldniveau van maximaal:	3 cm
O-2	OPTIE: Het aanvullend maken en leveren van nadiropnamen in nabij-infrarood met een grondpixelgrootte van maximaal:	3 cm
O-3	Obliekopnamen in RGB met een grondpixelresolutie in het middelpunt van de foto van maximaal:	2 cm
O-4	Obliekopnamen worden gemaakt in voorwaartse en achterwaartse vliegrichting met als voornaamste doel de opschriften op borden te kunnen lezen.	
O-5	True orthofoto's in RGB met een grondpixelresolutie van maximaal:	3 cm
O-6	OPTIE: Het in combinatie met O-2 maken van true orthofoto's in CIR met een grondpixelresolutie van maximaal:	3 cm
O-7	LiDAR-puntenwolken met een resolutie van tenminste:	100 punt/m ²
O-8	De positionele absolute nauwkeurigheid van grondpixels in de nadir- en obliekopnamen en van punten in LiDAR-puntenwolken dient het mogelijk te maken de positie van scherp gedefinieerde terreinpunten in zowel X als Y als Z te bepalen met een nauwkeurigheid (2-sigmawaarde) gelijk of kleiner dan:	5 cm
Tussenproducten		
O-9	De volgende tussenproducten worden gevraagd: - Vliegplan. - Lijst van paspunten.	
Technische specificaties		
O-10	De technische specificaties waaraan (tussen)producten verder moeten voldoen zijn opgenomen in de hoofdstukken over technische specificaties.	

2.2 Te vliegen gebied

ID	Opdrachtelement	Waarde
O-11	De nadir- en obliekfoto's en de LiDAR-puntenwolken bedekken het hele in 72 vliegblokken opgedeelde spoorgebied zoals opgenomen in: mapservice/viewer .	
O-12	OPTIE: Het veranderen van de vliegblokindeling Hoewel opdrachtgever hecht aan de continuïteit van de indeling in vliegblokken kan het uit oogpunt van doeltreffendheid en de doelmatigheid van de uitvoering van de vluchten nodig zijn de indeling in vliegblokken te wijzigen.	
O-13	Jaarlijks wordt van 43 tot 51 vliegblokken opnamen gemaakt.	
O-14	OPTIE: Het wijzigen van het aantal vliegblokken dat jaarlijks wordt gevlogen. Welke vliegblokken nu worden gevlogen wordt vooral ingegeven door het actueel houden van de topografische kaart van ProRail. Naar verwachting zal het beeldmateriaal steeds meer ook voor monitoringdoeleinden worden	

	ingezet. Dat kan ertoe leiden dat jaarlijks meer vliegblokken moeten worden gevlogen.	
--	---	--

2.3 Wijze van werken

ID	Opdrachtelement	Waarde
Planning		
O-15	Jaarlijks wordt vijf keer een opdracht tot het maken luchtopnamen verstrekt. Doorgaans is dat in februari, april, juni, augustus en oktober.	
O-16	De omvang van elke opdracht is doorgaans tussen de 8 á 12 blokken. Opdrachtgever selecteert welke blokken worden gevlogen aan de hand van de voortgang van infrastructurele projecten en de periode die is verstreken sinds een blok voor het laatst is gevlogen. Bij de selectie van te vliegen blokken houdt opdrachtgever rekening met de doelmatigheid waarmee vluchten kunnen worden uitgevoerd.	
O-17	OPTIE: Het wijzigen van het aantal keer dat jaarlijks vliegopdrachten worden verstrekt. ProRail heeft het streven de actualiteit van topografische data te verhogen. Er kan de situatie ontstaan dat de betrokken processen zo soepel lopen dat de behoefte ontstaat de frequentie van opdrachtverlening te verhogen.	
Opdrachtverlening		
O-18	Ter voorbereiding van de opdracht ontvangt opdrachtnemer: - De lijst van te vliegen blokken; - Eventueel ook de aanpaste blokgrenzen.	
O-19	Opdrachtnemer levert op basis van O-18 binnen: - Een vliegplan - Een ramingsblad waarin de kosten van de uitvoering van het vliegplan zijn opgenomen overeenkomstig de kostenelementen uit de aanbestedingsbegroting.	5 werkdagen
O-20	De opdrachtgever beoordeelt het vliegplan en het ramingsblad uit O-19 binnen:	5 werkdagen
O-21	Bij acceptatie door opdrachtgever van de documenten uit O-19 ontvangt opdrachtnemer de opdracht tot uitvoering.	
Het uitvoeren van de vluchten		
O-22	Na het ontvangen van de opdracht voert opdrachtnemer de vluchten uit binnen:	14 dagen
O-23	Als door weersomstandigheden de vluchten niet binnen de termijn in de in O-22 genoemde termijn kunnen worden afgerond, worden zij uitgevoerd bij de eerste gelegenheid dat het weer geschikt is.	
Levering producten		
O-24	Levering gebeurt door het uploaden van de in hoofdstuk 4 voorgeschreven bestanden in SpoorInBeeld (spoorinbeeld.nl). Opdrachtnemer levert de producten vliegbloksgewijs binnen (gerekend vanaf afronding van de opnamen):	60 dagen
Controle leveringen		
O-22	De leveringen worden door een onafhankelijke derde partij (de controlerende partij) gecontroleerd aan de hand van de specificaties in de hoofdstukken 2 en 4.	
O-23	De controlerende partij stelt binnen 2 weken een schriftelijk controleverslag en een schriftelijk acceptatieadvies op.	

O-24	Het controlerapport en het acceptatieadvies worden ter beschikking gesteld van de opdrachtnemer.	
Acceptatie leveringen		
O-25	Aan de hand van het controlerapport en het acceptatieadvies neemt opdrachtgever een besluit over het al dan niet accepteren van de levering.	
O-26	Opdrachtgever stelt opdrachtnemer en de controlerende partij binnen een week na ontvangst van het controlerapport en het acceptatieadvies op de hoogte van het besluit over het al dan niet accepteren van de levering.	
O-27	Bij acceptatie van een levering kan opdrachtnemer overgaan tot het factureren daarvan.	
O-28	Bij het niet-accepteren van de levering doet de opdrachtnemer binnen 14 dagen een verbeterde levering. De kosten van het verbeteren van de levering zijn voor de opdrachtnemer	
Publicatie in SpoorInBeeld		
O-29	Bij acceptatie van de levering voert opdrachtgever eventueel nog nabewerkingen uit zoals blurring.	
O-30	Na uitvoering van de blurring publiceert opdrachtgever de levering op SpoorInBeeld inclusief de rapportages van de opdrachtnemer en de controlerende partij.	

2.4 Consultancy

O-31	ProRail kan aan opdrachtnemer opdracht verstrekken tot het uitvoeren van onderzoek, het geven van adviezen of het structureel verbeteren van producten en/of diensten.	
------	--	--

3 De inschrijving

3.1 Beschikbare materialen

Voor het opstellen van de inschrijving stelt ProRail de volgende middelen ter beschikking:

- SpoorInBeeld (spoorinbeeld.nl)
In SpoorInBeeld zijn alle luchtopnamen opgenomen die ProRail sinds oktober 2017 heeft laten maken. De gevraagde producten dienen van vergelijkbare kwaliteit te zijn of beter.
- Een mapservice/viewer met het totale spoorgebied, de indeling in vliegblokken en de beschikbare paspunten.
ProRail geeft geen garantie dat deze paspunten nog bruikbaar zijn.

3.2 Aanbiedingsbegroting

In de aanbiedingsbegroting wordt u gevraagd prijzen en tarieven op te geven voor de volgende onderdelen:

1. Een vaste prijs per vliegkilometer
2. Het tarief per vliegkilometer voor het maken van nadir- en obliekfoto's, het maken van LiDAR-opnamen, het leveren van de gevraagde producten en het onderhouden van paspunten. In de begrippenlijst kunt u lezen wat ProRail onder een vliegkilometer verstaat. Hieraan gekoppeld dient u voor elk door ProRail vastgesteld vliegblok het aantal vaste vliegkilometers aan te geven die u daarvoor zult inzetten.
3. Een vaste prijs per vliegopdracht
De kosten die u maakt voor het gereedmaken maken van luchtvaartuig en apparatuur voor het uitvoeren van de opdracht, kunt u hier opgeven.
4. Een vaste prijs voor het éénmalig maken en inmeten van paspunten
Voor zover u paspunten nodig heeft voor het uitvoeren van uw werkzaamheden, kunt u hier de kosten voor het initieel maken en inmeten daarvan opgeven. De kosten voor het onderhouden van de paspunten kunt u opnemen in de prijs per vliegkilometer.
5. Een vaste meerprijs per vliegkilometer voor het maken en leveren van nabij-infraroodopnamen wat ProRail optioneel kan uitvragen. ProRail voorziet in de toekomst de behoefte aan nabij-infraroodopnamen die gelijktijdig met de andere opnamen worden gemaakt.
6. Een vast integraal uurtarief voor het leveren van consultancy-diensten op regiebasis.

4 Technische eisen

4.1 Vliegplan

ID	Eis	Waarde
Het opstellen van het vliegplan		
VP-1	De opdrachtnemer stelt per opdrachtperiode een vliegplan op voor ieder van de te vliegen vliegblokken	
VP-2	Als een infraproject op de grens ligt van twee of meer vliegblokken en slechts één van deze vliegblokken wordt gevlogen, kan opdrachtgever het te vliegen vliegblok tijdelijk uitbreiden zodat het project in zijn geheel binnen de opnamen valt.	
VP-3	Het vliegplan houdt rekening met eventuele in het perceel geldende, vooraf bekende restricties op het gebruik van het luchtruim.	
VP-4	Op basis van het vliegplan kunnen de in hoofdstuk 2 gestelde eisen en punt dichtheden worden gerealiseerd.	
VP-5	Nadir- en obliekopnamen worden synchroon gemaakt.	
VP-6	De eerste en de laatste nadirfoto van iedere vliegstrook liggen altijd geheel buiten het spoorgebied.	
VP-7	De eerste en de laatste voorwaartse obliekfoto van iedere vliegstrook liggen altijd geheel buiten het spoorgebied.	
VP-8	De eerste en de laatste achterwaartse obliekfoto van iedere vliegstrook liggen altijd geheel buiten het spoorgebied.	
VP-9	De te vliegen vliegstroken zijn niet langer dan nodig om aan de hier genoemde eisen te voldoen.	
VP-10	Indien de aannemer een inwin- en verwerkingsmethode kiest waarbij paspunten nodig zijn, wordt de ligging van de benodigde paspunten afgebeeld op het vliegplan.	
Te leveren producten Betekenis lettercodes: • YYYY Jaar waarin de vlucht is gepland • MM Maand waarin de vlucht is gepland • VV Het vliegbloknummer waarop het vliegplan betrekking heeft		
VP-11	Per vliegblok levert opdrachtnemer een geopackage-bestand met de geplande vlieglijnen. De naam van het geopackage-bestand is YYYYMM_Vlieglijnen_VV.gpkg	
VP-12	Per vliegblok levert opdrachtnemer een geopackage-bestand met de geplande footprints. De naam van het geopackage-bestand is YYYYMM_Footprints_VV.gpkg	

Toelichting:

Bij VP-3:

Voorbeelden van dergelijke restricties zijn:

- De TMA/CTR-zones rondom luchthaven Schiphol en vliegbasis Eindhoven.
- Tijdelijke militaire beperkingen zoals tijdens de oefening "Frysian Flag" in het noorden van Nederland, oefeningen in het Waddengebied (Vliehors Range) en oefeningen rondom vliegbasis Eindhoven.
- Verlofaanvragen teledetectie in België.
- Restrictiegebieden, waaronder koninklijke paleizen en regeringsgebouwen, zoals genoemd in de Regeling beperking of verbod uitoefening burgerluchtverkeer in bepaalde gebieden 2018.

4.2 Paspunten

Als de opdrachtnemer gebruik maakt van paspunten dan dienen de volgende producten te worden geleverd:

Te leveren producten		
Betekenis lettercodes:		
• YYYY Jaar waarin de paspuntmeting heeft plaats gevonden • MM Maand waarin de paspuntmeting heeft plaats gevonden • VV Het vliegbloknummer waarin het gemeten paspunt ligt • zzzzzz Het nummer van het gemeten paspunt		
PP-22	Per in het terrein gemeten paspunt een overzichtsfoto in JPEG-formaat waarop de ligging van het gemeten paspunt en de paspuntnaam zichtbaar zijn. De bestandsnaam is YYYYMM_paspunt_VV_zzzzzz_OV.jpg waarbij met zzzzzz het paspuntnummer wordt bedoeld.	
PP-23	Per perceel een ascii-bestand met de definitieve coördinaten van de paspunten. De bestandsnaam is YYYYMM_paspuntcoordinaten_VV.txt	

4.3 Fotovlucht

ID	Eis	Waarde
Uitvoering vliegplan		
FV-1	De fotovlucht wordt uitgevoerd in overeenstemming met het vliegplan.	
Het voorbereiden en uitvoeren van de fotovlucht		
FV-2	De in te zetten camera's zijn geschikt voor het behalen van alle in deze vraagspecificatie gestelde eindtermen.	
FV-3	De gebruikte camera's zijn gekalibreerd. De camera moet voldoende recent gekalibreerd zijn voor de brandpuntsafstand, hoofdpuntsverschuiving en lensvertekening. Hierbij moeten minimaal de door de cameraleverancier voorgeschreven kalibratietermijnen gevolgd zijn.	
FV-4	De gebruikte camera's zijn zo ingericht dat geen bewegingsonscherpte ontstaat.	
FV-5	Voor de obliekopnamen worden met identieke camera's gebruikt.	
FV-6	De gebruikers moeten elkaar overlappende luchtfoto's kunnen inzetten voor het vormen van parallaxvrije, correct in het (RD, NAP)-stelsel gepositioneerde stereomodellen.	
FV-7	De absolute hoektolerantie van een luchtfoto en de relatieve hoektoleranties tussen twee opeenvolgende luchtfoto's in een vliegstrook mogen voor wat betreft de roll- en de pitchhoek niet groter zijn dan:	4 graden
FV-8	De absolute hoektolerantie van een luchtfoto en de relatieve hoektoleranties tussen twee opeenvolgende luchtfoto's in een vliegstrook mogen voor wat betreft de yaw-hoek niet groter zijn dan:	5 graden
FV-9	Gedurende de vlucht is het te fotograferen gebied niet door omstandigheden - zoals overstromingen, neerslag, sneeuw, enz. - aan het zicht onttrokken.	
FV-10	De fotovlucht vindt plaats onder omstandigheden die garanderen dat scherpe en goed interpreteerbare luchtfoto's worden verkregen, die aan alle in deze vraagspecificatie opgenomen eisen voldoen.	
Hervluchten		
FV-11	Indien een deel van het vliegblok opnieuw gefotografeerd moet worden, worden bij de hervlucht dezelfde camera's met dezelfde objectieven gebruikt.	
FV-12	In de hervlogen stroken wordt een overlap aangehouden van minimaal drie luchtfoto's met de eerder gevlogen vliegstroken.	
Waar vliegt ProRail?		
FV-13	Bij de uitvoering van een vlucht in het kader van een opdracht van ProRail stelt opdrachtnemer de positiegegevens van zijn luchtvaartuig live ter beschikking aan opdrachtnemer zodat het luchtvaartuig gevolgd kan worden op www.waarvliegtprorail.nl . Het protocol daarvoor zal in overleg met de opdrachtnemer worden vastgesteld.	
Te leveren producten		
Betekenis lettercodes: • YYYY Jaar waarin de fotovlucht is uitgevoerd • MM Maand waarin de fotovlucht is uitgevoerd • DD Dag waarop de fotovlucht is uitgevoerd • VV Het vliegbloknummer waarop het vliegplan betrekking heeft		
FV-14	Per uitgevoerde fotovlucht een vluchtrapport in pdf-formaat. Het rapport bevat in ieder geval de volgende informatie: • De vliegdatum. • De gemiddelde vlieghoogte ten opzichte van maaiveldhoogte. • Het totale aantal gemaakte luchtfoto's. • Het aantal gemaakte luchtfoto's per vliegstrook.	

	- Het ingezette vliegtuig inclusief het registratienummer. - Opmerkingen over de weersgesteldheid ten tijde van het inwinnen van de luchtfoto's. - Overige van belang zijnde opmerkingen. De bestandsnaam is YYYYMMDD_Vluchtrapport_VV.pdf																															
FV-15	Per uitgevoerde fotovlucht een geopackage-bestand met: - De footprints van de luchtfoto's op maaiveldniveau met nadiropnamen, obliekopnamen voorwaarts en obliekopnamen achterwaarts op aparte lagen. - De beeldmiddens van de gemaakte luchtfoto's. Per luchtfoto moet de in onderstaande tabel vermelde attribuut informatie opgenomen zijn: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Attribuut</th><th>Toelichting</th><th>Formaat</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bestandsnaam</td><td>Zonder extensie</td><td>Text</td></tr> <tr> <td>Fotonaam</td><td>Zie LF-12</td><td>Text</td></tr> <tr> <td>Opnamedatum</td><td>UTC-datum van de opname</td><td>Date</td></tr> <tr> <td>Opnametijdstip</td><td>UTC-tijd van de opname</td><td>Text</td></tr> <tr> <td>Camera naam</td><td>De naam van de gebruikte camera en het gebruikte objectief.</td><td>Text</td></tr> <tr> <td>Diafragma</td><td>Bijvoorbeeld 5.6, 8, 11, 16</td><td>Float</td></tr> <tr> <td>Sluiter tijd</td><td>Sluiter tijd in 1/n seconden bijv. 125, 250, 350</td><td>Double</td></tr> <tr> <td>Opdrachtnemer</td><td>Naam van de opdrachtnemer</td><td>Text</td></tr> <tr> <td>Grondpixelresolutie (GSD)</td><td>Op maaiveldhoogte in centimeters</td><td>Float</td></tr> </tbody> </table> - De bestandsnaam is YYYYMMDD_overzicht_VV. gpkg.	Attribuut	Toelichting	Formaat	Bestandsnaam	Zonder extensie	Text	Fotonaam	Zie LF-12	Text	Opnamedatum	UTC-datum van de opname	Date	Opnametijdstip	UTC-tijd van de opname	Text	Camera naam	De naam van de gebruikte camera en het gebruikte objectief.	Text	Diafragma	Bijvoorbeeld 5.6, 8, 11, 16	Float	Sluiter tijd	Sluiter tijd in 1/n seconden bijv. 125, 250, 350	Double	Opdrachtnemer	Naam van de opdrachtnemer	Text	Grondpixelresolutie (GSD)	Op maaiveldhoogte in centimeters	Float	
Attribuut	Toelichting	Formaat																														
Bestandsnaam	Zonder extensie	Text																														
Fotonaam	Zie LF-12	Text																														
Opnamedatum	UTC-datum van de opname	Date																														
Opnametijdstip	UTC-tijd van de opname	Text																														
Camera naam	De naam van de gebruikte camera en het gebruikte objectief.	Text																														
Diafragma	Bijvoorbeeld 5.6, 8, 11, 16	Float																														
Sluiter tijd	Sluiter tijd in 1/n seconden bijv. 125, 250, 350	Double																														
Opdrachtnemer	Naam van de opdrachtnemer	Text																														
Grondpixelresolutie (GSD)	Op maaiveldhoogte in centimeters	Float																														

4.4 Luchtfoto's

ID	Eis	Waarde
Specificatie luchtfoto's		
LF-1	Luchtfoto's zijn gecorrigeerd voor lensvertekening.	
LF-2	De geometrische resolutie van luchtfoto's voldoet aan de eisen in hoofdstuk 2	
LF-3	Het resampelen van met een lagere resolutie ingewonnen luchtfoto's naar de voorgeschreven resolutie is niet toegestaan	
LF-4	De luchtfoto's zijn scherp	
LF-5	De luchtfoto's zijn contrastrijk.	
LF-6	De luchtfoto's hebben een natuurgetrouwe kleurweergave.	
LF-7	Alle luchtfoto's zijn vrij van wolken.	
LF-8	De luchtfoto's bevatten bij een vergroting van 200% op een beeldscherm geen zichtbare compressieartefacten.	
LF-9	De in de donkere delen (schaduw) en in de lichte delen van een luchtfoto aanwezige contrasten dienen goed zichtbaar te zijn, zodat ze geschikt zijn voor het karteren van spoor- en BGT-objecten.	
LF-10	De radiometrische resolutie is zowel in de donkere delen van het beeld als in de lichte delen van het beeld geschikt voor het karteren van spoor- en BGT-objecten	
LF-11	Alle luchtfoto's hebben een unieke naam.	
Te leveren producten		
Betekenis lettercodes: • YYYY Jaar waarin de vlucht is gepland • MM Maand waarin de vlucht is gepland • VV Het vliegbloknummer waarop het vliegplan betrekking heeft • C Camera: N (Nadir), F (Forward) of B(Backward). • pppppppp Een uniek fotonummer		
LF-12	Alle gemaakte kleurenfoto's in de vorm van 32-bits RGBI tiff-beelden. De bestandsnaam is YYYYMMDD_VV_C_pppppppp.tif .	
LF-13	Bij toepassing van compressie is die lossless.	
LF-15	Voor elke gebruikte camera-/objectiefcombinatie een ASCII-bestand met de camerakalibratieparameters en de namen van de opnamen, waar deze parameters voor gelden. Het bestand is als volgt opgebouwd: • Record 1: De naam van de gebruikte camera en het gebruikte objectief. • Record 2: Het aantal horizontale pixels van de met deze camera gemaakte beelden. • Record 3: Het aantal verticale pixels van de met deze camera gemaakte beelden. • Record 4: De grootte van een pixel op de beeldchip in micrometers. • Record 5: De gekalibreerde brandpuntsafstand in millimeters met drie decimalen achter de komma. • Record 6: Het gekalibreerde hoofdpunt in x-richting in micrometers met maximaal drie cijfers achter de komma. • Record 7: Het gekalibreerde hoofdpunt in y-richting in micrometers of pixels met maximaal drie cijfers achter de komma.	

	- Record 8 t/m m: Op elk record een van de eventuele overige camerakalibratieparameters in een significante getalsnotatie, die toegelicht is in het desbetreffende camerakalibratierapport. Dit mag ook een wetenschappelijke notatie zijn. - Record m+1 t/m n: De naam van de opname. Deze naam is gelijk aan de bestandsnaam van een opname zonder de bestandsextensie.	
LF-16	Eén of meerdere camerakalibratierapporten in pdf-formaat. Voor elke gebruikte camera-/objectiefcombinatie wordt een rapport geleverd waarin de inwendige oriënteringsparameters en de bijhorende mathematische definities beschreven zijn. Tevens wordt de fysische betekenis van alle camerakalibratieparameters toegelicht. Indien er sprake is van meerdere vluchten en de camera-/objectiefcombinatie wordt "on-the-job" gekalibreerd met behulp van de ingewonnen beelden worden de camerakalibratieparameters voor elke vlucht geleverd. De significantie van de opgeloste camerakalibratieparameters moet in de rapporten toegelicht zijn.	

4.5 Uitwendige oriëntering

ID	Eis	Waarde
Het bepalen van de uitwendige oriëntering		
SM-1	De uitwendige oriëntering van de nadir- en obliekopnamen wordt zodanig bepaald dat aan de eisen uit hoofdstuk 2 wordt voldaan.	
SM-2	De te vormen stereomodellen zijn parallaxvrij. Onder parallaxvrij wordt verstaan dat in het gehele stereomodel lichtstralen, afkomstig van een in beide beelden zichtbaar identiek terreinpunt, elkaar in het desbetreffende terreinpunt snijden waarbij de nauwkeurigheid van deze snijding beter is dan:	2 pixels
Te leveren producten Betekenis lettercodes: • YYYY Jaar waarin de vlucht is gepland • MM Maand waarin de vlucht is gepland • VV Het vliegbloknummer waarop het vliegplan betrekking heeft		
SM-3	Per vliegblok levert opdrachtnemer een ascii-bestand met de absolute oriënteringselementen van alle ingewonnen luchtfoto's. De naam van het ascii-bestand is YYYYMM_Projectiecentra_VV.txt Iedere regel in het tekstbestand bevat de oriënteringsgegevens van één luchtfoto waarbij de volgorde van de gegevens is: • Fotonaam: de naam van de foto. • De x-coördinaat van het projectcentrum in meters met drie decimalen achter de komma, uitgedrukt in het RD-stelsel. • De y-coördinaat van het projectcentrum in meters met drie decimalen achter de komma, uitgedrukt in het RD-stelsel. • De z-coördinaat van het projectcentrum in meters met drie decimalen achter de komma, uitgedrukt in het RD-stelsel. • De omega-hoek in graden met minimaal drie decimalen achter de komma, die de draaiing om de x-as van het cameracoördinatenstelsel beschrijft. Deze hoek moet voldoen aan de in paragraaf 4.8 vermelde standaard. • De phi-hoek in graden met minimaal drie decimalen achter de komma, die de draaiing om de y-as van het cameracoördinatenstelsel beschrijft. Deze hoek moet voldoen aan de in paragraaf 4.8 vermelde standaard. • De kappa-hoek in graden met minimaal drie decimalen achter de komma, die de draaiing om de optische hoofdas van het cameracoördinatenstelsel beschrijft. Deze hoek moet voldoen aan de in paragraaf 4.8 vermelde standaard.	
SM-4	Indien de opdrachtnemer een triangulatie- en blokvereffeningsprocedure heeft gebruikt voor het bepalen van de absolute oriënteringselementen van alle ingewonnen luchtfoto's levert opdrachtnemer per vliegblok een ascii-bestand met de resultaten van de uitgevoerde blokvereffening. De bestandsnaam is YYYYMM_blokresultaten_aansluiting_VV.txt . Dit LOG-bestand moet onder meer de volgende informatie bevatten: • De a priori standaardafwijking van de waarnemingen. • De a priori standaardafwijkingen van de paspunten. • De a priori standaardafwijkingen van de posities van de projectiecentra. • De a priori standaardafwijkingen van de stand van de projectiecentra. • De toegepaste camerakalibratiegegevens. • De toegepaste boresight- en lever arm parameters. • De globale toets van de uitgevoerde blokvereffening.	

	- De resultaten van de statistische toetsing van de waarnemingen in de blokvereffening. - De kwaliteit van de aansluiting op de paspunten.																					
SM-5	Indien de opdrachtnemer een triangulatie- en blokvereffeningsprocedure heeft gebruikt voor het bepalen van de absolute oriënteringselementen van alle ingewonnen luchtfoto's levert opdrachtnemer per vliegblok een ascii-bestand met de namen en de coördinaten van de bij de vereffening gebruikte paspunten. De bestandsnaam is YYYYMM_paspunten_VV.txt. met de volgende formattering van dit tekstbestand: <table><tr><th>Record</th><th>Veld</th></tr><tr><td>Record 1</td><td>Paspuntnaam</td></tr><tr><td></td><td>X-coördinaat</td></tr><tr><td></td><td>Y-coördinaat</td></tr><tr><td></td><td>Z-coördinaat</td></tr><tr><td>-----</td><td>-----</td></tr><tr><td>Record n</td><td>Paspuntnaam</td></tr><tr><td></td><td>X-coördinaat</td></tr><tr><td></td><td>Y-coördinaat</td></tr><tr><td></td><td>Z-coördinaat</td></tr></table>	Record	Veld	Record 1	Paspuntnaam		X-coördinaat		Y-coördinaat		Z-coördinaat	-----	-----	Record n	Paspuntnaam		X-coördinaat		Y-coördinaat		Z-coördinaat	
Record	Veld																					
Record 1	Paspuntnaam																					
	X-coördinaat																					
	Y-coördinaat																					
	Z-coördinaat																					
-----	-----																					
Record n	Paspuntnaam																					
	X-coördinaat																					
	Y-coördinaat																					
	Z-coördinaat																					
SM-6	Indien de opdrachtnemer een triangulatie- en blokvereffeningsprocedure heeft gebruikt voor het bepalen van de absolute oriënteringselementen van alle ingewonnen luchtfoto's levert opdrachtnemer per vliegblok een ascii-bestand met de namen en de coördinaten van de bij de vereffening gebruikte verbindingpunten. De bestandsnaam is YYYYMM_verbindingspunten_VV.txt. met de volgende formattering van dit tekstbestand: <table><tr><th>Record</th><th>Veld</th></tr><tr><td>Record 1</td><td>Naam verbindingspunt</td></tr><tr><td></td><td>X-coördinaat</td></tr><tr><td></td><td>Y-coördinaat</td></tr><tr><td></td><td>Z-coördinaat</td></tr><tr><td>-----</td><td>-----</td></tr><tr><td>Record n</td><td>Naam verbindingspunt</td></tr></table>	Record	Veld	Record 1	Naam verbindingspunt		X-coördinaat		Y-coördinaat		Z-coördinaat	-----	-----	Record n	Naam verbindingspunt							
Record	Veld																					
Record 1	Naam verbindingspunt																					
	X-coördinaat																					
	Y-coördinaat																					
	Z-coördinaat																					
-----	-----																					
Record n	Naam verbindingspunt																					

	<table><tr><td></td><td>X-coördinaat</td></tr><tr><td></td><td>Y-coördinaat</td></tr><tr><td></td><td>Z-coördinaat</td></tr></table>		X-coördinaat		Y-coördinaat		Z-coördinaat													
	X-coördinaat																			
	Y-coördinaat																			
	Z-coördinaat																			
SM-7	Indien de opdrachtnemer een triangulatie- en blokvereffeningsprocedure heeft gebruikt voor het bepalen van de absolute oriënteringselementen van alle ingewonnen luchtfoto's levert opdrachtnemer per vliegblok een ascii-bestand met de namen en coördinaten van de fotogrammetrische waarnemingen. De waarnemingen zijn opgeschoond voor eventuele meetfouten en hebben betrekking op het blokvereffeningsresultaat waarbij het blok is aangesloten op de paspunten. De bestandsnaam is YYYYMM_waarnemingen_VV.txt Het bestand bevat alle opgeschoonde waarnemingen voor alle in het blok aanwezige foto's. Onderstaande tabel toont de formattering van dit tekstbestand voor één foto met n gemeten verbindingspunten. Andere foto's met gelijke of andere aantallen verbindingspunten zijn op dezelfde wijze opgenomen in het bestand. <table><tr><th>Record</th><th>Veld</th><th>Beschrijving</th></tr><tr><td>Record 1</td><td>Fotonaam</td><td>Is gelijk aan de bestandsnaam van de corresponderende luchtfoto zonder de extensie .tif</td></tr><tr><td></td><td>Camera-constante</td><td>De gekalibreerde brandpuntsafstand, uitgedrukt in millimeters met drie decimalen</td></tr><tr><td>Record 2 t/m Record 2+(n-1)</td><td>x-coördinaat</td><td>Twee mogelijkheden, te weten: - In millimeters met minimaal drie decimalen en maximaal zes decimalen. De maximale lengte van het veld mag evenwel nooit meer dan 11 posities bedragen *In microns met maximaal drie decimalen </td></tr><tr><td></td><td>y-coördinaat</td><td>Zie de beschrijving bij record 2 "x-coördinaat"</td></tr><tr><td>Record 2+n</td><td>-99</td><td>Een afsluitrecord dat de informatie van de ene opname scheidt van de informatie van de vorige of volgende opname. Tevens het afsluitrecord van het bestand</td></tr></table>	Record	Veld	Beschrijving	Record 1	Fotonaam	Is gelijk aan de bestandsnaam van de corresponderende luchtfoto zonder de extensie .tif		Camera-constante	De gekalibreerde brandpuntsafstand, uitgedrukt in millimeters met drie decimalen	Record 2 t/m Record 2+(n-1)	x-coördinaat	Twee mogelijkheden, te weten: - In millimeters met minimaal drie decimalen en maximaal zes decimalen. De maximale lengte van het veld mag evenwel nooit meer dan 11 posities bedragen *In microns met maximaal drie decimalen		y-coördinaat	Zie de beschrijving bij record 2 "x-coördinaat"	Record 2+n	-99	Een afsluitrecord dat de informatie van de ene opname scheidt van de informatie van de vorige of volgende opname. Tevens het afsluitrecord van het bestand	
Record	Veld	Beschrijving																		
Record 1	Fotonaam	Is gelijk aan de bestandsnaam van de corresponderende luchtfoto zonder de extensie .tif																		
	Camera-constante	De gekalibreerde brandpuntsafstand, uitgedrukt in millimeters met drie decimalen																		
Record 2 t/m Record 2+(n-1)	x-coördinaat	Twee mogelijkheden, te weten: - In millimeters met minimaal drie decimalen en maximaal zes decimalen. De maximale lengte van het veld mag evenwel nooit meer dan 11 posities bedragen *In microns met maximaal drie decimalen																		
	y-coördinaat	Zie de beschrijving bij record 2 "x-coördinaat"																		
Record 2+n	-99	Een afsluitrecord dat de informatie van de ene opname scheidt van de informatie van de vorige of volgende opname. Tevens het afsluitrecord van het bestand																		
SM-8	Indien de opdrachtnemer een triangulatie- en blokvereffeningsprocedure heeft gebruikt voor het bepalen van de absolute oriënteringselementen van alle ingewonnen luchtfoto's én er zijn additionele parameters geschat, dan wordt het volgende bestand geleverd: Een rapport waarin de noodzaak van het gebruik van additionele parameters en de daarbij gevolgde werkwijze helder wordt toegelicht inclusief een uiteenzetting waarom juist deze specifieke set additionele parameters is geschat.																			

4.6 True-orthofoto's

True-orthofoto's zijn een samenvoeging van geometrisch en radiometrisch gecorrigeerde digitale luchtfoto's waarbij de positie van elke pixel wordt uitgedrukt in dezelfde RD-coördinaten als het terreinpunt dat de pixel afbeeldt.

ID	Eis	Waarde
Vervaardigen true-orthofoto's		
OM-1	De grondpixelresolutie van true-orthofoto's voldoen aan eis O-8	
OM-2	De nauwkeurigheid van true-orthofoto's voldoen aan eis O-11	
OM-3	De true-orthofoto's zijn scherp, contrastrijk en een hebben natuurgetrouwe kleurweergave.	
OM-4	De true-orthofoto's tonen bij een vergroting van 200% geen zichtbare compressieartefacten op het beeldscherm.	
OM-5	Indien er bij het vervaardigen van de true-orthofoto's kniplijnen worden gebruikt, geldt: Kniplijnen: • Bevinden zich altijd in een overlap. • Doorsnijden nooit bebouwing, tenzij er in de desbetreffende overlap geen alternatief gevonden kan worden. • Gaan nooit door kunstwerken. • Liggen altijd op maaiveldniveau. • Zijn niet zichtbaar in het beeld.	
OM-6	Dakranden, noklijnen en lijnvormige spoorobjecten worden als vloeiende lijnen afgebeeld. Dit geldt niet voor rijdraden.	
OM-7	De manier waarop wordt omgegaan met pixels waarvoor geen data beschikbaar is bepalen opdrachtgever en opdrachtnemer in overleg.	
OM-8	De manier waarop wordt omgegaan met de afbeelding van vegetatie bepalen opdrachtgever en opdrachtnemer in overleg.	
Te leveren producten Betekenis lettercodes: • YYYY Jaar waarin de vlucht is gepland • MM Maand waarin de vlucht is gepland • VV Het vliegbloknummer • LL De coördinaten van de linkeronderhoek (LowerLeft) van de tegel. • xxxxxx De in het RD-stelsel in meters uitgedrukte x-coördinaat van de linkeronderhoek van een orthofotomozaïektegel • yyyyyy De in het RD-stelsel in meters uitgedrukte y-coördinaat van de linkeronderhoek van een orthofotomozaïektegel		
OM-9	True-orthofoto's wordt geleverd in tegels van 100 bij 100 meter in het grid van de honderdmeterlijnen van het RD-stelsel.	
OM-10	Een tegel heeft altijd het formaat van 100 bij 100 meter, ongeacht of deze geheel gevuld is.	
OM-11	Voor het gehele vliegblok worden alle RGB-true-orthofoto's in een valide geotiff-formaat met het desbetreffende beeld opgeslagen als een 24-bits tiff-beeld. Als compressie wordt toegepast is deze lossless. De bestandsnaam is LLxxxxxx_yyyyyy_RGB.tif .	
OM-12	Bij gebruik van de betreffende optie worden voor het gehele vliegblok alle nabij-infrarood-true-orthofoto's in geotiff-formaat met het desbetreffende beeld opgeslagen als een 24-bits tiff-beeld. Als compressie wordt toegepast is deze lossless. De bestandsnaam is LL_xxxxxx_yyyyyy_NIR.tif .	

OM-13	Voor het gehele projectgebied wordt één RGB-true-orthofoto in ecw-formaat opgeleverd. De compressiefactor mag nooit hoger zijn dan 10. De bestandsnaam is YYYYMM_RGB_VV.ecw .	
OM-14	Voor het gehele projectgebied wordt één NIR-true-orthofoto in ecw-formaat opgeleverd. De compressiefactor mag nooit hoger zijn dan 10. De bestandsnaam is YYYYMM_NIR_VV.ecw	
OM-15	Indien gebruikt bij de vervaardiging van de true-orthofoto: een geopackage-bestand met de door de opdrachtnemer bij de true-orthofotovervaardiging gebruikte knippolygonen. Eventuele toegepaste handmatige aanpassingen aan automatisch gegenereerde knippolygonen moeten ook in het bestand aanwezig zijn. De bestandsnaam is YYYYMM_knippolygonen_VV.gpkg	

4.7 LiDAR-puntenwolken

ID	Eis	Waarde
LP-1	De inwinning van de LiDAR-puntenwolken voldoet aan de gestelde eisen in hoofdstuk 2.	
LP-2	De punt dichtheid van LiDAR-puntenwolken voldoet aan eis O-7.	
LP-3	De nauwkeurigheid van LiDAR-puntenwolken voldoet aan eis O-8.	
LP-4	LiDAR-puntenwolken zijn vrij van outliers.	
LP-5	LiDAR-puntenwolken zijn met een automatische routine geclassificeerd naar: • Maaiveld, • Water, • Overig punten, zodat ten minste van de laserpunten op maaiveld als zodanig zijn geclassificeerd:	95%
LP-6	Alle punten in de LiDAR-puntenwolken bezitten RGB-kleurwaarden die overeenstemmen met de kleur van het afgebeelde terrein op het moment van opname.	
LP-7	LiDAR-puntenwolken worden ingewonnen met een laseraltimetriesysteem dat is gekalibreerd volgens de door de leverancier voorgeschreven kalibratietermijnen.	
LP-8	Het vliegp pad met daarin de posities van het laseraltimetriesysteem wordt vastgelegd met een GNSS-/IMU- systeem.	
LP-9	Het interessegebied moet volledig bedekt zijn met LiDAR-puntenwolken. Gaten zijn alleen toegestaan als gevolg van: • Schaduwwerking, • Water, • Zeer donkere of spiegelende oppervlakten.	
Te leveren producten Betekenis lettercodes: • YYYY Jaar waarin de vlucht is gepland • MM Maand waarin de vlucht is gepland • VV Het vliegbloknummer waarop het vliegplan betrekking heeft • LL De coördinaten van de linkeronderhoek (LowerLeft) van de tegel. • xxxxxx De in het RD-stelsel in meters uitgedrukte x-coördinaat van de linkeronderhoek van een tegel • yyyyyy De in het RD-stelsel in meters uitgedrukte y-coördinaat van de linkeronderhoek van een tegel		
LP-10	LiDAR-puntenwolken voldoen aan de meest recente LAS-specificaties. Op het moment van deze aanbesteding is dat LAS1.4	
LP-11	LiDAR-puntenwolken worden geleverd in LAZ-formaat.	
LP-12	LiDAR-puntenwolken worden geleverd in tegels van 100 bij 100 meter in het grid van de honderdmeterlijnen van het RD-stelsel.	
LP-13	De bestandsnaam is LLxxxxxx_yyyyyy.laz .	
LP-14	Ieder punt is voorzien van een pointsource ID.	
LP-15	Voor ieder laserpunt in een LAZ-bestand verwijst de parameter "Point Source ID" naar het vlieglijnummer.	
LP-16	Ieder punt is voorzien van een GPS-tijd die het tijdstip van waarnemen van het betreffende laserpunt weergeeft. De GPS-tijd wordt opgeslagen als "Adjusted Standard GPS time".	
LP-17	Ieder punt is voorzien van een classificatie.	
LP-18	Ieder punt is voorzien van een RGB-kleurwaarde als 16-bits per kleurkanaal.	
LP-19	Ieder punt is voorzien van een 16 bit intensiteitswaarde die de mate van reflectie van het lasersignaal aangeeft. De intensiteitswaarde is genormaliseerd.	

LP-20	Een aanvulling op het vliegrapport met informatie over de opname van de laserdata. Voor elke vliegdag moeten ten minste de volgende zaken gepresenteerd worden: 1. De vliegdatum. 2. De begin- en eindtijd van het inwinnen van de laserdata inclusief de tijdzone. 3. De gemiddelde vlieghoogte ten opzichte van maaiveldniveau. 4. Een overzicht van de gevlogen vliegstroken. 5. Details van het gebruikte laseraltimetriesysteem. 6. Details over het gebruikte GNSS-/IMU-systeem en de verwerkingssoftware waarmee een vliegpadd is bepaald. 7. Een beschrijving van de gemeten positie en stand van de relevante punten in de GNSS-antenne, de IMU, en het laseraltimetriesysteem. 8. Kalibratiedocumenten. 9. Bestanden en/of rapportages die de standaardafwijkingen van het vliegpadd onderbouwen.	
LP-21	Een rapport in pdf-formaat waarin de opdrachtnemer beschrijft welke methoden en technieken hij heeft gebruikt voor het vervaardigen van LiDAR-puntenwolk. De bestandsnaam is YYYYMMDD_LiDAR-Methoden_VV.pdf	
LP-22	Een rapport in pdf-formaat waarin de opdrachtnemer inzichtelijk maakt hoe hij heeft gecontroleerd of alle geleverde opnamen voldoen aan de gestelde eisen. De bestandsnaam is YYYYMMDD_LiDAR-Controle_VV.pdf	

4.8 Definitie van standparameters voor uitwendige oriëntering

4.8.1 Drie oriënteringshoeken

- Een omega-hoek (ω).

Deze hoek beschrijft de draaiing om de x-coördinaten-as van het cameracoördinatenstelsel, waarbij de richting van de positieve x-as in de vliegrichting is georiënteerd.

- Een phi-hoek (ϕ).

Deze hoek beschrijft de draaiing om de y-coördinaten-as van het cameracoördinatenstelsel, waarbij de y-as loodrecht op de x-as staat.

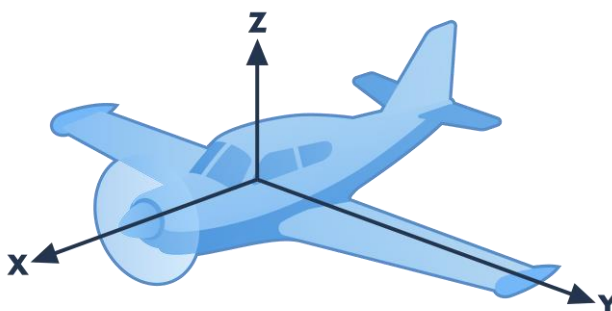
- Een kappa-hoek (κ).

Deze hoek beschrijft de draaiing om de optische hoofdas van het cameracoördinatenstelsel.

Tabel x en figuur x tonen de definitie van de drie hoeken en de relatie met het fotocoördinatenstelsel. Deze drie hoeken moeten uitgedrukt worden in het 360-gradenstelsel.

Hoek	Fotocoördinatenstelsel
ω (omega)	x-as (vliegrichting)
ϕ (phi)	y-as (richting linker vleugel)
κ (kappa)	z-as (omhoog)

Tabel x – Definitie van omega, phi en kappa



Figuur x – Het fotocoördinatenstelsel

4.8.2 Vastleggen van de stand van de camera

De drie oriënteringshoeken worden gebruikt om de stand van de camera te beschrijven. De rotatie volgorde is hierbij van belang. **Vergelijking 1** geeft de rotatievolgorde om de assen van het fotocoördinaatstelsel:

$$\begin{pmatrix} X_i - X_0 \\ Y_i - Y_0 \\ Z_i - Z_0 \end{pmatrix} = \lambda_i R_\omega R_\phi R_\kappa \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ -c \end{pmatrix} \quad (1)$$

Waarin:

(X_i, Y_i, Z_i) : De positie van een punt i en het terrein.

(X_0, Y_0, Z_0) : De coördinaten van het projectcentrum van een foto.

λ_i : De schaalfactor.

R_ω : De rotatie om de x-as van het cameracoördinatenstelsel

- R_ϕ : De rotatie om de y-as van het cameracoördinatenstelsel
 R_κ : De rotatie om de optische hoofdas van het cameracoördinatenstelsel
 (x_i, y_i) : De fotocoördinaten van het op de foto afgebeelde terreinpunt i
 c : De brandpuntsafstand van het objectief

De elementen van de rotatiematrix voor de draaiing om de x-cameracoördinatenas zijn gedefinieerd in **vergelijking 2**:

$$R_W = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & -\sin \omega \\ 0 & \sin \omega & \cos \omega \end{pmatrix} \quad (2)$$

De elementen van de rotatiematrix voor de draaiing om de ij-cameracoördinatenas zijn gedefinieerd in **vergelijking 3**:

$$R_f = \begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & \sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix} \quad (3)$$

De elementen van de rotatiematrix voor de draaiing om de optisch hoofdas zijn gedefinieerd in **vergelijking 4**:

$$R_k = \begin{pmatrix} \cos \kappa & -\sin \kappa & 0 \\ \sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Het rotatiedeel in **vergelijking 1**, uitgeschreven als rotatiematrix met behulp van de in **vergelijking 2** tot en met **vergelijking 4** gegeven elementen van de rotatiematrix, geeft de rotatiematrix, die de relatie beschrijft van het cameracoördinatenstelsel naar het terreincoördinatenstelsel. De resulterende rotatiematrix wordt gegeven in **vergelijking 5**.

$$R_{W, \phi, \kappa} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} \quad (5)$$

De individuele matrixelementen in **vergelijking 5** hebben de volgende gedaante:

$$r_{11} = \cos \phi \cos \kappa \quad (6)$$

$$r_{12} = -\cos \phi \sin \kappa \quad (7)$$

$$r_{13} = \sin \phi \quad (8)$$

$$r_{21} = \cos \omega \sin \kappa + \sin \omega \sin \phi \cos \kappa \quad (9)$$

$$r_{22} = \cos \omega \cos \kappa - \sin \omega \sin \phi \sin \kappa \quad (10)$$

$$r_{23} = -\sin \omega \cos \phi \quad (11)$$

$$r_{31} = \sin \omega \sin \kappa - \cos \omega \sin \phi \cos \kappa \quad (12)$$

$$r_{32} = \sin \omega \cos \kappa + \cos \omega \sin \phi \sin \kappa \quad (13)$$

$$r_{33} = \cos \omega \cos \phi \quad (14)$$

De in deze paragraaf beschreven standaard maakt het mogelijk om binnen fotogrammetrische stereokarteringssystemen het creëren van stereomodellen te laten plaatsvinden volgens één gestandaardiseerd werkproces.