



Het Waterschapshuis

Besteksvoorwaarden

Hoge resolutie luchtopnamen

29 maart 2013

Colofon

Uitgegeven door: Het Waterschapshuis
Afleveradres: Postadres
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

Bezoekadres
Stationsplein 89
3818 LE Amersfoort

Contactpersoon: Ludo Huisman
E-mail: inkoop@hetwaterschapshuis.nl
Datum: 29 maart 2013
Versie: 0.2

Inhoudsopgave

1	Beschikbare materialen	4
2	Vliegplan, paspunten en camera's	5
2.1	Vliegplan	5
2.2	Verdeling paspunten	5
2.3	Markering paspunten	6
2.4	Metingen paspunten	6
2.5	Specificaties camera's	8
3	Fotovlucht	10
4	Luchtopnamen	13
5	Aerotriangulatie en blokvereffening	16
5.1	Aerotriangulatie	16
5.2	Eisen aan de blokvereffening	17
5.3	Vrij netwerkvereffening	19
5.4	Aansluitingsvereffening	20
6	Orthofotomozaïeken	21
6.1	Definitie	21
6.2	Specificaties	21
7	Af te leveren bescheiden	25
7.1	Vliegplan, paspunten en camera's	25
7.2	Fotovlucht	26
7.3	Luchtopnamen	27
7.4	Aerotriangulatie en blokvereffening	30
7.5	Orthofotomozaïeken	35
8	Kwaliteitscontrole	38
8.1	Ingangscontrole	38
8.2	Kwalitatieve controle	39

1 Beschikbare materialen

Bij aanvang van de opdracht levert de opdrachtgever de volgende bescheiden aan de opdrachtnemer:

- a. Een digitaal kaartbeeld van geheel Nederland in shape-formaat met bestandsnaam **YYYY_gebiedsbegrenzungen_hrl.shp**, waarbij voor YYYY het jaar is ingevuld waarop de gebiedsbegrenzungen voor dit project betrekking hebben. Op dit kaartbeeld staat de begrenzing van het te fotograferen totale gebied, inclusief de zich aan de landsgrens bevindende gebieden in Duitsland en België en het zeegebied langs de Nederlandse kustlijn.
- b. Een digitaal kaartbeeld van geheel Nederland in shape-formaat met bestandsnaam **YYYY_TMA-CTR_hrl.shp** met de begrenzing van de TMA/CTR-zone, waarbinnen vliegrestricties gelden vanwege de nabijheid van luchthaven Schiphol, en waarbinnen een grondpixelresolutie van 11 cm is toegestaan. Er wordt buiten de TMA/CTR-zone een bufferzone gedefinieerd van 8 mijl (13km). In deze bufferzone zijn luchtopnamen met zowel een grondpixelresolutie 10cm als 11cm toegestaan. Voor YYYY is het jaar ingevuld waarop de zones betrekking hebben.
- c. De AHN2-laseraltimetriebestanden in een regelmatig 0,5 meter x 0,5 meter en 5 meter x 5 meter grid voor geheel Nederland. Het dataformaat van deze bestanden is „Arc/Info Binary Grid Formaat” (zie ook de website www.ahn.nl).

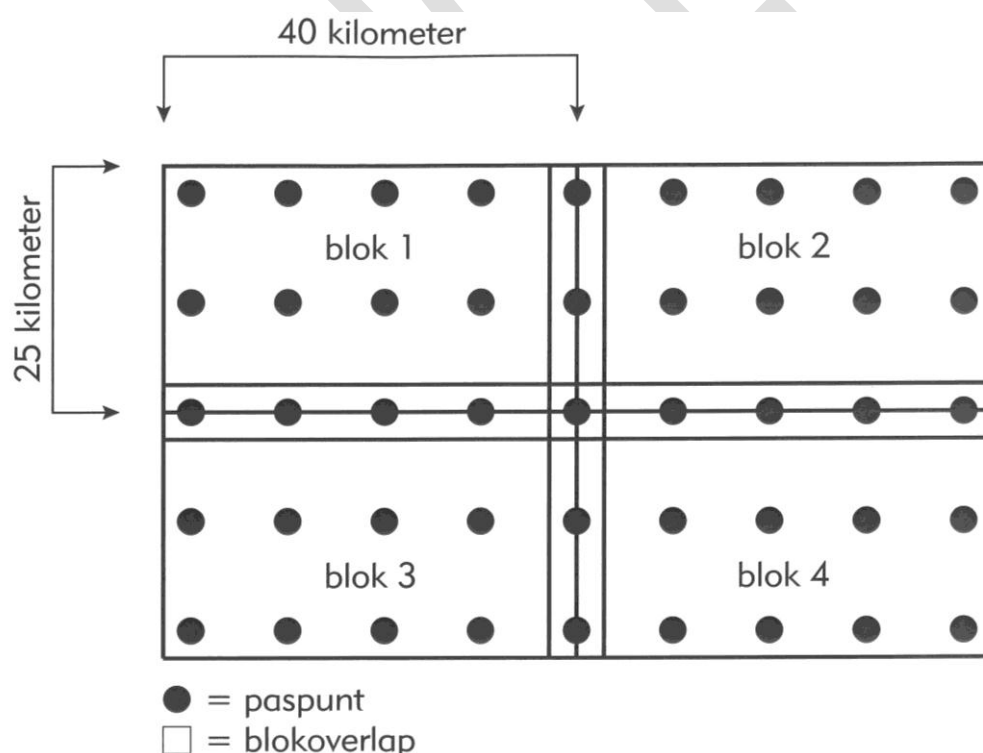
2 Vliegplan, paspunten en camera's

2.1 Vliegplan

Voordat Opdrachtnemer mag beginnen met het markeren en meten van paspunten in het terrein dient een vliegplan en paspuntenplan te worden ingediend. Het vliegplan is een afbeelding van de topografische kaart waarop is aangegeven waar de te vliegen vliegstroken liggen. Op het paspuntenplan wordt de ligging van de aan te brengen paspunten aangegeven. Het vlieg- en paspuntenplan wordt besproken met opdrachtgever en na acceptatie kan worden begonnen met het aanbrengen en meten van de paspunten.

2.2 Verdeling paspunten

Elk fotogrammetrisch blok dient aan de randen omsloten te zijn door in het terrein gemarkeerde paspunten, waarvan de (RD,NAP)-coördinaten gemeten zijn in het terrein. Daarenboven dienen er ook binnen een blok paspunten gemarkeerd en gemeten te worden. Een fotogrammetrisch blok heeft bij voorkeur een omvang van 2500-4000 foto's. Figuur 1 toont de ligging van de paspunten in een groep van vier fotogrammetrische blokken.



Figuur 1: Paspuntenconfiguratie bij vier aaneengesloten blokken

2.3 Markering paspunten

Paspunten dienen aan de volgende specificaties te voldoen:

- a. Elk paspunt moet in alle luchtopnamen, waarin het gebied rondom het paspunt is afgebeeld, goed zichtbaar en goed aanmeetbaar zijn. Dit betekent onder meer dat bij het plaatsen van paspunten rekening gehouden moet worden met de volgende aspecten:
 - Een paspunt moet niet in de nabijheid van hoge gebouwen gelegd worden waardoor ten gevolge van het omvallingseffect het punt in één of meerdere opnamen niet zichtbaar zou kunnen zijn.
 - Een paspunt moet niet te dicht bij bomen of struiken geplaatst worden opdat vermeden wordt dat het punt naderhand niet in alle desbetreffende luchtopnamen te zien is.
 - Staande op het paspunt dient er in alle richtingen vrij zicht te zijn zodat met GPS-technologie de positie van het paspunt goed te bepalen is, zonder dat er sprake zal zijn van „multi-path” effecten.
 - Een paspunt moet met zodanige middelen (bijv. wegmarkeringsverf) in het terrein gevisualiseerd zijn, dat het gedurende het inwinningseizoen bestand is tegen alle in Nederland voorkomende weersomstandigheden.
 - Exact in het midden van een paspunt dient een meetspijker aangebracht te worden.
 - De grootte van een in het terrein gemarkeerd paspunt moet zodanig zijn dat in het digitale beeld het paspunt bedekt wordt door minimaal 10 rij-pixels en 10 kolom-pixels. Zowel het lichte deel als het donkere deel van het paspunt moeten egaal van kleur zijn. Het aan te meten deel van het paspunt dient minimaal 20 pixels te beslaan. De vorm van het paspunt moet zodanig zijn dat gegarandeerd kan worden dat het punt in de luchtopname aangemeten kan worden met een standaardafwijking die beter is dan 1/3 pixel. Deze standaardafwijking betreft een 1-sigma criterium.
 - Ronde paspunten, waarvan het aan te meten witte deel een diameter hebben van 4x de grondpixelresolutie, en welke op een homogene, contrasterende achtergrond zijn geplaatst waardoor er minimaal een rand van 3x diezelfde grondpixelresolutie ontstaat, zijn hierbij toegestaan. In dit geval dient te worden aangetoond dat de paspunten met een precisie van 1/3 pixel of beter aangemeten kunnen worden.
- b. De ligging van elk paspunt moet zodanig gekozen worden dat het in meerdere foto's en in meerdere vliegstroken zichtbaar is. Er kan alleen van deze voorwaarde afgeweken worden indien het paspunten betreft, aan de uiteinden van het blok waarin geen strookoverlappen voorkomen.
- c. Van elk gemarkeerd paspunt wordt een digitale foto in JPEG-formaat gemaakt waarop het paspunt te zien is in zijn topografische omgeving. Op de foto is tevens op deze foto het paspuntnummer, zoals dat in het verdere verloop van het project (GPS-paspuntmeting, triangulatie en blokverereffening) zal worden gebruikt, goed leesbaar is afgebeeld.

2.4 Metingen paspunten

Bij het bepalen van de (RD,NAP)-coördinaten van de gemarkeerde paspunten dient rekening te worden gehouden met de volgende voorschriften:

- d. De coördinaten van het paspunt dienen bepaald te worden met GPS- technologie.
- e. De landmeter dient zich er expliciet van te vergewissen dat hij de GPS-ontvanger correct heeft gecentreerd boven de meetspijker van het paspunt en dat hij de antennehoogte heeft geregistreerd.
- f. De standaardafwijking van de X- en Y-paspuntcoördinaten moet beter zijn dan drie centimeter. Voor de Z-coördinaat moet de standaardafwijking beter zijn dan zes centimeter. Deze getallen dienen opgevat te worden als een 1-sigma criterium.
- g. De betrouwbaarheid¹ van de paspunt coördinaten dient gewaarborgd te zijn door middel van voldoende „controleerend vermogen” in de meetopzet.
- h. Per GPS-paspuntmeet sessie van maximaal één dag dienen minimaal aan het begin en aan het einde van de sessie twee kernnetpunten of bekende grondslagpunten met een aan kernnetpunten vergelijkbare kwaliteit gemeten te worden. De resultaten en de coördinaatverschillen op deze punten dienen geregistreerd te worden.
- i. Elk paspunt dient minimaal tweemaal gemeten te worden waarbij tussen de eerste en de tweede meting minimaal één kwartier tijdsverschil aanwezig moet zijn. De coördinaten en de verschillen van beide metingen dienen geregistreerd te worden. Indien de verschillen groter zijn dan de hierboven onder punt c vermelde standaardafwijkingen dient deze dubbelmeting minimaal één uur later herhaald te worden.
- j. Bij de conversie naar (RD, NAP)-coördinaten moet de RDNAPTRANS2008-transformatie gebruikt worden.
- k. Voor het inmeten van paspunten mag gebruik worden gemaakt van NETPOS of een vergelijkbare techniek. Indien de opdrachtnemer gebruik wenst te maken van deze techniek om paspunten in te meten dient eveneens aan de hierboven beschreven criteria van nauwkeurigheid en controleerend vermogen te worden voldaan. Dit kan bijvoorbeeld door voldoende kernnetpunten op te nemen in de meetopzet. Dientengevolge dienen de paspunten verifieerbaar ingemeten te worden, waarbij aan de opdrachtgever duidelijk wordt gemaakt hoe de genoemde nauwkeurigheid gehaald wordt.

Indien tijdens een triangulatie- en blokvereffeningsproces blijkt dat één of meerdere van deze paspunten statistisch verworpen wordt terwijl de fotogrammetrische aanmeting correct is, dient de opdrachtnemer de coördinaten van deze paspunten met een controleerbare en betrouwbare meetmethode voor eigen rekening opnieuw in het terrein te bepalen.

- l. Alleen indien tijdens het proces van triangulatie blijkt dat een gemarkeerd en gemeten paspunt niet zichtbaar is dient in dezelfde omgeving een zogenaamd natuurlijk paspunt te worden aangemeten. Voor deze natuurlijke paspunten gelden dezelfde kwaliteits- en betrouwbaarheidseisen als voor de gemarkeerde paspunten.

1 De mate waarin een waarneming door andere waarnemingen wordt gecontroleerd.

2.5 Specificaties camera's

De in te zetten camera's dienen aan de volgende specificaties te voldoen:

- m. De camera's dienen geschikt te zijn voor fotogrammetrische toepassingen. Dit houdt onder meer in dat de camera's een vaste, verifieerbare inwendige geometrie moeten bezitten, d.w.z. op elk moment tijdens de opnamevlucht dient het camera-lenssysteem een vast onderling verband te hebben. Dit vaste verband, ofwel de inwendige geometrie van de camera, wordt vastgelegd in een zogeheten camera-calibratierapport. De cameracalibratie dient uitgevoerd te worden volgens de laboratoriummethode.. In het calibratierapport is aangegeven hoe de calibratie is uitgevoerd, welke berekeningen daarbij zijn gedaan en wat de statistische resultaten zijn van deze berekening. Verder is vermeld wat de nauwkeurigheid van de inwendige oriëntering is over het gehele beeldvlak. Het gehele beeldvlak dient hierbij geïnterpreteerd te worden als het eindbeeld dat de luchtcamera produceert, ook al is de opname fysiek een combinatie van meerdere in het camerasysteem gemaakte deelbeelden.
- n. De camera's dienen in staat te zijn om luchtfoto's te leveren, die voldoen aan een centraal projectieve afbeelding. Met dergelijke elkaar overlappende luchtopnamen moet het voor de opdrachtgever en de gebruikers van het beeldmateriaal mogelijk zijn om stereomodellen te vormen en hierin nauwkeurige metingen te verrichten zonder gebruikmaking van cameraspecifieke softwareplugins, softwarecomponenten, bibliotheken of zogenoemde dynamic link libraries.
- o. De camera's mogen per cmos- of ccd-element niet meer dan 0,001% defecte pixels bezitten die het beeld in radiometrisch en/of geometrisch verstoren. Defecte pixels mogen niet geclusterd zijn.
- p. De luchtfotogrammetrische camera's moeten een forward motion compensatie (FMC) faciliteit of een time delay integration (TDI) faciliteit bezitten. Aan deze voorwaarde hoeft niet te worden voldaan indien de sluitertijd ten tijde van de opname zodanig kort is dat bewegingsonscherpte ten gevolge van de snelheid van het vliegtuig geen rol speelt in de scherpte van de luchtopname.
- q. De registratie-bitdiepte van alle individuele kleurenkanalen en van een eventueel ingewonnen panchromatisch beeld bedraagt minimaal 12-bits opdat gegarandeerd kan worden dat de gebruikte camera's in staat zijn om luchtopnamen te leveren in de vorm van 24-bits RGB Tiff-beelden, die aan de in deze besteksvoorwaarden gestelde eisen voldoen.
- r. De camera's dienen minimaal de volgende kleurenbanden te registreren:
 - Het rode deel van het electromagnetische spectrum, op te slaan in het rode kleurenkanaal (R).
 - Het groene deel van het electromagnetische spectrum, op te slaan in het groene kleurenkanaal (G).
 - Het blauwe deel van het electromagnetische spectrum, op te slaan in het blauwe kleurenkanaal (B).
- s. Indien er een camera ingezet wordt die voor het maken van het kleurenbeeld gebruik maakt van de zogenaamde pan-sharpening techniek, moet er naast de in het vorige punt genoemde kleurenbanden ook een panchromatisch beeld in een hogere resolutie geregistreerd worden. Dit beeld wordt opgeslagen in het panchromatische kanaal (PAN).

- t. De blauwe, groene en rode kleurenkanalen dienen onderling zo goed gecoregistreerd te zijn dat de maximale positieafwijking tussen de pixels nergens meer bedraagt dan een halve pixel.
- u. Indien er bij het maken van een volle resolutie kleurenbeeld gebruik gemaakt wordt van een hoge resolutie panchromatische opname in combinatie met de pan-sharpening techniek voor het coreregistreren van de in een lagere resolutie opgenomen kleurkanaal-beelden dient de coreregistratie van het kleuren- en het panchromatische beeld zodanig goed te zijn dat de maximale positieafwijking van het kleurenbeeld met het panchromatische beeld nergens meer bedraagt dan een halve pixel van het panchromatische beeld.
- v. Gerekend vanaf de laatste dag, waarop in het kader van het project luchtopnamen met de desbetreffende camera's gemaakt zijn, mogen de cameracalibratierapporten maximaal twee jaar oud zijn.

3 Fotovlucht

Bij de voorbereiding en uitvoering van de fotovlucht dienen de volgende punten in aanmerking genomen te worden:

- a. Het gehele Nederlandse grondgebied dient stereoscopisch gevlogen te worden met de volgende langs- en dwarsoverlap-percentages:
 - Langsoverlap: 60%.
 - Dwarsoverlap: 30%.

Hierbij dient rekening te worden gehouden met de geaccidenteerdheid van het terrein. Dit betekent dat gerealiseerde langsoverlap kleiner dan 55% en gerealiseerde dwarsoverlap kleiner dan 20% nergens mogen voorkomen.

- b. De fotovlucht dient uitgevoerd te worden in het bladloze seizoen en dient afgerond te zijn voor 23 april van het jaar waarop uitvoering van het project betrekking heeft of zoveel eerder of later als nodig is om te kunnen garanderen dat er geen gebladerte aanwezig is aan bomen en struiken.
- c. Bij de fotografie moet er voldoende licht aanwezig zijn voor het maken van luchtopnamen die aan alle in deze besteksvoorwaarden genoemde criteria voldoen. De ervaring leert dat de omstandigheden het gunstigst zijn bij een zonnestand boven de horizon van 20 graden of hoger. Er zijn evenwel weersomstandigheden mogelijk die het, in combinatie met de juiste opnameapparatuur, mogelijk maken om ook bij een lagere zonnestand luchtopnamen in te winnen, die aan alle gestelde voorwaarden voldoen. Indien dergelijke weersomstandigheden zich mochten voordoen, verlangt de opdrachtgever van de opdrachtnemer dat hij deze weersomstandigheden benut voor het maken van luchtopnamen.
- d. Gedurende het maken van de luchtopnamen mag het te fotograferen gebied niet geheel of gedeeltelijk getroffen zijn door een overstroming.
- e. Gedurende het maken van de luchtopnamen mag het te fotograferen gebied niet geheel of gedeeltelijk bedekt zijn met sneeuw, ijs of hagel.
- f. Gedurende het maken van de luchtopnamen van de gebieden, waarin zich uiterwaarden bevinden, moeten de uiterwaarden droog zijn. Dit betekent dat dergelijke gebieden niet gefotografeerd mogen worden wanneer de uiterwaarden onder water staan.
- g. De uitvoering van de luchtfotografie dient te geschieden onder omstandigheden, die garanderen dat scherpe en goed interpreteerbare foto's, die aan alle in deze besteksvoorwaarden genoemde specificaties voldoen, verkregen worden.
- h. Indien een deel van een gebied opnieuw gefotografeerd moet worden, dient de nieuwe fotografie met eenzelfde type camera en lens uitgevoerd te worden.
- i. De fotovlucht dient uitgevoerd te worden met een GPS-navigatiesysteem t.b.v. de bepaling van de coördinaten van het projectiecentrum, uitgedrukt in het (RD,NAP)-coördinatenstelsel.
- j. Een groep van aaneengesloten naast elkaar liggende stroken dient zoveel als mogelijk op één dag te worden gefotografeerd.

- k. Indien ten gevolge van onvoldoende bedekking een deel van een gebied opnieuw gefotografeerd moet worden, dient de „gap”² binnen de strook met een overlap van minimaal drie opnamen aan weerszijden van deze „gap” gefotografeerd te worden.
- l. De absolute tolerantie van een luchtopname en de relatieve hoektoleranties tussen twee opeenvolgende luchtopnamen in een vliegstrook mogen de in Tabel 1 vermelde tolerantiewaarden niet overschrijden:

Hoek	Absolute tolerantie ten opzichte van het (RD,NAP)-stelsel	Relatieve tolerantie tussen twee opeenvolgende opnamen
ω (omega-hoek)	$ \omega < 4$ graden	$\Delta\omega < 4$ graden
ϕ (phi-hoek)	$ \phi < 4$ graden	$\Delta\phi < 4$ graden
κ (kappa-hoek)	n.v.t.	$\Delta\kappa < 5$ graden

Tabel 1: Absolute en relatieve standeisen voor de luchtopnamen

De in Tabel 1 vermelde omega-hoekwaarde is gerelateerd aan de draaiing om de x-coördinatenas van het aan de camera verbonden fotocoördinatenstelsel waarbij de x-as in de vliegrichting is georiënteerd. De hoekwaarde is hiermee verwant aan de roll-hoek, zoals die in de vliegtuigwereld gedefinieerd is. De phi-hoekwaarde is gerelateerd aan de draaiing om de y-coördinatenas van het aan de camera verbonden fotocoördinatenstelsel. Hiermee is deze hoek verwant aan de pitchhoek in de vliegtuigwereld. De kappa-hoekwaarde is gerelateerd aan de draaiing om de optische hoofdas van het aan de camera verbonden fotocoördinatenstelsel ten opzichte van de nulrichting van het RD-stelsel zijnde het geografische noorden. Hiermee is deze hoek verwant aan de yaw-as in de vliegtuigwereld.

- m. Bij het inwinnen van de luchtopnamen mag pas na het einde van elke vliegstrook het vliegtuig „gestuurd” worden naar het begin van de volgende vliegstrook.
- n. Het schaalverschil tussen opeenvolgende opnamen mag maximaal 3% bedragen.
- o. Tijdens de fotovlucht wordt voor elke opname de gekozen sluitertijd en het gekozen diafragma geregistreerd.
- p. Gedurende de fotovlucht worden opmerkingen ten aanzien van de weersgesteldheid tijdens de vlucht geregistreerd.
- q. Per dag worden de begin- en eindtijd van het inwinnen van de luchtopnamen alsmede de tijdstippen van eventuele onderbrekingen geregistreerd.
- r. De GPS-positie en, indien toegepast, de INS-data dienen tijdens de fotovlucht te worden geregistreerd.

2 Een „gap” is een ten onrechte niet-opgenomen deel van het op te nemen gebied, wat ontstaat doordat de opnames in een onvoldoende bedekking resulteren.

- s. De onderlinge stand en positie tussen de GPS-ontvanger, het IMU-systeem en de camera alsmede eventuele synchronisatie beïnvloedende factoren in deze instrumenten en tussen deze instrumenten moeten voorafgaand aan de fotovlucht voldoende nauwkeurig bekend zijn teneinde zekerheid te hebben dat aan alle vermelde precisie- en betrouwbaarheidseisen kan worden voldaan.

CONCEPT

4 Luchtopnamen

De ingewonnen digitale luchtopnamen dienen aan de volgende specificaties te voldoen:

- a. In alle gebieden, behalve de TMA/CTR-zone van Schiphol, is de geometrische resolutie van elke individuele pixel op maaiveldhoogte 10 centimeter of beter op terreinschaal. De informatie-inhoud in elk digitaal beeld moet zodanig hoog zijn dat deze resolutie-eis niet alleen vanuit de mathematische pixelgrootte-definitie wordt gerealiseerd maar ook vanuit de beeldinterpretatie-eisen. Het resampelen van beelden naar een pixelgrootte van 10 centimeter terwijl de originele luchtopnamen niet voldoen aan de in de eerste zin van dit punt genoemde geometrische resolutie-eis is derhalve niet geoorloofd. Een uitzondering hierop is de zogenaamde „pan-sharpening” stap in sommige kleurencamera's, waarbij de op een lagere resolutie individueel geregistreerde kleurenkanalen gecoregistreerd worden aan het gelijktijdig geregistreerde panchromatische (zwart-wit) kanaal, dat aan alle in dit bestek voorgeschreven resolutie-eisen moet voldoen.
- b. Binnen de TMA/CTR-zone van Schiphol is de geometrische resolutie van elke individuele pixel op maaiveldhoogte 11 centimeter of beter op terreinschaal. De informatie-inhoud in elk digitaal beeld moet zodanig hoog zijn dat deze resolutie-eis niet alleen vanuit de mathematische pixelgrootte-definitie wordt gerealiseerd maar ook vanuit de beeldinterpretatie-eisen. Het resampelen van beelden naar een pixelgrootte van 11 centimeter terwijl de originele luchtopnamen niet voldoen aan de in de eerste zin van dit punt genoemde geometrische resolutie-eis is derhalve niet geoorloofd. Een uitzondering hierop is de zogenaamde „pan-sharpening” stap in sommige kleurencamera's, waarbij de op een lagere resolutie individueel geregistreerde kleurenkanalen gecoregistreerd worden aan het gelijktijdig geregistreerde panchromatische (zwart-wit) kanaal, dat aan alle in dit bestek voorgeschreven resolutie-eisen moet voldoen.
- c. De opnamen moeten een natuurgetrouwe kleurweergave bezitten.
- d. Alle luchtopnamen moeten vrij zijn van wolken en wolkenschaduwen.
- e. Kleurzwemen in specifieke delen van het elektromagnetische spectrum mogen niet aanwezig zijn. Een kleurzeem is een overheersende kleur in de beelden bij een verstoorde kleurbalans.
- f. De beelden mogen bij een vergroting van 200% op een beeldscherm geen zichtbare compressieartefacten bezitten.
- g. De in het digitale beeld aanwezige contrasten in de donkere delen (schaduw) en in de lichte delen van het beeld dienen goed zichtbaar te zijn. Dit betekent dat in de donkere delen (schaduw) en de lichte delen van de opnamen minimaal de volgende objecten éénduidig zichtbaar moeten zijn:
 - Trottoirbanden en verschillen in verhardingsmateriaal op wegen.
 - Straatkolken en rioolputten.
 - Uitbouwen aan woningen.
- h. De radiometrische resolutie moet per 8-bits kleurenband beter zijn dan de volgende standaardafwijkingen:
 - Voor de rode kleurenband:
Een standaardafwijking kleiner of gelijk aan drie grijswaardenniveaus.
 - Voor de groene kleurenband:

- Een standaardafwijking kleiner of gelijk aan drie grijswaardenniveaus.
- Voor de blauwe kleurenband:
Een standaardafwijking kleiner of gelijk aan vijf grijswaardenniveaus.
- i. De opnamen dienen zodanig scherp te zijn dat bij in het beeld aanwezige scherpe terreindetails de overgang van een maximale naar een minimale kleurwaarde in het beeld, of omgekeerd, aldaar maximaal twee pixels mag beslaan. Dat wil zeggen dat de overgang maximaal twee pixels bevat die een pixelwaarde hebben tussen de maximale kleurwaarde en de minimale kleurwaarde, rekening houdend met de in het beeld aanwezige ruiscomponent.
- j. Bij het converteren van de ingewonnen beeldinformatie met een bitdiepte van minimaal 12-bits per kanaal naar een 24-bits kleurdiepte (8-bits per kleurenkanaal) dient een functie gekozen te worden, die garandeert dat:
- er geen sprake is van onnatuurlijke kleuren voor wat betreft de RGB-beelden;
 - de doortekening in alle elementen van het beeld goed is;
 - er geen sprake is van over- en/of onderbelichting.
- k. De histogrammen moeten voor alle 24-bits RGB-beelden aan de volgende eisen voldoen:
- Per 8-bits kleurenkanaal dient minimaal 70% van alle grijswaarden in het histogram aanwezig te zijn. In dit bereik mogen geen grijswaarden ontbreken.
 - Per 8-bits kleurenkanaal mag een grijswaarde niet in meer dan 5% van de pixels aanwezig zijn.
 - Per 8-bits kleurenkanaal mag maximaal 1% van het aantal pixels een grijswaarde van 0 of 255 bezitten, waarbij dergelijke pixels alleen verspreid in het beeld mogen voorkomen.
 - Per 8-bits kleurenkanaal mag vijf procent (5%) aan de linker- en rechterzijde van het histogram (= 13 grijswaarden) niet meer dan 2,5% van het totale oppervlak van het histogram bevatten.
 - Per 8-bits kleurenkanaal mogen twee opeenvolgende histogramgrijswaarden binnen het grootste continue deel van het histogram, inclusief de histogramgrijswaarde die voorafgaat aan het begin van dit continue deel en onmiddellijk volgt op het einde van het continue deel, maximaal een factor 1,3 van elkaar verschillen. Hierbij gelden de volgende randvoorwaarden:
 - o Het vijf procent (5%) deel aan de linker- en rechterzijde van het histogram alsmede histogramwaarden (grijswaarden), die minder dan 0,05% van het totale oppervlak van het histogram bevatten, worden niet meegeteld.
 - o Het grootste continue deel dat dan nog resteert, dient op zijn minst 30% (= 77 grijswaarden) van de gehele bandbreedte van het histogram te bevatten en dient tevens minimaal 95% van het dan nog resterende totaaloppervlak van het histogram te bevatten.
- l. Alle te maken opnamen dienen een unieke nummering te bezitten.
- m. De maximale „omvalling” van gebouwen in een opname bedraagt 45 centimeter per meter hoogte van een object. Om aan deze eis te kunnen voldoen, dient de opdrachtnemer een zorgvuldige afweging te maken tussen enerzijds de grootte van het ccd-oppervlak van de camera's en anderzijds de brandpuntsafstand van het in te zetten objectief, de grootte van de absolute oriënteringshoeken (omega, phi) en het te gebruiken oppervlak rondom het nadirpunt van een luchtopname, dat gebruikt kan worden voor het vervaardigen van de orthofotomozaïeken.

- n. Bij elke opname wordt een XML-bestand geleverd met metadata-informatie, die voldoet aan de Nederlandse metadatastandaard voor geografie, ISO19115:2003, meest actuele versie (Kernset NL).

CONCEPT

5 Aerotriangulatie en blokvereffening

De opdrachtgever wenst digitale luchtopnamen te ontvangen met een dermate hoge geometrische en radiometrische kwaliteit dat hiermee hoogwaardige stereokarteringen mogelijk zijn met een absolute (RD)-pixelpositioneringsprecisie in X- en Y-richting van 20 centimeter of beter. Dit betekent dat de opdrachtnemer aerotriangulaties en blokvereffeningen in het kader van het project moet uitvoeren.

Aerotriangulatiemetingen en blokvereffeningen worden per fotogrammetrisch blok uitgevoerd en geleverd aan de opdrachtgever. De resultaten van de uit te voeren aerotriangulatiemetingen en blokvereffeningen zijn primair bedoeld voor het driedimensionaal karteren van topografische informatie die aan de in de vorige alinea vermelde nauwkeurigheidsspecificatie voldoet. Hierbij kan men denken aan het uitvoeren van karteringen ten behoeve van de Basisregistratie Grootschalige Topografie (BGT). Verder is het mogelijk dat de op de paspunten aangesloten getrianguleerde en vereffende luchtopnamen gebruikt gaan worden voor het controleren van de geometrische kwaliteit van de in Nederland aanwezige GBKN-bestanden. Eén en ander impliceert dat de opdrachtnemer nimmer punten uit de GBKN-topografie mag gebruiken als aanvullende paspunten in de blokvereffening.

De na het doorlopen van het aerotriangulatie- en blokvereffeningsproces verkregen vereffende stand- en positieparameters van elke luchtopname moeten dermate goed zijn dat hiermee direct parallaxvrije stereomodellen gecreëerd kunnen worden. Deze stereomodellen moeten zodanig goed in het (RD,NAP)-stelsel gepositioneerd zijn, dat voldaan wordt aan de eis dat karteringen mogelijk zijn met een absolute (RD)-pixelpositioneringsprecisie in X- en Y-richting van 20 centimeter of beter (1-sigma criterium). Merk op dat dit 20-centimeter criterium betrekking heeft op het totale foutenbudget in de keten van het meten en markeren van paspunten, het inwinnen van de luchtopnamen, het aerotriangulatie- en blokvereffeningsproces, het karteren in absoluut georiënteerde stereomodellen en de precisie waarmee het punt in het terrein kan worden aangemeten (idealisatieprecisie).

Voor de kartering dient men uit te gaan van een idealisatieprecisie van 10 centimeter en een aanmeetprecisie van een halve pixel. Gegeven de standaardafwijkingen van de paspunten (3 centimeter, zie hoofdstuk 2) betekent dit dat het triangulatie- en blokvereffeningsproces in combinatie met de geometrische opbouw van het fotogrammetrische blok zodanig goed moet zijn dat de a-posteriori standaardafwijking (1-sigma waarde) van een fotogrammetrisch verbindingspunt nergens slechter is dan 15 centimeter.

5.1 Aerotriangulatie

- a. De a-priori standaardafwijking van een aerotriangulatiemeting dient kleiner of gelijk te zijn aan de waarde van $1/3$ deel van de pixelgrootte van de gebruikte opnamecamera.
- b. De verbindingspunten dienen in zo veel mogelijk opnamen aangemeten te worden. Dit houdt in dat punten in een strookoverlap in zes opnamen aangemeten dienen te worden en punten die zich niet in een strookoverlap bevinden in drie opnamen aangemeten dienen te worden. Uitzonderingen zijn punten aan de rand van een fotogrammetrisch blok en punten, waar gezien de terreinomstandigheden aldaar,

bijvoorbeeld watergebieden, niet aan deze criteria kan worden voldaan. In dit laatste geval dient de opdrachtnemer in zijn kwaliteitsrapportage aan te geven welke gebieden het betreft en wat de reden is waarom de punten in minder dan zes, respectievelijk drie opnamen aangemeten zijn.

- c. Verbindingspunten mogen alleen gelegen zijn op de topografische objecten waarvan zeker is dat deze objecten niet bewegen gedurende de uitvoering van de fotovlucht.
- d. Paspunten dienen in zoveel mogelijk opnamen aangemeten te worden.
- e. De opdrachtnemer dient zich er van te vergewissen dat de ingewonnen verbindingspunten stochastisch onafhankelijk van elkaar zijn. Daarnaast dient er gelet te worden op de verhouding tussen de hoeveelheid ingewonnen verbindingspunten en de hoeveelheid terrestrische aansluitpunten. Het is doorgaans niet zinvol om te veel verbindingspunten in de zogenaamde Von Gruber gebieden aan te meten. Zo raakt bij bijvoorbeeld de aanwezigheid van vele tientallen verbindingspunten per Von Gruber gebied het fotogrammetrische blok gemakkelijk in onbalans. Dit geldt des te meer indien digitaal gematchte verbindingspunten vlak bij elkaar gelegen zijn. De opdrachtnemer dient er daarom rekening mee te houden dat de onderlinge afstand tussen in digitale beelden gematchte verbindingspunten minimaal $\sqrt{2}$ -maal groter is dan de ingestelde patch-grootte in de matchingsprogrammatuur. Indien dit niet het geval is, zijn de waarnemingen onderling stochastisch gecorreleerd³.
- f. Per stereomodel dienen minimaal 12 modelverbindingspunten aanwezig te zijn met een minimum van twee modelverbindingspunten in elk Von Gruber gebied. Het aantal strookverbindingspunten moet minimaal twee punten per boven- en onderzijde van een stereomodel zijn, voor zover een strook geen blokrand is. Daarbij geldt als aanvullende voorwaarde dat deze punten zich zowel aan boven- en onderzijde in verschillende Von Gruber gebieden moeten bevinden.
- g. De opdrachtnemer dient zich ervan te vergewissen dat de verrichte aerotriangulatiemetingen leiden tot een fotogrammetrische blok met een homogene betrouwbaarheid over het gehele blok.
- h. Paspunten dienen handmatig of met behulp van een template-matchings-algoritme in alle opnamen, waarin de paspunten zichtbaar zijn, te worden aangemeten. Andere matchings-algoritmen zijn niet toegestaan. In één beeld gemeten fotocoördinaten van een paspunt mogen niet overgedragen worden naar de andere beelden, waarin het paspunt zichtbaar is.

5.2 Eisen aan de blokvereffening

- i. De blokvereffening moet uitgevoerd worden volgens de zogenoemde stralenbundelmethode waarbij voor het oplossen van het optimalisatievraagstuk de methode der kleinste kwadraten wordt gebruikt.

3 Een voorbeeld: Indien de patchgrootte bij digitale beelden met een pixelgrootte van 6 μm 20 x 20 pixels bedraagt en de opnameschaal bedraagt 1 : 10.000 moet de afstand tussen de verbindingspunten op terreinschaal minimaal ($\sqrt{2} \times (20 \times 0,006 \times 0,001 \times 10.000)$) = 1,7 meter bedragen.

- j. Bij de kleinste kwadraten vereffeningsberekeningen mogen geen additionele parameters als op te lossen onbekenden mee geschat worden. Hieronder worden ook de offset- en driftparameters van de waarnemingen van het projectiecentrum verstaan.
- k. Alvorens de ingewonnen fotogrammetrische waarnemingen gebruikt worden in de blokvereffening mogen de waarnemingen alleen gecorrigeerd worden voor de in het desbetreffende cameracalibratierapport vermelde cameracalibratieparameters zodat de waarnemingen beschouwd mogen worden als horende bij een camera, die exact voldoet aan de wiskundige definitie van een centraal projectieve afbeelding.
- l. De bij een fotogrammetrische waarneming behorende a priori standaardafwijking mag nooit groter mag zijn dan $1/3$ van de reële pixelgrootte zoals aanwezig op het CCD-element van de opnamecamera. Voor de acceptatiecriteria betreffende de fotogrammetrische waarnemingen wordt verwezen naar paragraaf 5.3.
- m. De in te voeren a priori standaardafwijking van de paspunten moet voldoen aan de in hoofdstuk 2 vermelde waarden. Voor de acceptatiecriteria betreffende de paspunten wordt verwezen naar paragraaf 5.4.
- n. Er moet voorkomen worden dat het fotogrammetrische blok „doorzakt“. Deze „doorzakking“ wordt vermeden door de GPS-projectiecentra en de eventuele INS-gegevens op te nemen in de blokvereffening met een daarbij behorende realistische a priori standaardafwijking.
- o. De fotogrammetrische verbindingspunten moeten zodanig over de Von Gruber punten verdeeld zijn dat per Von Grubergebied minimaal twee en maximaal zes verbindingspunten aanwezig mogen zijn. Zes Von Gruber gebieden in een stereomodel komen overeen met negen Von Gruber gebieden in een luchtopname.
- p. De blokvereffening moet op twee manieren plaatsvinden, te weten:
 - In de vorm van een zogenoemde „vrij netwerk“ vereffening voor het toetsen of de a posteriori standaardafwijking van de fotogrammetrische waarnemingen gelijk aan of beter is dan de voorgeschreven a priori standaardafwijking. Bij deze berekening vindt de toetsing plaats op basis van een vrij te definiëren coördinatenstelsel dat met minimale vrijheidsgraden een driedimensionaal coördinatenstelsel opspant.
 - In de vorm van een aansluitingsberekening waarbij de paspunten geen kleinste kwadraten correctie mogen krijgen. Dit wordt ook wel een pseudo kleinste kwadraten berekening genoemd. De aansluitingsberekening moet o.a. leiden tot het beschikbaar komen en leveren van zogenoemde uitwendige oriënteringsparameters waarmee op een digitaal fotogrammetrisch workstation absoluut georiënteerde parallaxvrije stereomodellen gevormd kunnen worden. Deze uitwendige oriënteringsparameters dienen te voldoen aan de volgende specificaties:
 - o De met deze parameters te vormen stereomodellen dienen parallaxvrij te zijn. Hieronder wordt verstaan dat binnen het gehele stereomodel lichtstralen van in beide beelden corresponderende punten naar het overeenkomstige punt in het stereomodel elkaar in dit punt moeten snijden. De nauwkeurigheid van deze snijding moet zodanig goed zijn dat nergens in het stereomodel sprake is van voor het menselijk oog waarneembare parallax. De nauwkeurigheid van deze snijding moet beter zijn dan twee pixels.

- De per luchtopname te leveren stand- en positieparameters dienen een zodanige kwaliteit te bezitten dat deze parameters in combinatie met de desbetreffende luchtopnamen op fotogrammetrisch workstation direct parallaxvrije stereomodellen vormen, die correct gepositioneerd zijn in de (RD,NAP)-geometrie en waarmee de gevraagde karteringsprecisie gehaald wordt. Dit betekent onder meer dat exact bekend moet zijn hoe de correctie van de opnamen voor de desbetreffende uit het cameracalibratierapport afkomstige cameracalibratieparameters moet plaatsvinden.
- De stand- en positieparameters dienen als ASCII-bestand geleverd te worden.

In de navolgende paragrafen zal ingegaan worden op de eisen waaraan de blokvereffening dient te voldoen en de wijze waarop de kwaliteit van de blokvereffening aangetoond dient te worden.

5.3 Vrij netwerkvereffening

Bij een vrij netwerkvereffening wordt het fotogrammetrische blok vereffend zonder aansluiting op paspunten of projectiecentra. In plaats van aansluiting op de paspunten wordt het blok gerelateerd aan een vrij te definiëren coördinatenstelsel dat met minimale vrijheidsgraden een driedimensionaal coördinatenstelsel opspant. Het bij deze vereffening te hanteren kansmodel gaat uit van een zogenaamde onbetrouwbaarheidsdrempel van 0,1%, d.w.z. één op de 1000 waarnemingen mag onterecht statistisch verworpen worden.

Het resultaat van de vrij netwerk vereffening dient ten eerste aan te geven of de algehele gemiddelde kwaliteit van de door de opdrachtnemer gemeten fotocoördinaten voldoet aan de besteksvoorwaarden, ten tweede of de kwaliteit van de individuele gemeten fotocoördinaten toereikend is en ten derde of de geometrische stevigheid (betrouwbaarheid) van het blok homogeen is in het gehele blok.

De algehele gemiddelde kwaliteit van de gemeten fotocoördinaten kan beoordeeld worden met behulp van het resultaat van de zogenaamde F-toets. Dit is de verhouding tussen de a priori en de a posteriori variantie in de gemeten fotocoördinaten, waarbij het begrip „variantie” gedefinieerd is als het kwadraat van de standaardafwijking. Deze F-toets moet bij een a priori standaardafwijking van 1/3 van de reële pixelgrootte een waarde bezitten tussen 1 en 1,1, uiteraard onder de conditie dat het gehanteerde kansmodel en het gehanteerde functiemodel correct zijn.

Aan deze condities zal niet voldaan zijn indien de gemeten fotocoördinaten om de één of andere reden niet stochastisch normaal verdeeld zijn. Wanneer bijvoorbeeld de hoogte van de F-toetsingsgrootte significant groter is dan 1 en er zijn geen w-toetswaarden verworpen (zie hierna) is dit een indicatie dat er wellicht iets niet goed is met het gehanteerde functiemodel.

Het is raadzaam om in een dergelijke situatie goed te kijken naar het gehele fotogrammetrische proces. Indien echter mocht blijken dat de F-toets aanmerkelijk kleiner is dan 1 is het wellicht denkbaar dat de a priori standaardafwijking van de waarnemingen te groot gekozen is. Deze redenering gaat alleen op bij fotogrammetrische blokken met voldoende vereffeningsvoorwaarden en homogene betrouwbaarheidseigenschappen.

De kwaliteit van de gemeten individuele fotocoördinaten kan beoordeeld worden met behulp van de zogenaamde w-toetsingsgrootheden. Een w-toets is een toets voor ééndimensionale alternatieve hypothesen, waarbij een alternatieve hypothese een mogelijke modelfout modelleert. Er wordt voor elke waarneming successievelijk getoetst of deze fout is terwijl alle andere waarnemingen goed zijn. De nulhypothese is dan dat alle waarnemingen goed zijn. Wanneer men aanneemt dat de gemeten fotogrammetrische fotocoördinaten ongecorrleerd zijn, is de w-toetsingsgrootheid gedefinieerd als het quotiënt van het kleinste kwadraten residu van een waarneming en de standaardafwijking van het kleinste kwadraten residu. Bij een vrij netwerk vereffening dienen de gerealiseerde w-toetswaarden aan de volgende verdeling te voldoen:

- 60% van de w-toetsen moet kleiner zijn dan 1,0;
- 90% van de w-toetsen moet kleiner zijn dan 2,0;
- 96% van de w-toetsen moet kleiner zijn dan 3,0;
- 98% van de w-toetsen moet kleiner zijn dan 3,29;
- 100% van de w-toetsen moet kleiner zijn dan 4,0.

5.4 Aansluitingsvereffening

Nadat de opdrachtnemer er zeker van is dat zijn fotogrammetrische waarnemingen aan de gestelde eisen voldoen en dat het fotogrammetrische blok homogeen is, kan dit fotogrammetrische blok aangesloten worden op de paspunten. Ervan uitgaande dat het vrij netwerk voldoet aan alle voorwaarden zullen eventueel in deze aansluitberekening voorkomende verworpen w-toetsingsgrootheden in de waarnemingen of de paspunten alleen veroorzaakt kunnen zijn door foutieve paspuntcoördinaten, door fotogrammetrische metingen naar deze paspunten, die bij nader inzien geen paspunten blijken te zijn of door fouten in het functiemodel. Alle paspuntcoördinaten dienen statistisch geaccepteerd te worden. Hiertoe geldt voor de w-toetsen van de paspunten dezelfde verdeling als is aangegeven voor de fotogrammetrische waarnemingen (zie paragraaf 5.3). Bij de aansluiting aan de paspunten dienen deze paspunten geen kleinste kwadraten correctie te ontvangen.

Voor de stand- en, indien toegepast, de positieparameters van de projectiecentra dient in de vereffening een realistische a priori standaardafwijking te worden opgegeven. Na vereffening dienen de gerealiseerde toets-resultaten ook weer te voldoen aan dezelfde verdeling als gehanteerd bij de fotogrammetrische waarnemingen (zie paragraaf 5.3) en de paspunten.

De resultaten van deze aansluitingsberekening vormen vervolgens de gegevens die bij eventuele karteringen gebruikt zullen worden voor het direct verkrijgen van parallaxvrije stereo-modellen.

6 Orthofotomozaïeken

6.1 Definitie

Orthofotomozaïeken zijn gedefinieerd als luchtfoto-beelden:

- die gecorrigeerd zijn voor de perspectivische beeldafwijkingen, veroorzaakt door het niet exact evenwijdig zijn van het camera-afbeeldingsvlak met het aardoppervlak ten tijde van het maken van de opnamen;
- die gecorrigeerd zijn voor „omvallingseffecten” op maaiveldhoogte met behulp van een daartoe geschikt hoogtemodel;
- waarin de overlap tussen de opnamen verwijderd is;
- waarin de kleurverschillen in een orthofotomozaïek ten gevolge van het feit dat het orthofotomozaïek is samengesteld uit verschillende digitale luchtopnamen geminimaliseerd zijn;
- waarin alle orthofotomozaïeken eenzelfde tegelgrootte en éénzelfde RD-grondpixelresolutie bezitten.

Kort samengevat zijn orthofotomozaïeken derhalve geometrisch en radiometrisch gecorrigeerde digitale luchtopnamen, waarbij elk beeldelement is uitgedrukt in het coördinatenstelsel van de Rijksdriehoeksmeting.

6.2 Specificaties

De te leveren orthofotomozaïeken dienen te voldoen aan de volgende eisen:

- a. De orthofotomozaïeken bezitten een tegelgrootte van 1000 meter in noord-zuid richting en 1.000 meter in oost-west richting waarbij het RD-stelsel langs de 1000 meter-lijn wordt gevolgd.
- b. De RD-grondpixelresolutie op maaiveldhoogte moet 10 centimeter bedragen voor alle blokken. Een uitzondering hierop vormen de blokken die aan de TMA/CTR-zone van Schiphol raken. Voor deze blokken geldt dat de RD-grondpixelresolutie 11 centimeter dient te bedragen. Bij deze grootte van pixels is er sprake van een geheel aantal pixels in noord-zuid richting en in oost-west richting.
- c. De schaal van een vervaardigd orthofotomozaïek moet altijd kleiner of gelijk zijn aan de schaal van de luchtopnamen waarmee het orthofotomozaïek is vervaardigd.
- d. De orthofotomozaïeken in GeoTiff-formaat mogen op een beeldscherm bij een vergroting van 200% geen zichtbare compressieartefacten bezitten.
- e. Daar waar er ten behoeve van het verwijderen van de overlap tussen naburige luchtopnamen zogenaamde knippolygonen worden gedefinieerd, dienen deze te voldoen aan de volgende eisen:
 - Een knippolygoon moet zich altijd in een overlapgebied bevinden.
 - Een knippolygoon mag nooit door bebouwing gaan, tenzij er in de desbetreffende overlap geen alternatief gevonden kan worden.
 - Een knippolygoon mag nooit door kunstwerken gaan.
 - Een knippolygoon wordt altijd op maaiveldniveau gelegd.

- De ligging van een knippolygoon moet zodanig gekozen worden dat de terreineigenschappen aan weerszijden van de polygoon ervoor zorgen dat de exacte knijlijn zoveel als mogelijk onzichtbaar is.
- f. In stedelijk gebied mag langs de knippolygonen slechts beperkt gebruik gemaakt worden van de "feathering"-techniek. Feathering mag toegepast worden met maximaal 3 pixels aan beide zijde kanten van de knippolygoon. Het gebruik van feathering mag er echter nooit toe leiden dat grenzen tussen bebouwing verdwijnen.
- g. Die delen van de orthofotomozaïeken binnen een tegel, waarvoor geen beeldmateriaal beschikbaar is (aan de rand van het projectgebied) dienen opgevuld te worden met een witte achtergrondkleur.
- h. De histogrammen moeten voor alle 24-bits RGB-orthofotomozaïeken aan de volgende eisen voldoen:
 - Per 8-bits kleurenkanaal dient minimaal 70% van alle grijswaarden in het histogram aanwezig te zijn. In dit bereik mogen geen grijswaarden ontbreken.
 - Per 8-bits kleurenkanaal mag een grijswaarde niet in meer dan 5% van de pixels aanwezig zijn.
 - Per 8-bits kleurenkanaal mag maximaal 1% van het aantal pixels een grijswaarde van 0 of 255 bezitten, waarbij dergelijke pixels alleen verspreid in het beeld mogen voorkomen.
 - Per 8-bits kleurenkanaal mag vijf procent (5%) aan de linker- en rechterzijde van het histogram (= 13 grijswaarden) niet meer dan 2,5% van het totale oppervlak van het histogram bevatten.
 - Per 8-bits kleurenkanaal mogen twee opeenvolgende histogramgrijswaarden binnen het grootste continue deel van het histogram, inclusief de histogramgrijswaarde die voorafgaat aan het begin van dit continue deel en onmiddellijk volgt op het einde van het continue deel, maximaal een factor 1,3 van elkaar verschillen. Hierbij gelden de volgende randvoorwaarden:
 - o Het vijf procent (5%) deel aan de linker- en rechterzijde van het histogram alsmede histogramwaarden (grijswaarden), die minder dan 0,05% van het totale oppervlak van het histogram bevatten, worden niet meegeteld.
 - o Het grootste continue deel dat dan nog resteert, dient op zijn minst 30% (= 77 grijswaarden) van de gehele bandbreedte van het histogram te bevatten en dient tevens minimaal 95% van het dan nog resterende totaaloppervlak van het histogram te bevatten.
- i. De in het orthofotomozaïek aanwezige contrasten in de donkere delen (schaduw) en in de lichte delen van het beeld dienen goed zichtbaar te zijn. Dit houdt in dat in de donkere delen (schaduw) en de lichte delen van de opnamen minimaal de volgende objecten eenduidig zichtbaar moeten zijn:
 - Trottoirbanden en verschillen in verhardingsmateriaal op wegen.
 - Straatkolken en rioolputten.
 - Uitbouwen aan woningen.
- j. De geometrische positioneringsprecisie in het RD-stelsel dient voor alle pixels op maaiveldhoogte beter te zijn dan 20 centimeter. Deze positioneringseis dient opgevat te worden als de 1-sigma waarde waarbinnen 68,3% van alle pixels zich moeten bevinden. Voorts geldt dat 95% van de pixels een positioneringsprecisie van 40 centimeter of beter moet bezitten en 99,6% van alle pixels een precisie van 60 centimeter of beter.

De geometrische positioneringsprecisie in het RD-stelsel dient voor de TMA/CTR-zone voor alle pixels op maaiveldhoogte beter te zijn dan 25 centimeter. Deze positioneringseis dient opgevat te worden als de 1-sigma waarde waarbinnen 68,3% van alle pixels zich moeten bevinden. Voorts geldt dat 95% van de pixels een positioneringsprecisie van 50 centimeter of beter moet bezitten en 99,6% van alle pixels een precisie van 75 centimeter of beter.

Voor het behalen van de in dit punt genoemde geometrische precisie-eisen kan de opdrachtnemer de geleverde AHN2-hoogtemodellen gebruiken of een eigen hoogtemodel, indien de opdrachtnemer hierover beschikt. Ongeacht het gebruik van welk hoogtemodel dient de opdrachtnemer aan de in dit punt vermelde precisie-eisen te voldoen. De opdrachtnemer dient zich te realiseren dat de AHN-hoogtemodellen niet in alle gevallen direct bruikbaar zullen zijn voor het orthofotomozaïekvervaardigingsproces.

Zo dient men onder andere aandacht te besteden aan de volgende punten:

- Er is in de AHN-data altijd een beperkte hoeveelheid filterfouten aanwezig.
- Lokaal zeer afwijkende hoogten, zoals bijvoorbeeld opgehoogde tuinen bij huizen, kunnen voor interpolatiefouten zorgen.
- AHN-data bevat zogenoemde „no-data” gebieden (uitgefilterde gebieden) die, afhankelijk van de wijze van interpolatie, voor vervormingen kunnen zorgen.
- Het inwinnen van aanvullende hoogtegegevens of het bewerken van de beschikbaar gestelde AHN-gegevens is voor eigen rekening van de opdrachtnemer.
- Daar waar het AHN niet toereikend is, dient de opdrachtnemer een eigen alternatief toe te passen.

Voor het gebruik van hoogtemodellen gelden algemeen de volgende voorwaarden:

- U bent rechthebbende van het betreffende hoogtemodel of u heeft het tijdelijk gebruiksrecht op het hoogtemodel (zoals bij gebruik van het AHN);
- Het betreffende hoogtemodel heeft een dusdanige kwaliteit dat het resulterende orthofotomozaïek voldoet aan alle bestekvoorwaarden.

- k. Zich niet op maaiveldhoogteniveau bevindende kunstwerken als bruggen en viaducten mogen niet als vervormde (kromme) objecten in een orthofotomozaïek zichtbaar zijn. De opdrachtgever accepteert dat bij dergelijke kunstwerken de geometrische pixelpositioneringsprecisie niet voldoet aan de desbetreffende besteksvoorwaarden. In plaats van het inwinnen van aanvullende hoogten bij de kunstwerken zou men ook kunnen denken aan het „knippen” van dergelijke objecten uit de desbetreffende ingewonnen luchtopname en het verantwoord „plakken” van het deelbeeld in het orthofotomozaïek. Onder „verantwoord” wordt hier verstaan dat in het orthofotomozaïek visueel niet zichtbaar is dat een kunstwerk in het beeld is „geplakt”.

De opdrachtnemer blijft uiteraard wel verantwoordelijk voor een correct gebruik van het hoogtemodel in zijn orthofotomozaïekvervaardigingsproces. Dit betekent onder meer dat de opdrachtnemer verantwoordelijk is voor een correcte hoogte-interpolatie.

- l. De kleurverschillen in een orthofotomozaïek ten gevolge van het feit dat het orthofotomozaïek is samengesteld uit verschillende digitale luchtopnamen dienen geminimaliseerd te zijn.

- m. Bij elk orthofotomozaïek wordt een XML-bestand geleverd met metadata-informatie, die voldoet aan de Nederlandse metadatastandaard voor geografie, ISO19115:2003, meest actuele versie (Kernset NL).

CONCEPT

7 Af te leveren bescheiden

7.1 Vliegplan, paspunten en camera's

Voordat met de feitelijke markerings- en meetwerkzaamheden man worden begonnen, worden de volgende producten geleverd:

- a. Een vlieg- en paspuntenplan in PDF-formaat met de naam **YYYY_vliegplan_paspuntenplan_hrl.pdf** met de ligging van de aan te brengen en in te paspunten, de ligging van de vliegstroken en de begrenzingen van de in te winnen luchtopnamen zijn weergegeven met een topografische kaart van het projectgebied als achtergrond. In de bestandsnaam wordt voor YYYY het jaar ingevuld waarop de uitvoering van het project betrekking heeft.
- b. Een vlieg- en paspuntenplan in Shape-formaat met de naam **YYYY_vliegplan_paspuntenplan_hrl.shp** met de ligging van de aan te brengen en in te meten paspunten, de ligging van de vliegstroken en de begrenzingen van de in te winnen luchtopnamen. In de bestandsnaam wordt voor YYYY het jaar ingevuld waarop de uitvoering van het project betrekking heeft.
- c. Een document of documenten in PDF-formaat met de naam **YYYY_cameracalibratie_xxxxx_hrl.pdf** waarin de resultaten van de bij de gebruikte camera's behorende cameracalibraties zijn vermeld. In de bestandsnaam wordt het deel xxxxx vervangen door een éénduidig te typeren naam voor de desbetreffende camera en wordt voor YYYY het jaar ingevuld waarop de uitvoering van het project betrekking heeft.

Na het uitvoeren van de markerings- en meetwerkzaamheden worden de volgende producten geleverd:

- d. Van elk gemarkeerd paspunt een digitale foto in JPEG-formaat met de bestandsnaam **YYYY_paspunt_pppppp_hrl.jpg** waarbij voor pppppp het paspuntnummer wordt ingevuld en voor YYYY het jaar waarop de uitvoering van het project betrekking heeft.
- e. Per paspuntenmeet sessie een ASCII-bestand met de naam **YYYY_kernnetverschillen_hrl.txt** met hierin de coördinaten van de kernnetpunten of andere grondslagpunten, de gemeten coördinaten en de coördinaatverschillen waarbij voor YYYY het jaar waarop de uitvoering van het project betrekking heeft.
- f. Per paspuntenmeet sessie een ASCII-bestand met de naam **YYYY_paspuntmetingen_hrl.txt** met hierin de gemeten coördinaten van de paspunten voor elke meting en de coördinaatverschillen waarbij voor YYYY het jaar waarop de uitvoering van het project betrekking heeft.

7.2 Fotovlucht

- g. Een PDF-bestand met de naam **YYYY_vluchtrapporten_hrl.pdf**, waarbij voor YYYY het jaar ingevuld wordt waarop het project betrekking heeft. In dit PDF bestand is voor elke individuele vliegtag minimaal de volgende informatie vermeld:
- De vliegdatum.
 - De begin- en eindtijd van het inwinnen van de luchtopnamen.
 - De gemiddelde vlieghoogte ten opzichte van maaiveldhoogte.
 - Het totale aantal gemaakte opnamen.
 - Het aantal gemaakte opnamen per vliegstrook.
 - De gebruikte camera inclusief het serienummer van de camera.
 - De gecalibreerde brandpuntsafstand van het objectief.
 - Het gekozen diafragma voor elke opname.
 - De gekozen sluitertijd voor elke opname.
 - Opmerkingen over de weersgesteldheid ten tijde van het inwinnen van de luchtopnamen.
 - Overige van belang zijnde opmerkingen.
- h. Een bestand in Shape-formaat met de naam **YYYY_beeldmiddenoverzicht_hrl.shp** met de in het RD-stelsel uitgedrukte geografische positie van iedere gemaakte opname. In de bestandsnaam wordt voor YYYY het jaar ingevuld waarop de uitvoering van het project betrekking heeft. Per gemaakte opname wordt de volgende attribuut informatie opgenomen:
- Opnamenummer
 - Opnamedatum
 - Opnametijdstip
 - Cameranummer
 - Diafragma
 - Sluitertijd
- i. Een ASCII-bestand met de naam **YYYY_vluchtorienteringen_hrl.txt** waarbij voor YYYY het jaar wordt ingevuld waarop de uitvoering van het project betrekking heeft. In dit bestand worden records opgenomen waarin voor elke opname de coördinaten van de projectiecentra in X-, Y- en Z-richting, alsmede, indien dit is opgenomen, de roll-, pitch- en yaw-hoeken van elke gemaakte luchtopname zijn vermeld. Deze gegevens dienen uitgedrukt te worden in het (RD,NAP)-stelsel. Het betreft hier de gegevens die zijn geregistreerd tijdens de opname en niet de vereffende gegevens. De velden in elk record moeten voldoen aan de in Tabel 2 vermelde eisen, waarbij tussen elk veld minimaal één spatie aanwezig moet zijn.

Veld	Beschrijving
Fotonaam	De naam van de luchtopname, zoals deze is voorgeschreven in hoofdstuk 8 (YYYY_MM_DD_uu_mm_ss_ppppppp_RGB.tif)
X-coördinaat projectiecentrum	Uitgedrukt in het RD-stelsel, eenheid meters met drie decimalen
Y-coördinaat projectiecentrum	Uitgedrukt in het RD-stelsel, eenheid meters met drie decimalen
Z-coördinaat projectiecentrum	Uitgedrukt in het NAP-stelsel, eenheid meters met drie decimalen
roll-rotatiehoek	Uitgedrukt in graden met vier decimalen.

pitch-rotatiehoek	Uitgedrukt in graden met vier decimalen.
yaw-rotatiehoek	Uitgedrukt in graden met vier decimalen.

Tabel 2: Formaatbeschrijving van het bestand met te leveren stand- en positieparameters

De in Tabel 2 vermelde roll-hoekwaarde is gerelateerd aan de draaiing om de lengteas van het vliegtuig. De pitch-hoekwaarde is gerelateerd aan de draaiings-as over de lengterichting van de vleugels van het vliegtuig en de yaw-hoekwaarde is gerelateerd aan de richting van het noorden.

- j. Een document in PDF-formaat met de naam **YYYY_vluchtorienteringen_beschrijving_hrl.pdf** waarin is beschreven ten opzichte van welk assenstelsel de vluchtoriënteringen zijn geleverd, in welke eenheden de rotatiehoeken zijn geleverd, hoe de draaiingen van de rotatiehoeken zijn gedefinieerd en hoe de rotatievolgorde is van de individuele rotatiematrices voor het verkrijgen van de rotatiematrix, die de benaderde⁴ draaiing van het opnamevlak ten opzichte van het XY-terreinvlak beschrijft. In de bestandsnaam wordt YYYY vervangen door het jaar waarop de uitvoering het project betrekking heeft.
- k. Eén of meerdere bestanden in Shape-formaat met de naam **YYYY_footprints_overzicht_xx_hrl.shp** waarin per vliegtag het zogenoemde footprintsoverzicht is weergegeven. In de bestandsnaam wordt de xx vervangen door een nummer dat het desbetreffende footprintsoverzicht uniek identificeert, BB door het bloknummer en YYYY door het jaar waarop de uitvoering van het project betrekking heeft. In dit bestand worden de zogenaamde footprints van de begrenzing van elke individuele luchtopname in het terrein weergegeven.

7.3 Luchtopnamen

- l. Een PDF-bestand met de naam **YYYY_rapportage_stereo_hrl.pdf** waarin de opdrachtnemer gedetailleerd documenteert hoe het opname- en verwerkingsproces heeft plaatsgevonden. Voor YYYY in de bestandsnaam wordt het jaar ingevuld waarop de uitvoering van het project betrekking heeft. In dit rapport wordt onder andere beschreven hoe de pan-sharpening heeft plaatsgevonden.
- m. Alle 24-bits RGB-luchtopnamen als ongecomprimeerde tiled Tiff5- of Tiff6-bestanden. De benaming is **YYYY_MM_DD_uu_mm_ss_ppppppp_RGB_hrl.tif** waarbij voor de letters de volgende betekenis hebben en waarvoor het volgende ingevuld moet worden:

YYYY: Het jaar waarop het project betrekking heeft.
MM: De maand waarin de opnamen gemaakt zijn (waarde 01 - 12).
DD: De dag waarop de opnamen gemaakt zijn (01 - 31).

⁴ Benaderd aangezien het hier de in het vliegtuig geregistreerde parameters betreft en niet de na het doorlopen van een triangulatie- en blokvereffeningsstap verkregen vereffende absolute oriënteringsparameters.

uu: Het uur waarop de opnamen gemaakt zijn (00 - 23).
 mm: De minuut waarop de opnamen gemaakt zijn (00 - 59).
 ss: De seconde waarop de opnamen gemaakt zijn (00 - 59).
 ppppppp: Een uniek volgnummer dat maar éénmaal mag voorkomen.

De tijdsaanduiding dient te worden aangegeven in UTC.

Het formaat van deze beelden is het ongecomprimeerde tiled Tiff-formaat (Tiff-5 of Tiff-6 standaard) waarin de beelden een 24-bits RGB kleurenpalet (8-bits per kleurenkanaal) bezitten. Tabel 3 geeft aan welke tags in de Tiff-header van elke RGB-luchtopname verplicht aanwezig moeten zijn en welke waarden deze tags moeten bezitten.

Tag	Value
BitsPerSample	(8,8,8)
Compression	None
Photometricinterp.	True Color
Planar config.	RGBRGBRGBRGB (single image plane)
Tile width	256
Tile height	256

Tabel 3: Inhoud Tiff-header in RGB-luchtopname (24-bits)

Er mag nimmer een zogenoemde „orientation” tag voorkomen in de Tiff-header. Andere tags mogen voorkomen in de header zolang deze geen invloed hebben op de wijze waarop het beeld geïnterpreteerd wordt.

Er mogen geen zogenoemde „thumbnails” (verkleinde afbeeldingen) in de beelden aanwezig zijn.

De in de volgende punten gevraagde bescheiden worden alleen geleverd indien Opdrachtgever hier expliciet om vraagt indien tijdens de kwaliteitscontrole blijkt dat een andere inspectie van de ingewonnen beelden nodig is

- n. Alle 48-bits RGB-luchtopnamen als ongecomprimeerde tiled Tiff5- of Tiff6-bestanden. De drie kleurenbanden bevatten de met de originele bitdiepte ingewonnen kleurenkanalen (minimaal 12-bits), weggeschreven in een 16-bits kleurenkanaal. De benaming is **YYYY_MM_DD_uu_mm_ss_ppppppp_RGB_16bit_hrl.tif** waarbij voor de letters de volgende betekenis hebben en waarvoor het volgende ingevuld moet worden:

YYYY: Het jaar waarop het project betrekking heeft.
 MM: De maand waarin de opnamen gemaakt zijn (01 - 12).
 DD: De dag waarop de opnamen gemaakt zijn (01 - 31).
 uu: Het uur waarop de opnamen gemaakt zijn (00 - 23).
 mm: De minuut waarop de opnamen gemaakt zijn (00 - 59).
 ss: De seconde waarop de opnamen gemaakt zijn (00 - 59).
 ppppppp: Een uniek volgnummer dat maar éénmaal mag voorkomen.

De tijdsaanduiding dient te worden aangegeven in UTC.

Het formaat van deze beelden is een ongecomprimeerd Tiff-formaat (Tiff-5 of Tiff-6 standaard). Tabel 4 geeft aan welke tags in de Tiff-header van elke RGB-luchtopname verplicht aanwezig moeten zijn en welke waarden deze tags moeten bezitten.

Tag	Value
BitsPerSample	(16,16,16)
Compression	None
Photometricinterp.	True Color
Planar config.	RGBRGBRGBRGB (single image plane)

Tabel 4: Inhoud Tiff-header in RGB-luchtopname (48-bits)

Er mag nimmer een zogenoemde „orientation” tag voorkomen in de Tiff-header. Andere tags mogen voorkomen in de header zolang deze geen invloed hebben op de wijze waarop het beeld geïnterpreteerd wordt.

Er mogen geen zogenoemde „thumbnails” (verkleinde afbeeldingen) in de beelden aanwezig zijn.

- o. Indien de gebruikte camera de kleurinformatie genereert met behulp van de zogenoemde pan-sharpeningstechniek wordt het oorspronkelijke met de originele bitdiepte (minimaal 12-bits) ingewonnen panchromatische beeld, weggeschreven in een 16-bits kanaal. De benaming is **YYYY_MM_DD_uu_mm_ss_ppppppp_PAN_hrl.tif** waarbij voor de letters de volgende betekenis hebben en waarvoor het volgende ingevuld moet worden:

YYYY: Het jaar waarop het project betrekking heeft.
MM: De maand waarin de opnamen gemaakt zijn (01 - 12).
DD: De dag waarop de opnamen gemaakt zijn (01 - 31).
uu: Het uur waarop de opnamen gemaakt zijn (00 - 23).
mm: De minuut waarop de opnamen gemaakt zijn (00 - 59).
ss: De seconde waarop de opnamen gemaakt zijn (00 - 59).
ppppppp: Een uniek volgnummer dat maar éénmaal mag voorkomen.

De tijdsaanduiding dient te worden aangegeven in UTC.

Het formaat van deze beelden is het ongecomprimeerde tiled Tiff-formaat (Tiff-5 of Tiff-6 standaard) waarin de beelden een 16-bits grijswaardenpalet bezitten. Tabel 5 geeft aan welke tags in de Tiff-header van elke panchromatische luchtopname verplicht aanwezig moeten zijn en welke waarden deze tags moeten bezitten.

Tag	Value
BitsPerSample	(16)
Compression	None

Photometricinterp.	Black is zero (min-is-black)
Planar config.	RGBRGBRGBRGB (single image plane)

Tabel 5: Inhoud Tiff-header in een panchromatische luchtopname

Er mag nimmer een zogenoemde „orientation” tag voorkomen in de Tiff-header. Andere tags mogen voorkomen in de header zolang deze geen invloed hebben op de wijze waarop het beeld geïnterpreteerd wordt.

Er mogen geen zogenoemde „thumbnails” (verkleinde afbeeldingen) in de beelden aanwezig zijn.

Alle hiervoor vermelde te leveren bescheiden worden geleverd op harde schijven met het NTFS bestandssysteem, die in ieder geval minimaal zijn voorzien van een USB3.0-interface.

7.4 Aerotriangulatie en blokvereffening

- p. Een digitaal kaartbeeld van geheel Nederland in shape-formaat met bestandsnaam **YYYY_blokindeling_stereo_hrl.shp** waarop de begrenzingen van de ingewonnen en afzonderlijk verwerkte en geleverde fotogrammetrische blokken is weergegeven. Op de plaats van YYYY in de bestandsbenaming staat het jaartal waarop de blokindeling van het project betrekking heeft.
- q. Per getrianguleerd en vereffend fotogrammetrisch blok een ASCII-bestand met de naam **YYYY_blokresultaten_vrij_netwerk_BB_hrl.txt** met de resultaten van de uitgevoerde vrije netwerk-blokvereffening, waarbij voor BB het bloknummer ingevuld moet worden en voor YYYY het jaar waarop de uitvoering van het project betrekking heeft. Dit bestand moet onder meer de volgende informatie bevatten:
- De a priori standaardafwijking van de waarnemingen.
 - De toegepaste camera-calibratiegegevens.
 - De toegepaste bore-sight parameters per opname.
 - De resultaten van de statistische toetsing van de waarnemingen in de blokvereffening.
 - De globale toets van de uitgevoerde blokvereffening.
- r. Per getrianguleerd en vereffend fotogrammetrisch blok een ASCII-bestand met de naam **YYYY_blokresultaten_aansluiting_BB_hrl.txt** met de resultaten van de uitgevoerde aansluitings-blokvereffening, waarbij voor BB het bloknummer ingevuld moet worden en voor YYYY het jaar waarop de uitvoering van het project betrekking heeft. Dit 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.
 - (Indien van toepassing) De a priori standaardafwijkingen van de stand van de projectiecentra.
 - De toegepaste camera-calibratiegegevens.
 - De toegepaste bore-sight parameters per opname.
 - 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.
- s. Per getrianguleerd en vereffend fotogrammetrisch blok een document met de naam **YYYY_blokresultaten_rapportage_BB_hrl.pdf** met daarin een beschrijving van de uitgevoerde triangulatie en blokvereffeningen, waarbij voor BB het bloknummer ingevuld moet worden en voor YYYY het jaar waarop de uitvoering van het project betrekking heeft. In dit document dient een samenvatting gegeven te worden van de in de overige vereffening-bescheiden ingestelde waarden en behaalde resultaten. Tevens dienen in dit document eventuele afwijkende instellingen en resultaten benoemd en beschreven te worden, alsmede overige, voor gebruik of controle van de data van belang zijnde informatie.
- t. Per getrianguleerd en vereffend fotogrammetrisch blok een ASCII-bestand met de naam **YYYY_paspunten_BB_hrl.txt** met de coördinaten van de terrestrische paspunten, uitgedrukt in het (RD,NAP)-stelsel waarbij voor BB het bloknummer ingevuld moet worden en voor YYYY het jaar waarop de uitvoering van het project betrekking heeft.

De velden in elk record moeten voldoen aan de in Tabel 6 vermelde eisen, waarbij tussen elk veld minimaal één spatie aanwezig moet zijn.

Veld	Beschrijving
Paspuntnaam	De naam van het paspunt, zoals dat is gebruikt in de blokvereffening en is vermeld op de foto, die van het paspunt is gemaakt tijdens de paspuntmeting.
X-coördinaat	Uitgedrukt in het RD-stelsel, eenheid meters met drie decimalen
Y-coördinaat	Uitgedrukt in het RD-stelsel, eenheid meters met drie decimalen
Z-coördinaat	Uitgedrukt in het NAP-stelsel, eenheid meters met drie decimalen

Tabel 6: Formaatbeschrijving van het bestand met gemeten paspunten

- u. Per getrianguleerd en vereffend fotogrammetrisch blok een ASCII-bestand met de naam **YYYY_verbindingspunten_BB_hrl.txt** met de coördinaten van de vereffende fotogrammetrische verbindingspunten, uitgedrukt in het (RD,NAP)-stelsel waarbij voor BB het bloknummer ingevuld moet worden en voor YYYY het jaar waarop de uitvoering van het project betrekking heeft. De vereffende coördinaten moeten betrekking hebben op een blokvereffeningsresultaat waarbij het blok is aangesloten op de paspunten zonder dat deze paspunten een kleinste kwadraten correctie hebben gekregen en waarbij de ingewonnen fotogrammetrische waarnemingen statistisch zijn geaccepteerd gegeven het in deze specificaties voorgeschreven kansmodel. De velden in elk record moeten voldoen aan de in Tabel 7 vermelde eisen, waarbij tussen elk veld minimaal één spatie aanwezig moet zijn.

Veld	Beschrijving
Naam verbindingspunt	De naam van het verbindingspunt, zoals dat is gebruikt in de blokvereffening. De fotogrammetrische waarnemingen naar dit punt moeten exact dezelfde naam bezitten.
X-coördinaat	Uitgedrukt in het RD-stelsel, eenheid meters met drie decimalen
Y-coördinaat	Uitgedrukt in het RD-stelsel, eenheid meters met drie decimalen
Z-coördinaat	Uitgedrukt in het NAP-stelsel, eenheid meters met drie decimalen

Tabel 7: Formaatbeschrijving van het bestand met coördinaten van de verbindingspunten

- v. Per getrianguleerd en vereffend fotogrammetrisch blok een ASCII-bestand met de naam **YYYY_waarnemingen_BB_hrl.txt** met de tijdens de triangulatie-metingen ingewonnen fotocoördinaten van verbindingspunten en paspunten, uitgedrukt in millimeters, waarbij voor BB het bloknummer ingevuld moet worden en voor YYYY het jaar waarop de uitvoering van het project betrekking heeft. De waarnemingen zijn opgeschoond voor eventuele meetfouten en het aantal waarnemingen alsmede de verdeling van de waarnemingen over de Von Gruber gebieden voldoet aan hetgeen is vermeld in hoofdstuk 5. De waarnemingen hebben betrekking op het blokvereffeningsresultaat waarbij het blok is aangesloten op de paspunten zonder dat deze paspunten een kleinste kwadraten correctie hebben gekregen en waarbij de ingewonnen fotogrammetrische waarnemingen statistisch zijn geaccepteerd gegeven het in deze specificaties voorgeschreven kansmodel. De velden in elk record moeten voldoen aan de in Tabel 8 vermelde eisen, waarbij tussen elk veld minimaal één spatie aanwezig moet zijn.

Record	Veld	Beschrijving
Record 1	Fotonaam	De naam van de luchtopname, zoals deze is voorgeschreven in hoofdstuk 8 (YYYY_MM_DD_uu_mm_ss_ppppppp_RGB_hrl.tif). De fotogrammetrische waarnemingen naar dit punt moeten exact dezelfde naam bezitten.
	Cameraconstante	De gecalibreerde cameraconstante, uitgedrukt in millimeters met drie decimalen.
Record 2	x-coördinaat	De gemeten x-fotocoördinaat, gecorrigeerd voor de relevante in het cameracalibratierapport vermelde correctiewaarden, uitgedrukt in millimeters met drie decimalen.
	y-coördinaat	De gemeten y-fotocoördinaat, gecorrigeerd voor de relevante in het cameracalibratierapport vermelde correctiewaarden, uitgedrukt in millimeters met drie decimalen.
Record 3	-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.

Tabel 8: Formaatbeschrijving van het bestand met fotogrammetrische waarnemingen

- w. Per getrianguleerd en vereffend fotogrammetrisch blok een ASCII-bestand met de naam **YYYY_projectiecentra_BB_hrl.txt** waarbij voor elke getrianguleerde opname de vereffende stand- en positieparameters in het bestand opgenomen zijn volgens de in Tabel 9 vermelde specificaties. Voor BB wordt het bloknummer ingevuld en voor YYYY het jaar waarop de uitvoering van het project betrekking heeft.

Veld	Beschrijving
Fotonaam	De naam van de luchtopname, zoals deze is voorgeschreven in hoofdstuk 8 (YYYY_MM_DD_uu_mm_ss_ppppppp_RGB_hrl.tif)
X-coördinaat projectiecentrum	Uitgedrukt in het RD-stelsel, eenheid meters met drie decimalen
Y-coördinaat projectiecentrum	Uitgedrukt in het RD-stelsel, eenheid meters met drie decimalen
Z-coördinaat projectiecentrum	Uitgedrukt in het RD-stelsel, eenheid meters met drie decimalen
ω -rotatiehoek (omega)	Uitgedrukt in graden met vier decimalen. Voor de bijbehorende rotatiematrix, zie vergelijking 2
ϕ -rotatiehoek (phi)	Uitgedrukt in graden met vier decimalen. Voor de bijbehorende rotatiematrix, zie vergelijking 3
κ -rotatiehoek (kappa)	Uitgedrukt in graden met vier decimalen. Voor de bijbehorende rotatiematrix, zie vergelijking 4

Tabel 9: Formaatbeschrijving van het bestand met te leveren stand- en positieparameters

De vereffende stand- en positieparameters moeten betrekking hebben op het pseudo kleinste kwadraten blokvereffeningsresultaat. De vereffende standparameters moeten uitgedrukt zijn in de in deze paragraaf genoemde rotatievolgorde en rotatiematrices. De vereffende positieparameters dienen uitgedrukt te zijn in het (RD,NAP)-stelsel.

De in Tabel 9 vermelde omega-hoekwaarde is gerelateerd aan de draaiing om de x-coördinatenas van het aan de camera verbonden fotocoördinatenstelsel waarbij de x-as in de vliegrichting is georiënteerd. De phi-hoekwaarde is gerelateerd aan de draaiing om de y-coördinatenas van het aan de camera verbonden fotocoördinatenstelsel waarbij de y-as loodrecht op de x-as staat en benaderd evenwijdig is georiënteerd aan het aardoppervlak. De kappa-hoekwaarde is gerelateerd aan de draaiing om de optische hoofdas van het aan de camera verbonden fotocoördinatenstelsel. Deze as is ten opzichte van het (x,y)-vlak loodrecht georiënteerd. De definitie van het coördinatenstelsel is gebaseerd op een linkshandig assenstelsel waarbij met positieve draaiingshoeken tegen de klok in wordt gedraaid.

Vergelijking 1 geeft de rotatievolgorde om de assen van het fotocoördinatenstelsel.

$$R(\omega, \phi, \kappa) = R(\kappa) R(\phi) R(\omega) \quad [1]$$

De elementen van de rotatiematrix over de x-fotocoördinaat zijn als volgt gedefinieerd:

$$R(\omega) = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\omega) & -\sin(\omega) \\ 0 & \sin(\omega) & \cos(\omega) \end{vmatrix} \quad [2]$$

De elementen van de rotatiematrix over de y-fotocoördinaat zijn als volgt gedefinieerd:

$$R(\varphi) = \begin{vmatrix} \cos(\varphi) & 0 & \sin(\varphi) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\varphi) & 0 & \cos(\varphi) \end{vmatrix} \quad [3]$$

De elementen van de rotatiematrix over de optische hoofdas zijn als volgt gedefinieerd:

$$R(\kappa) = \begin{vmatrix} \cos(\kappa) & -\sin(\kappa) & 0 \\ \sin(\kappa) & \cos(\kappa) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad [4]$$

Vergelijking 1, uitgeschreven als rotatiematrix met behulp van de in de vergelijkingen 2 tot en met 4 gegeven elementen van de rotatiematrix, geeft de rotatiematrix, die de relatie beschrijft van het terreincoördinatenstelsel naar het fotocoördinatenstelsel waarbij geroteerd wordt om vaste assen. De resulterende rotatiematrix wordt gegeven in vergelijking 5.

$$R(\omega, \varphi, \kappa) = \begin{vmatrix} \cos(\varphi)\cos(\kappa) & \sin(\omega)\sin(\varphi)\cos(\kappa) & \cos(\omega)\sin(\varphi)\cos(\kappa) \\ \cos(\varphi)\sin(\kappa) & \sin(\omega)\sin(\varphi)\sin(\kappa) & \cos(\omega)\sin(\varphi)\sin(\kappa) \\ -\sin(\varphi) & \sin(\omega)\cos(\varphi) & \cos(\omega)\cos(\varphi) \end{vmatrix} \quad [5]$$

- x. Per getrianguleerd en vereffend fotogrammetrisch blok een ASCII-bestand met de naam **YYYY_rotatiematrix_BB_hrl.txt** waarbij voor elke getrianguleerde opname de negen elementen van de rotatiematrix opgenomen zijn volgens de in Tabel 10 vermelde specificaties. Voor BB wordt het bloknummer ingevuld en voor YYYY het jaar waarop de uitvoering van het project betrekking heeft. De elementen van de rotatiematrix moeten betrekking hebben op de vereffende stand- en positieparameters van het blokvereffeningsresultaat waarbij het blok is aangesloten op de paspunten zonder dat deze paspunten een kleinste kwadraten correctie hebben gekregen en waarbij de ingewonnen fotogrammetrische waarnemingen statistisch zijn geaccepteerd gegeven het in deze specificaties voorgeschreven kansmodel. De velden in elk record moeten voldoen aan de in Tabel 10 vermelde eisen, waarbij tussen elk veld minimaal één spatie aanwezig moet zijn.

Record	Veld	Beschrijving
Record 1	Fotonaam	De naam van de luchtopname YYYY_MM_DD_uu_mm_ss_pppppppp_RGB_hrl.tif. De fotogrammetrische waarnemingen naar dit punt moeten exact dezelfde naam bezitten.

	r11	$r11 = \cos(\varphi)\cos(\kappa)$: getal met zeven decimalen achter de komma
	r12	$r12 = \sin(\omega)\sin(\varphi)\cos(\kappa) - \cos(\omega)\sin(\kappa)$: getal met zeven decimalen achter de komma
	r13	$r13 = \cos(\omega)\sin(\varphi)\cos(\kappa) + \sin(\omega)\sin(\kappa)$: getal met zeven decimalen achter de komma
	r21	$r21 = \cos(\varphi)\sin(\kappa)$: getal met zeven decimalen achter de komma
	r22	$r22 = \sin(\omega)\sin(\varphi)\sin(\kappa) + \cos(\omega)\cos(\kappa)$: getal met zeven decimalen achter de komma
	r23	$r23 = \cos(\omega)\sin(\varphi)\sin(\kappa) - \sin(\omega)\cos(\kappa)$: getal met zeven decimalen achter de komma
	r31	$r31 = -\sin(\varphi)$: getal met zeven decimalen achter de komma
	r32	$r32 = \sin(\omega)\cos(\varphi)$: getal met zeven decimalen achter de komma
	r33	$r33 = \cos(\omega)\cos(\varphi)$: getal met zeven decimalen achter de komma

Tabel 10: Elementen van de rotatiematrix

7.5 Orthofotomozaïeken

- y. Een digitaal kaartbeeld van geheel Nederland in shape-formaat met bestandsnaam **YYYY_blokindeling_ortho_hrl.shp** waarop de begrenzingen van de ortho blokken is weergegeven. Op de plaats van YYYY in de bestandsbenaming staat het jaartal waarop de blokindeling van het project betrekking heeft.
- z. Een rapport met de naam **YYYY_rapportage_ortho_OO_hrl.pdf** waarin de opdrachtnemer de controle beschrijft die hij heeft uitgevoerd om aan te tonen dat de door hem geleverde bescheiden voldoen aan alle in deze specificaties gestelde eisen en voorwaarden. Voor de benaming geldt dat voor OO het orthoblok nummer ingevuld moet worden en voor YYYY het jaar waarop de uitvoering van het project betrekking heeft. In dit rapport dient de opdrachtnemer tevens aan te geven welke afwijkingen hij heeft geconstateerd in de processen en welke acties hij ter verbetering van eventuele afwijkingen heeft ondernomen.
- aa. Alle 24-bits RGB-orthofotomozaïeken, te leveren als ongecomprimeerde tiled GeoTiff-bestanden. De benaming is **YYYY_xxxxxx_yyyyyy_RGB_hrl.tif** waarbij voor de letters de volgende betekenis hebben en waarvoor het volgende ingevuld moet worden:
 - YYYY: Het jaar waarop het project betrekking heeft.
 - xxxxxx: De x-coördinaat van het linkeronderpunt van het mozaïek in meters, uitgedrukt in het RD-coördinatenstelsel.
 - yyyyyy: De y-coördinaat van het linkeronderpunt van het mozaïek in meters, uitgedrukt in het RD-coördinatenstelsel.

De orthofotomozaïeken worden in het ongecomprimeerde tiled GeoTiff-formaat (Tiff-5 of Tiff-6 standaard) met een 24-bits RGB-kleurenpalet geleverd waarbij de header de in Tabel 11 vermelde structuur heeft.

Geotiff-headerstructuur		
Geotiff_Information:		
Version: 1		
Key_Revision: 1.0		
Tagged_Information:		
ModelTiepointTag (2,3):		
0	0	0
x_RD	y_RD	0
ModelPixelScaleTag (1,3):		
dx_RD	dy_RD	0
End_Of_Tags		
Keyed_Information:		
GTModelTypeGeoKey (Short,1): ModelTypeProjected		
GTRasterTypeGeoKey (Short,1): RasterPixelIsArea		
ProjectedCSTypeGeoKey (Short,1): PCS_RD_Netherlands_New		
ProjLinearUnitsGeoKey (Short,1): Linear_Meter		
End_Of_Keys.		
End_Of_Geotiff.		

Tabel 11: Inhoud Tiff-header in een orthofotomozaïek

In Tabel 11 moet voor x_RD en y_RD respectievelijk de x-coördinaat in het RD-stelsel en de y-coördinaat in het RD-stelsel in de eenheid meters ingevuld zijn waarbij de positionerings-informatie in de GeoTiff-referentieheader is gerelateerd aan het linkeronderpunt van de in het linkeronderpunt van een orthofotomozaïek gelegen pixel en de maateenheid meters is. In technische zin betekent dit dat deze positioneringsinformatie is uitgedrukt ten opzichte van „RasterPixelIsArea” en niet ten opzichte van „RasterPixelIsPoint”. In dezelfde tabel wordt voor dx_RD en dy_RD de toegepaste pixelgrootte in de eenheid meters ingevuld (0.10 voor de 10 centimeter orthofotomozaïeken en 0.11 voor de 11 centimeter orthofotomozaïeken. Het gebruikte coördinatenstelsel is PCS = 28992 (PCS_RD_Netherlands_New). De gebruikte eenheden zijn meters (Projection Linear Units: 9001/meter (1.000000 m)).

- bb. Alle 24-bits RGB-orthofotomozaïeken, te leveren als ECW gecomprimeerde beelden, waarbij de compressiefactor zodanig is ingesteld dat bij een 100% view van het beeld op een beeldscherm compressie-artefacten visueel niet zichtbaar zijn. De benaming is **YYYY_XXXXXX_YYYYYY_RGB_hrl.ecw** waarbij de letters de volgende betekenis hebben en waarvoor het volgende ingevuld moet worden:

YYYY: Het jaar waarop het project betrekking heeft.
 XXXXXX: De x-coördinaat van het linkeronderpunt van het mozaïek in meters, uitgedrukt in het RD-coördinatenstelsel.
 YYYYYY: De y-coördinaat van het linkeronderpunt van het mozaïek in meters, uitgedrukt in het RD-coördinatenstelsel.

- cc. Per geleverd RGB-orthofotomozaïek in ECW-formaat het EWW-bestand met de bij het desbetreffende beeld behorende georeferentieinformatie. De benaming is

YYYY_xxxxxx_yyyyyy_RGB_hrl.eww waarbij de letters de volgende betekenis hebben en waarvoor het volgende ingevuld moet worden:

YYYY: Het jaar waarop het project betrekking heeft.
xxxxxx: De x-coördinaat van het linkeronderpunt van het mozaïek in meters, uitgedrukt in het RD-coördinatenstelsel.
yyyyyy: De y-coördinaat van het linkeronderpunt van het mozaïek in meters, uitgedrukt in het RD-coördinatenstelsel.

- dd. De orthofotomozaïeken mogen geen thumbnails in het dataformaat bezitten en moeten direct leesbaar zijn in alle gangbare CAD-/GIS-omgevingen.
- ee. Eén of meerdere Shape-bestanden met de naam **YYYY_knippolygonen_OO_hrl.shp** waarin de door de opdrachtnemer bij de orthofotomozaïekvervaardiging gebruikte knippolygonen zijn weergegeven. In de bestandsnaam wordt de OO vervangen door een nummer dat het desbetreffende knippolygonenoverzicht uniek identificeert en YYYY door het jaar waarop de uitvoering van het project betrekking heeft.

Alle hiervoor vermelde te leveren bescheiden worden geleverd op harde schijven met het NTFS bestandssysteem, die in ieder geval minimaal zijn voorzien van een USB3.0-interface.

8 Kwaliteitscontrole

De geleverde bescheiden zullen worden gecontroleerd aan de hand van de in de hoofdstukken 2 tot en met 7 gestelde technische eisen en leveringseisen. Voorwaarde is dat alle bescheiden zijn geleverd en dat deze voldoen aan alle in deze besteksvoorwaarden opgenomen eisen. De kwaliteitscontrole vindt in twee stappen plaats, te weten:

- Een **ingangscontrole** waarbij wordt gecontroleerd of de levering van het blok volledig is en de bestandsbenamingen voldoen aan de gestelde eisen.
- Een **kwalitatieve controle** waarbij wordt gecontroleerd of de geleverde bescheiden voldoen aan de gestelde technische eisen.

In de volgende paragrafen zal in worden gegaan op onderdelen van de desbetreffende controles. Het betreft hier een generieke beschrijving, geen uitputtende lijst met controles die uitgevoerd zullen worden.

In zijn algemeenheid geldt dat, tenzij expliciet anders aangegeven, volledig aan alle specificaties zoals genoemd in deze besteksvoorwaarden voldaan moet worden. Voor enkele aspecten geldt echter dat 2% van de geleverde data van deze specificaties mag afwijken, zolang afwijkingen niet aaneengesloten in het projectgebied voorkomen. Aspecten waarvoor deze 2% marge geldt zijn:

- Hoofdstuk 4, de punten c, d, e, g, h, i, en k waarbij voor punt d deze marge alleen geldt voor wolkschaduwen.
- Hoofdstuk 6, de punten h en i.

Een uitzondering geldt voor de voorwaarden genoemd in hoofdstuk 4, punt g, onderdeel „Straatkolken en rioolputten” en hoofdstuk 6, punt i, onderdeel „Straatkolken en rioolputten”. Hiervoor geldt een marge van 10%, zolang de afwijkingen niet aaneengesloten in het projectgebied voorkomen.

8.1 Ingangscontrole

Allereerst wordt een ingangscontrole uitgevoerd. Hierbij wordt gecontroleerd of de levering van het blok volledig is en de bestandsbenamingen voldoen aan de gestelde eisen. Er zal onder andere op de volgende aspecten gecontroleerd worden:

- Zijn alle vereiste bestanden geleverd?
- Zijn de geleverde harde schijven voorzien van de juiste aansluiting en leesbaar op de voorgeschreven besturingssystemen?
- Zijn de bestanden in het juiste formaat geleverd?
- Bevatten de bestanden de verwachte inhoud?
- Hebben alle geleverde bescheiden de juiste benaming?
- Geven de bestanden een volledige bedekking van het gebied?
- Bezitten alle opnamen een uniek nummer volgens het voorgeschreven formaat?
- Komen de benamingen van de opnamebestanden, zoals gebruikt in alle daarnaar verwijzende bestanden, overeen met de daadwerkelijke benamingen van deze luchtopnamebestanden?
- Kunnen alle controles met de geleverde bescheiden uitgevoerd worden?

Na het uitvoeren van de ingangscontrole zal een rapport opgesteld worden met de bevindingen van deze controle. Aan de hand van dit rapport beslist de opdrachtgever of de geleverde bescheiden wèl of niet geschikt zijn voor het uitvoeren van de kwalitatieve

controle. Indien de bescheiden niet geschikt zijn, wordt aangegeven op welke punten de geleverde bescheiden verbeterd moeten worden waarna de opdrachtnemer de bescheiden opnieuw moet leveren.

8.2 Kwalitatieve controle

Vervolgens wordt een kwalitatieve controle uitgevoerd. Hierbij wordt gecontroleerd of de geleverde bescheiden voldoen aan de gestelde technische eisen, eindtermen en leveringseisen. Bij deze kwalitatieve controle zullen onder andere (maar niet uitsluitend) de volgende aspecten gecontroleerd worden:

Controle-aspecten ten aanzien van het vliegplan, paspunten en camera's:

- Geeft het vliegplan het gehele in te winnen gebied weer?
- Kan met het vliegplan de juiste langs- en dwarsoverlap percentages worden behaald?
- Hebben de paspunten de juiste vorm en afmeting?
- Zijn de paspunten op geschikte locaties aangebracht?
- Is de meting van de paspunten correct uitgevoerd?
- Zijn de cameracalibratierapporten voldoende recent?

Controle-aspecten ten aanzien van de fotovlucht:

- Zijn de opnamevluchten uitgevoerd in de daarvoor bestemde periode?
- Zijn naast elkaar gelegen stroken zoveel mogelijk op eenzelfde dag gevlogen?
- Voldoen de terreinomstandigheden ten tijde van de opnamen aan de gestelde eisen?
- Voldoen de hoekverdraaiingen van en tussen opeenvolgende opnamen aan de daaraan gestelde eisen?

Controle-aspecten ten aanzien van luchtopnamen:

- Is de kleurdiepte van de geleverde opnamen voldoende?
- Zijn, per opname, de juiste kleurbanden op de juiste wijze ingevuld?
- Zijn alle opnamen vrij van wolken?
- Voldoen alle opnamen aan het scherptecriterium?
- Voldoet de pixelgrootte op terreinhoogte?
- Voldoen de opnamen aan de gestelde omvallingsseis?
- Zijn er compressie-artefacten waarneembaar?
- Voldoet het ruisniveau aan de gestelde eisen?
- Voldoen de histogrammen aan de gestelde eisen?
- Zijn de kleuren voor wat betreft de RGB-beelden natuurgetrouw?
- Zijn in de donkere en lichte delen van een opname nog voldoende contrasten zichtbaar zodat ook daar objecten eenduidig zichtbaar zijn?
- Voldoen de opnamen aan de gestelde eisen ten aanzien van het niet kunnen zien van compressieartefacten?
- Voldoet de metadata aan de gestelde specificaties?

Controle-aspecten ten aanzien van de aerotriangulatie en blokvereffening:

- Voldoen de geleverde rotatiehoeken aan de voorgeschreven eisen ten aanzien van hoekdefinitie en rotatievolgorde?
- Zijn de stereomodellen parallaxvrij?
- Is het juiste kansmodel ingevoerd?
- Voldoet de absolute positioneringsprecisie van het stereomodel aan de daaraan gestelde eisen?
- Zijn de vereffeningsbestanden in de juiste vorm geleverd?
- Is er zowel een vrije netwerk vereffening en een aansluitingsvereffening uitgevoerd?

- Voldoet, bij een vrij netwerkberekening de verdeling van de gerealiseerde w-toetsen van de fotogrammetrische waarnemingen aan de gestelde criteria?
- Wordt de globale toets bij de blokvereffeningen geaccepteerd?
- Voldoet bij de aansluitingsvereffening de verdeling van de gerealiseerde w-toetsen van de aansluitpunten aan de vereisten?
- Voldoen de a posteriori standaardafwijkingen van de verbindingpunten in het terrein?
- Is de betrouwbaarheid van het fotogrammetrische blok over het gehele blok voldoende en voldoende homogeen?
- Zijn verbindingpunten in alle mogelijke opnamen aangemeten?
- Zijn de verbindingpunten in het terrein fysisch eenduidig interpreteerbaar en onveranderlijk gedurende de uitvoering van de fotovlucht?
- Zijn de paspunten in zoveel mogelijk opnamen aangemeten?
- Zijn er per Von Gruber gebied voldoende punten gemeten?
Zo niet, zijn deze uitzonderingen verklaard en is deze verklaring acceptabel?
- Zijn er per Von Gruber gebied niet teveel punten gemeten?
- Zijn de gemeten verbindingpunten stochastisch ongecorrleerd?
- Zijn er voldoende hoogtepaspunten toegevoegd of is er op een afdoende wijze gebruik gemaakt van de GPS-gegevens van de projectiecentra om doorzakking van het fotogrammetrische blok te voorkomen?

Controle-aspecten ten aanzien van de orthofotomozaïeken:

- Is de kleurdiepte van de geleverde orthofotomozaïeken voldoende?
- Zijn, per orthofotomozaïek, de juiste kleurbanden op de juiste wijze ingevuld?
- Is de schaal van de vervaardigde orthofotomozaïeken overal kleiner of gelijk aan de schaal van de luchtopnamen waarmee de orthofotomozaïek is vervaardigd?
- Voldoen alle orthofotomozaïeken aan het scherptecriterium?
- Voldoet de pixelgrootte op terreinhoogte?
- Zijn alle orthofotomozaïeken vrij van wolken?
- Voldoen de orthofotomozaïeken aan de gestelde omvallingseis?
- Voldoet het ruisniveau aan de gestelde eisen?
- Voldoen de histogrammen aan de gestelde eisen?
- Zijn de kleuren voor wat betreft de RGB-orthofotomozaïeken natuurgetrouw?
- Zijn in de donkere en lichte delen van een orthofotomozaïek nog voldoende contrasten zichtbaar zodat ook daar objecten éénduidig zichtbaar zijn?
- Voldoen de orthofotomozaïeken aan de gestelde eisen ten aanzien van het niet kunnen zien van compressieartefacten?
- Voldoet de metadata aan de gestelde specificaties?
- Zijn de orthofotomozaïeken in zichzelf en in combinatie met naburige orthofotomozaïeken vrij van kleurovergangen?
- Is de kleurhomogeniteit voldoende voor presentatiedoeleinden?
- Zijn de kniplijnen tussen de individuele opnamen binnen de mozaïeken correct gekozen?
- Zijn de zich niet op maaiveldniveau bevindende kunstwerken als bruggen en viaducten correct ingepast in de orthofotomozaïeken zodat zij niet „vervormd” zichtbaar zijn?
- Voldoet de kwaliteit van de geometrie aan de gestelde eisen?