



Realisatie

HANDLEIDING

Kwaliteitsbeoordeling van luchtfoto's

Samenvatting

Luchtfoto's worden gebruikt bij de door gemeenten uit te voeren wettelijke taken en andere gemeentelijke bedrijfsprocessen. De kwaliteit van de luchtfoto's is van belang voor gemeenten. Niet alleen bij eigen gebruik maar ook in het gebruik door externe partijen die de luchtfoto's gebruiken om een mutatiesignalering en/of kartering uit te voeren. Het getuigt van goed opdrachtgeverschap wanneer bekend is wat de kwaliteit is van de luchtfoto's, niet alleen richting de leverancier maar ook richting andere partijen die de luchtfoto's gebruiken om er aanvullende dienstverlening op te doen.

De kwaliteit van luchtfoto's wordt voor een deel bepaald door het uiteindelijke product. Er kan uitsluitend sprake zijn van kwaliteit als er gebruik gemaakt wordt van goede specificaties van de gewenste kwaliteit en als er beoordeeld wordt of die kwaliteitsspecificaties ook behaald zijn. Door tussenproducten, bijvoorbeeld kwaliteitsrapportages, uit te vragen gedurende verschillende momenten in het proces kan er beter gestuurd op een kwalitatief eindresultaat. Dat is ook de reden dat we in de standaard inkoopleidraad voor luchtfoto's, die momenteel ontwikkeld wordt door VNG en gemeenten, hier veel aandacht aan geven. Deze handleiding dient dan ook in combinatie met de standaard inkoopleidraad gebruikt te worden.

Het uitvragen van tussenproducten om de kwaliteit te borgen schept ook verplichtingen voor de opdrachtgever. Als iets uitgevraagd wordt dan moet het ook beoordeeld worden. Die beoordeling kan zelf uitgevoerd worden maar kan ook door externe partijen uitgevoerd worden, bijvoorbeeld als men niet zelf de tijd, capaciteit, kennis en/of kunde heeft om dit uit te voeren. Het in deze handleiding beschreven beoordelingsproces is een mix van beoordelingen die men praktisch zelf kan uitvoeren en/of die men door gespecialiseerde partijen kan laten uitvoeren. Tezamen zorgen deze twee beoordelingsstappen voor een beoordeling van de kwaliteit waarmee zowel de gemeente, de leverancier en andere gebruikers van het beeldmateriaal kunnen vertrouwen op de kwaliteit.

De beoordeling van de kwaliteit van luchtfoto's gebeurt grofweg op 3 fasen in het proces:

- Voor de uitvoering van de fotovlucht
- De fotovlucht
- Na de uitvoering van de fotovlucht

De verschillende beoordelingen per fase worden in deze handleiding toegelicht en met praktijkvoorbeelden verduidelijkt.

Uiteraard is het van belang om afhankelijk van het resultaat van de beoordeling actie te ondernemen richting de leverancier. Het resultaat is immers een maat voor de acceptatie van de luchtfoto's. Bij een aantal denkbare resultaten uit de beoordeling wordt in deze handleiding situaties een actie/oplossing richting leverancier voorgesteld.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	1
1. Inleiding	4
1.1. Waarom deze handleiding?.....	4
1.2. Wat verstaan we onder kwaliteit van luchtfoto's?	4
2. Factoren die de kwaliteit beïnvloeden.....	7
2.1. Vliegtuigbewegingen	7
2.2. Camera	8
2.3. Atmosferische verstoringen	9
2.4. Hoogteverschillen in het terrein	9
2.5. Moment van vliegen.....	11
3. Kwaliteitsbeoordelingen.....	13
3.1. Het proces van de kwaliteitsbeoordeling.....	13
4. Kwaliteitsbeoordeling door leverancier	15
5. Ingangsbeoordeling: praktische kwaliteitsbeoordeling	17
5.1. Voor de fotovlucht.....	17
5.1.1. Vliegplan	17
5.1.2. Paspuntenplan.....	18
5.1.3. Kalibratierapport	20
5.2. Direct na de fotovlucht.....	21
5.2.1. Vluchtrapport	21
5.2.2. Beeldmidden- en footprintoverzicht.....	22
5.2.3. Paspunten.....	24
5.3. Na de fotovlucht	24
5.3.1. Stereofoto's en de bijbehorende kwaliteitsrapportage	24
5.3.2. Vluchtoriënteringen	26
5.3.3. Verbindingspunten en de bijbehorende kwaliteitsrapportage vereffening	27
5.3.4. Orthofotomozaïeken en knippolygonen	31
6. Kwaliteitsbeoordeling: Cijfermatige beoordeling	34
6.1 Stereofoto's – radiometrie	34
6.2 Stereofoto's – aerotriangulatie en bundelblokvereffening.....	34
6.3 Orthofotomozaïeken - radiometrie.....	35
6.4 Orthofotomozaïeken - geometrie	36
7. Kwaliteitsbeoordeling uitgevoerd en hoe verder?	37
Bijlage 1: Kwaliteitsbeoordeling checklist	41

1. Inleiding

1.1. Waarom deze handleiding?

De beoordeling van kwaliteit van luchtfoto's levert vaak discussies op. Wat is kwaliteit? En hoe beoordeel je dat? Dit zijn vragen waar we als (gemeentelijk) opdrachtgever mee te maken hebben. De beoordeling van de kwaliteit is van belang voor de (kwaliteit van) (gemeentelijke) bedrijfsprocessen omdat je moet weten met welke kwaliteit en zekerheid je bepaalde conclusies trekt. Daarnaast is de kwaliteit van de geleverde luchtfoto's van belang voor de (contractuele) acceptatie van de geleverde luchtfoto's. Een slechte kwaliteit is een grond om de levering niet te accepteren. Hier speelt ook een aanbestedingsrechtelijke kwestie. Bij acceptatie van een product dat niet aan de specificaties voldoet, is er geen sprake meer van een gelijk speelveld. Een partij die de (onderhandse) aanbesteding verloren heeft, kan zich dan succesvol beroepen dat hij een lagere prijs had gehad indien hij wist dat de specificaties niet beoordeeld zouden worden.

Bij de inkoop van luchtfoto's is het dus noodzakelijk om de behoeften en wensen met betrekking tot kwaliteit vast te leggen in de aanbestedingsdocumenten of offerteaanvragen. Enerzijds om richting leverancier vast te leggen wat en hoe je gaat beoordelen of de luchtfoto's voldoen aan de gevraagde kwaliteit. Anderzijds om richting leverancier vast te leggen dat die beoordelingen gebruikt worden in het accepteren van de geleverde luchtfoto's.

In Nederland kopen de gemeenten zelfstandig, al dan niet in regionale samenwerking, luchtfoto's in. Daarnaast is er het landelijk samenwerkingsverband Beeldmateriaal die luchtfoto's inkoopt voor een aantal andere overheden. De beoogde kwaliteit en hoe er beoordeeld wordt is goed omschreven in de aanbestedingsdocumenten van het landelijk samenwerkingsverband. In de gemeentelijke aanbestedingsdocumenten is dit vaak minder goed beschreven. Gemeenten zijn pragmatischer wat dat betreft. Dat wil niet zeggen dat gemeenten met mindere kwaliteit genoegen nemen. Integendeel, de luchtfoto's worden gebruikt bij allerlei wettelijke taken waaraan van tevoren vastgestelde nauwkeurigheidseisen hangen.

Reden voor de Expertgroep Beeldmateriaal van het Gemeentelijk Geo Beraad (GGB) om, in samenwerking met VNG, een standaard inkoopleidraad op te stellen die gemeenten moet helpen bij het aanbesteden van luchtfoto's. Kwaliteit en de beoordeling ervan is één van de onderdelen van de inkoopleidraad. De onderliggende handleiding is een verzameling pragmatische handvatten om de kwaliteit van luchtfoto's te beoordelen, met daarnaast een beschrijving welke beoordelingen ook extern uitgevoerd kunnen worden. Het uiteindelijke doel is dat de kwaliteit van luchtfoto's van het vereiste niveau is voor het gebruik binnen de gemeentelijke bedrijfsprocessen (inclusief gebruik door externe dienstverleners die bijvoorbeeld een mutatiesignalering en/of kartering, in opdracht van gemeenten, uitvoeren).

Omdat de theorie rondom het inwinnen en verwerken van luchtfoto's ingewikkeld is wordt geprobeerd ook die theorie kort en krachtig uit te leggen. Zodat een beter begrip ontstaat waarom de kwaliteit van luchtfoto's belangrijk is.

1.2. Wat verstaan we onder kwaliteit van luchtfoto's?

Kwaliteit is het geheel van eigenschappen en kenmerken van een product (goed en/of dienst) dat van belang is voor het voldoen aan vastgestelde of vanzelf sprekende behoeften en wensen van opdrachtgevers. Die behoeften en wensen moeten dus van tevoren worden vastgelegd, zodat je de kwaliteit naderhand kunt beoordelen.

Het begrip kwaliteit is concreet te maken, door dit op te delen in een aantal afzonderlijke facetten. Voor beeldmateriaal zijn onder ander van belang:

- Temporele kwaliteit (hoe oud is het beeldmateriaal?)
- Radiometrische kwaliteit (hoe helder en scherp is het beeldmateriaal?)
- Volledigheid (is het hele gebied afgedekt?)
- Geometrische kwaliteit (de nauwkeurigheid van metingen in het beeldmateriaal).

Om deze kwaliteitsbegrippen toe te passen in een specificatie en bij een beoordeling, moeten deze meetbaar gemaakt worden. Deze handleiding beoogt dat te doen door voor diverse onderdelen drempelwaarden te geven. Dergelijke drempelwaarden zijn in het bijzonder van belang voor de geometrische kwaliteit, daar dit veruit het meest complexe begrip is.

De geometrische kwaliteit van luchtfoto's is afhankelijk van vele factoren, waaronder:

- Het aantal paspunten en de kwaliteit van deze paspunten.
- De kwaliteit van de GNSS/INS plaatsbepaling.
- De kalibratie van de brandpuntsafstand en het hoofdpunt van de camera.
- De kwaliteit van de lenzen en de nauwkeurigheid voor de correctie op de lensvertekening.
- Overige systematische vertekeningen in de beelden.
- De nauwkeurigheid van de verbindingpunten in de foto's.
- De uitgevoerde berekeningen (bundelblokvereffening).

Indien al deze facetten onder controle zijn en op juiste wijze in de vereffening zijn gemodelleerd, kan met fotogrammetrie een zeer hoge geometrische kwaliteit behaald worden. Deze kwaliteit kan dan uitgedrukt worden als de te verwachten stochastische fout bij het uitvoeren van een meting. Deze stochastische fout, ofwel de precisie, gedraagt zich conform de normaalverdeling. De spreiding van deze normaalverdeelde fouten legt men vast met het begrip standaardafwijking.

Indien echter één of meerdere van de genoemde onderdelen niet juist zijn gemodelleerd in de kalibratie of de vereffening, leidt dit tot systematische fouten of grove fouten in het resultaat. Binnen de fotogrammetrie manifesteren systematische fouten zich doorgaans als een algehele verschuiving van de foto's ten opzichte van de werkelijkheid. Deze fouten zijn niet alleen hinderlijk, ze leiden er ook toe dat de ingewonnen geometrie niet voldoet aan de kwaliteitseisen van de BGT.

De mate waarin systematische fouten en grove fouten opgespoord en gecorrigeerd kunnen worden noemen we de betrouwbaarheid van de metingen. Door te zorgen voor overtalligheid, ofwel het uitvoeren van meer onafhankelijke metingen dan strikt noodzakelijk is, kunnen de resultaten statistisch getoetst worden. In de landmeetkundige en fotogrammetrische praktijk bestaat deze toetsing uit een algemene modeltoets (de F-toets) en een ééndimensionele w-toets. Daarmee worden de systematische en grove fouten gedetecteerd.

Voor luchtfoto's (eigenlijk voor alle landmeetkundige zaken) geldt dat de kwaliteit wordt beschreven met de precisie en betrouwbaarheid van het resultaat. De precisie is afhankelijk van de gekozen meetmethode, het instrumentarium en de verwerkingsmethode. Voor gemeentelijke toepassing van luchtfoto's is de precisie-eis dat de positionering van de luchtfoto's beter moet zijn dan 20 cm.

De betrouwbaarheid wordt gewaarborgd door een overtallige meetopzet. Door meer te meten dan strikt noodzakelijk is, kunnen fouten in waarnemingen worden opgespoord. Hiervoor worden twee soorten punten gebruikt:

- Dezelfde punten in verschillende elkaar overlappende foto's; de zogeheten verbindingspunten. Deze worden vaak automatisch gevonden door beeldcorrelatietechnieken en hebben een relatieve nauwkeurigheid;
- Punten die in RD-coördinaten bekend en die zowel in het terrein als in de foto gemeten zijn; de zogeheten paspunten. Deze worden gemarkeerd in het terrein zodat ze goed zichtbaar zijn in de foto's, maar ook in het terrein.



Voorbeeld paspunt (met dank aan gemeente Súdwest-Fryslân).

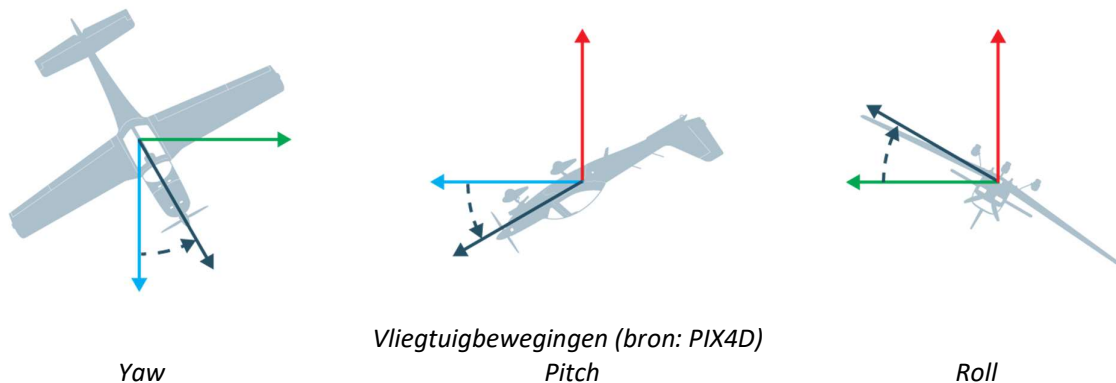
2. Factoren die de kwaliteit beïnvloeden

Er zijn verschillende factoren die de kwaliteit beïnvloeden. Dat zijn:

- Vliegtuigbewegingen
- Camera
- Atmosferische verstoringen
- Hoogteverschillen in het terrein
- Moment van vliegen

2.1. Vliegtuigbewegingen

De camera is gemonteerd in het vliegtuig. Door bijvoorbeeld luchtstromingen beweegt het vliegtuig echter om zijn as in zowel X-, Y- als Z-richting. De beweging om de X-as wordt in vliegtermen roll genoemd en aangeduid met de Griekse letter omega (ω). De beweging om de Y-as wordt pitch genoemd en aangeduid met de Griekse letter phi (ϕ). De beweging om de Z-as wordt yaw genoemd en aangeduid met de Griekse letter kappa (κ).



De vliegtuigbewegingen worden geregistreerd met behulp van Inertial Measurement Unit of Inertial Navigation System (IMU/INS). De vliegtuigbewegingen kunnen sterker dan wel zwakker zijn als gevolg van bijvoorbeeld turbulentie, luchtzakken en wind. Het effect hiervan op luchtfoto's is dat ze bijvoorbeeld onscherp kunnen zijn of dat ze evenredig veel naar een kant kijken (en, in extreme gevallen, naar obliekfoto's gaan).



Voorbeeld onscherpe foto als gevolg van de vliegtuigbewegingen.

2.2. Camera

Kleine afwijkingen in de fotogrammetrische camera leiden tot foutieve afbeeldingen. Daarom moet de camera regelmatig gekalibreerd worden om zaken als cameraconstante (=brandpuntsafstand) en hoofdpuntsverschuiving (= de verschuiving van de loodrechte projectie van het opnamecentrum op het fotovlak en de oorsprong van het fotostelsel) te kunnen bepalen en om voor artefacten als lensvertekening en vignettering (het afnemen van de helderheid van luchtfoto's naar de randen/hoeken van een foto) te kunnen corrigeren.



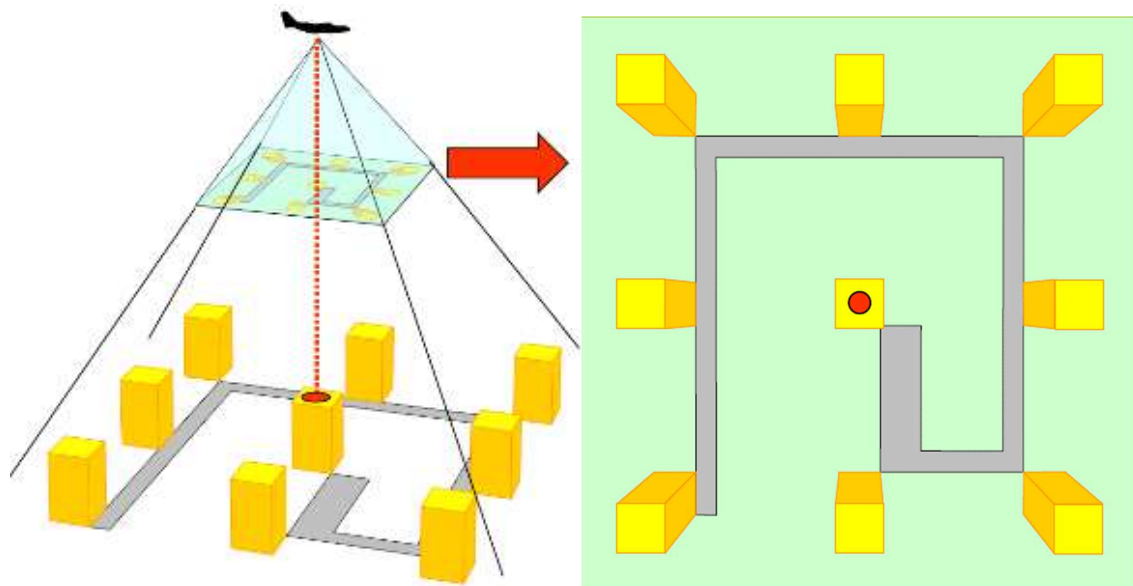
Voorbeeld van vignettering, herkenbaar aan de donkere randen aan de zijkant van de foto (bron: Wikipedia)

2.3. Atmosferische verstoringen

Ook atmosferische verstoringen kunnen de kwaliteit beïnvloeden. Atmosferische verstoringen kunnen bijvoorbeeld zijn wolken, wolkenschaduwen en “haze”, een smog-achtige laag tussen vliegtuig en terrein. Deze verstoringen zorgen ervoor dat de metingen in/met de luchtfoto niet uitgevoerd kunnen worden. Daarom is het noodzakelijk dat luchtfoto's gevlogen worden bij weer waarbij de “hemel” egaal dient te zijn. Dat kan dus door te vliegen bij een wolkenvrije, heldere hemel maar ook bij een volledig egale wolkenbedekking. Bij dat laatste moet dan wel de intensiteit van het licht voldoende zijn om scherpe luchtfoto's te kunnen maken.

2.4. Hoogteverschillen in het terrein

Hoogteverschillen in het terrein, bijvoorbeeld veroorzaakt door gebouwen, zorgen voor de zogeheten omvalling. Dit is het effect waarbij de ligging van punten in het terrein en in de luchtfoto niet overeenkomt. Dat effect wordt veroorzaakt door de centrale projectie van de camera waardoor je als het ware vanuit het middelpunt van de camera tegen gebouwen aankijkt. Hierdoor worden gebouwen als “omgevalen” gebouwen in de luchtfoto zichtbaar. Hierdoor zie je ook niet, in één foto, wat er zich achter die gebouwen bevindt.



Terrein met foto opname

Afbeelding van terrein in foto

Centrale projectie vanuit camera, waarbij de hoge gebouwen als het ware naar buiten toe omvallen (bron: ITC)

Een veel gebruikte kwaliteitseis is dat de omvalling niet meer dan 45 cm per meter hoogte mag zijn. Maar hoe bereken je dat?

De maximale omvalling in een losse stereofoto (dr (in cm)) wordt berekend door de omvalling loodrecht op de vliegrichting (across track) te bepalen en de omvalling in de vliegrichting (along track) te bepalen en deze met de stelling van Pythagoras uit te rekenen:

$$dr_{\text{across}} = (H / f) * (u_l / 100) * 0,5 \quad \text{en}$$

$$dr_{\text{along}} = (H / f) * (u_b / 100) * 0,5$$

waarbij f de brandpuntsafstand, H de vlieghoogte, u_l de lengte van de foto-elementen in cm, u_b de breedte van de foto-elementen in cm is en 0,5 het deel van de afstand van het middelpunt naar de rand.

De waarde voor f (brandpuntsafstand) en u_l (de lengte van de foto-elementen) en u_b (de breedte van de foto-elementen) is te halen uit het cameracalibratie document. De waarde H (vlieghoogte) is te halen uit het vluchtrapport.

De maximale omvalling voor een losse foto in terreinschaal is dan:

$$dr_{\text{max}} = \sqrt{(dr_{\text{across}}^2 + dr_{\text{along}}^2)} / H$$

In het geval van overlap veranderen deze getallen en geldt:

$$dr_{\text{across}} = (H / f) * (u_l / 100) * (o_{\text{across}} / 2 + (0,5 - o_{\text{across}})) \quad \text{en}$$

$$dr_{\text{along}} = (H / f) * (u_b / 100) * (o_{\text{along}} / 2 + (0,5 - o_{\text{along}}))$$

waarbij f de brandpuntsafstand, H de vlieghoogte, u_l de lengte van de foto-elementen in cm, u_b de breedte van de foto-elementen in cm is, 0,5 het deel van de afstand van het middelpunt naar de rand, o_{across} en o_{along} de omvalling is in across en along richting.

De maximale omvalling (in de hoeken van het beeld) bij het maken van orthofotomozaïeken in terreinschaal is dan:

$$dr_{\text{max}} = \sqrt{(dr_{\text{across}}^2 + dr_{\text{along}}^2)} / H$$

Voor twee van de meest gebruikte camera's van dit moment de Vexcel Ultracam Eagle en de IGI Digicam is bij verschillende overlappen de omvalling berekend:

Camera	Vexcel Ultracam Eagle f=0,1005m	IGI Digicam f=0,1499m
Maximale omvalling dr_{max} losse stereofoto	62,59 cm	43,29 cm
Maximale omvalling dr_{max} losse stereofoto bij 60/30 overlap	39,27cm	28,57 cm
Maximale omvalling dr_{max} losse stereofoto bij 80/30 overlap	37,48 cm	27,91 cm
Maximale omvalling dr_{max} losse stereofoto bij 80/20 overlap	42,67 cm	31,84 cm
Maximale omvalling dr_{max} losse stereofoto bij 60/60 overlap	25,04 cm	17,32 cm
Maximale omvalling dr_{max} losse stereofoto bij 80/60 overlap	22,12 cm	16,21 cm

Tabel 2.4.1. Omvalling bij verschillende overlap.

Een andere veel gebruikte grootte is de schaal van de foto. Deze kan berekend worden door:

$$S = (H - h) / f$$

waarbij S het schaalgetal is, H de vlieghoogte, h de gemiddelde hoogte in het terrein en f de brandpuntsafstand.

Voor een van de meest gebruikte camera's van dit moment de Vexcel Ultracam Eagle is voor een drietal vlieghoogtes het schaalgetal berekend:

Input: f=0,1005m	H=1200	H=1800	H=2400
Schaalgetal	11940	17910	23881

Tabel 2.4.2. Schaalgetal bij verschillende vlieghoogtes en een gemiddelde terreinhoogte van 0

Met dit schaalgetal kun je nu de gevlogen resolutie uitrekenen volgens:

$$RES = S * (u_l / 100) / u_a$$

waarbij RES de resolutie is, S het schaalgetal is, u_l de lengte van de foto-elementen en u_a het aantal foto-elementen in de lengte.

Voor een van de meest gebruikte camera's van dit moment de Vexcel Ultracam Eagle is voor een drietal vlieghoogtes de resulterende resolutie berekend:

Input: $u_l=10,584 \mu\text{m}$, $u_a = 26460$, $f = 0,1005\text{m}$	H=1200	H=1800	H=2400
Resolutie	0,048m	0,072m	0,096m

Tabel 2.4.3. Resolutie bij verschillende vlieghoogtes en een gemiddelde terreinhoogte van 0

2.5. Moment van vliegen

Om in de foto's te kunnen meten is het van belang dat de vegetatie geen bladeren heeft. Hierdoor wordt het mogelijk objecten die zich onder bomen bevinden ook te kunnen meten. Daarnaast zorgen sneeuw en overstromingen ervoor dat objecten hieronder niet te meten zijn.

Een andere factor is de zonnestand. Deze varieert per locatie, per dag en per tijdstip van de dag. Voor luchtfotografie wordt over het algemeen een zonnestand van hoger dan 20 graden aangehouden. Enerzijds om de kwaliteit van de opname te verhogen. Anderzijds om niet te veel lange schaduwen in de opname te hebben. Hoe hoger de zonnestand, des te minder lange schaduwen.

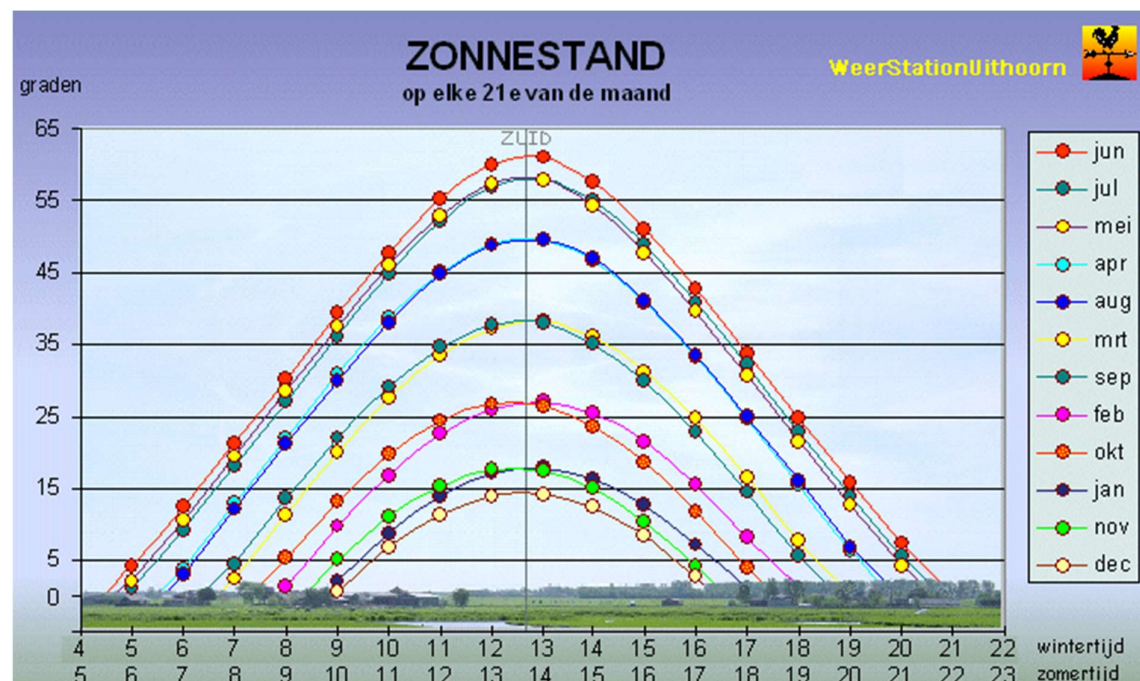
Onderstaande grafiek laat zien dat bij een zonnestand van 20 graden of hoger op 21 maart op deze locatie (Uithoorn) er vanaf ongeveer 9.00 uur tot 16.30 uur (lokale wintertijd) opnamen te maken zijn. Op 21 februari is dat tussen 10.30 en 15.00 uur (lokale wintertijd). Het tijdstip op de vliegtag is dus van invloed op de kwaliteit. Let op dat in de meeste vluchtrapportages de UTC tijd wordt aangehouden. In de vliegperiode in Nederland scheelt dat dus één of twee uur, afhankelijk van winter- of zomertijd.

Ook de luchtdruk en luchtdrukverschillen hebben een effect op de kwaliteit van de foto's. In de luchtvaart wordt de vlieghoogte aangegeven in voeten. In vliegtuigen wordt de hoogte gemeten met een hoogtemeter. Hoe hoger het vliegtuig gaat, hoe minder de luchtdruk. De hoogtemeter is erg gevoelig en de aangegeven vlieghoogte wordt ook sterk beïnvloed door het weer.

Vliegtuigen krijgen in de luchtvaart altijd een standaard vliegniveau (flight level (FL)) toegewezen, zodat zij in normale vlucht steeds ongeveer 1000 voet (300 m) in hoogte van elkaar gescheiden zijn. Als gevolg van schommelingen in de atmosferische druk beweegt het hele systeem van standaard vliegniveaus dat op het vaste isobarisch vlak van 1013,25 hPa steunt mee op en neer, en vliegen dus ook alle toestellen samen hoger of lager. Als de druk op het land stijgt, dan gaan ook de vliegniveaus letterlijk de hoogte in, terwijl ze mee dalen met verlaagde luchtdruk. Bij extreme waarden van hoge of lage luchtdruk kan dit tot zeer grote verschillen leiden.

Vertrekt een vliegtuig van een luchthaven dan zal in de hoogtemeter de lokale luchtdruk worden ingesteld. Beneden de 'overgangshoogte' (In NL 3000 voet) vliegt het toestel op de vlieghoogte die gerelateerd is aan deze lokale luchtdruk. Gaat het toestel daarna klimmen dan wordt tijdens de klim bij het passeren van de overgangshoogte overgeschakeld van QNH naar de standaarddruk (1013,25 hPa).

Als een bepaalde resolutie gevraagd wordt (bijvoorbeeld 5 cm) dan moet in de uitvoering rekening gehouden worden met waar het gebied ligt en of er restricties gelden waardoor bijvoorbeeld op bepaalde vliegniveaus gevlogen dient te worden (dit is afhankelijk van in welk klasse luchtruim je vliegt). Als je verplicht bent om op een bepaalde FL te vliegen bijvoorbeeld FL50 (5000 voet) of FL60 (6000 voet) en de leverancier zeker wil zijn dat de gevraagde resolutie gehaald wordt vanwege variaties in de luchtdruk wordt de vlucht gepland op een lagere resolutie dan 5 cm.



Zonnestand op elke 21^e van de maand over het jaar (bron: Weerstation Uithoorn)

3. Kwaliteitsbeoordelingen

De kwaliteitsbeoordeling heeft twee doelen:

- Beoordelen of de luchtfoto's voldoen aan de gevraagde kwaliteit
- En daarmee de luchtfoto's al dan niet accepteren

Dit maakt de beoordeling van de kwaliteit een belangrijk aspect van het acceptatieproces. Voldoet de kwaliteit niet dan worden de luchtfoto's niet geaccepteerd. Voldoet de kwaliteit wel dan worden de luchtfoto's uiteraard geaccepteerd. In de aanbestedingsdocumenten of offerteaanvraag moet dit aspect dan ook duidelijk en helder geformuleerd zijn. In de standaard inkoopleidraad is dit aspect dan ook meegenomen.

3.1. Het proces van de kwaliteitsbeoordeling

Het proces van de kwaliteitsbeoordeling omvat veel aspecten. Het ultieme doel van de kwaliteitsbeoordeling is dat de eindproducten, in de meeste gevallen zijn dit de stereobeelden en de orthofotomozaïeken, voldoen aan de gevraagde kwaliteit. Om tot die eindproducten te komen moet de leverancier een aantal stappen uitvoeren in verschillende fasen van het fotogrammetrische proces:

- Voor de fotovlucht;
- De fotovlucht;
- Na de fotovlucht / Levering eindproducten.

Om vroegtijdig mogelijke kwaliteitsissues te signaleren is het zaak om in elke bovengenoemde fase, de bestanden en stukken die uitgevraagd zijn in de aanbestedingsdocumenten te beoordelen. De beoordeling wordt dan gebruikt om vragen te stellen aan de leverancier zodat er grip op kwaliteit is.

Vaak ontbreekt het aan tijd, capaciteit, kennis en kunde om de beoordeling te kunnen doen. Om daaraan tegemoet te komen is deze kwaliteitshandleiding opgesteld. De handleiding geeft praktische handvatten om zelf een aantal kwaliteitszaken te kunnen beoordelen en geeft daarnaast inzicht in aanvullende kwaliteitsbeoordelingen die benodigd zijn voor toepassing van de luchtfoto's in de aanvullende dienstverlening, als mutatiesignalering en stereokartering.

Het proces van kwaliteitsbeoordeling, zoals beschreven in deze handleiding valt uiteen in drie delen:

- Kwaliteitsbeoordeling door leverancier: de leverancier beoordeelt zijn eigen werk aan de hand van de gevraagde kwaliteitsspecificaties in de aanbestedingsdocumenten;
- Ingangsbeoordeling: praktische, basis kwaliteitsbeoordeling die zelf uit te voeren is als opdrachtgever;
- Kwaliteitsbeoordeling: cijfermatige-, en geautomatiseerde, kwaliteitsbeoordeling door een gespecialiseerde partij, waarin beoordeeld wordt of het beeldmateriaal geschikt is voor de bijhouding van de basisregistraties.

Tezamen geven deze beoordelingen een oordeel over de kwaliteit van de luchtfoto's.

Hierna worden de verschillende stappen in het proces van kwaliteitsbeoordeling verder uitgewerkt.

In de onderstaande tabel wordt voor de ingangsbeoordeling en de cijfermatige beoordeling per aangeleverd bestand en/of rapportage aangegeven in welk onderdeel deze zich bevinden met verwijzing naar de hoofdstukken waar de beoordeling ervan wordt behandeld.

Beoordelingsstap / Deelproces	Voor de fotovlucht (zie paragraaf 5.1)	De fotovlucht (zie paragraaf 5.2 en 6.1)	Na de fotovlucht / levering eindproducten (zie paragrafen 5.3 en hoofdstuk 6)
Kwaliteitsbeoordeling door leverancier	Door aanlevering van vliegplan, paspuntenplan kalibratierapport (eisen hieraan opnemen in aanbestedings-documenten)	Door aanlevering van vluchtrapport, Beeldmiddenoverzicht, footprint overzicht en paspunten (eisen hieraan opnemen in aanbestedings-documenten)	Door aanlevering van eindproducten (stereofoto's en orthofotomozaïeken) en kwaliteitsrapportages (eisen hieraan opnemen in aanbestedings-documenten)
Ingangsbeoordeling door opdrachtgever	Vliegplan (zie paragraaf 5.1.1)	Vluchtrapport (zie paragraaf 5.2.1)	Stereofoto's en kwaliteitsrapportage (zie paragraaf 5.3.1)
	Paspuntenplan (zie paragraaf 5.1.2)	Beeldmiddenoverzicht (zie paragraaf 5.2.2)	Vluchtoriënteringen (zie paragraaf 5.3.2)
	Kalibratierapport (zie paragraaf 5.1.3)	Footprint overzicht (zie paragraaf 5.2.2)	Berekeningsverslag aerotriangulatie en blokvereffening, verbindingpunten en vereffende projectiecentra (zie paragraaf 5.3.3)
Cijfermatige kwaliteitsbeoordeling		Paspunten (zie paragraaf 5.2.3)	Orthomozaïeken, knippolygonen en kwaliteitsrapportage (zie paragraaf 5.3.4)
		Footprint overzicht (zie paragraaf 6.2)	Stereofoto's radiometrie (zie paragraaf 6.1)
			Stereofoto's aerotriangulatie en blokvereffening (zie paragraaf 6.2)
			Orthomozaïeken, radiometrie (zie paragraaf 6.3)
			Orthofotomozaïeken geometrie (zie paragraaf 6.4)

4. Kwaliteitsbeoordeling door leverancier

De kwaliteitsbeoordeling door leverancier moet geregeld worden in het programma van eisen, of bestek, tijdens de aanbesteding of offerteaanvraag. In het programma van eisen beschrijft de opdrachtgever wat de eisen zijn waaraan de producten moeten voldoen, wat verwacht wordt van de leverancier en welke bestanden en stukken hiervoor geleverd moeten worden. In de standaard inkoopleidraad voor de aanbesteding van luchtfoto's worden de volgende bestanden en stukken, met formaten, gevraagd:

Levering	Te leveren bestanden en stukken	Formaat
Vliegplan	Vliegplan Paspuntenplan Kalibratierapport	Shapefile Shapefile PDF
Fotovlucht	Vluchtrapport Beeldmiddenoverzicht Footprint overzicht Paspunten	PDF Shapefile Shapefile Tekstfile
Stereofoto's	Stereofoto's Kwaliteitsrapportage Vluchtoriënteringen Berekeningsverslag aerotriangulatie en blokvereffening Verbindingspunten Vereffende projectiecentra	TIFF PDF Tekstfile PDF Shapefile Tekstfile
Orthofoto mozaïeken	Orthomozaïeken per grid 500x500m Totaal orthomozaïeken Knippolygonen Kwaliteitsrapportage	ECW ECW/TIFF Shapefile PDF

Tabel 4.1. Uit te vragen bestanden en stukken conform standaard inkoopleidraad

Bij de levering van de stereofoto's, conform tabel 4.1, dient een kwaliteitsrapportage geleverd te worden. Deze rapportage bevat:

- De resultaten van de controle op de gevlogen resolutie en overlap
- De resultaten van de controle op de scherpte en belichting van foto's
- De resultaten van de controle van hoeveelheid bewolking op de stereofoto's
- De resultaten van de controle op radiometrische artefacten, (zoals dode pixels, overstraling door bijvoorbeeld kassen, etc.)

Bij de levering van de vereffende projectiecentra dient een berekeningsverslag geleverd te worden. Deze rapportage bevat:

- De beschrijving van de uitgevoerde werkzaamheden voor en de resultaten van de aerotriangulatie en blokvereffening;
- Een onderbouwing van de gekozen instellingen en standaardafwijkingen in de vereffening
- Een logfile (waaruit de instellingen bij de vereffening zijn af te leiden);
- De aantallen en locatie van de verbindingspunten, waaruit blijkt dat een evenwichtige verdeling van de verbindingspunten is gehanteerd;
- De bevindingen en eventuele uitgevoerde acties met betrekking tot afwijkende toetsresultaten;

- De sluitvectoren op de paspunten.

Bij de levering van de orthomozaïeken en knippolygonen dient een kwaliteitsrapportage geleverd te worden. Deze rapportage bevat:

- De resultaten van de controle op de gebruikte knippolygonen
- De resultaten van de controle op de vervorming van kunstwerken en viaducten en de omvalling van (hoge) gebouwen
- De resultaten van de controle van de radiometrische verschillen tussen vliegblokken

Met deze rapportages geeft de leverancier inzicht wat er gedaan is, wat de resultaten zijn en wat de beoordeling door de leverancier is. Hiermee moet de opdrachtgever/afnemer in staat zijn de kwaliteit van de luchtfoto's te beoordelen. Het wordt daarom dringend aanbevolen deze rapportages uit te vragen tijdens de aanbesteding of offerteaanvraag.

5. Ingangsbeoordeling: praktische kwaliteitsbeoordeling

In het onderstaande hoofdstuk worden een aantal praktische beoordelingen beschreven die het mogelijk maken om de door een leverancier geleverde producten als opdrachtgever zelf te kunnen beoordelen.

Het beoordelen van de aangeleverde (tussen)producten gebeurt door onderstaande beoordelingsaspecten na te lopen. In geval van twijfel moet de opdrachtgever de leverancier om een nadere toelichting c.q. opheldering vragen. Dat kan er toe leiden dat er een extra uitleg komt door de leverancier en/of dat de (tussen)producten worden aangepast.

Het is van belang dat voor de beoordeling GIS software aanwezig is, naast gebruik van Adobe reader en Excel.

In bijlage 1 is een checklist bijgesloten waarop de resultaten van de beoordeling worden genoteerd.

Het aanleveren van de bestanden en stukken door de leverancier kan grofweg in drie tijdsblokken worden ingedeeld:

- Voor de fotovlucht: aangeleverd worden vliegplan, paspuntenplan en kalibratierapport;
- De fotovlucht: aangeleverd worden vluchtrapport, beeldmidden- en footprintoverzicht en paspunten;
- Na de fotovlucht: aangeleverd worden stereofoto's, vluchtoriënteringen, verbindingspunten, orthofotomozaïeken en de kwaliteitsrapportages.

Dat betekent dat er drie momenten in het proces zijn om de kwaliteit aan de hand van de geleverde bestanden en stukken te beoordelen.

Bespreek in een startoverleg, voordat leverancier met de werkzaamheden begint, de beoordelingsplannen uit zodat een kwaliteitsbeoordeling niet uit de lucht komt vallen.

5.1. Voor de fotovlucht

5.1.1. Vliegplan

Een vliegplan is het plan waarin de leverancier aangeeft hoe het gebied opgenomen gaat worden. Dit gebeurt door de vlieglijnen aan te geven over het op te nemen gebied en aan te geven op welke hoogte men vliegt en met welke camera. De beoogde projectiecentra en de contouren van de opnames worden meegeleverd. Voorafgaand aan de vlucht dient de leverancier dit vliegplan te leveren. In het geval dat het te vliegen gebied te groot is wordt het gebied in zogeheten fotogrammetrische blokken verdeeld. Er dient een totaal vliegplan, d.w.z. voor alle blokken, aangeleverd te worden. De eisen aan het vliegplan zijn:

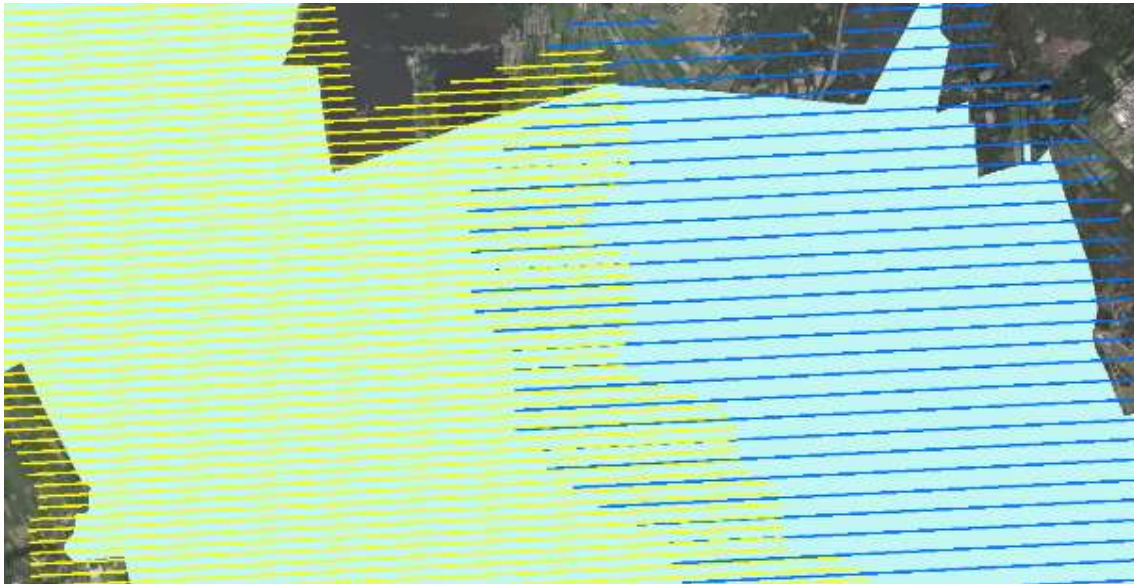
- Er dient conform bestekseis gevlogen te worden;
- In het vliegplan moeten de paspunten worden aangegeven;
- Aangrenzende fotogrammetrische blokken moeten op elkaar aansluiten binnen de gevraagde precisie zodat aangrenzende fotogrammetrische blokken met behoud van geometrische nauwkeurigheid onderling kunnen worden aangesloten.

Het vliegplan wordt geleverd als shapefile.

Beoordeling:

1. Open GIS-pakket en laadt het vliegplan;

2. Visuele check of de richting van de vlieglijnen conform bestekseis is;
3. Meet bij meerdere blokken of de vlieglijnen in de diverse blokken elkaar overlappen.
Stelregel is dat 500m overlap tussen blokken genoeg moet zijn;
4. Kijk of het hele te vliegen gebied bedekt is met vlieglijnen;
5. Kijk naar het voorgestelde vliegniveau, bereken het schaalgetal en de resulterende resolutie (conform paragraaf 2.4) en check of deze kleiner of gelijk zijn aan de gevraagde resolutie;
6. Check de overlap tussen foto's op basis van de contouren van de opnames;
7. Check met de offerte van de leverancier of de camera en vlieghoogte kloppen.



Voorbeeld vliegplan met twee blokken, waarbij de overlap in vlieglijn voor blok 1 (gele vlieglijnen) en blok 2 (blauwe vlieglijnen) zichtbaar is. Ook zijn de vlieglijnen van voldoende lengte om het gehele blok op te nemen (met dank aan BGHU/Kavel10).

5.1.2. Paspuntenplan

Een paspuntenplan is het plan waarin de leverancier aangeeft waar de paspunten liggen in het op te nemen gebied en wat de verdeling is van de punten over het gebied. Voorafgaand aan de vlucht dient de leverancier dit paspuntenplan, geïntegreerd met het vliegplan, te leveren.

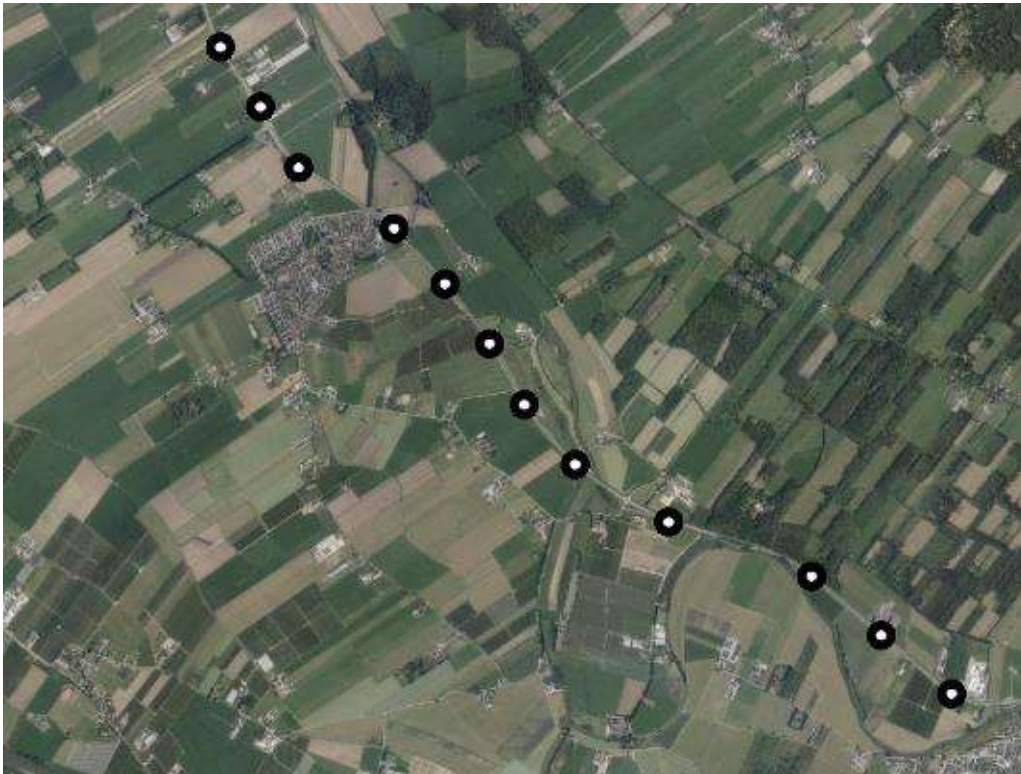
De ligging (en hoeveelheid) van de paspunten kan alleen beoordeeld worden in relatie tot de vlieglijnen en moet voldoen aan de volgende eisen:

- Het te vliegen gebied of het fotogrammetrisch blok moet, in voldoende mate, omsloten worden door paspunten;
- Ook moeten er paspunten regelmatig verspreid binnen het totale gebied zijn aangebracht zodat invloeden ten gevolge van de camera geminimaliseerd worden;
- Deze verspreide paspunten binnen het gebied worden bij voorkeur in de omgeving van de gemeentegrenzen aangebracht;
- Als stelregel voor de hoeveelheid paspunten wordt voorgesteld: 1 paspunt per 3 km². Deze stelregel hangt wel af van de gebruikte camera, de vlieghoogte en de gewenste precisie. Voor de Vexcel camera's is de stelregel in het algemeen van toepassing;
- De leverancier kan ook gebruik maken van paspunten uit voorgaande projecten, dit om de aansluiting op de foto's en afgeleide karteringen van voorgaande jaren te vergemakkelijken.

Deze paspunten moeten dan wel nagelopen worden of ze nog aanwezig zijn en zichtbaar zijn in de foto's.



Voorbeeld paspuntenplan over op te nemen gebied. In dit geval 13 regelmatig omsloten paspunten voor een gebied van ongeveer 19 km² (met dank aan gemeente Oegstgeest).



Voorbeeld van weliswaar regelmatig verspreide paspunten maar niet homogeen verspreid over het op te nemen gebied.

Het paspuntenplan wordt geleverd als shapefile.

Beoordeling:

1. Open GIS-pakket en laadt het paspuntenplan;
2. Check of de paspunten het gebied (eventueel per blok) bedekken met een regelmatige spreiding;
3. Let op de locatie van de paspunten. Check of er vegetatie en/of hoge objecten in de buurt aanwezig zijn, waardoor de paspunten mogelijk niet zichtbaar kunnen zijn in de foto's, omdat de vegetatie over het paspunt hangt en dat vanwege de omvalling paspunten niet zichtbaar zijn in meerdere foto's?
4. Tel het aantal paspunten en check of dit voldoet aan de stelregel van ongeveer 1 paspunt per 3 km².

5.1.3. Kalibratierapport

Het kalibratierapport is een rapport waarin de kalibratie van de camera door de fabrikant van de camera is beschreven. De kalibratie is nodig om te kunnen corrigeren voor bijvoorbeeld lensvertekening en vignettering. Maar is ook nodig om de exacte brandpuntsafstand en hoofdpuntsverschuiving (principal point) te kunnen bepalen.

De eis aan de camera kalibratie is dat de camera een kalibratierapport bevat, welke maximaal 1 jaar oud is, dit rapport moet voor aanvang van de inwinning geleverd zijn.

De camera wordt zowel geometrisch als radiometrisch gekalibreerd.

ULTRACAM

Geometric Calibration

Camera:	UltraCam Falcon M1
Serial:	353S31474X917036-f100
Panchromatic Camera:	ck = 100.500 mm
Multispectral Camera:	ck = 100.500 mm
PPA Information:	X: 0.000 Y: 0.000
Calibration Date:	Jan-09-2018
Date of Report:	Mar-07-2018
Camera Revision:	Rev01.00
Version of Report:	V01

Voorbeeld calibratierapport.

Het kalibratierapport wordt geleverd als PDF.

Beoordeling:

1. Open het kalibratierapport
2. Check of de datum van het rapport maximaal 1 jaar voor de vliegdatum (hoe dit te bepalen zie paragraaf 5.2.1) ligt
3. Check of het serienummer van de camera (hoe dit te bepalen zie paragraaf 5.2.2) overeenkomt met de gebruikte camera

5.2. Direct na de fotovlucht

5.2.1. Vluchtrapport

Het vluchtrapport is het rapport dat na elke vlucht wordt opgemaakt door de piloot en waarin de bijzonderheden die zijn opgetreden tijdens de vlucht worden genoteerd.

In dit vluchtrapport staan tevens per vlieglijn (run) aangegeven wat de begin- en eindtijd zijn geweest en de nummering van de opnames alsmede de instellingen van de camera. Maar ook of een vlieglijn afgebroken moest worden en wanneer de lijn herstart is of opnieuw gevlogen is.

Het vluchtrapport wordt geleverd als PDF.

Beoordeling:

Handleiding: Kwaliteitsbeoordeling van luchtfoto's

1. Open het vluchtrapport
2. Check of er onregelmatigheden tijdens de vlucht zijn opgetreden
3. Check of alle vlieglijnen zijn gevlogen. Vergelijk dit met het vliegplan
4. Check of het aantal foto's overeen komt met het vliegplan
5. Check het tijdstip van de vlucht (let op: tijd is vaak gegeven in UTC) en de bijbehorende zonnestand

Flight plan	Run Nbr	Date	Camera numbers			Pixel size CM	Time		Flight altitude above grnd	Solar alt. deg	Remarks
			Start	end	total		start	end			
Weather information:											
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	001	06-04-2018	10928	10948	21	3.0	07:38:22	07:38:55	1081 ft	22.79	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	002	06-04-2018	10949	10969	21	3.0	07:42:06	07:42:46	1081 ft	23.33	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	003	06-04-2018	10970	10994	25	3.0	07:45:21	07:46:01	1081 ft	23.79	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	004	06-04-2018	10995	11019	25	3.0	07:48:44	07:49:33	1081 ft	24.28	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	005	06-04-2018	11020	11044	25	3.0	07:51:32	07:52:13	1081 ft	24.67	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	006	06-04-2018	11045	11069	25	3.0	07:55:01	07:55:50	1081 ft	25.17	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	007	06-04-2018	11070	11094	25	3.0	07:57:51	07:58:32	1081 ft	25.66	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	008	06-04-2018	11095	11119	25	3.0	08:00:44	08:01:34	1081 ft	26.97	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	009	06-04-2018	11120	11144	25	3.0	08:03:18	08:04:00	1081 ft	26.32	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	010	06-04-2018	11145	11169	25	3.0	08:06:20	08:07:09	1081 ft	26.74	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	011	06-04-2018	11170	11194	25	3.0	08:09:10	08:09:51	1081 ft	27.13	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	012	06-04-2018	11195	11232	38	3.0	08:12:43	08:14:00	1081 ft	27.62	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	013	06-04-2018	11233	11270	38	3.0	08:16:07	08:17:08	1081 ft	28.08	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	014	06-04-2018	11271	11308	38	3.0	08:19:42	08:20:58	1081 ft	28.56	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	015	06-04-2018	11309	11355	47	3.0	08:23:13	08:24:29	1081 ft	29.03	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	016	06-04-2018	11356	11402	47	3.0	08:27:04	08:28:39	1081 ft	29.54	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	017	06-04-2018	11403	11449	47	3.0	08:30:51	08:32:10	1081 ft	30.04	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	018	06-04-2018	11450	11486	47	3.0	08:34:40	08:36:14	1081 ft	30.53	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	019	06-04-2018	11497	11534	38	3.0	08:38:24	08:39:25	1081 ft	31.01	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	020	06-04-2018	11535	11572	38	3.0	08:42:06	08:43:23	1081 ft	31.48	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	021	06-04-2018	11573	11610	38	3.0	08:45:36	08:46:37	1081 ft	31.92	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	022	06-04-2018	11611	11630	20	3.0	08:49:09	08:49:49	1081 ft	32.36	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	023	06-04-2018	11631	11650	20	3.0	08:51:55	08:52:27	1081 ft	32.70	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	024	06-04-2018	11651	11670	20	3.0	08:55:34	08:56:13	1081 ft	33.14	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	025	06-04-2018	11671	11681	11	3.0	08:58:26	08:58:42	1081 ft	33.49	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	026	06-04-2018	11682	11692	11	3.0	09:01:28	09:01:49	1081 ft	33.85	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	027	06-04-2018	11693	11703	11	3.0	09:03:54	09:04:10	1081 ft	34.14	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	028	06-04-2018	11704	11710	7	3.0	09:06:45	09:06:58	1081 ft	34.47	
FL18192_Oegstgeest_30_Falcon	029	06-04-2018	11711	11717	7	3.0	09:08:36	09:08:46	1081 ft	34.69	
FL18189_UtrechtComb_M_1400	048	06-04-2018	11718	11832	115	3.0	09:22:18	09:26:00	1101 ft	36.21	
FL18189_UtrechtComb_M_1400	047	06-04-2018	11833	11947	115	3.0	09:28:28	09:31:27	1101 ft	36.87	
FL18189_UtrechtComb_M_1400	046	06-04-2018	11948	12071	124	3.0	09:34:08	09:38:10	1101 ft	37.45	
FL18189_UtrechtComb_M_1400	045	06-04-2018	12072	12208	137	3.0	09:40:23	09:43:55	1101 ft	38.07	
FL18189_UtrechtComb_M_1400	044	06-04-2018	12209	12345	137	3.0	09:46:32	09:51:00	1101 ft	38.67	
FL18189_UtrechtComb_M_1400	043	06-04-2018	12346	12482	137	3.0	09:53:24	09:56:56	1101 ft	39.30	
FL18189_UtrechtComb_M_1400	042	06-04-2018	12483	12619	137	3.0	09:59:37	10:04:03	1101 ft	39.94	
FL18189_UtrechtComb_M_1400	041	06-04-2018	12620	12756	137	3.0	10:06:24	10:09:57	1101 ft	40.41	
FL18189_UtrechtComb_M_1400	040	06-04-2018	12757	12897	141	3.0	10:12:52	10:17:29	1101 ft	40.92	
FL18189_UtrechtComb_M_1400	039	06-04-2018	12898	13036	141	3.0	10:19:44	10:23:20	1101 ft	41.42	
FL18189_UtrechtComb_M_1400	038	06-04-2018	13039	13179	141	3.0	10:26:05	10:30:41	1101 ft	41.86	
FL18189_UtrechtComb_M_1400	037	06-04-2018	13180	13320	141	3.0	10:33:01	10:36:36	1101 ft	42.30	
FL18189_UtrechtComb_M_1400	036	06-04-2018	13321	13461	141	3.0	10:39:15	10:43:54	1101 ft	42.67	
FL18194_Huizen_30_Falcon	047	06-04-2018	13462	13535	74	3.0	10:51:05	10:52:59	1107 ft	43.27	Rejected
FL18194_Huizen_30_Falcon	046	06-04-2018	13536	13611	76	3.0	10:55:23	10:57:50	1107 ft	43.46	
FL18194_Huizen_30_Falcon	045	06-04-2018	13612	13691	80	3.0	10:59:57	11:02:00	1107 ft	43.64	
FL18194_Huizen_30_Falcon	044	06-04-2018	13692	13778	86	3.0	11:04:43	11:07:38	1107 ft	43.81	
FL18194_Huizen_30_Falcon	043	06-04-2018	13780	13863	84	3.0	11:10:07	11:12:16	1107 ft	43.99	
FL18194_Huizen_30_Falcon	042	06-04-2018	13864	13978	115	3.0	11:16:25	11:19:09	1107 ft	44.13	
FL18194_Huizen_30_Falcon	041	06-04-2018	13979	14093	115	3.0	11:21:21	11:24:20	1107 ft	44.26	
FL18194_Huizen_30_Falcon	040	06-04-2018	14094	14216	123	3.0	11:26:48	11:30:49	1107 ft	44.38	
FL18194_Huizen_30_Falcon	039	06-04-2018	14217	14334	118	3.0	11:33:10	11:36:12	1107 ft	44.42	
FL18194_Huizen_30_Falcon	038	06-04-2018	14335	14452	118	3.0	11:38:49	11:42:38	1107 ft	44.45	
Total exposures 3525											

Voorbeeld vluchtrapport.

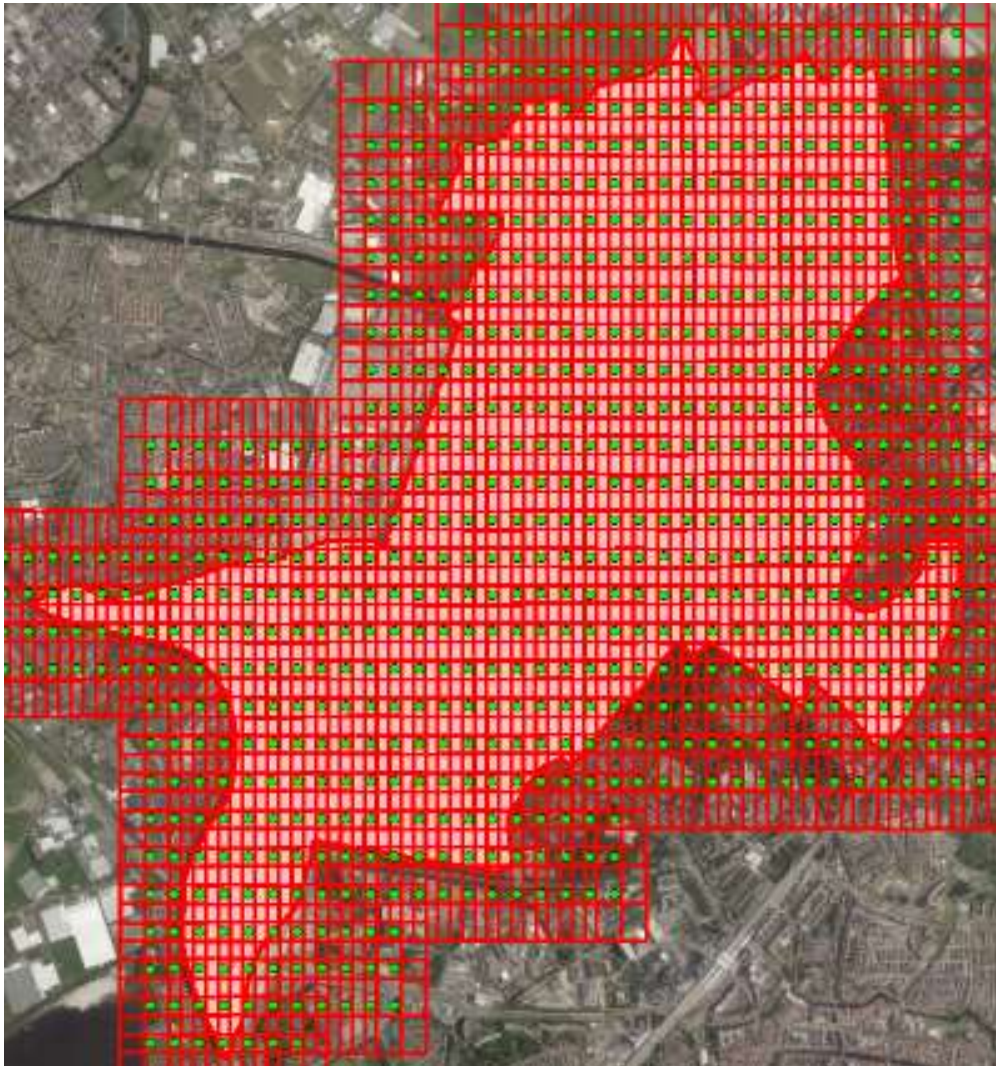
5.2.2. Beeldmidden- en footprintoverzicht

Het beeldmiddenoverzicht geeft de ligging van het midden van de opname, het projectiecentrum, weer. Het footprintoverzicht geeft de ligging van de foto weer. Deze twee bestanden worden na afloop van de vlucht gegenereerd door de leverancier. Met deze bestanden is het mogelijk te beoordelen of het gebied bedekt is met luchtfoto's en of de overlap correct is.

Het beeldmiddenoverzicht moet tenminste de fotonaam, opnamedatum en -tijdstip en het serienummer van de camera bevatten. Het footprintoverzicht moet de fotonaam bevatten zodat beeldmiddenoverzicht en footprintoverzicht gekoppeld kunnen worden.

Het beeldmiddenoverzicht en het footprintoverzicht worden geleverd als shapefile.

Handleiding: Kwaliteitsbeoordeling van luchtfoto's



Voorbeeld beeldmiddenoverzicht (groen) en footprint (rood) over het op te nemen gebied.

Beoordeling:

1. Open GIS-pakket en laadt het beeldmidden- en footprintoverzicht;
2. Check of het gebied volledig bedekt is;
3. Check of de opname datum en tijdstip vallen binnen de aangegeven periode in het bestek;
4. Check of het serienummer van de camera overeenkomt met het geleverde calibratierapport (zie ook 5.1.3);
5. Check of de beeldmiddens en de footprints regelmatig het op te nemen gebied bedekken;
6. Check of je sprongen in de beeldmiddens/footprints ziet;
7. Check of de oppervlakte per footprint door naar de statistieken te kijken, bijvoorbeeld:
 - Aantal foto's (komt dit overeen met het vluchtrapport?);
 - Kleinste, grootste, gemiddelde en standaardafwijking van de oppervlaktes;
 - Aantal nul oppervlaktes (mogen niet voorkomen uiteraard);
8. Meet op 10 plekken in het gebied de overlap na, door bijvoorbeeld de overlap te meten tussen twee overlappende en opeenvolgende foto's.



Voorbeeld footprintoverzicht waarbij “sprongen” (bij pijl) in de footprints optreden. Deze sprongen hoeven overigens niet erg te zijn. De stereobedekking kan nog steeds compleet genoeg zijn, maar het is wel handig om bij problemen in de stereokartering op deze plekken alert te zijn.

5.2.3. Paspunten

Onder paspunten wordt verstaan de metingen van de paspunten door de leverancier. De eis die gesteld is aan de paspunten is:

- De paspunten moeten gemarkeerd zijn in het terrein, natuurlijke paspunten mogen niet gebruikt worden;
- De standaardafwijking van de X- en Y-paspuntcoördinaten is beter dan drie centimeter. Voor de Z-coördinaat moet de standaardafwijking beter zijn dan zes centimeter.

De paspunten worden geleverd als tekstfile.

Beoordeling:

1. Open de paspuntenfile;
2. Meet eventueel één of meerdere paspunten na;
3. Check of de paspunten in 3 of meer footprints liggen.

5.3. Na de fotovlucht

5.3.1. Stereofoto's en de bijbehorende kwaliteitsrapportage

De stereofoto's zijn de individuele luchtopnamen die door leverancier gemaakt zijn

De eisen die gesteld worden aan de stereofoto's zijn:

- De digitale opnames worden met een grondresolutie van hoger of gelijk aan de gevraagde resolutie gemaakt. Het gaat in alle gevallen om een zogenoemde 'echte grond pixel'. Er mag

- dus in geen geval worden geresampled naar een uiteindelijke pixelgrootte (conform gevraagde resolutie).
- Alle foto opnamen moeten een natuurgetrouwe kleurweergave hebben, mogen geen kleurzwemen bevatten, mogen geen zichtbare over- en/of onderbelichting bevatten en moeten vrij zijn van wolken en wolkenschaduwen
 - De kwaliteit van de opnames dient zodanig te zijn, dat in het beeld aanwezige contrasten in de donkere delen (schaduw) en de lichte delen van de orthofotomozaïeken voldoende details te onderscheiden zijn. Dit houdt minimaal in dat in de donkere delen (schaduw) en de lichte delen van de orthofotomozaïeken per hectare:
 - Aanwezige trottoirbanden en verschillen in verhardingsmateriaal zijn, voor zover niet afgedekt door obstakels op de grond, in 90% van de gevallen goed en eenduidig te onderscheiden zijn.
 - Aanwezige straatkolken en rioolputten zijn, voor zover niet afgedekt door obstakels op de grond, in 90% van de gevallen goed en eenduidig te onderscheiden zijn.
 - De opnames moeten zodanig scherp zijn dat bij in het beeld aanwezige scherpe terreindetails de overgang van maximale naar minimale grijswaarde in het beeld, of omgekeerd, aldaar maximaal twee pixels mag beslaan.
 - Alle foto opnamen dienen een unieke nummering te hebben.

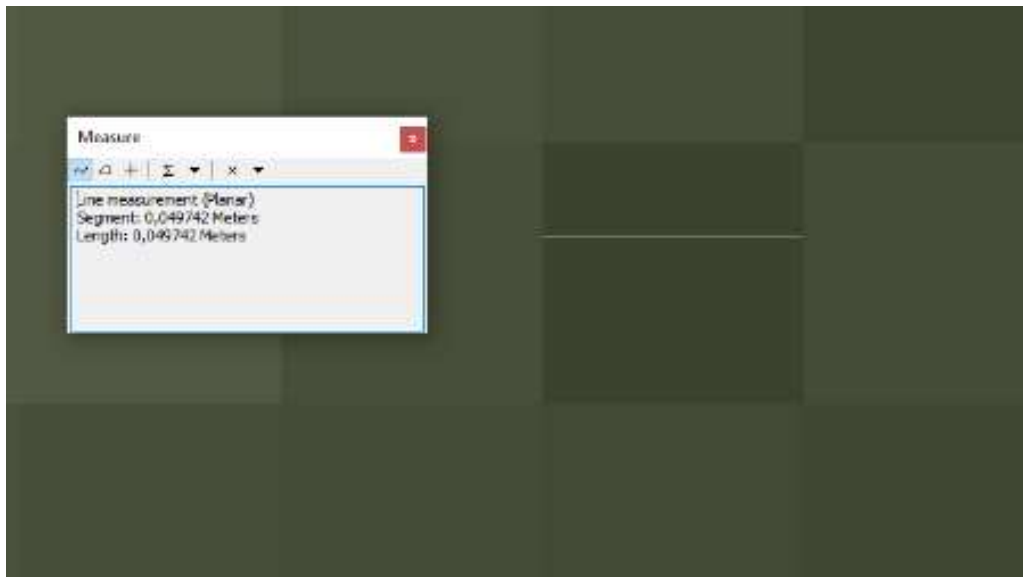
De stereofoto's worden geleverd als TIFF. De bijbehorende kwaliteitsrapportage wordt geleverd als PDF.

Voor de kwalitatieve beoordeling van de stereofoto's is stereo uitwerkingssoftware nodig. Deze software wordt bijvoorbeeld in de cijfermatige kwaliteitsbeoordeling gebruikt. Een beperkt aantal organisaties in Nederland hebben zulke software. Om toch een kwaliteitsbeoordeling te kunnen doen is het mogelijk om naar de losse, afzonderlijke stereofoto's te kijken, in mono dus. Dit geeft dan dus maar een beperkt (niet volledig) beeld.

Beoordeling:

1. Open GIS-pakket en laadt een aantal losse, afzonderlijke stereofoto's in, vanuit de eigen lokale kennis van het gebied kan het beste een aantal foto's geselecteerd worden waarop de kwaliteit beoordeeld kan worden. Het beeldmidden- en footprintoverzicht biedt hierbij hulp. Gebruik bij de beoordeling een straatkolken en/of putten bestand;
2. Open de kwaliteitsrapportage
3. Check visueel in de stereofoto's of scherpste en belichting akkoord zijn. Vergelijk dit met de kwaliteitsrapportage.
4. De pixelgrootte op grondniveau moet maximaal de gevraagde resolutie zijn. Dit kun je nameten door heel erg in te zoomen (schaal 1:1) en dan de (globale) afstand tussen pixels te meten. Als alternatief voor deze meting is het ook mogelijk dit op een andere manier te berekenen:
 - a. Bepaal het laagste punt in terrein uit AHN
 - b. Bepaal de vlieghoogte boven NAP uit vereffening
 - c. Bereken de meest pessimistische vlieghoogte boven maaiveld
 - d. Bereken de pixelgrootte bij die vlieghoogte.
 - e. Indien die pixelgrootte voldoet, dan voldoet hij overal.

- f. Indien die pixelgrootte niet voldoet, dan is 100% controle onvermijdelijk.



Meting pixelgrootte stereofoto

5. Check of de trottoirbanden, straatkolken en putten goed en eenduidig te onderscheiden zijn. Het aantal te checken trottoirbanden, straatkolken en/of putten is afhankelijk van de grootte van het gebied.
6. Als u als opdrachtgever een bestand van controlepunten heeft (paspunten die niet gemeten zijn door de leverancier), dan kunt u deze nameten in de stereofoto's en de verschillen noteren.

5.3.2. Vluchtoriënteringen

De oriëntaties van de afzonderlijke foto's wordt in een aparte tekstfile aangeleverd.

<__Photo_ID__>	<__Easting__>	<__Northing__>	<__Height__>	<__Omega__>	<__Phi__>	<__Kappa__>
15961	144016.3800	468903.6850	441.5810	0.0651	0.5032	-179.5391
15962	143901.2250	468903.3320	442.1270	0.0782	0.5131	-179.5805
15963	143786.0900	468902.9000	442.5980	0.0660	0.4897	-179.5538
15964	143670.8190	468902.2920	442.8750	0.0608	0.4711	-179.5429
15965	143555.6430	468901.4750	442.9920	0.0285	0.4953	-179.5281
15966	143440.4760	468900.5080	443.0630	0.0613	0.4900	-179.5868
15967	143325.2480	468899.5990	443.2600	0.0451	0.4994	-179.5963
15968	143210.0570	468898.9040	443.5380	0.0657	0.4844	-179.5442
15969	143094.8670	468898.6260	443.8020	0.0871	0.5097	-179.5794
15970	142979.6020	468898.5560	444.0690	0.0475	0.4730	-179.5792
15971	142986.0550	469192.0720	433.2520	-0.0710	-0.5428	0.3260
15972	143101.2650	469193.4900	433.0050	0.0005	-0.5481	0.2741
15973	143216.3120	469195.0310	432.7590	-0.1084	-0.5228	0.3250
15974	143331.5390	469196.1620	432.5100	-0.0384	-0.5372	0.2724
15975	143446.7900	469196.8620	432.3140	-0.0980	-0.5200	0.2678
15976	143562.0350	469197.2260	432.0430	-0.0977	-0.5258	0.3096

Voorbeeld vluchtoriënteringen

Deze bestaan uit het fotonummer, X-, Y- en Z-coördinaat van het projectiecentrum en de vluchtbewegingen aangeduid met de Griekse letter ω (roll), ϕ (pitch) en κ (yaw). De volgorde waarmee de vluchtbewegingen worden vastgelegd is van belang. Deze vluchtoriënteringen dienen als input voor de stereofoto uitwerking.

Beoordeling:

1. Open de tekstfile
2. Check of de roll en/of pitch niet groter zijn dan 4 graden. Als dat het geval is betekent dit dat het vliegtuig behoorlijk geschommeld heeft en dat kan mogelijk problemen opleveren tijdens de stereofoto uitwerking omdat het maken van een parallaxvrij beeld dan meestal niet mogelijk is. Deze afwijkingen hoeven overigens niet erg te zijn. De stereobedekking kan nog steeds compleet genoeg zijn, maar het is wel handig om bij problemen in de stereokartering op deze plekken alert te zijn.
3. Check of the yaw globaal overeenkomt met de vereiste vliegrichting (0 en -180 komt overeen met Oost-West vice versa)

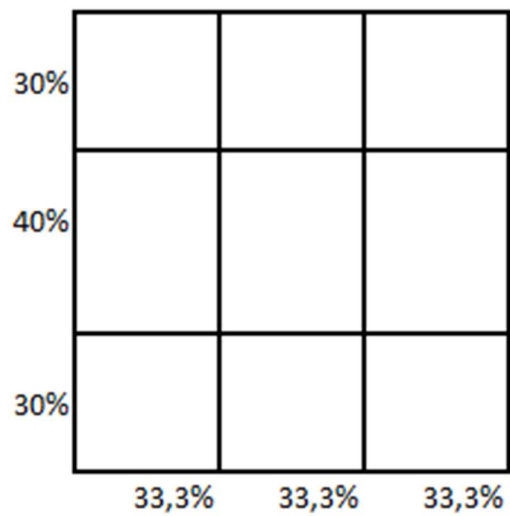
5.3.3. Verbindingspunten en de bijbehorende kwaliteitsrapportage vereffening

De verbindingspunten zijn automatisch gevonden punten in de overlap van 3 of meer foto's die gebruikt worden om de overlappende foto's aan elkaar te rekenen. De verbindingspunten worden naast de paspunten gebruikt tijdens de vereffening. De verbindingspunten worden geleverd als shapefile.

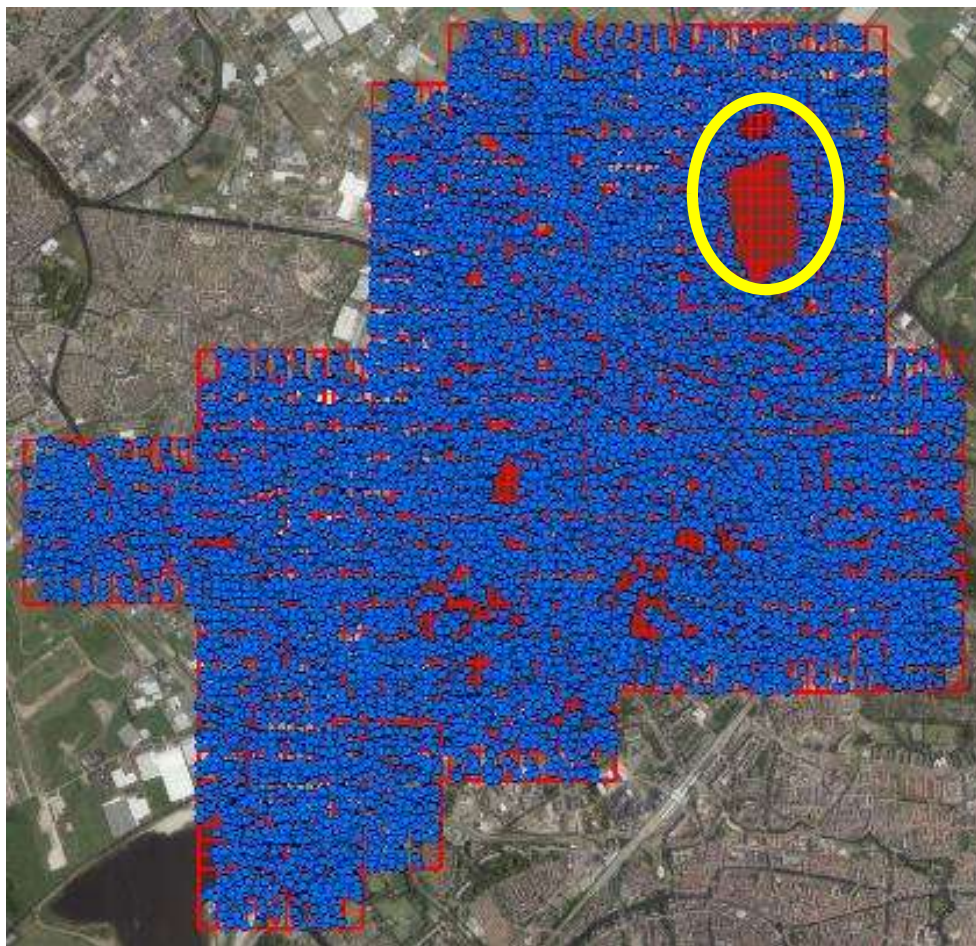
Bij de levering van de vereffeningsresultaten dient een berekeningsverslag geleverd te worden.

Beoordeling:

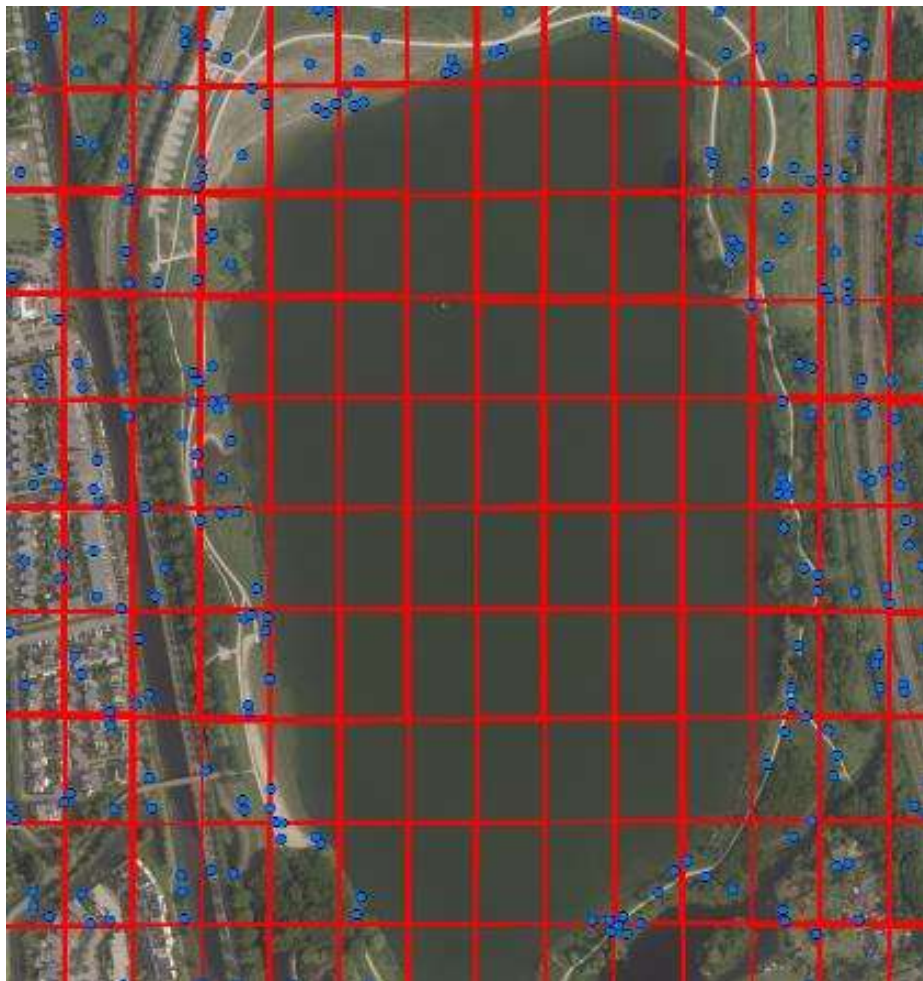
1. Open GIS-pakket en laadt de verbindingspunten in.
2. Open de kwaliteitsrapportage
3. Bereken het aantal verbindingspunten per foto door het aantal verbindingspunten te delen door het aantal foto's. Een gemiddelde van ongeveer 50 verbindingspunten per foto is meer dan genoeg.
4. Check of er "logische gaten" zijn in de spreiding van de verbindingspunten. Over watergebieden is het namelijk erg lastig om verbindingspunten te vinden.
5. Check of de verbindingspunten regelmaat verdeeld zijn over de foto. Het footprintoverzicht kan daarbij helpen om steekproefsgewijs per footprint een overzicht te krijgen van het aantal verbindingspunten in die footprint
6. Check hoeveel van de verbindingspunten er in andere footprints liggen door een GIS analyse uit te voeren en bepaal dan hoeveel footprints er aan elk verbindingspunt "hangen". Dat aantal moet minimaal 3 zijn. In dit voorbeeld is aangegeven hoe vaak het betreffende verbindingspunt voorkomt in de foto.
7. Check of de verdeling regelmatig is. Je kunt daarbij de foto verdelen in zogeheten Von Gruber gebieden.
8. De sluitvectoren op de paspunten kunnen gebruikt worden om te zien of er een systematische verschuiving is. Als de vectoren bijvoorbeeld allemaal naar dezelfde kant wijzen dan kan dit duiden op een systematische fout.



Definitie van Von Gruber gebieden bij een 60/30 vlucht.



Voorbeeld van verbindingpunten (in blauw; met dank aan gemeente Oegstgeest en 4Dtotaal), het "gat" aangegeven met de gele cirkel wordt hieronder toegelicht.



Voorbeeld van verklaarbaar “gat” in verbindingspunten, veroorzaakt door de aanwezigheid van een waterpartij (met dank aan gemeente Oegstgeest en 4Dtotaal)



Het aantal keren dat verbindingpunten voorkomen in meerdere foto's.

5.3.4. Orthofotomozaïeken en knippolygonen

De orthofotomozaïeken moeten aan de volgende eisen doen:

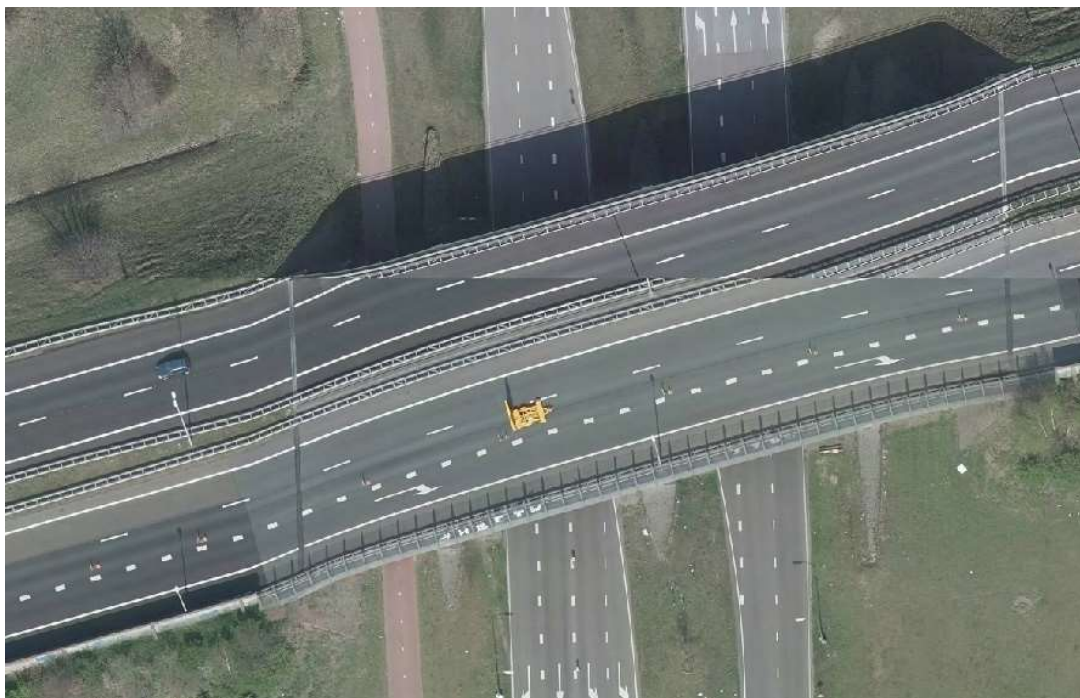
- Tussen de eventuele fotogrammetrische blokken verzorgt de leverancier de onderlinge aansluiting van de orthofotomozaïeken.
- Daar waar ten behoeve van het verwijderen van de overlap tussen naburige luchtopnamen binnen een blok en tussen de blokken in een perceel zogenaamde knippolygonen worden gedefinieerd, 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, tenzij er in de desbetreffende overlap geen alternatief gevonden kan worden;
 - 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 kniplijn zoveel als mogelijk onzichtbaar is.
- Voor de orthofotomozaïeken geldt dat zich niet op maaiveldhoogteniveau bevindende kunstwerken zoals bruggen en viaducten als vervormde (kromme) objecten in de orthofotomozaïeken en het totaal orthofotomozaïek zichtbaar mogen zijn.
- De kleurverschillen in een orthofotomozaïek ten gevolge van het feit dat het orthofotomozaïek is samengesteld uit verschillende digitale luchtopnamen dienen geminimaliseerd te zijn.

Bij de levering van de orthomozaïeken en knippolygonen dient een verslag geleverd te worden.

De orthofotomozaïeken worden geleverd als ECW of TIFF bestand in blokken van 500x500m en als totaalmozaïek per gemeente, als ECW.

Beoordeling:

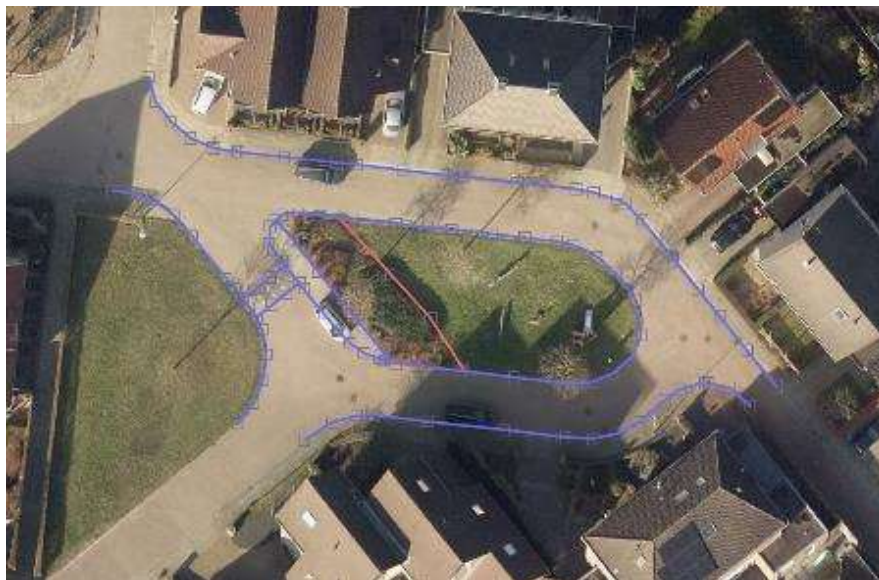
1. Open GIS-pakket en laadt de knippolygonen en het totaalmozaïek in;
2. Open de kwaliteitsrapportage;
3. Vanuit de eigen lokale kennis van het gebied kan het beste een aantal locaties met hoge gebouwen, viaducten, bruggen, hoogteverschillen in het terrein etc. geselecteerd worden waarop de kwaliteit beoordeeld kan worden;
4. Check of knippolygonen voldoen aan de gestelde eisen, check of ze niet door hoge gebouwen, viaducten gaan, of ze zich op maaiveldniveau bevinden etc.;
5. Check of viaducten, bruggen, hoge gebouwen, etc. correct zijn verwerkt met het gebruikte hoogtemodel en dat de kleurverschillen tussen overlappen foto's geminimaliseerd zijn;
6. Projecteer het BGT bestand over de stereofoto en doe een visuele check of dit klopt.
7. Projecteer een GPS detailmeting (in onderstaande foto's in blauw) over de stereofoto en doe een visuele check of dit klopt (met dank aan gemeente Montferland)



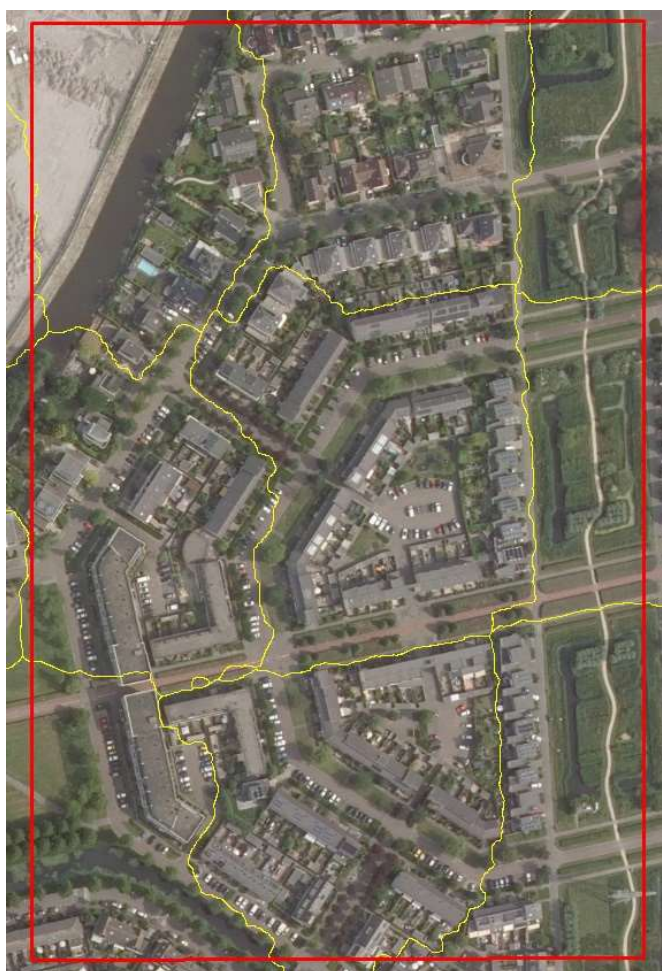
Voorbeeld van niet correcte verwerking van viaduct en niet verwerkte kleurverschillen



Voorbeeld van vreemde vervormingen in hoge gebouwen



GPS meting over luchtfoto gelegd



Voorbeeld van knippolygonen.

6. Kwaliteitsbeoordeling: Cijfermatige beoordeling

Het fotogrammetrisch proces is complex en behelst doorgaans veel data. Voor een goede beoordeling is het noodzakelijk dat kennis van fotogrammetrie, vereffening, toetsing en het verwerken van grote hoeveelheden data gecombineerd wordt. De volgende aspecten dienen minimaal onderdeel te zijn van een cijfermatige beoordeling.

6.1 Stereofoto's – radiometrie

De radiometrie heeft betrekking op de beeldkwaliteit van de stereofoto's. In de specificaties staat beschreven aan welke eisen de beeldkwaliteit moet voldoen. In de cijfermatige controle wordt voor de beelden aan deze specificaties getoetst. Vanwege de omvang van deze controle, is het doorgaans alleen mogelijk deze geautomatiseerd uit te voeren.

- Voor alle foto's wordt getoetst of de kleurdiepte gelijk is aan 24-bits;
- Voor alle foto's wordt getoetst of de kleurbanden op juiste wijze zijn ingevuld en of de histogrambreedtes zodanig zijn dat een goed beeld wordt verkregen;
- Voor alle foto's wordt getoetst of de beelden vrij zijn van wolken;
- Voor alle foto's wordt getoetst of de pixelgrootte op terreinhoogte voldoet.
- Voor alle foto's wordt getoetst of het ruisniveau voldoende klein is.
- Op een steekproef van 2,5% van de beelden, verspreid door het gebied, wordt het scherptecriterium getoetst door de scherpte van de beelden te beoordelen in stereomitwerkingssoftware.
- Op een steekproef van 2,5% van de beelden, verspreid door het gebied, wordt gecontroleerd of er geen compressie-artefacten waarneembaar zijn.
- Op een steekproef van 2,5% van de beelden, verspreid door het gebied, wordt beoordeeld of de kleuren natuurgetrouw zijn.
- Op een steekproef van 2,5% van de beelden, verspreid door het gebied, wordt beoordeeld of in de donkere en lichte delen van een opname nog voldoende contrasten zichtbaar zijn.
- Op een steekproef van 2,5% van de beelden, verspreid door het gebied, wordt beoordeeld of de beelden voldoen aan de gestelde eisen ten aanzien van het niet kunnen zien van compressieartefacten.

6.2 Stereofoto's – aerotriangulatie en bundelblokvereffening

De aerotriangulatie gevolgd door de bundelblokvereffening vormen na de opname de belangrijkste stap in het vervaardigen van een kwalitatief eindproduct. Controle op de uitgevoerde aerotriangulatie en bundelblokvereffening zijn derhalve van cruciaal belang voor het verkrijgen van zekerheid over de kwaliteit van het eindproduct.

Tijdens de beoordeling van de aerotriangulatie en bundelblokvereffening worden de volgende aspecten beoordeeld:

- De langsoverlap en dwarsoverlap wordt gecontroleerd. Het langsoverlappercentage wordt gerekend als een lengtemaat over de coördinaat-as die wijst in de vliegrichting. Het dwarsoverlap percentage wordt gerekend als een lengtemaat over de coördinaat-as loodrecht op de vliegrichting. Voor de overlapperpercentages geldt een tolerantie van plus-en-min 5%.
- Voor alle stereomodellen wordt getoetst of deze vrij zijn van parallax. Deze controle is cruciaal als de beelden gebruikt worden voor stereo uitwerking. Vanwege het lokale karakter van parallax dient dit op alle modellen getoetst te worden.

- Het fotogrammetrische blok is zoveel mogelijk vrij van systematische geometrische afwijkingen. Eventuele systematische afwijkingen zijn kleiner dan 10 centimeter.
- Het voorgeschreven a-priori kansmodel is gebruikt. Daar waar waarnemingen zijn toegepast waarvoor geen kansmodel is voorgeschreven, wordt beoordeeld of het gekozen kansmodel realistisch is.
- De a-priori standaardafwijkingen van de verbindingpunten staat in juiste verhouding tot de pixelgrootte op de camerasensor, is realistisch en heeft geen vertekenend effect op de volledige vereffeningresultaten.
- Verbindingspunten zijn in alle mogelijke foto's aangemeten.
- Paspunten zijn in alle mogelijke foto's aangemeten.
- De a-posteriori standaardafwijking van de positie en stand van alle stereomodellen voldoet aan de gestelde eisen.
- Het aantal gemeten verbindingpunten is voldoende. Indien dat niet zo is, dan is hiervoor een goede verklaring aanwezig.
- Er zijn niet te veel verbindingpunten gemeten, of verbindingpunten op korte afstand van elkaar gemeten, waardoor de aanname van onafhankelijke waarnemingen in het kansmodel van de bundelblokvereffening niet geldig is.
- Alle waarnemingen zijn stochastisch ongecorrleerd.
- Uit de vereffeningresultaten van de vrije netwerkvereffening blijkt dat de algehele modeltoets (F-toets) gelijk is aan, of kleiner is dan 1,0.
- Uit de vereffeningresultaten van de vrije netwerkvereffening blijkt dat de w-toetsen van de verbindingpunten voldoen aan de volgende verdeling:
 - 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.
- Uit de vereffeningresultaten van de aansluitingsvereffening blijkt dat de algehele modeltoets (F-toets) gelijk is aan, of kleiner is dan 1,0.
- Uit de vereffeningresultaten van de aansluitingsvereffening blijkt dat de w-toetsen van de paspunten en de w-toetsen van eventuele GNSS/INS-waarnemingen voldoen aan de volgende verdeling:
 - 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.
- Indien beschikbaar worden door de opdrachtgever beschikbaar gestelde onafhankelijke controlepunten nagemeten in de stereomodellen. De gevonden verschillen dienen kleiner te zijn dan de gespecificeerde maximale afwijking van het eindproduct.

6.3 Orthofotomozaïeken - radiometrie

Daar waar de stereofoto's de basis vormen voor de meetkundige kwaliteit, vindt het gebruik van de foto's als onderlegger voor het overgrote deel plaats in de orthofotomozaïeken. Derhalve is een nauwgezette controle van de orthofotomozaïeken van groot belang.

De volgende controles moeten uitgevoerd worden:

- Voor het gehele orthofotomozaïek wordt getoetst of de kleurdiepte gelijk is aan 24 bit.
- Voor het gehele orthofotomozaïek wordt getoetst of de kleurbanden juist zijn ingevuld en of er voldoende histogramspreiding binnen de banden bestaat.
- Voor het gehele orthofotomozaïek wordt getoetst of de schaal kleur of gelijk is aan de luchtfoto's waaruit de het orthofotomozaïek is vervaardigd.
- Voor het gehele orthofotomozaïek wordt getoetst of de pixelgrootte op terreinhoogte voldoet aan de gestelde eisen.
- Voor het gehele orthofotomozaïek wordt getoetst of het ruisniveau voldoende klein is.
- Op basis van een steekproef wordt bepaald of de orthofotomozaïeken voldoen aan het scherptecriterium.
- Op basis van een steekproef wordt het scherptecriterium getoetst.
- Op basis van een steekproef wordt gecontroleerd of er geen compressie-artefacten waarneembaar zijn.
- Op basis van een steekproef wordt beoordeeld of de kleuren natuurgetrouw zijn.
- Op basis van een steekproef wordt beoordeeld of in de donkere en lichte delen van een opname nog voldoende contrasten zichtbaar zijn.
- Op basis van een steekproef wordt beoordeeld of de beelden voldoen aan de gestelde eisen ten aanzien van het niet kunnen zien van compressieartefacten.
- Op basis van een steekproef wordt beoordeeld of de kniplijnen tussen de individuele foto's correct zijn gekozen.
- Op basis van een steekproef wordt beoordeeld of dakranden en noklijnen zijn afgebeeld als rechte lijnen.
- Op basis van een steekproef wordt beoordeeld of bruggen en viaducten geen hinderlijke verstoringen in het orthofotomozaïek hebben.

6.4 Orthofotomozaïeken - geometrie

Voor de bijhouding van de BGT is het voor de meest objecten niet toegestaan om plaatsbepalingspunten uit orthofotomozaïeken af te leiden. Er zijn echter bepaalde objecttypen waarbij dat wel toegestaan is, voor zover deze objecten zich op het maaiveld bevinden. Mede om die reden is het wenselijk dat ook de orthofoto een goede ligging ten opzichte van de werkelijkheid kent.

In deze controlestep wordt voor de volledige orthofoto gecontroleerd of de ligging op maaiveld juist is. Daaronder wordt verstaan dat de standaardafwijkingen van de afwijkingen kleiner is dan 20 centimeter en dat er geen sprake is van systematische effecten.

7. Kwaliteitsbeoordeling uitgevoerd en hoe verder?

De kwaliteitsbeoordeling is uitgevoerd. Dat leidt tot een resultaat. Zoals gezegd zijn er drie fasen waarbinnen de beoordeling wordt uitgevoerd. Binnen elk van de drie fasen kan de kwaliteitsbeoordeling leiden tot een voldoende (akkoord met de bestanden en stukken) of onvoldoende (niet akkoord) resultaat.

Indien één van de stappen in de kwaliteitsbeoordeling een onvoldoende resultaat oplevert dan dient de leverancier deze aan te passen en een nieuwe levering te doen, binnen een (in het contract) gestelde termijn. De levering wordt dan niet geaccepteerd.

Bij een voldoende resultaat worden bestanden en stukken akkoord bevonden en geaccepteerd.

Bij een onvoldoende resultaat zullen er acties richting leverancier opgestart moeten worden. Ga het gesprek aan en benoem de zaken die uit de kwaliteitsbeoordeling komen en bespreek mogelijke oplossingen en alternatieven. Hou daarbij de aanbestedingsdocumenten en/of offerteaanvraag in de gaten. Zaken die niet zijn afgesproken kunnen ook niet worden geëist van leverancier.

Voor de verschillende onderdelen in de kwaliteitsbeoordeling geldt in zijn algemeenheid dat indien bestekseisen niet zijn gevolgd gevraagd kan worden naar de reden van de afwijking van het bestek. Is deze reden plausibel dan kan er alsnog akkoord worden gegaan. In andere gevallen dient de leverancier de bestekseis te volgen. Dat kan in het ergste geval betekenen dat een fotovlucht overnieuw gedaan moet worden.

De definitieve levering van de luchtfotoproducten wordt uiterlijk binnen een afgesproken termijn na ontvangst van die levering geaccepteerd. Bij acceptatie stuurt de deelnemende organisatie aan leverancier een acceptatiebrief. Bij niet-acceptatie treedt de deelnemende organisatie binnen een afgesproken termijn na levering, overleg met leverancier. In dit overleg worden de bevindingen besproken en wordt de oplossingsrichting met leverancier besproken en worden afspraken gemaakt over de mogelijke oplossing(en). Deze afspraken worden schriftelijk vastgelegd.

Kom je er niet uit met de leverancier dan is het zaak om een formele ingebrekestelling procedure te starten, uiteraard op advies en in overleg met de afdeling inkoop.

In detail kunnen de volgende gebreken aan de orde zijn waarbij een actie wordt voorgesteld. Deze lijst is niet uitputtend omdat lokale omstandigheden soms voor unieke situaties kunnen zorgen:

Stap	Constatering	Voorgestelde actie
Voor de fotovlucht		
Vliegplan	Oriëntering vlieglijnen niet conform bestek	Oriëntering vlieglijnen aanpassen conform bestek
	Er is onvoldoende overlap tussen blokken	Vlieglijnen aanpassen zodat voldoende overlap tussen blokken wordt bereikt
	Het gebied wordt niet volledig bedekt	Vlieglijnen aanpassen zodat gebied volledig wordt bedekt
Paspuntenplan	De spreiding van de paspunten is niet uniform over het gebied	Extra paspunten in plan aanbrengen zodat spreiding wel uniform is over het gebied
	Aantal paspunten per km ² is te laag	Extra paspunten in plan aanbrengen zodat aantal paspunten per km ² wel voldoende is

Stap	Constatering	Voorgestelde actie
Kalibratierapport	Datum kalibratie is niet conform bestek	Camera dient gekalibreerd te worden voor de fotovlucht
	Serienummer klopt niet met camera tijdens uitgevoerde vlucht	Juiste kalibratierapport dient geleverd te worden of juiste camera dient gemonteerd te worden in het vliegtuig
Fotovlucht		
Vluchtrapport	Vlieglijnen zijn afgebroken tijdens vlucht	Vlieglijnen moeten opnieuw gevlogen worden
	Er is turbulentie geconstateerd tijdens de vlucht	Vlieglijnen moeten opnieuw gevlogen worden
	Er is bewolking geconstateerd tijdens de vlucht	Vlieglijnen moeten opnieuw gevlogen worden
Beeldmidden- en footprintoverzicht	Het gebied wordt niet volledig bedekt	Aanvullende vlucht moet worden uitgevoerd
	Opnamedatum en tijdstip niet conform bestek	Vlucht moet opnieuw gevlogen worden
	Serienummer klopt niet met kalibratierapport	Juiste kalibratierapport dient geleverd te worden
	Er is geen regelmatige spreiding van de footprints	Indien binnen de marges oplossen in aerotriangulatie. In het uiterste geval moeten die foto's overnieuw gevlogen worden
	Er zitten sprongen in de footprints	Indien binnen de marges oplossen in aerotriangulatie. In het uiterste geval moeten die foto's overnieuw gevlogen worden
	Aantal en oppervlaktes van footprints komt niet overeen met vluchtrapportage	Ontbrekende foto's dienen te worden toegevoegd
	Overlap footprints wijkt af van bestek	Indien grotere overlap is dit geen probleem. Bij kleinere overlap met leverancier bepalen of dit opgelost kan worden in de aerotriangulatie. In het uiterste geval moeten de foto's opnieuw gevlogen worden
Paspunten	Paspunten te dichtbij vegetatie	In het geval van bladloze opnamen zal dit geen probleem zijn. Is er al blad zichtbaar dan kan dit paspunt niet meegenomen worden in de vereffening. Overleg met leverancier of in dat geval natuurlijke paspunten gebruikt mogen worden.
	Paspunten blijken bij nameting niet te kloppen	Overleg met leverancier of in dat geval natuurlijke paspunten gebruikt mogen worden.

Stap	Constatering	Voorgestelde actie
	Paspunten blijken in minder dan drie foto's zichtbaar te zijn	Overleg met leverancier of in dat geval natuurlijke paspunten gebruikt mogen worden.
Na de fotovlucht		
Stereofoto's	De belichting, scherppte en bewolking zijn niet goed	Hangt af van het gebied. Kan het opgelost worden in de aerotriangulatie? In het uiterste geval dienen de onderhavige foto's overgevlogen te worden
	Pixelgrootte is niet conform bestek	Indien hoger is dit geen probleem. Indien lager moet de afweging gemaakt worden hoe erg het is. Resampling naar een hogere resolutie is niet toegestaan. Heeft het effect op de orthofoto's?
	BGT bestand ligt niet goed op de foto	Ligt dit aan BGT of aan foto? Indien het laatste: oplossen in aerotriangulatie door toevoegen van natuurlijke paspunten en extra verbindingspunten
	GPS meting ligt niet goed op de foto	Ligt dit aan GPS of aan foto? Indien het laatste: oplossen in aerotriangulatie door toevoegen van natuurlijke paspunten en extra verbindingspunten
	Trottoirbanden, rioolkolken en putdeksels zijn onvoldoende zichtbaar	Leverancier dient contrast te vergroten maar wel zodanig dat andere objecten nog steeds onderscheidbaar zijn van de omgeving
Vluchtoriënteringen	Roll en pitch zijn groter dan 4 graden	Hangt af van het gebied. Kan het opgelost worden in de aerotriangulatie? In het uiterste geval dienen de onderhavige foto's overgevlogen te worden
	De yaw wijkt af van bestek	Hangt af van het gebied. Kan het opgelost worden in de aerotriangulatie? In het uiterste geval dienen de onderhavige foto's overgevlogen te worden
Verbindingspunten	Aantal verbindingspunten per foto is te laag	Er dienen extra verbindingspunten gemeten te worden
	Er zijn gaten in de verbindingspunten te zien	Hangt af van het gebied. Kan het opgelost worden in de aerotriangulatie?
	De spreiding van de verbindingspunten is niet uniform	Er dienen extra verbindingspunten gemeten te worden zodat spreiding wel uniform is
	Verbindingspunten blijken in minder dan drie foto's zichtbaar te zijn	Er dienen extra verbindingspunten gemeten te worden die wel in drie of meer foto's zichtbaar zijn. De verbindingspunten die in minder dan drie foto's te zien zijn moeten verwijderd worden zodat ze niet mee doen in de aerotriangulatie en blokvereffening

Stap	Constatering	Voorgestelde actie
	De spreiding van de paspunten voldoet niet aan de von Gruber norm.	Er dienen extra verbindingspunten gemeten te worden zodat wel aan de von Gruber norm voldaan kan worden
	De sluitvectoren van de paspunten vertonen een systematische afwijking	Hangt af van het gebied. Kan het opgelost worden in de aerotriangulatie door het meenemen van natuurlijke paspunten? In het uiterste geval toestaan dat additionele parameters gebruikt worden.
	F-toets	Kan het opgelost worden in de aerotriangulatie door het meenemen van natuurlijke paspunten? In het uiterste geval toestaan dat additionele parameters gebruikt worden.
Orthofotomozaïeken en knippolygonen	Bij locaties met bekende hoogtes worden deze locaties niet goed afgebeeld	Is het juiste (en welk) hoogtemodel toegepast? Zijn de knippolygonen goed toegepast. Orthofotomozaïeken zullen aangepast moeten worden en opnieuw geleverd moeten worden
	De knippolygonen voldoen niet aan de eisen van het bestek	De knippolygonen zullen conform bestek moeten worden toegepast. Orthofotomozaïeken zullen aangepast moeten worden en opnieuw geleverd moeten worden
	Bij bruggen en viaducten worden hoogteverschillen geconstateerd waardoor deze vervormd in de foto te zien zijn	Is het juiste (en welk) hoogtemodel toegepast? Orthofotomozaïeken zullen aangepast moeten worden en opnieuw geleverd moeten worden
	Tussen verschillende foto's in het orthofotomozaïek treden kleurverschillen op.	De kleurverschillen moeten geminimaliseerd worden. Orthofotomozaïeken zullen aangepast moeten worden en opnieuw geleverd moeten worden

Bijlage 1: Kwaliteitsbeoordeling checklist

Voor de fotovlucht

Beoordeling	Check	Bevindingen	Beoordeling	Actie richting leverancier
Vliegplan	Vlieglijnen			
	Overlap blokken			
	Dekking gebied			
	Vliegniveau			
Paspuntenplan	Spreiding paspunten			
	Aantal paspunten / km ²			
Kalibratierapport	Kalibratie datum			
	Serienummer camera			

De fotovlucht

Beoordeling	Check	Bevindingen	Beoordeling	Actie richting leverancier
Vluchtrapport	Onregelmatigheden			
	Gevlogen lijnen			
Beeldmidden- en footprintoverzicht	Dekking gebied			
	Opname datum en tijdstip			
	Serienummer camera			
	Spreiding footprints			
	Afwijkende footprints			
	Aantal en oppervlakte footprints			
	Overlap footprints			

Beoordeling	Check	Bevindingen	Beoordeling	Actie richting leverancier
Paspunten	Vegetatie			
	Metten			
	Meervoudigheid paspunten			

Na de fotovlucht

Beoordeling	Check	Bevindingen	Beoordeling	Actie richting leverancier
Stereofoto's en kwaliteitsrapportage	Belichting, scherpte, wolken, wolkschaduwen, overstraling en dode pixels			
	Pixelgrootte			
	BGT bestand			
	GPS meting			
	Trottoirbanden, straatkolken en putdeksels			
Vluchtoriënteringen	4 graden check roll en pitch			
	180 graden check vliegrichting			
Verbindingspunten en kwaliteitsrapportage	Aantal verbindingspunten per foto			
	Gaten			

Beoordeling	Check	Bevindingen	Beoordeling	Actie richting leverancier
	Spreiding verbindingspunten			
	Meervoudigheid verbindingspunten			
	Von Gruber			
	Sluitvectoren paspunten			
Orthofotomozaïeken en knippolygonen	Bekende hoogtes			
	Knippolygonen			
	Hoogteverschillen			
	Kleurverschillen			

