VERSLAG: THERMISCHE VLUCHTEN IN DILBEEK

LABO RENOVATIE EN ERFGOED

Mathilde Brusselmans

Michael de Bouw

Samuel Dubois

Projecten

Proeftuin drones in de bouw en landbouw

Tetra Autodrone

.

Inleiding

Op 01 03 2021 werden twee dronevluchten uitgevoerd in Dilbeek aan Sint-Ulriks-Kapelle om te onderzoeken hoe daken van een woonwijk het best thermisch in kaart worden gebracht. De vluchten werden uitgevoerd in opdracht en samenspraak met EUKA en Klimaatpunt Vlaanderen om te zien hoe mensen kunnen aangespoord worden tot het BENoveren van hun woning in het kader van Vlaanderen Klimaatneutraal.

Tijdens een vlucht op 45 m en een vlucht op 60 m werden zowel thermische als RGB foto's getrokken die later werden verwerkt tot thermische en RGB orthofoto's. Met een thermische camera gemonteerd op een helikopter werd in het verleden ook al een thermische orthofoto geconstrueerd. Onderstaande vergelijkt de resultaten van de verschillende vluchten met drone en helikopter en doet aanbevelingen voor toekomstige thermische vluchten waarmee daken in kaart moeten worden gebracht.

De initiaties, voorgaande besprekingen en uitvoeringsuitbreidingen van de vluchten kwamen tot stand binnen het project *Proeftuin drones in de bouw en landbouw.* De effectieve vluchten, de verwerking van de datasets tot de beoogde modellen, de analyse en de vergelijkingen en daaruit komende conclusies vallen binnen het project *Tetra drone.*

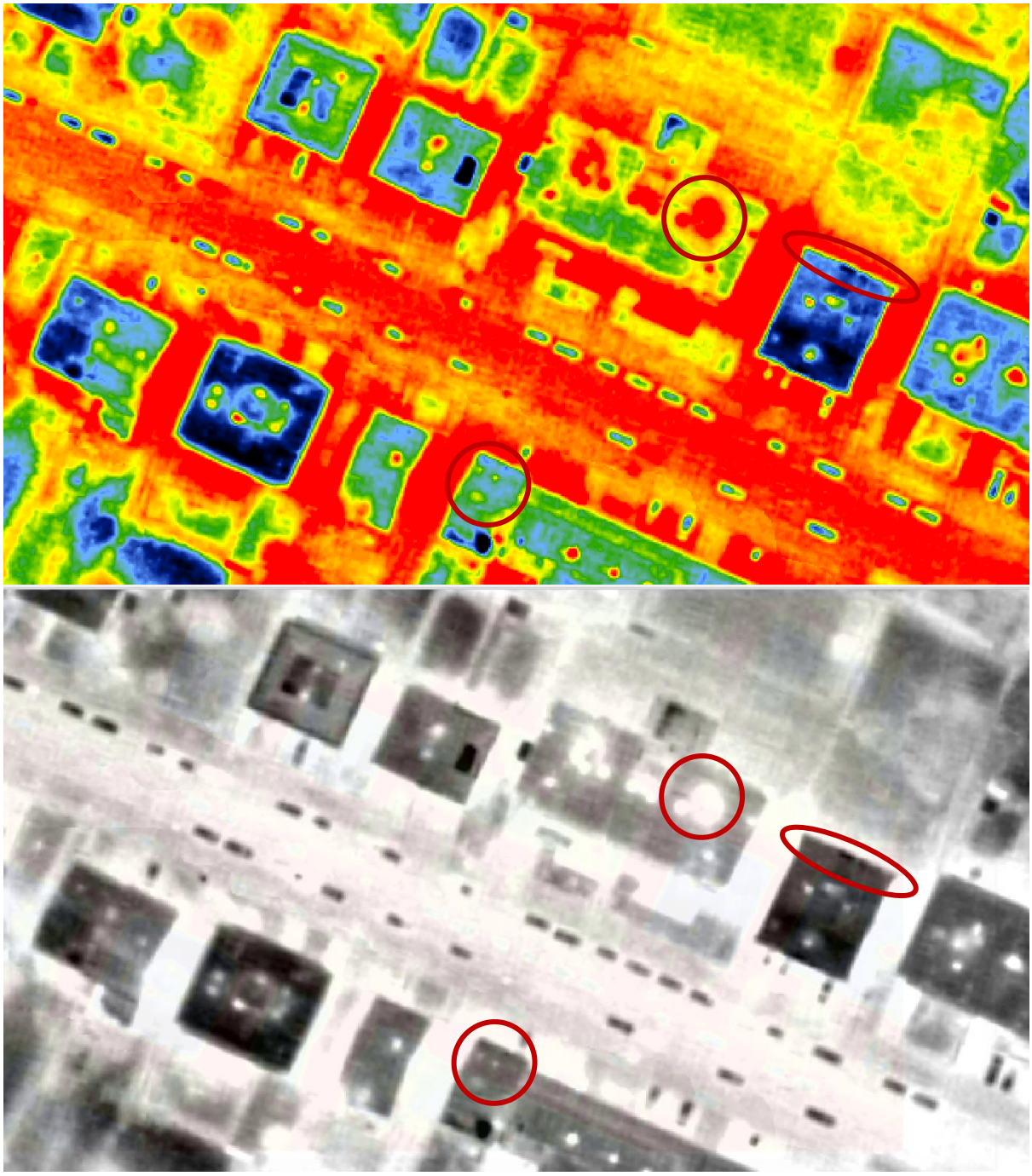
Voorafgaande opmerkingen bij een thermografische studie

Een thermografische camera meet de infraroodstraling van een oppervlak en zet deze vervolgens om in een temperatuur. De gemeten straling is onder andere afhankelijk van de oppervlaktetemperatuur, de materiaalparameters (bijv. emissiviteit, reflectie), de luchtvochtigheid, de omgevingstemperatuur, de bewolking, de invalshoek, …. Indien al deze parameters exact gekend zijn, kan de oppervlaktetemperatuur worden berekend. Deze parameters zijn echter nooit exact gekend en worden dan vaak geschat waardoor de 'gemeten' temperatuur nooit exact is. In tegenstelling tot de absolute temperatuur kan men wel zeer nuttige informatie halen wanneer men kijkt naar de waargenomen relatieve temperatuurverschillen op een thermisch beeld.

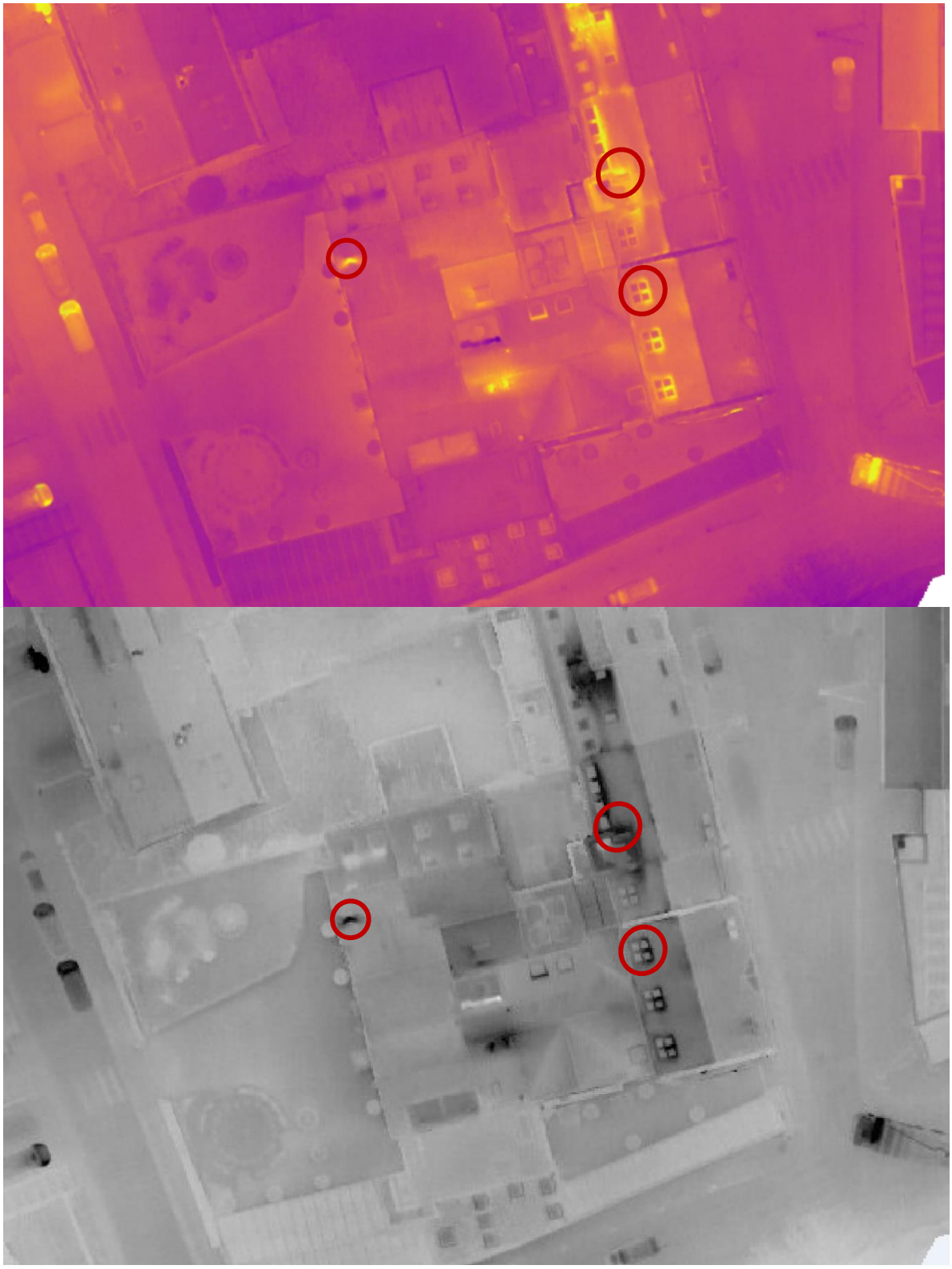
De *ground sampling distance* van de foto bepaalt wat het kleinste detail is dat werkelijk gevat kan worden op de foto en is dus gelinkt aan de totale grondoppervlakte die door 1 pixel van de sensor van de camera wordt opgevangen. Kleinere details kan je dus zeker niet meten aangezien elke pixel één waarde weergeeft. Een object zal in werkelijkheid echter meestal op meerdere pixels vallen, waardoor de *ground sampling distance* steeds kleiner moet zijn dan het kleinste object dat men wil meten op de foto. De *ground sampling distance* bepaalt ook de resolutie van de uiteindelijke orthofoto. De resolutie van een orthofoto zal steeds kleiner dan of gelijk zijn aan de *ground sampling distance* van de dataset waarmee de orthofoto wordt gemaakt.

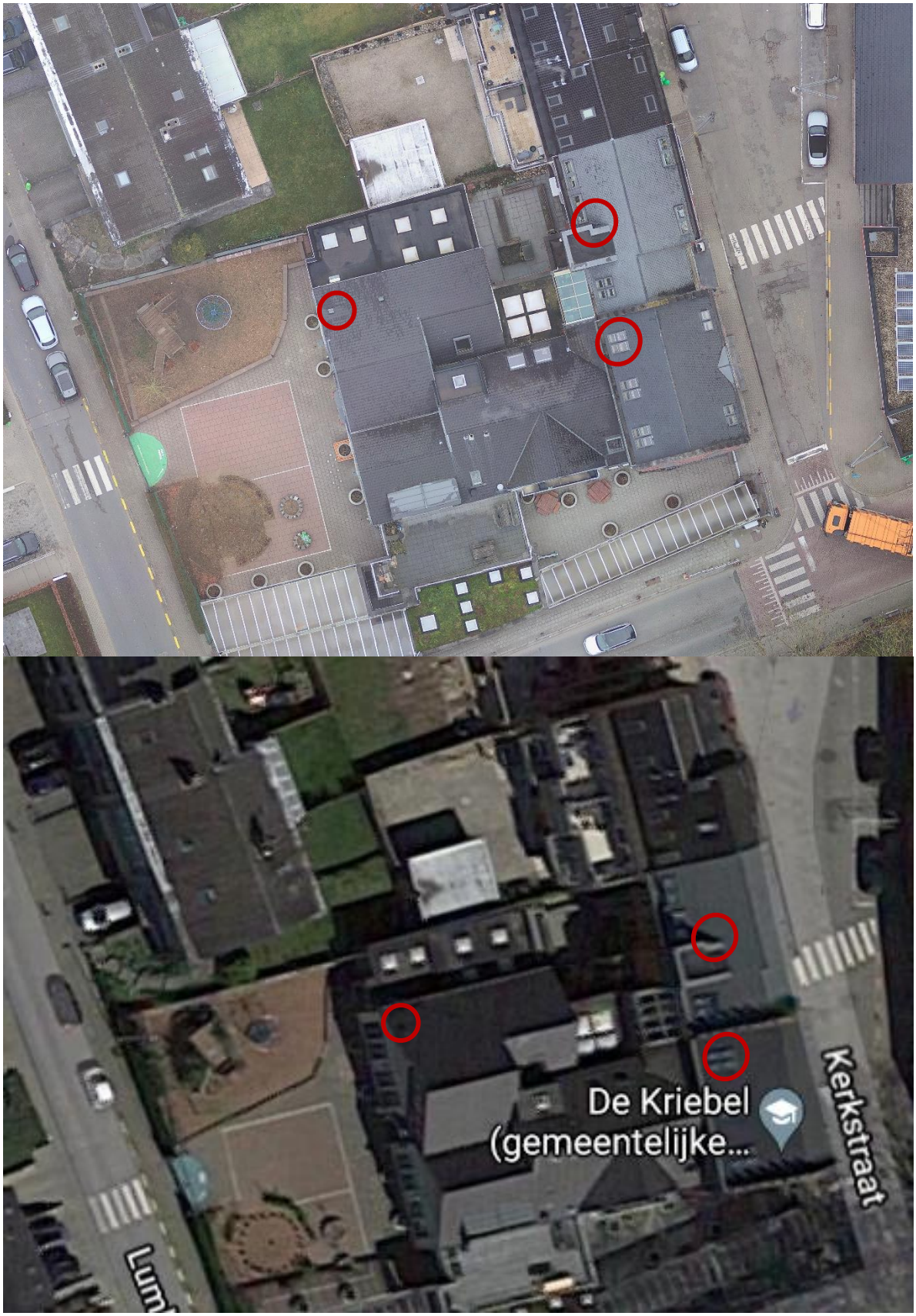
Thermische orthofoto's

De drie thermische orthofoto's, namelijk de oude dataset gemaakt met een helikopter en de datasets afkomstig van de drone met een vlieghoogte van 60 m en 45 m, blijken op twee verschillende plaatsen in Dilbeek gemaakt te zijn. Daarom is in de verschillende thermische orthofoto's een stuk uitgeknipt op een zoom level waarop het zinvol is om deze foto te bekijken, en waarop de thermische foto dus een scherp beeld geeft. Dit geeft respectievelijk afbeelding 1, 2 en 3 hieronder. Naast de thermische orthofoto in kleur en in zwart-wit worden ook steeds dezelfde gebouwen getoond in kleur zoals ze te vinden zijn op de satellietfoto's van Google Maps. Bij de drone opnames (afbeelding 2 en 3) wordt ook telkens de RGB orthofoto van de dronedataset toegevoegd ter vergelijking met de satellietfoto's van Google Maps.



Afbeelding 1: oude data, 50cm/pixel: thermische orthofoto in kleur (blauw = koud, rood = warm) – thermische orthofoto in zwart wit – satellietbeeld (Google Maps)





Afbeelding 2: dronevlucht op hoge hoogte (60 meter), 14 cm/pixel, 193 foto's, 13 min vlucht, 1 ha: thermische orthofoto (oranje = warm; paars = koud) – thermische orthofoto in zwart wit – ortofoto in kleur - satellietbeeld (Google Maps)

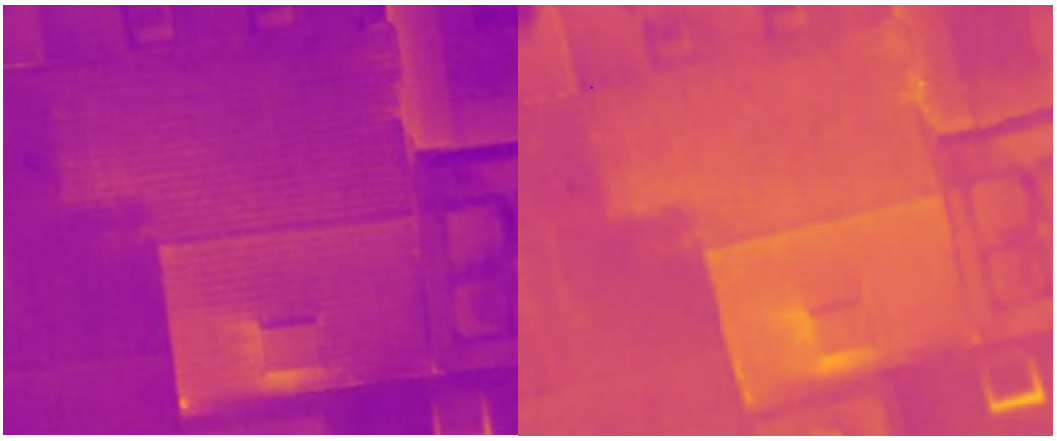
Afbeelding 3: dronevlucht op lage hoogte (45 meter), 5.5 cm/pixel, 253 foto's, 18 min vlucht, 2.5 ha: thermische orthofoto (oranje = warm; paars = koud) – thermische orthofoto in zwart wit – orthofoto in kleur - satellietbeeld (Google Maps)

Bespreking orthofoto's

Een exacte vergelijking tussen de oude vlucht met helikopter en de recentste datasets verzameld met een drone is niet mogelijk omdat er op twee verschillende plaatsen is gevlogen en omdat de omstandigheden tijdens de helikoptervlucht en tijdens de dronevluchten verschillend waren, maar er kan wel gekeken worden hoe duidelijk de details zijn op de verschillende orthofoto's.

De orthofoto's gemaakt met de drone zijn veel scherper dan de orthofoto gemaakt met de oude dataset. Dit is zo omdat de resolutie van de dronefoto's veel hoger is dan die van de oude dataset, respectievelijk 5,5 cm/pix à 14 cm/pix versus 50 cm/pix. Op de recente orthofoto's is het gemakkelijk om details te herkennen en exact te zien waar er mogelijke warmtelekken zijn die daarna nader geanalyseerd dienen te worden. Individuele koudebruggen, dakvensters en schoorstenen zijn herkenbaar. Op afbeelding 3 is een mogelijke koudebrug aangeduid met rode cirkel en op afbeelding 2 is dezelfde mogelijke koudebrug aangeduid en een extra schoorsteen. Op afbeelding 1 zijn ook schoorstenen aangeduid, maar deze zijn niet individueel te herkennen op de thermische foto en tonen als een grote warmtevlek. Daarnaast zijn de aangeduide dakranden in afbeelding 1 ook niet duidelijk in beeld gebracht wat wel het geval is voor de dakranden en nokken in afbeelding 2 en 3. In zowel afbeelding 1, 2 als 3 zijn één of meerdere dakramen aangeduid. Afbeelding 1 toont de dakvensters als één warme plek in tegenstelling tot afbeelding 2 en 3 waar duidelijk de verschillende onderdelen van het dakvenster zichtbaar zijn. Afbeeldingen 2 en 3 tonen de gebieden rond de dakvensters warmer dan de rest van het dak omdat hier vermoedelijk warmtelekken zijn. De glaspartijen zelf tonen kouder omdat glas de eigenschap heeft om de radiatie of straling van de omgeving zo goed als volledig te reflecteren en tonen dus de omgevingstemperatuur en niet hun eigen temperatuur. Over de thermische eigenschappen van het glas zelf kunnen dus geen uitspraken worden gedaan aan de hand van een infrarood foto. Indien mogelijke koudebruggen herkend moeten worden op de thermische orthofoto dan volstaat de oude dataset niet.

De thermische orthofoto's, respectievelijk gemaakt op 45 m en op 60m, (zie afbeelding 4) hebben allebei dezelfde temperatuurschaal, maar de 'gemeten' absolute temperatuur is verschillend op de orthofoto's ook al zijn beide vluchten in een korte tijdspanne uitgevoerd met eenzelfde drone en thermografische camera, en was het verwerkingsproces voor beide datasets identiek. Dit toont aan dat men niet kan uitgaan van de absoluut gemeten temperatuur. Dezelfde details en warmtelekken zijn wel zichtbaar op beide orthofoto's en men kan dus wel conclusies trekken uit de temperatuurverschillen.



Afbeelding 4: detail dakpannen: thermische orthofoto (45 m) – thermische orhtofoto (60 m)

Op de orthofoto van de foto's gemaakt op 45 meter hoogte kunnen zelfs de individuele dakpannen worden onderscheiden, zie afbeelding 4. Dat is niet mogelijk is op de andere 60m orthofoto. Dit extra detail geeft echter weinig bijkomende nuttige informatie. Als ook de vluchttijden, 13 min op 45m en 18 min op 60m, en het in kaart gebrachte oppervlak, respectievelijk 1 hectare en 2,5 hectare, in rekening worden genomen dan lijkt de dronevlucht op 60 meter hoogte, waarvan de resolutie van de orthofoto 14 cm/pix is, de meest optimale. Uiteraard is het resultaat afhankelijk van het gebruikte toestel en resolutie van zowel de RGB als de IR foto's: in dit geval 12 MP voor de RGB foto's en 640*512 pixels voor de thermische foto's.

De drone vlucht op 60 meter heeft hiernaast nog een ander voordeel. De foto's gemaakt tijdens deze vlucht geven ook een goed thermisch 3D model, zie afbeelding 5, omdat het zichtveld van de camera in dit geval groter is en er iets meer informatie van de gevels wordt gefotografeerd. Hierbij dient wel de opmerking gemaakt te worden dat er bij deze vluchten enkel in NADIR gevlogen werd (80 % front overlap en 80 % zijdelingse overlap). Indien er ook meerdere *oblique* foto's genomen worden, zal het detail van de gevels nog (sterk) verbeterd kunnen worden, maar dit vergt dan ook een aanzienlijk langere vluchttijd.

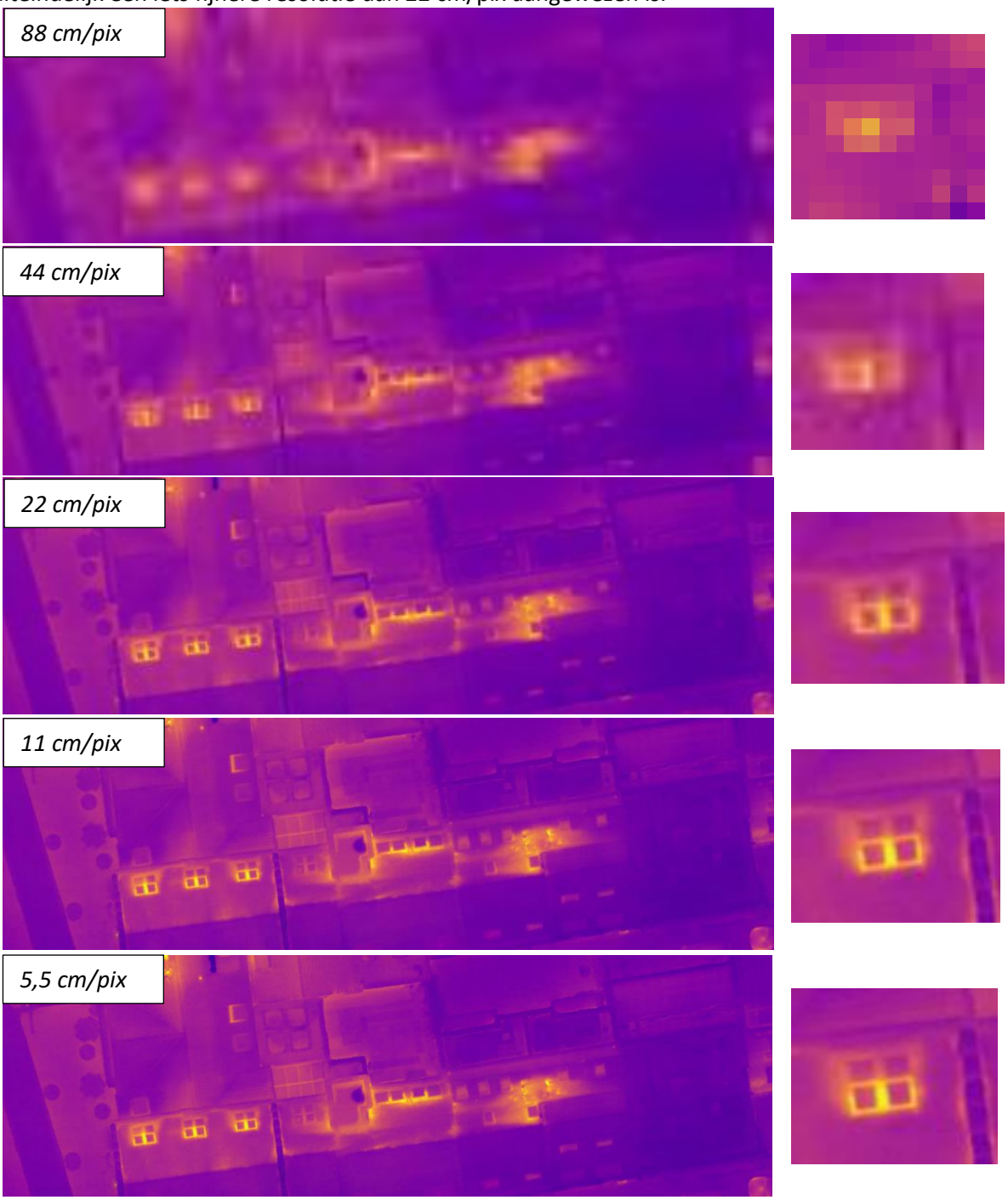
Indien op afbeelding 2 en 3 de kleurenorthofoto's worden vergeleken met het satellietbeeld afkomstig van Google Maps dan valt op dat de orthofoto van betere kwaliteit is. Een stuk van het dak van de huizen aan de Kerkstraat is verdwenen op het satellietbeeld en dat is niet het geval voor de orthofoto. Dit is zo omdat de orthofoto is gemaakt door het hele gebied te reconstrueren met fotogrammetrie en vervolgens een orthofoto te trekken van het gereconstrueerde 3D model terwijl voor het satellietbeeld verschillende luchtfoto's bij elkaar zijn gevoegd tot een beeld. Voor een eenvoudige interpretatie van de thermische orthofoto's is dus steeds een kleurenorthofoto gewenst omdat satellietbeelden van Google Maps niet volledig zijn.

Afbeelding 5: Thermisch model verkregen met vlucht op 60 meter (thermische gsd: 14 cm/pix)

Analyse nodige resolutie

Afbeelding 6 toont de orthofoto van 45 m waarvan de resolutie kunstmatig is verlaagd van 5,5 cm/pix tot 11 cm/pix, 22 cm/pix, 44 cm/pix en 88 cm/pix. Aan de hand hiervan kan bepaald worden wat de minimale nodige resolutie is. Op de foto's met een resolutie 22 cm/pix, 11 cm/pix en 5,5 cm/pix is het zichtbare detail fijn genoeg om mogelijke koudebruggen en andere zaken te herkennen in

tegenstelling tot de foto's met een grovere resolutie. Alle drie de foto's zien er met het blote oog hetzelfde uit maar op de foto's met een hoge resolutie kan nog verder worden ingezoomd zonder dat er aan scherpte verloren gaat. Hierbij moet men ook in gedachte nemen dat thermische foto's vaak niet volledig scherp zijn en dat in dit geval de foto's ook gemaakt worden met een bewegende drone wat kan zorgen voor *motion blur*. Daarom moet er steeds een marge ingerekend worden waardoor uiteindelijk een iets fijnere resolutie dan 22 cm/pix aangewezen is.

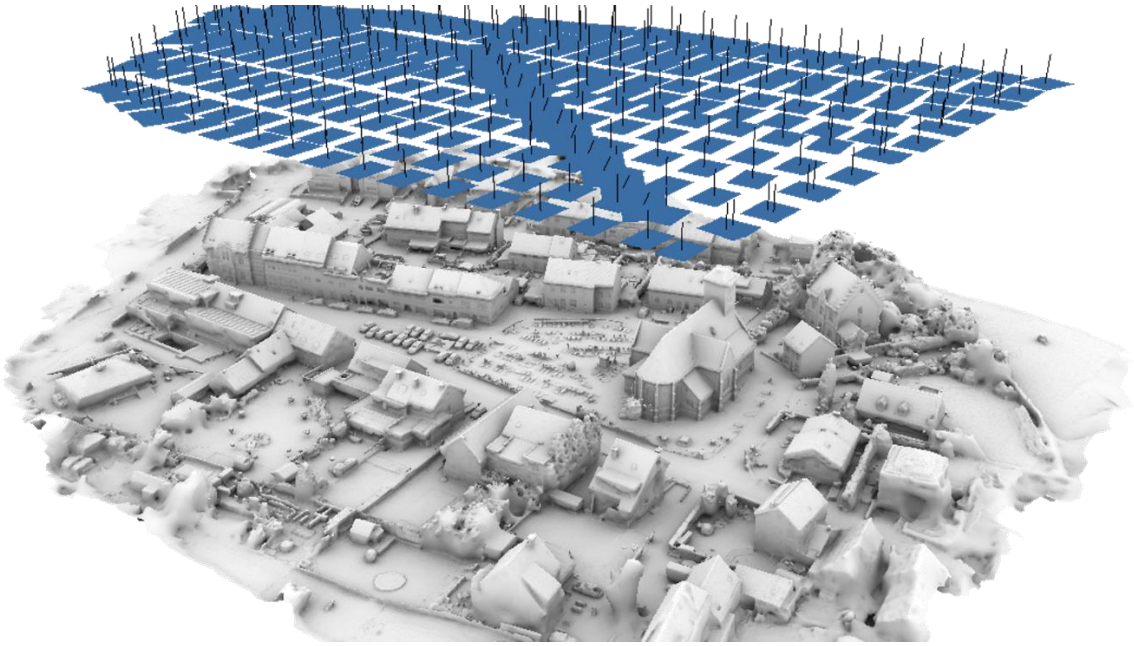


Afbeelding 6: Thermische orthofoto's 45m waarvan de resolutie met een algoritme is verlaagd naar: 88cm/pix - 44cm/pix - 22cm/pix - 11 cm/pix - 5,5 cm/pix

Aanbevelingen

Volgende aspecten moeten zeker meegenomen worden indien in de toekomst vluchten worden uitgevoerd:

- Zowel een thermische als kleuren orthofoto moet gevraagd worden als deliverable.
- Voor een vlotte verwerking van de datasets (thermisch en rgb) moeten beide camera's op dezelfde drone worden gemonteerd en de foto's op hetzelfde moment genomen worden. De resolutie waarmee bovenstaande datasets zijn gemaakt is 12 MP RGB en 640*512 pixels IR
- Nadirfoto's volstaan voor de orthofoto, maar enkele *oblique* foto's moeten getrokken worden ter kalibratie van het cameramodel (zie afbeelding 7 ter illustratie)
- Overlap: 80 % front en side overlap voor zowel de thermische als de RGB fotoset
- Gsd: kleiner dan 22 cm/pix voor de thermische foto's. De gsd van de rgb foto's moet kleiner zijn en wordt bepaald door de gewenste nauwkeurigheid, bijvoorbeeld 1,5cm/pix.
- Een duidelijke temperatuurschaal moet geleverd worden met de thermische orthofoto.
- De orthofoto's moeten in een gemakkelijk leesbaar formaat geleverd worden. Bv. .png, .jpg, .bmp, …
- Indien een accuraat 3D model met de gevels gewenst is, moeten er naast de nadirfoto's ook voldoende *oblique* foto's getrokken worden om de gevels en aansluitingen gedetailleerd in beeld te brengen.



Afbeelding 7: Nadir en enkele oblique foto's worden gecombineerd