



# DE MEERWAARDE VAN DRONES BIJ BRANDBESTRIJDING

PROF. DR. VERSTOCKT STEVEN EN VANDECASTEELE FLORIAN

ONDERZOEKSVRAAG UITGEVOERD DOOR

**VERKAEMER SANDER**

VOOR HET BEHALEN VAN DE GRAAD VAN BACHELOR IN DE

**NEW MEDIA AND COMMUNICATION TECHNOLOGY**

HOWEST | 2016-2017





# DE MEERWAARDE VAN DRONES BIJ BRANDBESTRIJDING

PROF. DR. VERSTOCKT STEVEN EN VANDECASTEELE FLORIAN

ONDERZOEKSVRAAG UITGEVOERD DOOR

**VERKAEMER SANDER**

VOOR HET BEHALEN VAN DE GRAAD VAN BACHELOR IN DE

**NEW MEDIA AND COMMUNICATION TECHNOLOGY**

HOWEST | 2016-2017

## VOORWOORD

Mijn naam is Sander Verkaemer, laatstejaarsstudent New Media and Communication Technology (NMCT) aan Howest Kortrijk. Ik ben, naast mijn studies, actief als vrijwillig brandweerman bij hulpverleningszone Fluvia, post Beveren-Leie.

Voor mijn bachelorproef ben ik op zoek gegaan naar een thema dat ik kon koppelen aan mijn twee grootste passies : brandweer en informatica. Door mijn interesse in informatica, meer bepaald hoe alles digitaal met elkaar verbonden kan worden via het Internet of Things ben ik onderzoek gaan doen naar mogelijkheden die de taak van een hulpverlener kon vereenvoudigen. Daarom heb ik onderzoek gedaan naar de meerwaarde van een drone bij brandbestrijding.

Om deze bachelorproef tot een goed resultaat te brengen heb ik veel hulp gekregen van verschillende mensen. Ik ben hen daar dan ook heel erg dankbaar voor.

Een oprecht woord van dank aan prof. dr. Steven Verstockt en Florian Vandecasteele. Als externe promotoren verbonden met de universiteit Gent hebben zij mij bijgestaan in het schrijven van deze bachelorproef en hun kennis met mij gedeeld.

Daarnaast heb ik ook veel hulp gekregen van Wouter Gevaert, interne promotor. Ik wil hem dan ook bedanken voor zijn hulp bij het optimaliseren van dit onderzoek.

Ik wil ook mijn collega's brandweermannen van hulpverleningszone Fluvia bedanken om mee te werken aan een uitgebreid marktonderzoek.

Niet enkel bij het schrijven van dit onderzoek maar tijdens mijn volledige opleiding heb ik altijd kunnen rekenen op de steun en het vertrouwen van mijn ouders.

Als laatste wil ik ook mijn vriendin, Marthe Bol, bedanken voor haar steun en het kritisch nalezen van deze bachelorproef.

Voor de brandweer is het soms heel moeilijk om op een snelle en vlotte manier een overzicht te krijgen van de plaats van interventie. Het is ook niet altijd mogelijk om alle plaatsen te bereiken door een te groot risico voor de brandweermannen. Deze risico's zijn onder meer hoge temperaturen, instortingsgevaar, etc. Door de brandhaarden sneller en accurater in kaart te brengen krijgt de officier of leidinggevende een correcter overzicht. Hierdoor kan de brand sneller omschreven worden en verlaagt men de risico's verbonden aan de brandbestrijding.

In deze scriptie heb ik onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van een drone in het kader van brandbestrijding. Dit heb ik opgesplitst in drie grote pijlers:

- Het drone toestel (de hardware)
- De visualisatie van de meetwaarden
- Dataconnectie tussen drone en visualisatieserver

Vervolgens werd ook een analyse gedaan hoe men een drone indoor kan inzetten. Allereerst heb ik een online enquête gedaan bij 73 brandweermannen van verschillende hulpverleningszones om een beter beeld te krijgen van wat hun noden en wensen zijn. Daarna heb ik een marktonderzoek gedaan naar welke mogelijkheden op vandaag al beschikbaar zijn. Finaal maakte ik een case study op twee reële interventies die afgelopen jaar gebeurd zijn.

Uit mijn onderzoek kan besloten worden dat een drone een meerwaarde heeft maar dat deze nog niet volledig benut wordt. Een drone is een ideaal toestel voor een vogelperspectief over de plaats van interventie. Echter door de beperkte vliegduur en de beperking van temperatuurrestantie is de drone nog geen ideaal toestel om binnen ingezet te worden.

Deze scriptie is vooral bedoeld als naslagwerk voor hulpverleningsorganisaties die een drone willen aankopen.

Voorwoord.....	0
Abstract.....	1
Inhoud.....	2
Inleiding.....	4
1 Probleemstelling.....	6
1.1 Onderzoek bij het werkveld.....	6
1.1.1 Welke gegevens zijn belangrijk?.....	7
1.1.2 Welke gegevens zijn prioritair.....	8
1.1.3 Hoe snel moet data beschikbaar zijn?.....	9
1.1.4 Wanneer zou de drone ingezet moeten worden?.....	10
1.1.5 Hoe moet deze data gevisualiseerd worden?.....	10
1.1.6 Operationele oplossingen.....	11
2 Drone als mogelijke oplossing.....	15
2.1 De drone.....	15
2.1.1 De Verschillende uitvoeringen van een drone.....	15
2.1.2 Voeding en vliegduur.....	16
2.1.3 Welke Sensoren zijn nuttig op een drone?.....	17
2.1.4 Drone Bescherming.....	18
2.1.5 Is een drone beschermd tegen hoge Temperaturen?.....	20
2.2 Visualisatie van gemeten data.....	20
2.2.1 De Verschillende SDK's.....	20
2.2.2 Het weergeven van Nuttige data.....	21
2.2.3 Visualisatie toestellen.....	22
2.3 Connectie tussen drone en visualisatie.....	22
2.3.1 De Dataverbinding.....	22
2.3.2 De Plaats van Dataverwerking.....	25
2.3.3 Verwerking op plaats van interventie.....	26
2.4 Brandweerdrones, een uitzondering op de Wetgeving.....	27
2.5 Een Voorbeeld van mogelijke Configuratie.....	27
2.5.1 De Drone.....	28
2.5.2 De Visualisatie op de plaats van interventie.....	29
2.5.3 Een hybride oplossing voor de dataverbinding.....	30
2.5.4 Kostenraming.....	31
3 Case study.....	33
3.1 Brand in Unilin Wielsbeke – 6 september 2016.....	33

3.2	Brand bij slagerij in Avelgem – 23 september 2016.....	34
4	Besluit.....	35
5	Grafiekenlijst .....	36
6	Figurenlijst.....	36
7	Tabellenlijst .....	36
8	Verklarende woordenlijst .....	37
9	Afkortingen.....	37
10	Referentielijst.....	38
10.1	Webpagina.....	38
10.2	Afbeeldingen .....	39
11	Bijlagen.....	41
11.1	Bijlage 1 – Mockup van visualisatie (optie 1) .....	41
11.2	Bijlage 2 – Mockup van visualisatie (optie 2) .....	42
11.3	Bijlage 3 – Mockup van visualisatie (optie 3) .....	43
11.4	Bijlage 4 – Data chain van verwerking in dispatch .....	44
11.5	Bijlage 5 – Data chain van verwerking op plaats van interventie.....	45

## INLEIDING

De drone is reeds enige tijd gekend als een recreatief toestel maar deze wordt meer en meer ingezet voor professionele doeleinden. Zo gebruikt DHL al drones om pakjes te leveren. Ook landbouwers kunnen de drone gebruiken om een tal van problemen op te lossen. Hierbij denken we aan het detecteren van onkruid, opsporen van ziektes bij de gewassen en het afweren van vogels<sup>[1]</sup>.

De drone doet niet alleen zijn intrede in de industrie, maar ook bij de hulpverlening. Zo gebruikt de wegpolitie de drone om ongevallen sneller in kaart te brengen<sup>[2]</sup>. De reddingsdiensten aan de kust hebben al geoefend met dergelijke techniek<sup>[3]</sup>. De brandweer van Gent heeft eveneens al drones ingezet tijdens de 'De Gentse feesten'<sup>[4]</sup>.

Een drone kan voor veel meer ingezet worden. Met een beetje optimalisatie kan hij zelf toegepast worden in een totaal nieuw segment. Daarom wil ik onderzoeken hoe groot de meerwaarde kan zijn van een drone tijdens brandbestrijdingsopdrachten. Zo kan een drone snel op plaatsen komen waar de brandweer niet kan komen.



Figuur 1 Politiedrone (Marnik Aerts, 2015)

Het is ook mogelijk om snel een 360° graden verkenning uit te voeren.

Er zijn echter ook nadelen. De inzetijd van een drone zal groter zijn dan de inzetijd van een 'gewone' brandweerman. Er zijn een hoop kosten aan verbonden. Denken we maar aan aankoopprijs, onderhouds-, opleidings- en verzekeringskosten.

Om een duidelijk beeld te kunnen vormen van dit nieuw toepassingsgebied wordt er een vergelijkende studie uitgevoerd om de voor- en nadelen duidelijker in kaart te brengen. Om tot een duidelijk besluit te komen mogen we echter niet vergeten om onderzoek te doen op het werkveld.



Figuur 2 Drone met insecticide voor gewas besproeiing (Gonzalo Perez, 2016)



Figuur 3 Drone van DHL voor pakket levering (Andreas Rentz)





# Probleemstelling

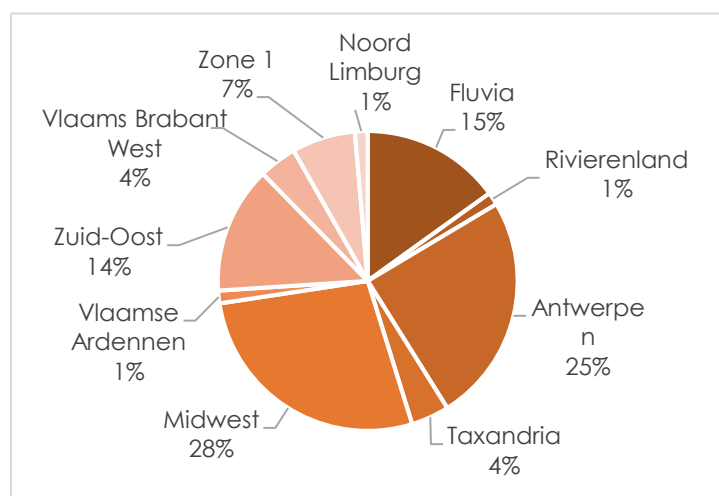
## 1 PROBLEEMSTELLING

Tijdens een interventie is het zeer moeilijk om snel een duidelijk overzicht te hebben over de ernst van de situatie. Het opsporen van de brandhaard, kijken of slachtoffers aanwezig zijn, gevaarlijke producten of explosieve stoffen opsporen zijn enkele problemen waarmee de brandweer geconfronteerd wordt. Wanneer de brandweer aankomt zijn de mensen in paniek. Daardoor is het moeilijk om correcte info te verkrijgen. Ook bij grote interventies zoals industriebranden is het zeer moeilijk om een overzicht te hebben waar de brandhaard zich bevindt en hoe snel die kan uitbreiden. Een van de grootste problemen is dat er vaak geen mogelijkheid is om op een eenvoudige en vlotte manier een 360 graden verkenning te doen. Dit is een standaard techniek die de brandweer gebruikt om een overzicht te krijgen van de plaats van interventie die wordt uitgevoerd door de bevelvoerder ter plaatse.

### 1.1 ONDERZOEK BIJ HET WERKVELD

Om een beeld te krijgen over welke gegevens de bevelvoerder tijdens zijn 360 graden verkenning belangrijk vindt en om een duidelijk zicht te krijgen op de noden van de brandweer heb ik een enquête opgesteld met 21 vragen. Die werd verstuurd naar de verschillende brandweergebieden in Vlaanderen.

Om een zo breed mogelijke mening te krijgen heb ik mijn vragenlijst niet beperkt tot mensen van het hoger kader. Zo heb ik antwoord gekregen van bijna alle graden binnen de brandweer. Op die manier verkreeg ik een goede verdeling tussen het basiskader (30,2%), het middenkader (38,4%) en het hoger kader (31,2%). Ieder kader zal zijn eigen belangrijke functie hebben om een drone efficiënt te kunnen gebruiken. Ik denk maar aan het basiskader die in zal staan voor het besturen van de drone en het middenkader en hoger kader die op basis van de resultaten en metingen de juiste beslissing zullen moeten nemen. Bij de deelnemende personen was er tevens een mooie verdeling tussen beroeps- en vrijwillig personeel. Dit vertaalt zich in 48% vrijwilligers, 42% beroepsbrandweermannen en 10% die zowel beroeps als vrijwillig operationeel zijn.



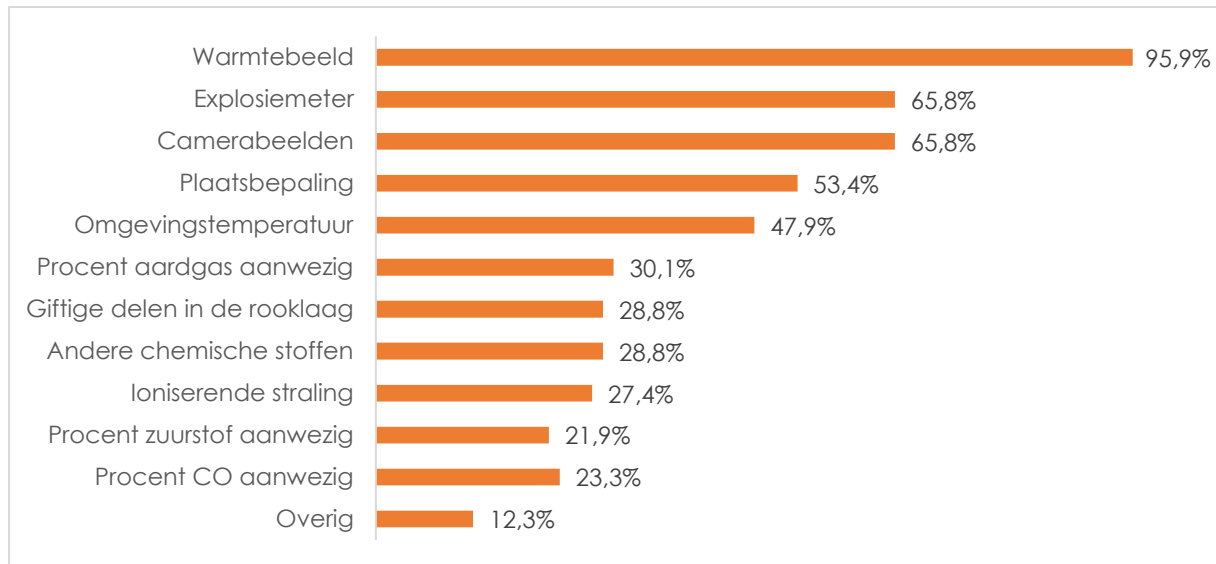
Grafiek 1 Overzicht van de bevroegde zones

Van alle ondervraagde personen zijn er maar een handvol die ervaring hebben met drones. De meeste haalden hun ervaring uit de grote interventie op het autotransportschip 'Silver Sky' op 20 oktober 2016 in Antwerpen<sup>[5]</sup>.

Ik mocht in totaal 73 antwoorden verwerken die mij werden doorgestuurd.

### 1.1.1 WELKE GEGEVENS ZIJN BELANGRIJK?

Een drone kan uitgerust worden met diverse toepassingen. Zo kunnen er allerhande sensoren op voorzien worden die telkens instaan voor een specifieke toepassing. Daarom heb ik de vraag gesteld welke data er zeker beschikbaar moet zijn bij een interventie.



Grafiek 2 Welke data moet beschikbaar zijn tijdens een interventie?

Op grafiek 2 is te zien welke data zeker beschikbaar moet zijn tijdens een interventie. Bijna iedereen is er van overtuigd dat de warmtebeeldcamera een must is. Ook de explosiemeter en de gewone camerabeelden zijn vereisten.

De camerabeelden dienen om een snelle 360 graden verkenning te doen. Dit gekoppeld aan de warmtebeeldcamera kan er voor zorgen dat het mogelijk is om veel sneller de vuurhaard te vinden. Het grote verschil met de huidige warmtebeeldcamera is dat er met de drone ook vanuit de lucht een beeld kan gemaakt worden.

Ook een belangrijke factor is de plaatsbepaling. Door de drone te visualiseren met de afstand tot de omringende muren kan dit zorgen voor een betere interpretatie van de gemeten waarden. De gemeten temperatuur zal verschillend zijn naar gelang de drone hoog of laag vliegt. Ook de afstand tot muren en ramen heeft een groot verschil. Dit kan ook handig zijn om een beeld te krijgen van de grote van bepaalde ruimtes.



Figuur 4 Warmtebeeld gemaakt door een drone (DJI)

Gegevens omtrent de aanwezigheid van aardgas, zuurstof, CO of chemische stoffen zijn geen vereiste maar wel een meerwaarde. Dit komt omdat deze

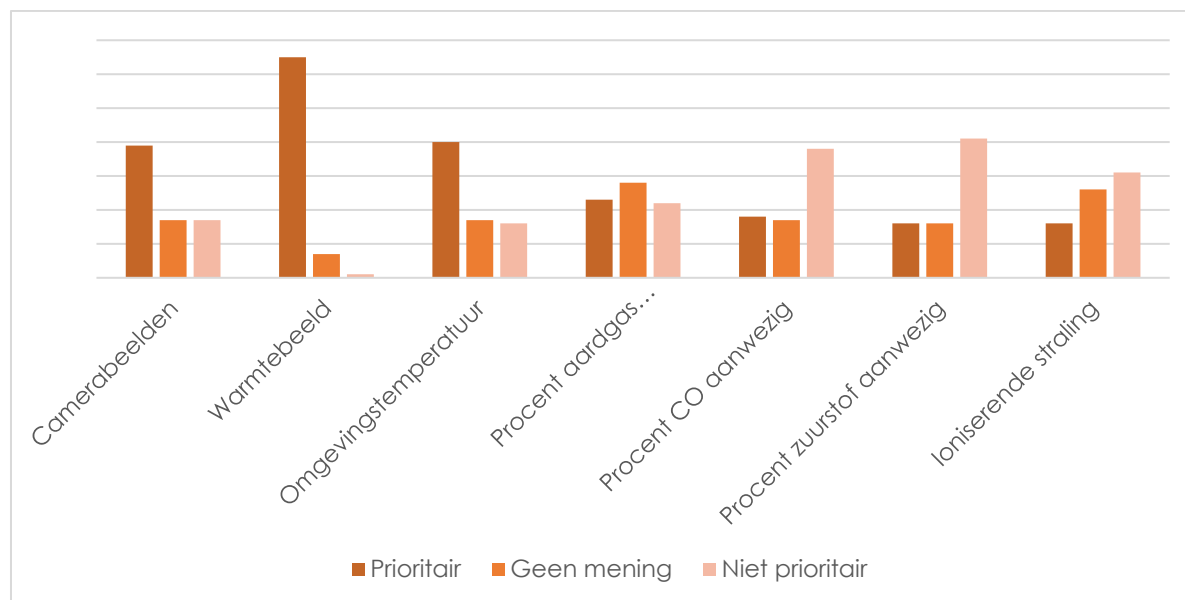
gegevens vandaag ook niet gekend zijn of geen prioriteit hebben in het kader van de brandbestrijding. Deze gegevens kunnen wel gebruikt worden om de overlevingskansen van een slachtoffer te bepalen.

Over één iets zijn alle ondervraagde het eens : hoe meer informatie er beschikbaar is, hoe beter. Zo kan de leidinggevende zijn manschappen beter aansturen. Dit kan een groot voordeel zijn op het vlak van de veiligheid van het aanwezige personeel. Zo kan een drone op plaatsen komen waar het voor de brandweerman te gevaarlijk is.

Deze data kan gekoppeld worden aan andere informatiebronnen die de brandweer nu al ter beschikking heeft. Dit kan gaan van een koppeling naar het hydrantennetwerk om de dichtstbijzijnde hydranten te vinden tot een koppeling naar bestaande interventieplannen. Deze interventieplannen bevatten informatie die nuttig kan zijn voor de brandweer tijdens de interventie. Dit gaat over waterwinplaatsen, locaties van gevaarlijke stoffen of diverse gegevens van contactpersonen.

### 1.1.2 WELKE GEGEVENS ZIJN PRIORITAIR

Bepaalde gegevens zijn belangrijker dan andere. Om in situaties met een beperkte verbinding toch de juiste data te verzamelen moeten we een duidelijk onderscheid maken tussen de data die prioritair is en welke niet.



Grafiek 3 De prioriteit van de gemeten data

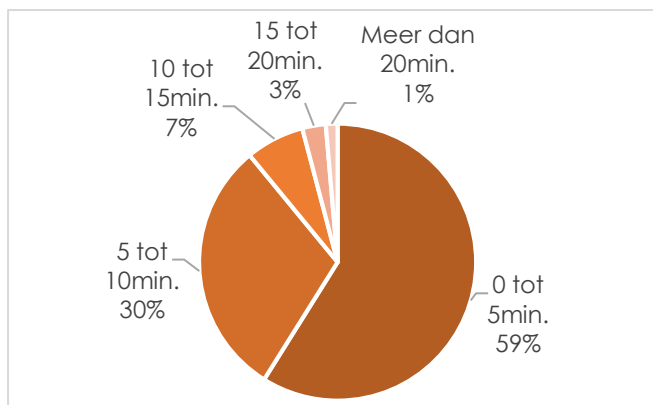
Gebaseerd op de online enquête kan je duidelijk zien wat het werkveld als prioritair ervaart. Effectieve testen moeten deze statements bevestigen. De camerabeelden, de warmtebeelden en de omgevingstemperatuur genieten duidelijk de voorkeur. De rest van de data is minder prioritair. Dit zou kunnen verklaard worden door het feit dat veel van deze extra data op de dag van vandaag niet beschikbaar is voor de brandweer of op een andere manier beschikbaar is.

Veel hangt af van de aard van de interventie. Zo zal de kans op radioactiviteit bij een brand in een woning eerder klein zijn. Bij een brand in een kerncentrale of chemisch bedrijf kan dit dan wel weer de hoogste prioriteit hebben.

### 1.1.3 HOE SNEL MOET DATA BESCHIKBAAR ZIJN?

Een belangrijke factor is de opstarttijd van een drone. Uit het onderzoek blijkt dat de maximum opstarttijd maximum 10 minuten mag bedragen. Dit is gemeten vanaf het moment de drone aanwezig is op de plaats van interventie tot het moment dat de eerste data beschikbaar is voor de leidinggevende.

Dit kan verklaard worden want de gegevens zijn vooral belangrijk om de correcte aanvalsprocedure te kiezen, het brandverloop (in welk stadium de brand zich bevindt: beginbrand, volontwikkelde brand, dooffase) te schetsen en daaruit volgend een inschatting te maken of het nog veilig is om zich in een bepaalde ruimte te begeven.



Grafiek 4 De maximale opstarttijd van een drone

In grafiek 4 laten we de aanrijtijd buiten beschouwing. uit de ondervraging en de gevisualiseerde resultaten in grafiek 4 leiden we af dat de aanrijtijd, (= de tijd die tussen het bellen naar het noodcentrum en de aankomsttijd van de brandweer op de interventie) maximaal 30 minuten mag zijn. Dit is wel enkel toepasbaar bij grote interventies, zoals: grote uitslaande branden, industriebrand, bosbrand, enz.

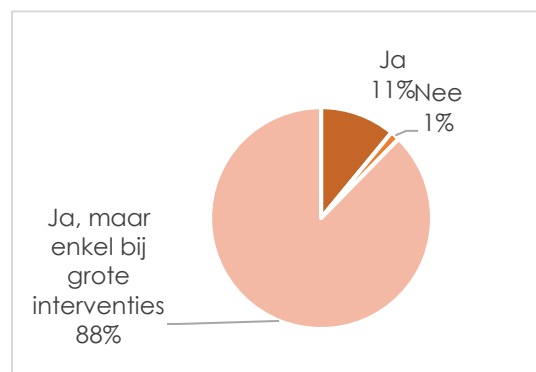
Het is tevens van belang hoe snel deze data vernieuwd zal worden en welke vertraging er op de gegevens zit. De meerderheid (52.1%) kiest voor een real-time verbinding. De rest besluit dat de vertraging maximaal mag liggen tussen de 10 seconden en de 1 minuut. Het is vooral belangrijk dat het niet veel langer duurt dan 1 minuut.

### 1.1.4 WANNEER ZOU DE DRONE INGEZET MOETEN WORDEN?

Tijdens mijn onderzoek ben ik ervan uitgegaan dat de inzetijd van een drone ongeveer 30min. is. Dit is gemeten vanaf het moment waarop de auto de kazerne uitrijdt tot het moment waarbij de eerste data binnenkomt.

Op de vraag of men beroep zou doen op een drone indien de inzetijd een halfuur bedraagt was de meerderheid positief. De meeste ondervraagden zouden een drone bijvragen maar enkel bij grote interventies. Een enkeling kiest ervoor om geen drone bij te vragen. Dit omdat de beginfase van een brand aantoont hoe de brand zal evolueren.

Op de vraag of de drone een ideaal medium is om informatie te verzamelen antwoordde 83.6% met ja. De 16.4% die hiervan niet overtuigd is hadden vooral hun bedenkingen over het feit dat een drone al dan niet bestand is tegen de hitte. Zij gaven ook aan dat het inzetten van een drone in een binnenruimte gevaarlijk kan zijn door een spontane ontsteking van een explosief gas door vonkvorming.



Grafiek 5 Zou u beroep doen op een drone mocht de inzetijd 30min. zijn?

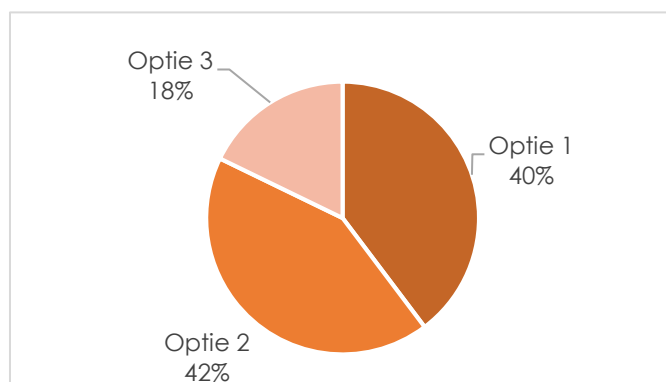
### 1.1.5 HOE MOET DEZE DATA GEVISUALISEERD WORDEN?

Over het toestel waarop de sensordata moet gevisualiseerd worden is er een consensus. Bijna 78% kiest voor een tablet omdat hij compact is, niet veel weegt en toch een relatief groot scherm heeft. Een andere optie is de laptop. (20% van de ondervraagden zouden hiervoor kiezen). 2% kiest dan voor een smartphone of totaal geen visualisatie op de plaats van interventie.

Verder in dit onderzoek werd onderzocht welke visualisatie best zou zijn. Wetende dat dit een subjectief is, wil ik toch onderzoeken welke mogelijke weergave de voorkeur geniet. Tijdens de enquête kregen de deelnemers drie mogelijke opties om te kiezen.

- **Optie 1:** Een eenvoudig overzicht met een grafiek, live camerabeeld en warmtebeeld. Ook waren er iconen om de grafiek aan te passen naar bv. zuurstofpercentage, gemeten temperatuur en andere gemeten waarden. (Bijlage 1)
- **Optie 2:** Een aanpassing op optie 1. Met het enige aanpassing dat de grafiek groter werd weergegeven met alle waarden op. Zo had je een totaal beeld van alle gemeten waarden. (bijlage 2). (m.a.w. een overzichtswaergave)

- **Optie 3:** Hier waren er verschillende tabbladen met elk hun functie. Camerabeeld, warmtebeeld, gemeten temperatuur et cetera. (bijlage 3)



Grafiek 6 Mogelijke indeling van de visualisatie

De meningen waren verdeeld over optie 1 en 2. Het valt op dat de meerderheid kiest voor een oplossing waar er een globaal overzicht is zonder tabbladen. Daarna zijn de meningen verdeeld over welke waarden er op de grafiek getoond zullen worden.

Iedereen is het er wel over eens, dat de data snel en eenvoudig zichtbaar moet zijn.

De ondervraagden geven aan dat er zoveel mogelijk informatie moet te zien zijn maar evenzeer geven ze aan dat dit niet ten koste mag zijn van de leesbaarheid. Het uitschakelen of onzichtbaar maken van niet relevante data kan hier een oplossing bieden.

## 1.1.6 OPERATIONELE OPLOSSINGEN

Om mij niet enkel te focussen op het antwoord van het werkveld, heb ik ook onderzocht of er al gelijkaardige toepassingen op de markt zijn en of er al brandweerposten zijn die een drone inzetten.

### 1.1.6.1 CIVIELE BESCHERMING

De civiele bescherming ontving in juli 2014 een drone. Dit was op dit moment een zeer vooruitstrevende investering. Samen met andere instanties bekeken ze de mogelijkheden om de drone zo optimaal mogelijk te kunnen gebruiken. Bij diverse interventies. Enkele van deze partners zijn de katholieke hogeschool Vives, de Koninklijke militaire school Brussel en de politie<sup>[6]</sup>.

Op 21 april 2016 hebben USAR-specialisten, RED-specialisten en hondenbegeleiders een grote oefening gedaan te Marche-en-Famenne<sup>[7]</sup>. Tijdens die oefening werden de operationele capaciteiten getest. De beelden van de oefening werden live doorgestuurd naar de FOD binnenlandse zaken. Het is de bedoeling dat in de toekomst gezamenlijke interventies overwogen kunnen worden. Op die manier kunnen de mensen van de civiele bescherming ondersteuning bieden aan andere hulpteams. Dit door het sneller opsporen van slachtoffers, het analyseren van mogelijke gevaren, ...



Figuur 5 De drone van de Civiele Bescherming (Gwenn Corbisier, 2016)

Om de beelden live te kunnen doorsturen wordt er gebruik gemaakt van de mobile netwerk service van Astrid, Blue Light Mobile. Astrid is het radionetwerk waar de hulpdiensten in België gebruik van maken. De drones zijn operationeel in de eenheden van Brasschaat en Crisnée.

#### 1.1.6.2 FDNY – FIRE DEPARTMENT NEW YORK

---

Op 6 maart 2017 heeft de brandweer van New York voor het eerst een drone ingezet bij een brand. Het ging over een brand in een appartement met 6 verdiepingen.

De drone die men inzette was van het type 'tethered drone'. Dit wil zeggen dat de drone via een kabel verbonden is met een batterij. Het grote voordeel is dat de drone zolang er stroom toevoer is in de lucht kan blijven. Het nadeel is dat de drone minder wendbaar is en niet binnen inzetbaar. Niet enkel de stroom maar ook de besturing en de videobeelden werden via die kabel verstuurd. Het grote voordeel van een bekabeld toestel is dat er geen tot weinig storing mogelijk is door andere draadloze toestellen. De drone weegt ongeveer 3,5Kg en kost 85.000 dollar. Hij is enkel uitgerust met een HD camera en infrarood camera<sup>[8]</sup>.



Figuur 6 Drone van FDNY (Courtesy)

De drone werd gebruikt om een visueel beeld te krijgen van het dak. Zo kon de bevelvoerder naast de informatie via de radio ook een visueel beeld krijgen van de werkzaamheden op het dak en zijn team aansturen.

#### 1.1.6.3 WEST HAVEN FIRE DEPARTMENT

---

De brandweer van West Haven (VS) heeft ook drones aangeschaft. De drones worden vooral gebruikt bij 'search & rescue' operaties, dit om een 360° beeld te krijgen van de interventie. Daarnaast kunnen ze ook gebruikt worden voor een snel overzicht van een chemische interventie of een verkeersongeval. De brandweerpost kocht drie drones aan, goed voor een investering van 28.000 dollar.

#### 1.1.6.4 SKYFIRE CONSULTING

---

Skyfire consulting is een bedrijf dat zich specialiseert in drones die inzetbaar zijn bij brandbestrijding. Ze beschikken over diverse modellen : de 'Phantom 3' en de uitgebreidere versie, de 'Inspire 1'. Deze toestellen zijn gemaakt met het oog op het voorzien van een 360° overzicht. De toestellen zijn standaard uitgerust met een camera. Deze kan vervangen worden door een warmtebeeld camera. De prijs van de Phantom ligt tussen de \$499 en \$1259. De basisprijs van de Inspire-drone start vanaf \$2899 en loopt op naargelang de opties.



Een andere toestel, de 'matrice 100', is een toestel die gefocust is om naast camerabeelden ook andere data te capteren. De bijkomende data hangt af van de sensoren waarmee de drone is uitgerust. Het toestel is niet standaard uitgerust met een camera maar is wel voorzien van een modulair systeem. Dit zorgt er voor dat de drone specifiek kan aangepast worden naargelang te noden van de interventie. Dit is een iets duurder model maar is wel volledig programmeerbaar. Er is ook een optie om een extra batterij te voorzien, zo kan de drone tot 40min. in de lucht blijven. De prijs voor dit toestel begint bij \$3299.

Al deze modellen zijn drones van het merk DJI. Skyfire consulting biedt totaal oplossingen voor brandbestrijding en search & rescue.



Figuur 7 Skyfire brandweer drone (skyfire)

2

**Drone als mogelijke  
oplossing**

## 2 DRONE ALS MOGELIJKE OPLOSSING

Een drone zou een mogelijke oplossing zijn om op een snelle manier toch een correct overzicht te hebben van de brand. Op die manier kan de brandbestrijding beter en functioneler georganiseerd worden.

Om een drone optimaal te kunnen gebruiken moeten we enkele verschillende opties bekijken. Er zijn uiteraard enkele technische beperkingen waar we zeker rekening moeten mee houden. Dit gaat over factoren zoals temperatuur en vliegduur. Er moet voldoende aandacht besteed worden aan het versturen en verwerken van de data. Ook de visualisatie speelt een belangrijke rol. Het is niet de bedoeling dat het gebruik van een drone de bevelvoering complexer maakt. Het is de bedoeling dat de drone voor een duidelijk en correct overzicht zorgt.

### 2.1 DE DRONE

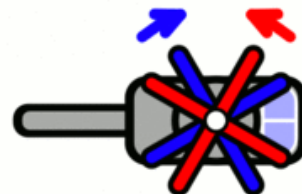
#### 2.1.1 DE VERSCHILLENDE UITVOERINGEN VAN EEN DRONE

Er zijn verschillende soorten drones met elk hun voor- en nadelen. De meest bekende is de quadcopter, de drone met vier propellers. In dit hoofdstuk besteden we wat extra aandacht aan de verschillende categorieën.

##### 2.1.1.1 TRICOPTER, QUADCOPTER, HEXACOPTER EN OCTOCOPTER. DE MULTIROTOR

Een multirotor is een drone met minstens twee propellers. Die propellers moeten wel in het zelfde vlak bewegen. De meeste multirotors kun je onderverdelen in vier categorieën: tricopters, quadcopters, hexacopters en octocopters. Die hebben respectievelijk drie, vier, zes of acht propellers. Er is ook een mogelijkheid om coaxiale propellers te gebruiken. Dit zijn twee propellers die rond dezelfde as draaien maar in tegengestelde zin.

Het grote voordeel van de verschillende propellers is de verhoogde stabiliteit. Het nadeel is hoe meer propellers de drone heeft hoe trager hij een bepaald maneuver kan uitvoeren. De drones met 3 of 4 propellers dienen meestal om wendbaarder te zijn. De drones met meer propellers hebben een grotere stuwkracht en worden daarom meer gebruikt voor toepassing waar de drone zwaarder geladen is. Deze drones worden dan ook meestal ingezet bij het bezorgen van pakketten. Daarnaast is het zo ook mogelijk om de drone uit te rusten met extra sensoren.



Figuur 8 Coaxiale propellers (Michael Frey, 2016)

- |                    |  |
|--------------------|--|
| ✓ Grote stuwkracht | ✗ Kan geen gebruik maken van autorotatie bij motor falen |
| ✓ Stabiel          | ✗ Voert bewegingen trager uit                            |

### 2.1.1.2 VLIEGTUIG MET VASTE VLEUGELS

Dit zijn drones die worden aangedreven door een stuwende motor en uitgerust zijn met vleugels. Het grote voordeel van deze toestellen is dat ze zeer lang in de lucht kunnen blijven. Dit komt door dat je met de luchtstroom een opwaartse lift kan creëren. Het nadeel is dat deze drone constant in beweging moet zijn en daarom niet geschikt is voor onze toepassing.

- ✓ Klein energieverbruik
- ✓ Kan veilig landen bij motor falen
- ✗ Kan niet ter plaatse blijven hangen
- ✗ Kan niet vliegen in kleine ruimtes

### 2.1.1.3 DE HELIKOPTERDRONE

De helikopterdrone is net zoals een gewone helikopter uitgerust met een hoofd- en staartschroef. De hoofdschroef zorgt voor het stijgen en dalen van de drone. De staartschroef zorgt ervoor dat de drone niet ongecontroleerd rond zijn eigen as draait. De beide schroeven worden door dezelfde motor aangestuurd. Dit zorgt voor meer mechanische onderdelen. Die onderdelen zijn zeer gevoelig voor harde landingen en hebben meer onderhoud nodig.

Een groot voordeel van de helikopter is dat bij een motor falen hij niet direct neerstort. Een geoefende bestuurder kan het toestel veilig aan de grond brengen door gebruik te maken van de autorotatie van de hoofdschroef.

- ✓ Autorotatie bij motor falen
- ✓ Zeer wendbaar
- ✗ Complexe mechanische uitvoering
- ✗ De hoofdpropeller zorgt trillingen

## 2.1.2 VOEDING EN VLIEGDUUR

Eén van de belangrijkste aspecten van een drone is zijn vliegduur. Het is belangrijk dat de drone lang genoeg kan vliegen om deftige en nuttige metingen te kunnen doen. De vliegduur wordt ook voor een groot deel bepaald door de sensoren die zich op de drone bevinden. Het is belangrijk om daarom een goede balans te vinden tussen het aantal sensoren die gebruikt kunnen worden en de levensduur van de batterij. Het is namelijk nutteloos om een drone te maken met veel sensoren die amper 5 minuten de lucht in blijft. Omgekeerd is het ook nutteloos om een drone te maken die lang kan vliegen maar waarop geen sensoren staan.

Er zijn twee categorieën op het vlak van voeding. De eerste optie en de bekendste is de batterij. De andere optie is een "tethered drone". Dit is de drone die verbonden is met een externe voeding via een kabel, een voorbeeld is te zien op figuur 8.



Figuur 9 Een voorbeeld van een tethered drone (Elistair)

Beide toestellen hebben voor- en nadelen. De meest voor de hand liggende is de mobiliteit van de drone. Het is namelijk niet mogelijk om met een tethered drone (=bekabeld toestel) binnen aan de slag te gaan. Voor de toepassing van binnenbrand bestrijding is tethered dus niet de beste oplossing. In het kader van een buiten verkenning en 360° overzicht is een tethered drone dan wel weer een goede oplossing door zijn oneindige vliegduur.

Batterij	Tethered
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mobiel</li> <li>✓ Kan op moeilijk bereikbare plaatsen komen</li> <li>✓ Groot inzet gebied</li> <li>✗ Beperkte vliegduur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ongelimeerde vliegduur</li> <li>✓ Minder gewicht</li> <li>✗ Minder mobiel</li> <li>✗ Grotere kans op verstrikking</li> </ul>

### 2.1.3 WELKE SENSOREN ZIJN NUTTIG OP EEN DRONE?

Als we zoveel mogelijk te weten willen komen over een brandhaard of over de plaats waar de brandhaard zicht bevindt moeten we de drone uitrusten met een aantal sensoren. Dit mag wel niet ten koste gaan van de vliegduur. Hoe meer sensoren er aan de drone gekoppeld worden hoe minder lang de drone kan vliegen. Uit de enquête bleek dat onderstaande sensoren de meest gevraagde sensoren zijn door het werkveld.

#### 2.1.3.1 CAMERA

Uit de enquête blijkt dat een warmtebeeldcamera en een gewone camera als minimum vereisten worden gesteld. Dit is handig voor binnenbrandbestrijding en voor een 360° overzicht. Een warmtebeeld camera is een must. Dit zorgt ervoor dat de brandhaard zeer snel gelokaliseerd kan worden. Dit kan ook gebruikt worden voor het opsporen van slachtoffers.

Er zijn twee grote merken die warmtebeeldcamera's verkopen : FLIR en DJI. DJI heeft modellen die qua kostprijs variëren tussen €6120 en €13200. De prijs heeft natuurlijk te maken met de kwaliteit. Alle modellen van DJI zijn volgens het gimbal-principe. Het gimbal-principe of cardanische ophanging zorgt ervoor dat de camera onafhankelijk kan bewegen ten opzichte van de drone.



Figuur 10 Voorbeeld van een gimbal camera (copterlab.com)

FLIR heeft geen camera's gebaseerd op gimbal-principe. De camera's van FLIR variëren tussen €999 en €4499. Het grote voordeel van FLIR is dat zij een DUO model hebben. Dit is een cameramodule met zowel een warmtebeeldcamera als een gewone camera. Dit zorgt voor een licht en energiezuinig toestel.

### 2.1.3.2 TEMPERATUUR SENSOR

---

Met een warmtebeeldcamera is het niet mogelijk om de omgevingstemperatuur te meten. Dit kan wel met een temperatuur sensor. Om temperaturen te kunnen meten van 650°C, die reëel zijn voor een binnenbrand, moet al snel overgestapt worden naar een industrieel type. Voor sensoren met een meetbereik van ongeveer -100°C tot 850°C betaal je tussen €30 en €130. De prijs hangt meestal af van de kwaliteit en de nauwkeurigheid van de sensor. Het energieverbruik van deze sensoren is te verwaarlozen in vergelijking met het verbruik van een camera en de motoren van een drone. Dit is dus zeker een meerwaarde voor een drone.

### 2.1.3.3 EXPLOSIEMETER

---

De explosiemeter is een toestel dat al een geruime tijd gebruikt wordt door de brandweer. Met dit toestel kan de aanwezigheid van explosieve gassen gemeten worden. Dit wordt meestal weergegeven ten opzichte van de onderste explosiegrens. De onderste explosiegrens is de hoeveelheid gas die in een ruimte moet aanwezig zijn voor deze explosief is. Hier zijn er veel verschillende opties maar aangezien de brandweer al over dergelijke toestellen beschikt is het aan te raden om dezelfde toestellen te gebruiken. Dit bevordert het comfort voor de mensen die hier mee moeten werken. Optimaal moet de explosiemeter uitgerust zijn om zijn data door te sturen, dit ofwel rechtstreeks of via de drone.

### 2.1.3.4 PLAATSBEPALING

---

Indien een drone binnen ingezet wordt dan zal de zichtbaarheid van een gewone camera meestal niet voldoende zijn. Door de dikke zwarte rook die gepaard gaat met een binnenbrand zal er een andere oplossing moeten gezocht worden. Ook de afstand tot een muur of het plafond kan zorgen voor een afwijking op de gemeten waarden. Het spreekt voor zich dat de warmte aan een plafond merkelijk hoger is dan op een lager niveau.

Om een beeld te krijgen van de plaats van een drone in een ruimte kunnen infrarood sensoren gebruikt worden. Door gebruik te maken van terugkaatsende infraroodsignalen kunnen de sensoren de aanwezigheid van objecten in kaart brengen. Een andere veel gebruikte manier is het gebruik van geluid. Door ultrasone geluiden kan de sensor een object in een ruimte vinden. Door verschillende sensoren rondom de drone te plaatsen kan er berekend worden hoe dicht een drone zich bij muren of het plafond bevindt.

## 2.1.4 DRONE BESCHERMING

Indien we de drone binnen willen gebruiken moet er voldoende aandacht worden besteed aan de bescherming van de drone. Dit vooral voor de propellers. Binnen is de kans zeer reëel dat de drone in aanraking komt met obstakels. Om te voorkomen dat bij een botsing één of meerdere propellers breken is het sterk aan te raden om extra beveiliging te voorzien.

### 2.1.4.1 PROPELLERBESCHERMING

---

Een eenvoudige oplossing is het gebruik maken van propellerbeschermers. Dit zijn hulpstukken die op de drone gemonteerd worden. Hiermee zijn de propellers beschermd tegen aanrakingen met externe zaken. Bij de meeste propellerbeschermers is er minder aandacht besteed aan de bovenkant.

Deze propellerbescherming is wel een zeer goedkope oplossing. De prijs varieert tussen de €4 en €20 euro. Er bestaan ook diverse mogelijkheden. Je hebt afzonderlijke beschermers. Dit is één beschermer per propeller. De andere mogelijkheid is het gebruikmaken van één grote beschermer voor de hele drone waarbij alle propellers in één keer worden beschermd. (afbeelding figuur 10.)



Figuur 11 Hubsan X4L propeller beschermer (Eigendrone.nl)

### 2.1.4.2 PROPELLER KOOI

---

Een andere oplossing is een propellerkooi. De propellers bevinden zich in een kooi die zowel van boven als van onder is afgesloten. Dit is wel een iets duurere oplossing. Voor vier kooien betaal je al gauw €146.

Voorlopig zijn er enkel propellerkooien op de markt voor de toestellen van DJI. Deze kooien zijn dan ook aangepast aan de modellen van deze firma en niet compatibel met andere toestellen.

Het grote nadeel van deze kooien is dat de vliegduur drastisch daalt door het gewicht. De vliegduur wordt gereduceerd met 12 minuten.



Figuur 12 Mavic propeller kooi (Wiebe de Jager)

### 2.1.4.3 ELIOS

---

Elios is een drone van het merk Flyability. Zij gebruiken een zeer revolutionaire manier van beschermen. De drone zit namelijk volledig in een beschermende kooi. De ontwikkelaars van de drone zijn gestart vanuit een andere invalshoek. In plaats van de drone uit te rusten met sensoren die obstakels ontwijken hebben ze er voor gezorgd dat de drone tegen het obstakel kan aanvliegen.

De kooi maakt het mogelijk dat de drone ongestoord kan verder vliegen na aanraking met een ander voorwerp. Met de kooi is het mogelijk om probleemloos verder te vliegen na een botsing. Dit met een snelheid van 15km/u. Het voordeel is dat de kooi ongeacht de vliegrichting kan bewegen. Het is daarom ook mogelijk om een rollende beweging te maken over de grond. De gaten in de kooi zijn wel zodanig gemaakt dat het mogelijk blijft om op een relatief snelle manier de batterij of andere onderdelen te vervangen.



Figuur 13 Elios cage protected drone (Flyability)

## 2.1.5 IS EEN DRONE BESCHERMD TEGEN HOGE TEMPERATUREN?

Aangezien het de bedoeling is om de drone binnen te kunnen inzetten moet er ook gedacht worden aan de maximumtemperatuur waar een drone kan in functioneren. Voor de meeste drones liggen die maximumwaarden op ongeveer 45-50 °C. Bij een binnenbrand zijn de ruimtes eerder beperkt in volume en zijn sterk geïsoleerd. Dit zorgt er voor dat de temperatuur al snel oploopt tot 600 °C. Tot op vandaag is er nog geen mogelijkheid op de toegestane maximum temperaturen van een drone te verhogen. Een mogelijke oplossing zou een beschermende coating kunnen zijn of een speciale geïsoleerde case die de warmte tegenhoudt.

## 2.2 VISUALISATIE VAN GEMETEN DATA

Naast de drone zelf is visualisatie ook een belangrijke pijler in het kader van mijn onderzoek. Dit moet ervoor zorgen dat er in één oogopslag een correct beeld kan getoond worden. Aangezien er in de enquête twee designs duidelijk naar voor kwamen zal ik mij verder baseren op deze modellen. Het is tevens de bedoeling dat de indeling van de applicatie miniem wijzigt zodat je voortdurend over relevante data beschikt.

### 2.2.1 DE VERSCHILLENDE SDK'S

Met deze software development kits kan je je eigen mobile app maken. Zo kan je de applicatie volledig naar eigen wens programmeren. Er zijn heel wat verschillende SDK's die meestal drone-gebonden zijn. Het mobile app gedeelte is meestal maar een onderdeel van de volledige SDK. De keuze voor een bepaalde SDK is dus sterk afhankelijk van datgene waarvoor je de drone inschakelt.



### 2.2.1.1 DRONEKIT

---

De dronekit SDK is een kit gemaakt voor drones die gebruik maken van de open-source ArduPilot flight control software. De dronekit SDK bestaat uit drie grote onderdelen: Het cloud onderdeel, het on-board computing onderdeel en het mobile control onderdeel. Het is mogelijk om alle drie de onderdelen samen te gebruiken of enkel twee onderdelen afzonderlijk te gebruiken.

Het cloud onderdeel maakt het mogelijk om video en andere data rechtstreeks naar het internet te sturen.

Met de on-board computing programmeer je extra logica op de drone. Zo kan de drone zelf anticiperen op vooraf ingestelde patronen, bijvoorbeeld automatisch landen op een rode stip.

Het mobile control onderdeel maakt het mogelijk om zelf applicaties te schrijven om je drone te besturen. Het is mogelijk om applicaties te schrijven voor Android, laptops, embedded computers en webtoepassingen. Hiervoor maak je gebruik van Python bibliotheek.

### 2.2.1.2 DJI

---

DJI heeft drie verschillende SDK's : de Mobile SDK, de On-board SDK en de Guidance SDK. De mobile SDK maakt het mogelijk om apps te schrijven voor Android en IOS. Met een on-board SKD programmeer je rechtstreeks de drone zodat deze rechtstreeks gestuurd kan worden.

De Guidance SDK zorgt ervoor dat je het Guidance systeem van DJI kunt programmeren. Met dit systeem kan je de drone uitrusten met 5 sensoren die de afstand meten tot een bepaald object. Zo is het mogelijk om botsingen te vermijden maar ook een follow-me functie te programmeren.

### 2.2.1.3 PARROT SDK 3

---

Deze SDK zorgt ervoor dat je applicaties kan programmeren voor Android, IOS en Unix systemen. De Parrot SDK is compatibel met een aantal drones. Deze SDK heeft wel minder functies dan de vorige twee SDK's. Het is uiteraard wel mogelijk om de drone te besturen en videobeelden te streamen.

## 2.2.2 HET WEERGEVEN VAN NUTTIGE DATA

Omdat data ook vaak interventie gebonden is moet er zeker een mogelijkheid bestaan om te kiezen welke data er weergeven wordt. Zo is er meer plaats om de nuttige data te tonen. Dit kan gaan over bijvoorbeeld nucleaire straling die vooral aanwezig is bij een interventie in een kerncentrale of een chemisch bedrijf. Het spreekt voor zich dat deze data minder relevant is bij een standaard binnenbrand.

De visuele weergave van data bevordert de leesbaarheid en zorgt ervoor dat er snel een conclusie kan genomen worden uit de verzamelde data. Een eenvoudige manier om data weer te geven is het gebruikmaken van grafieken. Indien er teveel data in een grafiek staat wordt de leesbaarheid al heel wat minder. Daarom moet er gekozen worden voor een gulden middenweg. De mogelijkheid om de gebruiker zelf te laten kiezen welke data hij wil visualiseren kan ervoor zorgen dat enkel nuttige en relevante data weergegeven wordt en dat de gebruiker bijgevolg tevreden is over datgene wat hij verzamelt.

### 2.2.3 VISUALISATIE TOESTELLEN

Zoals in hoofdstuk 1.1.5 werd aangehaald blijkt uit de enquête dat de tablet verkozen wordt als meest geschikte oplossing. Uiteraard moet deze tablet wel bestand zijn tegen schokken en waterspatten. De nieuwe moderne autopompen en commandowagens zullen voortaan ook uitgerust worden met gelijkaardige tablets. Indien we voor de visualisatie dezelfde tablets gebruiken is dit een groot voordeel op het vlak van opleiding. Zo kan de onderofficier die de leiding heeft over een autopomp ook de drone-beelden opvragen.

De tablet moet in dit kader dan ook niet aangepast worden. De enige vereiste die deze tablet moet hebben is de mogelijk om met Wifi of een mobiel netwerk verbonden te worden.

## 2.3 CONNECTIE TUSSEN DRONE EN VISUALISATIE

### 2.3.1 DE DATAVERBINDING

Het is natuurlijk ook belangrijk dat de drone snel en correct zijn data kan versturen. Ook indien het netwerk faalt door overbelasting moet de drone nog inzetbaar blijven. Het kan eventueel nuttig zijn dat niet enkel de officieren ter plaatse de data kunnen raadplegen maar ook de dispatch of een CP-Ops.

#### 2.3.1.1 TETHERED DRONE

Indien je gebruik maakt van een tethered drone kan je de bekabeling gebruiken voor het versturen van data en besturing. Dit zorgt voor een stabiele en goede verbinding. Een groot voordeel is dat de invloed van andere signalen minimaal blijft blijft en dat het toestel ongestoord zijn werk kan verrichten.

Zo heb je verschillende mogelijkheden. Een goede oplossing vind ik de 'Safe-T' van Elistair. Deze box is voorzien van een volledige geautomatiseerde lier zodat de kabel niet verstrikt geraakt. Zijn eenvoudige maar stevige uitvoering is een pluspunt. De safe-T is compatibel met verschillende drones.



Figuur 14 Safe-T van Elistair (Elistair)

### 2.3.1.2 EEN DRAADLOZE VERBINDING

In volgende tabel staan enkele van de meest gebruikte draadloze protocollen.

	Afstand openlucht (m)	Data throughput (Mbps)	Kostprijs netwerk per maand (€)
Bluetooth (BLE)	50	0.27	Gratis
Mobiel netwerk	/	3-15	Mobile Vikings: €12 Proximus: €15 Orange: €15
Blue Light Mobile	/	3-15	€10.74
Wifi	100-250	7(b), 25(g), 150(n)	Gratis
Radio frequentie	800-1000	0.57	Gratis

**Tabel 1 Overzicht van draadloze protocollen voor het versturen van data** In bovenstaande tabel heb ik geen aandacht besteed aan protocollen die niet geschikt zijn voor grote afstanden of het versturen van videobeelden. Protocollen als LoRa en Sigfox zijn dus niet geschikt voor deze toepassing. Dit vooral door de lage snelheid en kleine bandbreedte. Radiofrequentie is ook niet geschikt voor het versturen van data maar is wel een goede technologie voor het aansturen van de drone.

Blue Light Mobile is het mobiel netwerk van Astrid. Astrid is het radiocommunicatie netwerk van de hulpdiensten in België. Het voordeel van dit mobiel netwerk is dat het niet gebonden is aan één maar verdeeld is over drie providers. Zo kan Astrid een goede dekking voorzien en een zekerheid bieden bij grote rampen. Het netwerk is beveiligd en krijgt voorrang op ander mobiel verkeer. De prijzen voor het mobiel netwerk en Blue Light Mobile zijn beiden voor een data-only simkaarten met een toegelaten verbruik van 2GB.

Momenteel lijkt Blue Light Mobile wel de beste oplossing. De andere protocollen schieten te kort op afstand, zoals wifi en bluetooth, en op snelheid.

### 2.3.1.3 DJI LIGHTBRIDGE

---

Een andere optie is gebruik maken van de DJI Lightbridge. Dit is de combinatie van een afstandsbediening en een toestel om op de drone te plaatsen. Dit toestel zorgt voor het versturen van de beelden die de drone maakt. Volgens de website is het mogelijk om een afstand te halen van 3.5km in open gebied en zonder storing.



Figuur 15 DJI Lightbridge 2 (DJI)

De video output is beschikbaar via vier verschillende aansluitingen: HDMI, mini-HDMI, 3G-SDI en USB. Het is mogelijk om meerdere afstandsbedieningen in master-slave modus te zetten zodat de videobeelden naar meerdere mensen gestreamd kan worden. Simultaan sturen met twee camera's behoort ook tot de mogelijkheden. Zo kan de piloot zich focussen op het beeld van de FPV-camera terwijl zijn collega het beeld van de hoofdcamera onder controle houdt. Deze samenwerking zorgt ervoor dat de officier onafhankelijk de camera beweegt terwijl de piloot zich focust op de vliegrichting.

De LightBridge is compatibel met de DJI SDK. Het beeld en de besturing in een eigen ontwikkelde app gebruiken bestaat tot de mogelijkheden.

Dit is wel een dure oplossing. Een combinatie van afstandsbediening en 'air-system' kost ongeveer 925 euro. Hierbij houden we dan nog geen rekening met de extra afstandsbediening voor de leidinggevende.

Zonder schermen betaal je al gauw 1434 euro.

Nadelig is dat dit toestel enkel de camerabeelden verstuurt. Bijkomende data die verzameld wordt door andere sensoren wordt niet verstuurd.

### 2.3.1.4 DE GOPRO HEROCAST

---

De HeroCast is de broadcast oplossing van GoPro. Ik denk echter niet dat dit een waardige concurrent is voor hierboven voorgestelde oplossingen. De HeroCast heeft een kostenplaatje van ongeveer 7000 euro (zonder camera) en Dit toestel maakt gebruik van een H.264 codering, Dit maakt het broadcasten van de HD-beelden mogelijk. Naast die 7000 euro moet er ook nog een ontvanger aangekocht worden van 11500 euro. De ontvanger voorzien van een display vraagt dan ook weer een meerprijs. Het is dus een zeer dure oplossing. Een voordeel is wel dat de GoPro en HeroCast in een waterdichte behuizing kan geplaatst worden.

## 2.3.2 DE PLAATS VAN DATAVERWERKING

Het is de bedoeling om de verkregen data te verwerken zodat de sensor metingen optimaal gebruikt kunnen worden. Ook de opslag van deze data is belangrijk. De data kan achteraf gebruikt worden voor evaluatie en tijdens les momenten. De twee mogelijke oplossingen die ik in dit hoofdstuk behandel staan schematisch afgebeeld als bijlage vier en vijf.

### 2.3.2.1 VERWERKING IN DE ZONALE DISPATCHING

De dispatching, (plaats waaruit alle interventies van een brandweerpost of zone aangestuurd worden) is uitgerust met een server. Deze wordt gebruikt voor hun alarmeringsterminal, het bijhouden van interventieverslagen en zo verder. Deze server kan dus perfect gebruikt worden voor de verwerking van de data verkregen door drones. Dit is een financiële meevaller.

Het grote nadeel is echter dat de data van de drone eerst naar de server moet gestuurd worden om daarna terug naar de plaats van interventie gestuurd te worden (tweerichtingsverkeer).

Dit is natuurlijk niet optimaal. De grootste bottleneck bij het verwerken van de data is het versturen.

De voor en nadelen:

- ✔ Veel rekenkracht
- ✔ Financieel voordelig
- ✔ Weinig beperking bij opslag
- ✘ Data moet terug verstuurd worden naar de bevelvoerder

### 2.3.2.2 VERWERKING OP DE PLAATS VAN INTERVENTIE

Door een deel van de verwerking op de plaats van interventie te doen moet niet alles verstuurd worden naar de server in de dispatch. Het is echter niet nodig om een zware server ter plaatse te hebben. Met een desktop of een singleboard pc kunnen al heel wat berekeningen gedaan worden. Het grote voordeel is dat de bevelvoerder de gegevens al kan bekijken zonder ze extern te moeten gaan raadplegen.

- ✔ Data blijft ter plaatse beschikbaar
- ✔ Indien data niet extern nodig is kan dit achterwege worden gelaten
- ✘ Uitgebreidere infrastructuur
- ✘ Extra kost

Dit zorgt wel voor een uitgebreidere infrastructuur. Het grote voordeel is dat per onderdeel in de ketting de juiste en meest geschikte technologie gebruikt kan worden. Zo moet er niet gekozen worden voor een globale technologie. Om een voorbeeld te krijgen van deze infrastructuur verwijzen we graag naar het hoofdstuk 2.5.3.

### 2.3.3 VERWERKING OP PLAATS VAN INTERVENTIE

Indien er voor gekozen wordt om de verwerking te doen op de plaats van interventie moet er een kleine server aanwezig zijn. Dit kan uitgevoerd worden door een single-board pc of een kleine desktop pc. Er zijn wel enkele vereisten, zo moeten de pc een video ingang hebben, netwerktoegang en de pc moet krachtig genoeg zijn om een webserver op te draaien.

#### 2.3.3.1 DESKTOP PC

---

Het voordeel van een desktop pc is dat hij volledig op maat kan gemaakt worden. Daardoor kan je de pc precies afstellen op de noden van het werkveld. Zo zijn er geen beperkingen op vlak van processor en RAM. Ook video input is geen enkel probleem. Een nadeel is dat de desktop pc meer plaats in neemt dan een single-board pc.

#### 2.3.3.2 RASPBERRY PI 3

---

Dit is waarschijnlijk de meest gekende en populaire single-board pc. Ook een groot voordeel is de enorme community van de Raspberry Pi. De meest recente versie op dit moment is het model 3b. Dit model is uitgerust met een 64-bit quad-core ARMv8 processor. Deze is goed voor een snelheid van 1,2GHz. Hij heeft ook een ingebouwde wifimodule en een bluetooth 4.1 module. De bluetooth kan ook gebruikt worden in 'Low energy' mode.

Daarnaast is de Raspberry Pi ook uitgerust met 1GB RAM, 4 USB-poorten, 40 GPIO pinnen, HDMI-poort en een Ethernet poort. Door de verschillende USB-poorten en de 40 GPIO-pinnen is de Raspberry Pi uitermate geschikt voor het toevoegen van extra modules. Het is niet mogelijk om de HDMI-poort te gebruiken als input. Dit kan wel opgelost worden met een HDMI naar USB-omvormer. Dit gaat wel ten koste van de beeldkwaliteit.

Het is niet mogelijk om naast een SD kaart een extra harde schijf toe te voegen. Daardoor blijft de opslagcapaciteit eerder beperkt.

#### 2.3.3.3 VENTANA GW5400

---

Dit is single-board pc die uitstekend is voor het verwerken van video-opnames. Hij is uitgerust met zowel een ingang en uitgang voor HDMI-video en composietvideo. De processor is een 1GHz quad-core processor. Standaard is hij uitgerust met 1GB RAM, maar dit kan uitgebreid worden tot 4GB. Het is ook mogelijk om via één van de zes mini-PCIe sockets extra opslagcapaciteit toe te voegen. Er is ook een RTC voorzien met een back-up batterij.

## 2.4 BRANDWEERDRONES, EEN UITZONDERING OP DE WETGEVING

Naast het toestel en de visualisatie is ook wetgeving een belangrijk punt. In België zijn drones ingedeeld in drie verschillende categorieën. De categorieën zijn recreatief, klasse 2 en klasse 1. Drones die in de recreatieve klasse vallen mogen niet meer dan 1 kg wegen en er mag niet hoger dan 10m gevlogen worden. Klasse 2 drones zijn drones die maximaal 5 kg opstijgmassa mogen hebben en tot op 45m hoogte mogen vliegen. Klasse 1 drones mogen vliegen tot op 90m en tot 150 kg wegen. Klasse 1 is onderverdeeld in twee subklassen, klasse 1a en 1b respectievelijk voor hoog risico vluchten en matige risico vluchten.

In artikel 3 van het "Koninklijk besluit met betrekking tot het gebruik van op afstand bestuurde luchtvaartuigen in het Belgisch luchtruim" staat dat er een uitzondering gemaakt wordt voor politie, brandweerdiensten en defensie. Dit wil zeggen dat de brandweer een drone mag gebruiken bij brandbestrijding en dit zonder enige wetgeving. Er is wel een beperking : de drone mag niet meer wegen dan 150 kg en moet bestuurd worden vanaf een grondcontrolestation. Dit laatste is uiteraard geen probleem.

Dit KB was een zeer sluitend systeem voor de luchtvaart, maar door de komst van de drone is dit veranderd. Vroeger beschikten enkel defensie en politie over helikopters en waren het enkel zij die onderhevig waren aan die uitzondering. Door de komst van drones is er een grijze zone ontstaan. Zo moet een persoon die commercieel met een klasse A drone wil vliegen aan een heleboel voorwaarden voldoen. Indien diezelfde persoon in het kader van de brandweer met een gelijke drone wil vliegen kan dit zonder enige regelgeving. Daarom zou er gewerkt worden aan een nieuw KB die ervoor zorgt dat deze grijze zone ook duidelijker beschreven staat.

## 2.5 EEN VOORBEELD VAN MOGELIJKE CONFIGURATIE

Aangezien het niet haalbaar was om zelf een drone samen te stellen heb ik ervoor gekozen om een theoretisch ontwerp te maken. Dit ontwerp is een van de mogelijke oplossingen, en zeker niet de enige optie. Dit hangt vooral af van de specifieke noden van de gebruiker.

Ik heb ook de extra kosten opgesomd om een totaalbeeld te krijgen van de mogelijke kosten die verbonden zijn aan het gebruiken en inzetten van een drone. Dit gaat over geld voor opleidingen, aanschaffen van een tablet en andere kosten.

## 2.5.1 DE DRONE

Persoonlijk vind ik de drones van het merk DJI zeer goede toestellen, zowel op vlak van hardware als software. Het grote voordeel van dit merk is dat ze zowel een oplossing hebben voor de hardware, de communicatie en de software.

Op basis van de resultaten uit de enquête zou ik opteren om twee verschillende drones aan te schaffen. Een kleinere enkel uitgerust met enkel een camera en een groter model die uitgerust is met meerdere sensoren. De kleine drone zou binnen ingezet kunnen worden. De tweede, grotere drone, zou uitgerust zijn met onder andere een warmtebeeld camera. Voor beide verkies ik drones van het merk DJI. Ik verkies deze drones omdat er een breed gamma is aan verschillende drones en accessoires die compatibel zijn met de verschillende drones in hun gamma.

Momenteel zou ik nog geen extra sensoren aan de drone hangen, met uitzondering van de camera's. De vliegduur vermindert enorm indien er extra toestellen gekoppeld worden. Doordat de vliegduur op vandaag nog niet optimaal is zou de drone te vaak moeten landen om de batterij te vervangen.

### 2.5.1.1 INDOOR VERSIE

De drone die ik verkies voor het werken binnen is de 'Phantom 4 pro' van DJI. Met zijn afmeting van 35cm is hij uiterst geschikt voor indoor activiteiten. De drone is ook uitgerust met een infrarood collision avoidance systeem. Zo vermindert de kans op botsingen drastisch. Door gebruik te maken van dit infrarood systeem is de drone horizontaal op 30cm nauwkeurig en verticaal op 10cm. Het is ook mogelijk om propellerbeschermers aan te



**Figuur 16 DJI Phantom 4 PRO (DJI)**

kopen. Standaard is deze drone uitgerust met de DJI Lightbridge. De drone zou in optimale omstandigheden bestuurbaar zijn tot op 7km afstand. Dit is echter in open veld en zonder storing. Indien de drone binnen ingezet zal worden zal die afstand serieus verminderen. De camera is een 20 megapixel camera die instaat is om 4K videobeelden te maken. Deze drone is niet geschikt voor indoor gebruik bij hoge temperaturen. Een mogelijkheid zou zijn om deze drone te gebruiken om een gerichtere nablissing te doen, zo kunnen warme plaatsen eenvoudig ontdekt worden.



### 2.5.1.2 OUTDOOR VERSIE

---

Ik zou kiezen voor de Matrice 100 van DJI. Dit is wat zij noemen de ideale drone voor developers. Deze drone kan uitgerust worden met verschillende sensoren. Het is ook mogelijk om twee verschillende camera's te monteren. Dit is een groot voordeel, zo heeft de piloot een camera waar hij de drone mee kan besturen indien hij niet zichtbaar is. De bevelvoerder kan de andere (warmtebeeld) camera gebruiken voor de verkenning. Deze drone zou uitgerust zijn met de 'Zenmuse XT' warmtebeeldcamera. De Matrice 100 kan 35 minuten in de lucht blijven hoveren indien enkel de warmtebeeldcamera geconnecteerd is en indien hij uitgerust is met twee batterijen. Indien de omgeving het toe laat kan er ook gekeken worden om gebruik te maken van een externe batterij, zo creëer je een tethered drone die oneindig lang in de lucht kan blijven. De drone zou net als de indoor drone in optimale omstandigheden bestuurbaar zijn tot op 7km afstand.

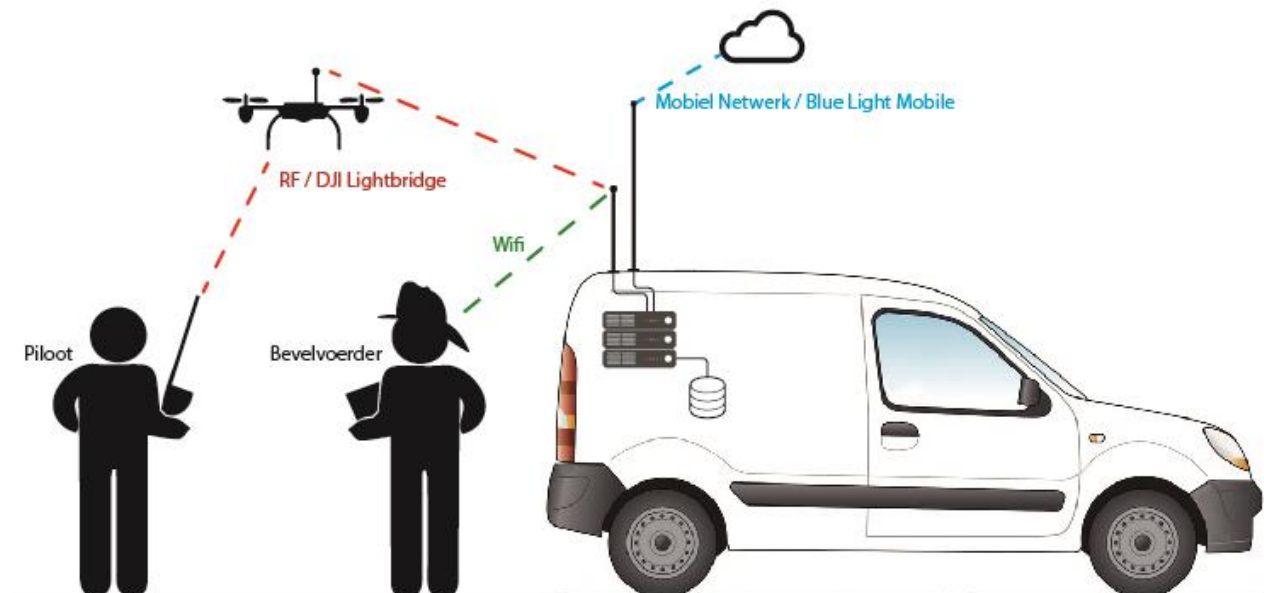
### 2.5.2 DE VISUALISATIE OP DE PLAATS VAN INTERVENTIE

De visualisatie zal gebeuren op een industriële tablet. Enkele minimum vereisten zijn dat de camerabeelden van de beide drones op hetzelfde moment kunnen gevisualiseerd worden. Het onzichtbaar maken van onnuttige informatie is een belangrijke vereiste. Door de gebruiker zelf te laten beslissen welke data er weergegeven wordt op de grafiek kan dit eenvoudig aangepast worden tijdens de interventie. Dit kan gedaan worden door de waarden real-time te tonen. Door het aanklikken van een bepaalde waarde kan deze gevisualiseerd worden op de grafiek.

De DJI Mobile SDK maakt het mogelijk om een mobiele applicatie te programmeren die het mogelijk maakt de drone te besturen, videobeelden te tonen en andere gegevens te gebruiken. Het is ook mogelijk om twee verschillende applicaties te maken. Een applicatie voor de piloot waarmee hij zicht heeft op de videobeelden, de batterijstatus en evt. andere informatie. De andere applicatie is voor de bevelvoerder die geen aandacht moet besteden aan de batterijstatus maar zich zo meer kan focussen op de verkregen data.

### 2.5.3 EEN HYBRIDE OPLOSSING VOOR DE DATAVERBINDING

Een voorstel van een mogelijke infrastructuur wordt visueel voorgesteld in figuur 16.



Figuur 17 Mogelijke communicatie opstelling

Dit zou een mogelijke oplossing zijn. De server verwerkt de data die hij rechtstreeks van de drone krijgt. Hij bewaart deze data op een beperkte harde schijf. Die data maakt hij beschikbaar via Wifi naar de bevelvoerder. Via een mobiel netwerk, bijvoorbeeld Blue Light Mobile, gaat de info naar de externe dispatch. Eén van de grootste knelpunten is het mobiel netwerk. Hier heb je geen controle over. Daarom is deze opstelling uitermate geschikt. Indien het mobiel netwerk weg valt dan blijft de verbinding met de bevelvoerder operationeel.

Indien het over een beperkte interventie gaat kan het mobiel netwerk eventueel uitgeschakeld worden. De data kan dan na de interventie overgezet worden op de server van de dispatching.

In onderstaande opsomming gebruik ik dezelfde technologie voor de connectie tussen de piloot en de drone als voor de connectie tussen de drone en de server. Op die manier kunnen we de drone uitrusten met één communicatiemiddel en beperken we op die manier het energieverbruik.

Als server zou ik kiezen voor een desktop pc. Dit omdat er geen plaats beperking is. Zo is het mogelijk om die pc uit te rusten met genoeg geheugen en opslagcapaciteit.

## 2.5.4 KOSTENRAMING

Dit is een ruwe kostenraming gebaseerd op bovenstaande configuratie. De prijzen zijn gebaseerd op de prijzen van verdelers of de producent. Er is geen rekening gehouden met eventuele opleidingen en abonnementskosten voor de dataverbinding.

<b>Drone</b>	<b>€13 760</b>
<b>Indoor drone</b>	<b>€1 412</b>
Phantom 4 Pro	€1412
<b>Outdoor drone</b>	<b>€12 348</b>
Matrice 100	€3107
TB48D batterij	4 x €187
Batterij compartiment	€130
Zenmuse Z3 Camera	€846
Zenmuse Z3 connector	€46
Zenmuse XT 336 9HZ	€7405
Propeller bescherming	€36
Heraeus 32206105 temperatuur sensor	€30
<b>Visualisatie</b>	<b>€4 010</b>
Advantech (PWS-870-3S6G6E5F0E)	€4010
<b>Communicatie</b>	<b>€2 598 + Maandelijks €10.74</b>
Desktop PC	€1500
Extra Lightbridge controller	2 x €509
Draadloze router	€70
Blue Light Mobile (2GB) data abonnement	Eenmalige activering: €10 Maandelijkse kost: €10.74

Tabel 2 Kostenraming van voorbeeld configuratie

Dit komt op een totaal bedrag van €20 368. Hierbij houden we geen rekening met herstellingen en onderhoudskosten. De aankoop van een drone is dus zeker een grote investering.

A large, bold, white number '3' is centered on the left side of the page. The background is split diagonally from the top-left corner to the bottom-right corner, with the upper-left portion being orange and the lower-right portion being white. The number '3' is positioned in the orange section, extending slightly into the white section.

3

**Case study**

### 3 CASE STUDY

Om een concreter beeld te kunnen vormen van hoe een drone kan ingezet worden en hoe groot de meerwaarde is, onderzoek ik dit op reële interventies. Onderstaande interventies zijn recent gebeurde interventies. De gegevens zijn verkregen via hulpverleningszone Fluvia.

#### 3.1 BRAND IN UNILIN WIELSBEKE – 6 SEPTEMBER 2016

De eerste interventie is een industriebrand in de Bospan-fabriek van Unilin te Wielsbeke. Dit is een firma die zowel vers hout, recyclagehout als spaanplaatproducten verwerkt. De site bevat dus heel veel brandgevoelig materiaal. Door vonken in de spaanderafdeling is er een kettingreactie ontstaan die uiteindelijk gezorgd heeft voor een ontploffing in een schakelkast.

De oproep kwam binnen op dinsdag 6 september 2016 om 19u53 in de 112-centrale in Brugge. Om 19u56 werden de eerste brandweermannen gealarmeerd. De posten Waregem en Beveren-Leie kwamen als eerste aan op de plaats van interventie. Dit was omstreeks 20u06. Door de vele brandhaarden en het niet beschikbaar zijn van water werden er om 20u34 extra manschappen opgeroepen. Een extra autopomp en vier tankwagens vervoegden de interventie. De brand was pas onder controle omstreeks 23u30. Dit kwam omdat er meerdere grote branden en verscheidene kleinere brandhaarden ontstaan waren op de site. De interventie werd overgelaten aan de bedrijfsbrandweer omstreeks 1u30.

De moeilijkheid bij deze interventie was de aanwezigheid van vele kleinere brandhaarden. Het was zeer moeilijk om deze op een snelle en eenvoudige manier op te sporen. Dit omdat ze zeer verspreid waren over het fabrieksgebouw en eveneens omdat de brandhaarden zich binnen bevonden. Zo had het geen nut om een ladderwagen met warmtebeeldcamera op te stellen. Een drone met warmtebeeldcamera zou wel een mogelijke oplossing geweest zijn. Dit omdat deze wel binnen ingezet kan worden in de grote fabriekshallen.

Voor deze case ga ik ervan uit dat er gekozen wordt om een drone op zonaal niveau aan te kopen en dat de drone gestationeerd is in post Kortrijk. Indien er tijdens het opschalen, omstreeks 20u34, een drone ter plaatse werd gevraagd zou deze ter plaatse geweest zijn om 21u01. Dit is gebaseerd op de aanrijtijden van de tankwagen van Kortrijk die ook op deze interventie aanwezig was. Rekening houdend met de opstarttijd van een drone, die ongeveer 5 à 10 minuten bedraagt, is de drone operationeel 21u11. Dit is 37 minuten na de oproep.

Bij dit voorbeeld is dit wel nog een ruime tijd voordat de brand onder controle was. Door het gebruik van een drone zou er een beter (en sneller) beeld gevormd kunnen worden van de verschillende brandhaarden die verspreid lagen over het terrein. Zo zouden de brandweermannen sneller de vuurhaarden kunnen opsporen en blussen. Door de explosie van de meterkast was er ook een deel instabiliteit. Door gebruik te maken van een drone kon gecontroleerd worden of het gebouw nog voldoende stabiel was om brandweermannen naar binnen te

sturen. Bij deze soort interventies zou een drone dus effectief een meerwaarde zijn.

### 3.2 BRAND BIJ SLAGERIJ IN AVELGEM – 23 SEPTEMBER 2016

Op vrijdag 23 september brak er brand uit in de werkplaats van een keurslager in Avelgem. Er was vanaf het begin een felle brand ter hoogte van de koelcellen. Deze werd tegengehouden door de verbindingsruimte naar de winkel. De brand ging tegelijkertijd gepaard met grote rookontwikkeling. Verscheidene buurtbewoners werden geëvacueerd. Naast de werkplaats bevinden zich stallingen met stro die zorgen voor een verhoogd risico.

De melding werd om 12u36 doorgegeven aan de brandweer. De eerste voertuigen van post Avelgem waren ter plaatse om 12u41. Het feit dat de brandweerkazerne gelegen is in de straat van de slagerij zorgt natuurlijk voor deze korte aanrijtijd.. Om 13u09 werd een extra officier gevraagd. Er werden extra manschappen opgeroepen om deze interventie vlot te laten verlopen. De brand was onder controle omstreeks 13u52.

Een van de grootste problemen was dat het zeer moeilijk was voor de bevelvoerders om de grootte van de werkplaats in te schatten. Om toch een correct beeld te krijgen van de situatie werd er geopteerd om de officieren via een ladderwagen toch een tijdelijk beeld vanuit de lucht te geven. Daar ontdekten ze dat de werkplaats kleiner was dan gedacht. Indien dit geweten was aan het begin van de interventie kon de bevelvoerder eventueel zijn brandbestrijding anders starten.

Indien we er net als in het vorige voorbeeld van uitgaan dat de drone gestationeerd is in Kortrijk dan duurt het 22 minuten vooraleer de drone aanwezig is. Indien de drone gevraagd wordt op hetzelfde moment als de extra officier komt deze aan om 13u31. Vervolgens is hij operationeel om 13u41. Dit is bijna 1 uur na de oproep.

Bij deze interventie zou de drone enkel een meerwaarde zijn indien deze snel ter plaatste kon komen of direct meegestuurd was bij de eerste oproep. De drone zou een meerwaarde geweest zijn om een overzicht te krijgen van de werkplaats. Het is echter niet financieel haalbaar om bij iedere brandinterventie een drone mee te sturen.

Na dit onderzoek kunnen we besluiten dat het gebruik van een drone een meerwaarde is bij brandbestrijding. Alleen is deze meerwaarde eerder beperkt tot het bieden van een vogelperspectief. Aangezien er verschillende brandweerposten of zones een drone hebben aangekocht of plannen hebben om een drone aan te kopen is dit zeker een piste die sterk zal evolueren. Het werkveld is er van overtuigd dat de drone zeker een meerwaarde kan zijn. Vooral bij grote interventies zoals industriebrand, bosbrand, heidebrand, kan een drone zijn nut bewijzen.

De drone is uiterst geschikt voor het bieden van een overzicht. Dit kan zowel met een gewone camera als met een warmtebeeldcamera. Het voordeel van een warmtebeeldcamera is dat de brandhaard eventueel al van buitenaf gelokaliseerd kan worden. Het in kaart brengen van de omvang van de plaats van interventie is een zeer groot voordeel, zeker voor de plaatsen waar geen interventieplan aanwezig is. De nadelen zijn de beperkte vliegduur die alsmaar kleiner wordt naarmate er meer sensoren op bevestigd worden. Zo is het nog niet optimaal om de drone uit te rusten met extra sensoren zoals een CO-meter of een explosiemeter. Ook de maximale werkingstemperatuur is beperkt. Op vandaag zijn er geen drones die bestand zijn tegen temperaturen van 650C°, de temperaturen die gangbaar zijn bij een binnenbrand. Door deze beperking is het dan ook niet mogelijk om een drone binnen in te zetten. Dit is zeker een factor waardoor de meerwaarde verkleint.

Op het vlak van visualisatie werd de tablet als beste optie gekozen. Zijn compacte omvang maar toch voldoende visualisatie zijn doorslaggevend bij de keuze. Een andere voordeel van de tablet is dat de moderne autopompen en commandowagens al zullen uitgerust zijn met zo'n toestel. Door de dronebeelden te koppelen aan deze terminal heeft iedere bevelvoerder toegang tot deze data.

Voor communicatie zijn er verschillende opstellingen met elk hun voor- en nadelen. Veel hangt af van de persoonlijke keuze en voorkeuren.

Ook enkele externe factoren spelen een rol in deze keuze. Hierbij denken we aan de mogelijkheid van dataverwerking in dispatch en de kostprijs. Voor de connectie met de drone bestaan er ook verschillende opties. Je kan kiezen uit de merk gebonden optie, bijvoorbeeld Lightbridge 2 van DJI of voor een onafhankelijke technologie zoals bluetooth, wifi of mobiel netwerk. Ook dit is afhankelijk van externe factoren.

## 5 GRAFIEKENLIJST

Grafiek 1	Overzicht van de bevroegde zones .....	6
Grafiek 2	Welke data moet beschikbaar zijn tijdens een interventie? .....	7
Grafiek 3	De prioriteit van de gemeten data .....	8
Grafiek 4	De maximale opstarttijd van een drone .....	9
Grafiek 5	Zou u beroep doen op een drone mocht de inzetijd 30min. zijn? ....	10
Grafiek 6	Mogelijke indeling van de visualisatie .....	11

## 6 FIGURENLIJST

Figuur 1	Politiedrone (Marnik Aerts, 2015).....	4
Figuur 2	Drone met insecticide voor gewas besproeiing (Gonzalo Perez, 2016). .4	
Figuur 3	Drone van DHL voor pakket levering (Andreas Rentz) .....	4
Figuur 4	Warmtebeeld gemaakt door een drone (DJI) .....	7
Figuur 5	De drone van de Civiele Bescherming (Gwenn Corbisier, 2016) .....	11
Figuur 6	Drone van FDNY (Courtesy).....	12
Figuur 7	Skyfire brandweer drone (skyfire).....	13
Figuur 8	Coaxiale propellers (Michael Frey, 2016).....	15
Figuur 9	Een voorbeeld van een tethered drone (Elistair).....	16
Figuur 10	Voorbeeld van een gimbal camera (copterlab.com) .....	17
Figuur 11	Hubsan X4L propeller beschermer (Eigendrone.nl) .....	19
Figuur 12	Mavic propeller kooi (Wiebe de Jager) .....	19
Figuur 13	Elios cage protected drone (Flyability).....	20
Figuur 14	Safe-T van Elistair (Elistair).....	23
Figuur 15	DJI Lightbridge 2 (DJI) .....	24
Figuur 16	DJI Phantom 4 PRO (DJI) .....	28
Figuur 17	Mogelijke communicatie opstelling .....	30

## 7 TABELLENLIJST

Tabel 1	Overzicht van draadloze protocollen voor het versturen van data .....	23
Tabel 2	Kostenraming van voorbeeld configuratie .....	31



## 8 VERKLARENDE WOORDENLIJST

<b>Basiskader</b>	Dit zijn de mensen binnen de brandweer met de graad brandweerman en korporaal.
<b>Middenkader</b>	Dit is een verzamelnaam voor de onderofficieren binnen de brandweer : Sergeant en Adjudant.
<b>Hoger kader</b>	Officieren binnen de brandweer : Luitenant, Kapitein, Majoor en Kolonel.
<b>CP-Ops</b>	Operationele commandopost waar de activiteiten van de hulpdiensten worden gecoördineerd.
<b>Hydrant</b>	Hydrant of brandkraan is een punt waar de brandweer water kan aftappen van het waternet.
<b>Tethered drone</b>	Dit is een drone die via een kabel verbonden is met een basisstation op de grond. Via die kabel wordt de drone voorzien van voeding.
<b>RED-Specialisten</b>	Dit is een team van de brandweer die instaat voor reddingen op hoogte of op moeilijk bereikbare plaatsen.

## 9 AFKORTINGEN

<b>USAR</b>	Urban Search & Rescue. Dit is een team die instaat voor reddingsacties bij ingestorte gebouwen. Dit team wordt wereldwijd ingezet bij onder andere aardbevingen, ontploffingen en dergelijke.
<b>FOD</b>	Federale overheidssdienst
<b>FDNY</b>	Fire Department New York. De brandweer van New York (Verenigde Staten)
<b>DJI</b>	Dà-Jiāng Innovations Science and Technology Co., Een chinees technologie bedrijf.
<b>HD</b>	High Definition, video beeld van hoge kwaliteit
<b>RTC</b>	Real Time Clock
<b>SDK</b>	Software Development Kit
<b>HDMI</b>	High-Definition Multimedia Interface
<b>SDI</b>	Serial digital interface
<b>FPV</b>	First-person view
<b>FLIR</b>	FLIR Intelligent Transportation Systems is de marktleider in warmtebeeldcamera's. FLIR staat voor Forward Looking Infrared.

### 10.1 WEBPAGINA

- [1] Agricultural Drones: What Farmers Need to Know | Agribotix. (z.d.). Geraadpleegd 3 maart 2017 van <http://agribotix.com/whitepapers/farmers-need-know-agricultural-drones/>
- [2] Wegpolitie krijgt drones om ongevallen in kaart te brengen: "Snelle, scherpe vaststellingen en kortere files". (2017, januari 18). Geraadpleegd 3 maart 2017, van <http://www.hln.be/hln/nl/957/Binnenland/article/detail/3057799/2017/01/18/Wegpolitie-krijgt-drones-om-ongevallen-in-kaart-te-brengen-Snelle-scherpe-vaststellingen-en-kortere-files.dhtml>
- [3] Mariën, M. (2016, september 26). Eerste reddingsoefening aan kust met drones goed verlopen. Geraadpleegd 3 maart 2017, van <http://www.hln.be/hln/nl/957/Binnenland/article/detail/2886429/2016/09/26/Eerste-reddingsoefening-aan-kust-met-drones-goed-verlopen.dhtml>
- [4] Gentse brandweer test drone boven Feestzone. (2016, juli 19). Geraadpleegd 3 maart 2017, van <http://www.hln.be/hln/nl/2/Reizen/article/detail/2799578/2016/07/19/Gentse-brandweer-test-drone-boven-Feestzone.dhtml>
- [5] il. (n.d.). Zware brand op vrachtschip in Antwerpen. Geraadpleegd op 7 mei 2017, van [http://www.standaard.be/cnt/dmf20161020\\_02529475](http://www.standaard.be/cnt/dmf20161020_02529475)
- [6] Civiele Bescherming ontvangt "drone" om beter zicht te hebben op zware incidenten | Civiele Veiligheid. (z.d.). Geraadpleegd 15 maart 2017, van <https://www.civieleveiligheid.be/nl/news/protection-civile/civiele-bescherming-ontvangt-drone-om-beter-zicht-te-hebben-op-zware-incident>
- [7] Drone live stream: de USAR-specialisten gezien vanuit de lucht | Civiele Veiligheid. (z.d.). Geraadpleegd 15 maart 2017, van <https://www.civieleveiligheid.be/nl/news/protection-civile/drone-live-stream-de-usar-specialisten-gezien-vanuit-de-lucht>
- [8] FDNY Launches Drone For The First Time To Respond to Fire In The Bronx. (2017, maart 7). Geraadpleegd 9 maart 2017, van <http://www1.nyc.gov/site/fdny/news/fa1517/fdny-launches-drone-the-first-time-respond-fire-the-bronx#/0>

## 10.2 AFBEELDINGEN

Andreas Rentz . Drone van DHL voor pakket levering. Geraadpleegd op 15 maart 2017, van <http://www.theepochtimes.com/n3/1331418-another-european-country-is-experimenting-with-drone-delivery/>

copterlab.com (2017). Picture of StudioFX BlackMagic Cinema Camera Gimbal. Geraadpleegd op 7 mei 2017, van <https://www.pinterest.com/pin/345651340129270170/>

Courtesy. Drone van FDNY. Geraadpleegd op 8 maart 2017, van <https://www.gannett-cdn.com/-mm-/c8cb3b856efdc24df5519cc0e2dc7310facb2321/c=46-0-754-532&r=x404&c=534x401/local/-/media/2017/03/08/USATODAY/USATODAY/636245722346794625-fdny-drone.jpg>

DJI. DJI Lightbridge 2, Geraadpleegd op 4 april 2017, van [http://asset1.djicdn.com/uploads/product\\_store\\_photo/image/6811/medium\\_p1.jpg](http://asset1.djicdn.com/uploads/product_store_photo/image/6811/medium_p1.jpg)

DJI. DJI Phantom 4 PRO. Geraadpleegd op 15 april 2017, van <http://www1.djicdn.com/assets/images/products/phantom-4-pro/s1/e-3-abec9da58eed5e2fa8ffe68806c4946c.png>

DJI. Warmtebeeld gemaakt door drone. Geraadpleegd op 15 maart 2017, van <http://www.microcontrols.org/dji-zenmuse-xt-drone-camera-with-temperature-sensor/>

Eigendrone.nl. Hubsan X4L propeller beschermer. Geraadpleegd op 17 maart 2017, van <https://www.eigendrone.nl/product/hubsan-h107c-propeller-bescherming>

Elistair . Een voorbeeld van een tethered drone. Geraadpleegd op 23 maart 2017, van <http://elistair.com/wp-content/uploads/2016/04/Hight-tethered-station-drone-for-surveillance.png>

Elistair. Safe-T van Elistair. Geraadpleegd op 4 april 2017, van <http://elistair.com/wp-content/uploads/2015/05/SAFE-T-Elistair-3-1.jpg>

Flyability. Elios cage protected drone. Geraadpleegd op 17 maart 2017, van <https://www.zwomp.de/wp-content/uploads/2016/10/Flyability-Elios-7.png>

Gonzalo Perez (2016). Drone met insecticide voor gewas besproeiing. Geraadpleegd op 15 maart 2017, van <http://www.directoriofruta.cl/wp-content/uploads/2017/01/dron-usos-agricultura.jpg>

Gwenn Corbisier (2016). De drone van de Civiele Bescherming. Geraadpleegd op 17 maart 2017, van [https://www.civieleveiligheid.be/sites/default/files/styles/galleryformatter\\_slide/public/gco2015-1\\_0.jpg?itok=pHFPzy-7](https://www.civieleveiligheid.be/sites/default/files/styles/galleryformatter_slide/public/gco2015-1_0.jpg?itok=pHFPzy-7)

Marnik Aerts (2015). Politiedrone. Geraadpleegd op 15 maart 2017, van [https://pbs.twimg.com/media/CW6AjCbUkAAkW\\_k.jpg](https://pbs.twimg.com/media/CW6AjCbUkAAkW_k.jpg)

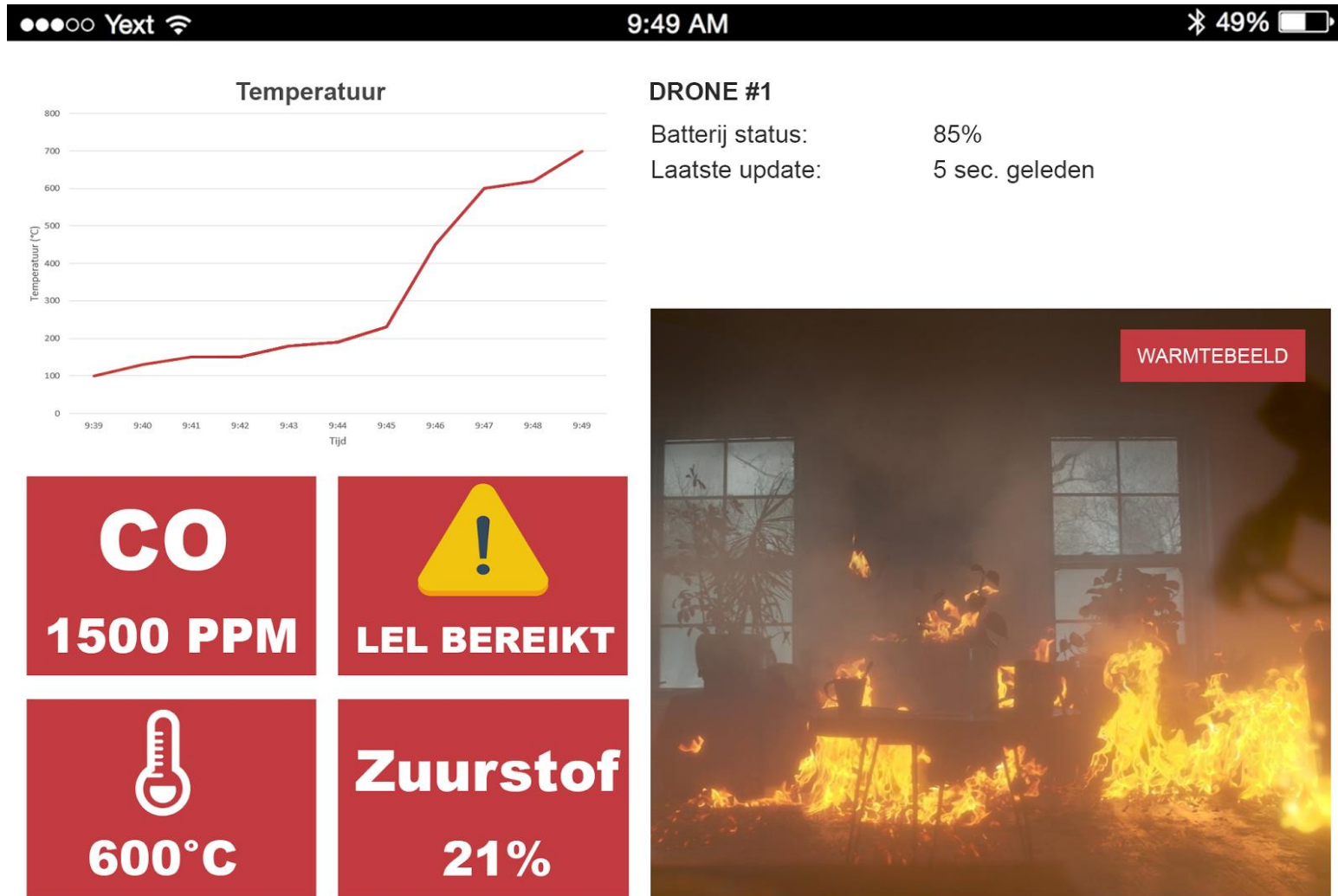
Michael Frey (2016). Coaxiale propellers. Geraadpleegd op 8 april 2017, van [https://en.wikipedia.org/wiki/Coaxial\\_rotors#/media/File:Coaxial\\_rotors.gif](https://en.wikipedia.org/wiki/Coaxial_rotors#/media/File:Coaxial_rotors.gif)

SkyFire Consulting. Skyfire brandweer drone. Geraadpleegd op 25 mei 2017, van <https://static1.squarespace.com/static/589e20c9197aea0415f0e930/t/58ade6da29687f0e64f8f978/1487791999412/drone+program+purchase?format=750w>

Wiebe de Jager (2017). Mavic propeller kooi. Geraadpleegd op 17 maart 2017, van <https://www.dronewatch.nl/wp-content/uploads/2017/02/DJI-Mavic-Pro-propeller-cage-768x512.jpg>

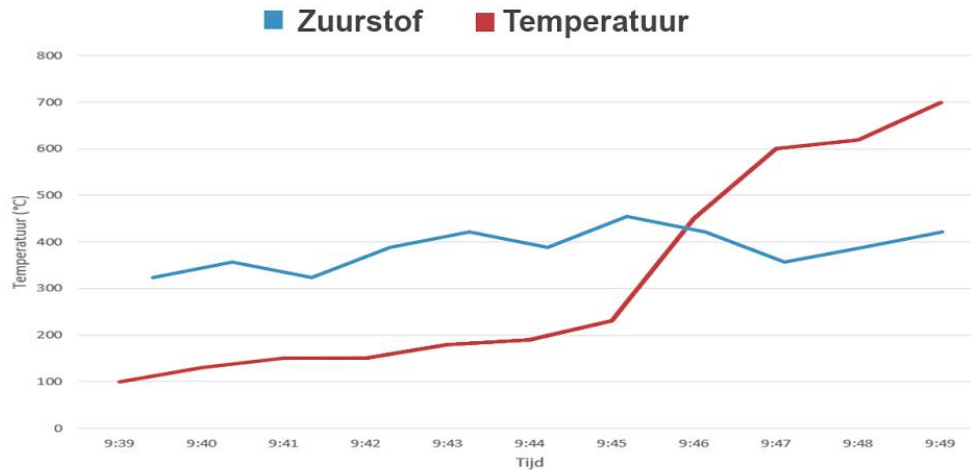
## 11 BIJLAGEN

### 11.1 BIJLAGE 1 – MOCKUP VAN VISUALISATIE (OPTIE 1)



11.2 BIJLAGE 2 – MOCKUP VAN VISUALISATIE (OPTIE 2)

●●●○ Yext 9:49 AM 49%



**DRONE #1**

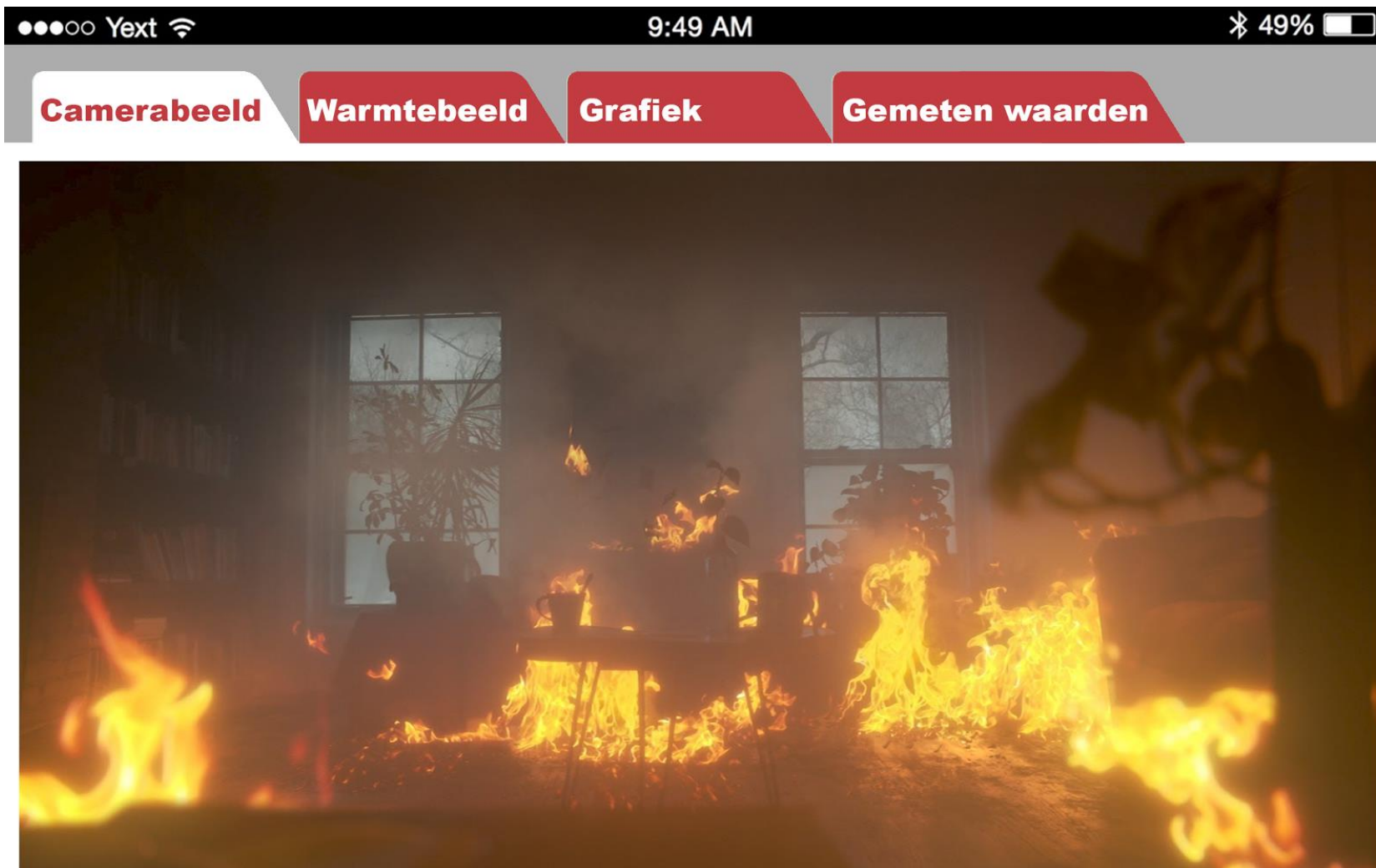
Batterij status: 85%  
Laatste update: 5 sec. geleden

**LAATSTE GEGEVENS**

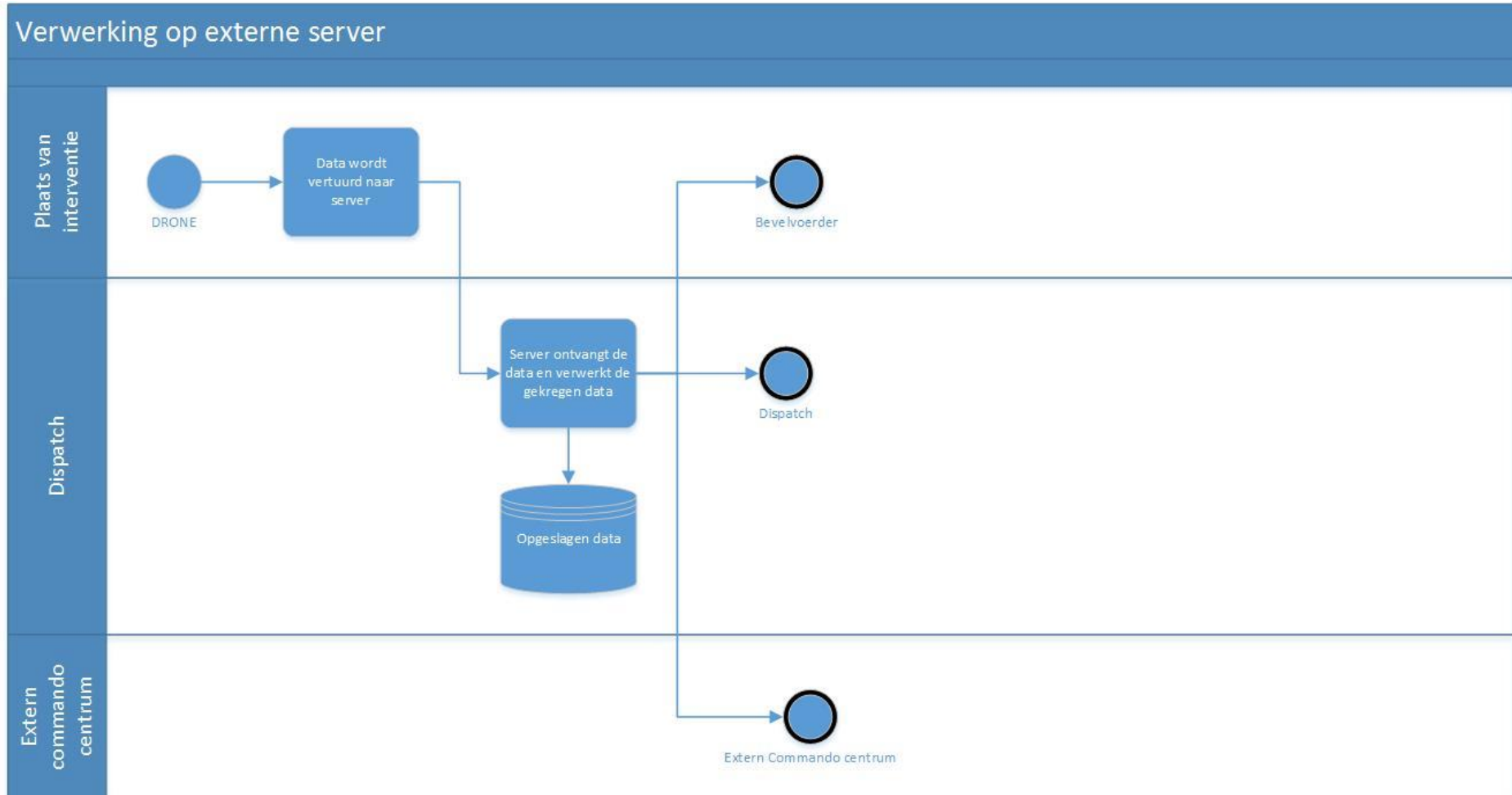
Temperatuur: 600°C  
Zuurstof (%): 21%  
CO (ppm): 1500ppm  
LEL: !



11.3 BIJLAGE 3 – MOCKUP VAN VISUALISATIE (OPTIE 3)



## 11.4 BIJLAGE 4 – DATA CHAIN VAN VERWERKING IN DISPATCH





## 11.5 BIJLAGE 5 – DATA CHAIN VAN VERWERKING OP PLAATS VAN INTERVENTIE

