FACULTEIT ECONOMIE EN BEDRIJFSKUNDE

EEN KWALITATIEF ONDERZOEK NAAR FACTOREN DIE DE ADOPTIE VAN DRONES VOOR DE BOUWSECTOR BEÏNVLOEDEN

Aantal woorden: 24 843

Stamnummer: 01602170

Promotor: Prof. Greet Maes

Masterproef voorgedragen tot het bekomen van de graad van:

Master in de Handelswetenschappen: Management en Informatica

Academiejaar: 2020-2021

UNIVERSITEIT GENT

PERMISSION

Ondergetekende verklaart dat de inhoud van deze masterproef mag geraadpleegd en/of gereproduceerd worden, mits bronvermelding.

Naam student: Marc Cheyns

Voorwoord

Deze masterproef is het sluitstuk van mijn opleiding handelswetenschappen, met afstudeerrichting management en informatica, aan de Universiteit Gent. Met enige trots kijk ik terug op de voorbije maanden waarin deze thesis opgesteld werd. Ondanks dat ettelijke afleidingen binnen het COVID-tijdperk afnamen, blijft het schrijven van een masterproef een fraaie verwezenlijking.

Allereerst zou ik graag mijn promotor Prof. Greet Maes willen bedanken voor de begeleiding tijdens het opstellen van dit werk. Haar correcte en vooral oprechte beoordelingen zetten mij telkens op weg om het onderste uit de kan te halen.

Vervolgens zou ik graag de respondenten die deelnamen aan dit onderzoek willen bedanken. Aangezien het thuiswerken tijdens de aflegging van de interviews verplicht was, ben ik des te meer erkentelijk voor de tijd die ze vrijmaakten.

Graag had ik ook mijn (beste) vrienden en vriendin willen bedanken. De voorbije maanden kon ik altijd bij hen terecht voor motivatie, bijstand en tips. Eveneens hielpen ze mij ontspannen op momenten waar dit broodnodig was.

Tenslotte wil ik ook graag mijn ouders bedanken in dit voorwoord. Gedurende mijn volledige opleiding werd ik bijgestaan en aangezet om altijd het beste uit mezelf te halen. Ik kreeg altijd de kans om mezelf te ontplooien, maar kon ook altijd terugvallen op hun steun wanneer nodig.

Inhoudstafel

1 Inleiding 1
2 Literatuurstudie 2
2.1 Wat zijn drones? 2
2.1.1 Drones binnen robotica 2
2.1.2 Definiëring drone 2
2.1.3 Componenten van een drone-systeem 4
2.2 Type drones 5
2.2.1 Classificatie volgens gewicht 5
2.2.2 Classificatie volgens gezichtsveld 6
2.2.3 Classificatie volgens vleugels en proppelers 6
2.2.4 Classificatie volgens autonomie 8
2.3 Dronemarkt 10
2.3.1 Globale markt 10
2.3.2 Belgische markt 11
2.4 Toepassingen drones 13
2.4.1 Civiele toepassingen 13
2.4.2 Bouwsector 15
2.5 Wetgevend kader drones 21
2.5.1 Categorieën volgens wetgeving 21
2.5.2 Privacy wetgeving (GDPR) 23
2.6 Adoptie van drones 25
2.6.1 TOE-raamwerk 25
2.6.2 Technologische context (*Technology*) 25
2.6.3 Organisatorische context (*Organization*) 30
2.6.4 Omgevingscontext (*Environment*) 33
2.6.5 Voorafgaand onderzoek naar drones in de bouwsector 36
3 Methodologie 41
3.1 Probleemstelling 41
3.2 Onderzoeksvraag 41
3.3 Relevantie onderzoek 44
3.3.1 Wetenschappelijke relevantie 44
3.3.2 Maatschappelijke relevantie 44
3.4 Operationalisering 45
3.4.1 Onderzoeksmethode 45

3.4.2 Theoretisch raamwerk 46
3.4.3 Dataverzameling en -verwerking 47
3.4.4 Selectie en voorstelling respondenten 48
3.5 Evaluatiecriteria 52
4 Resultaten 54
4.1 Technologische factoren 54
4.1.1 Vereiste IT-infrastructuur 54
4.1.2 Vereiste expertise 55
4.1.3 Relatieve voordelen 57
4.1.4 Waargenomen complexiteit 61
4.1.5 Testbaarheid 62
4.1.6 Compatibiliteit software 63
4.1.7 Dataveiligheid 64
4.2 Organisatorische factoren 65
4.2.1 Topmanagement ondersteuning 65
4.2.2 Productkampioen 66
4.2.3 Risicobeleid acquisitie 67
4.2.4 Bedrijfsgrootte 68
4.2.5 Innovatief karakter 69
4.3 Omgevingsfactoren 70
4.3.1 Regelgeving 70
4.3.2 Privacy (GDPR) 72
4.3.3 Geobewustzijn 73
4.3.4 Weersomstandigheden 74
4.3.5 Samenwerking 75
4.3.6 Concurrentie 77
4.4 Extra factoren 78
4.5 Bouwsector 79
4.6 Toekomst 80
5 Discussie 81
5.1 Technologische factoren 81
5.2 Organisatorische factoren 83
5.3 Omgevingsfactoren 84
5.4 Beperkingen en toekomstig onderzoek 85
5.4.1 Beperkingen onderzoek 85
5.4.2 Toekomstig onderzoek 86

6 Conclusie 87
7 Bibliografie X
8 Bijlagen ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.1 Vragenlijst ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.2 Synthesetabellen ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.2.1 Technologische factoren ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.2.2 Organisatorische factoren ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.2.3 Omgevingsfactoren ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.2.4 Extra factoren ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.2.5 Bouwsector ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.2.6 Toekomst ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.3 Interviews ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.3.1 Interview Respondent 1 (R01) ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.3.2 Interview Respondent 2 (R02) ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.3.3 Interview Respondent 3 (R03) ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.3.4 Interview Respondent 4 (R04) ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.3.5 Interview Respondent 5 (R05) ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.3.6 Interview Respondent 6 (R06) ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.3.7 Interview Respondent 7 (R07) ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.3.8 Interview Respondent 8 (R08) ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.3.9 Interview Respondent 9 (R09) ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.3.10 Interview case 1 (C01) ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.3.11 Interview case 2 (C02) ..... **Error! Bookmark not defined.**

Lijst gebruikte afkortingen

AR	*Augmented Reality*
ATC	*Air Traffic Control*
AUVSI	*Association For Unmanned Vehicule Systems International*
BIM	*Building Information Modeling*
BVLOS	*Beyond Visual Line Of Sight*
C2	Commando en controle
C3	Commando, controle en communicatie
COO	*Chief Operating Officer*
CTO	*Chief Technical Officer*
DOI	*Diffusion Of Innovation*
EVLOS	*Extended Visual Line Of Sight*
GCS	*Ground Control Station*
GDPR	*General Data Protection Regulation*
GPS	*Global Positioning System*
HALE	*High Altitude Long Endurance*
HTOL	*Horizontal Take-Off & Landing*
LASE	*Low Altitude Short Endurance*
LIDAR	*Light Detection AND Ranging*
MALE	*Medium Altitude Long Endurance*
RPA	*Remotely Piloted Aircraft*
RTK	*Reak Time Kinematic*
SORA	*Specific Operations Risk Assessment*
TAM	*Technology Acceptance Model*
TOE	*Technology Organization Environment*
UAS	*Unmanned Aerial/Aircraft System*
UAV	*Unmanned Aerial Vehicule*
VLOS	*Visual Line Of Sight*
VTOL	*Vertical Take-Off & Landing*

Lijst van de tabellen

Tabel 1: classificatie UAS (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013; Birch, Griffin, & Erdman, 2015) 5
Tabel 2: categorie OPEN EU-verordening (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2021) 22
Tabel 3: Voorgaand onderzoek drones in de bouwsector.....40
Tabel 4: overzicht respondenten onderzoek 52
Tabel 5: Overzicht impact van de factoren op het adoptieproces.....81
Tabel 6: Synthesetabel IT-infrastructuur..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 7: Synthesetabel expertise ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 8: Synthesetabel accuraatheid ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 9: Synthesetabel kostenefficiëntie ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 10: Synthesetabel tijdsefficiëntie..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 11: Synthesetabel veiligheid..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 12: Synthesetabel andere voordelen ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 13: Synthesetabel complexiteit..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 14: Synthesetabel testbaarheid ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 15: Synthesetabel compatibiliteit ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 16: Synthesetabel dataveiligheid ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 17: Synthesetabel topmanagement ondersteuning ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 18: Synthesetabel productkampioen..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 19: Synthesetabel risicobeleid acquisitie..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 20: Synthesetabel bedrijfsgrootte ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 21: Synthesetabel innovatief karakter ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 22: Synthesetabel regelgeving..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 23: Synthesetabel privacy..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 24: Synthesetabel geobewustzijn..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 25: Synthesetabel weersomstandigheden ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 26: Synthesetabel verticale samenwerking..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 27: Synthesetabel horizontale samenwerking ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 28: Synthesetabel concurrentie..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 29: Synthesetabel extra factoren..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 30: Synthesetabel bouwsector ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 31: Synthesetabel toekomst..... **Error! Bookmark not defined.**

Lijst van de figuren

Figuur 1: Classificatie van robots naar omgeving en interactiemechanisme (Ben-Ari & Mondada, 2018)..2
Figuur 2: Unmanned Aircraft System (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013) 3
Figuur 3: Communication links (ICAO, 2011) 4
Figuur 4: What are VLOS, EVLOS and BVLOS (SOARIZON Team, 2020)....6
Figuur 5: Geschatte waarde dronemarkt België per sector (Culus, Schellekens, & Smeets, 2018)....11
Figuur 6: Leden Belgian Drone Federation 1 (Belgian Drone Federation, 2021)....12
Figuur 7: Overzicht factoren binnen dit onderzoek....43
Figuur 8: Likertschaal impact IT-infrastructuur op het adoptieproces....55
Figuur 9: Likertschaal impact expertise op het adoptieproces 56
Figuur 10: Likertschaal impact perceptie van accuraatheid op het adoptieproces 58
Figuur 11: Likertschaal impact perceptie van kostenefficiëntie op het adoptieproces....59
Figuur 12: Likertschaal impact perceptie van tijdsefficiëntie op het adoptieproces 60
Figuur 13: Likertschaal impact perceptie van veiligheid op het adoptieproces 61
Figuur 14: Likertschaal impact van de waargenomen complexiteit op het adoptieproces....62
Figuur 15: Likertschaal impact van de testbaarheid op het adoptieproces....63
Figuur 16: Likertschaal impact van de compatibiliteit met software op het adoptieproces 64
Figuur 17: Likertschaal impact van de dataveiligheid op het adoptieproces 65
Figuur 18: Likertschaal impact van de ondersteuning van het topmanagement op het adoptieproces 66
Figuur 19: Likertschaal impact van de productkampioen op het adoptieproces 67
Figuur 20: Likertschaal impact van het risicobeleid bij acquisitie op het adoptieproces....68
Figuur 21: Likertschaal impact van de bedrijfsgrootte op het adoptieproces....69
Figuur 22: Likertschaal impact van het innovatief karakter op het adoptieproces....70
Figuur 23: Likertschaal impact van de wetgeving op het adoptieproces 72
Figuur 24: Likertschaal impact van de GDPR op het adoptieproces 73
Figuur 25: Likertschaal impact van het geobewustzijn op het adoptieproces....74
Figuur 26: Likertschaal impact van de weersomstandigheden op het adoptieproces....75
Figuur 27: Likertschaal impact van de verticale samenwerking op het adoptieproces 76
Figuur 28 Likertschaal impact van de horizontale samenwerking op het adoptieproces 77
Figuur 29: Likertschaal impact van de concurrentie op het adoptieproces 78

1 Inleiding

De belangrijkste drijfveer achter de ontwikkeling van luchtvaartuigen was vanouds het vlotte en veilige vervoer van mensen en goederen (Dalamagkidis, 2015). Niettemin gaf Dalamagkidis (2015) aan dat het leger al snel de potentiële voordelen van onbemande vliegtuigen zag waardoor de inspanningen om vliegende machines, zonder piloot aan boord te laten functioneren, begonnen. De ontwikkelingskosten om de technologie te gebruiken buiten het militaire domein, werden gedrukt door de evolutie overdracht van kennis. Dit zorgde voor een uitbreiding van de functionaliteiten van onbemande vliegtuigen of drones naar civiele applicaties (Rudol, 2011). Drones worden vandaag de dag gebruikt in diverse sectoren voor verschillende doeleinden over de hele wereld. Opdat ze uitgerust kunnen worden met camera's, sensoren of andere toestellen, kunnen ze voor verscheidende toepassingen nuttige informatie verschaffen (Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019). Eén van de sectoren die hier waarde uit put is de bouwsector.

Deze masterproef tracht de factoren die de adoptie van drones in de bouwsector beïnvloeden te onderzoeken. De literatuurstudie biedt een verduidelijking over wat drones inhouden. Verder worden de verschillende classificaties van drones alsook de dronemarkt besproken. Daarnaast zullen de civiele toepassingen van drones toegelicht worden met focus op de toepassingen in de bouw. Om tot slot af te sluiten met een overzicht uit voorgaand onderzoek van de verschillende factoren die de adoptie van drones in de bouwsector beïnvloeden.

Vervolgens komen in de methodologiesectie de probleemstelling, onderzoeksvraag, maatschappelijke en wetenschappelijke relevantie aan bod. Ook de operationalisering van de onderzoeksmethode, het theoretisch raamwerk, de dataverzameling en -verwerking, de respondenten en de evaluatiecriteria worden beschreven.

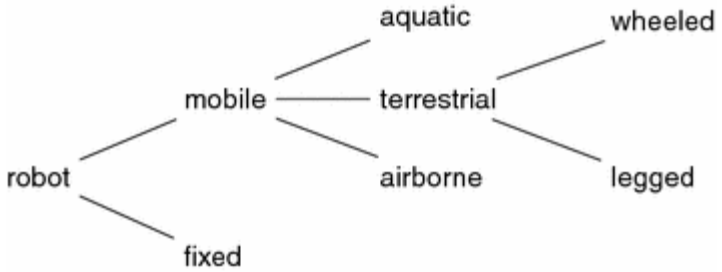
Naderhand worden de resultaten besproken, gevolgd door de discussie van deze resultaten. Tevens zullen ook de beperking van het onderzoek en voorstellen voor toekomstig onderzoek behandeld worden. Tot slot worden conclusies getrokken en een aanbeveling geformuleerd.

2 Literatuurstudie

2.1 Wat zijn drones?

2.1.1 Drones binnen robotica

Drones bevinden zich in het ruime vakgebied rond robots. Hierin wordt een onderscheid gemaakt tussen stationaire en mobiele robots (Ben-Ari & Mondada, 2018). Stationaire (industriële) robots opereren in statische werkomgevingen en verrichten doorgaans repetitieve taken, bijvoorbeeld in functie van de autoassemblage. Mobiele robots daarentegen opereren in dynamische omgevingen en vereisen het vermogen om een veranderende omgeving waar te nemen en hierop te reageren, bijvoorbeeld voor lokalisatie en cartografie (Rudol, 2011;Ben-Ari & Mondada, 2018). **Error! Not a valid bookmark self-reference.** toont de verdere onderverdeling van mobiele robots die in het water, op het land en in de lucht opereren. Drones behoren tot de laatsgenoemde categorie. Rudol (2011) licht toe dat robots die in de lucht ageren bijhorende moeilijkheden ondervinden ten opzichte van grondvoertuigen. Omwille van de dynamische omgeving dienen objecten tijdig waargenomen te worden. Dit om snelle besluiten te vormen en eventuele getimede uitwijkingen uit te voeren (Rudol, 2011).



Figuur 1: Classificatie van robots naar omgeving en interactiemechanisme (Ben-Ari & Mondada, 2018)

2.1.2 Definiëring drone

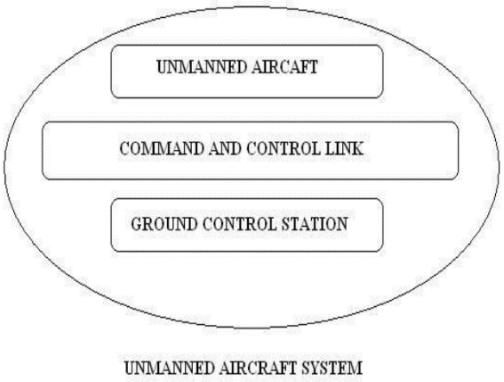
Een drone wordt gedefinieerd als een luchtvaartuig dat geen menselijke piloot aan boord heeft (Clarke, 2014). De term drone is echter informeel en wordt niet gebruikt in officiële contexten (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2020). Binnen de literatuur worden verschillende alternatieve termen gebruikt om drones te beschrijven.

Een eerste welgekende term in zowel professionele als niet-professionele domeinen is *Unmanned Aerial Vehicule* (UAV). Gelijkaardig aan een drone wordt een UAV gezien als een luchtvaartuig dat geen piloot of andere menselijke bemanning aan boord heeft (Rudol, 2011; Morgenthal & Hallerman, 2014). De FOD mobiliteit en vervoer (2020) deelt op hun website echter mee dat de term UAV op termijn langzaamaan zal verdwijnen. Dit omdat meerdere burgerluchtvaartautoriteiten andere benamingen gebruiken.

Een tweede term voor de op afstand bestuurde luchtvaartuigen is *Remotely Piloted Aircraft* (RPA). Deze wordt op dezelfde manier gedefinieerd als een UAV of drone. De FOD mobiliteit en vervoer (2020) voegt in hun definitie van een RPA toe dat deze beschikken over een maximale massa van 150kg.

Een laatste term die gebruikt wordt om drones te omschrijven is *Unmanned Aerial System* of *Unmanned Aircraft System* (UAS). Een UAS omvat het volledige systeem rond het onbemande luchtvaartuig (Tatum & Liu, 2017; Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013; Department of Defense, 1972).

De componenten van een UAS, te zien op Figuur 2, zijn het onbemand luchtvaartuig (inclusief het laadvermogen), commando- en controlelink/datalink, alsmede een *ground control station* (GCS) (Defense, 1972; Tatum & Liu, 2017; Gupta, Ghonge, & Jawandhiya (2013). Austin (2011) voegt eraan toe dat een UAS beschouwd moet worden als onderdeel van een lokale of mondiale luchtvaartomgeving met de bijhorende regels, voorschriften en discipline.



Figuur 2: Unmanned Aircraft System (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013)

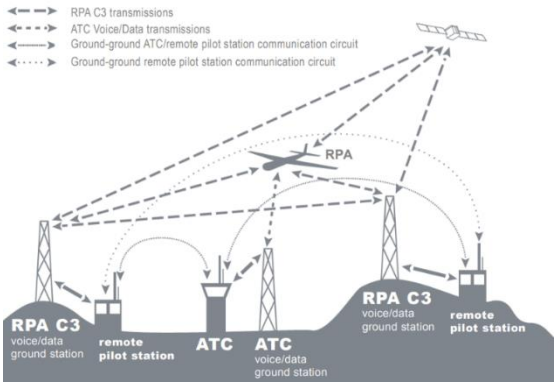
Ten behoeve van de consistentie wordt vanaf nu enkel de term drone gebruikt. Ut infra worden de componenten van het volledige systeem rond drones uiteen gezet.

2.1.3 Componenten van een drone-systeem

Het eerste element van een drone-systeem betreft het luchtvaartuig zelf. Het luchtvaartuig kan vanop afstand bestuurd worden of kan autonoom vliegen, op basis van voorgeprogrammeerde vluchtplannen of complexere dynamische automatiseringssystemen (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013).

De commando- en controlelinken (C2) zijn het tweede element van het drone-systeem. Deze zijn nodig voor de commando's, controle, navigatie en andere technologische functies. Een volledig autonome drone is in staat de commando en controle (C2) binnen de geprogrammeerde beperkingen aan boord uit te voeren. (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013; ICAO, 2011)

Het derde en laatste element binnen dit systeem is het GCS. Everaerts (2008) vermeldt dat wanneer een onbemand vliegtuig niet autonoom vliegt, het bestuurd wordt vanop de begane grond. Het GCS biedt een werkruimte voor een piloot, navigator, instrumentenbediener en/of een missiecommandant. Figuur 3 toont aan dat het GCS betrouwbare communicatieverbindingen nodig heeft met en van het vliegtuig, evenals met de lokale *Air Traffic Control* (ATC). Het controlestation op de grond wordt ook wel C3 genoemd, een uitbreiding op reeds vernoemde C2. C3 staat voor commando, controle en communicatie. (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013)



Figuur 3: Communication links (ICAO, 2011)

2.2 Type drones

2.2.1 Classificatie volgens gewicht

Een eerste classificatie van drones wordt gemaakt op basis van het brutogewicht. Vaak is de batterij een van de zwaarste componenten van het gehele luchtvaartuig. Omwille van de gelimiteerde omvang leidt dit tot een begrensde capaciteit (Watts, Ambrosia, & Hinkley, 2012). Kleinere drones zijn door recente ontwikkelingen bruikbaar in civiele omstandigheden. Deze ontwikkelingen zijn: batterijen met hoge energiedensiteit, microradioapparatuur met grote reikwijdte en laag stroomverbruik, goedkope casco's en krachtige microprocessoren en -motoren (Watts, Ambrosia, & Hinkley, 2012).

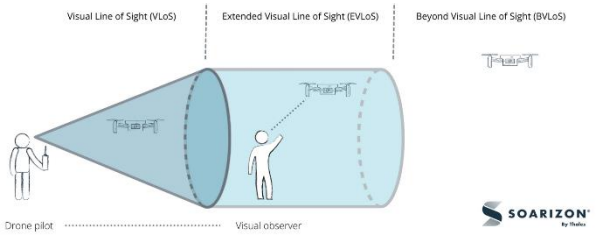
Er bestaat echter geen internationaal erkende classificering rond drones. Doch maken Gupta, Ghonge, & Jawandhiya (2013) en NATO LSS UAS (in Birch, Griffin & Erdman, 2015) een indeling van drones, die terug te vinden is in Tabel 1. Drones binnen de categorieën *micro*, *mini*, *small* en *tactical* worden ook wel *Low Altitude Short Endurance* (LASE) genoemd, wat verwijst naar de lage hoogte en beperkte vluchtduur van de drone (Watts, Ambrosia, & Hinkley, 2012). *Medium Altitude Long Endurance* (MALE) wijst op een medium vlieghoogte met een lange vluchtduur. Daarenboven opereren *High Altitude Long Endurance* (HALE), naast hun lange vluchtduur, op grotere hoogte.

Categorie	Gewicht	Actieradius	Laadvermogen	Hoogte
Micro	< 2 kg	5 km	0,2-0,5 kg	Tot 90 m
Mini	2 – 20 kg	25 km	0,5-10 kg	Tot 900 m
Small	< 150 kg	50 – 100 km	5-50 kg	Tot 1500 m
Tactical	150- 600 kg	200 km	25 – 200 kg	Tot 3000 m
MALE	>600 kg	Ongelimiteerd	200+ kg	Tot 13700 m
HALE	>600 kg	Ongelimiteerd	200+ kg	Tot 19800 m

Tabel 1: classificatie UAS (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013; Birch, Griffin, & Erdman, 2015)

2.2.2 Classificatie volgens gezichtsveld

Een tweede classificatie van drones wordt gemaakt in het kader van het gezichtsveld bij operaties. Hier wordt een onderscheid gemaakt tussen de *Visual Line Of Sight* (VLOS), *Beyond Visual Line Of Sight* (BVLOS) en *Extended Visual Line Of Sight* (EVLOS) (Figuur 4). Bij operaties binnen de VLOS onderhoudt de operator of de observator zonder hulp rechtstreeks visueel contact met het luchtvaartuig. Wanneer noch de piloot noch de observator van de drone zonder hulp rechtstreeks visueel contact kan onderhouden met de drone, wordt de operatie beschouwd als BVLOS (ICAO, 2015). BVLOS-operaties brengen bijkomende complexiteiten met zich mee. De minimumvereisten inzake de uitrusting nemen toe naarmate het bereik en de complexiteit van dergelijke operaties toenemen. Ook de kosten gemoeid met het waarborgen van de robuustheid van de commando- en controleverbindingen, alsook het vermogen om adequate actie te ondernemen om tegenliggend verkeer of obstakels te detecteren en te vermijden, stijgen. Er wordt gesproken over EVLOS indien de piloot BVLOS biedt aan een getrainde observator (SOARIZON Team, 2020; Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013; Gatti, 2017; Watts, Ambrosia, & Hinkley, 2012).



Figuur 4: What are VLOS, EVLOS and BVLOS (SOARIZON Team, 2020)

2.2.3 Classificatie volgens vleugels en proppelers

Een derde classificatie van drones gebeurt op basis van de vleugels of propellers. Hierin wordt een onderscheid gemaakt tussen (multi-)roterende propellers, vaste vleugels en toestellen lichter dan lucht (Culus, Schellekens, & Smeets, 2018).

2.2.3.1 Drones met (multi-)roterende propellers

De verschillende multi-roterende drones hebben hun naam te danken aan het aantal propellers op de drone. Een drone met twee propellers wordt een bi-copter genoemd, wat in essentie een schaalmodel is van een werkelijke helikopter (Achille, et al., 2015; Agrawal & Shrivastav, 2013). Andere varianten zijn: tri-copter (drie), quad-copter (vier), penta-copter (vijf), hexa-copter (zes) en octa-copter (acht). De meest voorkomende drone is de drone met roterende propellers/vleugels, ook wel de multi-roterende drone genoemd, met zes of acht propellers. Tevens beschikt een multi-roterende drone over verschillende voordelen ten opzichte van andere drones zoals: robuustheid, grote wendbaarheid en lage aanschaf- en onderhoudskosten (Li & Liu, 2018).

Er bestaat een correlatie tussen het aantal propellers en de stabiliteit en draagkracht van een drone. De stabiliteit en draagkracht van een drone nemen toe naarmate het aantal propellers toeneemt. Tevens betekent dit dat de prijs toeneemt naarmate de propellers toenemen (Agrawal & Shrivastav, 2013). De variant op de multi-roterende drone is de single-roterende drone die, zoals de naam doet uitwijzen, beschikt over één propeller (Li & Liu, 2018).

Luchtvaartuigen die geen start- of landingsbaan nodig hebben komen onder de *Vertical Take-Off & Landing (VTOL)* categorie. Dit is het geval bij multi-roterende drones (Watts, Ambrosia, & Hinkley, 2012; Culus, Schellekens, & Smeets, 2018). Verticaal opstijgen is echter niet mogelijk bij drones met vaste vleugels omdat zij een landingsbaan of open ruimte vereisen om op te stijgen en te landen, die komen onder de noemer *Horizontal Take-Off & Landing (HTOL)* (Kim J.-W. , Kim, Park, & Nam, 2015).

2.2.3.2 Drones met vaste vleugels

Drones met vaste vleugels stijgen op door middel van de vorm van hun vleugels en een opwaartse beweging. Dit type drone biedt een grotere actieradius en levensduur dan multi-roterende drones (Kim J.-W. , Kim, Park, & Nam, 2015). Echter vliegen bepaalde drones met vaste vleugels op basis van fossiele brandstoffen, terwijl de motors van multi-roterende drones op elektriciteit draaien (Gatti, 2017). Dit maakt de multi-roterende drone een milieuvriendelijk alternatief voor werkzaamheden vanuit de lucht (Li & Liu, 2018). De positie van de vleugels zorgt echter voor een beperking in snelheid bij multi-roterende drones (Hassanalian & Abdelkefi, 2017).

2.2.3.3 Hybride drones

Een derde type drone zijn de hybride drones. Verschillende operaties (bijvoorbeeld grootschalige cartografie) vereisen drones met een hogere snelheid dan wat multi-roterende drones bieden. Echter is het verticaal opstijgen in verschillende gevallen een onontbeerlijk kenmerk. Hierdoor zijn hybride drones ontwikkeld, die zowel VTOL als HTOL kunnen uitvoeren (Hassanalian & Abdelkefi, 2017).

2.2.3.4 Drones lichter dan de lucht

Een laatste optie zijn drones die lichter zijn dan lucht. Deze drones kunnen opstijgen zonder windsnelheid en kunnen vrijwel eindeloos blijven vliegen, maar zijn erg weersafhankelijk (Culus, Schellekens, & Smeets, 2018).

2.2.4 Classificatie volgens autonomie

Ten laatste kan er ook een onderscheid gemaakt worden op basis van het niveau van autonomie. Er bestaan vier subcategorieën: menselijke geopereerd, menselijk gedelegeerd, menselijk gesuperviseerd en volledig autonoom (Department of Defense, 2011).

2.2.4.1 Menselijk geopereerd

Een menselijk geopereerde drone wijst op een menselijke operator die alle beslissingen neemt. Het systeem heeft geen autonome controle over zijn omgeving, terwijl het wel kan beschikken over louter informatieve reacties op waargenomen gegevens. (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013; Department of Defense, 1972; National Institute of Standards and Technology, 2008).

2.2.4.2 Menselijk gedelegeerd

Bij menselijk gedelegeerde autonomie kan het systeem diverse functies, onafhankelijk van menselijke controle, uitvoeren wanneer dit opgedragen wordt. De drone omvat automatische (motor)bedieningsorganen en andere vormen van automatisering op laag niveau. Deze moeten door menselijke input ge(de)activeerd worden. Het systeem handelt met wederzijdse uitsluiting van menselijke bediening (Department of Defense, 2011).

2.2.4.3 Menselijk gesuperviseerd

Menselijk gesuperviseerd wijst op een systeem dat een grote verscheidenheid van activiteiten uitvoert wanneer die van een mens toestemming of instructies verkrijgt. Zowel het systeem als de persoon kan op basis van waargenomen gegevens gedragingen teweegbrengen, maar het systeem kan dat alleen binnen het bestek van zijn thans geleide taken (Department of Defense, 2011).

De categorieën menselijke gedelegeerd en menselijke gesuperviseerd liggen in lijn met de semi-autonome opdeling van Gupta, Ghonge, & Jawandhiya (2013). Deze worden gedefinieerd als systemen die input vanop de grond vereisen. De operator heeft volledige controle over het luchtvaartuig tijdens de vluchtvoorbereiding, het opstijgen, landen en indien die in de buurt van de basis vliegt. Eenmaal in de lucht kan een automatische piloot ingeschakeld worden waardoor het luchtvaartuig aan de hand van voorgeprogrammeerde referentiepunten kan opereren (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013).

2.2.4.4 Volledig autonoom

Rechts in het spectrum bevinden zich de volledig autonome systemen. Het systeem verkrijgt beoogde doelstellingen van de mens en vertaalt deze in taken, die zonder menselijke tussenkomst uitgevoerd worden. In geval van nood kan de persoon ingrijpen of de doelstellingen wijzigen, hoewel er in de praktijk aanzienlijke vertragingen kunnen optreden voordat menselijke interventie plaatsvindt. Geautomatiseerde systemen verschillen van autonome systemen. Daar waar geautomatiseerde systemen worden gekenmerkt door een reeks voorafbepaalde reacties op geplande gebeurtenissen, kunnen autonome drones bij machte de gezondheid, status en configuratie zelf monitoren en beoordelen (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013; Department of Defense, 2011; Lim, et al., 2018).

2.3 Dronemarkt

"Drones are toys, but they're also highly sophisticated tools that enable companies to optimize their value chains"

-*Marc Lambotte* (Culus, Schellekens, & Smeets, 2018)

2.3.1 Globale markt

Met behulp van onbemande vliegtuigen kunnen traditionele operationele werkwijzen gesubstitueerd worden voor diverse bedrijfsactiviteiten. Tevens bevorderen ze de data-analyse, waardoor bedrijven hun prestaties beter kunnen begrijpen en voorspellen. (Castellano, 2017). De productie en hardware zelf zullen de groei van de industrie in de toekomst niet aandrijven. Deze groei zal gestuurd worden door bedrijven, die drone-diensten exploiteren en gegevens beheren voor eindgebruikers. Dit genereert de meeste waarde, aangezien de meeste eindgebruikers de exploitatie en het onderhoud van drones uitbesteden aan derden (Amoukteh, Janda, & Vincent, 2017; Catellano, 2017).

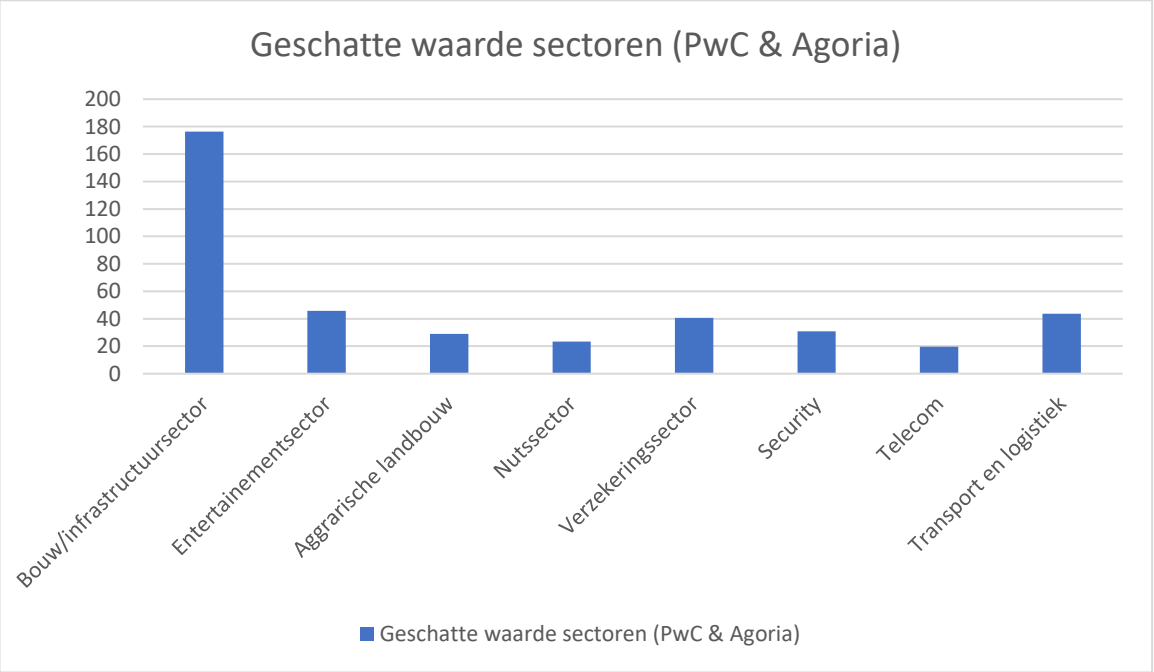
De voorziening voor lucht-land-zeediensten maakt deel uit van het dagelijks leven en hun gebruik zal gelijkaardig zijn als dat van auto's vandaag de dag (Culus, Schellekens, & Smeets, 2018). De European Commission (2019) schat dat de Europese drone-sector een economische impact van meer dan tien miljard euro per jaar zal teweeg brengen tegen 2039, voornamelijk in de dienstensector. Daarenboven peilt de Boston Consulting Group dat tegen 2050 de industriële dronevloot in Europa en de VS meer dan 1 miljoen eenheden zal omvatten en 50 miljoen dollar per jaar zal generen aan inkomsten uit producten en diensten (Amoukteh, Janda, & Vincent, 2017). Ook het *Association For Unmanned Vehicule Systems International* (AUVSI) raamt dat commerciële drones een impact van 82 miljard dollar kunnen hebben (Insider Intelligence, 2021).

De groeiende markt zal ook impact hebben op de jobcreatie. De European Commission (2019) schat dat de dronesector tegen 2039 een directe jobcreatie zal hebben van honderd duizend mensen. Amoukteh, Janda, & Vincent (2017) verhalen dat er een toename zal zijn in de vraag naar drone-operatoren die ingezet zullen worden voor externe drone-diensten. Er

zal ook een gestage vraag zijn naar onderhoudswerkers. De toenemende prevalentie kan leiden tot werkgelegenheid in onder andere verzekeringen en IT consulting. Het AUVSI schat in de VS een jobcreatie van honderd duizend jobs tegen 2025 (Insider Intelligence, 2021).

2.3.2 Belgische markt

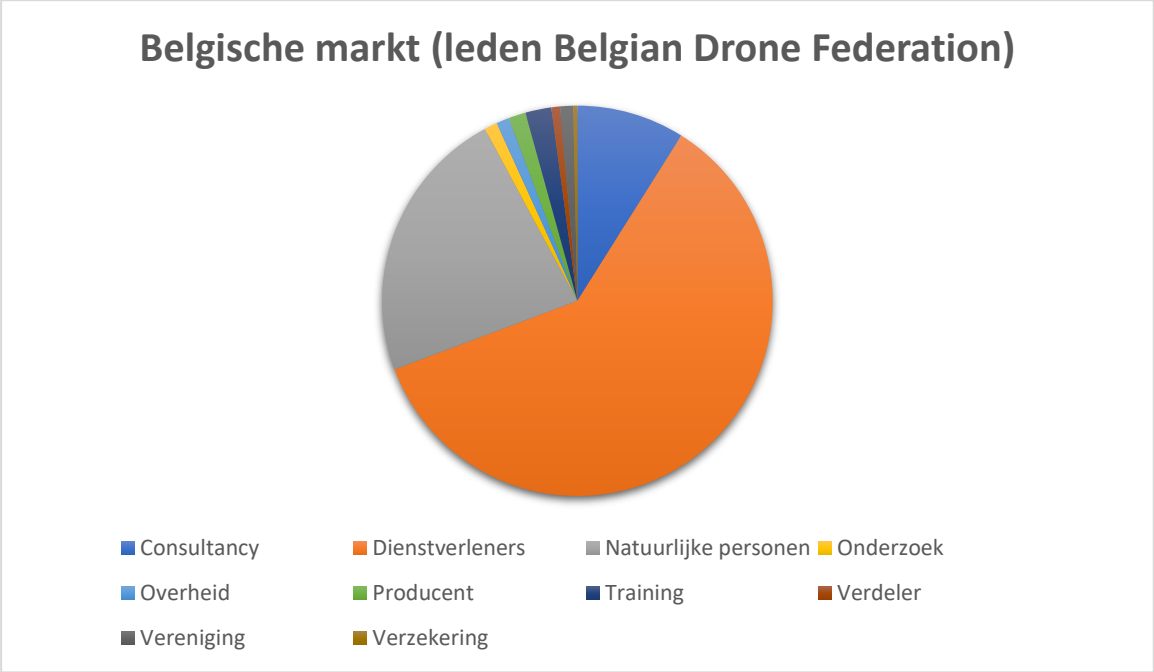
Naarmate het goedkoper wordt om commerciële drones te personaliseren, worden deuren geopend naar nieuwe functionaliteiten in een breed scala van nichemarkten (Insider Intelligence, 2021). De bereikbare markt in België bedraagt 408,9 miljoen euro per jaar (Culus, Schellekens, & Smeets, 2018). Figuur 5 toont de inschatting van *PwC* en *Agoria* (in (Culus, Schellekens, & Smeets, 2018) over de totale bereikbare dronemarkt in België. Hier wordt geconcludeerd dat het meeste potentieel in de Belgische dronemarkt zich in de bouw- of infrastructuursector, met een potentieel van 176,3 miljoen euro, begeeft (Amoukteh, Janda, & Vincent, 2017).



Figuur 5: Geschatte waarde dronemarkt België per sector (Culus, Schellekens, & Smeets, 2018)

Sedert 2012 is er één bedrijf in België dat zich bezighoudt met het verdedigen van de belangen van bedrijven die actief zijn in de dronesector, de *Belgian Drone Federation*. In het verleden speelde dit bedrijf een significante rol bij de uitwerking van de voormalige

Belgische wetgeving rond drones. Tot op heden heeft de organisatie als doel zowel in het binnen- als buitenland de onbemande luchtvaartsector vooruit te helpen. De website van de *Belgian Drone Federation* toont een lijst met al de actieve leden (Figuur 5). Inschrijven is geen verplichting, maar dit geeft wel een eerste beeld over het aantal dronebedrijven en hun kernactiviteiten in België (Belgian Drone Federation, 2021). Hierop is duidelijk te zien dat de dienstverleners de grote meerderheid vormt met 169 leden, gevolgd door de natuurlijke personen met 64 leden en de consultant met 25 leden. Er zijn zes trainingsinstellingen aangesloten, vier producenten, drie onderzoekscentra, overheidsinstellingen en verenigingen, twee verdelers en één verzekeringsmaatschappij. De waarlijke status quo kan hier uiteraard van afwijken.



Figuur 6: Leden Belgian Drone Federation 1 (Belgian Drone Federation, 2021)

2.4 Toepassingen drones

De actuele toepassingen van drones zijn aanzienlijk in verschillende sectoren. Ut infra worden de drone-toepassingen uit de sectoren (aangehaald in 2.3.2), alsook allerhande bijkomende civiele toepassingen, omschreven. Deze opsomming heeft niet als doel allesomvattend te zijn. Er wordt beoogd een ruim overzicht te bieden van de huidige civiele toepassingen. Naderhand worden de toepassingen in de bouwsector grondig besproken.

2.4.1 Civiele toepassingen

2.4.1.1 Entertainementsector

Een alom gekende toepassing van drones is de entertainment- en mediasector, waaronder journalistiek, film en televisie vallen (Insider Intelligence, 2021; Tatum & Liu, 2017). Hier bieden drones nieuwe verhaalvormen en invalshoeken, zoals video-opnames boven water of fragmenten boven bomen. Ook het gebruik van drones in bedrijfsvideo's voor marketingdoeleinden verloopt in stijgende curve. Deze marketingcampagnes zullen toenemen eens de luchtvaartuigen daadwerkelijk met objecten mogen rondvliegen (Culus, Schellekens, & Smeets, 2018).

2.4.1.2 Agrarische landbouw

De agrarische landbouw geniet ook van de dronetechnologie. Hier worden ze onder meer ingezet voor de controle van agrarische hulpbronnen en teeltfasen. Verder worden drones ook ingeschakeld om velden te besproeien en te behandelen met allerhande chemische producten (Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019; Bendea et al., 2008). Drones zorgen voor snellere opsporing van ziektes in de gewassen en fungeren als een efficiënte vogelverschrikker. Daarbij houden ze nauwkeuriger toezicht op de teelt en maken ze mogelijks een preciezere oogstschatting (Culus, Schellekens, & Smeets, 2018).

2.4.1.3 Nutssector

Drones bieden veel potentieel en ondersteuning voor verschillende operaties in de nutssector. Drones helpen bij het construeren van 3D-modellen. Dit gebeurt aan de hand van fotogrammetrie waar dieper op ingegaan wordt in 2.4.2.2. Tevens worden inspecties

uitgevoerd op (pijp)leidingen, windmolens, hoogspanningslijnen en meer (Culus, Schellekens, & Smeets, 2018; Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019).

2.4.1.4 Verzekeringssector

Culus, Schellekens & Smeets (2018) geven aan dat het beoordelen, voorkomen en beperken van risico's, de alledaagse doelstellingen van verzekeringsmaatschappijen vormen. Tevens zijn ze constant op zoek naar betere informatie om activa te verzekeren. Drones kunnen ingezet worden voor de prijsstelling van een verzekeringspolis of het voorkomen van schadegevallen en dus ook het risico. De drone is dus een handig hulpmiddel in de zoektocht naar potentiële winst in veiligheid en efficiëntie (Culus, Schellekens, & Smeets, 2018).

2.4.1.5 Security

De beveiligingssector is een sector waar drones ook een impact op kunnen hebben. Drones helpen niet-ontdekte dode hoeken te lokaliseren voor beveiligingsinspecties (Culus, Schellekens, & Smeets, 2018). Aangezien menselijke betrokkenheid bij beveiligingstoepassingen noodzakelijk zal blijven, vormen drones geen obstakel in jobmogelijkheden. Onbemande luchtvaartuigen zullen eerder een ondersteunende functie beoefenen (Culus, Schellekens, & Smeets, 2018). Voorbeelden hiervan zijn de bewaking bij de douane of weg- en spoorwegverkeer, ondersteuning bij interventies van politieagenten en brandweerlieden en het bewaken van goederen op verschillende locaties (Hassanalian & Abdelkefi, 2017; Culus, Schellekens, & Smeets, 2018).

2.4.1.6 Telecom

Drones bezitten, volgens Culus, Schellekens & Smeets (2018), ook groeicapaciteiten in de telecomindustrie. De zendmasten kunnen veiliger geïnspecteerd worden, maar ook een mogelijke opzet van een controlecentrum voor drones brengt een groot potentieel met zich mee. Telecombedrijven zouden ook functionaliteiten kunnen bieden in het luchtverkeer en in de verdere ontplooiing van drones. Er zijn mogelijkheden bij dataopslag, connecties, cybersecurity en real-time rapportage (Culus, Schellekens, & Smeets, 2018).

2.4.1.7 Transport en logistiek

Ook de transport en logistieke sector bevinden zich binnen toekomstige toepassingsgebieden van drones (Castellano, 2017; Insider Intelligence, 2021). De opkomst van e-commerce en

pakjeslevering brengt een extra last op de reeds overbelaste wegen. Hier kunnen drones een snellere levering van pakketjes voorzien, zeker bij noodgevallen. Verder behoort een sneller en veiliger inventarisbeheer ook tot de toekomstige mogelijkheden. Het grootste obstakel voor deze sector is het wetgevend kader dat dit niet ondersteunt (Culus, Schellekens, & Smeets, 2018).

2.4.1.8 Andere civiele toepassingen

Verder worden drones ingezet in tal van niche sectoren. Landmonitoring, in context van rampmanagement bij door natuurrampen getroffen of verontreinigde gebieden, gebruikt vandaag de dag drones (Insider Intelligence, 2021; Bendea et al., 2008). Ook voor opsporings- en reddingsoperaties worden drones met thermische sensoren ingezet (Ciampa et al., 2019; Insider Intelligence, 2021).

Andere toepassingen houden in: bosbouw, onderzoek van archeologische gebieden, brandbestrijding, onderzoek door universitaire laboratoria, het voorspellen van verkeersopstoppingen en ongevallen, bestrijding van luchtverontreiniging, milieumonitoring voor lekdetectie en riviertoezicht om overstromingen te voorspellen (Ciampa et al., 2019; Insider Intelligence, 2021; Bendea et al., 2008; Rudol, 2011).

2.4.2 Bouwsector

De drone is een opkomende technologische innovatie die voor een revolutie in de bouwsector zal zorgen (Golizadeh, et al., 2019). Hieronder worden de huidige drone-toepassingen in de bouwsector toegelicht.

2.4.2.1 Luchtvideografie en -fotografie

Bouwbedrijven gebruiken drones voornamelijk om foto’s en video’s met hoge resolutie vanuit vogelperspectief voor publiciteitsdoeleinden te verkrijgen. Drones creëren beeldmateriaal vanuit een uniek perspectief dat voordien enkel gecapteerd kon worden door camera’s aan kranen of bemande helikopters. Met drones kunnen voortgangen van bouwprojecten aangetoond worden vanuit verscheidende perspectieven. Het in beeld brengen van verschillende hoogtes, uitzichtpunten alsook overvliegende beelden van bouwplaatsen worden mogelijk door het inzetten van onbemande luchtvaartuigen (Tatum &

Liu, 2017). Daarbij geven Tatum & Liu (2017) aan dat drones vervolgens vaak gebruikt worden als promotiemateriaal op verschillende mediakanalen.

2.4.2.2 Landmeetkunde

Drones kunnen in de bouwsector ook landmeetkundige taken op een werf uitvoeren. De data die drones vergaren kunnen ontwikkelaars en bouwbedrijven helpen om de hele site in kaart te brengen, alsook om een inventaris bij te houden (Anwar, Izhar, & Najam, 2018). In traditionele benaderingen worden bouwtekeningen gebruikt om modellen te construeren, die vervolgens benut worden om de bouwvolgorde te plannen. Aan de hand van dronedata kan tevens een model geconstrueerd worden die de voortgang van de bouw controleert (Anwar, Izhar, & Najam, 2018).

Drones kunnen driedimensionale modellen construeren aan de hand van laserscanners en/of fotogrammetrie (Hakala et al., 2012; Anwar, Izhar, & Najam, 2018). Laserscanners, ook wel *Light Detecion And Ranging* (LIDAR) genoemd, zijn in staat driedimensionale modellen te construeren (Anwar, Izhar, & Najam, 2018). LIDAR-systemen zijn traceersystemen die in real-time een tweedimensionale *point cloud* of puntenwolk verschaffen. Een puntenwolk verwijst naar een oppervlak van de waargenomen scène op elk tussenliggend punt (Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019). De LIDAR scanning meet de afstand in tijd van het licht van de LIDAR-sensor tot het object. Vervolgens worden de puntenwolken van de verschillende waarnemingsvlakken samengevoegd om een volledig beeld van de omgeving te krijgen (Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019). Naarmate het aantal puntenwolken toeneemt, des te groter de nauwkeurigheid van de driedimensionale reconstructie is (Anwar, Izhar, & Najam, 2018).

Vervolgens is fotogrammetrie het proces waarbij tweedimensionale beelden worden omgezet in driedimensionale modellen door middel van triangulatie met foto's van hoge kwaliteit (Tatum & Liu, 2017). Door fotogrammetrie te combineren met LIDAR-technologie, wordt de bouw van driedimensionale modellen, contourkaarten en volumetrische overzichten ook mogelijk (Tatum & Liu, 2017).

Albeaino, Gheisari, & Franz (2019) vermelden dat in 88 procent van de gevallen landmeetkundige taken door onbemande luchvaartuigen met multi-roterende vleugels uitgevoerd worden. In de overige gevallen wordt een drone met vaste vleugels verkozen.

2.4.2.3 Inspecties van infrastructuren

Infrastructuren als bruggen, wegen, gebouwen, muren en torens zijn onderhevig aan verouderingsprocessen als gevolg van externe invloeden zoals weersomstandigheden, instensief gebruik of toenemende gebruiksbelasting, alsook interne invloeden zoals natuurlijke aantasting en verslijten van materiaal (Albeaino, Gheisari, & Franz, 2019; Kim et al. , 2015; Merz & Kendoul, 2011; Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019). Dit vergt verfijnde, efficiënte en doeltreffende methoden voor inspectie en monitoring van bovengenoemde structuren (Morgenthal & Hallermann, 2014).

Conventioneel vereisen inspecties dure maatwerkapperatuur en speciaal opgeleid personeel (Morgenthal & Hallermann, 2014). Huidige methoden voor inspecties zijn steigers, loopbruggen, onderbruginstallaties, vrachtwagenkranen, heftplatformen of beveiliging via touwen (Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019; Morgenthal & Hallermann, 2014). Deze methoden kunnen storingen veroorzaken in het dagelijks gebruik van de infrastructuren. Een inspectie van een brug kan door het opstellen van vrachtwagenkranen, bijvoorbeeld verkeersopstoppingen, veroorzaken. De verplaatsing van materialen en uitrustingen, van waar zij afkomstig zijn tot waar de arbeiders ze nodig hebben, vergen tevens veel inspanningen en hoge onkosten. (Morgenthal & Hallermann, 2014; Li & Liu, 2018). Speciaal opgeleid personeel (bijvoorbeeld industriële klimmers) kunnen toegang krijgen tot speciale delen van deze infrastructuur. Echter slagen zij er zelden in te beoordelen welke invloeden gedetecteerde beschadigingen hebben (Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019).

De schadebeoordeling van bouwconstructies is een significante aangelegenheid waarbij drones ingenieurs kunnen assisteren bij het analyseren van schade en verdere planning van experimenteel diagnotisch onderzoek mogelijk maken (Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019). Hier kunnen drones gebruikt worden als vliegende sensorsystemen, die de vereiste data bij inspecties verzamelen waarbij ook de benodigde mankracht en materiaalkosten afnemen (Eschmann et al., 2013; Morgenthal & Hallermann, 2014). Met het gebruik van onbemande luchtvaartuigen kan de inspectie van gebouwen, zowel op kwalitatief als op economisch vlak, op peil gebracht worden (Morgenthal & Hallermann, 2014). Drones combineren de voordelen van grond- en luchtsensoren. Het gehele driedimensionale gebied kan worden benut, op voorwaarde dat het vrij is van obstakels. Bovendien maken ze verschillende

beeldvormingsposities mogelijk, waardoor de gehele structuur bestudeerd kan worden (Wefelscheid, Hänsch, & Hellwich, 2011). Een drone zorgt ook voor de vereenvoudiging van de inspectiefasen door het verminderde personeel. De inspectietijd wordt verkort dankzij de flexibiliteit met betrekking tot de simultane controle van verschillende activiteiten (Rodrigues et al., 2017).

Conventioneel kunnen arbeiders, die de inspectie uitvoeren, enkel foto's of video's maken, die door civiele ingenieurs moeten worden geanalyseerd (Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019). Daartegenover kan, afhankelijk van de voor inspectie bestemde infrastructuur, een drone verschillende digitale en termische camera's aan boord hebben voor het vastleggen van beelden of video's (Eschmann, Kuo, Kuo, & Boller, 2013). Aan de hand van thermische camera's kan men: de materiaaltypes van structuren ontdekken, de eventuele aanwezigheid van stalen wapening opsporen, waterlekkages of vochtigheid ontdekken, thermische bruggen onderzoeken, verontreiniging van beton uitvoeren, prestaties van (pijp)leidingen analyseren alsook holle ruimtes in beton lokaliseren. (Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019). Ingebouwde *Ground Positioning System* (GPS)-sensoren en inertiële meeteenheden maken geavenceerde navigatie en routebepaling van de drones mogelijk, zowel voor inspectieplanning als voor live-inspectie (Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019). Het inspectieproces bestaat uit vier stappen: identificatie van constructies, planning van vluchtroutes, acquisitie van beelden en beeldverking (of beeldanalyse). De laatste stap houdt de analyse van de status van de constructie in (Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019).

In het onderzoek van Albeaino, Gheisari, & Franz (2019) werd bij inspectie van (infra)structuren voor 90 procent van de gevallen digitale camera's gebruikt. Daarnaast werden thermische camera's voor 13 procent van de cases ingezet. LIDAR en laser systemen werden voor inspectie in acht procent van de taken ingezet. Ook bleek uit datzelfde onderzoek dat de multi-roterende drones werden gezien als het meest geschikte type drone voor de inspectie van infrastructuren.

2.4.2.4 Veiligheidsbewaking

Drones kunnen ook de veiligheidsinspectie op de werf bijstaan. Uit onderzoek blijkt dat arbeiders in de bouwsector drie tot vier keer meer kans lopen om door een arbeidsongeval om het leven te komen, in vergelijking met andere sectoren (ILO, 2015). De doeltreffendheid van het waken over de veiligheid in de bouw kan aanzienlijk verhoogd worden door drones.

Beelden en video's gemaakt vanuit vogelperspectief kunnen waardevolle informatie verschaffen omtrent de omstandigheden op de bouwplaats en kunnen als hulpmiddel dienen om een ruimer gebied van de bouwplaats in kortere tijd te controleren (Tatum & Liu, 2017).

Het veiligheidsinspectieproces gebeurt volgens Rodrigues et al. (2017) in vier fasen: doelplanning, gegevensverzameling met drones, gegevensverwerking en gegevensanalyse. De planningsfase houdt het bepalen van punten, die van belang zijn voor toezicht en inspectie, in. Dit aan de hand van het projectpersoneel. De tweede fase, gegevensverzameling, is gericht op het inspecteren van de veiligheidsomstandigheden aan de hand van visuele *snapshots*. Deze worden naderhand verwerkt en geanalyseerd (Rodrigues et al., 2017).

Tatum & Liu (2017) hanteren een andere proces. De drone wordt hier pas ingezet wanneer het systeem een alarm ontvangt. Daaropvolgend manoeuvreert het luchtvaartuig zich boven de bouwplaats om videobeelden op te nemen op lage hoogte, waardoor voertuigen of personen geïdentificeerd kunnen worden. Een camera met hoge resolutie streamt vervolgens de video in real-time. Relatief grotere objecten, zoals voertuigen, kunnen worden gedetecteerd in optische beelden. Het lokaliseren van mensen brengt meer moeilijkheden met zich mee mede dankzij de relatief kleine afmetingen van mensen, het lage contrast met de achtergrond en de aanwezigheid van wazige beelden (Tatum & Liu, 2017). Hierdoor wordt ook bij de veiligheidsinspectie gebruik gemaakt van thermische camera's, aangezien de menselijke thermische handtekening in het infraroodspectrum iets moeilijker te camouflereren is (Gąszczak, P.Breckon, & Han, 2011).

Daarbij kunnen veiligheidsmanagers rechtstreeks communiceren met de werknemers aan de hand van communicatiemiddelen (bijvoorbeeld video- en geluidszenders), die in het onbemande luchtvaartuig zijn ingebouwd. Hierdoor zijn commando's in kritieke omstandigheden mogelijk (Irizarry, Gheisari, & Walker, 2012; Umar, 2020).

2.4.2.5 Drones en *Augmented Reality* in de bouw

Door middel van immersieve technologieën kunnen belanghebbenden de voortgang van de bouw op nieuwe manieren virtueel opvolgen. Eén van die immersieve technologieën is A*ugmented Reality* (AR). AR-technologie kan het visualiseren van de uitgevoerde werkzaamheden en het vergelijken met de vooropgestelde planning van het proces vergemakkelijken (Elghaish, et al., 2020). Kim et al. (2018) ontwikkelden tevens een op AR-

gebaseerd systeem om real-time bouwinformatie weer te geven en praktische vier- en vijfdimensionale simulatieobjecten te leveren. Dit zorgt voor een meer realistisch object. Naast de weergave van driedimensionele objecten via AR, biedt dit systeem ook continu veranderende planningsinformatie in AR (Kim et al., 2018).

2.5 Wetgevend kader drones

Sedert 1 januari 2021 is een nieuwe Europese verodening van kracht die het Belgische koninklijk besluit ontkrachtigt. Deze vernieuwde wetgeving heeft als doel om drone-activiteiten in de EU-lidstaten aan te moedigen en de wetgeving over de lidstaten te harmoniseren. De EU-verordening baseert zich op het risico, de complexiteit en de prestaties in de lucht die plaatsvinden. Om die reden wordt het gewicht, risico in de lucht en locatie (GEO zone) van de vlucht geanalyseerd (DroneDepot, 2021). Deze regelgeving zorgt er tevens voor dat een drone-exploitant of piloot in alle andere lidstaten van de EU vluchten kan uitvoeren op basis van de certificaten, zolang deze aan de Europese wetgeving voldoen. (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2020).

2.5.1 Categorieën volgens wetgeving

Er wordt een opdeling gemaakt tussen de *open*, *specific* en *certified* categorieën. Hieronder worden deze grondig besproken.

2.5.1.1 *Open* categorie

De *open* categorie is voornamelijk gericht op alle recreatieve piloten. Doch kunnen professionele exploitanten tot deze categorie behoren, zolang ze aan de exploitatievoorwaarden voldoen. Afhankelijk van de subcategorie (zie Tabel 2) mag een drone in de categorie *open* wel of niet over bepaalde zones vliegen (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2021).

Daarenboven zijn er bijkomende restricties om ’s nachts te vliegen. Dit mag, zolang de zichtbaarheid te alle tijde onderscheiden kan worden en er een groen licht knippert op de drone. Er wordt ook een onderscheid gemaakt in termen van verzekering. Een drone met een startmassa van 20 kg of meer valt niet meer binnen de burgerlijke aansprakelijkheid. Bij deze moet bijgevolg een specifieke verzekering afgesloten worden (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2021).

Subcategorie	*Max. gewicht*	*Verplichte registratie*	*Verplichte opleiding*	*Vliegen boven niet-betrokken mensen*	*Vliegen boven bijeenkomst van personen*
C0	250 g	Ja*	Nee	Ja	Nee
C1	900 g	Ja	Ja + theoretisch examen	Nee	Nee
C2	4 kg	Ja	Ja + theoretisch & praktijk examen	Nee (+30m horizontale afstand)	Nee
C3	25 kg	Ja	Ja + theoretisch examen	Nee, 150m van bevolkt gebied (+30m horizontale afstand voorbijgangers)	Nee
C4	25 kg	Ja	Ja + theoretisch examen	Nee, 150m van bevolkt gebied (+30m horizontale afstand voorbijgangers)	Nee

Tabel 2: categorie OPEN EU-verordening (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2021)

*Tenzij deze niet uitgerust is met een camera of sensor

2.5.1.2 *Specific* categorie

Vluchten die niet aan de voorwaarden uit de open categorie voldoen, vallen onder de categorie '*specific*'. Deze zijn toegestaan met een certificaat dat binnen de standaardscenario's past of met een exploitatievergunning (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2021).

De standaardscenario's waar een certificaat voor kan aangevraagd worden, houden in: maximaal 120 meter boven de grond vliegen en enkel vluchten binnen het gezichtsveld van de piloot (VLOS). Ook dient de piloot een vereiste bevoegdheidsverklaring te bezitten en mag hij enkel boven gecontroleerde grondoppervlakte vliegen. Drones die onder de standaardscenario's vallen, worden geplaatst in het label C5 of C6. Vervolgens wijst een exploitatievergunning op een gebied waarin de drone-exploitant kan garanderen dat alleen de betrokken personen aanwezig zijn (bijvoorbeeld op een werf). Er bestaat ook een certificaat van exploitant van lichte drones. Deze kan echter enkel aan rechtspersonen (bedrijf of organisatie) toegekend worden (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2021).

Drones uit de *specific*-categorie moeten een risicobeoordeling uitvoeren alvorens ze de lucht in kunnen. Deze *Specific Operations Risk Assessment* (SORA) is een nieuwe aanpak voor het veilig opzetten, evalueren en uitvoeren van dronevluchten. De beoogde doelstelling is het niveau van vertrouwen aantonen waarin een droneoperatie binnen de grenzen van de geplande operatie zal blijven (ECA, 2019).

Verder moet er ook een verzekering afgesloten worden om alle mogelijke lichamelijke en materiële schade te dekken en kan een specifieke opleiding vereist zijn voor de piloot. Deze categorie bevat geen bijkomende restricties voor dag- of nachtvluchten (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2020).

2.5.1.3 *Certified* categorie

De laatste mogelijkheid is de *certified* categorie. Deze categorie is bestemd voor toepassingen met een te hoog risico om in de *specific* categorie te vallen. Ook drones met een spanwijdte van meer dan drie meter, waarmee over mensen wordt gevlogen, en vluchtuitvoering met vervoer van personen of gevaarlijke goederen die bij een ongeluk een hoog risico met zich meedragen vallen hieronder (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2021).

2.5.1.4 Bijkomende restricties

De Europese verordening geeft de lidstaten het recht om geografische zones af te bakenen om redenen van veiligheid, beveiliging, privacy of milieu (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2021). In België zijn er diverse verboden zones (*no-fly zones)* vastgelegd die ook ontgrendeld kunnen worden. Deze zijn opgedeeld in verschillende categorieën, namelijk: hoogtezones, autorisatiezones, waarschuwingszones, wettelijk beperkte zones en aanbevolen luchtzones. Iedere zone heeft een eigen kleurencode die online geraadpleegd kan worden (DJI, 2021). Binnen deze zones hebben de lidstaten het recht om enkel drones toe te laten die met identificatiesystemen zijn uitgerust. Dit valt onder de term geobewustzijn (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2021).

Ten laatste moeten ook de labels van klasse C0 tot en met C6 door de drone-exploitant aangebracht worden op de drone met een etiket. Alle betrokken personen die aanwezig zijn in de omgeving van de vlucht, moeten in kennis gesteld worden van de risico's en moeten hier uitdrukkelijk mee instemmen (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2021).

2.5.2 Privacy wetgeving (GDPR)

In de Europese verordening wordt verwezen naar de *General Data Protection Regulation* (GDPR) indien over bepaalde mensen gevlogen wordt. Daarbij komt dat drones doorgaans camera's bevatten die de omgeving capteren, met inbegrip van personen. Hierdoor vallen die ook onder het GDPR-recht. Een onderscheid moet gemaakt worden voor openbare of privéplaatsen (Zadora, Christiaens, & Verhulst, 2021).

Men gaat ervan uit dat personen die zich op openbare plaatsen begeven onrechtstreeks toestemming verlenen om foto's en video's van zichzelf te laten maken. Besloten of private terreinen, met uitzondering van de huissfeer binnenshuis, vereisen echter expliciete toestemming van iedere persoon die op deze beelden te zien zijn. Deze toestemming is ook vereist indien de drone over tuinen of andere private plaatsen vliegt, ook al heeft men niet de intentie om beelden of foto's van derden vast te leggen (Zadora, Christiaens, & Verhulst, 2021).

2.6 Adoptie van drones

2.6.1 TOE-raamwerk

Het *Technology Organization Environment* raamwerk (TOE) wordt als theoretische omkadering gebruikt voor dit onderzoek. Tornatzky, Fleuscher & Chakrabarti (1990) beschreven het raamwerk voor het eerst in hun boek, dewelke in latere IT-adoptiestudies geactualiseerd werd. Het TOE-raamwerk is met name een theorie op organisatieniveau waarin drie verschillende elementen uit de bedrijfscontext beslissingen rond technologie-adoptie beïnvloeden. Deze drie elementen zijn de technologische context, de organisatorische context en de omgevingscontext. Er wordt gesteld dat elk element de adoptie van de technologische innovatie beïnvloedt (Baker, 2012). Ut infra worden de technologische, organisatorische en omgevingscontext verklaard, alsook factoren die deze contexten denkbaar kunnen beïnvloeden voor adoptie van drones in de bouwsector.

2.6.2 Technologische context (*Technology*)

2.6.2.1 Vereiste IT-infrastructuur

De IT-infrastructuur houdt een platform in waarop technologieën kunnen worden gebouwd (Oliveira & Martins, 2008). De IT-infrastructuur, als enkelvoudige factor, werd bij Pan & Jang (2008) niet als significante factor bevonden bij de adoptie van *entity resource planning systems*. Daartegenover stelden Lin & Lin (2008) vast dat IT-infrastructuur rond informatiesystemen de introductie van e-handel bevorderen. Desgelijks vond Grover (1993) een positief verband tussen de adoptie van klantgerichte *internet operating system technology* en de huidige IT-infrastructuur. Het operationele systeem dat instaat voor de commando- en datalink vereist een standvastige infrastructuur (Gupta, Ghonge, & Jawandhiya, 2013). Daarbij dienen verzamelde data, die eventueel herleid worden naar driedimensionale modellen, opgeslagen te worden (Morgenthal & Hallermann, 2014). Een uitgebreide databank ligt aan de basis voor een degelijke en complete inspectie van infrastructuur, dewelke in realiteit veelal gebrekkig of zelf niet bestaand is (Merz & Kendoul, 2011).

2.6.2.2 Vereiste expertise en vaardigheden

Bedrijven zullen veeleer bereid zijn complexe technologische innovaties toe te passen naarmate zij over de deskundigheid beschikken op het gebied van informatietechnologieën (Lin & Lin, 2008). Verschillende onderzoeken ondervonden een positief verband tussen adoptie enerzijds en deskundigheid anderzijds in respectievelijk e-commerce, informatie- en communicatietechnologieën en algehele informatiesystemen (Liu, 2008; Lin & Lin, 2008; Ramdani, Kawalek, & Lorenzo, 2009; Thong, 1999). De besturing van drones vereist een specifieke expertise. In de meeste gevallen kunnen drone-operaties enkel uitgevoerd worden door personeel dat een opleiding gevolgd heeft en in bezit is van de ondergeschikte certificaten (zie 2.5). Naast het traditionele gebruik van fotografische informatie, wordt ook fotogrammetriesoftware gebruikt om deze gegevens te integreren in bouwinformatiemodellen. Ook dit vergt de nodige expertise (Tatum & Liu, 2017).

2.6.2.3 Waargenomen voordelen

De waargenomen voordelen van de innovatie die nog niet wordt toegepast in het bedrijf, blijkt een meermaals onderzochte factor in de adoptie van technologieën te zijn (Chau & Tam, 1997; Grover, 1993; Lin & Lin, 2008; Kuan & Chau, 2001; Martins, Oliveira, & Thomas, 2016; Ramdani, Kawalek, & Lorenzo, 2009; Chiu, Chen, & Chen, 2017; Thong, 1999; Stjepić, Pejić Bach, & Bosilj Vukšić, 2021). Wanneer een innovatie beschouwd wordt als zijnde een verbetering ten opzichte van het idee dat ze vervangt, spreekt men over een waargenomen voordeel (Chiu, Chen, & Chen, 2017). De nadruk ligt op de perceptie van de voordelen en niet zozeer op de voordelen die daadwerkelijk worden verkregen (Kuan & Chau, 2001). Diverse auteurs vonden geen significant verband tussen de waargenomen voordelen en de adoptie van innovatie (Chau & Tam, 1997; Grover, 1993; Lin & Lin, 2008; Ramdani, Kawalek, & Lorenzo, 2009; Stjepić, Pejić Bach, & Bosilj Vukšić, 2021; Thong, 1999). Desondanks vonden Chiu, Chen, & Chen (2017) en Martins, Oliveira, & Thomas (2016) een positief verband tussen de waargenomen voordelen en de adoptie van respectievelijk *software as a service* en mobiele applicaties . Hieronder worden de waargenomen voordelen aangekaart.

2.6.2.3.1 *Accuraatheid*

Allereerst heeft de technologische vooruitgang van de laatste jaren geleid tot robuustere resultaten van drones (Tatum & Liu, 2017). De accuraatheid van de meetresultaten is afhankelijk van zowel het type drone als het type sensoren of camera's (Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019). Gewoonlijk worden vliegrouteplanningen uitgevoerd aan de hand van courante software op basis van GPS routepunt-navigatie. Dit is echter onvoldoende vanwege de vereiste nauwkeurigheid en het gevaar van schaduwen van nabijgelegen gebouwen (Eschmann, Kuo, Kuo, & Boller, 2013). Het gebruik van *Real Time Kinematic (RTK)* bevordert de nauwkeurigheid van de GPS (Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019). Uit de studie van Albeaino, Gheisari, & Franz (2019) blijkt dat drones in vergelijking met conventionele methoden, in ondermeer de bouwsector, even goede zo niet betere resultaten leveren in termen van nauwkeurigheid.

2.6.2.3.2 *Kostefficiëntie*

Kostefficiëntie wordt als één van de belangrijkste voordelen gezien die drones teweeg brengen (Li & Liu, 2018). Drones zijn kostefficiënter bij inspecties. Traditionele inspecties brengen doorgaans veel kosten met zich mee, vooral wat de veiligheid van de werknemers en de lange intervallen tussen inspecties bij moeilijk toegankelijke omstandigheden betreft (Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019). Ook kunnen exact dezelfde gegevens, die verzameld worden met traditionele landmeetinstrumenten, sneller en kostefficiënter met drones verzameld worden (Li & Liu, 2018; McNeil & Snow, 2016).

2.6.2.3.3 *Tijdsefficiëntie*

Het proces van dataverzameling voor een betrouwbare conditiebepaling en de volledige documentatie is vaak een tijdrovend proces, wat verholpen wordt door het gebruik van drones (Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019). Resultaten van drone-vluchten zijn binnen enkele minuten zichtbaar voor belanghebbenden (Tatum & Liu, 2017). Ook in termen van landmetingen blijken drones een tijdsefficiënte oplossing. Testen uit het onderzoek van Li & Liu (2018) gaven aan dat drone-gebaseerde opmetingen de benodigde tijd tot een derde terugbrachten.

2.6.2.3.4 *Veiligheid*

Inspecties brengen aanzienlijke risico's rond veiligheid mee, mede omdat veel infrastructuren moeilijk toegankelijk zijn. Tijdens het bouwen, herstellen, onderhouden,

renoveren en slopen worden (bouw)arbeiders blootgesteld aan allerlei gevaren. Enkele voorbeelden hiervan zijn: stof en dampen, asbest, slechte weersomstandigheden, werk op hoogte en geïnfecteerde gebieden en klifranden (Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019; McNeil & Snow, 2016; ILO, 2015). Drones vormen een belangrijk potentieel instrument voor het verminderen van letsels op bouwsites door onveilige situaties te reduceren bij inspecties (Tatum & Liu, 2017; Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019). Zoals eerder aangekaart in 2.4.2.4, kunnen drones ook veiligheidsinspecties bijstaan op de bouwsite.

2.6.2.4 Waargenomen complexiteit

De waargenomen complexiteit van de technologie wordt meermaals aangehaald als technologische factor in de literatuur. De waargenomen complexiteit wijst op de mate waarin een innovatie als relatief moeilijk te bevatten en te gebruiken wordt ervaren (Rogers, in Ramdani, Kawalek, & Lorenzo, 2009). Grover (1993), Salleh & Janczewski (2016) en Junior, Tiago, & Yanaze (2019) ondervonden een negatief verband tussen de waargenomen complexiteit en de adoptie van innovatie, respectievelijk in klantgerichte *internet operating system* en *entity resource planning systems*. Doch kwamen Chiu, Chen, & Chen (2017), Stjepić, Pejić Bach, & Bosilj Vukšić (2021), Martins, Oliveira, & Thomas (2016), Thong (1999), Chang, Hwang, Hung, Lin, & Yen (2007) en Ramdani, Kawalek, & Lorenzo (2009) in hun onderzoek niet op een beduidend verband uit tussen de waargenomen complexiteit en adoptie van innovatieve technologieën. Eén van de grootste uitdagingen van de huidige drone-systemen is dat ze te complex zijn om op een veilige manier door mensen bestuurd te worden. Dit kan leiden tot schade aan zowel mensen, als eigendommen (Nouacer, et al., 2020). De dataverwerking van drones is daarbij ook een technisch complexe taak (Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019).

2.6.2.5 Testbaarheid

Testbaarheid is de mate waarin een innovatie gedurende een beperkte periode kan worden getest (Rogers, in Ramdani, Kawalek, & Lorenzo, 2009). Chiu, Chen, & Chen (2017) namen een positief effect waar tussen de testbaarheid en de adoptie van mobiele applicaties, terwijl Ramdani, Kawalek, & Lorenzo (2009) een positief effect constateerden bij bedrijfssystemen van kleine en middelgrote ondernemingen. Een voorbeeld uit de praktijk is het proefproject uitgevoerd door *ENGIE Fabricom* (Culus, Schellekens, & Smeets, 2018). In 2016 testten ze het gebruik van drones bij de installatie van een hoogspanningslijn. Dit was niet enkel in

België een primeur. Dit mondde verder uit tot een succesvolle operatie voor alle betrokken partijen (Culus, Schellekens, & Smeets, 2018).

2.6.2.6 Compatibiliteit software

Er moet ook rekening gehouden worden met de verenigbaarheid van de innovatie met de bestaande informatiesystemen en software-instrumenten binnen een bedrijf (Rogers, in Ramdani, Kawalek, & Lorenzo, 2009; Stjepić, Pejić Bach, & Bosilj Vukšić, 2021). Thong (1999) en Martins, Oliveira, & Thomas (2016) vonden geen significant verband tussen de compatibiliteit en de adoptie van informatiesystemen en *software as a service*. Ramdani, Kawalek, & Lorenzo (2009), Grover (1993), Stjepić, Pejić Bach, & Bosilj Vukšić (2021), Salleh & Janczewski (2016), Junior, Tiago & Yanaze (2019) en Chiu, Chen & Chen (2017) constateerden dat compatibiliteit een positief effect had op de mate van adoptie van desbetreffende onderzochte technologieën. Bovendien ondervonden Ramdani, Kawalek, & Lorenzo (2009) dat het effect krachtiger is bij kleine of middelgrote ondernemingen. Ook bij de implementatie van drones in de bouwsector moet rekening gehouden worden met huidige software-instrumenten. Een voorbeeld is de samenwerking tussen *Building information Modeling* (*BIM*) software en drones. De compatibiliteit met *BIM* verbetert het kwaliteits- en timemanagement van bouwprojecten (Li & Liu, 2018).

2.6.2.7 Dataveiligheid

Drones genereren gedetailleerde gegevens van infrastructuren en bouwsites. Hiermee gaat een groeiend risico gepaard dat confidentiële informatie gekraakt en misbruikt kan worden. Doorgaans worden verzamelde gegevens via Wi-Fi of bluetooth verstuurd, wat de blootstelling aan cyberaanvallen vergroot. Daarbij stuurt de drone niet alleen de gegevens door, maar slaat ze ook intern op wat eveneens schadelijke gevolgen kan hebben in geval van cyberaanvallen (Albalawi & Song, 2019). Om de cybersecurity algeheel aan te pakken, moeten beveiligingssystemen worden ontwikkeld die de veiligheid van gegevens en verbindingen beschermen (Mazur, Wiśniewski, & McMillan, 2017). Hoewel drone-fabrikanten tijd en middelen investeren in de veiligheidsproblematiek, nemen deze problemen dagelijks toe met de snelle evolutie van data-inbraak technologieën (Albalawi & Song, 2019). In het onderzoek van Salleh & Janczewski (2016) werd de adoptie van *big data* oplossingen positief beïnvloed door een verbeterde interne cultuur rond informatiebeveiliging.

2.6.3 Organisatorische context (*Organization*)

De organisatorische context verwijst naar de kenmerken en middelen van een bedrijf (Baker, 2012; Teo, Ranganathan, & Dhaliwal, 2006). Kenmerkend is dat de context verklaard wordt in termen van bedrijfsgrootte, interne relaties, ondersteuning van het management en andere factoren binnen bedrijven die relevant zijn voor de adoptie van technologie (Zhu & Kraemer, 2003; Stjepić, Pejić Bach, & Bosilj Vukšić, 2021; Teo, Ranganathan, & Dhaliwal, 2006; Bose & Luo, 2011). De aanwezigheid van informele schakelfiguren, zoals productkampioenen, worden ook geassocieerd met adoptie (Baker, 2012).

2.6.3.1 Topmanagement ondersteuning

Een veelal gebruikte factor is de ondersteuning door het topmanagement. Volgens Baker (2012) kan het topmanagement innovatie bevorderen door een organisatorische context te creëren die verandering verwelkomt. Het beleid en de communicatieprocessen van het topmanagement bestaan uit het verklaren van het belang van innovatie aan het personeel, het bepalen van de rol die innovatie speelt binnen de algemene strategie van het bedrijf, het (in)formeel belonen van vernieuwingen en het samenstellen van een bekwaam directieteam dat in staat is een overtuigende visie op de toekomst van het bedrijf te formuleren (Baker, 2012). De ondersteuning van het topmanagement oefent een positief effect uit op de adoptie van innovatie (Cruz-Jesus, Pinheiro, & Oliveira, 2019; Salleh & Janczewski, 2016; Grover, 1993; Junior, Tiago, & Yanaze, 2019; Martins, Oliveira, & Thomas, 2016; Ramdani, Kawalek, & Lorenzo, 2009; Chiu, Chen, & Chen, 2017; Teo, Ranganathan, & Dhaliwal, 2006). Daarenboven constateerde Liu (2008) dat informatie op managementlevel in zijn geheel een positief effect uitoefent op de adoptie van e-handel. Doch vonden Stjepić, Pejić Bach, & Bosilj Vukšić (2021)geen significant verband tussen de ondersteuning van topmanagement en de adoptie van *business intelligence*. Adequaat innovatiemanagement impliceert dat het management van bouwbedrijven innovatieve ideeën expliciet moet bepleiten, bewuste strategische beslissingen moet nemen over de richting van de innovatie-activiteit van het bedrijf en methodische en hiërarchische ondersteuning moet bieden tijdens het innovatieproces (Hartmann, 2006).

2.6.3.2 Productkampioen

De tweede factor is de aanwezigheid van productkampioenen binnen het bedrijf. Productkampioen zijn individuen die informeel opduiken binnen een organisatie. Door actief

en geestdriftig de voortgang van innovatie te bevorderen, leveren zij een bijdrage aan de innovatie (Howell, Shea, & Higgins, 2005). Productkampioenen kunnen zowel een positieve als negatieve invloed hebben. Een productkampioen kan invloed hebben op de manier waarop middelen en macht intern verdeeld worden. Ook kunnen zij de beleidsbeslissingen en innovatieprojecten van managers vergemakkelijken (Van de Ven et al., in Howell, 2005). In de context van innovatie bestaat de rol van een productkampioen eruit het idee aan de directie te verkondigen en voldoende steun van de directie voor het project te krijgen (Chakrabarti, 1974). Organisaties die meer steun van de productkampioen krijgen, zullen eerder technologie introduceren. Dit werd geconstateerd bij *Green IT*, klantgerichte *internet operating system* en *radio-frequency identification* (Bose & Luo, 2011; Grover, 1993; Lee & Shim, 2007). In de bouwsector ondervonden Gambatese & Hallowell (2011) dat de meest invloedrijke factor bij de adoptie van een innovatie het begeleiden en wegnemen van obstakels, door een productkampioen, was.

2.6.3.3 Risicobeleid bij acquisitie

Opdat innovaties verscheidende risico's met zich meebrengen, moet ook het risicobeleid rond de acquisitie in kaart gebracht worden. Risicomanagement is een alomvattende taak. Dit bestaat uit het definiëren van verwachte resultaten van een project, het bepalen van de waarschijnlijkheid dat doelstellingen worden bereikt door het uitwerken van diverse scenario's, voor het eventueel optreden van risico's en het ontwikkelen van strategieën om deze vooropgestelde doelstellingen te behalen (Dikmen, Birgonul, & Arikan, 2004).

Omdat elke innovatie gepaard gaat met risico's, dient het risicobeheer de innovatie te vergemakkelijken in plaats van het te belemmeren (Taplin, in Vargas-Hernández, Noruzi, & Sariolghalam, 2010). Edwards & Bowen (2013) omschrijven vijf processen die een risicomanagementbeleid moet omvatten: het vaststellen van de juiste context, het identificeren van de risico's verbonden aan het project, het analyseren van geïdentificeerde risico's, het ontwikkelen van responses voor deze risico's, het monitoren van de risico's en het capteren van kennis over risico's na het project. Stjepić, Pejić Bach & Bosilj Vukšić (2021) namen een significant verband waar tussen datamanagement bij het besluitvormingsproces en het adoptieproces van *business intelligence.*

2.6.3.4 Bedrijfsgrootte

De bedrijfsgrootte is een factor die in verschillende onderzoeken terugkwam. Grote bedrijven innoveren doorgaans meer dan kleine bedrijven (Verdonck & Hedebouw, 2011). Bose & Luo (2011) en Liu (2008) troffen geen significant verband aan tussen de bedrijfsgrootte en de adoptie van innovaties. Dergelijke onderzoeken vonden echter wel een significant verband (Grover, 1993; Chang, Hwang, Hung, Lin, & Yen, 2007; Pan & Jang, 2008; Ramdani, Kawalek, & Lorenzo, 2009; Thong, 1999; Zhu & Kraemer, 2003; Zhu, Kraemer, & Xu, 2006). De bedrijfsgrootte wordt beschouwd als een tweeledige factor omdat grote organisaties, die over ruime middelen beschikken, de introductie en adoptie van innovaties kunnen vergemakkelijken (Bose & Luo, 2011). Pan & Jang (2008) halen ook aan dat grotere bedrijven het risico van innovatie beter kunnen spreiden. Meng & Brown (2018) ondervonden verschillen in drijfveren voor innovatie tussen kleinere en grotere bedrijven. Innovaties in kleine ondernemingen worden veeleer aangedreven door het voorbestaan en de bloei, terwijl grote bedrijven eerder gedreven worden door wereldwijde concurrentie. Het is incorrect te stellen dat bedrijven van een bepaalde grootte innovatiever zijn dan andere bedrijven. Dit omdat grote ondernemingen innovatiever zijn op bepaalde innovatiegebieden, terwijl kleinere bedrijven op andere gebieden innoveren (Meng & Brown, 2018). De bouwsector karakteriseert zich, meer dan andere sectoren, door het ruime aantal kleine bedrijven. 85 procent van de bedrijven stelt minder dan tien werknemers te werk (Verdonck & Hedebouw, 2011).

2.6.3.5 Innovatief karakter

De laatste factor op organisatorisch niveau is het innovatieve karakter van het bedrijf. Rogers (1995) definieert het innovatievermogen als de mate waarin een individu zich relatief eerder nieuwe ideeën of inzichten eigen maakt ten opzichte van anderen. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen verschillende types van innovatief karakter, namelijk: *innovators, early adaptors, early majority, late majority en laggards.*

Innovators betreft de mensen die graag als eerste iets nieuws bezitten en bereid zijn om nieuwe ideeën uit te proberen. Dit zijn de eersten die het adoptieproces worden aangegaan. Na de innovators volgen de *early adopters*. De *early adopters* vormen de belangrijkste groep. Zij fungeren als opinieleiders en zijn dus het voorbeeldmodel voor de volgende

kopers. De *early majority* bestaat uit mensen die het product graag willen hebben, maar wat voorzichtiger zijn met een aankoop en eerst afwachten tot de *early adopters* het product hebben aangeschaft. De *late majority* betreft voornamelijk de kopers of gebruikers die alleen een product aanschaffen wanneer de meerderheid ze al heeft uitgeprobeerd of wanneer ze er niet meer omheen kunnen. *Laggards* hechten veel waarde aan traditie en staan wantrouwend tegenover innovaties. Tevens kunnen ze geïsoleerd zijn, waardoor het bewustzijn van innovaties beperkt is (Orr, 2003). Salleh & Janczewski (2016) constateerden in hun onderzoek een stimulerende impact van de organisatorische leercultuur en *big data* oplossingen.

2.6.4 Omgevingscontext (*Environment*)

De omgevingscontext verwijst naar de externe omstandigheden waarin de onderneming haar bedrijfsactiviteiten uitoefent. Het omvat de concurrerende, wettelijke en regulerende omgeving en de markt waarin een bedrijf opereert (Tornatzky & Fleischer, in Zhu & Kraemer, 2003; Teo, Ranganathan, & Dhaliwal, 2006). Kenmerken van de markt, zoals concurrentiekrachten en marktstructuur, worden opgenomen binnen de omgevingscontext (Stjepić, Pejić Bach, & Bosilj Vukšić, 2021). Ook de aan- of afwezigheid van aanbieders van technologische diensten worden hierin omvat (Tornatzky & Fleischer, in Baker, 2012).

2.6.4.1 Regelgeving

Als eerste kan de regelgeving rond de technologie als omgevingsfactor verklaard worden. De regelgeving blijkt zowel een gunstig als een nadelig effect uit te kunnen oefenen op innovatie (Baker, 2012). Technologie evolueert aan een hogere snelheid dan wetgeving, wat impliceert dat in welbepaalde landen concurrentievoordeel gecreëerd kan worden dat rechtstreeks af te leiden valt uit de snelheid waarmee dat land zijn wetgeving bijstelt. Bijgevolg is samenwerking en afstemming tussen de verschillende internationale regelgevers essentieel (Amoukteh, Janda, & Vincent, 2017). De Europese drone-wetgeving heeft dan ook als doel om drone-activiteit in de EU aan te moedigen en de wetgeving binnen de EU-lidstaten te harmoniseren (FOD Mobiliteit en Vervoer, 2020). Chang et al. (2007) en Zhu & Kraemer (2005) vonden een significant positief verband tussen de regelgevende ondersteuning en technologie. Zhu, Kraemer, & Xu (2006) namen ook een positief verband waar dat sterker was in ontwikkelingslanden dan in ontwikkelde landen. Doch vonden Chiu, Chen, & Chen (2017) en Pan & Jang (2008) hier geen significant verband.

2.6.4.2 Weersomstandigheden

Minder optimale weersomstandigheden kunnen de kwaliteit van de verzamelde optische data maar ook opgestelde vliegplannen aanzienlijk beïnvloeden (Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019; Latteur, Goessens, & Mueller, 2016). Zware regendagen maken het besturen van een drone bijna onmogelijk. Ook hoge windsnelheden hebben een negatieve invloed op de besturing van drones. Deze abnormale windsnelheden kunnen drones uit koers blazen en tegen onvoorziene objecten duwen (Jordan in (Golizadeh, et al., 2019); Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019). De zon kan er tevens voor zorgen dat schaduwen en reflecties de resultaten van opmetingen verstoren. Doorgaans kunnen extreem hete of vriestemperaturen de werking van drones beïnvloeden (Ciampa, De Vito, & Pecce, 2019). Koude temperaturen kunnen ervoor zorgen dat batterijen sneller hun stroom verliezen. Daarnaast kan de combinatie van warmte van de zon en warmte die de drone uit zichzelf creëert problemen en slijtage veroorzaken, zowel aan de batterijen als aan computers en motoren (Golizadeh, et al., 2019). Een belemmering van de winstgevendheid van bouwprojecten zijn volgens Latteur, Goessens & Mueller (2016) dan ook de slechte weercondities waarin drones moeten functioneren.

2.6.4.3 Samenwerking verticaal en horizontaal

Vervolgens moet rekening gehouden worden met de samenwerking in de bouwsector. In de literatuur werd de gereedheid tot innovatie van handelspartners onderzocht. Lin & Lin (2008) en Zhu & Kraemer (2003) vonden geen significant verband tussen de bereidheid van de handelspartners en de adoptie van e-handel. Chiu, Chen, & Chen (2017) constateerden dat de gereedheid aan de kant van handelspartners de adoptie van mobiele applicaties positief beïnvloedde.

In de bouwsector zijn verschillende partijen betrokken bij een project, onder wie de opdrachtgever, het ontwerpteam, de hoofdaannemer, onderaannemers, gespecialiseerde aannemers, leveranciers van arbeidskrachten, materiaalleveranciers, de bouwheer en eventueel management consultants (Meng & Brown, 2018; Verdonck & Hedebouw, 2011). Deze partijen engageren zich om binnen het budget een project te realiseren (Verdonck & Hedebouw, 2011). De luchtfoto’s en het driedimensionale scannen kunnen in een later stadium gebruikt worden in het kader van landschapsarchitectuur en interieurontwerp. Nog voor het begin van de daadwerkelijke activiteiten, kunnen de beelden en video’s gebruikt worden om een efficiënte bouwplanning en -optimalisatie te verwezenlijken. Dit heeft baat

bij het verminderen van de knelpunten in materiaalvoorziening, evenals bij de periodieke inspectie voor het evalueren van de getroffen veiligheidsmaatregelen (Anwar, Izhar, & Najam, 2018).

Bij samenwerking kan een onderscheid gemaakt worden tussen verticale en horizontale innovatienetwerken. De verticale samenwerking bestaat tussen partijen binnen de toeleveringsketen. Dit bestaat uit de leverancier, primaire producent, afnemer, en verdere. De horizontale samenwerking omvat de coöperatie tussen bedrijven uit één of meerdere sectoren die binnen dezelfde omgeving actief zijn. Verticale samenwerking geeft de win-win situatie veel duidelijker weer dan bij horizontale samenwerking. Dit valt te wijten aan de concurrentie die in de weg staat. Open innovatie is vooral verticaal tussen de verschillende partijen. Ook het ieder-voor-zich-karakter in de bouwsector is een belangrijke drempel voor samenwerking (Verdonck & Hedebouw, 2011).

2.6.4.4 Competitieve druk

Ten laatste moeten bedrijven concurrerend blijven. Hierbij moeten nieuwe technologieën als kansen waargenomen worden, veeleer dan als ontregelaars van de bedrijfsmodellen (Amoukteh, Janda, & Vincent, 2017). De competitieve druk is de mate van druk die een bedrijf ondervindt van haar directe concurrenten, hetgeen wordt erkend als een belangrijke stimulans voor de invoering van innovatie (Cruz-Jesus, Pinheiro, & Oliveira, 2019). Het positieve effect van competitieve of concurrerende druk op de adoptie van technologieën werd in verschillende onderzoeken bevestigd (Oliveira & Martins, 2009; Ramdani, Kawalek, & Lorenzo, 2009; Chiu, Chen, & Chen, 2017; Lin & Lin, 2008; Junior, Tiago, & Yanaze, 2019; Cruz-Jesus, Pinheiro, & Oliveira, 2019; Oliveira & Martins, 2008; Kuan & Chau, 2001). Stjepić, Pejić Bach, & Bosilj Vukšić (2021) constateerden een positief significant verband tussen de uitgeoefende druk van de concurrentie en de adoptie van *business intelligence*. Onderzoek gaf ook een positief verband weer tussen de concurrentiedruk en de mate van het gebruik van e-handel-toepassingen (Zhu & Kraemer, 2003; Zhu & Kraemer, 2005). Echter vonden Thong (1999) en Pan & Jang (2008) hier geen significant verband. Ook in de bouwsector blijkt de concurrentiële omgeving een grote invloed te hebben op de prestaties bij bedrijven (Tan, Shen, & Langston, 2012).

.

2.6.5 Voorafgaand onderzoek naar drones in de bouwsector

Auteur(s)	Jaar	Onderzoeksvraag/doel	Methodiek	Resultaat
Achille, et al.	2015	1. Wat is de status van de invoering van UAV's in het AEC (Architectuur, *Engineering*, en Bouw) industrie-domein? 2. Wat zijn de huidige toepassingen van UAV's in het AEC-domein? 3. Welke soorten UAV-technologieën worden gebruikt in de AEC-sector?	SLR (*Systematic literature review)*	UAV-integratie in het AEC-domein bleek even goede, zo niet betere resultaten op te kunnen leveren i.v.m. conventionele methoden wat tijd, nauwkeurigheid, veiligheid en kosten betreft. De meeste UAV's waren autonoom en manueel, met draaiende vleugels als overheersend type. Normale videocamera's en thermische camera's werden het vaakst gemonteerd op UAV's, gevolg door LIDAR en laserscanners.
Anwar, N., Izhar, M. A., & Najam, F. A.	2018	Voorstellen van een raamwerk voor de ontwikkeling van een volledig geautomatiseerd slim bewakings- en rapportagesysteem voor de bouw gebaseerd op	Casestudie	Een raamwerk voor de ontwikkeling van een volledig geautomatiseerd slim bewakings- en rapportagesysteem voor de bouw gebaseerd op real-time gegevens verkregen van drones en UAV's.

		real-time gegevens verkregen van drones.		
Ciampa, E., De Vito, L., & Pecce, M. R.	2019	De positieve als de negatieve aspecten van het gebruik van drones analyseren.	Kwantitatief & casestudies	Een analyse van zowel de positieve als de negatieve aspecten van het gebruik van drones voor structurele inspectie, waarbij de lage kosten, de snelheid, de onmiddellijke meting en mogelijkheid tot ontwikkelen van een 3D model aan de basis liggen.
Duque, L., Seo, J., & Wacker, J.	2018	Een overzicht verschaffen van de stand van zaken en de praktijk inzake visuele inspectie, monitoring en analyse van infrastructuur met behulp van onbemande luchtvaartuigen.	Kwantitatief (enquêtes)	Inspectie aan de hand van drones is efficiënter en neemt minder tijd in. Bovendien hebben de drones een betere beeldkwaliteit in vergelijking met traditionele inspectiemethoden. Ook de toegang tot bruggen met beperkte toegankelijkheid werd als bijkomend voordeel waargenomen. Drones kunnen schade aan verschillende structuren en materiaal opsporen aan de hand van hulpstukken zoals multi-sensoren, infraroodcamera's en lasersensoren.
Elghaish, F., Matarneh, S., Talebi, S., Kagioglou, M., Hosseini, M., & Abrishami,	2020	De huidige stand van zaken met betrekking tot het gebruik van UAV's en immersieve technologieën om de digitalisering van de	Kwalitatief: literatuurstudie	Er is vooruitgang geboekt bij de toepassing van *mixed reality* in integratie met *BIM* om de voortgang van het project te volgen. Drones worden ingezet om de bouwplaatsen te scannen en de gemaakte beelden te vergelijken met 4D *BIM* om de voortgang te meten. Er is dus vooruitgang geboekt bij de integratie van deze technologieën om de oplevering van bouwprojecten te verbeteren

S.		bouwsector te evalueren en te wijzen op de potentiële toepassingen van deze technologieën.		
Irizarry, J., Gheisari, M., & Walker, B. N.	2012	Ontrafelen van mogelijke voordelen voor veiligheidsmanagers op een bouwsite.	Heuristische beoordeling door experts, kwantitatief onderzoek	Een drone kan worden gebruikt om regelmatig over de bouwsite te vliegen en de veiligheidsmanagers te voorzien van real-time informatie over wat er op de bouwplaats gebeurt. Ook kunnen ze rechtstreeks communiceren met de arbeiders. Daarbij werd geconstateerd dat de nauwkeurigheid en weergaveconditie in het volle zicht hoger liggen bij een iPad dan bij een iPhone.
Li, Y., & Liu, C.	2018	De huidige toepassingen van multi-rotor drones, hun voordelen en hun potentieel in de toekomst van de bouwsector in kaart brengen.	Systematische review	De belangrijkste bijdragen van drones zijn de arbeidsveiligheid vanuit sociaal oogpunt, kosteneffectiviteit vanuit economisch perspectief en lagere kooldioxide-emissies vanuit milieuperspectief
Merz, T., & Kendoul, F.	2011	De haalbaarheid aantonen van het uitvoeren van inspectietaken buiten gezichtsveld met een autonoom luchtvaartuig.	Experiment	Een voorstel van een op LIDAR gebaseerd waarnemings- en geleidingssysteem dat een luchtvaartuig in staat stelt obstakels op te sporen en te vermijden, het terrein te volgen en inspecties van dichtbij uit te voeren.

Morgenthal, G., & Hallermann, N.	2014	De mogelijke toepassingen schetsen van UAV's om gedetailleerde beelden te genereren van constructiedetails ter ondersteuning van de conditiebeoordeling van civiele structuren.	Kwalitatief onderzoek	Op moeilijk toegankelijke plaatsen kunnen UAV's de kosten drukken en zeer efficiënte beeldgegevens genereren. Echter zijn de UAV's onderhevig aan omgevingsfactoren, zoals windsnelheid en -richting. Ook worden methoden meegegeven om deze effecten te beoordelen
Rodrigues, R., Melo, S. d., Costa, D. B., Álvares, J. S., & Irizarry, J.	2017	De toepasbaarheid van UAV's voor veiligheidsinspecties op bouwplaatsen te beoordelen.	Casestudies	De door UAV verzamelde visuele middelen kunnen de veiligheidsinspectie op bouwplaatsen verbeteren door een betere visualisering van de werkomstandigheden.
Tatum, M. C., & Liu, J.	2017	Het huidige gebruik van UAS binnen de bouwsector in kaart brengen.	Kwantitatief onderzoek (enquêtes)	Het huidige gebruik van UAS in de bouwsector zit in fotografie/videografie, landmeting, inspecties en veiligheid/toezicht. Meer dan de helft van de bevraagden was op één of andere manier begonnen met het gebruik van onbemande luchtvaartuigen op de bouwplaatsen, waarbij foto- en videografie de belangrijkste producten zijn die door luchtvaartuigen voor bouwplaatsen worden geproduceerd.
Umar, T.	2020	De doeltreffendheid van het gebruik van drones om veiligheid gerelateerde activiteiten te verbeteren.	Systematische review, expertpanel en enquêtes	Het onderzoekt toont enkele van de belangrijkste veiligheid gerelateerde taken die baat kunnen hebben bij het gebruik van drones op een bouwplaats. Ook werden de best beoordeelde technische kenmerken, die de veiligheidsmanagers nodig hebben om drones effectief te kunnen gebruiken voor de verbetering van de veiligheid in de bouw, gevonden.

Golizadeh, et al.	2019	De belemmeringen van de toepassingen van RPA's bij bouwprojecten in kaart brengen.	Systematische review	De barrières zijn: de regelgevende omgeving, het weer, organisatorische barrières, technische moeilijkheden en bouwsite-gerelateerde problemen. RPA's waren toen niet geschikt voor de bouwsector. Met het oog op toekomstige vooruitgang worden RPA's niet beschouwd als afzonderlijke gegevensverstrekkers en losgekoppeld van de rest van de bouwactiviteiten.
Vanderhorst, Suresh, & Renukappa	2019	Wat zijn de meest relevante gevallen waarin de UAS wordt gebruikt? Wat zijn de toepassingsgebieden van UAS?	Systematische review	De feitelijke implementatie van UAS werd meest gebruikt op het gebied van schadekwantificatie. Deze toepassing doet tijd en kosten van inspecties aanzienlijk verminderen en het begrip van de klanten verbeteren in termen van visuele ideeënuitwisseling door het visualisatiebeheer.

Tabel 3: Voorgaand onderzoek drones in de bouwsector

3 Methodologie

Deze sectie beschrijft de gebruikte methodologie. Hierin worden de leemtes in de literatuur, probleemstelling en de daarbij horende onderzoeksvragen verduidelijkt. Vervolgens wordt de wetenschappelijke en maatschappelijke relevantie aangekaart. De operationalisering van het onderzoek inclusief de dataverwerking en respondenten komen nadien aan bod. Daarop volgen de evaluatiecriteria van het onderzoek. Ten laatste worden de respondenten van dit onderzoek voorgesteld.

3.1 Probleemstelling

Drones worden alsmaar vaker gebruikt buiten het militaire domein. Dit zorgt voor een verbreding van de drone-functionaliteiten in civiele milieus (Rudol, 2011). Desgelijks geniet de bouwsector van merkbare functionaliteiten en trekt zij profijt van de opkomende dronetechnologie (aangekaart in 2.4.2).

Sectie 2.6.5 geeft voorafgaand onderzoek weer van drones in de bouwsector. Hierin valt waar te nemen dat de huidige literatuur overwegend de mogelijke huidige toepassingen bespreekt. Daarenboven exploreren verschillende onderzoekers de bruikbaarheid van de dronetechnologie bij bouwtoepassingen, voornamelijk bij inspecties. Golizadeh et al. (2019) bestudeerden de belemmeringen van RPA's bij bouwprojecten. Hoewel Golizadeh et al. (2019) de belemmeringen van drones op bouwsites aankaartten, werden in dit onderzoek de achterliggende redenen, om al dan niet drones te gaan gebruiken bij de bouwbedrijven, niet getoetst. Onderzoek naar drijfveren die adoptie van drones bij bedrijven in de bouwsector stimuleren of belemmeren blijft uit.

3.2 Onderzoeksvraag

Het doel van dit onderzoek is na te gaan wat de stimulerende of belemmerende drijfveren zijn bij de adoptie van drones in bouwsector in het Belgische landschap. Bovengenoemde factoren in 2.6.2, 2.6.3 en 2.6.4 zullen de prelude zijn in de zoektocht naar een antwoord op volgende onderzoeksvraag:

"Welke factoren hebben een stimulerende of belemmerende invloed op het adoptieproces van drones in de Belgische bouwsector?"

Om deze onderzoeksvraag in extenso te kunnen beantwoorden, wordt dit gesegmenteerd in nadrukkelijke deelvragen. Deze zijn in lijn met de opdeling in technologische, organisatorische en omgevingscontext. Figuur 7 geeft een overzicht weer van de factoren die binnen dit onderzoek bestudeerd worden. Deze factoren vormen eveneens de rode draad van de gebruikte vragenlijst (zie **Error! Reference source not found.**). Volgende deelvragen worden geformuleerd:

Technologische context

1) *Vereiste IT-infrastructuur:* In hoeverre beïnvloedt de vereiste expertise/knowhow het adoptieproces van drones in de bouwsector?
2) *Vereiste expertise:* In hoeverre beïnvloedt de vereiste expertise/knowhow het adoptieproces van drones in de bouwsector?
3) *Relatieve voordelen:* In hoeverre stimuleren de relatieve voordelen het adoptieproces van drones in de bouwsector?
4) *Waargenomen complexiteit:* In hoeverre belemmert de waargenomen complexiteit van drones het adoptieproces van drones in de bouwsector?
5) *Testbaarheid*: In hoeverre stimuleert de testbaarheid van een drone en -data het adoptieproces van drones in de bouwsector?
6) *Compatibiliteit*: In hoeverre stimuleert de compatibiliteit met huidige software het adoptieproces van drones in de bouwsector?
7) *Dataveiligheid*: In hoeverre beïnvloedt de veiligheid van dronedata het adoptieproces van drones in de bouwsector?

Organisatorische context

8) *Topmanagement*: In hoeverre stimuleert de ondersteuning van het topmanagement het adoptieproces van drones in de bouwsector?
9) *Productkampioen*: In hoeverre stimuleert een productkampioen het adoptieproces van drones in de bouwsector?
10) *Risicobeleid acquisitie*: In hoeverre beïnvloedt het risicobeleid bij aankopen het adoptieproces van drones in de bouwsector

11) *Bedrijfsgrootte*: In hoeverre beïnvloedt de bedrijfsgrootte het adoptieproces van drones in de bouwsector?

12) *Innovatief karakter*: In hoeverre stimuleert het innovatieve bedrijfskarakter het adoptieproces van drones in de bouwsector?

Omgevingscontext

13) *Regelgeving: In hoeverre beïnvloedt de Europese regelgeving het adoptieproces van drones in de bouwsector?*

14) *Privacy: In hoeverre beïnvloedt de GDPR-wetgeving het adoptieproces van drones in de bouwsector?*

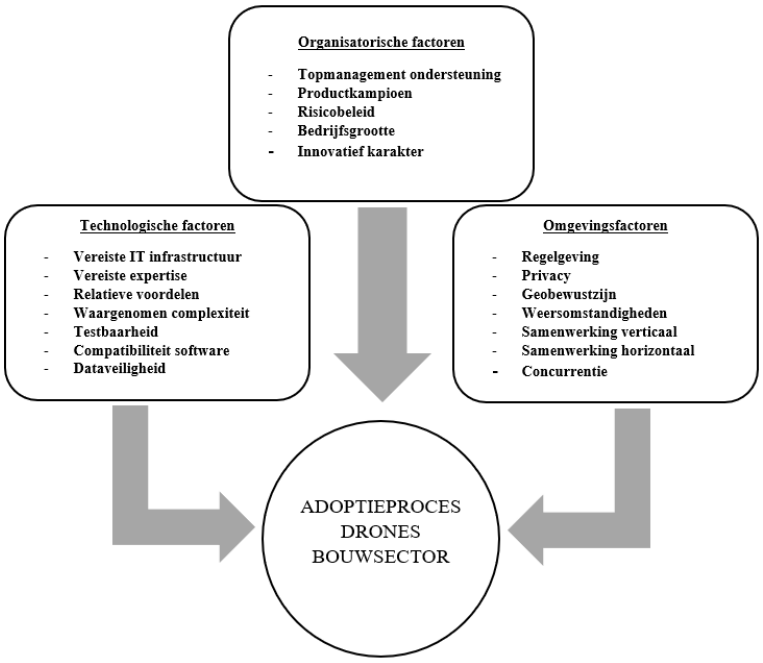
15) *Geobewustzijn: In hoeverre beïnvloedt het geobewustzijn het adoptieproces van drones in de bouwsector?*

16) *Weersomstandigheden: In hoeverre belemmeren de weersomstandigheden in België het adoptieproces van drones in de bouwsector?*

17) *Verticale samenwerking: In hoeverre stimuleert verticale samenwerking de bouwsector het adoptieproces van drones?*

18) *Horizontale samenwerking: In hoeverre stimuleert horizontale samenwerking de bouwsector het adoptieproces van drones?*

19) *Concurrentiële druk: In hoeverre stimuleert de waargenomen concurrentiële druk het adoptieproces van drones?*



Figuur 7: Overzicht factoren binnen dit onderzoek

3.3 Relevantie onderzoek

3.3.1 Wetenschappelijke relevantie

De functionaliteiten van drones nemen, zoals in de literatuurstudie aangekaart, toe in vele sectoren. Om die reden neemt ook het empirisch onderzoek binnen de dronetechnologie toe. Uit 2.6.5 blijkt dat wetenschappelijk onderzoek naar drones in de bouwsector schaars is. Voorgaand onderzoek werd echter wel gevoerd naar de adoptie van technologieën in de bouwsector. Ten eerste onderzochten Mitropoulos & Tatum (1999) de adoptiebeslissingen bij bouworganisaties. Vervolgens voerden Sepasgozar & Bernold (2013) onderzoek naar de factoren die de adoptiebeslissing van technologie beïnvloeden. Ten laatste onderzochten Sepasgozar, Davis, Loosemore, & Bernold (2018) het adoptieproces van moderne bouwhulpmiddelen in Australische bouwbedrijven. Opdat onderzoek naar de factoren, die het adoptieproces van drones in bouwsector beïnvloeden, tot op heden niet bestaand is, draagt deze thesis bij aan de huidige leemte. Hierin worden zowel de technologische, interne en omgevingsdrijfveren aangekaart.

Het theoretisch kader dat gebruikt wordt voor dit onderzoek is het TOE-raamwerk. De literatuurstudie wees echter ook op de verschillende onderzoeken die de drijfveren bestudeerden van uiteenlopende technologieën aan de hand van het TOE-raamwerk. Tot dusver benaderde er nog geen empirisch onderzoek drones op de Belgische markt aan de hand van het TOE-raamwerk. Dit onderzoek draagt bijgevolg zowel bij aan de literatuur rond de drones als aan accumulatie van onderzoeken die gebruik maken van het TOE-raamwerk.

3.3.2 Maatschappelijke relevantie

Drones blijven een relatief jonge technologie. De percepties van en de redenen voor al dan niet gebruik rond drones blijft tot op heden materie die niet aangekaart is. Deze masterthesis kan bijgevolg in de eerste plaats dienen als een kennismaking van de bruikbaarheid van drones voor bedrijven in de bouwsector. Eveneens kunnen de bevindingen rond de drijfveren uit dit onderzoek belangwekkend zijn voor bouwbedrijven die (toekomstig) drones in hun bedrijfsprocessen hanteren.

Vervolgens kunnen ook onderzoeksinstellingen de conclusies uit dit onderzoek benutten door hier verder op in te spelen. Dit kunnen ze doen door de conclusies binnen hun onderzoeksprojecten te behandelen. Daarnaast kunnen ook dronebedrijven de uitkomsten van deze thesis onder de loep nemen om zo beter in te kunnen spelen op de drijfveren, gedragingen en/of belemmeringen van hun cliënteel.

Ten laatste kunnen ook overheidsinstanties vruchten afwerpen uit dit onderzoek. Mits de regelgeving evoluerende materie betreft kunnen bevindingen gebruikt worden om de judicatuur in België rond drones verder te ontwikkelen.

3.4 Operationalisering

3.4.1 Onderzoeksmethode

De huidige literatuur naar de factoren die het adoptieproces van drones in België beïnvloeden is niet bestaand, waardoor er gekozen werd voor kwalitatief onderzoek. Hier werden diepte-interviews verkozen als onderzoeksmethode. Diepte-interviews kregen de voorkeur omdat deze toelaten de subjectieve percepties en persoonlijke en sociale kwesties bij geïnterviewden te toetsen, in plaats van generaliseerbare inzichten te genereren (McGrath, Palmgren, & Liljedahl, 2019). Diepte-interviews zijn semi-gestructureerde interviews die het leidmotief van een vooropgestelde vragenlijst volgen (zie **Error! Reference source not found.**). Er kan bij semi-gestructureerde interviews van de vragenlijst worden afgeweken, zonder dat de interviewer de controle over het onderzoek verliest. Vragen kunnen verduidelijkt worden, anders verwoord worden en nieuwe kunnen toegevoegd worden om de nodige informatie te verkrijgen. Uitweidingen van de vooropgestelde questionnaire kunnen echter zeer nuttig zijn, aangezien zij de belangstelling en de kennis van de ondervraagden volgen (DiCicco-Bloom & Crabtree, 2006).

Daarnaast werd bij elke factor getoetst in hoeverre deze impact hebben op het adoptieproces van drones in de bouwsector. Hier werd gebruikt gemaakt van kwantitatieve gegevensverzameling aan de hand van de Likertschaal. Respondenten kunnen hier hun mate van instemming met de gegeven verklaring aangeven op een metrische schaal waar de perceptie op een bepaald thema afgeleid kan worden (Joshi, Kale, Chandel, & Pal, 2015). Er werd gebruik gemaakt van een 5 punten Likertschaal, waarin gekozen kon worden in hoeverre de desbetreffende factor impact heeft op het adoptieproces van drones in de

bouwsector. De antwoordmogelijkheden waren hier: heel onbelangrijk (1), eerder onbelangrijk (2), noch belangrijk/onbelangrijk (3) , eerder belangrijk (4) en heel belangrijk (5). Door het semi-gestructureerde karakter kon hier de motivatie achter een gegeven antwoord getoetst worden.

Door diepte-interviews te combineren met kwantitatieve gegevensverzameling (Likertschaal) wordt aan methodologische triangulatie gedaan. Methodologische triangulatie behelst het gebruik van diverse methoden van dataverzameling over eenzelfde verschijnsel (Triangulation, Data Source, 2014). Methodologische triangulatie biedt de mogelijkheid om unieke verschillen of zinvolle informatie bloot te leggen, die mogelijk onontdekt zou gebleven zijn door het gebruik van één benadering of gegevensverzameling techniek. Eveneens kunnen kwantitatieve gegevens bepaalde concepten verduidelijken (Thurmond, 2001).

3.4.2 Theoretisch raamwerk

Het theoretisch raamwerk dat binnen dit onderzoek gebruikt werd om te achterhalen welke factoren invloed hebben op de drone-adoptie binnen bedrijven in de bouwsector, is het TOE-raamwerk (zoals aangekaart in 2.6.1). Vermits dit onderzoek drijfveren van het adoptieproces van bedrijven trachtte te vinden, was een technologisch adoptiemodel op bedrijfsniveau onmiskenbaar nodig. Om die reden zijn technologie adoptiemodellen van individuen zoals het *Technology Acceptance Model* (TAM) van Davis (1989), het *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (*UTAUT) van Venkatesh, Morris, David, & David (2003) en het *Theory of Planned Behavior (*TPB) van Azjen (1991) niet geschikt.

De twee meest gebruikte raamwerken op bedrijfsniveau zijn het TOE-raamwerk en *Diffusion Of Innovation* (DOI) theorie. DOI is een theorie over hoe, waarom en met welke snelheid nieuwe technologieën zich door culturen verspreiden, werkzaam op individueel en bedrijfsniveau. Het DOI-raamwerk is coherent met de technologie en organisatorische context uit het TOE-raamwerk, waarin de nadruk ligt op zowel de interne als de externe kenmerken van de organisatie, als drijfveren voor organisatorische vindingrijkheid. Echter voegt het TOE-raamwerk met de omgevingscontext een belangrijk aspect toe in de zoektocht naar drijvende krachten van adoptie bij innovaties (Oliveira & Fraga, 2011).

3.4.3 Dataverzameling en -verwerking

3.4.3.1 Dataverzameling

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden werden voor dit onderzoek diepte-interviews uitgevoerd. Experten rond drones, consultants en oprichters van dronebedrijven werden in de eerste plaats geïnterviewd. Daarnaast werden ook twee bedrijven actief in de bouwsector gecontacteerd, zodat ook zij hun perceptie konden geven op het adoptieproces. Deze twee experten werden dan ook vergeleken met de realiteit om nieuwe inzichten te verkrijgen. De interviews met zowel de respondenten actief in drone- als bouwbedrijven, werden bevraagd op basis van de vooropgestelde vragenlijst (**Error! Reference source not found.**). Deze vragenlijst bestond uit 5 delen. Het eerste deel van de vragenlijst had als doel het profiel van de respondent te omschrijven, alsmede de functionaliteiten van de drone waarmee gewerkt wordt. Vervolgens focuste het tweede, derde en vierde deel respectievelijk op de technologische, organisatorische en omgevingsfactoren. Het laatste deel trachtte antwoorden te vinden op eventuele aanvullingen van de factoren, alsook een toekomstvisie en vergelijking van drone-toepassingen en adoptie met andere sectoren.

Kwalitatieve data-analyse start reeds bij de dataverzameling. Kennis wordt op dat moment vergaard, wat op zijn beurt invloed heeft op de gestelde vragen tijdens interviews (DiCicco-Bloom & Crabtree, 2006). De interviews werden georganiseerd via videoconferentie-platformen of telefoon en opgenomen met goedkeuring van de participanten. Deze opnames werden vervolgens getranscribeerd, zodat objectiviteit bewaard werd en de data in een later stadia gecodeerd konden worden. De kwantitatieve gegevens (Likertschaal) werden in een Excel-bestand bewaard.

3.4.3.2 Dataverwerking

De transcripties werden gebruikt om de antwoorden van de respondenten te coderen. Het coderen verliep in twee stappen. Ten eerste werd aan open codering gedaan. Hier werden lijn per lijn thema's, categorieën en kernwoorden opgespoord en in tabellen geplaatst. Er werden geen voorgeschreven codes gebruikt, mits aan de hand van de transcripties labels gemaakt werden (Esterberg, 2002). Vervolgens werden patronen en vergelijkbaarheden in de labels gezocht en samengebracht wat uitmondde in een allesomvattende synthesetabel.

Via deze synthesetabel werden antwoorden vergeleken om diepere inzichten te verkrijgen in de materie.

3.4.4 Selectie en voorstelling respondenten

De zoektocht naar respondenten gebeurde voornamelijk via LinkedIn. Hierop werden connectieverzoeken gestuurd met een korte omschrijving van het onderzoeksdoel en de reden waarom de mogelijks toekomstige respondent gecontacteerd werd. 53 personen werden gecontacteerd aan de hand van connectieverzoeken. Hiervan accepteerden 22 personen het connectieverzoek. Negen experts en twee werknemers uit bouwbedrijven reageerden op het bericht, wat wijst op een algemene responsgraad van 20,75% (indien wordt aangenomen dat elk van de 53 personen dit ook te zien kreeg).

Voor dit onderzoek werd gezocht naar experts die in hun alledaagse leven in contact staan met bouwbedrijven. Omdat drones verschillende functionaliteiten hebben, werden experten gecontacteerd die hardware en/of software rond drones debiteren, louter consultantdiensten aanbieden, drones promoten of instaan voor de dataverwerking. De verschillende functies zorgden voor een variatie van de verschillende invalshoeken. Bij de zoektocht werden geen eisen vooropgesteld in termen van anciënniteit van de uitgevoerde functie, doordat drones nog geen gevestigde technologie zijn. De enigste vereiste was een affiniteit met drones en een daarbij horende functie. Voor de twee bouwbedrijven waren de vereisten dat de kernactiviteit van het bedrijf zich in de bouwsector moest situeren en dat het adoptieproces van drones doorlopen werd. Hieronder worden de verschillende respondenten voorgesteld. Alle respondenten zijn actief in België met uitzondering van Mark de Haan (R03) die actief is in Nederland. De twee bouwbedrijven die het adoptieproces van drones hebben ervaren worden vanaf hier benoemd als cases. Hierdoor kunnen de antwoorden van de cases vergeleken worden met die van de respondenten die met meerdere adoptieprocessen in aanraking zijn gekomen.

3.4.4.1 R01 – Stanislas Van Der Vaeren

De eerste respondent is Stanislas Van Der Vaeren van *Sitemark*. *Sitemark* is een bedrijf, dat als kernactiviteit data van drones verwerkt. Daarbij houden ze zich ook sinds kort bezig met het volledige *end-to-end* proces, waaronder de vluchten. Dit doen ze in zowel de bouwsector als de energiesector (wat vooral zonnepalen inhoudt). Naast drone-data wordt ook satelliet- en LIDAR-data verwerkt. Het bedrijf telt een veertigtal vaste medewerkers en 250 externe

drone service providers. Vijf jaar geleden richtte Stanislas *Sitemark* op, waarin hij op dit moment de rol van *customer innovation manager* vervult waar hij de verantwoordelijkheid draagt voor de belangrijkste klanten. Echter heeft hij ook een technische achtergrond in elektronica.

3.4.4.2 R02 – Lieven Emonts-gast

De tweede respondent is Lieven Emonts-gast, werknemer bij *Maxicon*. *Maxicon* is een outsourcing bedrijf voor techniekers. Het drone-departement van *Maxicon*, ontstaan in 2016, is dan ook een *drone service provider*. Dit onderdeel van *Maxicon* wordt sinds vorig jaar volledig uitgevoerd door Lieven. Lieven houdt zich bezig met landmeetkundig opmeten en inspecties, waarbij het vliegen alsook de dataverwerking voor zijn rekening worden genomen. Lieven heeft een achtergrond als landmeetkundige in de bouwsector.

3.4.4.3 R03 – Mark de Haan

De derde respondent is Mark de Haan, oprichter van *Aeret*. *Aeret* houdt zich in hoofde bezig met dronedata en -software rond geografische informatiesystemen. Ze vliegen zelf niet met drones, maar verwerken, analyseren en visualiseren dronedata. Zij komen in aanmerking met dronedata voor inspectie, nulmetingen, volumemetingen en onderhoud. *Aeret* telt op dit moment drie werknemers en bestaat sedert 2015. Mark is de oprichter en begeert de technische tak van het bedrijf.

3.4.4.4 R04 - Piet Leyden

De vierde respondent is Piet Leyden, stichter van *Argeye drone solutions*. *Argeye drone solutions* voorziet plaatbeschrijvingen, fotogrammetrische en voorraadopmetingen bij bouwbedrijven. *Argeye drone solutions* is actief sedert 2017, waar Piet de oprichter van is. Piet is tot op de dag van vandaag de enigste werknemer binnen het bedrijf. Binnen *Argeye drone solutions* zijn zes drones actief.

3.4.4.5 R05 - Petra Van Mulders

De vijfde respondent is Petra Van Mulders, actief binnen de *Vlaamse dronefederatie* (*Euka*) wat onderdeel is van *Flanders make*. *Flanders make* is een onderzoekscentrum die veel bezig is met innovatie, vooral voor bedrijven die producten produceren. *Euka* streeft ernaar de Vlaamse economie van drones naar een hoger niveau te tillen. *Euka* heeft drie werknemers terwijl het moederbedrijf *Flanders make* tegen de 700 werknemers heeft. *Euka* bestaat sinds

2017, waarin Petra de rol van *drone cluster manager* op zich neemt. Dit houdt in dat zij de vinger aan de pols probeert te houden bij alle bedrijven die geïnteresseerd zijn in drones of hier zelf mee bezig zijn. Zelf organiseren zij ook tal van evenementen als infosessies, maar ook bijeenkomsten om bedrijven te koppelen aan elkaar.

3.4.4.6 R06 – Jochen Walschaers

De zesde respondent is Jochen Walschaers, werkzaam bij *Antwerp drone company* wat onderdeel is van *Brisky*. *Brisky* is gericht op het uitbesteden van piloten, het verkopen en verhuren van materiaal, terwijl *Antwerp drone company* meer gericht is op opleidingen en inspecties. *Antwerp drone company* is actief in de bouwsector, petrochemie, havenactiviteiten en in promovideo's. Hier zijn drie vaste vennoten in dienst met een 11-tal extra freelancers. Jochen zelf is verantwoordelijk voor al het operationele zoals de nodige handleidingen en vluchtaanvragen. Hij ziet zichzelf in de rol van *Chief Operating Officer* (COO) en *Chief Technical Officer* (CTO), wat hij sinds eind vorig jaar uitvoert. Hiervoor was hij gedurende vijf jaar *head of drones*, waar hij zich bezig hield met zowel vluchtuitvoeringen als trainingen. Buiten traditionele drones zijn ze ook bezig met indoorinspecties, onderwaterinspecties, watertankinspecties en meer.

3.4.4.7 R07 – Ludovic Claeys

De zevende respondent is Ludovic Claeys en is één van de drie vennoten van *Droprise* (*Drone enterprise BV*). Het bedrijf is voornamelijk leverancier van drone hardware, software en *drone solution provider* in de dronewereld. Bijgevolg zijn ze in heel wat sectoren actief, zoals: de bouw-, landbouw-, logistieke, infrastructuur- en milieusector. *Droprise* is opgericht eind 2019 en heeft met haar drie vennoten enkel mensen in dienst met een achtergrond als piloot. Samen met zijn medevennoten hadden ze voor de oprichting van *Droprise* opgeteld 15 jaar ervaring.

3.4.4.8 R08 – Chris De Rouck

De achtste respondent is Chris De Rouck, de stichter van *Idronect*. *Idronect* richt zich vooral op bedrijven die ook met drones werken. Hun softwarepakket helpt om barrières weg te nemen, die de adoptie van drones tegenhouden. Ze tellen een tiental werknemers en bestaan al een vijf jaar. Chris zelf is de oprichter en houdt zich bezig met de technologische roadmap en noemt zichtzelf de CTO. Daarbuiten zijn ze zelf ook proactief bezig met automatisatie van drones.

3.4.4.9 R09 – Michael de Bouw

De negende respondent is Michael de Bouw, actief binnen *WTCB*. *WTCB* is een instelling die toegepast onderzoek in de bouw doet. Elke aannemer in België is bij wet verplicht aangemeld te zijn bij *WTCB*. Omdat zij zo dicht bij die aannemers staan, is het ook de bedoeling dat ze onderzoek voeren in voordeel van de aannemer. De organisatie telt iets meer dan 250 personen en trachten de volledige bouwsector te betrekken, gaande van onderzoek, tot het stimuleren van innovatie, tot andere activiteiten (bijvoorbeeld technisch advies verlening, workshops, en meer). Michael is al sinds 2010 actief in het bedrijf. Zelf is Michael sedert 2019 verantwoordelijk voor het labo innovatie en erfgoed. Dit is het eerste labo dat op fotogrammetrie is gaan inspelen. *WTCB* bestaat sedert 1960 en zijn bezig met drones sinds 2017-2018. Ze werken heel nauw samen met de afdeling bouw 4.0 waarin ze vaak werken met AR- en *virtual reality*-toepassingen.

3.4.4.10 C01 – Bert Limbos

De eerste case is Bert Limbos, hoofdlandmeter bij *Franki Construct Nv*. *Franki Construct Nv* is, zoals de naam weggeeft, een bedrijf actief in de burgerlijke bouwkunde. *Franki Construct* bestaat al 100 jaar. Zij zijn sedert vier jaar beginnen werken met drones. Deze gebruiken ze voor zuiver landmeetkundige toepassingen, hoofdzakelijk voor fotogrammetrie. Buiten drones zijn ze ook actief bezig met 3D-printing, 3D-scanning en AR. Bert zelf is reeds zeven jaar actief bij *Franki Construct*. Hier werkte hij de eerste vijf jaar als landmeter, waarna hij sedert twee jaar actief is als hoofdlandmeter. Hier staat hij in voor de dagdagelijkse aanstuur van landmeters.

3.4.4.11 C02 – Gregory Gheysen

De tweede case is Gregory Gheysen, actief als landmeter bij *Stadsbader*. *Stadsbader* is een bouwbedrijf met een sterke reputatie in de bouw- en infrastructuursector. Stadsbader is actief sedert 1946 en telt 1200 werknemers. Het bedrijf werkt al sinds 2017 met drones. Deze worden vooral gebruikt voor volumeopmetingen, landmeetkundige opmetingen, orthofoto's en puntenwolken binnen het bedrijf. Zelf is Gregory ondertussen al acht jaar in dienst als landmeter bij het bedrijf.

	Geslacht	*Bedrijf*	*Functie*	*Anciëntiteit*
R01	M	Sitemark	Oprichter & *Customer innovation Manager*	5 jaar
R02	M	Maxicon	*Drone service provider*	1 jaar
R03	M	Aeret	Oprichter & technologische tak	6 jaar
R04	M	Argeye	Oprichter	4 jaar
R05	V	Euka	Drones cluster manager	4 jaar
R06	M	Antwerp drone company	COO & CTO	1 jaar
R07	M	Droprise	Oprichter	2 jaar
R08	M	Idronect	Oprichter & CTO	5 jaar
R09	M	WTCB	Verantwoordelijk labo innovatie en erfgoed	4 jaar
C01	M	Franki Construct Nv	Hoofdlandmeter	7 jaar
C02	M	Stadbader	Landmeter	8 jaar

Tabel 4: overzicht respondenten onderzoek

3.5 Evaluatiecriteria

Kwalitatief onderzoek dient aan verschillende criteria te voldoen alvorens de getrokken resultaten duurzaam beschouwd kunnen worden, met name betrouwbaarheid, meetvaliditeit, interne en externe validiteit.

Allereerst werd de betrouwbaarheid gewaarborgd door potentiële vooringenomenheid aan de kant van de interviewer en de geïnterviewde in te perken. De interviews werden via Microsoft Teams of telefoon afgenomen waardoor de externe invloeden, die aanwezig kunnen zijn bij fysieke interviews, beperkt werden. De interviewer volgde de vooropgestelde vragenlijst en de opnames van het interview werden later nog eens beluisterd om de subjectiviteit van de interviewer te verminderen (Westfall, 1970; Malterud, 2001). Sociaal wenselijke antwoorden verminderen werd beoogd door de anonimiteit van de interviews ten opzichte van derden buiten de Universiteit Gent te verzekeren.

Vervolgens werd ook de meetvaliditeit gewaarborgd. Interviews werden allereerst opgenomen. Opdat de interviews door buitenstaanders geverifieerd kunnen worden, werden deze getranscribeerd. Hierdoor ontstond een dubbele verificatie.

De vooropgestelde vragenlijst diende als leidraad om aan de interne validiteit te voldoen. Het in acht nemen van de vragenlijst vloeit voort in adequate resultaten, waaruit conclusies getrokken kunnen worden. De vragenlijst werd vooraf met de geïnterviewden gedeeld zodat een voorbereiding mogelijk was (Thomas & Magilvy, 2011).

Ten laatste wordt ook de externe validiteit gewaarborgd. Voor dit onderzoek werden verschillende drone-experts en werknemers van bouwbedrijven bevraagd binnen het Belgisch landschap (met uitzondering van één Nederlandse expert). Hierdoor kan niet direct gesteld worden dat de conclusies gegeneraliseerd kunnen worden naar alle bouwbedrijven in België. Dit onderzoek is een aanzet naar een indicatie van factoren die een impact hebben op het adoptieproces. Echter kan dit niet gegeneraliseerd worden naar alle bouwbedrijven in het Belgische landschap. Hiervoor is bevestiging aan de hand van kwantitatieve studies aangeraden.

4 Resultaten

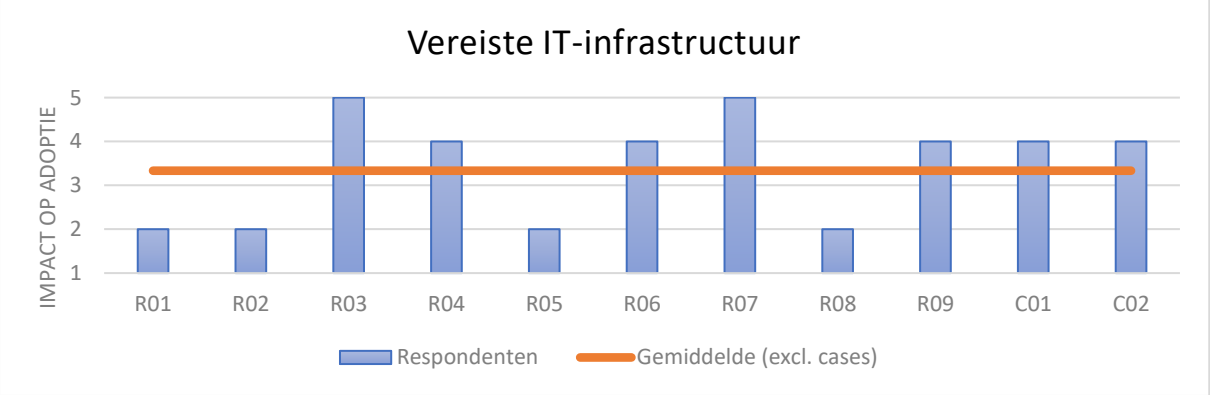
In deze sectie worden de resultaten besproken. In eerste instantie werden de inzichten bevraagd rond de verschillende factoren, zowel bij experts als de cases. Deze worden hieronder weergegeven. De bijhorende synthesetabellen bevinden zich in **Error! Reference source not found.**. Vervolgens werd voor elke factor de impact op het adoptieproces getoetst en gescoord. Er werd telkens een gemiddelde genomen van de experten en deze werd vergeleken met de antwoorden van de cases.

4.1 Technologische factoren

4.1.1 Vereiste IT-infrastructuur

Allereerst werd getoetst welke de vereisten rond IT-infrastructuur zijn bij de adoptie van drones (zie **Error! Reference source not found.** voor de synthesetabel). De nood aan IT-infrastructuur ontspringt volgens expert R07 uit de meettoestellen die drones aan boord hebben, aangezien de meettoestellen de data vergaren. Een eerste vereiste die rijkelijk aangekaart werd is een supercomputer, die voorzien is van noemenswaardige processorkracht waarmee fotogrammetrische toepassingen uitgevoerd kunnen worden (R01, R02, R06, R08, R09, C01, C02). Daarnaast gaven R01, R03 en C01 aan dat ook een server vereist is. Terwijl R04 een *network attached storage* aankaartte, werden bij andere respondenten externe harde schijven of *back up files* opgenoemd (R04, R09, C02). Hierbij blijkt dat dataverwerking en -opslag terabytes aan data vergen in plaats van gigabytes (R03, R06). R06 verklaarde de hoeveelheid opslag door: *"hoog in resolutie dus ook hoog in opslag"*. De benodigde IT-infrastructuur hangt ook af van de functionaliteiten waarvoor drones ingezet worden en of er gebruik wordt gemaakt van live streaming (R05, R06). R09 maakte de nuance dat het probleem niet bij de hoeveelheid data ligt, eerder bij de keuze welke data bijgehouden wordt. De mogelijkheid om de infrastructuur te sparen en een cloud-gebaseerde oplossing in te zetten werd door verscheidende experten aangekaart en bevestigd door de twee cases (R01, R03, R06, R08, R09, C01, C02). Daarnaast werd ook de netwerk- of internetverbinding als vereiste aangekaart bij R01, R02, R03 en C02.

Vervolgens werd gevraagd aan de experten om de impact van de bovengenoemde vereisten in termen van IT-infrastructuur op het adoptieproces te benoemen en te scoren (zie Figuur 8). Hieruit volgt een gemiddelde van 3,33 (standaardafwijking 1,25). Dit gemiddelde situeert zich tussen 3 en 4 en sluit het dichtst aan bij een belemmerende impact, die noch belangrijk/onbelangrijk is. De hoge standaardafwijking wijst op verdeelde meningen bij de experts. Bij beide cases speelde de vereiste IT-infrastructuur een grotere rol voor de adoptie dan het gemiddelde. Terwijl R01 aangaf dat enkel grote giganten IT-infrastructuur vereisen, gaf hij ook aan dat het ouderwets is om de IT-infrastructuur aan te passen. R03 en R04 gaven aan dat de impact afhangt of er gebruik wordt gemaakt van cloud-oplossingen of lokale dataopslag. R08 verklaarde dat de vereiste IT-infrastructuur eerder onbelangrijk is en verduidelijkte dit door een vergelijking te maken met andere apparatuur uit de bouw: *"Zelfs als ze zware computers moeten pakken, zo'n computer van 5000 euro-. Die boormachines kosten evenveel en dat zijn gewoon nog maar de kleine machines".* Hierop ging hij ook verder op de cloud-alternatieven: "*Qua verwerking van data van die 3D modellen kan je gaan zeggen je hebt zware machines nodig maar in principe wordt dat tegenwoordig bijna allemaal in de cloud gedaan".*



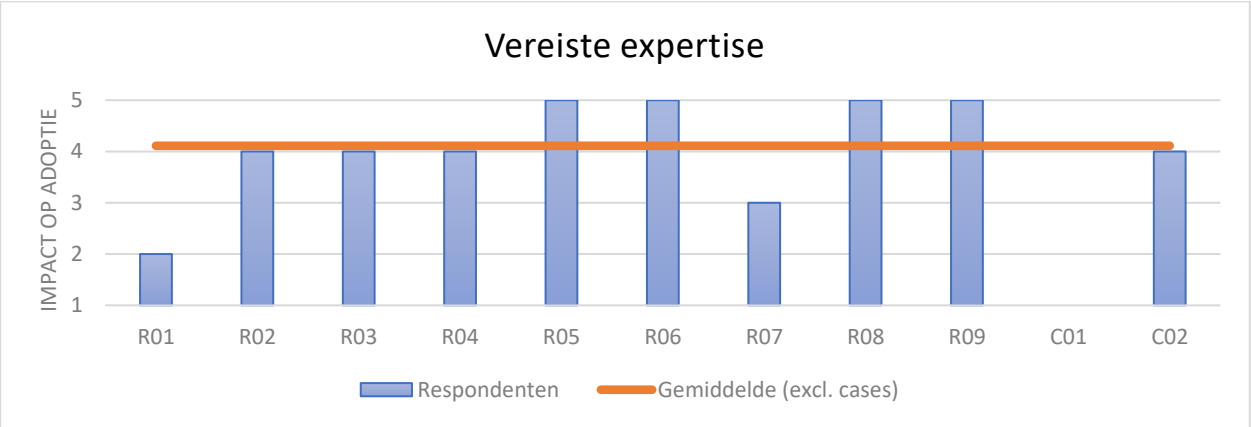
Figuur 8: Likertschaal impact IT-infrastructuur op het adoptieproces (standaardafwijking 1,247219)

4.1.2 Vereiste expertise

Vervolgens werd getoetst welke expertise en knowhow vereist is alvorens drones gebruikt kunnen worden binnen de bedrijfswerking in de bouw (zie synthesetabel **Error! Reference source not found.**).Voorafgaand aan de adoptie van drones moet eerst een drone-licentie of -opleiding doorlopen worden (R02, R06, R09, C01, C02). Naast het vliegen is ook kennis vereist rond het type drone, camera en sensor (R01). Daarbij werd ook het opstellen van de

vluchtplanning aangekaart als vereiste expertise (R01, R06). Naast het inwinnen van de data, wezen verschillende experts op de benodigde kennis rond de dataverwerking (R03, R06, R09). R09 stelt dat: "*Je kan daar van alles insteken en daar zal altijd een resultaat uitkomen als je niet weet waarmee je bezig bent want dan kan je niet evalueren of dat correct is en goed is of niet".* Daarnaast kaartten R01 en R05 aan dat ook kennis over de bouwsector en landmeetkunde belangrijk is, alvorens met drones te beginnen.

De gemiddelde score voor impact op de adoptie bedraagt 4,11 (zie Figuur 9), wat erop wijst dat de vereiste expertise een eerder belangrijke belemmering is voor de adoptie van drones in de bouwsector (standaardafwijking 0,99). Beide cases scoren onder het gemiddelde. Terwijl C02 net onder het gemiddelde scoort, gaf C01 aan dat deze factor heel onbelangrijk was bij de adoptie. Laatstgenoemde wou eerst in het verhaal van drones stappen en afwachten of drones een meerwaarde hadden. C02 kaart echter aan dat de expertise nooit stil ligt: *" die dronewereld is constant in verandering. Ik denk dat je expertise van twee jaar geleden niet kunt doortrekken, ik denk dat je constant moet kijken of er vernieuwingen zijn, opportuniteiten die mogen uw pad kruisen. Die expertise moet je blijven voeden".* R03, R04 en R07 vermelden ook dat de impact afhangt of het voorbereiden, vliegen en verwerken van data intern of extern uitgevoerd wordt. Indien dit intern gebeurt geeft R03 aan dat dit belangrijk is. R07 maakt een onderscheid tussen de impact bij *innovators* en *laggards*. Hierbij scoort hij de impact eerder belangrijk bij de *innovators* en eerder onbelangrijk bij de *laggards*.



Figuur 9: Likertschaal impact expertise op het adoptieproces (standaardafwijking 0,993808)

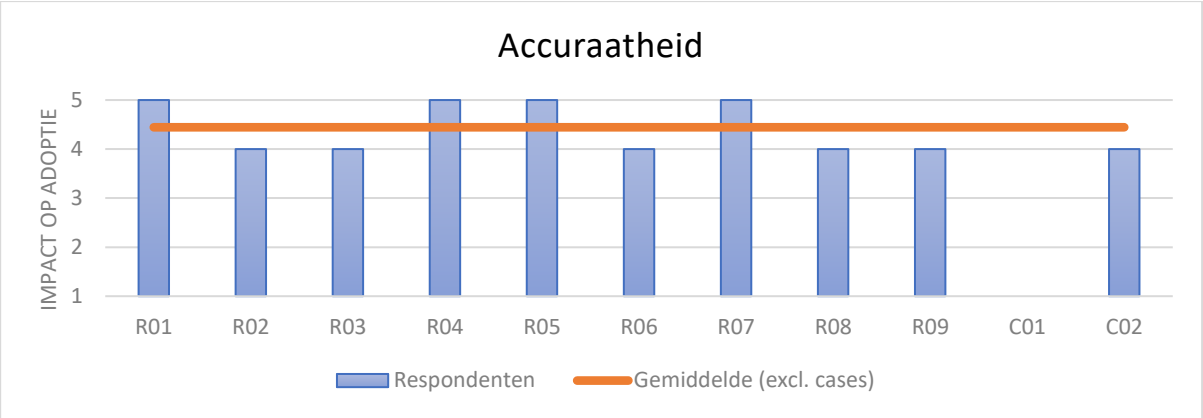
4.1.3 Relatieve voordelen

Vervolgens werd bevraagd in hoeverre de relatieve voordelen uit de literatuur overeenstemmen met de perceptie van de experts (zie **Error! Reference source not found.**). Daarnaast werd ook de impact van elk afzonderlijk relatief voordeel op het adoptieproces bevraagd.

4.1.3.1 Accuraatheid

Verschillende experts en één case gaven aan dat drones accurater zijn dan traditionele methoden (R02, R03, R04, R06, R07, C01). Daarbij vertelden R09 en C02 dat drones accurater zijn op moeilijk toegankelijke plaatsen. Terwijl R08 aankaartte dat drones minstens even accuraat zijn als traditionele methoden en deze enkel accurater worden, geeft R09 aan dat drones minder accuraat zijn dan traditionele methoden. R05 gaf aan dat de accuraatheid gelinkt is aan de expertise en voegde hier aan toe: "*Accurater is daarin misschien verkeerd omdat je uiteindelijk hetzelfde zou kunnen bereiken, maar het gaat je veel meer tijd kosten als je het manueel moet doen"*. R03, R06 en R09 gaven aan dat drones een centimeternauwkeurigheid hebben. Daarbij vertelde R09 dat drones (nog) niet tot op de millimeter nauwkeurig zijn. R06 kaartte de kostprijs van nauwkeurigheid aan: "*Als je die centimeter accuraatheid wil krijgen, dat gaat altijd gepaard met een prijs*". Daarbij blijkt accuraatheid afhankelijk van het oppervlakte waarop, en het streefdoel (R03) waarvoor, een drone ingezet wordt.

Geen enkele expert gaf aan dat de impact lager is dan eerder belangrijk (zie Figuur 10). Om die reden is het gemiddelde 4,44, wat wijst op een impact, die zich solide in de categorie 'eerder belangrijk' begeeft. De standaardafwijking van 0,50 wijst op eenduidige resultaten. R01 gaf aan dat dit de eerste vraag is die bouwbedrijven stellen. R09 geeft deze uitspraak extra kracht door te vertellen: "*ik denk dat bouwbedrijven wel de stap zetten omdat ze die precisie verwachten*". Terwijl C02 dit bevestigt door te vertellen dat dit ook één van hun drijfveren was, zag C01 dit als heel onbelangrijk bij hun eigen adoptieproces. Dit mede omdat ze niet op voorhand wisten welke invloed dit ging hebben.



Figuur 10: Likertschaal impact perceptie van accuraatheid op het adoptieproces (standaardafwijking 0,496904)

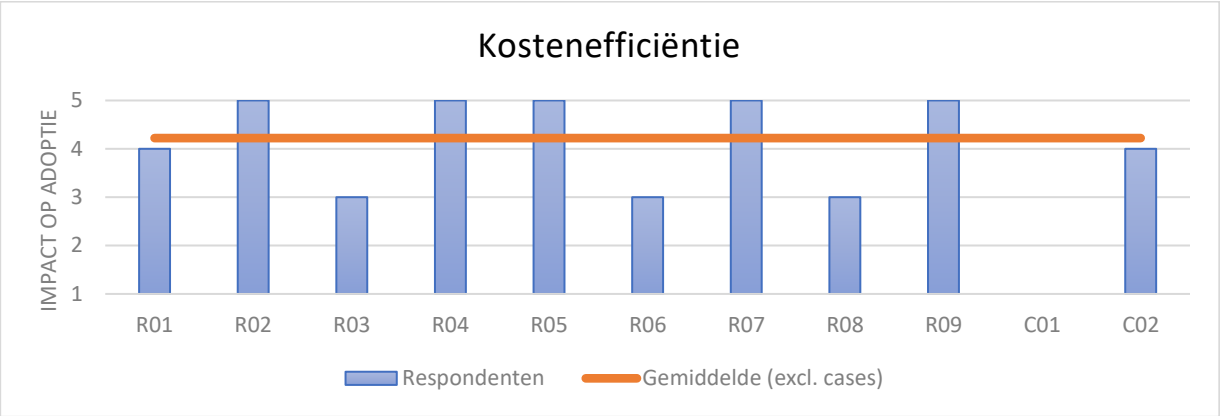
4.1.3.2 Kostefficiëntie

Verschillende respondenten waren het er over eens dat zeker niet elke taak met drones kostenefficiënt is en dat hier een afweging gemaakt moet worden (R01, R03, R06, R09, C01, C02). De kostefficiëntie hangt ook af van de complexiteit van een bepaalde opdracht (R05). R01 legt dit verder uit: "*We doen dat niet voor alle taken, alleen voor taken waar we 5x efficiënter zijn dan de mens*". Ook bij moeilijk toegankelijke plaatsen is het inzetten van drones kostefficiënter dan traditionele methoden (R05). R02 en R06 geven aan dat bij inspecties kostefficiëntie bereikt wordt, terwijl R02 en R05 hier nog aan toevoegen dat landmeetkundige toepassingen ook kostefficiënter worden door drones. Drones zorgen voor het dalen van de manuren[1] (R01, R02) en het verminderen van materialen (R02). R03 voegde aan het laatstgenoemde toe dat de kosten voor het afzetten van de weg en het plaatsen van een kraan uitgespaard worden. Ten laatste geeft R09 aan dat er sprake is van kostefficiëntie indien er gecombineerd kan worden met andere toepassingen.

De impact van waargenomen kostefficiëntie bij drones op het adoptieproces geeft een gemiddelde van 4,22 (zie Figuur 11). Dit wijst op een impact die eerder belangrijk is voor het adoptieproces. De standaardafwijking van 0,92 geeft weg dat er enige onenigheid is binnen de antwoorden van experten. R05 gaf aan dat de marges in de bouwsector heel klein zijn, waardoor zij dit heel belangrijk scoort. R06 beweerde dat de begrotingsduur van de aankoop van een drone ook belangrijk is: "*De vraag is natuurlijk, over welke termijn begroot je dat. Als je zegt, ik wil dat eruit over één of twee jaar dan zal dat duurder zijn. Dus dat*

[1] Een manuur is het werk dat door iemand in een uur kan worden verricht (VanDale, 2021)

moet echt een lange termijn visie zijn". C01 gaf echter aan dat dit in hun geval geen impact had en dus heel onbelangrijk was voor het adoptieproces.

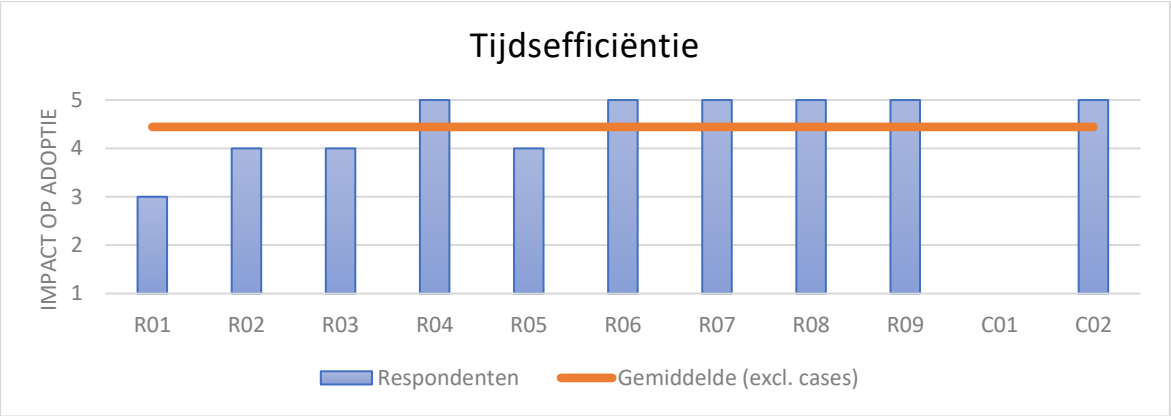


Figuur 11: Likertschaal impact perceptie van kostenefficiëntie op het adoptieproces (standaardafwijking 0,916246)

4.1.3.3 Tijdsefficiëntie

De tijdsefficiëntie werd rijkelijk gelinkt aan de kostefficiëntie (R01, R02, R05, R06, R07, R09, C01). Ook hier gaven de respondenten aan dat drones een vermindering van mankracht en -uren teweeg brengen (R01, R02, R06, C01, C02). R05 gaf aan dat drones vooral voor landmeetkundige toepassingen tijdsefficiënter blijken. R03 verduidelijkt dit door te vertellen: "*als je ziet van wat wij doen binnen een dronevlucht kunnen wij 20 tot 25 hectare vastleggen en dat is een vluchtje van 30 minuten. Dan loop je als landmeter, ben je nog niet eens het gebouw uit om het zo te noemen".* Daarbij moet de drone niet terugkeren naar de plaats van opmeting indien iets nieuws opgemeten dient te worden (R01). Zowel R03 als C02 gaven aan dat dit voor inspectiedoeleinden afhankelijk is van wat er geïnspecteerd wordt. R09 kaartte aan dat routinematige opdrachten en daaraan gelinkte voorgeprogrammeerde vluchtroutes bijdragen aan de kostefficiëntie. Doch beweerden R03 en R08 dat de tijdsefficiëntie niet meer van kracht is door de nieuwe Europese wetgeving. Hier voegde R09 toe dat ook de dataverwerking en weersomstandigheden de tijdsefficiëntie nadelig beïnvloeden.

Uit Figuur 12 blijkt dat de impact op het adoptieproces eerder belangrijk is met een gemiddelde score van 4,44 (standaardafwijking 0,68). Terwijl C02 aangaf dat dit heel belangrijk was voor het adoptieproces van drones blijkt het tegengestelde bij C01. Hij gaf aan dat dit geen impact had op het adoptieproces en dat de tijdsefficiëntie pas achteraf gebleken is.

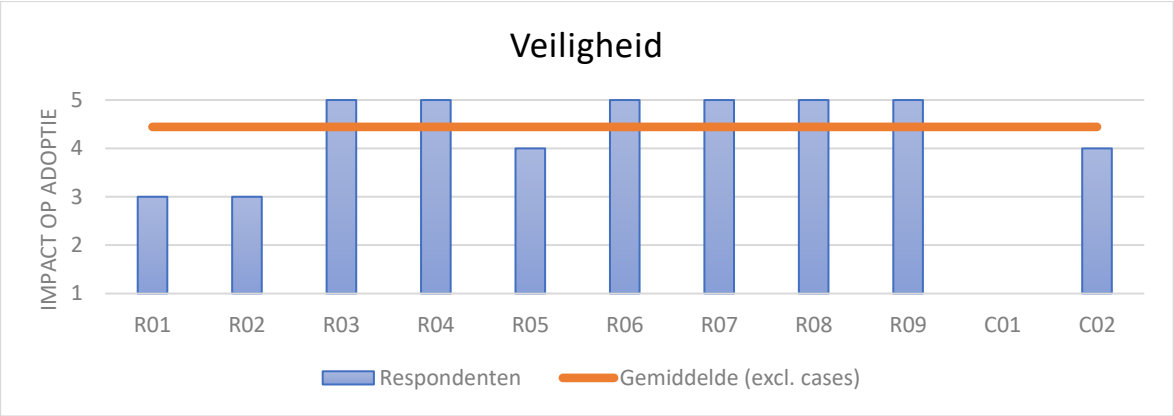


Figuur 12: Likertschaal impact perceptie van tijdsefficiëntie op het adoptieproces (standaardafwijking 0,684935)

4.1.3.4 Veiligheid

Een drone in de bouwsector zorgt er in de eerste plaats voor dat arbeiders niet in gevaarlijke gebieden moeten opereren (R01, R02, R04, R06, R08, R09). R05 gaf aan dat: "*Alles wat in de hoogte is, is veel veiliger met een drone en sneller".* Doch vermeldde ze hierbij dat vandaag de dag drones nog niet gebruikt worden om de veiligheid op een bouwsite volledig te gaan monitoren. Monitoren of elke arbeider een helm aanheeft is niet kostefficiënt (R05). R06 en R09 gaven aan dat de kans op het crashen van de drone ook in rekening gebracht moet worden. Echter nuanceerde R06 die uitspraak door het volgende te vertellen*: "Dus dan mag die drone nog vanop 30 meter vallen, als dat op uw helm valt dan ga je daar als persoon eigenlijk niet direct iets aan overhouden".*

De gemiddelde score bedraagt 4,44 met een standaardafwijking van 0,83 (zie Figuur 13), waaruit afgeleid kan worden dat de impact op het adoptieproces alweer eerder belangrijk is. C01 scoorde dit als heel onbelangrijk. Laatstgenoemde weet dit toe aan het feit dat er geen inspecties worden uitgevoerd en drones enkel door landmeters gebruikt worden. Daarnaast gaf C02 aan dat in de lucht alles beter te zien is dan op de grond. Hij schatte dit als eerder belangrijk en voegde hier het volgende aan toe: "*dan kan de veiligheidscoördinator daar eens virtueel rondwandelen zonder daar eigenlijk effectief naar die werf te gaan en te zien, orde en netheid kan gecontroleerd worden".*



Figuur 13: Likertschaal impact perceptie van veiligheid op het adoptieproces (standaardafwijking 0,808901)

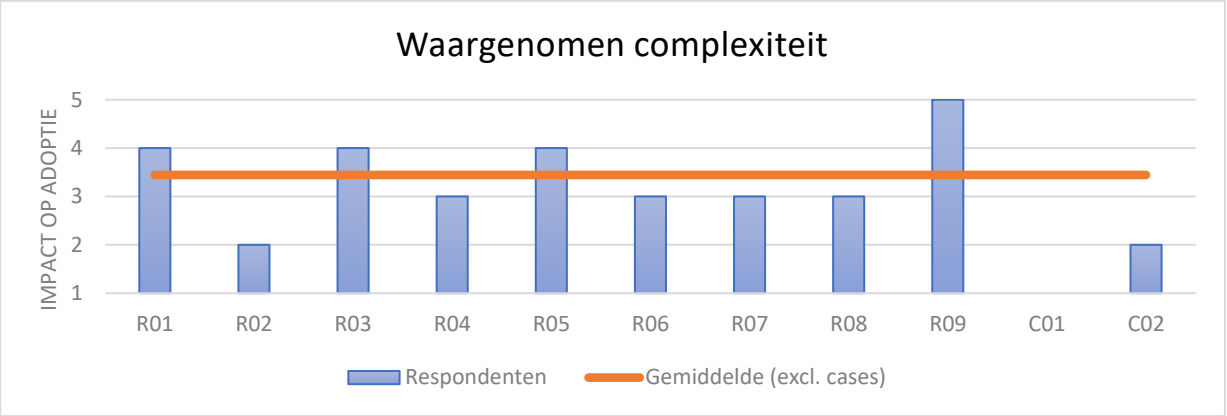
4.1.3.5 Andere voordelen

Ten laatste werd ook getoetst welke andere relatieve voordelen drones bij bouwbedrijven impliceren. R01 kaartte het gebruiksgemak en de gebruiksvriendelijkheid aan. Daarnaast werd de visualisatie en het creëren van een totaalbeeld aangekaart, dewelke als eerder belangrijk en heel belangrijk werden bestempeld (R01, R02, R06). Toegankelijkheid wordt ook genoemd als relatief voordeel. Terwijl R02 de toegankelijkheid van de data beoogde (inzoomen, scrollen, 3D) en deze bestempelde als eerder belangrijk, sprak R04 zich uit over de toegankelijkheid van moeilijk toegankelijke plaatsen, dewelke hij ziet als heel belangrijke factor voor het adoptieproces. C02 voegde hier nog aan toe: "*Als je een drone in de firma hebt, dat je eigenlijk ook betere sociale media en overzichtsfoto kunt maken van afgeleverde of werken in uitvoering*".

4.1.4 Waargenomen complexiteit

Drie respondenten legden uit dat het vliegen met een drone als eerder eenvoudig waargenomen wordt. Daarbij kaartte R03 volgende complexiteit aan: *"Vooral het administratieve is wel een complexiteit, van risicoanalyse tot ontheffingen aanvragen. Het is meer de administratie eromheen die is complex"*. Dit vertaalt zich in zeven respondenten die aangaven dat drones als eerder of heel complex worden waargenomen. Terwijl twee respondenten de complexiteit van de dataverwerking boven haalden (R01, R05) werd voornamelijk de complexiteit van de wetgeving aangekaart (R01, R02, R06, R07, R09, C01, C02). R09 voegde hier aan toe dat op het moment van het interview verschillende bedrijven niet (legaal) vliegen door de regelgeving.

De resultaten (zie Figuur 14) wijzen op een impact op het adoptieproces, die aanleunt bij noch belangrijk/onbelangrijk, met een gemiddelde score van 3,44 (standaardafwijking 0,83). Expert R05 zag dit wel als belemmerende factor en verklaart: *"in de bouwsector zijn ze allemaal overwerkt, je kan niet zo gemakkelijk tijd gaan investeren om heel dat proces te doorgronden"*. Beide cases namen de complexiteit als weinig beïnvloedende factor voor hun adoptieproces waar. C02 verwaarloosde de complexiteit door te vertellen: *"Dat was eigenlijk iets dat je er moet bij pakken. Het was niet dat, moest het te complex zijn dat we er niet mee zouden werken"*.



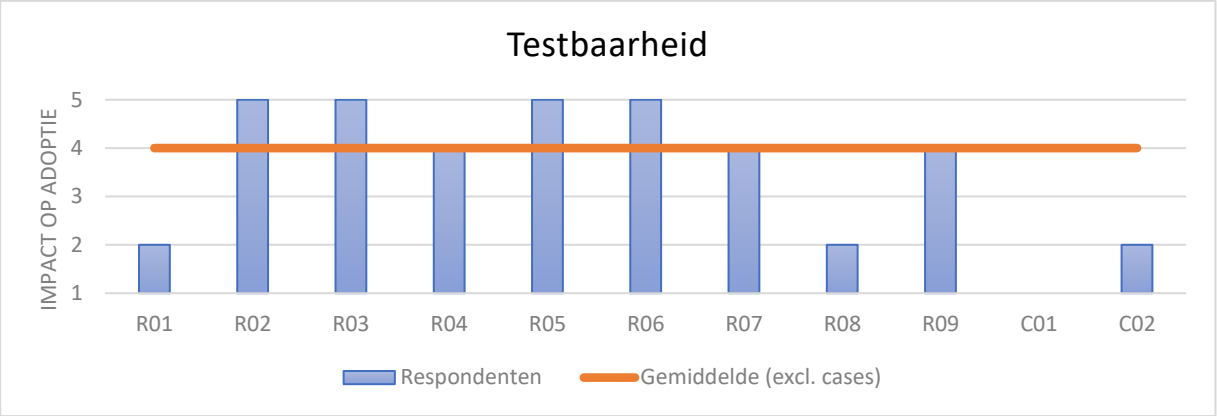
Figuur 14: Likertschaal impact van de waargenomen complexiteit op het adoptieproces (standaardafwijking 0,831479)

4.1.5 Testbaarheid

Negen respondenten gaven aan dat demo data en projecten mogelijk zijn. Hier maakten R01 en C01 de nuance dat demo's van data mogelijk zijn, echter is het daadwerkelijk vliegen met de drone niet mogelijk. R07 kaartte aan dat demo's niet voor iedereen weggelegd zijn, wat door R09 tegengesproken werd. Tevens blijkt dat de beschikbaarheid van een demo afhankelijk is van het type drone (R06). Naast demo's is ook een digitaal werfbezoek voor handen (R05). R05 lichtte toe dat de drempel tot de adoptie door de testbaarheid verlaagd wordt, wat R07 bevestigt: *"Omdat het ook is dat heel veel van die innovatieve bedrijven in contact komen met drones en heel veel hebben dat nog niet gezien en weten niet waarover dat gaat"*. R06 vertelde dat indien de test positief ervaren wordt er over wordt gegaan op acquisitie van drones. R01 voegde hieraan toe dat vooral de meerwaarde voor het bouwbedrijf getest dient te worden.

De impact op het adoptieproces van de testbaarheid blijkt eerder belangrijk, met een gemiddelde van 4 (zie Figuur 15). De standaardafwijking van 1,15 geeft weer dat er

disharmonie heerst tussen de experten. R06 sprak echter over een afnemend belang naarmate de tijd zal vorderen. R02 scoorde dit als heel belangrijk, dit mede omdat het een jonge sector, nieuw middel en nieuwe methode is van inspecteren. De twee cases daarentegen scoorden dit als heel en eerder onbelangrijk. Ten laatste gaf R05 het volgende mee *"We proberen ook, dat is samen met confederatie bouw Limburg dat we dat aan het opzetten zijn, we proberen ook om instructies op een A4 papier op te schrijven, wat moet een bouwbedrijf vragen aan een dronebedrijf voor een goede match, voor de opdracht goed te kunnen uitvoeren en vice versa want die spreken gewoon niet dezelfde taal".*



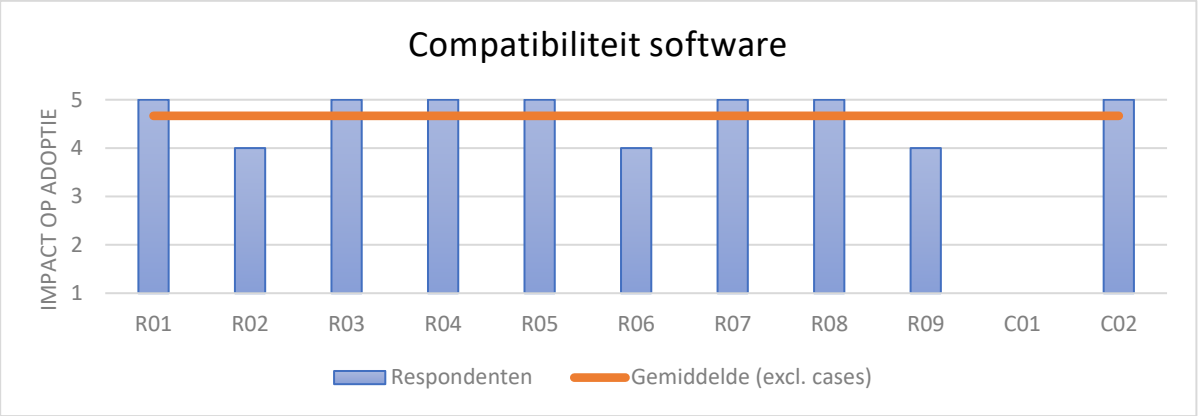
Figuur 15: Likertschaal impact van de testbaarheid op het adoptieproces (standaardafwijking 1,154701)

4.1.6 Compatibiliteit software

R01, R02, R07 en C01 gaven aan dat drones compatibel zijn met gebruikte software bij bouwbedrijven. Daarnaast werden verschillende software aangekaart waarmee dronedata compatibel blijkt te zijn. Een data omvormer blijkt hier ook van belang (R06). Zes respondenten gaven *Autocad* aan, vijf respondenten kaartten *BIM* aan en *Bentley systems*, *Aurdino*, *Fusion 360* en *Sketchup* werden telkens één keer aangekaart. Anderdeels gaf R09 aan dat het vaak om nieuwe software gaat, die nog niet binnen de bouw gebruikt wordt. R07 merkte op dat dit niet compatibel is met *entity resource planning* systemen. Opdat het nog niet mogelijk is data automatisch te genereren in 3D modellen, wordt vaak nog naar het buitenland gegaan om manueel te tekenen (R09).

Uit de resultaten van de experts (zie Figuur 16) valt af te wegen dat de compatibiliteit met bestaande software heel belangrijk is. De gemiddelde score van 4,67 is echter ook gedeeltelijk de grootste van alle factoren. De standaardafwijking van 0,47 wijst op een eenduidigheid in antwoorden van de experts. R03 gaf het volgende aan: *"als dat niet op*

elkaar aansluit heb je ook niet veel aan de data. Het is leuk dat je het inwint maar als je het niet in je bestaande proces of werk kunt gebruiken dan sla je de plank toch een beetje mis". Terwijl R01 dit belangrijk achtte om deals te winnen, lichtte R09 toe dat dit belangrijk is om drones mainstream te maken in de bouwsector. Daarnaast kaartte R06 het belang aan om bestaande structuren te behouden. C01 scoorde dit opnieuw als heel onbelangrijk, omdat ze hier geen weet bij hadden, toen ze met drones begonnen. C02 daarentegen scoorde dit, in lijn met de gemiddelde score van de experts, als heel belangrijk. Hij voegde hieraan toe: *"het is in alle software systemen toegankelijk, anders doe je iets waar je eigenlijk niets mee bent".*



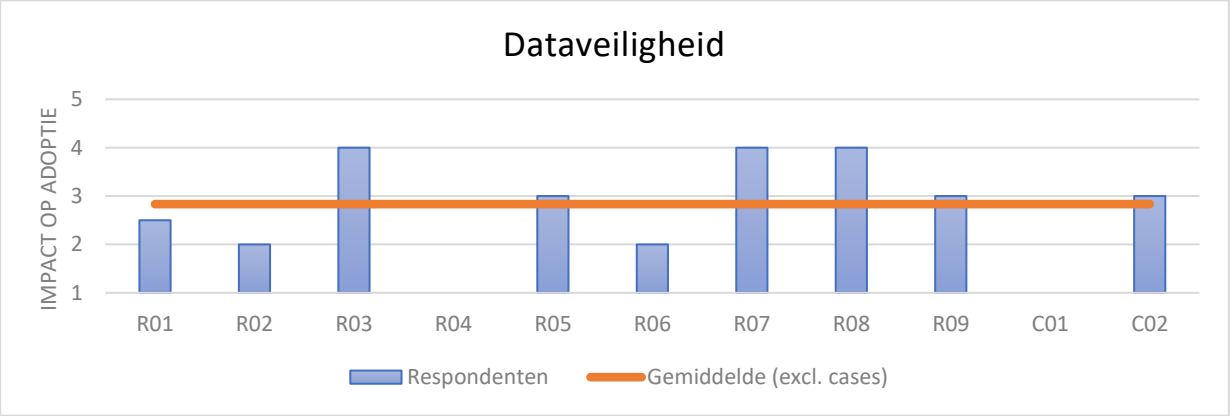
Figuur 16: Likertschaal impact van de compatibiliteit met software op het adoptieproces (standaardafwijking 0,471405)

4.1.7 Dataveiligheid

R01, R07 en C01 gaven aan dat de vergaarde data heel veilig is, waarbij R01, R05 en C02 aankaarten dat dataveiligheid geen groot probleem is. R03 en R09 legden uit dat dit tevens afhankelijk is van de toepassingen waarvoor drones ingezet worden. R08 verklaarde dat dit wel belangrijk is, indien het om staatsinfrastructuur gaat. Daarbij werd ook aangegeven dat data op de computer altijd gevaarlijk is en kraken valt (R02, R04). Tot slot gaf R04 aan dat data zo veilig is als het systeem waarop ze bewaard wordt.

De belemmerende impact van de dataveiligheid blijkt noch belangrijk/onbelangrijk, met een gemiddelde score van 2,83 (zie Figuur 17). Verschillende experts kaartten aan dat dit vooral afhangt van de interne procedures (R04, R06, R07). C02 voegde hier aan toe dat in hun geval de IT-dienst dit voor haar rekening neemt. De standaardafwijking van 1 geeft weg dat er een verdeeldheid is bij de antwoorden van de experts. R01 gaf zelf twee verschillende scores, waar hij de dataveiligheid heel onbelangrijk schatte bij kleine, scoorde hij dit eerder belangrijk bij grote bedrijven uit de bouw. Ook R07 maakte hier een onderscheid, ditmaal

tussen de *innovators* en de *laggards: "Wel, dat is een topic die ook weer bij de innovators aan de orde van de dag is, dataveiligheid. De laggards zijn daar veel minder mee bezig en gaan daar ook veel minder vragen over stellen".* C01 meldde dat dit andermaal geen factor was die meespeelde in het adoptieproces. C02 schatte deze factor als noch belangrijk/noch onbelangrijk. Hieraan voegde hij toe: "*Dat zijn geen staatsgeheimen dat we doen. Dus moest dat in verkeerde handen vallen, ik denk niet dat er daar losgeld voor zou betaald worden*".



Figuur 17: Likertschaal impact van de dataveiligheid op het adoptieproces (standaardafwijking 1)

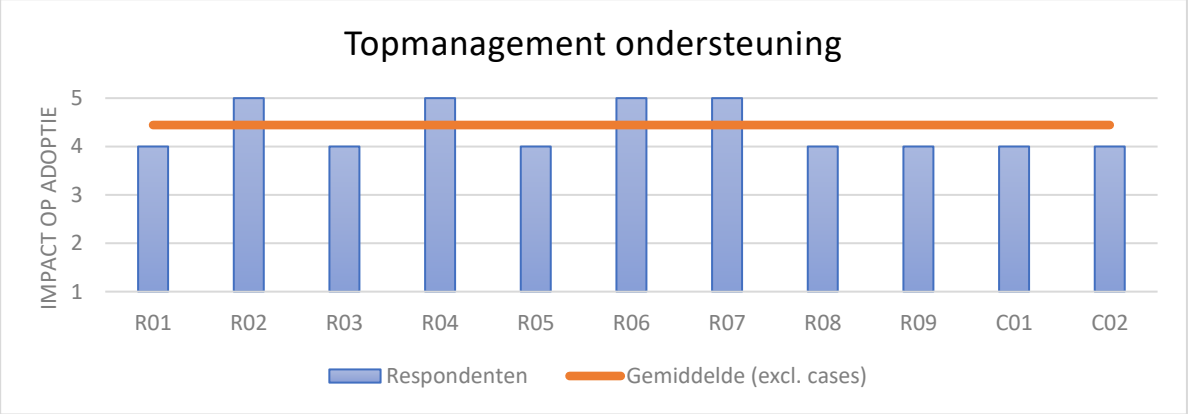
4.2 Organisatorische factoren

4.2.1 Topmanagement ondersteuning

R01, R05 en C01 gaven aan dat topmanagers in de bouw fan zijn van drones, waarbij R01 en C01 aan toevoegen dat het topmanagement het adoptieproces vaak goed ondersteunt. R01 vertelde dat topmanagers vaak op lange termijn denken. Aan de andere kant gaven drie respondenten aan dat het topmanagement vaak niet weet waarover het gaat. De ondersteuning van het topmanagement is afhankelijk van het innovatief karakter, waar zowel R01 als R08 aan toevoegden dat innovatie vaak het pronkwoordje is van het topmanagement. R03 liet weten dat de topmanagers drones vaak enkel zien als een coole gadget. R04 kaartte aan dat topmanagers vaak niet van verandering houden. R05 vertelt dan weer: *"Ik denk dat ze op zich er wel voor openstaan maar dat zij niet gaan uitzoeken hoe dat het werkt".* R03 en R06 versterken deze stelling door aan te geven dat er vaak een betere ondersteuning is vanuit de lagere regionen. Ook R07 deelde die visie door te vertellen dat vooral de match met de productkampioen en de presentatie van de dronemogelijkheden van belang zijn. R06 voegde hier echter ook een toekomstbeeld aan toe : "*nieuwere CEO's nieuwe managers*

zullen dat eigenlijk vanop het begin meekrijgen en geef dat nu pakweg tien jaar dan zal dat wel een taak zijn van het management die rechtstreeks de adoptie gaat promoten, maar ze weten te weinig op dit moment".

De impact op de adoptie van drones in de bouw wordt hoog geschat (zie Figuur 18). Een gemiddelde van 4,44 geeft weer dat deze factor eerder belangrijk is voor het adoptieproces. De lage standaardafwijking (0,50) wijst op een harmonie tussen de experten, die zich ook vertaalt in de scores. Alle experts scoorden de impact op eerder of heel belangrijk. R06 verklaarde dit kort en bondig: "*als zij mee zijn komt het er en anders komt het er niet*". Tevens gaven beide cases aan dat de ondersteuning door het topmanagement eerder belangrijk was in hun adoptieproces.



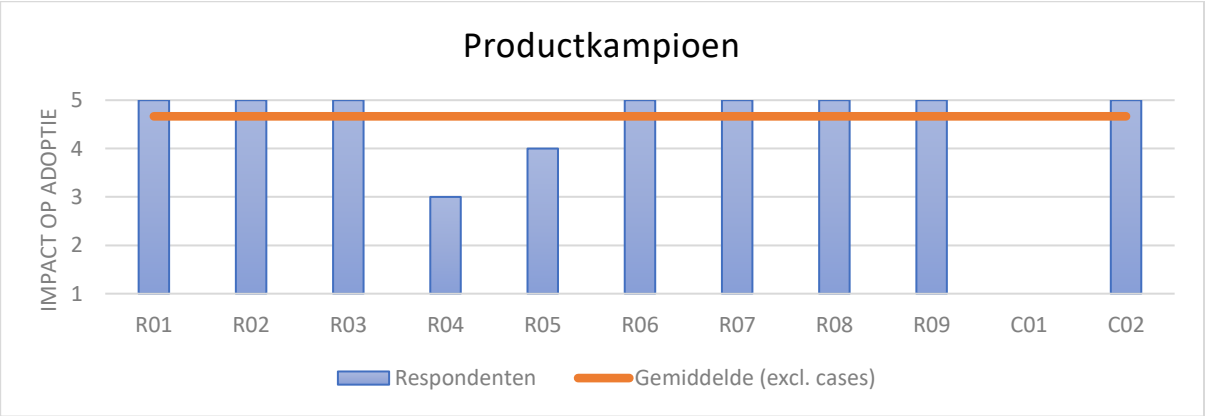
Figuur 18: Likertschaal impact van de ondersteuning van het topmanagement op het adoptieproces (standaardafwijking 0,496904)

4.2.2 Productkampioen

De productkampioenen verdedigen vaak de drones en presenteren dit aan het topmanagement (R02, R07). Tevens staan zij ook in voor het experimenteren (R09) en volgen in een later stadia ook de opleiding voor de drones (R05). Productkampioenen worden geacht de meerwaarde van drones bij bouwbedrijven duidelijk te maken (R08). Volgens R01 hangt hier in sommige gevallen een promotie aan vast. Productkampioenen bevinden zich in de lagere regionen (R06). R01 gaf aan dat dit vaak landmeters zijn. De relatie met het management, het zeggenschap in de organisatie en aldus de positie op de hiërarchische ladder is hier ook van belang (R03, R04, R07). Tevens kaderde R03 dat de productkampioen zorgt dat budgetten vrijgemaakt worden voor drones. R06 vatte dit samen door te vertellen: *"op dit moment moet het eigenlijk altijd van de lagere regionen komen om*

dat één: kenbaar te maken bij het management, management moet overtuigd worden en dan zal dat geïmplementeerd worden".

De stimulerende impact van de productkampioen ligt volgens de experten wederom hoog (zie Figuur 19). Met een gemiddelde van 4,67 (standaardafwijking 0,67) is de invloed van de productkampioen op het adoptieproces gedeeltelijk de invloedrijkste. Tevens werd de impact van de productkampioen zeven keer als heel belangrijk geschat, wat het hoogst aantal keer voorstelt binnen dit onderzoek. R01 gaf aan dat er geen onderscheid is tussen kleine of grote bedrijven. R02 voegde hier nog aan toe dat de productkampioen de reden is van implementatie of adoptie. Daarbij kaartte R03 het volgende verschil aan tussen het topmanagement en de productkampioen: "*in principe ga je dan maar één keer langs het topmanagement, van ze kennen je één keer en zolang de productkampioenen er tevreden mee zijn kan je nieuwe budgetten regelen als ik het zo mag zeggen*". C02 gaf aan dat hijzelf de rol van productkampioen op zich neemt, waarna hij dit ook als heel belangrijke aangaf voor het adoptieproces. C01 zag dit echter als heel onbelangrijk, waar hij als reden aangaf dat er vroeger geen reclame of kennis over was.



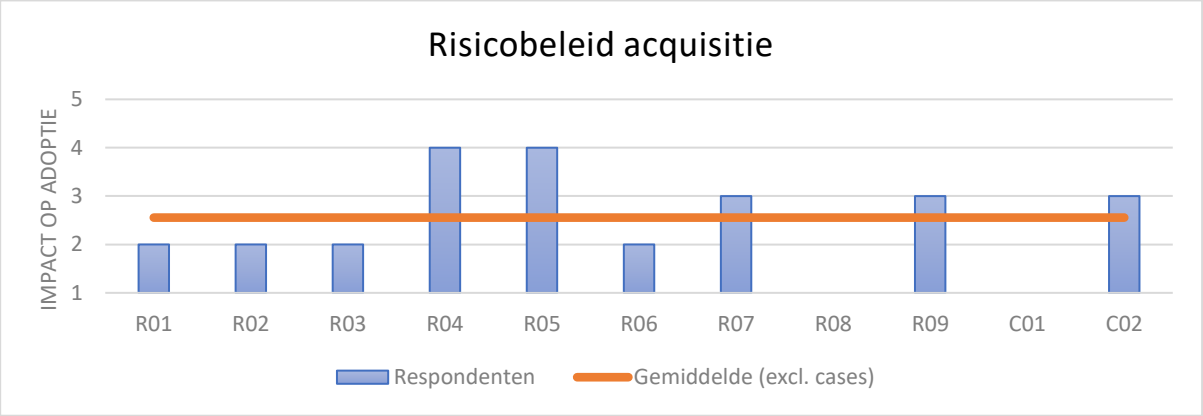
Figuur 19: Likertschaal impact van de productkampioen op het adoptieproces (standaardafwijking 0,6666667)

4.2.3 Risicobeleid acquisitie

Vier experten en beide cases gaven aan dat drones relatief goedkoop zijn en dat dit een lage investering is voor de bouw, waarop C01 toevoegde dat ten opzichte van andere toestellen drones relatief goedkoop zijn. Doch kaartten verschillende experten het belang van een risicobeleid aan. Ten eerste gaf R04 het belang van een intern beleid bij aankopen aan. Vervolgens nuanceerden R06 en R09 het belang van het risicobeleid bij acquisitie door aan te geven dat dit afhangt van het type drone en de grootte van het bedrijf. Daarnaast is het

niveau van risicoaversie ook van belang, alsook het verzekeringstechnisch aspect die in rekening gebracht moet worden (R07). R09 kaderde vervolgens het financiële luik als volgt: *"Daar wordt dan wel financieel naar gekeken van hoe snel kunnen we dat gaan terug verdienen want die toestellen hebben allemaal een zeer korte levensduur, dat kan je afschrijven op een paar jaar en dat moet rendabel zijn".*

De belemmerende invloed van een risicobeleid bij een acquisitie op het adoptieproces blijkt echter noch belangrijk/noch onbelangrijk met een gemiddelde score bij experts van 2,56 (zie Figuur 20). De standaardafwijking (0,96) ligt eerder hoog, dit door uitschieters langs beide kanten. C01 gaf aan dat het risicobeleid bij acquisitie verwaarloosbaar is, terwijl C02 in lijn met het gemiddelde aangaf dat dit noch belangrijk/noch onbelangrijk was bij hun adoptieproces.

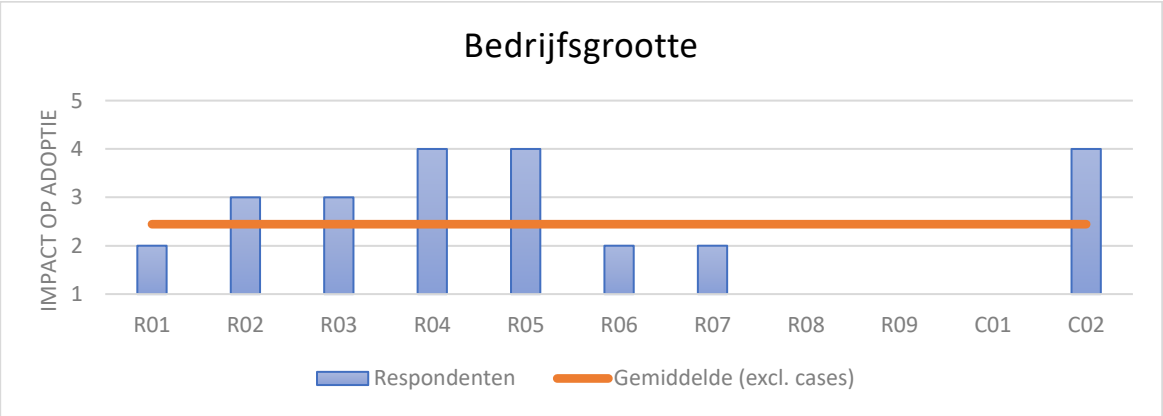


Figuur 20: Likertschaal impact van het risicobeleid bij acquisitie op het adoptieproces (standaardafwijking 0,9558139)

4.2.4 Bedrijfsgrootte

Grote bedrijven hebben meer budgetten terwijl kleine bedrijven de luxe niet hebben om zomaar dingen uit te proberen (R02, R03). Ook blijken grotere bedrijven vaak grotere werven te hebben waardoor drones meer tot hun recht komen (R05, C02). R05 voegde hier nog aan toe dat grotere bedrijven vaak grote marges hebben. R04 gaf dan weer aan dat grote bedrijven bijgevolg gierig kunnen zijn. Verscheidene experten kaartten aan dat de invloed van de personen/productkampioenen en de interne leergierigheid van groter belang zijn dan de bedrijfsgrootte (R02, R03, R06, R07, R08). Zowel experten R05 als R09 gaven aan dat de kernactiviteit van het bedrijf een invloed heeft, liever dan de bedrijfsgrootte. R09 kaartte eveneens aan dat vooral in het begin grote bedrijven met drones bezig waren maar dat zij hier nu van afgestapt zijn en dit gaan uitbesteden.

De stimulerende invloed van de bedrijfsgrootte op het adoptieproces is echter eerder onbelangrijk met een gemiddelde score van 2,44 (zie Figuur 21). Eveneens scoorden twee experts de factor als heel onbelangrijk, wat gedeeltelijk het hoogste aantal is. De standaardafwijking van 1,07 toont aan dat er ook hier een verdeeldheid heerst in de opinies van de experten. R03 scoorde deze factor als noch belangrijk/noch onbelangrijk: "*Als het een heel groot bedrijf is dan hebben ze vaak ook wat budget om iets op te zetten. Aan de andere kant kan het proces ook wat wel vertragen als je een heel grote organisatie hebt".* R01 was van mening dat adoptie sneller verloopt bij kleinere bedrijven en verduidelijkte: *"Dit is omdat daar beslissingen en budgetten sneller gaan. Zij zien de nood voor drones en kopen gewoon direct een drone en gaan aan de slag. Daarnaast heb je ook grote bouwbedrijven maar bij deze bedrijven loop het vaak veel trager omdat ze het echt als een groot project aanpakken en dus over van alles moeten nadenken en budgetten opstellen".* De score van impact bij de cases liep uiteen. C01 gaf aan dat de grootte van het bedrijf de adoptie niet vergemakkelijkt heeft. Daarnaast scoorde C02 dit als eerder belangrijk waarbij hij vertelde: *"Voor kleine werfjes is een drone qua opmeting niet echt een meerwaarde, het is dan meer qua publiciteit dat het een groot voordeel is. Bij stadbader hebben we wel hele grote werven en ik denk wel dat dat een grote meerwaarde kan zijn".*



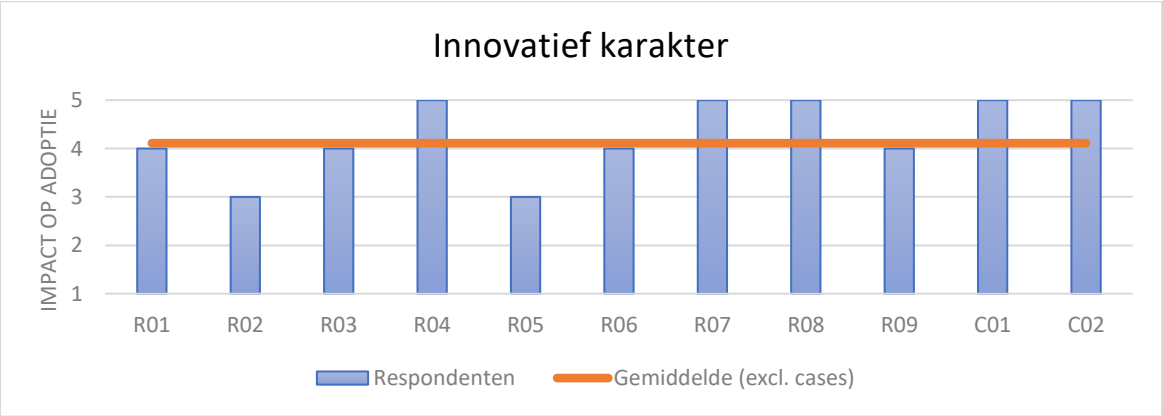
Figuur 21: Likertschaal impact van de bedrijfsgrootte op het adoptieproces (standaardafwijking 1,0657403)

4.2.5 Innovatief karakter

R03 gaf aan dat het innovatief karakter geïntegreerd moet worden in het bedrijfsproces, wat bevestigd werd door R07 en R09. Zij gaven aan dat dit in het DNA of van nature in het bedrijf moet zitten. Twee experts vertelden dat innovatie niet meer de drijfveer is, maar dat de voordelen inmiddels van groter belang zijn. R01 bevestigde dit door te vermelden dat

men niet meer blindelings innoveert. Terwijl R06 aangaf dat de bouwsector zich momenteel in de *early adaptors* fase begeeft, gaven R01 en R09 aan dat nu de *early majority* aan zet is. R05 gaf dan weer aan dat het adoptieproces van drones momenteel in de *early* of *late majority* zit. R09 confirmeerde dit door aan te geven dat de fase van de voorlopers en het belang van het innovatief karakter achter de rug is. Hierdoor moeten ook de marketing en sales procedures aangepast worden bij dronebedrijven (R01).

Volgens de gegeven scores van de experten (zie Figuur 22) blijkt het innovatief karakter een eerder belangrijke invloed te hebben op het adoptieproces van drones bij bouwbedrijven. De gemiddelde score is 4,11 met standaardafwijking 0,74. R09 verklaarde zijn antwoord op volgende wijze: "*ik had vroeger altijd gezegd heel belangrijk, maar ik denk dat we een beetje voorbij dat punt zijn. Het zijn niet meer alleen de voorlopers bedrijven die dat nu inzetten en daar zien we steeds meer en meer kleinere volgers*". C01 gaf hier echter ook aan dat het innovatief karakter heel belangrijk is, waar hij zijn bedrijf ook onderverdeelde als *innovators*, omdat zij altijd de eersten willen zijn. C02 gaf ook aan dat het innovatief karakter heel belangrijk was, waarna hij aangaf dat zijn bedrijf tot de *early adaptors* behoort.



Figuur 22: Likertschaal impact van het innovatief karakter op het adoptieproces (standaardafwijking 1,0657403)

4.3 Omgevingsfactoren

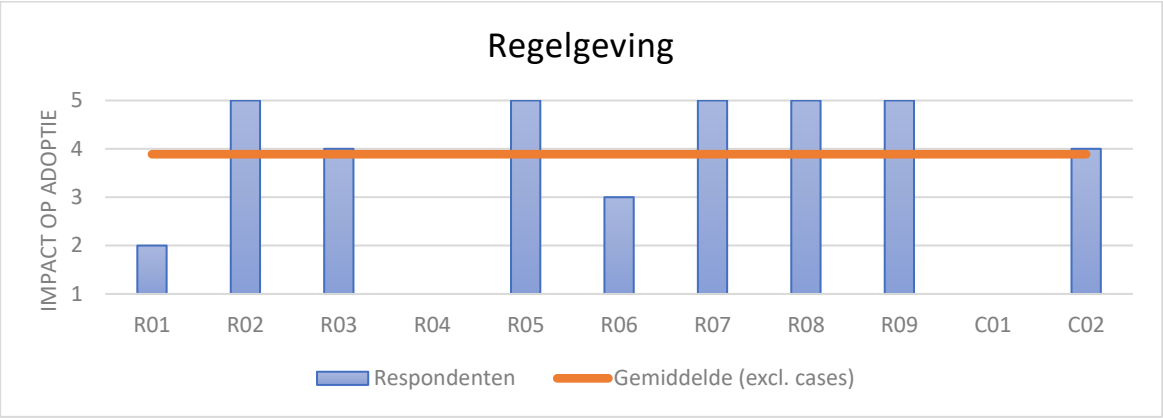
4.3.1 Regelgeving

Het merendeel van de respondenten (7 van de 11) staan positief tegenover de Europese regelgeving, waarop expert R06 aangaf gematigd positief te zijn. R02 vertelde dat er eensgezindheid terug te vinden is in de Europese verordening. Verder gaven R06 en R07 aan dat het positieve verhaal te vinden is in de toegenomen flexibiliteit. Volgens R01 diende

vroeger bijna een opleiding privé-piloot gelopen worden, vooraleer men zich aan drones kon wenden. R02 vertelde het volgende: *"op zich een Europese algemene wetgeving die helemaal is uitgeschreven, dat is alleen maar een goed iets voor onze sector".* Niettemin kijken de overige drie respondenten niet positief op naar de Europese regelgeving. De uitzonderingen, die elk land afzonderlijk mag opstellen, blijken een struikelblok (R03). Daarnaast komt uit de regelgeving voort dat veel meer is toegestaan voor amateurs of personen met recreatieve doeleinden, ten opzichte van personen met commerciële doeleinden (R06, R09). R09 verwoorde dit als volgt: "*ik ben daar zeer sterk voorstander voor dat daar een regelgeving is maar nu is het gewoon absurd want diegene die er niets van kennen kunnen overal vliegen en diegene die zijn opgeleid andersom".* C01 kaartte de beperkingen aan bij grote drones, terwijl C02 de volledige regelgeving als extra last waarnam. R02, R03, R04, R06 en C02 gaven aan dat het op het moment van de interviews nog zoeken was, waarop R05 en C02 de transitiepijnen en kinderziektes in de wetgeving benoemden. R08 vertelde negatief te staan ten opzichte van de introductie van deze wetgeving. Hij haalde ook de ondergang van bedrijven aan als gevolg van de regelgeving: "*Het is niet dat het alleen maar klagen is, bedrijven gaan ervan tussen. Dat is ook pijnlijk voor de bouwsector. De onduidelijkheid, de onzekerheid onmogelijkheid om eigenlijk de technologie in te zetten".*

De invloed van de regelgeving op het adoptieproces van drones in de bouwsector blijkt eerder belangrijk (zie Figuur 23). Een gemiddelde score van 3,89 wijst op een bovengemiddelde impact. Echter geven vijf experts aan dat dit een stimulerende factor is, tegenover vier experts die de regelgeving als een belemmering zien voor de adoptie. Daarbij verklapt de standaardafwijking (1,45) dat er enige onenigheid aanwezig is bij de experten. R05 gaf haar scorebepaling (heel belangrijk) extra kracht met deze stelling*; "omdat een bouwbedrijf wilt daar niet mee bezig zijn van het is hier toevallig een geo-zone omdat het dicht bij een luchthaven is, die wil zich daar geen bal van aantrekken. Die wil gewoon weten, kan ik hier morgen met een drone vliegen, ja of nee, en welk papierwerk je daarvoor moet doen dat wil hij vooral niet weten".* C01 gaf dan weer aan dat de regelgeving heel onbelangrijk was bij hun adoptieproces. Wel kaartte hij aan dat op dit moment de regelgeving een struikelblok is: "*Dus wij zouden wel drones overal kunnen en willen inzetten maar soms worden we wel beperkt in de wetgeving. En daar hadden we gehoopt dat de Europese wetgeving het ons gemakkelijker ging maken, maar dat is zeker niet het geval".*

Daarnaast lichtte expert R08 toe dat alle andere factoren irrelevant zijn ten opzichte van de regelgeving.

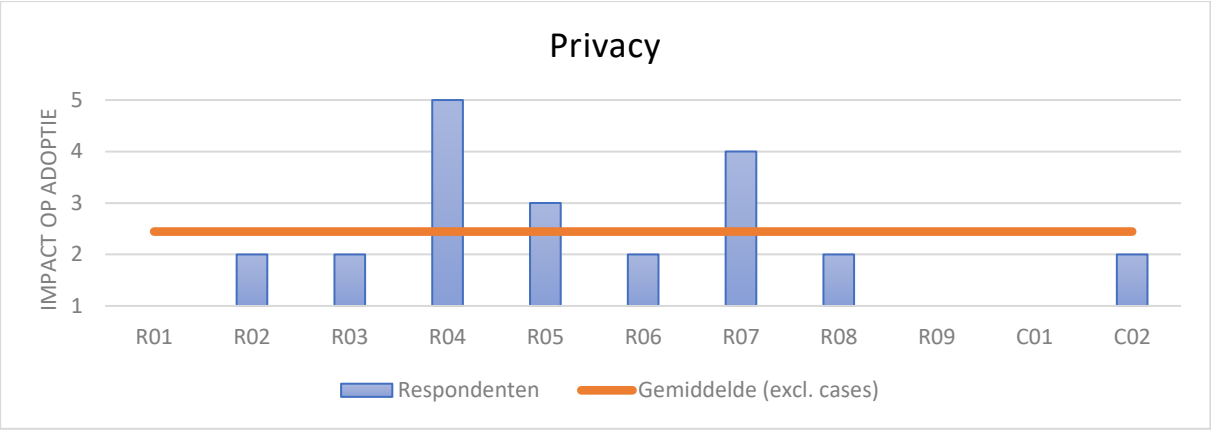


Figuur 23: Likertschaal impact van de wetgeving op het adoptieproces (standaardafwijking 1,4487116)

4.3.2 Privacy (GDPR)

Bouwbedrijven, die drones gebruiken, kennen geen problemen met de GDPR-wetgeving (R01, R03, R05, R08, C02). Dit valt voornamelijk te wijten aan het feit dat bouwbedrijven vooral in industriegebieden of bouwsites opereren (R02, R03, R08, R09, C02). Verder gaven R06 en R09 aan dat dit dezelfde regelgeving is als bij foto- en videografie en dat deze regelgeving niet veranderd is met de komst van de Europese verordening. Verschillende preventieve maatregelen werden ook opgesomd. Zo vertelde R02 dat huizen niet op het grondplan gezet moeten worden. Daarnaast kaartte R08 aan dat dit makkelijk te controleren is en dat mensen vervaagd kunnen worden van de opnames. R04 vertelde dat de GDPR pas een probleem wordt, indien de beelden publiekelijk gedeeld worden. Toch kaartte R07 aan dat de GDPR een bron van ergernis is, dat deze onvoldoende gekend is bij iedereen en dat deze vaak als afschrikmiddel fungeert. Hierbij vertelde hij dat: "*De kennis van de GDPR is belangrijk en als je ze goed kent kan je er weinig misserie mee hebben".* Daarnaast kaartte R06 dit belangrijk aspect aan: *"dat de eigenaar van de grond niet de eigenaar is van de grond die erboven is, dat is wel een belangrijke. Daar zien we soms een conflict van u schendt mijn privacy, neen zolang je niet in beeld wordt gebracht of geen herkenbare zaken worden getoond dan schend je daar niet in sé de privacy regels".*

Een gemiddelde score van 2,44 wijst op een eerder onbelangrijke belemmerende invloed op het adoptieproces. De standaardafwijking (1,2570787) wijst wel op uiteenlopende antwoorden bij de experts (zie Figuur 24).



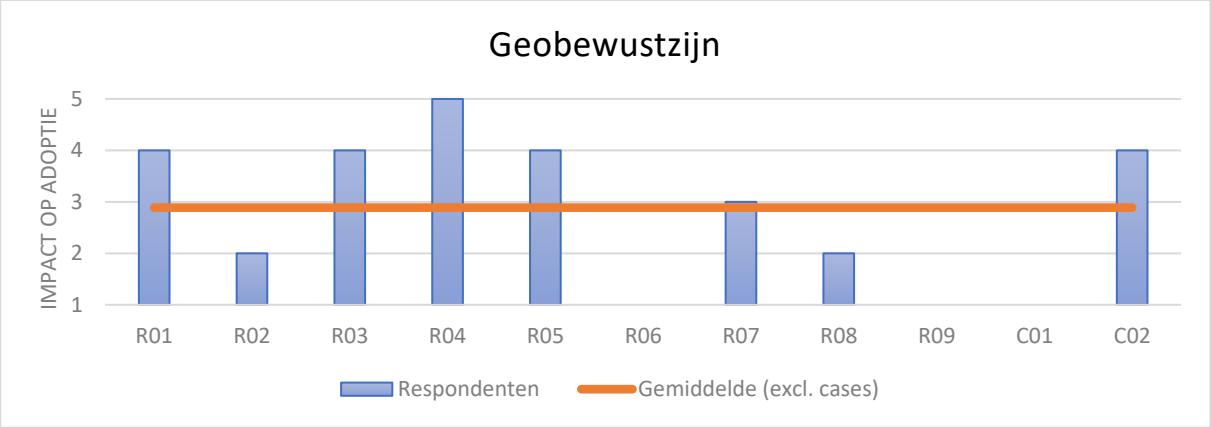
Figuur 24: Likertschaal impact van de GDPR op het adoptieproces (standaardafwijking 1,2570787)

4.3.3 Geobewustzijn

Drones blijken op het tijdsstip van het afnemen van de interviews nog niet voorzien op de voorwaarden die in de wetgeving worden geformuleerd omtrent geobewustzijn (R08, R09). R02 en R07 vertelden dat er momenteel nog sprake is van een overgangsfase, waar R08 aanvult dat dit vooral in theorie aanwezig is maar nog niet in praktijk. Toch gaven verschillende respondenten aan dat het geobewustzijn negatief is voor, en het gebruik belemmert van, drones (R01, R06, C01). R01 voegde hier aan toe dat dit een rem is op de groei van de sector. De meeste bedrijven zijn dit nog niet gewoon en op dit moment gebeurt het nog niet legaal (R01, R03, R06). Daarbij blijken de SORA analyses ook een struikelblok (R04, R07, R09, C01). Hierop voegde R09 toe dat de standaardscenario's (aangekaart in 2.5) niet goed zijn uitgeschreven. Daarenboven werden ook de *no-fly* zones aangekaart. Terwijl R03 aangaf dat deze kleiner dienen te worden en C02 meegaf dat 3/4e van die zones rood kleurt, kaartte R07 aan dat uniformiteit over de zones belangrijk is.

De impact van het geobewustzijn op het adoptieproces blijkt op dit moment noch belangrijk/onbelangrijk, met een gemiddelde van 2,89 (zie Figuur 25). Terwijl één expert dit als een stimulerende factor bestempelde, gaf het merendeel van de experts aan dat dit een belemmerende factor is (R01, R03, R05, R07, R08). De standaardafwijking (1,37) wijst op meningsverschillen bij de experten. R09 gaf aan dat het geobewustzijn op het moment van het interview nog heel onbelangrijk is omdat de elementen uit de wetgeving nog geen impact hebben. Opdat de cases nog niet te maken kregen met de nieuwigheden, werd gevraagd welke impact dit had op mogelijks nieuwe toepassingen met drones binnen de bedrijven. Dit mondde wederom uit in uiteenlopende antwoorden, waarbij C01 dit heel onbelangrijk achtte en C02 dit eerder belangrijk schatte. R01 verklaarde zijn antwoord op volgende manier: *"De*

meeste bedrijven zijn dat ook niet gewoon, vroeger stuurden bedrijven gewoon een landmeter en dan was dat oké. Nu moet je dat ook al gaan plannen, van oké, gaat het weer oké zijn, hebben we geen hta, hebben we geen training en dat is misserie en de meeste landmeters vegen hun botten dan ook wel weer daaraan". R06 verklaarde zijn score (heel onbelangrijk) als volgt: "*bedrijven daar in het begin niet mee bezig zijn. Dat is pas een probleem dat later komt"*. Expert R03 scoorde de impact als 'eerder belangrijk': *"Dus ik denk toch wel dat die van invloed is op de adoptie want misschien dat sommige bedrijven zeggen we liggen standaard in zo'n no-fly zone dan zitten al onze klanten, als ik er dan toch niet mag vliegen is het toch niet relevant".*



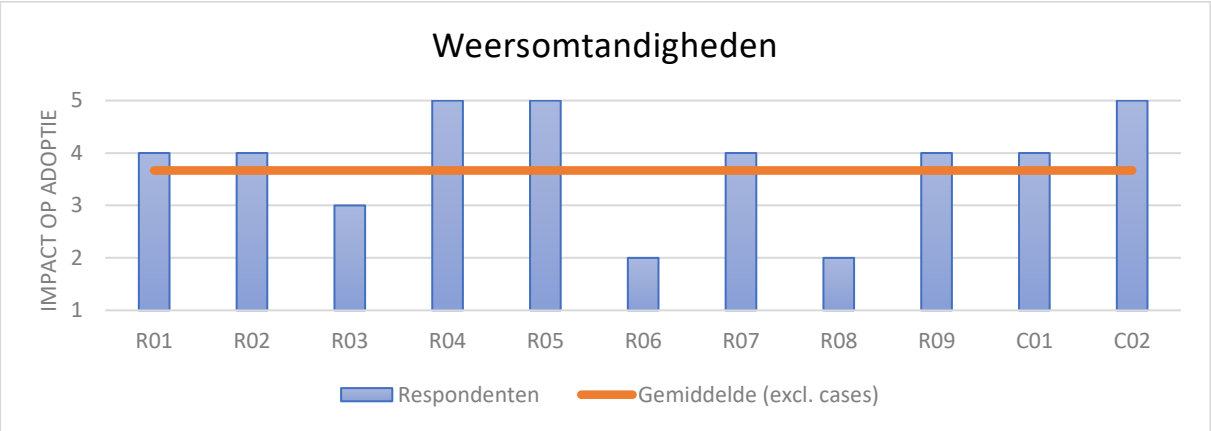
Figuur 25: Likertschaal impact van het geobewustzijn op het adoptieproces (standaardafwijking 1,3698698)

4.3.4 Weersomstandigheden

Uit de interviews blijkt dat druppels op de lens van een drone een probleem zijn (R03, R05, R06, C02). R05 haalde aan hoe hier omheen gewerkt wordt: "*enigste probleem is dat als druppels op de lens vallen, dan is het gepasseerd. Dus dat moet wel op een bepaalde manier gaan vliegen, camera gaan oriënteren*". Ook blijkt de bekabeling bij regen een bijkomend probleem te vormen (C02). Desgelijks blijkt ook de wind een stoorzender te zijn. Bij te veel wind blijkt, volgens case 2, het beeld van een drones onstabiel te zijn. R07 bevestigde dat de kwaliteit van de data belemmert wordt door slechte weersomstandigheden. Doch kunnen drones tot 30 knopen 60 km/u vliegen (R06). Daarbij garanderen *high end* drones weinig problemen met de weersomstandigheden en bestaan er IP-keuringen en waarden, die resistentie van regen, wind en sneeuw verzekeren (R06). Echter kan er ook rond de weersomstandigheden heen gepland worden (R02, R03). Er vormt zich wel een probleem indien de slechte weersomstandigheden voor lange tijd aanblijven (R01). Dit kan ook

vermeden worden indien niet te veel opdrachten kort op elkaar gepland worden (R02). Daarbij zijn drones voor veel toepassingen niet nodig op continue basis (R08). Indien een drone niet kan opstijgen door de weersomstandigheden blijkt hier ook begrip voor te zijn bij de klant (R02). Tot slot kaartte R06 aan dat het topmanagement dit vaak aanhaalt bij gesprekken met dronebedrijven.

Uit het gemiddelde score van de experts (3,67) blijkt dat de weersomstandigheden een eerder belangrijke invloed hebben op het adoptieproces (zie Figuur 26). De standaardafwijking van 1,054 geeft aan dat er toch enige disharmonie is tussen de opinies van de experts. R05 gaf het volgende aan: *"Dat is iets waar een bouwbedrijf ook zegt van: die drone ik kan die toch niet altijd gebruiken, dat is vervelend".* Beide cases schatten dit ook op eerder en heel belangrijk. C02 maakte hierbij volgende nuance: *"Ze kunnen ook geen beton gieten als het slagwater giet dus dat is een beetje in alle aspecten dat dat weer beïnvloedt".*



Figuur 26: Likertschaal impact van de weersomstandigheden op het adoptieproces (standaardafwijking 1,0540926)

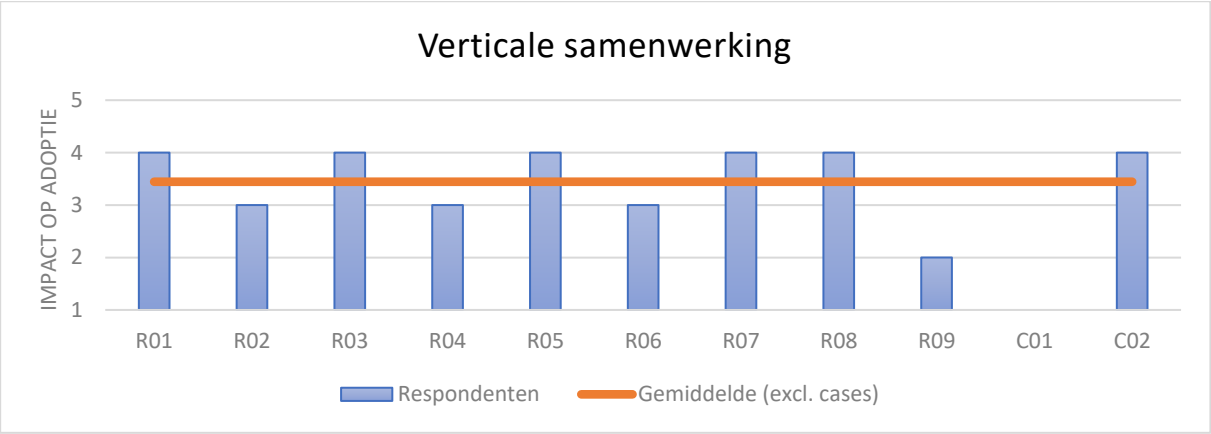
4.3.5 Samenwerking

4.3.5.1 Verticale samenwerking

Volgens expert R05 wordt dronegebruik makkelijker indien de samenwerking verbetert. R01 verhelderde dat data bij verticale samenwerking gedeeld wordt via *sharelinks*.. R03 haalde aan dat dit mogelijk is, mits het andere bedrijf hiervoor openstaat, waarop R04 aanvulde dat adoptie na samenwerking onontbeerlijk is. Drones kunnen ingezet worden voor meerdere toepassingen tegelijkertijd, waarop R05 volgend voorbeeld gaf: "*Je zou die dan ook kunnen gebruiken om te zien, of als je een plaatsbeschrijving gaat combineren met een opmeting, dan sla je eigenlijk twee vliegen in één klap*". C01 haalde aan dat de uitwisselbaarheid van

data belangrijk is, waarna C02 aankaartte dat deze samenwerking een meerwaarde kan bieden. Daarbij merkte R07 op dat de keuze afhankelijk is van het DNA van het bedrijf. R02 zag dit minder rooskleurig en vertelde dat de kost toch telkens zal gedragen worden door één partij. Op het moment van het interview was er volgens R09 minder sprake van samenwerking omdat bouwbedrijven vaak niet op die manier redeneren en er wordt uitgegaan van het principe: "*elk zijn job*". Tot slot sprak R01 over een toekomst, waar meer en meer zal samengewerkt worden. Mogelijks ontstaan er door deze samenwerking opportuniteiten volgens R06: "*dat zien we ook als een bedrijf dat inzet, die onderaannemers of als zij als onderaannemer fungeren de hoofdaannemer die gaat sowieso informatie opvragen van hoe kunnen wij dit gaan doen*".

Uit de scores van de experten (zie Figuur 27) blijkt dat de invloed van verticale samenwerking noch belangrijk/noch onbelangrijk is, met een gemiddelde van 3,44 (standaardafwijking 0,68). Opmerkelijk zien we dat de verticale samenwerking bij C02 eerder belangrijk was voor het adoptieproces. R06 verklaarde dat: "*Als ze zien dat het ergens anders goed werkt, dan zal het de drempel ook verlagen om daar zelf mee te starten*".



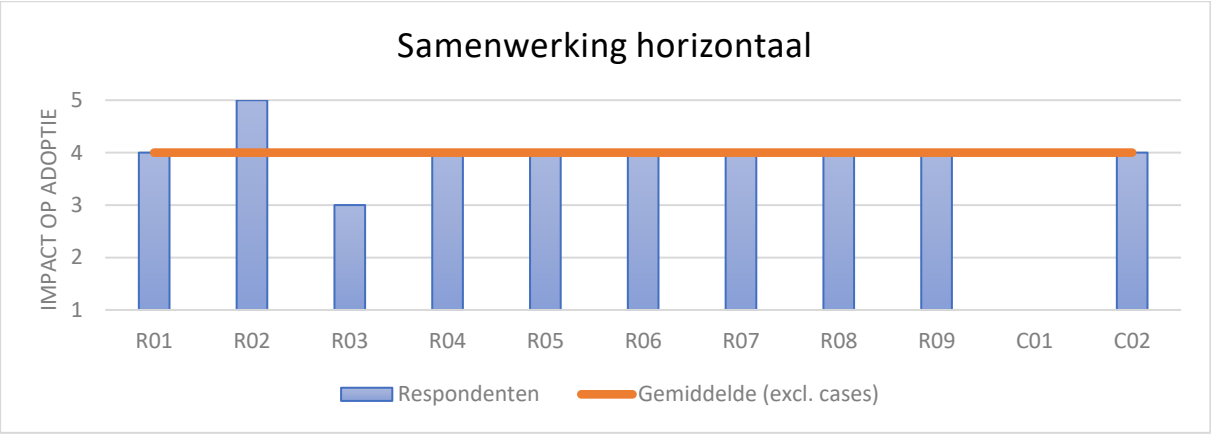
Figuur 27: Likertschaal impact van de verticale samenwerking op het adoptieproces (standaardafwijking 0,6849349)

4.3.5.2 Horizontale samenwerking

R02 kaartte aan dat horizontale samenwerking plaats vindt onder de vorm van tijdelijke handelsvereniging. Daarnaast zijn ook opdrachten van zusterfirma's mogelijk (C01). R05 vertelde dat bulkopdrachten groepstarieven of -kortingen met zich mee kunnen brengen. Ook R01 en R09 gaven aan dat samenwerking interessant kan zijn indien de kosten van drones gedeeld kunnen worden. Bij horizontale samenwerking kan mond-op-mond reclame echter ook stimuleren (R02). R08 gaf aan dat dit het ideale moment is om aan horizontale

samenwerking te doen. Daarbij deelde R01 het belang van collaboratieve elementen in gebruikte platformen mee. Tot slot gaf R02 aan dat grotere projecten betere samenwerking met zich meebrengen, waarop C01 ook meegaf: "*Hoe meer samenwerking, hoe beter".*

Uit de grafiek kan afgeleid worden dat de horizontale samenwerking eerder belangrijk is in het adoptieproces (zie Figuur 28). Zeven experten gaven aan dat deze factor eerder belangrijk is. De standaardafwijking van 0,47 wijst op een eenduidigheid tussen de experten. Daarnaast lag ook de score van C02 in lijn met dit gemiddelde. Hoewel C01 aangaf dat horizontale samenwerking drone gebruik stimuleert, geeft hij desalniettemin aan dat dit heel onbelangrijk was voor het adoptieproces. R08 deelde mee dat horizontale samenwerking zeker niet te onderschatten is. R03 scoorde dit echter op noch belangrijk/noch onbelangrijk en vertelde dat de adoptie niet gebeurt omdat ze het bij anderen zien. R06 concludeerde: "*Verticaal gezien zal het wel een invloed hebben en zal het wel iets triggeren maar iets minder wel. Horizontaal zal het sowieso een grotere impact hebben, omdat het rechtstreekse concurrenten zijn van elkaar en ze willen niet onderdoen. Dus daar denk ik dat de grootste incentive zit*".



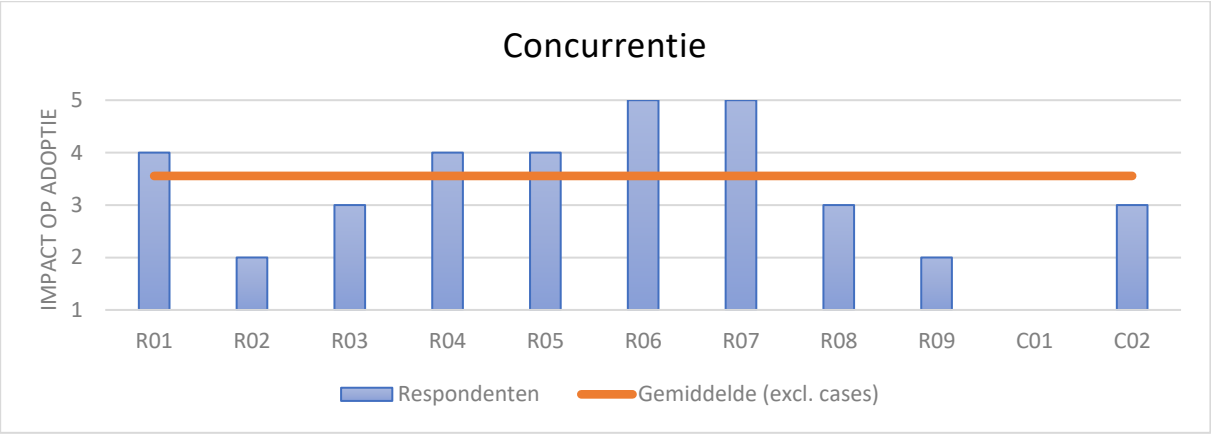
Figuur 28 Likertschaal impact van de horizontale samenwerking op het adoptieproces (standaardafwijking 0,4714045)

4.3.6 Concurrentie

R02 en C01 haalden aan dat een drone een pluspunt is ten opzichte van de concurrentie, maar dat dit geen belang speelt in het kiezen van een bouwpartner. Verder leveren drones beelden, waarmee het bedrijf in de *picture* gezet kan worden voor marketing doeleinden, waar volgens R01 mee gepronkt wordt op LinkedIn. Volgens R01 is tevens sprake van FOMO, *fear of missing out.* De beelden doen ook sneller de ronde dan een rapport (R03). Volgens R06 speelt het management ook een rol: *"die hebben dat en die zijn dan commercieel ingesteld,*

van wij moeten dat ook hebben". Volgens R04 gebeurt dit louter om concurrenten voor te zijn. R09 gaf dan weer het tegenovergestelde aan*: "Het is niet om hun concurrent de loep af te steken. Het is eigenlijk omdat ze er meerwaarde in zien".* Tot slot bemerkte R03 dat het nog te vroeg en te kleinschalig is om hier te kijken naar de concurrentiële druk.

Uit de resultaten blijkt dat de concurrentie eerder belangrijk te zijn met een gemiddelde van 3,56 (zie Figuur 29). De standaardafwijking van 1,067 wijst alweer op een onenigheid tussen de experten. R09 verklaarde zijn score door de volgende stelling: *"Het is niet om hun concurrent de loep af te steken. Het is eigenlijk omdat ze er meerwaarde in zien".* R08 gaf aan dat dit eerder vanuit samenwerking gestimuleerd wordt: *"Ik denk als ze het in de field zien, bij een samenwerking of wat dan ook dat ze merken van het zal misschien wel impact hebben"*. C01 verkondigde dat dit heel onbelangrijk was bij hun adoptieproces. Terwijl C02 dit als noch belangrijk/noch onbelangrijk schatte gaf hij toch het volgende mee: "*Toen wij ermee begonnen was er ook een neven-aannemer begonnen ermee en dat was ook: die doet het waarom doen wij het niet. Maar voor de rest, in praktijk, het is niet omdat een andere het op die manier doet, het is meer in eigen firma dat we kijken dan naar de rest eigenlijk".*



Figuur 29: Likertschaal impact van de concurrentie op het adoptieproces (standaardafwijking 1,0657403)

4.4 Extra factoren

Allereerst kaartte R08 de marketingimpact aan. Hier vertelde hij het volgende: *"Het marketingaspect met nieuwe dingen bezig zijn of innovatief op zich dat is zeker niet te onderschatten. Ze willen daar mee uitpakken, ook marketingvideo's"*. Daarnaast vertelde R06 dat het type personeel, dat actief is binnen het bedrijf, ook belangrijk is voor het adoptieproces. Hierin maakte hij de opdeling tussen werknemers, die technologisch georiënteerd zijn, waarbij drones sneller zullen aanslaan, en normale aannemers in de

ruwbouw. R04 kaartte vervolgens de interne leergierigheid als mogelijke invloed factor. Dit verduidelijkte hij het door volgende stelling: *"Je kan het nog zo goed mogelijk aanbieden, ze moeten er natuurlijk ook willen gebruik van maken".* Ten slotte gaf R01 aan dat het gebruiksgemak nog een bijkomende factor is. Dit verduidelijkte hij met volgend voorbeeld vanuit de praktijk: *"soms is het wel intimiderend en zo nieuwe technologieën is dat dan zo belangrijk. Wij proberen dat platform zo intuïtief te doen met het idee van, geen handleiding, je hebt zo live support vooral en dat zorgt ervoor dat we heel rap die schrik van drone-data ik weet niet hoe dat werkt, dat gaat dan heel rap weg en dan heb je ook sneller adoptie binnen het bedrijf en meer stakeholders*".

4.5 Bouwsector

De experten/cases werden ook gevraagd om de adoptie van drones in de bouwsector te vergelijken met andere sectoren. R02 toonde het belang aan van drones in de bouwsector: "*Ik denk zelf dat de bouwsector een redelijk goede ambassadeur is van wat drones allemaal kunnen doen".* R02 en R09 bevestigden deze stelling door aan te geven dat de bouwsector wordt gebracht als één van de sectoren voor drones. Verder gaven R01 en C02 aan dat de bouwsector zeker niet achterstaat ten opzichte van andere sectoren. R07 en R08 lichtten toe dat de bouwsector conservatiever is. Hier vulde R09 aan toe dat het een trage sector is, maar dat dit niet het geval is bij drones. Ook gaf R09 aan dat er meer budget rust in de bouwsector. Daarbij beweerde R03 dat efficiëntie in de bouw belangrijker is dan de hype en dat drones eerder zullen dienen als aanvulling dan als vervanging van menselijk kapitaal.

In termen van adoptie staat de dronesector achter volgens R04: *"Puur qua adoptie. Ze verkiezen ervoor om een go-pro te hangen achter een kraan, in plaats van een drone in te huren".* R05 sprak dit tegen door te vertellen dat de bouwbedrijven als één van de eersten adopteren. Daarnaast kaartten R06 en R08 aan dat de bouwsector zich in de 2e golf bevindt achter de video- en fotografie. Met kennis uit de praktijk vertelde R06 het volgende: *"Vroeger was dat fotografie en videografie, maar dat begint een klein beetje minder te worden en nu begint het meer constructie en onderhoud georiënteerde bedrijven te zijn die deelnemen aan de implementatie van de drones. En ik spreek over opleiding maar eigenlijk is dat de eerste fase, dat is een hele goeie barometer om te zien, wie is er nu mee bezig en waar wordt het ook gebruikt".* Terwijl de landbouw aanzien wordt als een sector, die verder staat met drones volgens R07, sprak R08 dit tegen door te vertellen dat de landbouwsector

nog nergens staat. Volgens C02 is er niet direct een onderscheid tussen de sectoren: "*Ik denk niet dat niet puur de bouwsector daar een meerwaarde van kan creëren maar dat dat een beetje een algemeen zal zijn"*

4.6 Toekomst

De toekomst brengt in eerste instantie meer drone-toepassingen met zich mee in de bouwsector volgens R02, R09, C01. Daarnaast gaf R01 aan dat er meer lezingen en testmogelijkheden zullen komen. In termen van bedrijven vertelde R09 dat kleine dronebedrijven zullen clusteren, wat R01 bevestigde door te vermelden dat er meer collaboratie zal zijn. R08 voegde hier aan toe dat er meer sprake zal zijn van partners of consultants, dit terwijl R08 wist te zeggen dat velen zullen gebruik maken van een eigen team. Transport of *heavy lifting* in de bouw zal nog niet direct van toepassing zijn (R06, R09). R09 gaf echter ook aan dat drones zich op een kantelpunt begeven. Verder wordt voorspeld dat autonome drones in de toekomst een mogelijkheid zijn (R01, R09, C01), zullen drones goedkoper worden (R01), zal *artificial intelligence* haar opmars doen (C02), zullen resultaten beteren (R02) en zullen langere afstanden en duur mogelijk zijn (R02). Met tijd zal ook de adoptie beteren (R04) en zal het dronegebruik in de bouw toenemen (R02, R05). Hier voegden R03 en C02 aan toe dat de toekomst positief is, indien de wetgeving op poten staat. Terwijl R02 de progressie op korte termijn aanhaalde, vertelde R06 dat er sprake zal zijn van een lange termijn revolutie. Tot slot concludeerde R08 dat drones maar één van de toestellen is die data kan capteren: *"Het gaat hem over wat de camera's doen en wat er post processing gebeurd want de echte innovatie, de echte magic gebeurt in de software".*

5 Discussie

Op basis van de resultaten worden de vindingen in deze sectie besproken. Dit gebeurt aan de hand van een onderverdeling van de technologische, organisatorische en omgevingsfactoren. Tot slot worden de beperkingen van dit onderzoek alsook aanbevelingen voor toekomstig onderzoek opgesomd.

Type Factor	**Impact adoptieproces**	**+/-**
Technologische factoren		
Vereiste IT-infrastructuur	**3,33**: noch belangrijk/onbelangrijk	-
Vereiste expertise	**4,11**: eerder belangrijk	-
Relatieve voordelen: Accuraatheid	**4,44**: eerder belangrijk	+
Relatieve voordelen: Kostenefficiëntie	**4,22**: eerder belangrijk	+
Relatieve voordelen: Tijdsefficiëntie	**4,44**: eerder belangrijk	+
Relatieve voordelen: Veiligheid	**4,44**: eerder belangrijk	+
Waargenomen complexiteit	**3,44**: noch belangrijk/onbelangrijk	-
Testbaarheid	**4:** eerder belangrijk	+
Compatibiliteit software	**4,67**: heel belangrijk	+
Dataveiligheid	**2,83**: noch belangrijk/onbelangrijk	-
Organisatorische factoren		
Topmanagement ondersteuning	**4,44**: eerder belangrijk	+
Productkampioen	**4,67**: heel belangrijk	+
Risicobeleid acquisitie	**2,56**: noch belangrijk/onbelangrijk	-
Bedrijfsgrootte	**2,44**: eerder onbelangrijk	+
Innovatief karakter	**4,11**: eerder belangrijk	+
Omgevingsfactoren		
Regelgeving	**3,89**: eerder belangrijk	+/-
Privacy-/GDPR-wetgeving	**2,44**: eerder onbelangrijk	-
Geobewustzijn	**2,89**: noch belangrijk/onbelangrijk	-
Weersomstandigheden	**3,67**: eerder belangrijk	-
Samenwerking verticaal	**3,44**: noch belangrijk/onbelangrijk	+
Samenwerking horizontaal	**4**: eerder belangrijk	+
Concurrentiële druk	**3,56**: eerder belangrijk	+

Tabel 5: Overzicht impact van de factoren op het adoptieproces

5.1 Technologische factoren

In lijn met Morgenthal & Hallermann (2014) en Merz & Kendoul (2011), geven de experten aan dat terabytes aan dronedata opgeslagen dient te worden. Dit voor zowel inspectie- als fotogrammetrische doeleinden. Daarnaast bieden de experts een nieuw inzicht door ook de processorkracht aan te kaarten. Deze dient een computer/server te hebben, indien

fotogrammetrische bewerkingen uitgevoerd willen worden. Doch geven de experten aan (zie Tabel 5) dat de vereiste IT-infrastructuur een noch belangrijke/ noch onbelangrijke belemmering is voor het adoptieproces, mede omdat er tegenwoordig gegrepen wordt naar cloud-oplossingen.

Vervolgens geven de experten, in overeenstemming met de literatuur in 2.6.2.2, weer dat licenties/ opleidingen en kennis rond drones vereist is alvorens drones te integreren in de bedrijfsprocessen. Opdat de voordelen uit de drone gehaald moeten worden, geven de respondenten, in congruentie met Tatum & Liu (2017), aan dat ook expertise vereist is in de correcte verwerking van de data. De vereiste expertise blijkt een eerder belangrijke belemmering op het adoptieproces.

Uniform met de bevindingen van Albeaino, Gheisari & Franz (2019), geven de meeste experts aan dat drones minstens even accurate resultaten kunnen opleveren dan conventionele methoden. Hoewel Li & Liu (2018) beweren dat de kostefficiëntie het belangrijkste voordeel is dat drones teweegbrengen en dit door sommige experten bevestigd werd, is dit volgens het merendeel van de respondenten afhankelijk van de drone-toepassing. In lijn met het onderzoek van Ciampa, De Vito & Pecce (2019), geeft een expert aan dat drones kostefficiënter zijn bij inspecties van moeilijk toegankelijke plaatsen. In overeenstemming met Li & Liu (2018), McNeil & Snow (2016) en Ciampa, De Vito & Pecce (2019), vertellen de experts dat het gebruik van drones het aantal benodigde manuren drastisch naar beneden haalt. Tevens leggen de respondenten de link tussen de kost- en tijdsefficiëntie. Doch moet de kanttekening gemaakt worden aangezien de wetgeving, volgens enkele experts, het voordeel van tijdsefficiëntie vermindert. In overeenstemming met Ciampa, De Vito & Pecce (2019) en McNeil & Snow (2016), spreken verschillende respondenten over een verbeterde veiligheid van het personeel omwille van drones. Dit omdat de personeelslieden zich niet meer in gevaarlijke gebieden dienen te wagen wanneer drones worden ingezet. Ook hier moet de kanttekening gemaakt worden dat drones ook kunnen crashen en dus de veiligheid kunnen verstoren. Echter vertelt een expert dat monitoring, zoals aangekaart in 2.4.2.4, nog niet aan de orde is omdat deze niet kostefficiënt is. Uit Tabel 5 blijkt dat de relatieve accuraatheid, veiligheid, kost- en tijdsefficiëntie eerder belangrijke stimulansen zijn in het adoptieproces.

Terwijl door Nouacer et al. (2020) en Ciampa, De Vito & Pecce (2019) het vliegen en de dataverwerking als complex aanschouwd worden, blijkt uit de interviews dat de wetgeving

de meest complexe aangelegenheid is van drones. Uit de interviews kan tevens afgeleid worden dat drones als heel complex aanzien worden door bouwbedrijven. Niettemin geeft Tabel 5 weer dat de waargenomen complexiteit geen doorslaggevende drempel is in het adoptieproces.

Overeenkomstig met Li & Liu (2018), geven de experten aan dat de compatibiliteit met software als *BIM*, maar ook andere software die binnen de bouw gebruikt worden, een heel belangrijke stimulans is van het adoptieproces.

Terwijl Albalawi & Song (2019) de groeiende problematiek rond dataveiligheid bij dronedata aankaarten, blijkt uit Tabel 5 dat de aan- of afwezigheid van dataveiligheid bij drones noch belangrijk noch onbelangrijk is in het adoptieproces.

Tot slot blijkt dat, in overeenstemming met het voorbeeld van *ENGIE Fabricom* in het onderzoek van Culus, Schellekens & Smeets (2018), de testbaarheid van zowel het vliegen met drones als demo's van dronedata een stimulerende impact heeft op het adoptieproces (Tabel 5).

5.2 Organisatorische factoren

Hoewel Hartmann (2006) aangeeft dat het strategisch beleid rond innovatie verwezenlijkt moet worden om innovatieprocessen te bevorderen, blijkt uit de interviews met de respondenten dat het topmanagement bij bouwbedrijven vaak geen weet heeft van wat de functionaliteiten van drones inhouden. Hier wordt aangegeven dat vaak de mensen in lagere regionen invloed uitoefenen op het adoptieproces door dit te presenteren aan het topmanagement. Doch blijkt uit Tabel 5 dat het topmanagement een eerder belangrijk stimulerende invloed uitoefent op het adoptieproces.

In lijn met de onderzoeken van de Ven et al. (2005), Howel, Shea & Higgings (2005) en Chakrabarti (1974), blijkt uit de resultaten dat de aanwezigheid van een productkampioenen partieel de grootste stimulans is in het adoptieproces. Dit omdat zij het topmanagement overtuigen en aansturen budgetten vrij te maken.

Daarnaast blijkt het risicobeleid, zoals uitgeklaard door Dikmen, Birgonul & Arikan (2004) en Edwads & Bowen (2013), een weinig belemmerende invloed te hebben op het adoptieproces. Experten geven aan dat een drone een relatief lage investering is voor

bouwbedrijven waardoor het risico beperkt blijft. Daarbij blijkt dit situatieafhankelijk te zijn, waar het type drone als afhankelijke variabele fungeert.

Verder blijken de meningen over de bedrijfsgrootte uiteenlopend. Enerzijds bevestigen experten, zoals aangekaart door Pan & Jang (2008) en Bose & Luo (2011), dat grotere bedrijven ruime middelen hebben en het risico kunnen spreiden. Anderzijds geven vijf experten aan dat de bedrijfsgrootte weinig invloed heeft en dat vooral de leergierigheid van het bedrijf van belang is. Dit vertaalt zich in een score die aantoont dat de bedrijfsgrootte geen invloed uitoefent op het adoptieproces.

De verwijzing naar de leergierigheid verklaart ook de gegeven scores bij de invloed van het innovatief karakter op de adoptie. Uit de interviews komt voort dat op de innovatiecurve van Rogers (1995), de *innovators* fase gepasseerd is. Zo blijkt dat de *early majority* of *late majority* aan zet is. Het innovatief karakter blijkt tevens een belangrijke stimulans te zijn voor de adoptie van drones (Tabel 5).

5.3 Omgevingsfactoren

De regelgeving blijkt zowel voor- als nadelige effecten uit te oefenen op de adoptie van drones, hetgeen wat Baker (2012) tevens aankaartte voor innovatie in zijn algeheel. De respondenten zijn gematigd positief over de wetgeving, wat volgens verschillende experten te wijten is aan de periode waarin de interviews afgelegd werden. De wetgeving bevat nog bepaalde struikelblokken, waarbij de SORA-analyse het vaakst aan bod kwam. Uit Tabel 5 kan afgeleid worden dat er enige verdeeldheid is bij de experten. De regelgeving wordt als eerder belangrijk gescoord, maar door de meningsverschillen tussen de experten blijft het onduidelijk of deze stimulerend of belemmerend werkt.

Vervolgens blijkt de GDPR geen noemenswaardige struikelblok te zijn op het adoptieproces, voornamelijk omdat drones in de bouwsector vaak ingezet worden op bouwsites, waar geen vreemde mensen rondlopen.

Uit de interviews komt aan het licht dat het geobewustzijn, geformuleerd in de nieuwe Europese regelgeving, geen merkwaardige hindernis vormt op het adoptieproces van drones. Dit omdat drones op het moment van de interviews niet afgestemd zijn op de regelgeving en er nog te veel onwetendheid rust bij bouwbedrijven.

De afname van datakwaliteit bij slechte weersomstandigheden, zoals aangekaart door Ciampa, De Vito, & Pecce (2019) en Latteur, Goessens, & Mueller (2016), blijkt in praktijk overeen te komen. Corresponderend met Jordan (in Golizadeh, et al., 2019), geven de respondenten aan dat zware regendagen en windsnelheden het besturen van drones moeilijk maken. Echter blijken verschillende drones van hoge kwaliteit resistent te zijn tegen deze weersomstandigheden en kan er makkelijk om slecht weer heen gepland worden. Daarbij wordt binen de bouwsector uberhaupt niet gewerkt wanneer de weersomstandigheden armbarmelijk zijn. Doch blijken, in lijn met de bevindingen van Golizadeh, et al. (2019), de weersomstandigheden een belangrijke drempel te zijn op het adoptieproces.

Vervolgens wordt ook getoetst of de samenwerking binnen de bouw stimulerend is voor het adoptieproces. Het ieder-voor-zich karakter, bestempeld door Verdonck & Hedebouw (2011), dat heerst in de bouw wordt ook in de interviews naar boven gebracht. Terwijl de horizontale samenwerking een beduidende invloed blijkt te hebben op het adoptieproces, kan uit Tabel 5 afgeleid worden dat de verticale samenwerking noch belangrijk/onbelangrijk is voor het adoptieproces.

De concurrentiële druk blijkt hier een gematigde stimulerende factor te zijn (zie Tabel 5). Aangezien bouwbedrijven door horizontale samenwerking de voordelen van drones kunnen ervaren, blijkt dit volgens de experten een grotere invloed uit te oefenen op het adoptieproces dan de concurrentiële druk. Daarbij geeft een expert aan dat de klant geen projecten kiest op basis van de af- of aanwezigheid van drones.

5.4 Beperkingen en toekomstig onderzoek

5.4.1 Beperkingen onderzoek

Een eerste beperking van dit onderzoek situeert zich bij het aantal respondenten. De keuze voor kwalitatief onderzoek en diepte-interviews zorgt voor een beperkt aantal respondenten. Daar waar de drijfveer om diepere inzichten verwezenlijkt is, blijft het respondentenaantal van 11 personen (vrij) beperkt.

Ten tweede is er een beperking merkbaar bij de achtergrond van de respondenten. Er werden negen experten geïnterviewd met verschillende achtergronden en twee cases. Opdat experten ervaring hebben en meer kennis over drones binnen de bouwsector hebben, kan dit een

vertekend beeld geven. Bouwbedrijven kunnen minder of zelfs geen kennis hebben rond drones en hun functionaliteiten, waardoor bijkomende factoren aan het licht kunnen komen. Met het interviewen van twee cases werd beoogd deze beperking te reduceren.

Ten derde is de wetgeving nog niet lang van kracht wanneer de interviews afgenomen werden. Opdat hier verscheidene keren werd aangegeven dat de wetgeving nog in een overgangsfase zit, kan die wetgeving op korte termijn aanzienlijk veranderen, waardoor verschillende bevindingen gedateerd kunnen zijn.

Ten laatste moet ook bemerkt worden dat, met uitzondering van R03, dit onderzoek zich richt op de Belgische markt en omgeving. Dit kan niet veralgemeend worden naar de Europese of wereldwijde bouwsector.

5.4.2 Toekomstig onderzoek

Toekomstig onderzoek kan verschillende kanten op. Ten eerste kan het onderzoek doorgetrokken worden naar kwantitatief onderzoek, waarbij robuuste bevindingen getoetst worden bij de bouwbedrijven. Daarnaast kan het onderzoek ook uitgebreid worden naar Europese bedrijven. Opdat de Europese verordening van toepassing is op alle lidstaten van de EU en elk land zijn eigen uitzondering mag doorvoeren, kunnen zowel de kwaliteit als de verschillen in de toekomst onder de loep genomen worden. Vervolgens kan het adoptieproces van drones over verschillende sectoren onderzocht worden, waarbij verschil- en pijnpunten in diverse sectoren aan het licht komen. Bovendien kan ook het acceptatieniveau op organisatorisch niveau uitgebreid worden op persoonlijke hoogte en dit aan de hand van het TAM-raamwerk. Tot slot kan een soortgelijk onderzoek in de toekomst plaatsvinden, waar de ontwikkeling in tijd onderzocht wordt.

6 Conclusie

Dit onderzoek trachtte de factoren te vinden die het adoptieproces van drones in de Belgische bouwsector beïnvloeden. Aan de hand van diepte-interviews, werden verscheidene experten getoetst naar hun percepties en ondervindingen. Een vooropgestelde vragenlijst diende als leidraad om de factoren, opgedeeld via het TOE-raamwerk, in kaart te brengen. Tevens werd van elke factor de impact op het adoptieproces van drones in de bouwsector nagegaan.

Uit het onderzoek kunnen enkele conclusies getrokken worden. Allereerst kan afgeleid worden dat zowel de compatibiliteit van drones met software als de impact van een productkampioen, heel belangrijke stimulerende factoren zijn voor het adoptieproces van een drone in de bouwsector. Vervolgens kan opgemaakt worden dat de relatieve voordelen, de testbaarheid, de ondersteuning van het topmanagement, het innovatieve karakter van het bedrijf, de horizontale samenwerking en de concurrentiële druk eerder belangrijke stimulansen zijn voor het adoptieproces. Daarnaast kan uit het onderzoek de gevolgtrekking gemaakt worden dat de vereiste expertise en de weersomstandigheden een eerder belangrijke drempel zijn voor het adoptieproces van drones. Bovendien oefent ook de regelgeving een eerder belangrijke impact uit op het adoptieproces, al is deze ambigu (stimulans en belemmering).

De bedrijfsgrootte en de privacywetgeving (GDPR) leveren geen impact op het adoptieproces van drones bij bouwbedrijven. Als laatste werd duidelijk dat volgende factoren noch belangrijk, noch onbelangrijk zijn voor het adoptieproces: vereiste IT-infrastructuur, waargenomen complexiteit, dataveiligheid, risicobeleid bij acquisitie, geobewustzijn en de verticale samenwerking in de bouw.

Op basis van deze onderzoeksresultaten kunnen een aantal suggesties gevormd worden om de adoptie van drones in de bouwsector te verbeteren. Ten eerste wordt aanbevolen aan dronebedrijven om de kloof tussen hen en de bouwbedrijven te dichten. Opdat drones technische en administratieve complexiteiten met zich meebrengen, dienen dronebedrijven de omkadering van drones te faciliteren zodat deze toegankelijk zijn voor een breder doelpubliek. Ten tweede wordt aan bouwbedrijven aanbevolen rekening te houden met de onderzochte factoren. De informatie uit het onderzoek kan dienen als basiskennis, vooraleer

het adoptieproces verder op gang wordt getrokken. Ten laatste worden de wetgevers en de belangengroepen rond het wetgevend kader aanbevolen rekening te houden met de waargenomen struikelblokken in de dronewetgeving. Een flagrant legaal kader ondersteunt en beschermt zowel de bouw- als dronebedrijven.

7 Bibliografie

Achille, C., Adami, A., Chiarini, S., Cremonesi, S., Fassi, F., Fregonese, L., & Taffurelli, L. (2015). UAV-based photogrammetry and integrated technologies for architectural applications—Methodological strategies for the after-quake survey of vertical structures in Mantua (Italy). *Sensors*, 15520-15539. doi:10.3390/s150715520

Agrawal, K., & Shrivastav, P. (2013). Multi-rotors: A Revolution in Unmanned Aerial Vehicule. *International Journal of Science and Research (IJSR)*.

Albalawi, M., & Song, H. (2019). Data Security and Privacy Issues in Swarms of Drones. 2019 Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS). *Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS) IEEE.*, 1-11.

Albeaino, G., Gheisari, M., & Franz, B. (2019). A Systematic Review of Unmanned Aerial Vehicule Application Areas and Technologies in the AEC Domain. *Electronic Journal of Information Technology in Construction 24*, 381-405.

Amoukteh, A., Janda, J., & Vincent, J. (2017, April 10). *Drones Go to Work*. Opgehaald van Boston Consulting Group (BCG): https://www.bcg.com/publications/2017/engineered-products-infrastructure-machinery-components-drones-go-work

Anwar, N., Izhar, M. A., & Najam, F. A. (2018). Construction Monitoring and Reporting using Drones and Unmanned Aerial Vehicules. *The Tenth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-10).* Colombo, Sri Lanka.

Austin, R. (2011). *Unmanned Aircraft Systems. Uavs design, Development and deployment.* Wiley.

Azjen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes 50(2)*, 179-211.

Baker, J. (2012). The Technology-organization-environment framework. *Information systems theory*, 231-245.

Belgian Drone Federation. (2021, Februari 31). *Home*. Opgehaald van Belgiandronefederation: https://belgiandronefederation.be/nl

Belgian Drone Federation. (2021, Februari 31). *Ledenmap*. Opgehaald van belgiandronefederation: https://belgiandronefederation.be/nl/leden/see-all-members

Ben-Ari, M., & Mondada, F. (2018). *Robots and Their Applications* (Vol. Elements of Robotics). Springer, Cham. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-62533-1_1

Bendea, H., Boccardo, P., Dequal, S., Tonolo, F., Marenchino, D., & Piras, M. (2008). Low cost UAV for post-disaster assessment. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37 (B8)*, 1373-1379.

Birch, G. C., Griffin, J. C., & Erdman, M. K. (2015). *UAS Detection, Classification, and Neutralization: Market Survey 2015.* Sandia National Laboratories.

Bose, R., & Luo, X. (2011). Integrative framework for assessing firms' potential to undertake Green IT initiatives via virtualization – A theoretical perspective. *Journal of Strategic Information Systems 20*, 38-54.

Carnie, R., Walker, R., & Corke, P. (2006). Image processing algorithms for UAV "sense and avoid". *Proceedings 2006 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 2848-2853). Orlando, FL, USA: IEEE. doi:10.1109/ROBOT.2006.1642133

Castellano, F. (2017). *Finance/market-research-analysts/drone-market*. Opgeroepen op 02 11, 2021, van Toptal: https://www.toptal.com/finance/market-research-analysts/drone-market

Chakrabarti, A. K. (1974). The role of champion in product innovation. *California management review, 17(2)*, 58-62.

Chang, I.-C., Hwang, H.-G., Hung, M.-C., Lin, M.-H., & Yen, D. C. (2007). Factors affecting the adoption of electronic signature: Executives'perspective of hospital information department. *Decision Support Systems 44* , 350–359.

Chao, H., Cao, Y., & Chen, Y. (2010). Autopilots for small unmanned aerial vehicules: a survey. *International Journal of Control, Automation and Systems 8, no. 1* , 36-44.

Chau, P., & Tam, K. (1997). Factors affecting the adoption of open systems: an exploratory study. *MIS quarterly*, 1-24.

Chen, L., & Luo, H. (2014). A BIM-based construction quality management model and its applications. *Automation in Construction Volume 46*, 64-73.

Chiu, C.-Y., Chen, S., & Chen, C.-L. (2017). An integrated perspective of TOE framework and innovation diffusion in broadband mobile applications adoption by enterprises. *International Journal of Management, Economics and Social Sciences (IJMESS), NJ, Vol. 6, Iss. 1*, 14-39.

Ciampa, E., De Vito, L., & Pecce, M. R. (2019). Practical issues on the use of drones for construction inspections. *Journal of Physics: Conference Series*, Conf. Ser. 1249.

Clarke, R. (2014). Understanding the drone epidemic. *Computer Law & Security Review, 30(3)*, 230-246.

Cruz-Jesus, F., Pinheiro, A., & Oliveira, T. (2019). Understanding CRM adoption stages: empirical analysis building on the TOE framework. *Computers in Industry, 109*, 1-13.

Culus, J., Schellekens, Y., & Smeets, Y. (2018). *A drone's eye view [White paper].* PwC Belgium and Agoria. Opgeroepen op 02 27, 2021, van https://www.pwc.be/en/documents/20180801-drones-eye-view-v2.pdf

Dalamagkidis, K. (2015). *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles.* Dordrecht: Springer. Opgehaald van https://doi.org/10.1007/978-90-481-9707-1_93

Davis, F. D. (1989). Percieved Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information . *MIS Quarterly, 13(3)*, 319-340.

Department of Defense. (1972). *Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms.* Opgeroepen op 02 14, 2021

Department of Defense. (2011). *Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2011-2036.* United States of America.

DiCicco-Bloom, B., & Crabtree, B. F. (2006). Making sense of qualitative research. *Medical Education, 40(4)*, 314-321.

Dikmen, I., Birgonul, M. T., & Arikan, A. E. (2004). A critical review of risk management support. *20th Annual Conference of Association of Researchers in Construction Management (ARCOM)*, (pp. 1-3).

DJI. (2021). *FLY SAFE GEO ZONE MAP*. Opgehaald van DJI: https://www.dji.com/be/flysafe/geo-map

DroneDepot. (2021, Januari 23). *Europese dronewetgeving 2021 - eenvoudig uitgelegd.* Opgehaald van DroneDepot: https://www.dronedepot.be/europese-drone-wetgeving-2021/

Duque, L., Seo, J., & Wacker, J. (2018). Synthesis of unmanned aerial vehicle applications for infrastructures. *Journal of Performance of Constructed Facilities, 32(4)*.

ECA. (2019, Januari 28). *Specific Operations Risk Assessment*. Opgehaald van Eurocockpit: https://www.eurocockpit.be/positions-publications/specific-operations-risk-assessment-sora

Edwards, P., & Bowen, P. (2013). *Risk management in project organisations.* Routledge.

Eissa, A. A., Khalik, A. A., & Abdel, A. A. (2012). Understanding Color Image Processing by Machine Vision for Biological Materials. *Structure and Function of Food Engineering*, 227-274.

Elbaz, G., Avraham, T., & Fischer, A. (2017). 3D point cloud registration for localization using a deep neural network auto-encoder. *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition.* Technion - Israel Institute of Technology.

Elghaish, F., Matarneh, S., Talebi, S., Kagioglou, M., Hosseini, M., & Abrishami, S. (2020). Towards digitalization in the construction industry with immersive and drones technologies: a critical literature review. *Smart and Sustainable Built Environment*.

Embention. (2019, November 29). *ADVANCED GNSS USE TYPES AND THEIR UAVS APPLICATIONS.* Opgehaald van https://www.embention.com/news/advanced-gnss-use-types-and-their-uavs-applications/

Eschmann, C., Kuo, C.-M., Kuo, C.-H., & Boller, C. (2013). HIGH-RESOLUTION MULTISENSOR INFRASTRUCTURE INSPECTION. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-1/W2*.

Esterberg, K. G. (2002). Qualitative Methods. *Social Research*.

European Commission. (2019, Maart 12). *Unmanned aircraft*. Opgehaald van European Commission: https://ec.europa.eu/growth/sectors/aeronautics/rpas_en

Everaerts, J. (2008). The use of unmanned aerical vehicules (UAVs) for remote sensing and mapping. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37 (2008)*, 1187-1192.

FOD Mobiliteit en Vervoer. (2020, December 31). *Startpagina*. Opgehaald van Mobilitit Belgium: https://mobilit.belgium.be/en/node/6542?language=nl

FOD Mobiliteit en Vervoer. (2021, Januari 01). *Nieuwe regelgeving*. Opgehaald van mobiliteit Belgium: https://mobilit.belgium.be/nl/luchtvaart/drones/nieuwe_regelgeving

Gąszczak, A., P.Breckon, T., & Han, J. (2011). Real-time People and Vehicle Detection from UAV Imagery. *Proceedings of SPIE: Intelligent Robots and Computer Vision XXVIII: Algorithms and Techniques*, (pp. 78780B-1-13). San Francisco, California, US.

Gatti, M. (2017). Complete Preliminary Design Methodology for Electric Multirotor. *Journal of Aerospace Engineering*. doi:DOI: 10.1061/(ASCE)AS.1943-5525.0000752#sthash.E2LOdL86.dpuf

Golcarenarenji, G., Martinez-Alpiste, I., Wang, Q., & Alcaraz-Calero, J. M. (2021). Efficient Real-Time Human Detection Using Unmanned Aerial Vehicles Optical Imagery. *International Journal of Remote Sensing, 42:7*, 2240-2462. doi:10.1080/01431161.2020.1862435

Golizadeh, H., Hosseini, M. R., E. D., Abrishami, S., Taghavi, N., & Banihashemi, S. (2019). Barriers to adoption of RPAs on construction projects: a task–technology fit perspective. *Construction Innovation*.

Grover, V. (1993). An empirically derived model for the adoption of customer-based interorganizational systems. *Decision sciences, 24(3)*, 603-640.

Gupta, S. G., Ghonge, M. M., & Jawandhiya, D. M. (2013). Review of Unmanned Aircraft Systems (UAS). *International journal of advanced research in computer engineering & technology (IJARCET), 2(4)*, 1646-1658.

Hakala, T., Suomalainen, J., Kaasalainen, S., & Chen, Y. (2012). Full waveform hyperspectral LiDAR for terrestrial laser scanning. *Optics express, 20(7)*, 7119-7127.

Hallermann, N., Morgenthal, G., & Rodehorst, V. (2015). Unmanned Aerial Systems (UAS) – Case Studies of Vision Based. *International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering (NDT-CE)*.

Hartmann, A. (2006). The context of innovation management in construction firms. *Construction management and economics, 24(6)*, 567-578.

Hassanalian, M., & Abdelkefi, A. (2017). Classifications, applications, and design challenges of drones: A review. . *Progress in Aerospace Sciences, 91*, 99-131.

Henderson, R. M., & Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative science quarterly*, 9-30.

Howell, J. M., Shea, C. M., & Higgins, C. A. (2005). Champions of product innovations: defining, developing, and validating a measure of champion behavior. *Journal of business venturing, 20(5.*, 641-661.

ICAO. (2011). *Unmanned Aicraft Systems (UAS).* ICAO.

ICAO. (2015). *Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS).* International Civil Aviation Organization.

ILO. (2015). *Construction a hazardous work*. Opgeroepen op 02 28, 2021, van http://www.ilo.org/safework/areasofwork/hazardouswork/WCMS_356576/lang--en/index.htm

Insider Intelligence. (2021, Januari 12). *Drone technology uses and applications for commerical, industrial and military drones in 2021 and the future*. Opgehaald van Businessinsider: https://www.businessinsider.com/drone-technology-uses-applications?international=true&r=US&IR=T#:~:text=Commercial%20Drone%20Technology&text=The%20drone%20services%20market%20size,by%20the%20end%20of%202021.

Irizarry, J., Gheisari, M., & Walker, B. N. (2012). USABILITY ASSESSMENT OF DRONE TECHNOLOGY AS SAFETY. *Journal of Information Technology in Construction*, 1874-4753.

Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. K. (2015). Likert scale: Explored and explained. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 396-403.

Junior, C. H., T. O., & Yanaze, M. (2019). The adoption stages (Evaluation, Adoption, and Routinisation) of ERP systems with business analytics functionality in the context of farms. *Computers and electronics in agriculture, 156*, 334-348.

Kardasz, P., Doskocz, J., Hejduk, M., Wiejkut, P., & Zarzycki, H. (2016). Drones and Possibilities of Their Using. *Journal of Civil & Environmental Engineering 6:3*. doi:10.4172/2165-784X.1000233

Kim, H. S., Kim, S.-K., Borrmann, A., & Kang, L. S. (2018). Improvement of Realism of 4D Objects Using Augmented Reality Objects. *KSCE Journal of Civil Engineering 22(8)*, 2735-2746.

Kim, J.-W., Kim, S.-B., Park, J.-C., & Nam, J.-W. (2015). Development of Crack Detection System with Unmanned Aerial Vehicules and Digital Image Processing. Incheon, Korea.

Kuan, K. K., & Chau, P. Y. (2001). A perception-based model for EDI adoption in small businesses using a technology–organization–environment framework. *Information & management 38, no. 8*, 507-521.

Kumar, V., Bekey, G., & Zheng, Y. (2005). *International assessment of research and development in robotics.* World Technology Evaluation Centern Inc.

Latteur, P., Goessens, S., & Mueller, C. (2016). Masonry construction with drones. *Proceedings of IASS Annual Symposia (Vol. 2016, No. 7)*, 1-10.

Lee, C.-P., & Shim, J. (2007). An exploratory study of radio frequency identification (RFID) adoption in the healthcare industry. *European Journal of Information Systems, 16(6)*, 712-724.

Lekkerkerk, L. (2012). Innovatie- en OrganisatieStructuur- Ontwikkeling en test van een functiemodel voor structuuronderzoek en -diagnose.

Li, Y., & Liu, C. (2018). Applications of multirutor drone technologies in construction management. *International Journal of Construction Management*. doi: https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1452101

Lim, Y., Gardi, A., Sabatini, R., Ramasamy, S., Kistan, T., Ezer, N., . . . Bolia, R. (2018). Avionics Human-Machine Interfaces and Interactions for Manned and Unmanned Aircraft. *Progress in Aerospace Sciences*, 1-46.

Lin, H., & Lin, S. (2008). Determinants of e-business diffusion: A test of the technology diffusion perspective. *Technovation, Vol. 28, No. 3*, 135-145.

Liu, M. (2008). "Determinants of e-commerce development: An empirical study by firms in shaanxi, china. *4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, (pp. 9177-9180). Dalian, China.

Malterud, K. (2001). . onderzochten Sepasgozar, Davis, Loosemore, & Bernold (2018) het adoptieproces van moderne bouwhulpmiddelen in Australische bouwbedrijven. . *Qualitative research: standards, challenges, and guidelines. The Lancet Volume 358, Issue 9280*, 431-518.

Martins, R., Oliveira, T., & Thomas, M. A. (2016). An empirical analysis to assess the determinants of SaaS diffusion in firms. *Computers in Human Behavior 62*, 19-33.

Mazur, M., Wiśniewski, A., & McMillan, J. (2017). *Clarity from above; Leveraging drone technologies to secure utilities systems.* Pwc.

McGrath, C., Palmgren, P. J., & Liljedahl, M. (2019). Twelve tips for condunting qualitative research interviews. *Medical teacher, 41(9)*, 1002-1006.

McNeil, B., & Snow, C. (2016). The truth about drones in mapping and surveying. *Skylogic Res, 200*, 1-6.

Meng, X., & Brown, A. (2018). Innovation in construction firms of different sizes: drivers and strategies. *Engineering, Construction and Architectural Management*.

Merz, T., & Kendoul, F. (2011). Beyond Visual Range Obstacle Avoidance and Infrastructure Inspection by an Autonomous Helicopter. *Beyond Visual Range Obstacle Avoidance and Infrastructure Inspection by an Autonomous Helicopter.* San Fransisco, CA, USA: IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems.

Mishra, A. N., Konana, P., & Barua, A. (2007). Antecedents and consequences of internet use in procurement: An empirical investigation of us manufacturing firms. *Information Systems Research, 18(1)*, 103-120.

Mitropoulos, P., & Tatum, C. B. (1999). Technology adoption decisions in construction organizations. *Journal of construction engineering and management, 125(5)*, 330-338.

Morales-Ferre, R., Richter, P., Falletti, E., Fuente, A. d., & Lohan, E. S. (2020). A Survey on Coping With Intentional Interference in Satellite Navigation for Manned and Unmanned Aircraft. *IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 22, no. 1*, 249-291. doi:10.1109/COMST.2019.2949178

Morgenthal, G., & Hallermann, N. (2014). Quality Assessment of Unmanned Aerial Vehicule (UAV) Based Visual Inspection of Structures. *Advences in Structural Engineering Volume 17 No. 3*.

National Institute of Standards and Technology. (2008). *Autonomy Levels for Unmanned Systems. Volume I: Terminology.* NIST.

Nouacer, R., Hussein, M., Espinoza, H., Ouhammou, Y., Ladeira, M., & Castiñeira, R. (2020). Towards a framework of key technologies for drones. *Microprocessors and Microsystems, 77*, 103142.

Oliveira, T., & Fraga, M. (2011). Literature review of information technology adoption models at firm level.

Oliveira, T., & Martins, M. (2008). A comparison of web site adoption in small and large portuguese firms. *Proceedings of the international conference on e-business*, (pp. 370-377). Porto, Portugal.

Oliveira, T., & Martins, M. (2009). Deteminants of information technology adoption in Portugal. *Proceedings of the international conference on e-business*, (pp. 264-270). Milaan, Italië.

Orr, G. (2003). Diffusion of innovations, door Everett Rogers (1995).

Pan, M., & Jang, W. (2008). Determinants of the adoption of enterprise resource planning within the technology-organization-environment framework: Taiwan's communications. *Journal of Computer Information Systems Vol. 48, No. 3,* , 94-102.

Ramdani, B., Kawalek, P., & Lorenzo, O. (2009). Predicting SMEs adoption of enterprise systems. *Journal of Enterprise Information Management, 22(2)*, 10-24.

Roca, D., Lagüela, S., Díaz-Vilariño, L., Armesto, J., & Arias, P. (2013). Low-cost aerial unit for outdoor inspection of building facades. *Automation in Construction Volume 36*, 128-135.

Rodrigues, R., Melo, S. d., Costa, D. B., Álvares, J. S., & Irizarry, J. (2017). Applicability of unmanned aerial system (UAS) for safety inspection on construction sites. *Safety Science volume 98*, 174-185.

Rogers, E. M. (1995). Diffusion of Innovations: modifications of a model for telecommunications. *Springer*, 25-38.

Rudol, P. (2011). Increasing Autonomy of Unmanned Aircraft Systems Through the Use of Imaging Sensors (Licentiate dissertation). *Linköping University Electronic Press, Linköping*. Opgehaald van http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-71295

Salleh, K. A., & Janczewski, L. (2016). Adoption of Big Data Solutions: A study on its security determinants using Sec-TOE Framework. *CONF-IRM 2016 Proceedings. 66.* Opgehaald van https://aisel.aisnet.org/confirm2016/66/

Sepasgozar, S. M., & Bernold, L. E. (2013). Factors influencing the decision of technology adoption in construction. *ICSDEC 2012: Developing the Frontier of Sustainable Design, Engineering, and Construction*, 654-661.

Sepasgozar, S. M., Davis, S., Loosemore, M., & Bernold, L. (2018). An investigation of modern building equipment technology adoption in the Australian construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*.

Slaughter, E. S. (1998). Models of construction innovation. *Journal of Construction Engineering and Managment, 124 (3)*, 226-231.

SOARIZON Team. (2020, September 10). *What are VLOS, EVLOS and BVLOS? Why do they affect drone operations?* Opgeroepen op 02 16, 2021, van soarizon: https://www.soarizon.io/news/what-are-vlos-evlos-and-bvlos-why-do-they-affect-drone-operations

Steele, J., & Murray, M. (2004). Creating, supporting and sustaining a culture of innovation. *Engineering, construction and architectural Management, Volume 11 Issue 5*.

Stjepić, A. M., Pejić Bach, M., & Bosilj Vukšić, V. (2021). Exploring Risks in the Adoption of Business Intelligence in SMEs Using the TOE Framework. *Journal of Risk and Financial Management 14(2)*, 58.

Szeliski, R. (2010). Computer Vision: Algorithms and Applications. In R. Szeliski, *Computer Vision: Algorithms and Applications* (pp. 1-10). Springer Science & Business Media.

Tan, Y., Shen, L., & Langston, C. (2012). Competition environment, strategy, and performance in the Hong Kong construction industry. *Journal of Construction Engineering and Management, 138(3)*, 352-360.

Tatum, M. C., & Liu, J. (2017). Unmanned Aicraft System Applications in Construction. *Procedia Engineering Volume 196*, 167-175.

Teo, T., Ranganathan, C., & Dhaliwal, J. (2006). Key dimensions of inhibitors for the deployment of webbased business-to-business electronic commerce. *IEEE Transactions on Engineering Management Vol. 53, No. 3*, 395-411.

Tezza, D., & Andujar, M. (2019). The state-of-art of human-drone interaction: A survey. *IEEE Access 7*, 167438-167454.

Thomas, E., & Magilvy, J. K. (2011). Qualitative Rigor or Reserach Validity in Qualitative Research. *Journal for specialists in pediactric nursing*, 151-155.

Thong, J. Y. (1999). An integrated model of information systems adoption in small businesses. *Journal of Management Information Systems, 15(4)*, 187-214.

Thurmond, V. A. (2001). The point of triangulation. *Journal of nursing scholarship, 33(3)*, 253-258.

Tornatzky, L., Fleischer, M., & Chakrabarti, A. (1990). *Processes of technological innovation.* Lexington books.

Triangulation, Data Source. (2014). The use of triangulation in qualitative research. *Oncology nursing forum*, (Vol. 41, No. 5, p. 545).

Tushman, M., & Nadler, D. (1986). Organizing for Innovation. *CALIFORNIA MANAGEMENT REVIEW VOLUME XXVIII*.

Umar, T. (2020). Applications of drones for safety inspection in the Gulf Cooperation Council construction. *Engineering, construction and architectural management*.

VanDale. (2021, Mei 19). *Betekenis 'Manuur'*. Opgehaald van VanDale: https://www.vandale.nl/gratis-woordenboek/nederlands/betekenis/Manuur#.YKkbAHlxfb1

Vanderhorst, H. R., Suresh, S., & Renukappa, S. (2019). Systematic literature research of the current implementation of Unmanned Aerial System (UAS) in the construction industry.

Vargas-Hernández, J. G., Noruzi, M. R., & Sariolghalam, N. (2010). Risk or innovation, which one is far more preferable in innovation projects. *International Journal of Marketing Studies, 2(1)*, 233.

Venkatesh, V., Morris, M. G., David, G. B., & David, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 425-478.

Verdonck, G., & Hedebouw, L. (2011). Barriers and levers for enterprises and knowledge centers.

Watts, A. C., Ambrosia, V. G., & Hinkley, E. A. (2012). Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use. *Remote Sensing, 4*, 1671-1692. doi:doi:10.3390/rs4061671

Wefelscheid, C., Hänsch, R., & Hellwich, O. (2011). Three-dimensional building reconstruction using images obtained by unmanned aerial vehicules. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXVIII-1/C22*.

Wen, M.-C., & Kang, S.-C. (2014). Augmented Reality and Unmanned Aerial Vehicule Assist in Construction Management. *Computing in civil and building engineering*.

Westfall, R. B. (1970). Interviewer Bias Once More Revisited. *Journal of Marketing Research*, 249-253.

Yu, X., & Zhang, Y. (2015). Sense and avoid technologies with applications to unmanned aircraft systems: Review and prospects. *Progress in Aerospace Sciences, Volume 74*, 152-166.

Zadora, K., Christiaens, T., & Verhulst, D. (2021, Januari 19). *Nieuwe wetgeving drones: overzicht van nieuwe regels & verhouding tot het recht op privacy*. Opgehaald van MonardLaw: https://www.monardlaw.be/de/home/-/asset_publisher/3DwqCLLTN4YX/content/nieuwe-wetgeving-drones-overzicht-van-nieuwe-regels-verhouding-tot-het-recht-op-privacy/maximized

Zhu, K., & Kraemer, K. L. (2003). Electronic business adoption by european firms: A crosscountry assessment of the facilitators and inhibitors. *European Journal of Information Systems, 12(4)*, 251-268.

Zhu, K., & Kraemer, K. L. (2005). Post-adoption variations in usage and value of e-business by organizations: Cross-country evidence from the retail industry. *Information Systems Research, 16(1)*, 61-84.

Zhu, K., Kraemer, K. L., & Xu, S. (2006). The process of innovation assimilation by firms in different countries: A technology diffusion perspective on e-business. *Management Science, 52(10)*, 1557-1576.