

Assessing the perception of drones in the construction industry

BACHELOR THESIS

UNIVERSITEIT TWENTE.

S.L. (Simon) Janssen, s1009877
UNIVERSITY OF TWENTE.
DECEMBER 7, 2015

Author

S.L. (Simon) Janssen

E-mail: s.l.janssen-1@student.utwente.nl

Phone: +31 (0)6 301 65 117

Postal address: Mina Krusemanstraat 33
7513 HA Enschede

Educational institution

University of Twente.

Faculty

Constructional Technical Science, Construction Management & Engineering

Supervisor

dr. ir. A.G. (Bram) Entrop

E-mail: a.g.entrop@utwente.nl

Phone: +31 (0)53 489 6860

Postal address: Universiteit Twente
CTW (Horsttoren)
Postbus 217
7500 AE Enschede

Preface

In front of you lies my report of the research conducted about the acceptance of drones in the construction industry. The report was written as my thesis for the Bachelor Civil Engineering as an internal assignment to the Department of Construction Management & Engineering of the University of Twente.

Sustainable building has always been a discipline I have been interested in. When I heard about plans to introduce drones in the construction industry I was immediately interested. The concept is very new to the construction industry and the process of implementation is in its early stages. This research will give insight in the willingness of the construction industry to implement drones such that an implementation plan could be made for drone technology. The research functions as a base that will hopefully support the implementation of drones in the construction industry as part of the 3TU Lighthouse Research Project "Throw in the i-Drone".

For making it possible for me to finish this research and report I would like to thank some people. First I would like to thank my parents and girlfriend, who always supported me, kept encouraging me and never stopped believing in my potential. Then, I would especially like to thank my supervisor dr. ir. Bram Entrop for all the support and feedback during the research. He also has my great appreciation being the encouraging mind behind the bigger "Throw in the i-Drone" research project.

Simon Janssen

Enschede

December 2015

Summary

This research is done as an internal research project at the department of Construction Management & Engineering of the University of Twente and has drones in the construction industry as its subject.

Drones can be used for several applications, but they have not been implemented in the construction industry while they might improve the construction process on several levels.

Unmanned Aerial Vehicles, better known as 'drones' are aircrafts that can be remotely controlled or even fly autonomously. The drones that this research discusses are multi-copter drones that can fly and hover in the air with the help of multiple rotor blades. Drones are often equipped with camera's making them ideal for visual inspections. The research conducted will serve as the base of another research that will try to make the construction industry enthusiast to implement drones in that industry.

The goal of this research is to provide more insight in what is necessary to encourage the construction industry to implement drones. This will be achieved by answering the main research question: "What is the perception of the application of drones in the construction industry?".

In order to answer this question it was first researched what drones could do in the construction industry. This is mostly with the use of cameras. One of these applications of drones could be conducting visual inspections of objects at height while the operator is safe on the ground. This is not only safer, it is also a lot faster than sending an inspector to a roof. The potential users of the research were found to be contractors, local governments and consultancy agencies.

After the literature study a survey and interviews were put together. The questions asked in the survey were based on the outcome of the literature study. The survey was spread under the potential users found earlier in the research. In order to get good insight in what the potential users of drones expect drones to do there were also three interviews conducted.

These interviews gave a great in depth view to the expectations the potential users have of drones. The results of the survey and interviews were processed and the data analysed by comparing the results. After this, conclusions were drawn and recommendations for further research were made.

Table of contents

Preface.....	2
Summary	3
1. Introduction.....	6
1.1. Drones in the news.....	6
1.2. Motivation for the research	6
1.3. Scope of the research.....	6
1.4. Reading guide	7
2. Research setup	8
2.1. Problem definition.....	8
2.2. Goals of the research	8
2.3. Research questions & research method	9
3. Drones and their applications	10
3.1. Drones	10
3.2. Applications of drones available now	11
3.3. Applications of drones available in the near future	13
3.4. Preliminary conclusions.....	14
4. Drones and their users	15
4.1. The potential users of drones.....	15
4.2. Advantages/disadvantages for the potential users of drones	16
4.3. Preliminary conclusions.....	18
5. Empirical data perceptions drone usage.....	19
5.1. Developing a survey	19
5.2. Data collected by the survey	20
5.3. Developing interviews	21
5.4. Data collected by the interviews.....	21
6. Expectations of drones	24
6.1. The expected applications of drones	24
6.2. Expected advantages/disadvantages of drones.....	25
6.3. Valuation of drones	26
6.4. Preliminary conclusions.....	27
7. Analysis.....	28
7.1. Applications of drones.....	28
7.2. Advantages/disadvantages	29
8. Discussion	31
9. Conclusions and recommendations	32

9.1. Conclusions.....	32
9.2. Recommendations.....	33
References.....	35
Appendix A: Survey – Innovation in the construction industry.....	37
Appendix B: Meeting & interview company K & company L	42
Appendix C: Interview company M	46
Appendix D: Interview Company N	54

1. Introduction

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) or better known as ‘drones’ are aerial modules that are operated by a manned remote or by a predetermined flightpath. Since the invention of the drone it had been utilised and developed mainly by militaries. But nowadays drones in the form of multi-copters are more accessible to general people and therefore can be used by companies in a very wide array of tasks. More detailed information about what a drone is can be found in section 3.1.

This chapter will include some occasion drones were in the news, the motivation that lead to this research, the scope of the research and a reading guide for the report.

1.1. Drones in the news

Nowadays drones are also very often the subject of news headlines. For example the TU Delft has developed an ‘Ambulance-drone’ that sends a drone equipped with a defibrillator to a victim of cardiac arrest (TU Delft, 2014). But drones are also used in other disaster scenario’s. A drone has also been used by the Dutch government to investigate the cause of an incident of a fallen construction crane in the middle of a residential area in Alphen aan den Rijn in the beginning of this month (Algemeen Dagblad, 2015). During the SAR Katwijk a drone has been used for demonstrational purposes to show the public that drones can be used for Search And Rescue missions above sea to find castaways (Demonstratie inzet drone bij het opsporen van drenkelingen tijdens SAR Katwijk, 2015).

1.2. Motivation for the research

In order to implement drones in the construction industry there needs to be support for the concept. Because the concept of utilising drones in construction industry an implementation plan is needed. In order to get to that implementation plan there is a need for information about the concept and the perception and knowledge the construction industry has regarding drones. To gather that data and gain insight in the current perception of the usage of drones and knowledge about drones in the construction industry, this research was conducted.

1.3. Scope of the research

As stated above the study will be about gathering insight in the opinions of companies in the construction industry regarding the utilization of drones in the construction industry. Writing a plan about how drones should be implemented is not included in this study, recommendations about the core elements such plan should contain is. Further because of the enormous amount of company types and possible users of drones in the construction industry not all will be included. The most important and likely users will have to be found in advance and the unlikely users will not be part of the next steps in this study.

A downside, and possible but unlikely threat to the implementation of the technology, is that drones are still illegal in most parts of The Netherlands. In urban areas drones are not allowed and in about half of Noord- and Zuid-Holland because of the two airports that are situated there (NOS, 2014). But since October 1st 2014 regulations are made easier for drones under 4kg, flying in urban areas however is still restricted. Since we cannot change regulations made by the government regulations are mentioned but it are on the edge of the research scope being mentioned as a disadvantage but not something that immediately wipes the whole concept off the table.

1.4. Reading guide

This research report will start in chapter 2 with the explanation of the setup of the report. This will include the problem definition and goals that form the base of the research. The research method is given here as well. With this the framework for the report is formed which gives the outline for the rest of the report.

Chapter 3 will give an overview of what a drone is and what the most important parts of a drone are. This makes the report understandable for the readers that do not know anything about drones. After this chapter 3 gives the applications that drones can be used for, divided in the applications that are currently available and applications that will be available in the future.

Chapter 4 will give insight in the potential users for drones, these users are selected from a list of stakeholders involved in a construction project. The advantages and disadvantages of drones for these potential users will also be assessed in this chapter.

In order to gather empirical data a survey and interviews were conducted. Chapter 5 gives how these methods were put together and what their results were. After this chapter 6 will give the expectations the potential users found in chapter 4 have for drones. This is done by giving the possible applications and stating what their advantages and disadvantages were according to the results given in chapter 5.

A comparison of the results found by chapters 3 and 4, and the results of the empirical data given in chapter 6 will be made as the analyses of the data collected. This will be chapter 7.

Chapter 8 will contain the discussion regarding the research, this includes the findings the researcher found during the research and what went right and wrong with the research. It also includes what the researcher thought of drones before the research and whether this was changed due to the research.

The last chapter of the research will be the conclusions drawn from the research. Recommendations for further research will also be given here.

2. Research setup

The idea of using drone technology in the construction industry is perceived as new and therefore deserved to be titled an 'innovation' (Rogers, 1983). But for such an innovative concept to be actually implemented in such a complex industry with an enormous amount of company types one has to know whether the market is ready for it and in what form the concept could best be launched in the field.

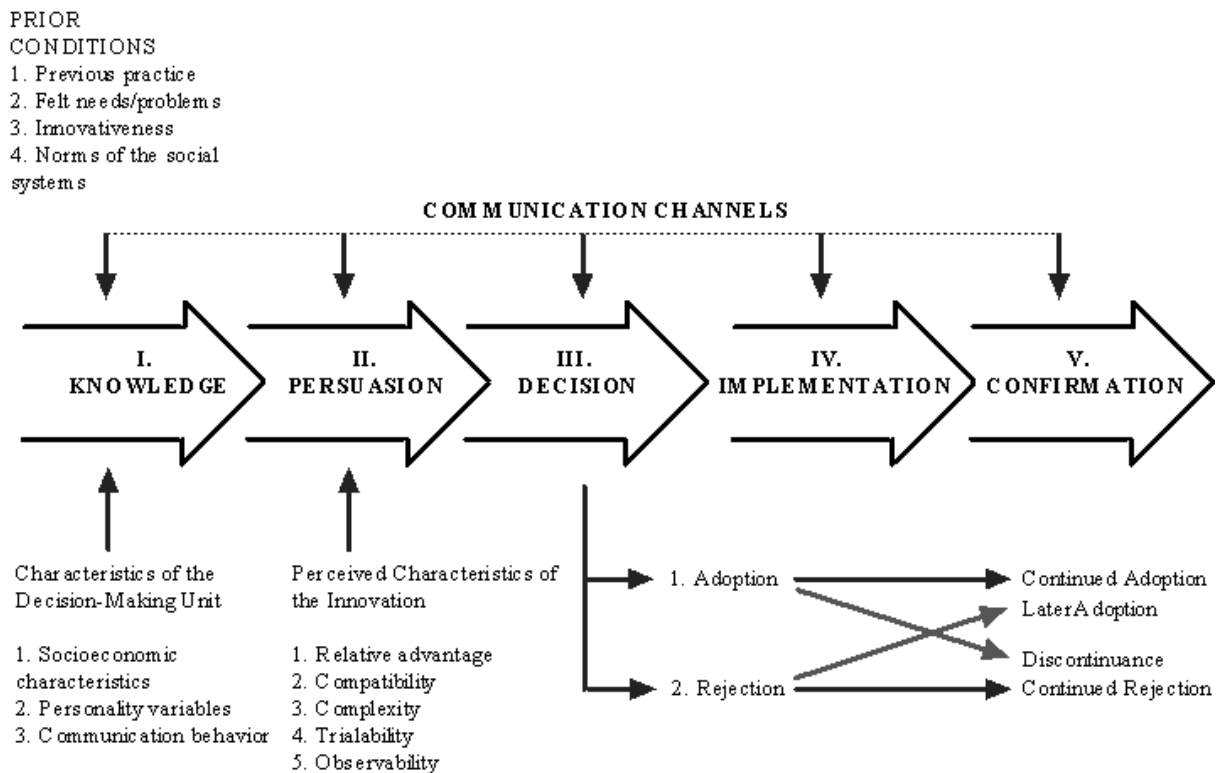


Figure 1: A model of stages in the innovation-decision process. (Rogers, 1983)

2.1. Problem definition

Rogers (1983) gives that the stages an innovation has to go through are as in Figure 1. So to get actually implemented in the industry, knowledge has to be gathered in order to persuade the users they should decide to implement the drones in their business. This means that, in order to implement drone technology in the construction industry, the innovation has to go through these stages. At the moment of the research drones have not been used in the construction industry. Information about what drones could do for the construction industry, the stakeholders involved and what these stakeholders want in order to be persuaded to decide to implement drones in the industry, is not available yet. So in order encourage the construction industry to implement drones this information needs to be gathered.

2.2. Goals of the research

This research was done to **provide more insight in what is necessary to encourage the construction industry to implement drones**. Therefore this research examines the possible usages of drones in the construction industry, who the possible users of drones would be and what potential users expect of the drone. With this knowledge, this research will give information of important points that need attention to make the implementation of drones in the construction industry possible.

2.3. Research questions & research method

In this section the study questions, and the method that will be used to answer them will be explained. It gives the framework for the research that will be followed in order to achieve the set goal: provide more insight in what is necessary to encourage the construction industry to implement drones.

The main question to be answered is as following:

What is the perception of the applications of drones in the construction industry?

This question is interesting to science because when answered it gives us the possibility to adapt the drone technology to a level that drones will be accepted and in the near future drones will be implemented in the construction industry.

When this question will be answered one could form a plan to make the likely users of drone technology enthusiast and make sure they will be persuaded to make the decision to implement drones in their business. Therefore, the attributes given by Rogers (1983) for the persuasion stage will be used throughout the research.

To get a clear answer to the research question sub questions will help structuring the research and keep a clear overview.

These sub questions are:

1. *For what purposes can drones be used?*
2. *Who are the potential users of drones?*
3. *What would the users of drone technology expect from this technology?*

Questions 1 and 2 will be answered with a literature study, the results will be compared to the results of the survey and interviews. Question 3 will be answered with the help of a survey and interviews.

1. For what purposes can drones be used?

As mentioned drones gain in popularity due to their vast amount of possible utilities. In order to answer this question a proper description of a drone is given. After this the applications drones could have in the construction industry is split in two sections. Applications available now, and application that will be available in the future. The methodology to get to an answer to this question is through a literature study.

2. Who would be the potential users of drones?

To find the potential users for the applications that are found list of stakeholders involved in construction project given in 'Managing Construction Projects' by Winch (2010). A selection of these that could be interested in drones are picked from this list. These stakeholders are the potential users of drones and will be described. Then the advantages/disadvantages of drones for these potential users are given.

3. What would the users of drone technology expect from this technology?

In order to find an answer to this question the potential users found with question 2 need to be asked about what was found as applications for drones by question 1 and ask the potential users about their opinions regarding drones. This will be done using a combination of a survey set out under companies that fit the description of a potential user and conduct interviews at some of these companies.

3. Drones and their applications

Drones gain in popularity due to their vast amount of possible utilities and increased availability to the general people. In this section a proper description of a drone is given such that it is known what is actually talked about in this report. Then the applications drones could have for the construction industry are given. This will be split in the applications that are available now and applications that could become available in the future. The information gathered here will eventually be used to draw preliminary conclusions that can be used to answer sub question 1.

3.1. Drones

The drones covered in this research are multicopter drones. This means the drone has four or more rotor blades that give it the ability to fly and hover (like a helicopter) in mid-air making it the ideal platform for shooting aerial imagery. This is what drones are being used for most often, shooting aerial imagery. Nowadays drones get cheaper and consumers can buy a higher end quality drone like the DJI Phantom 3, shown on the right in Figure 2, for about €1,399 (DJI, 2015) depending on the version bought. The most high end version of this drone looks the same as the others but has a better camera. This is the drone shown in Figure 3 as an example in order to indicate the most important parts a drone exists of and what these components functions are.

Such a drone is equipped with an integrated high definition camera mounted on a three dimensional gimbal which stabilises the camera to get better imagery results. These drones deliver great quality images and movies for a reasonable price if one would be a hobby enthusiast. The drone can even fly autonomously using a pre-determined flight plan. The images recorded can be shown on a mobile device such as a smartphone or tablet.



Figure 2: An example of a professional drone (left) and a consumer drone (right). (Voldsgaard, 2015 & Locardi, 2015)

A professional drone such as the HT-8 by Height Tech, shown on the left side of Figure 2, will use about the same type of parts, but these drones are custom made to the wishes of the customer and are built to be used a lot more than the DJI drone. They often offer more options and exceed the consumer drones in about every aspect. They can fly higher, faster, with heavier loads, more precision and in worse weather compared to consumer drones. The gimbal is one of the most important parts for enabling smooth capturing of imagery. Diaz (2015, p.39) calls it “the weakest link in the system”. The drone can be as professional and high end as someone wishes, but without a good quality gimbal the imagery will not be as smooth as wanted.

This type of drone however requires special paperwork because it is heavier than 4kg (NOS, 2014), it also requires a theoretical and practical exam.

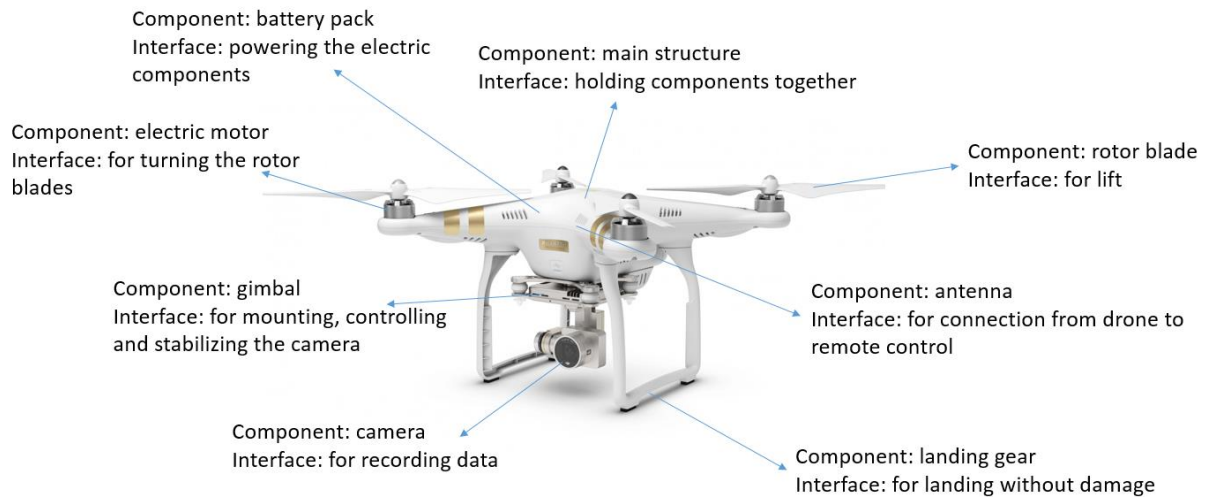


Figure 3: Example drone with the parts explained

A comparison of the DJI Phantom 3 'Professional' as a high end consumer drone and the professional HT-8 by Height Tech is made in Table 1.

Table 1: Drone comparison (DJI, 2015 & Height Tech, 2015)

<i>Specifications</i>	<i>High-end consumer drone</i>	<i>Professional drone</i>
<i>Videocamera</i>	4K	Any DSLR of choice
<i>Photo's</i>	12 MP	Free of choice
<i>Compatible with IR sensor</i>	no	yes
<i>Weight</i>	1,280 g	Max. 5,000 g
<i>Max speed</i>	16 m/s	19 m/s
<i>Max payload</i>	Data not available	2,050 g
<i>Max windage</i>	20 m/s	55 km/u (7bft)
<i>Price</i>	€1,399	€29,161 (excl. camara)
<i>Flight time</i>	23 minutes	12 minutes

3.2. Applications of drones available now

An application of drones according to Floreano and Wood (2015) is to use a drone to inspect structures for cracks and leaks. Drones equipped with regular cameras make it possible to visually observe places that are hard to reach for a person. One could think of rooftops or other elevated surfaces. These observations can be done by a person, but this means a high risk and therefore an often costly operation needs to be set up. In The Netherlands the Euronorm for working at altitude is used. This says a worker needs to be secured above a height of 2.5 meters (EU richtlijn werken op hoogte, 2015). Inspection with a camera drone can be done from the ground, which could lower the costs and danger of an inspection at high altitude.

Other applications that have been used before, but without the help of a drone is thermography. Thermography uses infrared cameras to measure temperatures, so this method is without contact with the surface (Ibarra-Castanedo, Tarpani & Maldague, 2013). For example, the United States Forest

Service are trying to apply drones with infrared equipment to monitor wildfires and smouldering hot spots (Freeman and Freeland, 2014).

Thermography makes it possible for an audit of an existing building (Balaras & Argiriou, 2002). With infrared cameras one can detect areas that are or could become a problem for the building integrity before they become serious problems that are costly to repair. Thermography makes it possible to inspect electromechanical installations for flaws. Wet spots in a wall or roof can also be detected using thermal images. This is useful for someone who is selling or buying a building, or for example in a renovation project. Take a house as an example. When a property developer is buying a building in order to revise it and sell it with a profit, leaking plumbing that needs to be repaired can seriously harm his revenue of the project. A building integrity report is often required before one buys a building. Those thermal readings are done primarily inside the building. Evidently it is more appropriate to do this type of indoor inspection with a handheld thermal camera instead of a drone for residential buildings or offices. But a drone could be useful when properly inspecting large factory halls where walls and roofs are out of reach of the handheld cameras without additional equipment. Drones are becoming more and more controllable such that they can be flown indoors with the proper training and experience with the drone.

Measuring weak spots (moisture) in concrete structures is another possibility with thermal images retrieved from an IR-drone. This could mean flying over a hardened or hardening concrete foundation in order to scan the concrete for heat or cold spots that could indicate moisture leaks from cracks in the foundation as a result of leaks in the plumbing. Figure 4 shows a thermograph from a floor where one could clearly see the plumbing underneath the surface which would be invisible to the naked eye. Malfunctioning electrical circuits also produce heat that can be detected with the IR-drone. These malfunctions are often the cause of fires in buildings so finding them could be lifesaving.

What could also be done with thermography is the inspection of photovoltaic panels (Pilla, Galmiche & Maldague, 2002). These often called 'solar panels' are growing in popularity because they produce electricity without using fossil fuels. These solar panels are costly to buy but more and more often come with a subsidy because governments pay a lot of attention to environmental friendly energy sources. The photovoltaic panels pay back their value in about 10 years and after that period they often start making money for a household. This makes them an interesting investment for the common people and caused the growth in popularity.

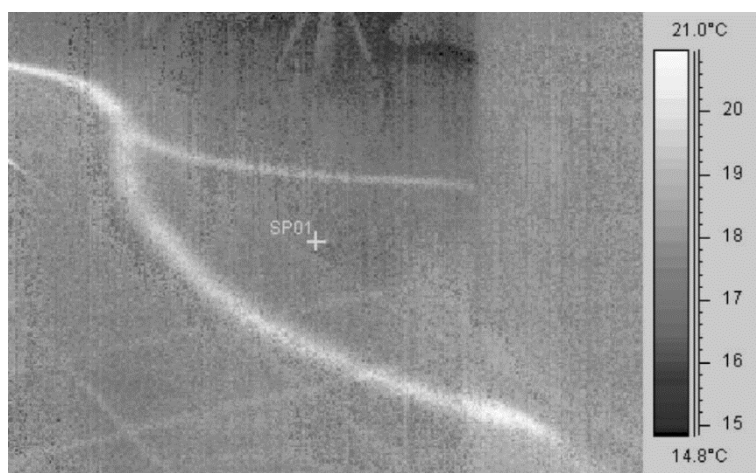


Figure 4: Thermograph of an underfloor hot water supply and return pipes from the manifolds to radiators. One can easily identify the exact position, trace the entire pip network and even identify water leaks. (Balaras & Argiriou, 2002)

Thermography can also be used to inspect the envelope of a building. This is one of the main applications of thermography. The building is often heated to the temperature that it will be when in use and temperature readings of the envelope of the structure are done. With this type of inspection heat losses can be detected. These heat losses indicate a flaw in the insulation of the building via air leakage or thermal bridges. For newer buildings which are meant to be properly insulated this often indicates an faulty placed element

of the building. A window could be wrongly installed or insulation is placed improperly causing it to sag. Scanning the building after finishing its construction with an IR-drone could make it possible to find these errors and fix them before the building is yielded to the client. This could prevent costly compensation claims afterwards.

Drones are already being used to gather data for polar research, volcano studies and wildlife biology. They become indispensable and revolutionary technology (Marris, 2013).

3.3. Applications of drones available in the near future

Drones equipped with regular cameras can be used to check whether the maximum amount of built surface is not exceeded. This would be based on the potential drones have “to collect detailed geospatial information in real time at relative low cost” (Fornace, Drakeley, William, Espino & Cox, 2014, p. 514).

Construction site management could be assisted by data gathered by drones. This could include tracing building materials’ locations on site. The visual system of a drone will be co-operating with classifier software that identifies the objects seen by the drone (Bieda, Jaskot, Jędrasiak & Nawrat, 2013). The data gathered by the drone will produce a so called ‘pointcloud’. Figure 5 shows how the information gathered could produce a 3D image of the scans made by the drone. Going forward on this technology of tracking of materials is alerting the contractor if materials are used in the wrong way or at the wrong position. Going even further with this would be a link to the construction plans and the therefrom following needed materials compared to the materials in stock which can notify the constructor new materials need to be ordered. This eliminates unnecessary waiting times because someone forgot to order new materials. These sort of technology is not available yet because the software processing the data collected by the drone is not yet available for real-time output which would be needed. This needs very complicated programming and testing before it could be used in the construction industry. Static scanning had already being used. For example sensing data on landslides in France (Niethammer, James, Rothmund, Travelletti & Joswig, 2012).

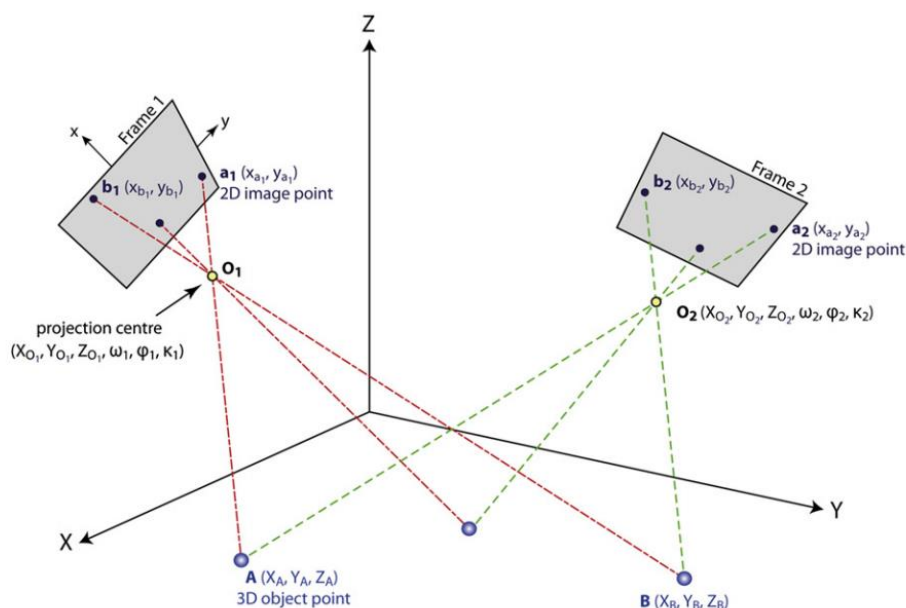


Figure 5: Mapping of 3D object points onto 2D points in two aerial frame images. (Verhoeven, Doneus, Briese, Vermeulen, 2012)

Google and Amazon have spent millions of dollars in the development of drones that can deliver small packages (West, 2015) so if this growth holds on it might also get possible for drones to transport materials or tools to the workers on site. As the researcher has seen and experienced many times with construction projects a lot of time is wasted because a worker forgot a tool and needed to recover it. Unfortunately equipment in the construction industry almost always is quite heavy so this application might take a while before it is possible.

3.4. Preliminary conclusions

Drones main application is forming a flying platform that can be mounted with a camera in order to get imagery of constructions taken from the air. It depends on the purpose of the drone will be used for whether a professional drone is necessary or not. Consumer drones deliver fine quality imagery, but often are hard to use with an infrared camera. In order to make a pointcloud using several images the quality of these pictures needs to be very high. This does not only depend on the camera but also on the stability of the drone. A big difference between consumer and customised professional drones is that the professional drones will deliver higher quality imagery because they are more stable and it is possible to mount a DSLR to the drone.

The applications drones can now be used for in the construction industry include:

- Easy inspection of hard to reach areas that used to be hard to reach or were costly to reach.
- Thermography
 - For energy certifications of constructions
 - To find flaws in the insulation in order to insulate efficiently
 - Check for weak spots in concrete during curing
 - Check photovoltaic panels for proper functioning

Applications that will be possible in the near future include:

- Check the amount of built surface
- Supporting in construction site management as an extra pair of eyes or identifying flaws and mapping progress
- 3D scanning of construction using imagery to get to a pointcloud 3D model
- Transportation of materials or tools

4. Drones and their users

The applications found in chapter 3 are or will be technologically available. But in order to be implemented it is important to know who would use a drone for the applications found. In the construction industry there are a lot of stakeholders involved. Some of these could be interested in drones, these are described in this chapter. Also the advantages/disadvantages of using a drone are explained using the attributes given by Rogers (1983).

4.1. The potential users of drones

In the sections above the applications of drones are mentioned. But there still need to be stakeholders who will be involved with the technology. These people need to be evaluated to find which would be most interested in the technology. The stakeholders involved in a construction process and therefore potential users of drone technology are of the following categories given by Winch (2011, p.75) in Table 1 which was retrieved from Entrop (2013, p.118).

Table 2: Involved stakeholders in construction projects (Entrop, 2013, p.118)

Internal stakeholders		External stakeholders	
<i>Demand side</i>	<i>Supply side</i>	<i>Private</i>	<i>Public</i>
Client	Architects	Local residents	Regulatory agencies
Financiers	Engineers	Local landowners	Local government
Client's employees	Principal contractors	Environmentalists	National government
Client's customers	Trade contractors	Conservationists	
Client's tenants	Material suppliers	Archaeologists	
Client's suppliers		Non-governmental organizations	

The most important ones are mentioned below:

Contractors

Contractors could very well use infrared equipped drones to monitor the heat footprint of a construction that is built. For a clear thermal emission of the building it needs to be heated to the temperature the building would have during its use. This is almost impossible during construction because in most phases of the raw construction the building is not closed yet. Roofs or windows are missing which make it impossible to get a usable thermal shot of the entities that would be monitored.

Besides infrared imagery, contractors could also use a drone with a regular camera for project management on site. The camera footage would mean the foreman is not required to keep walking the site such that he could inspect more of the process in less time and therefore will detect an error in the process way faster than with a manual inspection. Also some errors that occur are not monitored at all until it becomes a serious problem causing high repair costs and spilled time which in itself could raise costs with enormous amounts of money. When the drone footage had been analysed by specially written software is possible to identify the objects seen. When identified they could be linked to the construction plans and irregularities are immediately flagged as an error. This will be sent to the foreman who can tell his workers to repair the error as soon as possible to minimize the damage.

Going further on this technology would be that the software fed by the drone footage would identify the amount of materials in storage and automatically knowing if more materials should be ordered. Placing the order automatically or pushing forward a message to the person responsible for ordering materials. This eliminates the builders running out of materials causing a delay because someone forgot to order new construction materials.

Local government

A municipality could use drones to check construction sites and compare them to the licences given for the construction. This can also be done for constructions that are already finished. For example, when someone has built a shed in his backyard without permission, or exceeded the premised size of the shed the municipality could warn or fine this person.

Consultants (engineers)

Consultancy companies provide insight in often complicated situations that need an analysis from a specialised company. These consultancy companies will deliver the customer a report of their research of the object and their professional opinion regarding the further steps in the construction process. For example, a contractor is assigned with a revision project of a school but the contractor is not sure of the concrete integrity of the structure and is lacking the knowledge or resources for an inspection. In such case a consultancy company which do have these resources can be hired to provide some professional advice regarding the problem. This also spreads the risk of a project because in case of an accident the contractor could fall back to the report of the consultant.

Other types of stakeholders

Getting good quality images from every angle imaginable and delivering reports regarding building integrity for customers is also important to brokers (client) who are trying to sell a property or architects to check if the design he created is actually being build according to his wishes.

4.2. Advantages/disadvantages for the potential users of drones

Drone technology, like everything, comes with advantages and disadvantages. To get an overview of the advantages and disadvantages the attributes of Rogers (1983) are used. Which also gives insight to the information needed to persuade the potential users of drones.

Relative advantage

“Relative advantage is the degree to which an innovation is perceived as being better than the idea it supersedes.” (Rogers, 1983, p.213). This can be determined by economic or social advantages of drones in comparison to its alternatives.

The alternative to thermography with a drone is thermography using a handheld infrared camera. This has been used in the construction industry for a long time, this option of course is cheaper than mounting such a camera on an expensive drone. But when measurements at height need to be done the handheld temperature readings are getting more expensive because a scaffold or work platform needs to be facilitated. Also the inspector will need to work at height, which brings costs and dangers with it. In theory one would give the drone the advantage for the hard to reach places of a construction.

Conventional management of the construction site has worked for several years, the contractor could be assisted by his employees by sending him a picture of an error via whatsapp or an app alike. The alternative to the drone therefore could be other types of camera's where smartphones and tablets are expected to be the most important alternatives. But with the use of a drone, the contractor can fly to the location wanted and ask for real time

Instead of making a pointcloud with the help of high quality pictures with a drone it is also possible to scan a construction the object with a 3D laser scanner. This scanner also gives an export possibility to

CAD models (Valerio, Adan & Cerrada, 2012). These laser scanners however need to be on a steady platform and are not very mobile, so scanning will be time consuming.

What needs to be mentioned is that drones do not operate well (or at all) in bad weather conditions. The DJI drone from Table1 can be operated until a windage of 55 km/h and drones cannot be used in the rain. This means the alternatives have the advantage if the weather is bad.

Compatibility

“Compatibility is the degree to which an innovation is perceived as consistent with the existing values, past experiences, and needs of potential adopters.” (Rogers, 1983, p.223). The degree of the compatibility will be known at the end this research. In chapter 3 the possibilities of the technology are already given. In chapter 6 the needs of the potential users are given and in chapter 7 these two will be compared. This will give the degree of compatibility.

Complexity

Another attribute Rogers (1983) has given is the ‘complexity’. The more complex the technology is perceived, the less likely users will be able to use it. “Complexity is the degree to which an innovation is perceived as relatively difficult to understand and use.” (Rogers, 1983, p.230).

Drones are getting easier to fly, but in order to control a drone and get high quality camera recordings there need to be two persons operating the drone and camera in perfect cooperation. Especially when using a thermal camera under a drone it is important the camera operator knows what to look for. The drone can nowadays fly on its own, but needs a back-up operator in case GPS is lost.

Further drones bring legal complexity with them. Public opinion about drones vary from enthusiastic drone hobbyists to anti-drone protests because people think drones will have a great impact to their privacy and are afraid drones will do harm. A crashing drone indeed could make some impact.

Then there is the drone itself, which is quite a complicated system with a lot of complex parts cooperating in order to make it fully functional. Because professional drones are specialised equipment they are not readily available and the amount of suppliers is limited. The 5P’s model of Porter gives that due to the high complexity of the drone itself it puts these suppliers in a strong place in the market. Therefore they can ask larger margins of profit if wanted. A complexity of the drone therefore will be the price of the drone.

One of biggest limitation of drones at the moment is the short fly time. A drone of this moment will fly about 25 minutes on one battery charge, of course with multiple battery packs a drone could fly all day, but the battery has to be replaced every 25 minutes. Which of course is very inconvenient.

But battery development is also in great progress, largely because nearly every piece of equipment man uses all day rely on its battery. Think about smartphones, electric cars, laptops and smartphones. Better lightweight high-capacity batteries such as the ‘high performance Li-ion battery’ described by Kim et al. (2012) are getting available which would give drones much more flight time which would mean they can be used to scan larger objects for a longer time and the asset would become more valuable. This is because one does not lose the time needed to change a battery pack and can continuously keep scanning or monitoring the construction site. This opens the possibility to thoroughly scan an area which is particularly useful when checking large fields of photovoltaic panels or for government uses such as checking for illegal structures.

Trialability

“Trialability is the degree to which an innovation may be experimented with on a limited basis.” (Rogers, 1983, p.231). As mentioned in Table 1, a high-end consumer drone costs about €1,400 and a professional drone €23,161. The mentioned price of the professional drone was without a camera or autonomous flight unit. It should be mentioned the consumer drone is ready to fly out of the box and the professional drone needs special training to operate it properly. Therefore the trialability of the customer drone scores high and because of the special training and the high cost the trialability of the professional drone is low. As mentioned in chapter 3 there are a lot of applications for drones, some of these applications require more advanced drones with different sensors. Because of this the prices are varying a lot as well as the required trainings (Height Tech, 2015). Therefore, the degree of trialability depends on the application.

Observability

“Observability is the degree to which the results of an innovation are visible to others.” (Rogers, 1983, p.232). The degree of observability for drones in the construction industry is unknown because it has not been used yet. But from other industries it can be concluded that the results of using a drone gives a lot of advantages compared to their older methods (Marris, 2013 & Fornace *et al.*, 2014).

4.3. Preliminary conclusions

Out of the stakeholders mentioned by Winch (2010) the ones that are likely to be potential users of a drone were selected to be: the contractor, consultancy agencies or local government. Each with their own applications for the drone.

Advantages for the potential users are that, compared to the alternatives of drones, the hard to reach areas (mainly at height, e.g. rooftops) are easy to see with the help of a drone. It also makes it possible to save money and time compared to the alternatives, this is partly because it saves on the expenses for safety measures. Using drone gives a lot of advantages in other areas so therefore it is expected that the observability will be high too for the construction industry. Sadly it is not possible to give the advantages on the attributes compatibility and trialability.

The disadvantages are the large varying prices which are largely depend of the application of the drone. Another disadvantage is that the most drones are not usable under bad weather conditions. Drones have a high complexity which brings some disadvantages with like legal issues and short flight times because of the limited capacity of the batteries.

5. Empirical data perceptions drone usage

Due to the nature of drones in the construction industry being very new and innovative, a research towards change is best to be done. Such research is aimed at implementing improvements. This includes monitoring possible problems that can withhold the implementation of the innovation (Verschuren & Doorewaard, 2007). The best strategy to get good insight in the situation as it is would be by using the research strategy of an interview. But interviews take a lot of time to process, so in order to save the researcher some time it was chosen develop a survey and combine the survey with a small amount of interviews.

5.1. Developing a survey

The survey will be in Dutch because this the native language of both parties. The list of questions is based on what is found in literature. The questions to be asked will be in the form of closed questions which have pre-formulated answers, this makes the results easier to process and analyse. Often the option of 'Other, namely' will be given, this gives the respondent the opportunity to give an answer the researcher might not have thought about yet of about what the respondent would want from imagery.

The goals of the survey will be to get insight in how often imagery is made, with what devices it is made, what the subject being photographed/filmed is, to see which devices are most preferable, when the imagery is made and eventually whether people are familiar with drones and if they are willing to adopt drones in their business. This will eventually give insight in how far the industry is ready for drones and will help to answer the research questions and/or test the answers found in literature.

After some iterations about the questions that needed to be in the survey in consultation with the supervisor the final survey was put together on paper and translated to a digital format with the help of Thesistools.com. This format is easy in use and makes good quality surveys that can be spread through an internet link. The printable version of the survey can be found in Appendix A. The chosen method of spreading was preferably by spreading it under the members of associations that represent companies in the construction industry. Only one of those associations was willing to post the link to the survey in their newsletter to the members. Another association was not willing to spread the survey under their members but had the contacts of these companies on their website. The researcher called these companies in the name of the university in order to spread the survey. Unfortunately the companies were unwilling to cooperate. They get requests too often to do this. An answer that is gives as well is to send an e-mail with the description and the link of the survey so the secretary could forward it to their PR section. As time goes by the researcher asked for the status of the spreading of the survey. No update could be given or the request to spread the survey was denied.

Another method of spreading the survey was by the LinkedIn of the supervisor. This fortunately lead to a better response rate. In consultation with the supervisor a combination of the survey with interviews at companies would be the method of getting the data wanted. The researcher later visited a meeting from the platform Pioneering about energy saving housing in order to spread the survey there. This is why the printable version of Appendix A is made. Unfortunately the meeting could not aid in spreading the survey.

5.2. Data collected by the survey

Eventually there were 18 respondents. Six of those respondents eventually turned out to be not usable at all, one of them seemed to be a hoax only filling in he was a swimming pool lifeguard working for the municipality. One filled in the first three questions and the other four only filled in what their function was and/or at what type of organisation they were working. One of the respondent eventually stopped halfway after question 8. This respondent it kept in the first 8 questions because those answers are still useable for the outcome of those questions. The answers given can be found through tables and diagrams in Appendix A.

When we look at the survey, we see most of the respondents are consultants or members of management teams of consultancy agencies or contractors. The respondents think they use imagery in most of their cases with the biggest category being between 61-80% of their total projects and the second most chosen category is the even higher one with 81-100% of usage of imagery in projects. We can also conclude that out of this group there was no one who thinks they will be using less imagery in the future, half thinks that they will increase the amount of imagery made and the other half says they will continue making the amount of imagery they were already doing.

If we look at the object that imagery is made of this is mostly the object as a whole, imperfections, progress of the project and the work in progress itself. Less popular subjects being photographed are electrical systems, piping- and plumbing systems. The most preferred method of shooting imagery turned out to be by smartphone (9 out of the 12 respondents), with the compact camera as a close second (7 out of 12 respondents), one of the respondents gave a drone as a way to make imagery. The smartphone also turned out to be the most useful device of making imagery with an average score of 8.8/10 for usefulness, this time followed by the DSLR with 7.9/10. When we look at the average mark the respondents gave the devices the drone actually was marked higher (9.0/10) than the smartphone, but this is due the fact that only one respondent gave the drone as an option.

The imagery is mostly used for internal communication and external promotion (both were filled in 8 times), inspections were also an important use of imagery (6 times filled in).

To the question about the shooting of thermal imagery almost all of the respondents answered they use thermal imagery for about 0-20% of their projects. During the finishing and usage of the project the most imagery is taken and the main reasons to make imagery is internal and external communication. Both method of communication were appointed 8 times versus the 6 times inspections were mentioned as usage for the imagery. Real-time imagery turned out to be fairly useful to neutral, so it is a nice bonus, but had no real added value according to the results of the survey.

Most people think they are familiar with drones, no one has not already heard of a drone, 9% has heard from a drone and the rest knows what drones are or have even flown with one. The respondents think that drones would be most useful to shoot imagery of rooftops and objects as whole. The respondents of the survey would use a drone to make imagery within the range of 0-40% of their projects (45% said 0-20% and another 45% said 21-40%). But when asked if a drone could be a problem in the construction industry 73% of them say drones could be a problem indeed for a variety of reasons (privacy, regulations, it is new for the industry). One person said drones in his opinion only have added value for the construction industry. One person came with the suggestion to use drones to scare away nesting birds another person gave the option of using Google Glass as form of imagery on construction sites.

5.3. Developing interviews

The interviews will take place in approximately 60 minutes and will include some general questions about the person and the company interviewed in order to get a fair comparison between the interviews. A longer interview is too hard to process and analyze for the time that is available. The interview will be composed of open questions and some questions where it is asked to choose from some options and explain his/her choice. The open questions give the person that is interviewed the chance to use his or her creative mind and outgiving to answer the question.

Interviews can be held in a variety of ways. Interviews can be face-to-face, via telephone, or nowadays even with the help of software like Skype. The preferred way of conducting an interview is face-to-face by visiting the company being interviewed. This gives the most pure and unfiltered results as body language can also tell a lot and the more personal approach of a face-to-face interview will probably be more attractive to the respondent. The companies that will be interviewed are mostly within short range of the city of Enschede. This is done to save time for the researcher, also the number of interviews is limited to three. Interviews will be recorded so they can be transcribed to a text format, but the researcher will also take notes. This will be done by hand or if possible with specialised transcription software. The interviews will take about one hour and as mentioned will be conducted in Dutch because both parties will probably speak Dutch more fluently and answers will be more accurate. The questions asked in the interview will be mostly based on the survey questions above, but since it is an interview the respondent will be asked to give as many answers he could think of by himself and is given the opportunity to give his thoughts about the questions asked. Something which is not possible with just an online survey.

5.4. Data collected by the interviews

Here the results of the interviews will be presented. The full results can be found in Appendices B, C and D. The results of the interview with company K and L are combined because they were retrieved from a meeting of both companies followed by an interview to company L.

Company K & company L

The meeting with company L, a company that was planning to use a drone within their work environment, and drone builder company K gave a lot of insight about the regulations regarding drones. Unfortunately the surroundings were too noisy to make recordings, so the researcher made extra notes and processed the conversations partly from memory. The proceedings of the meeting and combined interview can be found in Appendix B.

Company L is interested in using a drone to measure the rooftops of barns in the agriculture industry. These measurements are now done by hand and need to be done twice. The first time will be a rough measurement in order to get a price indication to the customer, if the customer agrees a second, accurate, measurement will be done. This cost time and company L believes a drone could do this work much faster for them with the added bonus of working safer from the ground instead of on the roof.

Company K can offer the total package of the drone including the software that can be used to make the measurements or make an export to CAD to make the measurements in CAD if wanted. The drone flies autonomous with the help of a programmed flight path which uses Google Maps.

Respondent A of company K also made clear operating a drone needs special training and a lot of paperwork needs to be arranged before it is allowed to fly the drone in The Netherlands. Implementing an infrared camera to the drone is also possible, but company L was not interested in this technology.

It also was mentioned that obstacles do not form a problem for the scanning of the roof because the technology uses a pointcloud of about 25 high quality images made by the drone and DSLR. Flight time of a drone from company K is guaranteed to 12 minutes, but since the drone will be done taking the images in about 5 minutes this faces no problem and if company L wants to use the system for 6 projects a day they could purchase extra batteries in order to keep going all day.

Company L further makes use of images made by smartphones and other camera's. Google Maps is often being used to orient the environment of a possible project. They want to improve their working speed and accuracy in order to save costs, be innovative and gain positive publicity. They do not use thermal imagery yet.

Company M

The full proceedings of the interview with respondent D, the director of two departments of company M in the Twente region can be found in Appendix C. Company M is a constructor and a developer. They do projects all the way from the initiative phase till maintenance. An important usage of imagery for them is communication (marketing) to their customer, but also for internal communication. For every project they use imagery, often professional photographs are hired to make these pictures. What could be seen is the rise of the importance of imagery over the last years. "16 years ago we had Polaroids on site in order to get a fast picture" said respondent D, director of two departments in the east of The Netherlands of company M. "Nowadays digital pictures are stored in a 'Cloud' and images are of high professional quality". Videos are often made and spread via social media like YouTube, LinkedIn, Twitter or Facebook.

Imagery on the construction site is most often made from work in progress in order to guarantee the quality company M delivered. They also use special software application that store imagery so it is possible to check how something is done on a later moment in time. The pictures on site are more including people in them in order to make them more attractive for marketing purposes. Google Earth and Streetview are mentioned as imagery that is also used a lot.

Every device for making imagery is being used by company M, from smartphones to webcams. The webcams monitor the progress of the project and offer a semi real-time image of the site. Recordings are delayed 30 minutes in order to prevent spreading if an accident happens. Company M also uses sensor triggered cameras to secure the site against thievery. Also infrared imagery is made in about 60% of their projects, in Germany respondent D thinks this rate is about 90%. The infrared imagery is being used in order to get the evidence for BREEAM like certificates. Company M owns an infrared camera, but usually hires an external specialised company to make the reports.

Company M has used drones just to make video footage for marketing purposes, but respondent D knows about the possibilities for measuring that drones can offer. Respondent D believes drones could be used for a lot of applications, namely inspections of rooftops from a safe position. But he thinks drones could also do some work in the future, he has mentioned moving bricks as an example in order to save time the workers could use to actually build the building instead of getting tools or materials. Respondent D further believes drones could project measurements and construction drawings to the site in order to prevent misplacement of elements.

Company M would probably not buy a drone in the future to get imagery, but would rather hire an external company to do this for them. Respondent D had his doubt about the regulations needed for flying a drone and thinks the drone might cause a distraction. Further respondent D states "if someone is not convinced a new technology will work for him he is not probable to use the technology a lot".

He is not interested in what the drone is supposed to cost, but more in what it will make for company M and that is hard to say.

Company N

The full proceedings of the interview with respondent E, the vice-CEO of the northern and eastern parts of The Netherlands for company N can be found in Appendix D. Company N is a construction company and developer that realises projects for utility construction, housing and also does renovation and maintenance projects. They use imagery mainly for communicative purposes. This means communications to the customer (marketing) and internal communication in order to guard the quality company N delivers. The current form of imagery was not used 10 year ago, then it was a bundle of white drawings from an architect and now we use 3D and BIM models to visualise projects. Company N uses imagery in every project they do. On the constructions site respondent E believes imagery is just at the beginning. Nowadays the executers of company N all are given iPads with an app (EdControls) for quality surveillance. The worker makes a photo of it, describes what is wrong and sends it to the person who can fix it. That person accepts the work, fixes the problem and hits the button that says he is done. The work is al recorded in the logbook. This method is used by all the bigger construction companies according to respondent E. Company N uses infrared imagery for blowdoortests in order to test if their construction complies with the demands given. These demands are often that the construction needs to have the BREEAM certificate. Company N hires external companies to do this for them. Video footage is also used to distribute on YouTube or other social media for marketing purposes. Occasionally company N uses webcams at construction sites for monitoring the progress of the project. Sensor triggered cameras to secure the site from thievery is also used. 3D have also been used by company N in order to make visualisation and respondent E told company N is starting to test virtual reality glasses with 3D imagery to let someone walk in a room of a conceptual building in the beginning of the construction progress. According to respondent E in the near future we will ideally see that new technologies like interactive pairs of glasses for every person on site that gives real-time to the worker what he needs to do and where he needs to do that.

Most imagery in the form of pictures is shot during construction in order to monitor the progress of the project and to guard for the quality delivered. Real-time images from for example webcams are seen as an extra bonus but not for great added value.

Company N had worked with drones in order to shoot aerial footage for marketing purposes. A colleague of respondent E owns a drone. Respondent E imagines that a drone could be of added value to an executer as an extra pair of eyes. The executer can monitor the other side of the site without having to constantly walk in circles. He also believes that about 50% of the work on site is actually of added value according to the Lean principles. The rest of the time is wasted with getting tools and materials. If a drone could bring the worker his tools or materials this would improve efficiency. He also thinks inspecting a high construction would be doable with the help of a drone as a replacement for scaffolds. Or other hard to reach areas like crawl spaces if the drone would be very small and able to fly indoors. He also thinks drones should be able to fly autonomously via a predetermined route. Respondent E thinks another use for drones would be for the infrastructure industry. The often need level heights or need to know how much sand there is in the heap of sand. That could be determined with the help of a drone (quad or fixed wing). The doubt respondent E has with drones lie with the regulations around drones and the fear people have for their privacy and the distraction a drone would create excludes its use around working times. Company N would also need 2 fte's in order to operate the drone, so that would cost them around €120.000 a year. Hiring a specialised company therefore would be more preferable, but company N could use a drone for about 5-10 weeks an year estimates respondent E.

6. Expectations of drones

The survey and interviews provide empirical data that indicate the expectations the respondents have of drones. This will be divided in the expected applications, expected advantages/disadvantages and the valuation the respondents would give to drones.

6.1. The expected applications of drones

The expected applications drones can be used for, found by the empirical data will be divided in two parts. This is because the survey and interviews give a lot of information about the shooting and usage of imagery within the construction industry. Therefore the first part will discuss the applications imagery is used for, which can be obtained using a drone, but now often is captured with another camera device. The second part will be regarding the direct applications the respondents gave when specifically thinking of a drone.

When looking at how and when imagery is obtained and what it is used for in the construction industry it can be seen that imagery is most often shot during construction. It depends on the purpose of the imagery how it is shot. A lot of imagery is shot by the constructors with smartphones and tablets using special software which enables the constructors on site to upload photos of a phase or flaw and check it in as finished, or ask for the right person to fix the flaw that was found (respondents D and E). The imagery could also serve as evidence when problems with other stakeholders occur (respondents D and E, and mentioned as an answer to question 10 of the survey as well). There are also a lot of images taken when the building is finished, this is done with professional photographers and the images will be used for promotional purposes (this is the top answer to question 10 of the survey). Monitoring the progress of a construction project is also supported with imagery, so this could also be done using a drone. Thermography is not used a lot according to the respondents of the survey, one respondent answered that imagery is used for certifications. The interviews however give that thermography is used in almost all projects because customers ask to deliver constructions with energy certifications. This is done with the help of specialized external companies because the contractors lack the expertise of thermography (respondents D and E).

The survey and interviews agree that almost every project nowadays uses imagery, often for several reasons. The most important reason for shooting and using imagery of to use it as a method of communication within a company and to others as a method of marketing. Internal communication often is about guarding the quality the organisation delivers. Interviews and the survey also agree that shooting imagery has developed from scratch to a very important tool of which the industry cannot imagine doing without.

When specifically looking at what drones could mean for the construction industry it can be seen that the potential users expect drones to shoot imagery from places that are hard to reach during the whole construction process in order to conduct a visual inspection.

In the survey the respondents were asked to give a selection of objects they take imagery of. It was also asked which objects they think are possible to take imagery of with a drone (this can also be an object they currently do not take imagery of). The results of these question are given in Figure 6. As stated before the potential users especially want to use drones to take imagery of places that are hard to reach. Figure 6 supports this, for example two respondents gave they would take imagery of rooftops with current camera devices and six respondents said they would take imagery of a rooftop if a drone would also be available.

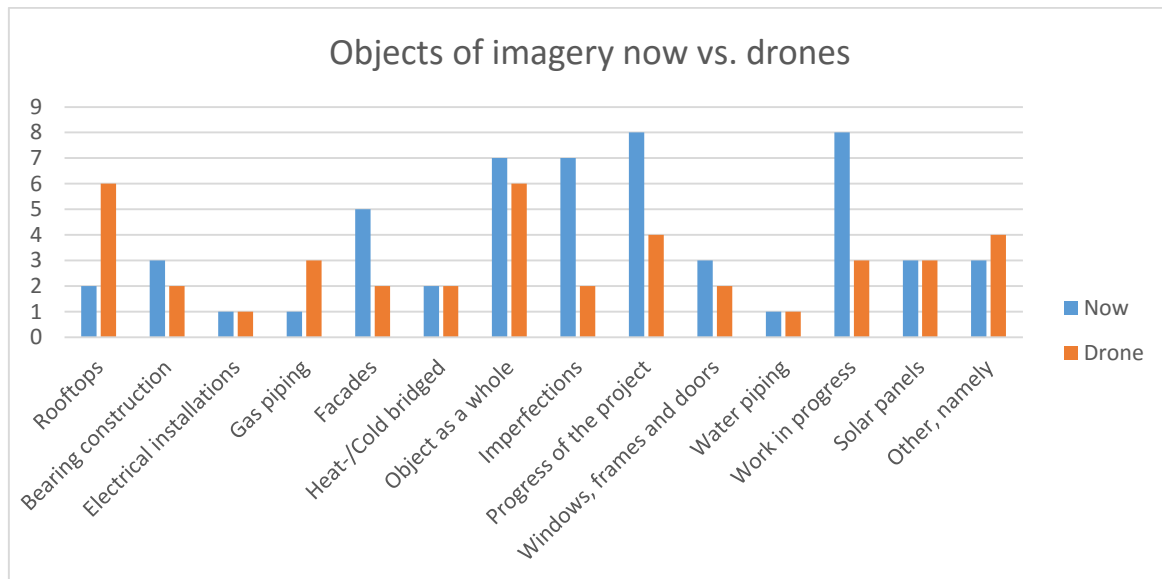


Figure 6: Objects of imagery now compared to with a drone

Respondents B and C from company L, an asbestos removal and rooftop renovator, expect a drone to scan a roof and export an exact 3D model where precise measuring can be done. The survey points out the potential users expect drones to be able to shoot imagery from rooftops and the objects as a whole. Respondent D also mentioned drones could be able to use a laser to project construction plans on site to indicate the locations of various entities. Thermal imagery shot with the help of drones was mentioned but was not as interesting to the respondents as monitoring the progress of the project or taking promotional imagery.

An alternative use of drones in a construction project is given by one respondent of the survey, mentioning drones could be used to scare off nesting birds from a construction site. This option was not found earlier but this could be useful to the industry.

6.2. Expected advantages/disadvantages of drones

The advantages and disadvantages according to the potential users are given in this section. The attributes of Rogers (1983) are applied again.

Relative advantage

Respondents B and C said they think using a drone would save them a lot of time in their work because the drone could be used to measure a roof in a short amount of time (this is confirmed by respondent A of company K, a professional drone producer). The drone takes 10 minutes to start up, the flight itself would take about 5 minutes. Including the creation of a flight plan and export to measurable 3D model, the whole project would take about an hour of time on location. Instead of someone who needs to go up the roof, estimating measurements and come back a second time for the exact measurements. Using a drone also gives safety advantages according to respondents B and C.

Drones also come with some disadvantages. In the survey the issue of violation of privacy was mentioned twice as a disadvantage. But also the fear of drones crashing and harming persons or materials was given by respondent E, this was also mentioned by one of the respondents of the survey. Further, regulations were mentioned three times in the survey and in all of the interviews to be a limiting factor to the usage of drones.

Compatibility

To assess the compatibility of drones it is necessary to know the existing values, past experience and needs of potential users. A disadvantage for the use of drones is the existing value regarding privacy, as mentioned above. Imagery in a construction project gained in popularity over the past 20 years from nearly nothing to polaroids to mobile devices such as smartphones and tablets (respondents D and E). Imagery captured using a drone would be the next step forwards. There is not a lot of experience with drones during construction projects, but companies M and N have used drones before in order to obtain promotional images and videos of projects. The imagery gives new angles that have good promotional values. The needs of the potential user depends on the application the user wants. The applications are described in section 6.1.

Complexity

Company K produces professional drones, they can deliver a special 'waypoint' package that enables the user to program a pre-determined flight path using Google maps so the drone will operate autonomously. This of course makes the drone quite easy to use. But flying the drone manually is always required as a backup, this takes some time to learn and theoretical and practical exams are required. In order to obtain good quality imagery with a drone there should be an operator for the drone itself and one for the camera. This was mentioned as a disadvantage by respondent E, two fte's.

Trialability

The interview of company L was combined with a meeting with company K (a drone producer) because company L wanted to assess the possibilities that a drone could offer for their work. Company L definitely wanted to try using a drone, but the information given by respondent A regarding the price and regulations were discouraging. The price of the drone was quite high for a trial. Further, the regulations regarding professional usage of drones are strict and costly as well. For company B the prohibition of drone in the urban environment was not a big problem. But as mentioned three times by the respondents of the survey and respondents D and E this definitely is a disadvantage for using drones. One of the respondents of the survey also pointed out that drones "are not common good in the construction industry yet" which discourages potential users to use drones.

Observability

Drones are quite a phenomenon. Because it is so innovative in the construction industry, respondents B and C from company L believe adopting a drone in their company will give them positive marketing value. A disadvantage of the visibility of a drone can be that workers get distracted by the drone flying around the construction site. This could have a negative effect on the efficiency of the workers, but it could also create unsafe situations as was stated by respondent D.

6.3. Valuation of drones

The fact that both the survey and one interview gives that they would use a drone to shoot imagery for somewhere around 20% of their projects indicates that drones have added value for the user. Given in the interview with respondent D is that the cost of drone technology does not matter too much, the added value is what counts. Not one of the respondents was able to get an indication to the amount of money they were willing to pay for a drone or drone inspection. The meeting with Company K and L made clear a drone capable of making measurements with the proper papers and training for the operators would cost about €44,000 which would be a lot of money if one would only take some pictures and shoot some promotional videos with it. But if operated for cost reducing activities to their

work, a cost reduction of €8,800 a year would make the drone break even. This seems to be an easy task given the time a drone could spare a company. Yet still it seems people are too afraid to take the step towards the usage of drones.

6.4. Preliminary conclusions

The expected applications found by the empirical data were divided between what the respondents use imagery for and what they thought a drone could do for them.

Information regarding imagery can be summed up as:

- Imagery is shot preferably with a smartphone (9/12 respondents of the survey);
- In cooperation with the smartphone contractors use tablets with special construction management software on them that use imagery as input (respondents D and E of the interviews);
- Imagery is used for quality control, project progress monitoring and promotional purposes;
- Infrared imagery is not often used according to respondent B and the survey (0-20% of the projects), respondents D and E did mention to use thermography in almost every project.

Application of drones the respondents gave:

- Inspection of hard to reach areas (all of the interviews and mentioned in the survey);
- Scanning to 3D export where measurements can be made (respondents A, B and C);
- Projecting drawings and measurements using a laser.

Drones or drone technology are hard to attach a price tag on. This was regarded unimportant to respondent D because he was more interested in what the drone could mean for him.

7. Analysis

In this chapter the results of the survey and interviews will be compared to the outcome of the literature study.

7.1. Applications of drones

From the literature it was found drones could be used for:

- Visual inspections in hard to reach places in order to save time, increase safety and reduce costs because of regulations for working at height (Euronorm, 2015);
- Thermographic imagery to detect construction integrity (Balaras & Argiriou, 2002);
- Insulation flaws (Balaras & Argiriou, 2002);
- Weak spots in concrete (Balaras & Argiriou, 2002);
- Flaws in electrical or mechanical installations (Balaras & Argiriou, 2002);
- Check photovoltaic cells (Pilla, Galmiche & Maldague, 2002);
- Check if maximum amount of built surface is not exceeded (Fornace, Drakeley, William, Espino & Cox, 2014);
- Identifying the location of materials on the construction site in real-time with the use of a special software layer (Bieda, Jaskot, Jędrasiak & Nawrat, 2013 & Niethammer, James, Rothmund, Travelletti & Joswig, 2012);
- Using a drone as a transportation device (West, 2015).

The empirical data gives the following expected applications for drones according to the potential users:

- Shooting imagery for marketing purposes (8/12 respondents of the survey and respondents D and E in the interviews);
- Infrared images for BREEAM certification (1 respondent in the survey and respondents D and E in the interviews);
- Inspection of rooftops (6/11 respondents in the survey and respondents A, B, C, D and E in the interviews);
- Monitoring the work in progress (3/11 respondents in the survey and respondents C and D in the interviews);
- Shooting images at hard to reach places and of the object as a whole (6/11 respondents of the survey and respondents C and D in the interviews);
- Making 3D models that include measurements (respondents A, B and C in the meeting and interview);
- Aiding the contractor to monitor the construction site (respondents D and E in the interviews);
- Projecting measurements and construction plans for the workers (respondent D in the interview);
- Transporting materials and tools to and from the worker (respondent D and E in the interviews);
- Scaring of nesting birds from a construction site (1 respondent of the survey).

When comparing these results it can be found that both the information from the literature and the empirical data from the survey and interviews point out that drones can be used to conduct inspections at locations that are hard to reach (especially locations at height).

The potential users know about the applications of visual inspection of hard to reach locations, detecting insulation flaws and in the future transportation of materials. But many of the applications

found in the literature are not known by the potential users. For example, checking photovoltaic cells with the help of an infrared-drone.

Further there is a gap between what the potential users want with a drone, but which has not been found in the literature. This means the potential user does not have a good overview of the possibilities a drone has to offer. For example, the potential user expects that it is possible to project measurements on the construction site with the help of a drone. But there were no cases of such an application found in literature.

7.2. Advantages/disadvantages

In this section, the results of the advantages and disadvantages found in the research will be compared. A summary of the results of section 4.2 and section 6.2 in perspective to the attributes of Rogers (1983) is given in Table 3.

From Table 3 it can be concluded that for the attribute ‘relative advantage’ the theoretical outcome and the empirical data gathered do not match. The theoretical outcome was mostly focused on the technical abilities and not so much on economic and social aspects. The potential users were focussed a lot more to the economic and social aspects. This can indicate to a lack of knowledge of the potential users to the technical abilities a drone has to offer.

The degree of compatibility is low, this was shown in section 7.1 because it is found that there is a mismatch between what the potential user believes the drone can do and what a drone could do according to the literature study.

For the potential users of drones knowledge about the legal issues and regulations need to be clarified, because this is a very complex issue for them. The legal issues surrounding drones were not elaborated in the literature study because it was out of the scope of the research. The complexity of flying a drone had gotten better because of the ability to fly using a pre-determined flight-path. This was found in both the literature study and the empirical data.

The trialability of drone technology in the construction industry was found to be is very low because of the high investment costs in both the empirical data and the literature study. Further, the potential users are also demotivated to try using a drone because of the regulations in the Netherlands which was found as a disadvantage in the literature study as well.

Because drones have not been implemented in the construction industry it cannot be seen whether drones would visually get good or bad results. In other industries drones were used successfully. An advantage found by the empirical data is the good marketing position a company could achieve when implementing an innovation like drones. A downside of the observability of a drone is that it could form a distraction to the workers on site which results in dangerous situations.

Table 3: Analysis of the advantages/disadvantages in the perspective of Rogers' (1983) attributes.

Attribute of Rogers (1983)	Theoretical outcome	Empirical data
Relative advantage	Drones offer a relative advantage to alternatives when working at height and offering a contractor an extra pair of eyes on site. Also, drones supersede 3D laser scanning because a drone will make a 3D scan faster and does not require a stable underground. A disadvantage of drones is that they do not operate in bad weather conditions.	Drones save time, and therefore money. Using drones would also increase safety. Disadvantages found were violation of privacy, the fear of a crashing drone and the regulations regarding drones in the Netherlands.
Compatability	For this attribute the results of the empirical data were needed.	Drones are not compatible with the current values for privacy, but drones are in line with the increased usage of imagery in the construction industry. The needs the potential user has for a drone relies heavily to the purpose he has for the drone.
Complexity	Drones need two persons to operate the drone itself and the camera mounted to it. Nowadays drones can also fly autonomously using GPS. The complexity of flying a drone has gotten lower because of this GPS, but a drone itself remains a complex divide.	Drones are getting more autonomous using waypoint flight-paths with the help of Google Maps. Which makes it easy to operate, but regulations in The Netherlands are very strict and require a lot of complex paperwork.
Triability	Triability depends on the application the user wants for the drone. If a professional drone is required triability is low because of the high investment costs and regulations around these drone. If a (high-end) consumer drone would be sufficient the investment cost are not so high making them a lot more triable.	The high price of a drone decreases the degree of triability, this will further decreased because of the regulations in The Netherlands.
Observability	From other industries it can be seen that drones give advantages compared to the older methods.	Drones can be seen in a lot of places and opinion are divided. But using a drone in the construction industry would form a good marking position. A downside is that a drone often forms a distraction. This would make a drone in the construction industry dangerous to the workers.

8. Discussion

This chapter will contain the discussion regarding the research results.

Results of the research

The results found in the literature study were not always very conclusive. Information found was about the subject, but in another industry or setting. This is because the combination of drones in the construction industry is new and there is no real research conducted about this specifically.

The surveys response rate was very low, regardless of the attempts of the researcher to spread the survey. The link on LinkedIn page of the supervisor is believed to be a turning point for the survey. Before this link was posted, in a feedback moment with the supervisor, it was decided to start with interviews to support the survey for gathering empirical data for the research.

It was intended to record every interview, however, the meeting between company A and company B was in a noisy hotel restaurant. That made recording the meeting and interview afterwards impossible. The interview was also not fully conducted as was intended, but this was because a lot of the questions that were going to be asked in the interview were already answered in the meeting between the companies A & B.

When the survey results were exported to Excel it turned out that some of the respondents only filled the first couple of questions in, these did not add any usable information to the research so they were neglected. There was one respondent that stopped with the survey halfway. The results of this respondent for the first 8 questions were processed.

9. Conclusions and recommendations

With the information gathered and analysed, conclusions can be drawn. With these conclusions the research questions will be answered. The last part of this research report will be the recommendations for further research.

9.1. Conclusions

Before the research question “What is the perception of the applications of drones in the construction industry?” will be answered, the sub questions will first be answered.

Sub question 1: For what purposes can drones be used?

From the literature study it was found that drones can have the following applications in the construction industry:

- Visual inspections in hard to reach places in order to save time, increase safety and reduce costs because of regulations for working at height (Euronorm, 2015);
- Thermographic imagery to detect construction integrity (Balaras & Argiriou, 2002);
- Insulation flaws (Balaras & Argiriou, 2002);
- Weak spots in concrete (Balaras & Argiriou, 2002);
- Flaws in electrical or mechanical installations (Balaras & Argiriou, 2002);
- Check photovoltaic cells (Pilla, Galmiche & Maldague, 2002);
- Check if maximum amount of built surface is not exceeded (Fornace, Drakeley, William, Espino & Cox, 2014);
- Identifying the location of materials on the construction site in real-time with the use of a special software layer (Bieda, Jaskot, Jędrasiak & Nawrat, 2013 & Niethammer, James, Rothmund, Travelletti & Joswig, 2012);
- Using a drone as a transportation device (West, 2015).

Sub question 2: Who are the potential users of drones?

Out of the stakeholders mentioned by Winch (2010) the ones that are likely to be potential users of a drone were selected to be: the contractor, consultancy agencies or local government. Each with their own applications for the drone. The contractor could use a drone equipped with an infrared camera to monitor the heat footprint of a construction that was built. A drone with a regular camera could be used by the contractor for project management on the construction site. A municipality could use drones to check construction sites in order to compare them to the licenses given. This can also be done for constructions that are already finished to check whether a lot succeeded its allowed built surface. Consultants could conduct inspections when the contractor does not feel his expertise is sufficient to a certain case. The consultant would offer his professional opinion. The inspections done by the consultant could be done with the help of a drone.

Sub question 3: What would the users of drone technology expect from this technology?

The potential users expect that drones can be used for the following applications:

- Imagery is used for quality control, project progress monitoring and promotional purposes;
- Infrared imagery is not often used according to respondent B and the survey (0-20% of the projects), respondents D and E did mention to use thermography in almost every project;
- Inspection of hard to reach areas (all of the interviews and mentioned in the survey);

- Scanning to 3D export where measurements can be made (respondents A, B and C);
- Projecting drawings and measurements using a laser.

They expect a drone to give them benefits on an economic scale, time reduction on activities but are not convinced the potential benefits will compensate for the problems on the social and legal environment they also expect.

The social and legal problems expected are regarding the violation of privacy of the people nearby the project. The potential users clearly mentioned a certain fear towards a drone crashing and harming people or materials. Also the regulations regarding drones, that require a lot of costly paperwork, discourages the potential users of implementing drones in their work.

Research question: What is the perception of the applications of drones in the construction industry?

The perception of the applications of drone technology is that the potential users do not have enough knowledge to make a proper consideration of the advantages and disadvantages for applying drones in their industry.

The expectations of the potential users do not match with what drones could do for the construction industry according to the literature study. This indicated a low degree of compatibility. The potential users focus on the advantages and disadvantages on the social and economic scale. The technical advantages and disadvantages are not taken into account. This can indicate that the potential users lack the knowledge about the technical issues and therefore are not aware of other possible applications of drones in the construction industry. The expected complexity of using a drone varied in the results of this research. The trialability of drones is low because of the high investment costs. Drones in the construction industry are innovative, therefore there are no direct previous results which makes the degree of observability also low.

The most discouraging factor, according to the respondents, of applying drones in the construction industry are the legal issues and regulations around the drone.

The attributes of Rogers (1983) are all rated low, which means that the gathered data indicates the potential users are not likely to be persuaded to decide to implement drones in the construction industry.

9.2. Recommendations

Looking back at the research and its intended purpose some recommendations can be made. These recommendations are meant for the follow-up researches that will try to make the construction industry more enthusiastic about drones and their applications.

Because the potential users of drones lack the knowledge about the possible applications of drones it is recommended to inform them about the technical aspect and the methods of operating a drone. Knowledge after all is the step before persuasion in Rogers' (1983) innovation-decision process.

It is also recommended to create guidelines about what kind of a drone potential users get for a certain price range.

For the further 3TU Lighthouse research “Throw in the i-drone” it is recommended to take a deeper look at the regulations regarding drones in The Netherlands and properly inform the potential users about these regulations.

Recommendations towards producers of drones is to look into the applications the potential users mentioned that were not found in the literature study.

References

- Algemeen Dagblad. (2015). Kraanongeval Alphen wordt onderzocht met drone [Press release]. Retrieved from <http://www.ad.nl/ad/nl/35664/Ongeval-met-bouwkraan-Alphen/article/detail/4114975/2015/08/06/Kraanongeval-Alphen-wordt-onderzocht-met-drone.html>
- Balaras, C.A., & Argiriou, A.A. (2002). Infrared thermography for building diagnostics. *Energy and Buildings*, 34, 171-183. doi:10.1016/S0378-7788(01)00105-0
- Bieda, R., Jaskot, K., Jędrasiak, K., & Nawrat, A. (2013). Recognition and Location of Objects in the Visual Field of a UAV Vision System. *Vision Based Systems for UAV Applications*, 27-45. doi: 10.1007/978-3-319-00369-6_2
- Demonstratie inzet drone bij het opsporen van drenkelingen tijdens SAR Katwijk. (2015). Retrieved from <http://www.drones.nl/demonstratie-inzet-drone-bij-het-opsporen-van-drenkelingen-tijdens-sar-katwijk/>
- Diaz, T.J. (2015). Lights, Drone... Action. *Spectrum IEEE*, 52(7), 36-41. doi: 10.1109/MSPEC.2015.7131693
- DJI. (2015). *PHANTOM 3 PROFESSIONALSPECS*. Retrieved from <http://www.dji.com/product/phantom-3-pro/info>
- Entrop, A.G. (2013). *Assessing energy techniques and measures in residential buildings: A multidisciplinary perspective* (Doctoral dissertation). Retrieved from http://doc.utwente.nl/86188/1/thesis_A_Entrop.pdf
- Euronorm. (2015). EU richtlijn werken op hoogte. Retrieved from <http://www.euronorm.net/content/template2.php?itemID=2199>
- Floreano, D., & Wood, R.J., (2015). Science, technology and the future of small autonomous drones. *Nature*, 521, 460-466. doi:10.1038/nature14542
- Fornace, K.M., Drakeley, C.J., William, T., Espino, F., & Cox, J. (2014). Mapping infectious disease landscapes: unmanned aerial vehicles and epidemiology. *Trends in Parasitology*, 30(11), 514-519. doi:10.1016/j.pt.2014.09.001
- Freeman, P.K. & Freeland, R.S. (2014). Politics & technology: U.S. policies restricting unmanned aerial systems in agriculture. *Food Policy*, 49, 302-311. doi:10.1016/j.foodpol.2014.09.008
- Height Tech. (2015). Pro-Line vliegrobots Height Tech Benelux B.V. [Brochure]
- Ibarra-Castanedo, C., Tarpani, J.R., & Maldague, X.P.V. (2013). Nondestructive testing with thermography. *European Journal of Physics*, 34, 92-110. doi:10.1088/0143-0807/34/6/s91
- Kim, H., Kim, H., Kim, S-W., Park, K-Y., Kim, J., Joen, S., & Kang, K. (2012). Nano-graphite platelet loaded with LiFePO₄ nanoparticles used as the cathode in a high performance Li-ion battery. *Carbon*, 50(5). 1966-1971. doi:10.1016/j.carbon.2011.12.052
- Locardi, E. (2015). DJI Phantom 3 Review - A New Perspective On The World. Retrieved from <https://fstoppers.com/aerial/dji-phantom-3-review-new-perspective-world-71783>
- Marris, E. (2013) Drones in schiende: Fly and bring me data. *Nature*, 498, 156-158. doi: 10.1038/498156a

- Niethammer, E., James, M.R., Rothmund, S., Travelletti, J., & Joswig, M. (2012). UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide: Evaluation and results. *Engineering Geology*, 128, 2-11. doi:10.1016/j.enggeo.2011.03.012
- NOS. (2014). Drone-industrie pleit voor EU-regels [Press release]. Retrieved from <http://nos.nl/artikel/683666-drone-industrie-pleit-voor-eu-regels.html>
- Pilla, M., Galmiche, F., & Maldague, X.P. (2002). Thermographic inspection of cracked solar cells. *Proc. SPIE*, 4710. 699-703. doi:10.1117/12.459624
- Rogers, E.M. (1983). *Diffusion of innovations* (third edition). New York: The Free Press.
- TU Delft. (2014). Ambulance-drone TU Delft vergroot overlevingskans bij hartstilstand drastisch. Retrieved from <http://www.tudelft.nl/nl/actueel/laatste-nieuws/artikel/detail/ambulance-drone-tu-delft-vergroot-overlevingskans-bij-hartstilstand-drastisch/>
- Valero, E., Adan, A., & Cerrada, C. (2012). Automatic Construction of 3D Basic-Semantic Models of Inhabited Interiors Using Laser Scanners and RFID Sensors. *Sensors*, 12, 5705-5724. doi: 10.3390/s120505705
- Verhoeven, G., Doneus, M., Briese, Ch., & Vermeulen, F. (2012). Mapping by matching: a computer vision-based approach to fast and accurate georeferencing of archeological aerial photographs. *Journal of Archeological Science*, 39, 2060-2070. doi:10.1016/j.jas.2012.02.022
- Verschuren, P., & Doorewaard, H. (2007). *Het ontwerpen van een onderzoek* (vierde druk). Den Haag: Uitgeverij LEMMA
- Voldsgaard, P. J. (2015). Height Tech Drone for Inspection & Surveillance. Retrieved from <http://www.blue-ocean-robotics.com/en/products#15458>
- Winch, G.M. (2010). *Managing construction projects; an information processing approach* (2nd Edition). Wiley-Blackwell

Appendix A: Survey – Innovation in the construction industry

1. Hoe zou u uw organisatie als beste omschrijven?

- **(2)** Aannemer
- **(4)** Adviesbureau
- **(2)** Architectenbureau
- **(0)** Gemeente
- **(0)** Installatiebedrijf
- **(0)** Makelaar
- **(4)** Anders, namelijk

Gevel leverancier; Lifecycle bouwer; Onderaannemer; Kennisplatform

2. Welke functie vervult u binnen uw organisatie?

- **(0)** Accountmanager
- **(0)** Bouwinspecteur
- **(1)** Communicatie medewerker
- **(3)** Directie
- **(0)** Innovatiemanager
- **(2)** Ontwerper
- **(0)** Uitvoerder
- **(6)** Anders, namelijk

Manager kenniscentrum duurzaamheid; Consultant; Adviseur; Project manager; Stagair (2x); Projectmanager

3. In hoeverre verkrijgt u beeldmateriaal bij het uitvoeren van bouwwerkzaamheden? (het gaat hier om het percentage van het totaal aantal projecten op jaarbasis)

- **(2)** 0-20 %
- **(2)** 21-40 %
- **(1)** 41-60 %
- **(4)** 61-80 %
- **(3)** 81-100 %

4. Welke ontwikkeling ziet u in het schieten van beeldmateriaal?

- **(6)** Dit gaan wij vaker doen
- **(6)** Dit behouden wij in de huidige vorm
- **(0)** Dit gaan wij minder vaak doen

5. Waarvan maakt u dit beeldmateriaal? (meerdere opties mogelijk)

- ☐ **(2)** Daken
- ☐ **(3)** Dragende constructie
- ☐ **(1)** Elektrische installaties
- ☐ **(1)** Gasleidingen
- ☐ **(5)** Gevel
- ☐ **(2)** Koude-/warmtebruggen
- ☐ **(7)** Object in het geheel
- ☐ **(7)** Onvolkomenheden
- ☐ **(8)** Projectvoortgang
- ☐ **(3)** Ramen, kozijnen en deuren
- ☐ **(1)** Waterleidingen
- ☐ **(8)** Werkzaamheden in uitvoering
- ☐ **(3)** Zonnepanelen
- ☐ **(3)** Anders, namelijk

Onze eigen projecten; Gebruikte producten. Veel ook als bewijslast voor BREEAM en LEED, alles achteraf aan kunnen tonen;

6. Hoe verkrijgt u het beeldmateriaal? (meerdere opties mogelijk)

- ☐ **(7)** Compact camera
- ☐ **(4)** Spiegelreflex camera
- ☐ **(2)** Videorecorder
- ☐ **(9)** Smartphone
- ☐ **(3)** Tablet
- ☐ **(2)** Infraroodcamera
- ☐ **(2)** Webcam
- ☐ **(1)** Anders, namelijk

Drone

7. In hoeverre maakt u thermische beelden bij uw projecten? (het gaat hier om het percentage van het totaal aantal projecten op jaarbasis)

- ☐ **(9)** 0-20 %
- ☐ **(1)** 21-40 %
- ☐ **(1)** 41-60 %
- ☐ **(1)** 61-80 %
- ☐ **(0)** 81-100%

8. Hoe bruikbaar vindt u de onderstaande opname apparatuur voor u (waarbij 1 uitermate onbruikbaarst aangeeft en 10 uitermate bruikbaar)?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG
<i>Compact camera</i>					2	2		4	2	1	7,5
<i>Spiegelreflex camera</i>			1			2		2		4	7,9
<i>Videorecorder</i>	3	1			1	2	1		1	1	4,8
<i>Smartphone</i>						1	1	2	2	5	8,8
<i>Tablet</i>		1		1	1	2	1	1	2		6,2
<i>Infraroodcamera</i>	2			1	1	2	1			2	5,6
<i>Webcam</i>	2	1	2			2		2			4,2
<i>Anders, namelijk: drone</i>									1		9

9. In welke fase van het bouwproces schiet u het meeste beeldmateriaal? (één antwoord mogelijk)

- ☐ **(1)** Initiatief
- ☐ **(1)** Ontwerp
- ☐ **(0)** Bouwrijp maken
- ☐ **(1)** Aanleggen fundering
- ☐ **(1)** Bouwen draagconstructie
- ☐ **(0)** Plaatsen binnenwanden
- ☐ **(0)** Aanleggen voorzieningen
- ☐ **(0)** Bouwen omhulling
- ☐ **(2)** Afwerking
- ☐ **(2)** Gebruik
- ☐ **(2)** Anders, namelijk

Bij evenementen; Afbouw fase

10. Waarvoor gebruikt u het beeldmateriaal? (meerdere antwoorden mogelijk)

- ☐ **(6)** Inspectie
- ☐ **(8)** Interne communicatie
- ☐ **(8)** Externe promotie
- ☐ **(5)** Toezicht houden
- ☐ **(0)** Bewaking tegen diefstal
- ☐ **(1)** Bewaking werkveiligheid
- ☐ **(1)** Anders, namelijk

Bewijslast bij problemen en t.b.v. certificeringen

11. In hoeverre zou u real-time (live) beeldmateriaal kunnen gebruiken?

- ☐ **(1)** Zeer bruikbaar
- ☐ **(5)** Tamelijk bruikbaar
- ☐ **(4)** Neutraal
- ☐ **(1)** Tamelijk onbruikbaar
- ☐ **(0)** Zeer onbruikbaar

12. In hoeverre bent u bekend met drones?

- ☐ **(2)** Vlieg er regelmatig mee
- ☐ **(1)** Een keer mee gevlogen
- ☐ **(7)** Met drones bekend
- ☐ **(1)** Wel eens van gehoord
- ☐ **(0)** Volledig onbekend

13. Waarvan verwacht u met een drone beeldmateriaal te kunnen schieten? (meerdere antwoorden mogelijk)

- ☐ **(6)** Daken
- ☐ **(2)** Dragende constructie
- ☐ **(1)** Elektrische installaties
- ☐ **(3)** Gasleidingen
- ☐ **(2)** Gevel
- ☐ **(2)** Koude-/warmtebruggen
- ☐ **(6)** Object in het geheel
- ☐ **(2)** Onvolkomenheden
- ☐ **(4)** Projectvoortgang
- ☐ **(2)** Ramen, kozijnen en deuren
- ☐ **(1)** Waterleidingen
- ☐ **(3)** Werkzaamheden in uitvoering
- ☐ **(3)**
Zonnepanelen
- ☐ **(4)** Anders,
namelijk

Promotioneel; Gebouw in (ecologische) omgeving, bouwplaats, benutten bij initiatief in combinatie met virtual (augmented) reality; Object identificatie initiatieffase; N.v.t. voor ons denk ik

14. Hoe vaak denkt u dat u drones zou gebruiken om beeldmateriaal te verkrijgen? (het gaat hier om het percentage van het totaal aantal projecten op jaarbasis)

- ☐ **(5)** 0-20 %
- ☐ **(5)** 21-40 %
- ☐ **(0)** 41-60 %
- ☐ **(1)** 61-80 %
- ☐ **(0)** 81-100 %

15. Voorziet u problemen met betrekking tot het gebruik van drones in de bouwsector?

- **(8)** Ja, want

Privacy (2x); Regelgeving, hinderen uitvoering, etc.; Veiligheid, privacy, luchtvaart regelgeving; Binnenstedelijk nog niet toegestaan; Vliegvelden zijn lastig; Beeldmateriaal moet niet overhand krijgen/te belangrijk worden; Is nog niet echt algemeen goed in de bouwwereld

- **(3)** Nee, want

Drones kunnen wat mij betreft alleen maar een toegevoegde waarde leveren

16. Heeft u nog opmerkingen/suggesties?

Drones zouden o.a. ook kunnen worden gebruikt om (broed)vogels van bouwterreinen te verjagen. Zie Clear Flight Solutions (UT Spinoff)

U bent aan het einde gekomen van deze enquête. Hartelijk dank voor uw medewerking!

U kunt in het volgende venster uw mailadres achter laten indien u wenst mee te doen met de verloting van het duurzame verrassingspakket.

Hartelijk dank voor uw deelname!

Appendix B: Meeting & interview company K & company L

Zwolle, 30 oktober 2015

Aanwezig:

Respondent A (bedrijf K)

Respondent B (bedrijf L)

Respondent C (bedrijf L)

Simon Janssen (Universiteit Twente)

B: Ik zal wat informatie geven over bedrijf L en wat wij zoal willen.

Wij hebben wat taken binnen onze werkzaamheden waarvoor wij graag zouden zien dat we dit met behulp van een drone gaan doen. Met een drone zouden wij veel tijdswinst moeten behalen bij het inmeten van onze projecten. Nu moeten wij voor een factuur, dus dan ben je nog niet eens zeker dat het werk ook een opdracht wordt naar locatie en moeten we het dakoppervlak handmatig inmeten en berekenen. Dit zouden wij graag willen doen door met een drone over het te meten dak te vliegen waarbij we graag een CAD implementatie zouden zien zonder dat er bestaande tekeningen beschikbaar zijn. Vervolgens willen wij op locatie een factuur op kunnen stellen, dit wordt gedaan aan de hand van het totale dakoppervlak.

Ons bedrijf richt zich op asbest sanering, waarbij afhankelijk van het type dak er in eerste instantie visueel vast te stellen is of er asbest in het dak zit, bij onduidelijkheid zal een monster genomen worden en dient een laboratorium onderzoek uitsluitsel te geven. Dat zal nog niet kunnen met een drone maar de visuele inspectie en bemeting van het dak wel. De daadwerkelijke sanering van de asbest besteden we uit, waarna we zorgen voor passende nieuwe dakbedekking. Het leveren van zonnepanelen behoort ook tot de mogelijkheden.

Onze markt is hoofdzakelijk de agrarische sector. In veel boerenschuren zit asbest verwerkt, dit moet van de overheid voor 2024 allemaal weg zijn vanwege de schadelijkheid voor de gezondheid. Dit is dus voornamelijk in het buitengebied met een vrije omgeving, wat volgens ons positief is met betrekking tot de regelgeving voor drones. Heel af en toe doen we ook kleinschalige projecten binnen de bebouwde kom, maar de agrarische sector is wel waar wij het meest ageren.

Met het gebruik van een drone voor onze werkzaamheden zouden wij voor zover ons bekend is de eerste zijn. Door ons op deze innovatieve manier te onderscheiden van de concurrent kunnen wij beter toetreden tot de markt. Ook doordat we hiermee sneller werker dan de concurrent. Nauwkeurige metingen zijn voor ons dan ook voor belang. Dan hoeven we maar één keer op locatie te meten in plaats van een ruwe meting verrichten voor de offerte en een nauwkeurige als het werk daadwerkelijk opdracht is.

Veiligheid is uiteraard ook een punt van aandacht. Nu worden schattingen vanaf de grond gedaan. Die zijn dus niet heel accuraat, precieze metingen worden vrijwel altijd op het dak gedaan. Dat kan weer onveilig zijn, zeker ook aangezien vaak alleen gewerkt wordt en hulp niet dichtbij is.

A: Height Tech: sinds 6 jaar bezig, voorheen werd er fotografie gemaakt met heli's. Het is een Duits bedrijf en heeft inmiddels zo'n 675 grote professionele systemen verkocht. Maatwerk leveren middels

drones afstemmen op de wensen van de klant is wat wij doen. Service vinden wij erg belangrijk! Drones vliegen tot en met windkracht 5 nog autonoom en stabiel. Octocopters met 8 rotorarmen zorgen hiervoor. Voordeel is t.o.v. quadrocopter dat ze met kapotte rotorarm nog steeds stabiel kunnen vliegen, en quadrocopter zou crashen, wat de dure sensoren en overige apparatuur kan beschadigen.

De vliegtijd is zeker 12 minuten, bedrijf K gaat voor precisie en stabiliteit in plaats van lange vliegtijd. Voor de meeste doeleinden is 12 minuten ook voldoende.

Applicaties van drone zijn afhankelijk van sensoren en software. Semi/pro camera (hoge resolutie) of monochroom sensoren.

Output in AriSoft voor beeld en referentie, dit geeft een 3D beeld en is te exporteren naar CAD/Revit

Men krijgt eerst een oefendrone om handmatig vliegen te oefenen. Het is belangrijk de drone ook handmatig te kunnen besturen in verband met het kunnen ingrijpen bij eventuele storingen in het GPS systeem. Vliegtrainingen worden volgens de brochure in Buren gegeven, maar vaak krijgt de uitgebreide locatie in Düsseldorf de voorkeur, daar kan zowel indoor als outdoor worden getraind.

De technieken zijn er, de combinatie ervan is nieuw.

Voor het autonoom vliegen wordt de dronesoftware en Google Maps een vluchtplan gemaakt, deze wordt ingeladen in de drone en de drone deze laten vliegen. Tijdens de vlucht maakt de drone een serie foto's en maakt daar in de software een 'pointcloud' van.

C: Hoe gaat jullie drone om met obstakels? Bijvoorbeeld als er net een boom staat naast een boerenschuur?

A: Er worden ongeveer 25 foto's gemaakt, deze hebben een overlap, hierdoor is een boom die in de weg staat geen probleem.

Eventueel kunnen ook gordingen worden waargenomen, hiervoor zijn hoge kwaliteit beelden nodig waarop de schroefbevestigingen te zien zijn.

Ook de zonnepanelen die bedrijf L plaatst kunnen met behulp van een drone geïnspecteerd worden. Dit kan bijvoorbeeld met behulp van een infraroodcamera.

R: Nauwkeurig meten is voor ons erg belangrijk, het is belangrijk dat één keer meten voldoende moet zijn. Naast dat dit voor ons tijd bespaard wekt dit ook vertrouwen bij de klant. Wij willen dus veiliger, sneller en nauwkeuriger gaan werken met deze drone.

A: in principe kunnen jullie op locatie alles inplannen (vliegroute), daar is wel internet voor nodig. Dan zou je de drone 10 minuten moeten geven voor het opstarten en uitvoeren van controles. Dan moet 5 minuten vliegen denk ik voldoende zijn en duurt de export ongeveer een kwartier. Dan zou je dus al met al een uurtje bezig zijn vanaf aankomst tot het hebben van de meetgegevens.

De drone heeft een lader die twee accu's in 45 minuten oplaadt. Met 6 reserve accu's zou je dan dus de dag door kunnen komen. Bedrijf K kan dat totaalpakket nu al aanbieden.

Wat daar bij komt kijken is de regelgeving. Hiervoor moet een vergunning worden geregeld bij de Inspectie Leefomgeving en Transport (IL&T). Zij moeten het toestel ook goedkeuren, dit kost zo'n €2.000. Verder moet er voor een bedrijfsvergunning een operationeel draaiboek worden samengesteld, deze moet ook door het ILTN getoetst worden, dit kost nog zo'n €2.500. Meer

informatie hierover staat op www.NLR.nl. Indien een tweede identieke drone gekocht zal worden hoeft dit draaiboek niet nogmaals over gedaan te worden, wel moet de drone weer worden gekeurd.

Dan dient er nog een theorie cursus en examen gedaan te worden a €1.700 en ook moet er een praktijkexamen worden afgelegd a €500-1.000 (per persoon). Hierna is het maken van een vlucht een kwestie van online aangeven van tijd en locatie waar je gaat vliegen. Steekproefsgewijs worden hier dan inspecties naar gedaan.

Hobbyisten mogen momenteel niet vliegen over gebouwen, maar zolang bedrijf L de bovengenoemde papieren voor bedrijfsmatig gebruik in orde heeft en de vlucht is aangemeld is het gebruik van de drone toegestaan.

B & C: Naast dat het voor ons heel erg gemakkelijk en snel zou moeten werken is dit ook erg leuk naar de klanten toe en goed voor de marketing. Het is iets nieuws en de klant zal hier waarschijnlijk positief op reageren. De prijs die wij koppelen is afhankelijk van het aantal m2 dat wij moeten leveren.

B: Ik hoorde ook dat de politie drones wil gaan gebruiken, bijvoorbeeld met warmtecamera's over gebieden vliegen om wietkwekerijen op te sporen.

A: Dan de drone zelf. De camera die er onder nodig is zal inclusief de lenzen zo'n €4.000 gaan kosten, deze hangt dan aan een borstel loze gimbal die 300 correcties per seconde uitvoert voor zeer nauwkeurig beelden. Aangezien in het geval van bedrijf L alleen van bovenaf beelden hoeven te worden geschoten zal de drone van het type HT-8 voldoende zijn. Deze zal dan uitgerust moeten worden met een geschikte camera met bijbehorende lens, extra accu's (deze kosten omgerekend ongeveer €3 per vlucht), een waypoint pakket voor autonoom vliegen volgens vluchtplan, bijbehorende koffer voor de drone en verwarmde koffer voor de accu's (accu's moeten worden voorverwarmd voor beste resultaat) en het softwarepakket. Het totaalplaatje van de drone en toebehoren zal dan zo'n €36.570 kosten exclusief het papierwerk, het totale investeringsbedrag zal dan neerkomen op €43.970.

R: Wat is de levensduur van de drone?

A: De drone zal met juist onderhoud zo'n 5 jaar meegaan, waarvan het eerste jaar binnen de garantie valt. Hierin is bedrijf K vrij uniek, anderen doen dit niet, maar wij zijn overtuigd van ons product.

S: Die warmtecamera waar u het zojuist over had, is dat duur om toe te voegen aan de drone?

A: Op zich valt de prijs van zo'n warmtecamera tegenwoordig wel mee, een Fleur View Pro heb je al voor zo'n €5.000. Wel zie je dat de resolutie van zo'n camera laag is. Dus voor bedrijf L is dat niet direct handig. Tenzij ze het onderhoud van de zonnepanelen ook op zich nemen, maar dat doen zij nog niet.

B: Naast de investering in de drone en bijbehorende papieren zal er nog wat geld in de marketing van deze investering zitten, dus wij gaan ons verdienmodel hier eens op loslaten.

Opm.: Respondent A wordt bedankt voor de tijd en informatie en vertrekt nu.

S: Een groot deel van mijn vragen zijn eigenlijk al beantwoord in het gesprek van zojuist. Kunnen jullie toch nog even in een notendop vertellen waar jullie je mee bezig houden?

B: Bedrijf L meet hoofdzakelijk schuren in de agrarische sector waarbij (vermoedelijk) asbest in het dak verwerkt zit. In 2024 moet alle asbest verplicht weg zijn van de regering. De asbestsanering zelf besteedt bedrijf L uit. Daarna zorgen zij voor nieuwe passende dakbedekking waarbij het aanvullen

van het dak met zonnepanelen tot de opties behoort. De jaarlijkse inspectie en schoonmaakbeurt van de zonnepanelen worden uitbesteed.

S: Waarmee maken jullie beeldmaterialen?

B: Als men kijkt naar de manieren waarom bedrijf L beeldmateriaal maakt en gebruikt is dat momenteel vaak met allerlei fotocamera's, smartphones en ook wordt Google Maps vaak geraadpleegd.

bedrijf L wil snel werk leveren en doelt op goede marketing om te door te groeien. Dit is een van de redenen waarom we willen kijken naar de optie om drones te gebruiken. Het doeleinde waar wij de drone voor willen gebruiken (inmeten van daken) wordt nog niet gedaan waardoor dit innovatieve idee ons hopelijk sterker op de markt zet. Een ander gevolg hiervan is dat er nog geen ervaringen zijn en we dus een beetje in het diepe springen hiermee. We dachten aanvankelijk voor 2 a 3 drones te gaan, maar de investeringssom en met name het aandeel dat niets toevoegt aan de drone zelf (het papierwerk) maakt dat we eerst ons verdienmodel erop moeten naslaan en de afschrijvingsperiode van 5 jaar viel ons een tegen.

S: In hoeverre maken jullie al of willen jullie infraroodbeelden maken?

B: Momenteel zijn wij nog niet geïnteresseerd in het gebruik van infraroodcamera's, maar in 2018 komt er weer nieuwe regelgeving m.b.t. de luchtdichtheid. Hierdoor kan IR voor renovatie projecten wel interessant worden.

Mogelijkheden die we voorzien zijn bijvoorbeeld het aanbieden van drones op basis van een leasecontract zoals bij auto's veel gebeurt. Maar wat voor ons toch vooral een voordeel zou zijn is dat je maar één keer naar de (mogelijke) klant heen hoeft te gaan in plaats van eerst een keer voor het inmeten ten behoeve van de offerte en nog een tweede keer voor het nauwkeurig opmeten voor de dakbedekking. Daarbij kan zo'n drone achter in de auto en hoeft er geen aanhanger mee. Hierdoor kun je op de snelweg weer harder rijden en al met al kan zo'n drone ons aardig wat tijd en dus geld uitsparen.

Wij vragen ons af of we niet ergens een subsidiepotje kunnen vinden voor een dergelijk pilot project als deze.

Aan overige mogelijkheden zien we misschien wel het uitvoeren van controles en inspecties maar ook pakjestransport voor bijvoorbeeld de postorderbedrijven.

Appendix C: Interview company M

Hengelo, 5 november 2015

Aanwezig:

Respondent D (bedrijf M)

Simon Janssen (Universiteit Twente)

S: Hoe zou u bedrijf M als beste omschrijven, wat is jullie core business?

D: Bedrijf M is een bouw- en ontwikkelingsbedrijf. Een van onze kenmerken is dat wij een familiebedrijf zijn, onze grote aandeelhouder is de familie De Leeuw en daarnaast is het bedrijf in de handen van de Rabobank met een minderheidsbelang. Grote landelijke speler, top 10 bouwbedrijf in Nederland. Verschil met andere top 10 bedrijven is dat wij veel decentraler zijn georganiseerd, we hebben bijvoorbeeld 26 vestigingen waarbij andere bedrijven dat met misschien 10 of 8 doen. We zijn dus heel decentraal, heel dicht bij de klant. Ondernemerschap laag in de organisatie. Kenmerk van ons is dat we actief zijn, we doen meer dan bouwen, in de initiatieffase, ontwikkelingsfase, realiseren, en beheer en onderhoud. Voor bedrijven, corporaties maar ook particulieren bieden we onderhoud aan de gebouwen verrichten. Ook nieuw initiatief ontwikkelen om bestaande gebouwen te herbestemmen. Dat is in grote lijnen bedrijf M, een mooi bedrijf, financieel krachtig bedrijf.

S: Welke functie vervult u bij bedrijf M?

D: Ik ben bedrijfsleider van de vestiging Hengelo en ik heb die functie ook in Eibergen. We hebben in Oost een aantal vestigingen waarvan Hengelo en Enschede de vestigingen zijn die de Achterhoek en Twente bedienen. Dus mijn werkgebied ligt heel lokaal. Ik ben actief in de Twentse steden en daarnaast is de Achterhoek een werkgebied waar ik incidenteel wel eens zit, er zijn collega's die daar actiever zijn. Bedrijfsleider houdt in dat ik mij met voornamelijk bezig houd met de voorzijde van het project, dus op het moment dat de realisatie start is mijn werk vaak gedaan. Dan hou ik nog wel contact met de klant, ik kom nog wel op de bouwplaats, dat wel. Maar ik ben niet degene die direct de uitvoerende werkzaamheden aanstuurt, dus ik zit vooral aan de voorzijde. Het eerste contact met de klanten, maar ook soms het contact met klanten tot stand brengen omdat wij denken dat bijvoorbeeld de huisvesting van de klant op een andere locatie efficiënter zou kunnen. Dat hebben we bijvoorbeeld bij Stork gezien, Stork heeft een nieuwe fabriek gebouwd. Daar hebben we de financiering voor georganiseerd. We hebben ook de oude locatie van Stork verworven tot herbestemmingsgebied voor woningbouw.

Het mooie van dit vak, dat je vaak ziet dat het gebouw, of dat nou een woning is of een fabriek een kantoor of een poppodium, je ziet dat er door het nieuwe gebouw binnen je bedrijf ook een nieuwe dynamiek ontstaat. Een nieuwe manier van werken, anders wonen anders leven. Dat is het mooiste van het werk, het contact met de mensen. Vroeger dacht ik altijd dat techniek heel interessant was, maar dat is eigenlijk helemaal niet zo.

S: In hoeverre gebruiken jullie al beeldmateriaal?

D: een plaatje zegt meer dan duizend woorden, dat is ook echt zo. Daar zijn wij heel erg mee bezig, dat zie je bijvoorbeeld in hoe wij presentaties voor nieuwe werken aanvliegen. We worden steeds vaker

gevraagd om een plan van aanpak te maken, wij hebben het maken, inhoudelijk vullen van zo'n plan van aanpak doen wij zelf. Wel met bijvoorbeeld ondersteuning van een tekstschrijver die we eens vragen om te kijken of de tekst goed loopt en begrijpbaar is. Kun je dat als leek ook snappen. Daar komen wel eens leuke dingen uit, zoals bijvoorbeeld CV's op een andere manier gaan presenteren. Maar wat je ziet is dat we de hele opmaak en het gebruik maken van beeldmateriaal doen we ook in eigen huis. Daarmee zijn we denk ik wat verder dan sommige andere partijen. We werken daar onder andere voor met InDesign. We hebben een aparte afdeling waar voornamelijk dames, of een enkele heer bezig zijn met specifiek dat soort zaken.

Opm.: Een voorbeeld van brochure wordt geshowd.

Zoals je ziet is dat beeld heel belangrijk. Er wordt volop gebruik gemaakt van beeldmateriaal, foto's, artist impressions. In overleg met de klant gaan we zelf altijd foto's maken met vaste fotografen. Wij werken zeker heel veel met beeldmateriaal. Eigenlijk zo'n beetje bij ieder project.

S: Welke ontwikkeling zien jullie met het schieten van beeldmateriaal?

D: Wat je ziet is dat als ik een paar jaar terug kijk, dan hadden we natuurlijk geen camera's en dit (brochures met beeldmateriaal) hadden we toen nog niet. De kwaliteit van de foto's met een telefoon zijn gigantisch verbeterd. Ik doe dit werk nu 16 jaar en toen ik begin hadden we nog een Polaroids op de bouw. Ik ben begonnen als assistent uitvoerder en dan maakten wij Polaroids. En dat is dus 16 jaar geleden, wat op zich nog niet zo heel erg lang geleden is. Die foto's hadden we vaak snel nodig, en later kwam dan de digitale fotografie en de geheugensticks en dan werd zo'n foto geprint. Dat is natuurlijk voorbij, dat staat nu allemaal in de Cloud. Daarnaast zie je dat het gebruik maken van professionele fotografen die ons hebben voorzien van beeldmateriaal voor onze eigen projecten dat neemt ook toe. En waarom neemt dat toe? We zijn zo langzamerhand volledig van de markt die puur om de prijs gaat. We werken allen nog in een markt waarin we meerwaarde kunnen leveren, waarin het niet gaat om de laagste prijs, maar waar het gaat om je plan en om je visie. Uiteraard gaat het ook om de prijs, dat is natuurlijk ook belangrijk, maar het gaat niet uitsluitend om de prijs. Dan is beeldmateriaal en hoe je dat presenteert gewoon heel belangrijk. Dat zie je in fotomateriaal, dat zie je ook in films. Beeldmateriaal is redelijk vrij binnen het bedrijf, ook hoe je daarmee omgaat qua social media. Je ziet qua filmpjes, bedrijf M heeft uiteraard een eigen YouTube kanaal, je ziet wel dat als er filmpjes zijn, die wel redelijk steng bekeken moeten worden of die er wel of niet op komen.

S: Je moet natuurlijk niet scheef gefilmd materiaal hebben waar dingen op staan die je liever niet openbaar hebt.

D: Niet alle films komen erop, de kwaliteit van de filmpjes zijn over het algemeen prima, maar ze komen er niet allemaal op. Je ziet bij beeldmateriaal (foto's) dat we daar wat vrijer in zijn.

We zetten nu als bedrijf M filmpjes op internet, en volgens mij is de volgende stap dat iedere willekeurige medewerker dat gaat doet op allerlei kanalen. Dat gebeurt nu al met Facebook, met Twitter, LinkedIn. Dat is een aantal jaar geleden volledig vrijgegeven, tot voor kort (aantal jaargeleden) was dat nog gereguleerd. Dan moest je dus toestemming vragen om iets op Twitter te zetten. Dat werkt niet, dat is nu niet meer logisch. Het is denk ik wat anders als je woordvoerder namens een bedrijf bent, dan Twitter je namens het bedrijf, het is toch vaak een persoonlijke titel en daar zullen soms wat ongelukjes uit komen.

S: Bijvoorbeeld de politie in Almelo met de Poolse draaideurcrimineel en de wijkagent met pistool.

D: Dat inderdaad, maar dat kun je ook niet tegenhouden, daar kun je mensen in coachen en als je geen visie ontwikkeld op dat gebied kun je ook niet verwachten dat mensen dat goed of fout gaan doen.

S: Als we dan wat meer op de bouw gaan kijken, waarvan maken jullie dan het meeste beeldmateriaal?

D: als het puur om beeldmateriaal gaat zie je natuurlijk dat we veel beelden maken tijdens de uitvoering, maar dat is vooral beeldmateriaal dat geschoten wordt om later en tijdens de bouw te kunnen aantonen dat we een bepaalde kwaliteit hebben gehaald. Maar ook om na de bouw je revisie stukken op orde te hebben. Wat je ziet bij complexere werken, is het bijzonder handig als je later nog eens een keer terug kan kijken om te kijken hoe dat ook al weer zat. Daar hebben we een apart appje voor, wij doen dat met twee apps ED Control of Field en dat werkt fantastisch. Dat zijn de uitvoerders die de beelden vastleggen.

Wat je daarnaast ziet is dat we beelden schieten tijdens de uitvoering voor dit soort plannen van aanpak en dat we foto's maken van het eindproduct. Daarin zie je dat we vooral tijdens de uitvoering we langzamerhand steeds meer bewegen naar de beelden met de medewerkers erop. Het gaat om mensen. *Voorbeeld wordt gezocht.* Dit soort beelden van onze meldkamer in Deventer, waar we ons dagelijks onderhoud verrichten. Dit *(foto van medewerker op een steiger met iPad in de hand)* is misschien ook wel aardig, je ziet in een steeds digitaler wordende wereld met steeds perfectere 'digitale bouwplaatsen'. Een foto van een bouwplaats inrichting is niet heel verleidelijk zo, maar door er mensen toe te voegen triggert het meer. Zo worden er bijvoorbeeld ook vaak pasfoto's van betrokken medewerkers toegevoegd die een bouwproject moeten gaan trekken.

S: Dus als ik het goed begrijp gebruiken jullie beeldmateriaal vaak voor interne communicatie of als een vorm van promotie naar buiten toe?

D: Ja, extern. Maar ook intern, we hebben de Spatpen dat is ons personeelsblad, dat verschijnt deels digitaal, deels wordt het gedrukt en verschijnt 6 keer per jaar. Drie keer gedrukt en drie keer digitaal. En we hebben een relatiemagazine, 'Op de korrel', daar wordt natuurlijk veel beeldmateriaal voor gebruikt, de website, Twitter, Facebook, LinkedIn zijn we ook heel actief mee bezig. Houden we ook veel op bij hoe wij staan ten opzichte van de rest, loopt de rest op ons uit of lopen wij uit op de rest. Dat is ook wel aardig om te zien. Je ziet op Facebook bijvoorbeeld dat we groter (meer volgers hebben) zijn dan andere bedrijven die groter zijn dan ons. Op Twitter zijn wij bijvoorbeeld weer wat kleiner.

S: Hoe verkrijgen jullie het beeldmateriaal? Dus meer richting de systemen denken waarmee het geschoten wordt. U noemde al de fotograaf, die gebruikt neem ik aan een DSLR. Maar wordt ook gebruik gemaakt van bijvoorbeeld smartphones of zoals net op de foto al met een iPad? Dat wordt natuurlijk steeds makkelijker. Gebruiken jullie bijvoorbeeld ook webcams op de bouwplaats?

D: Ja webcams gebruiken we ook, niet op iedere bouwplaats. Die gebruiken we eigenlijk voor twee doelen. Enerzijds voor veiligheid en controle, maar wel redelijk low-tech. Het is niet zo dat we een melding krijgen als er iets gebeurt. Het is zo dat die camera erop staat, we hebben hem ook altijd in de vertraging van een half uur. Dus mocht er een ongeval plaatsvinden dan kan de uitvoerder de camera of in ieder geval de verbinding naar buiten toe uitzetten. Dan liggen de beelden wel vast, maar dan

heb je niet dat de halve wereld kan zien dat de medewerkers iets overkomt. Dat is niet prettig. Dat soort dingen hebben we dus over nagedacht.

S: Eigenlijk zo'n beetje iedere vorm van het verkrijgen van beeldmateriaal wordt wel gebruikt.

S: Als je dan wat verder gaat denken qua apparatuur, gebruiken jullie dan ook wel eens infraroodcamera's?

D: Ja zeker, die gebruiken we ook. Met name, wat je ziet is dat steeds meer opdrachtgevers om een certificaat vragen. Er zijn ook opdrachtgevers die het niet vragen en die we het vervolgens aanbieden, we kunnen uw gebouw of product (soms hebben ze al een gebouw en verrichten wij daar werkzaamheden aan) leveren met een certificaat of test. En daarvoor moet je meten, dat kun je onder andere met een infraroodbeelden doen. Maar je ziet het bijvoorbeeld ook met het duurzaamheidslabel (BREEAM). Dan moet je aantonen dat je de isolatie en de luchtdichtheid aangebracht hebt zoals is overeengekomen.

S: Doen jullie dat dan ook zelf?

D: Ja deels, wat je ziet is dat we wel zelf een camera in het bezit hebben, maar wat je ziet is dat als je zo'n BREEAM achtig certificaat wil hebben we daar vaak vaste partners voor inschakelen. Bijvoorbeeld Nieman bouwen (bouwfysisch adviseur). Dan laten we Niemand die rapportage maken.

En we hebben een dingetje om in de spouw te kunnen kijken, dat is niet zozeer beeld, maar meer een vochtmeter. Warmtecamera's met lekkages in isolatiesystemen. Ik denk dat we op dat gebied nog maar aan het begin zitten, dat gaat nog een gigantische sprong nemen.

Ik kan me nog herinneren toen ik 16 jaar geleden in Almere op de bouwplaats liep, daar kregen we betonelementen. Die consoles waren van buiten allemaal gelijk, maar qua wapening verschilden zij i.v.m. het verschil in krachten dat ze moesten opnemen. Die werden voorzien van een label en aan de hand van dat label wist je welke console waar moest komen. Dat was de enige manier waarop je die consoles kon achterhalen, maar als die codes eraf waren had je geen idee welke console waar geplaatst moest worden. En dat gebeurt nogal eens. Je ziet nu dat dat verandert is met streepjescodes bijvoorbeeld. Ik denk dat dat nog veel verder gaat, het traceerbaar maken van materialen met beeldmateriaal.

S: Welke kant zit u dan op te denken?

D: Bijvoorbeeld wat VBI doet, de kanaalplaat komt er aan. Dan projecteren ze met laserlicht waar de sparing in de plaat moet komen. Dat soort technieken zijn in de fabrieken al heel ver, maar dat gaat in de uitvoering ook verschijnen op de bouw. Dat de tekening gedigitaliseerd worden en misschien we geprojecteerd wordt in het gebouw. Deels doet we dat natuurlijk al met onze maatvoeringen, maar die markeren we dan nog met een spuitbus of een potloodje of een latje. Dat gaat anders worden.

S: Kunt u een schatting maken van het percentage van de projecten waarbij jullie gebruik maken van thermische beelden?

D: Ik denk 60% en ik verwacht dat in Duitsland men dat in 90% van de gevallen doet, dus dat zegt wel iets. Ik denk dat als je naar de hele Nederlandse markt kijkt het over 20% gaat.

S: Hoe bruikbaar vindt u de opnameapparatuur die we zojuist besproken hebben?

D: Daar is nog wel een slag in te maken, ik heb dus de nieuwste van het nieuwste vochtmeter gekocht, maar dat ding kan met niemand communiceren. Hij laat zien wat hij uitleest, maar er kan geen export van gemaakt worden. Wat is doe is dat ik met mijn smartphone een foto maak van wat ik aflees. Zo zie je dat met meer dingen, bijvoorbeeld afstandsmeters.

S: Welke fase van het bouwproject u het beeldmateriaal schiet hebben we het zojuist al even over gehad. Eigenlijk vanaf initiatief tot en met onderhoud.

D: Even tussendoor, wat ik natuurlijk ontzettend veel gebruik (en ik niet alleen) is Google Earth. Waar je zag dat we voorheen met een project bezig waren waarbij we naar bv. Nijmegen moesten om te kijken naar de omgeving. En nu is een van de eerste dingen die we gaan doen kijken waar we moeten zijn en hoe de omgeving eruit ziet. Je ziet allen wel dat ze het nog niet helemaal op orde hebben, in dit gebied zijn de beelden van Google bijvoorbeeld nog van 2008, terwijl bijvoorbeeld Streetview wel heel actueel is.

S: Als we kijken naar de bouwfases, in welke fase maken jullie dan het meeste beeldmateriaal?

D: Als je kijkt naar de absolute aantallen dan is dat zeker tijdens de uitvoering. Als je gaat kijken naar welke beelden er het vaakst worden gebruikt, dan zijn dat wel de foto's van wanneer het klaar is. En een keer een enkele actiefoto. Ik denk dat dat een beetje is hoe het werkt. Heel veel technische foto's van de uitvoering worden daarna niet meer gebruikt, tenzij er gedoe is.

D: Wat ook wel een aardig dingetjes is voor beeldmateriaal wat heel specifiek voor de bouw is of eigenlijk het maken van foto's van werkzaamheden is het onderdeelje veiligheid. Je ziet het hier op deze foto ook. Deze man heeft handschoenen aan gehoorbescherming op, veiligheidsschoenen aan. Dat is best wel een aandachtspunt, je ziet dat een gemiddelde fotograaf gewoon een foto maakt. Zelfs al doet hij niets anders dan bouwfoto's maken en wij hebben altijd nog weer dat het goed is om nog even goed kritisch te kijken. En je ziet het op de gekste plekken, de Cobouw, tijdschriften. Daar staan soms foto's in waar ik van schrik. Als het goed zou zijn zou je niets kunnen fotograferen wat niet goed zit, maar niets is perfect.

S: Doorgaand op veiligheid. Je ziet hier dat de man veilig aan het werk is. Maar als bijvoorbeeld met die webcam gezien wordt dat iemand zijn helm niet draagt, is dat dan ook een manier van kijken?

D: Nee, het is niet zo dat wij 's ochtens om half 8 op de webcam kijken om te checken of iedereen op de steiger is of om te kijken of iedereen beschermende middelen gebruikt nee. Wat ik wel zelf erg handig vind van een webcam is dat als projecten verder weg zijn, je bent er dus niet iedere dag, je vaak terug kan kijken. Of als je bijvoorbeeld een afspraak hebt op een bouwplaats waar je zelf een week niet bent geweest, dan vind ik het handig om een dag van tevoren nog even te kijken hoever we zijn. Zijn we dan ook echt zo ver als we afgesproken hebt, dan moet je als je daar aankomt natuurlijk nog wel even een rondje lopen. Maar soms ontbreek je ook aan tijd en dan is het wel handig als je dit soort middelen hebt.

S: Een hele andere kant van veiligheid. Er word meestal niet 24/7 gebouwd, er zijn tegenwoordig instanties als Bouwatch die de boel voor je in de gaten houden. Maken jullie daar dan ook gebruik van?

D: Ja daar maken we ook gebruik van, je ziet alleen nog niet dat er een integratie is tussen de twee. We hebben verschillende webcamleveranciers, die leveren een webcam. Daarnaast werken we met Bouwatch achtige bedrijven en dan met name met sensoren (camera geactiveerd door beweging) en dat werkt voortreffelijk. Als je een beetje een groot werk hebt en je doet niets dan is het een kwestie van tijd en dan ben je de Sjaak. Er komen en gaan heel veel mensen op zo'n bouwplaats. Er is heel veel verkeer overdag en je kan nooit weten wie het zijn, dat kan intern zijn dat kan extern zijn. Ik ben niet van het inzetten van een beveiligingsbedrijf die langsrijden. Dan wachten ze (de crimineel) tot het witte busje langs is en komen dan wel. Maar op het moment dat die sensoren er staan, ja dat zet zoden aan de dijk.

S: Er wordt dus middels de webcams een soort van real-time beelden gemaakt (met een half uur vertraging erin).

D: Ja, maar even voor de duidelijkheid. Dat doen we niet, ja als er wat aan de hand is dan hebben we de beelden gewoon. Dat communiceren we ook naar onze medewerkers en leveranciers. Iedereen krijg een introductiefolder, die moet men ondertekenen dat men die gehad heeft. Daar staat ook in wat we aan het doen zijn en wie waarvoor de contactpersonen zijn. Vaak staat er ook iets in over de opdrachtgever. Daarin geven we ook aan dat er een webcam is en dat men gefilmd kan worden.

S: Zijn jullie bekend met drones?

D: Een drone ken ik wel iets van ja. We andere voor een film voor de nieuwe fabriek van Stork hebben wij gebruik gemaakt met beelden van een drone. Daarvoor hebben we een extern bureau (JLS Studio) ingehuurd en we gebruiken hem dus alleen nog maar voor marketing achtige doeleinden. Dus we gebruiken hem niet voor de maatvoering, niet in de uitvoering.

Wat ook wel leuk is om daar over te vertellen uit ervaring. We hebben voor een ander project ook gebruik gemaakt van beelden van een drone. Daarbij waren twee dingen aan de hand: als eerste was dat iemand die een drone had als hobby en die redelijk met dat ding overweg kon, maar toen we heel kritisch naar de beelden gingen kijken waren de beelden toch een beetje scheef. Dat is nog niet het ergste, dat was namelijk dat er uiteindelijk qua vergunningen niks geregeld was. Het waren prachtige beelden, maar die kunnen we als bedrijf niet gebruiken. Voor mezelf als privépersoon wel heel leuk. Qua papierwerk moet er dan toch nog wel het een en ander geregeld worden, maar dat zie je bijvoorbeeld wel met meer dingen. Bijvoorbeeld een filmpje met muziek, als we voorheen een filmpje wilde maken plakten we een leuk muziekje onder. Dat doen we nu niet meer, wij gebruiken nu alleen nog rechten vrije muziek.

S: We hebben het net over een aantal toepassingen van beeldmateriaal gehad. Waarvan zouden jullie kunnen voorzien dat een drone ook gebruikt zou kunnen worden?

D: Ik denk voor heel veel dingen. Inspecties is een mooi natuurlijk, wat je nu ziet is dat dakbedekking ieder jaar geïnspecteerd moet worden. Dat kun je doen door ieder jaar het dak op te klimmen, dan moet je maatregelen nemen (dat je er niet af kan vallen). En met zo'n drone kun je er gewoon overheen vliegen. Dat is natuurlijk wel weer, dat als je dan vervuiling aantreft op dat dak, dan moet je daar wat mee en dat kan die drone waarschijnlijk nog niet.

Wat je ziet is beelden op grote hoogte, en op de lange duur kun je bedenken dat een drone ook werkzaamheden kan verrichten. Het wordt uiteindelijk gewoon een vliegende robot. En als hij die stenen kan stapelen, als we dat dan überhaupt nog doen, dan scheelt dat natuurlijk. Dan hebben we de steiger niet meer nodig en hoeft dat mannetje de steiger niet meer op die er na een uurtje weer vanaf moet omdat hij naar de wc moet of koffie wil.

Allerlei schieten/maken van beelden. Thermografisch. Je zou ook kunnen denken aan wat ik net zei bij VBI, dat die drone de maatvoering uitzet. Voorheen maakten we een bouwraam met vier piketjes en latten en dan ging je met touw de maatvoering uitzetten. Je kunt ook die drone erboven hangen en die projecteert wat er moet gebeuren en dat die drone dan een signaal geeft als de boel goed staat. Dat is dan hoofdzakelijk maatgevende werkzaamheden bij beginnende bouwputten, maar zolang je geen dak hebt kun je natuurlijk nog heel veel. Ik weet niet of je met zo'n ding binnen kan vliegen maar dat is dan een volgende stap.

Misschien kun je als hij wat groter en zwaarder is gaan gebruiken als transporteur. Wat je ziet is dat de man die op de bouwplaats de werkzaamheden verricht heel veel verloren uren heeft. Persoonlijke verzorging (schaft, toilet, koffie) en dat is allemaal prima, dat geeft niet. Maar wat vooral veel tijd kost is het halen van vergeten spullen. Ik zeg altijd maar een luie timmerman is de beste timmerman want een luie timmerman denkt de hele dag na, zorgt dat hij alles nodig heeft en loopt dus geen meter te veel. Het is niet altijd dat de harde werker de beste is, want die loopt zich de hele dag de benen onder het lijf om vergeten spullen te halen. En als zo'n drone daar in zou kunnen helpen zou dat fantastisch zijn.

Wat heel gebruikelijk is, is een bouwlift die veel gebruikt wordt en wat je dan 's ochtens vroeg gebeurt is dat die mannen voor de lift staan te wachten die in gebruik is. Dat duurt een hele tijd, dus een aantal van die mannen willen dan geen 10 minuten wachten en zeulen dan hun zware emmers de trap op en gaan aan het werk. Als je daar de boel in zou kunnen verlichten zou dat heel erg helpen. Met name in de bouw zijn de materialen vaak vrij zwaar, en dat is nou net niets wat zo'n drone nog niet kan.

S: Hoe veel zou u in de toekomst een drone willen gebruiken om beeldmateriaal mee te schieten?

D: Ik denk dat het steeds meer die kant op gaat. We doen het alleen niet zelf. We hebben zelf wel fantastische camera's, maar onze core business is niet foto's schieten en ook niet met drones vliegen en daar beelden mee schieten, dus dat zullen we toch 90% van de tijd nu in ieder geval nog extern zetten. Wat je daar wel ziet is dat het een verhaal is omtrent wet- en regelgeving.

S: Is dat voor jullie op het moment dan ook de grootste hobbel om geen drones te gebruiken?

D: Nee dat niet, als wij denken dat we die beelden nodig hebben dan gaan we dat gewoon organiseren. Maar het is wel, kijk dit (normale fotografie) is heel snel. En met een drone vergt het wat meer planning. Je bent afhankelijk van het krijgen van de vergunning en van het weer.

Wat ik wel grappig vind van die dingen is dat ik laatst bij Heracles-Ajax was, daar vlogen ze ook met zo'n ding en je ziet dat iedereen ermee bezig is. Terwijl iedereen wel weet wat het is, maar toch zie je mensen wijzen en kijken, het heeft een hele hoge attentiewaarde.

Thales heeft nu een radar laten zien die drones kan oppikken, de Amerikanen dachten dat met kerst 2015 er een miljoen extra drones in de lucht zouden komen omdat dat het kerstcadeautje gaat worden.

S: Veel mensen zijn natuurlijk laaiend enthousiast over drones, maar heel veel mensen vrezen ook voor hun privacy.

D: Nouja, of er nou een vliegtuigje of een luchtballon boven mijn tuin vliegt of een drone. Dat voelt toch ineens heel anders. Dat was voorheen natuurlijk net zo met dat vliegtuigje, daar was men in het begin daar ook angstig voor.

S: Voorziet u nog problemen met betrekking tot het gebruik van drones binnen de bouw? Behalve dan de aspecten die u zojuist al noemde (vergunningen en te weinig liftvermogen).

D: Ik voorzie niet zozeer problemen ik zie vooral kansen, maar je zult eerst nog het een en ander moeten organiseren voordat je er iets mee kunt. Wat voor alle techniek geldt is dat het het leven mooier en makkelijker moet maken, email is bijvoorbeeld een verbetering, maar is op sommige gebieden ook een verslechtering. Dit (face-to-face) contact is ook belangrijk, je krijgt nu andere informatie dan wanneer je me een enquête had toegestuurd en ik die had ingevuld.

Wat je heel veel ziet met nieuwe technieken die worden geïntroduceerd op een bepaald moment, dan moet dat het gaan doen. Als iemand daarmee aan het werk gaat en er niet van overtuigt is dat het hem wat brengt. Dan gaat hij er niet zo veel mee doen. Ik denk dat je heel goed moet weten wat een bepaald type drone kan toevoegen aan dat proces en wie daar dan belang bij heeft en wie je zo'n ding eerst laat gebruiken, voordat de massa het gaat gebruiken. Dat zie je bijvoorbeeld bij gehoorbescherming en veiligheidsschoenen. Twintig jaar geleden deed niemand dat en tien jaar geleden vond je nog steeds mensen die vonden dat ze op klompen op de bouw moesten lopen. Dat is nu vrijwel verdwenen en is iedereen ervan overtuigt dat veiligheidsschoenen toch wel het beste werken en dat ze ook gewoon prima lopen en dat je er geen zere voeten van krijgt.

S: Stel nou dat jullie in de toekomst zelf ook een drone zouden aanschaffen, wat zou zo'n ding dan in principe mogen kosten?

D: Geen idee, ik ben veel meer geneigd te zeggen "Wat levert het op?". Dus eigenlijk is dat niet eens zo heel erg interessant, het gaat om het rendement. Laten we bij de veiligheidsschoenen blijven, als iedereen op goedkope schoenen loopt en ze hebben aan het eind van de dag zere voeten en ze lopen drie keer per week te mopperen op die schoenen kun je beter twee tientjes meer uitgeven aan goede schoenen waarmee ze aan het eind van de dag nog goed kunnen lopen. En dat geldt voor zo'n drone ook. Dat zie je in algemene zin natuurlijk in heel veel van wat wij gebruiken. In veel gereedschappen zijn een, twee of drie partij marktleider en wat de andere maken is niet interessant. Zeker in de professionele markt heeft zogenoemde 'Chinese rommel' gewoon geen zin als je daar dagelijks mee wil werken. Dus wat die drone moet kosten is zo heel moeilijk te zeggen.

Appendix D: Interview Company N

Enschede, 5 november 2015

Aanwezig:

Respondent E (bedrijf N)

Simon Janssen (Universiteit Twente)

S: Hoe zou u bedrijf N als beste omschrijven, het is natuurlijk een vrij groot bedrijf. Maar wat is nou jullie core business?

E: Bedrijf N houdt zich bezig met projectontwikkeling voor utiliteitsbouw, woningbouw, renovatie en onderhoud. Ik zeg wel eens “in de gebouwde omgeving doet bedrijf N alles wat boven de grond uit komt”. We bouwen wel kelders, maar geen civiel werk als waterwegen en infrastructuur. Al het burgerlijke, of utilitaire werk zoals dat zo mooi heet. Geen klantenwerk, we werken niet met particulieren altijd met grotere partijen.

S: Welke functie vervult u binnen bedrijf N?

E: Ik ben adjunct directeur van bedrijf N Oost en Noord. Ik verantwoordelijk voor een deel van de acquisitie van oost Nederland, dus tot en met Apeldoorn. We hebben meerdere vestigingen en zitten eigenlijk in het midden van het land. Niet in het hoge noorden, niet in het diepe zuiden. Maar wel de hele band rond de A12 en de A1 om maar zo te zeggen. De helft van mijn werk is dus het krijgen van werken voor deze regio voor al die takken van sport. Andere deel van mijn werk is het begeleiden van utilitaire tenders van grote complexe projecten. Dan moet je denken aan ziekenhuizen, we zijn nu met een terminal voor een luchthaven uitgenodigd. Dat soort klussen. Een van de grootste projecten, en die hebben we niet alleen gedaan hoor maar met partners, dat was het ziekenhuis (MST) in Enschede, dat is net opgeleverd.

S: Dat zijn dus wel de grotere projecten waar jullie je op richten, dus bijvoorbeeld een corporatie als de SJHT (Stichting JongerenHuisvesting Twente) valt niet binnen jullie doelgroep?

E: De SJHT ken ik zo niet, maar we hebben we een afdeling kleinbouw zoals dat heet. Dat is ook die renovatie en onderhoudsdiensten en die doen kleinere klussen voor corporaties hier in de stad en in andere steden. Dat gaat vaak om het renoveren van een paar woningen. Als je naar de nieuwbouw kijkt gaat dat meestal over vanaf 10 woningen ongeveer. Dat is zo’n beetje het minimale project wat wij doen, de kleinere projecten zijn kleinere bouwbedrijven veel beter in, dus dat doen we niet.

S: In hoeverre maakt bedrijf N al beeldmateriaal?

Opm.: Respondent E haalt even wat voorbeelden op van beeldmateriaal.

E: Van verkoopprojecten maken we dit soort brochures. Dat spreekt wel voor zich. Voor tenders die wij dus voor de markt maken, maar op uitnodiging maken we dus ook boekjes. Met plannen van aanpak, visies, vaak is het een ontwerp of is het van hoe wij werken. Plan van aanpak hoe we het gaan bouwen en hoe we het proces gaan managen. Dat is beeldmateriaal dat wij maken en gebruiken. Dit is projectgericht, een verkoopbrochure, ook projectgericht op een plan in Nijmegen dat we realiseren.

Dat zijn voor particulieren en voor huurders verkoopdocumentatie, maar dat is dus ook voor professionele opdrachtgevers. Kortom het verkopen van al onze diensten, namelijk het ontwikkelen, bouwen en beheren van gebouwen, en hoe we dat denken aan te pakken.

Als je naar de corporate kant kijkt doen we dat ook, dat moet je eigenlijk in drie lijnen zien: conceptuele woningbouw, utiliteitsbouw (wat we doen, welke projecten en wat onze visie daarbij is), en dan nog de 'nieuwbouw, renovatie en vernieuwbouw' (met hoe we dat aanpakken, dit is bijvoorbeeld een maatschappelijk jaarverslag van wat wij ook vertellen wat we naast de financiële kant ook op maatschappelijk vlak doen).

Dit is niet voor niks vrij nieuw, ook in de afgelopen 10 jaar dat ik nu bij bedrijf N zit van helemaal niets tot nu dit en ik weet niet waar het nog naartoe gaat. We zijn steeds tot een bedrijf gekomen dat onze producten vermarkten. We zijn niet meer een aannemer door wie een gebouw gebouwd wordt. We verkopen huisvestingsoplossingen en dit is daar de verbeelding van. Dit is papier, uiteraard staat dit ook op de website en onze Facebook pagina zo zullen wij dit veel meer via allerhande media berichten en versturen/verspreiden.

S: Dat is dan dus beeldmateriaal dat hoofdzakelijk voor marketing doeleinde gebruikt wordt?

E: Ja, we hebben als je er in kijkt, als je dat ook onder beeldmateriaal schaaft, werken we heel veel met 3D, steeds meer BIM achtige modellen waar ook heel veel in gevisualiseerd wordt. Dat is iets wat weer niet zozeer hierin, maar meer in de engineering zit. Dat is ook beeldmateriaal, of eigenlijk een visualisatie van de projecten waar je mee bezig bent. Vroeger waren dat platte tekeningen, nu wordt er steeds meer op deze manier gewerkt. Er is haast geen denken meer aan de oude manier.

S: Dus jullie gebruiken bij vrijwel ieder project dat jullie doen beeldmateriaal?

E: Ja. Ofwel in presentatievorm ofwel in verkoopvorm. Heel plat gezegd wordt er altijd wel een boekje gemaakt voor een project.

S: En op de bouwplaats zelf?

E: Dat is een goede, ik denk dat het daar nog wat in de kinderschoenen staat en dat daar qua visualisatie nog wel een flinke slag gemaakt kan worden. Je ziet nu dat wij alle uitvoerders een iPad hebben gegeven waarop met bepaalde programmatuur alle informatie beschikbaar is. Idealiter zou je iedereen met een mooie interactieve bril () op, op de bouwplaats hebben lopen. Dat er gewoon real-time geprojecteerd wordt wat er moet komen en dat je dat kan toetsen. Zover is het nog niet, maar daar zijn we wel al stapjes in aan het zetten.

S: Dus als ik de vraag zou stellen welke ontwikkeling u ziet met betrekking tot beeldmateriaal in de bouw dan is dat in de afgelopen 10 jaar heel erg toegenomen van helemaal niks tot heel veel.

E: In onze branche is dat inderdaad van stapels witte tekeningen van architecten tot hoe we er nu voor staan. We zijn nog geen volwaardig marketing bedrijf, maar als je kijkt naar andere bedrijven in andere branches dan zie je dat die al langer brochures en folder maakt. Dan gaat het voor ons dus niet zozeer om de techniek maar echt meer om de beleving. En dat wordt steeds meer en meer. Wij gaan steeds meer onszelf op de klant/afnemer richten en vroeger wilden wij onze klant wel eens zien als de

corporatie als klant, nu denken we meer aan de huurders als klant. Dat proberen we dan ook te visualiseren zodat we altijd eigen mensen en gebruikers hebben in die beeldmaterialen.

S: We hadden het net al even over de interactieve bril, de soort Google Glass.

E: Ik doelde meer op de Oculus Rift, dat is op dit moment de virtuele realiteitsbril. Daar zijn we ook mee aan het experimenteren. We hebben een demonstratie gezien waarbij je met die bril heel makkelijk een huis kan aanpassen naar wat men wil en dan kun je door het huis heen lopen en erom heenlopen om te kijken of dat is wat je in gedachte had.

S: Waarvan schieten jullie beeldmateriaal?

E: Het gebouw, onze mensen en de klant. Eigenlijk altijd wel die drie-eenheid. We bouwen voor onze klant, we doen dat met onze mensen (een bouwbedrijf is een mensenbedrijf, we hebben hier geen lopende banden die het werk doen) en uiteindelijk komt daar een product uit. Maar dat is eigenlijk haast een bijproduct, die samenwerking vinden wij belangrijk.

S: Hoe verkrijgen jullie het beeldmateriaal?

E: We hebben geen professionele fotograaf in dienst, die huren we in. Ook dat is heel belangrijk, tussen een foto en een foto zit nogal een verschil.

S: Wordt er bijvoorbeeld ook gebruik gemaakt van webcams op de bouwplaats?

E: Ja, af en toe. Dat is niet standaard, maar we hebben ze wel eens.

S: U zei net al uitvoerders met iPads, wordt er ook beeldmateriaal geschoten met smartphones?

E: Ook ja, uiteraard.

S: Dus eigenlijk gebruiken jullie wel het hele scala aan beeldopnameapparatuur? Bijvoorbeeld ook warmtecamera's?

E: Ja, die gebruiken we ook voor bijvoorbeeld blowdoortests. Wat misschien ook wel grappig is zijn 3D scans bij renovaties met behulp van een 3D (waarschijnlijk laser) scanner. Die maakt een pointcloud die vertaald wordt naar een 3D model die in Revit te zien is.

S: Is dat dan van de schil van de bouw of van een ruimte binnen?

E: Dat kan alles zijn, voor renovaties kan dat de schil zijn. Voor nieuwbouw is het vaak de casco, dus de dragers waar we op gaan verder bouwen.

S: Waar gebruiken jullie de beeldmaterialen dan zoal voor? Ook bijvoorbeeld voor interne communicatie? Dus de uitvoerder wil graag overleggen over iets wat hij ziet en whatsapp een fotootje door naar de ander.

E: Dat is eigenlijk begonnen bij nazorg, de opleveringen. Dat is niet alleen tijdens de bouw, op die iPad zit software (EdControls) die de kwaliteitsbewaking kan koppelen aan beeldmateriaal en weer kan koppelen aan de verantwoordelijke. Je kunt je voorstellen dat op een bouwplaats heel veel partijen

aan de slag zijn. En zo'n uitvoerder ziet iets, een opleverpunt of een gebrek, dan maakt hij daar een foto van. Dan kan hij erbij schrijven wat er te zien is, bijvoorbeeld een kras op de deur die moet worden bijgewerkt. Dan kan hij de email van de schilder aanklikken en kan hij vervolgens de klacht doorsturen naar de schilder. Die kan dan het probleem oplossen en afmelden en dan heb je je logpunt klaar dat de klacht verholpen is. We zijn daar nu mee bezig dat ook naar de voorkant te halen, dus dat je tijdens de bouw de eigen kwaliteit ook goed kan toetsen. Dus als er een vloer gestort wordt maak je een foto van de wapening om aan te tonen dat die erin zit. Je zet het in het systeem, de opzichter ziet dat en dan heb je je dag-/logboek goed op orde.

S: Dat is wel een vrij vergevorderde manier van werken.

E: Volgens mij is het al vrij gebruikelijk. De toonaangevende bouwbedrijven doen dit allemaal. Dus het is niet zo dat het echt innovatief is. In welertermen is het kopgroep werk en niet iets voor het peloton. De meest terughoudende uitvoerders van zeg maar 55+ zijn hier erg blij mee.

S: In hoeverre maken jullie infraroodbeelden?

E: Soms is dit voorgeschreven, maar wat je ziet is dat we dit tegenwoordig bij all projecten wel doen. Je ziet in de algemeenheid in de bouw dat in de oude organisatie de opdrachtgever een opdracht in de markt zetten en een aanbesteding en ontwerp ging maken. De bouwer ging dat dan uitvoeren. De toetsing van de kwaliteitsbewaking lag toen heel vaak bij de opdrachtgever. Nu wordt dat heel vaak omgedraaid, dus dan ontkom je er niet aan om dit zelf te toetsen. Dus als je bepaalde luchtdichtheidsklassen hebt of bepaalde isolatiewaarde is het prettig om aan te kunnen tonen dat er geen warmtelekken in zitten.

S: Doen jullie die warmtemetingen zelf of huren jullie daar een extern bureau voor in?

E: Meestal huren we daar een externe voor in omdat we daar zelf niet voldoende continuïteit in hebben.

S: De bruikbaarheid van opnameapparatuur is bij jullie dus eigenlijk heel erg hoog. Zijn er nog andere manieren van beeldmaterialen krijgen die jullie toepassen?

E: Film wordt natuurlijk ook gemaakt. Van de bouw of interviews, die worden dan op de website of op YouTube gezet.

S: Welke fase van het bouwproces wordt het meeste beeldmateriaal gemaakt?

E: Dat hangt er vanaf of je een tekening ook beeldmateriaal noemt. Als je die buiten beschouwing laat is dat over het algemeen aan de voorkant van het project. Dus om het project aan de man te brengen. Als je dan specifiek naar cameraopnames kijkt is dat met name tijdens de bouw en na oplevering. Tijdens de bouw worden heel veel foto's gemaakt, ook naast die iPad foto's worden er ook normale foto's gemaakt van bijzondere momenten, maar ook van gewone bezigheden.

S: En als je dan kijkt naar wanneer het meeste beeldmateriaal wordt geschoten, is dat dan tijdens de bouw of daarna?

E: Het meeste toch wel tijdens de bouw van de delen waar men dan mee bezig is. Van de fundatie tot ruwbouw tot gevels, afbouw, ingebruikname. Dus eigenlijk de hele voortgang van het proces.

S: Dus het kijken naar de voortgang van het project.

E: Ja, en natuurlijk de bewaking van de kwaliteit.

S: Kwaliteitsbewaking, kan dat dan ook om de veiligheid van het personeel?

E: Ja. Vaak worden van onveilige situaties foto's gemaakt om mensen te alerteren. Zowel door de eigen mensen als de mensen die daar op toezien. Bijvoorbeeld een missende leuning. Daar waarschuw je ze dan voor en dat is wel belangrijk.

S: Andere toepassingen die u zo snel ziet voor beeldmateriaal in de bouw?

E: Veiligheid, kwaliteitsbewaking of bijvoorbeeld communicatie naar klanten toe. Het gebeurt vaak dat er een Facebookpagina wordt gemaakt van een bepaald project waar uitvoerders en medewerkers foto's kunnen plaatsen om te laten zien waar ze mee bezig zijn. Dat is ook fijn voor de investeerders.

S: Een ander stukje veiligheid, maken jullie gebruik van beeldmateriaal voor de beveiliging van de bouwplaats (tegen criminaliteit)?

E: Dat gaat niet met beeldmateriaal, of eigenlijk wel. Dat gaat met digitale bewaking. Dat is een systeem dat gaat filmen op het moment dat er beweging is.

S: Maken jullie wel eens gebruik van real-time beelden en in hoeverre vinden jullie dat bruikbaar?

E: Ja webcams. Real-time is nu een leuk extraatje. Het is niet zo dat dit enorm veel toegevoegde waarde voor ons heeft.

S: Bent u bekend met drones?

E: Ja. Ik heb met regelmaat zowel privé als op het werk een zien vliegen. Daar ken ik het van. Dat zijn de helicopter-drones en niet de vliegtuigdrones. Een collega van mij heeft wel een drone, hij heeft die ook wel eens gebruikt om beelden te maken voor ons.

S: Waar denkt u dat een drone in het bouwproces gebruikt zou kunnen worden?

E: Luchtfotografie. Bij grote bouwplaatsen kan ik me voorstellen dat een uitvoerder met ogen en oren krijg over wat er op de bouwplaats gaande is. Hij kan vanuit z'n keet naar de andere kant van de bouwplaats vliegen om te kijken de mensen doen wat ze moeten doen, of er ergens problemen zijn of bijvoorbeeld of er iets in de weg staat. Dat scheelt steeds heel veel lopen. Ik weet alleen niet hoe de bouwvakkers daarop gaan reageren.

Het is op een bouwplaats een sport om snel door te werken als ze weten dat er een opzichter aan komt en dan weer rustig aan te doen als die weer weg is. Het schijnt dat ze nu al een groepsapp hebben waarin ze doorsturen dat de baas er aan komt. Misschien moeten we dan ook telefoons innemen op de bouwplaats. Je ziet ook veel ZZP'ers die op de bouwplaats driftig aan het doorwerken (bellen) zijn en dat zorgt toch wel voor veel tijdsverlies.

S: Heeft u nog andere toepassingen die u zou kunnen bedenken voor een drone binnen de bouw?

E: Misschien wel inspecties en onderzoek of iets dergelijks. Als je een gevel moet opnemen, maar het is een hoge toer dan kun je niet zo makkelijk bij komen en met drones kun je natuurlijk van dichtbij bepaalde opnames maken.

Als je een kleine drone zou hebben kun je misschien wel naar kruipruimtes gaan die heel vaak voor mensen moeilijk bereikbaar zijn. En misschien zelfs wel in kanalen.

Opm.: Aan het eind van het interview kwam de onderstaande optie nog naar voren:

Ik denk dat er zo'n 50% van de uren echt effectief gebruikt wordt aan metselen of timmeren. In Lean termen wordt dat aangegeven met rood en groen. Bij het MST is gebruik gemaakt van 'runners' die een deel van het werk, het halen en brengen van materialen, van de werkers uit handen nam waardoor er meer tijd besteed kon worden aan daadwerkelijk bouwen. Als je dat met drones zou kunnen doen zo dat natuurlijk mooi zijn.

Bij inspecties denk ik aan een visuele inspectie van de gevel. Zeker bij grote gebouwen, daar moet je nu met een hoogwerker bij en dat is natuurlijk ideaal voor een drone. Dat is een enorme tijd en geld winst. Ik denk wel dat het goed zal zijn als ze dan computer gestuurd worden. Ik heb wel eens gezien dat iemand met een vrij zware camera in een vrij zware multicopter vloog en hij had er behoorlijk moeite mee om dat ding te besturen. Dus als je een soort coördinaten zou kunnen invoeren en dat ding zelf zou kunnen laten vliegen zou dat heel veel helpen.

S: Dat wordt tegenwoordig vaak gedaan met behulp van Google Maps.

E: Ooh ja, dat gebruik ik eigenlijk dagelijks. En als ik het dan niet kan vinden op Google ga ik naar Bing Maps en dan krijg je weer andere plaatjes. Of via Google StreetView kun je heel veel zien.

S: Dus hoofdzakelijk inspecties en onderzoeken.

E: Ja dus met name tijdens en na de bouw, en misschien gedurende het hele proces. Wat is de regelgeving eigenlijk omtrent drones?

S: Dat is inderdaad nog een puntje, momenteel is dat nog vrij stroef. Het kan wel vrij gemakkelijk met de juiste papieren en in het buitengebied.

E: En in een stad?

S: Dat is al lastiger, je vliegt over een woonwijk heen en dat is qua veiligheid en privacy nog niet geaccepteerd.

E: Ja als je zo'n apparaat op je voorruit krijgt wordt je daar niet vrolijk van. En je kunt er zo je buurvrouw mee bekijken.

Voor de infrabouwers zou het ideale toepassingen kunnen hebben. Om bijvoorbeeld peilhoogtes op te nemen of als je een berg zand hebt kun je real-time bijhouden hoeveel zand daar nog ligt.

S: Stel nou dat bedrijf N een drone in het bezit zou hebben, hoe vaak zou die dan gebruikt worden?

E: Dat ligt aan de beschikbaarheid van degene die hem gaat bedienen. Als je dat goed wil doen denk ik dat je eigenlijk wel 2 fte's nodig hebt om zo'n drone te bedienen. Die kosten zijn dan natuurlijk veel hoger (2x €60.000 op jaarbasis). Dan kun je dus beter een extern bureau inhuren.

S: Welke percentage van de bouwprojecten zouden jullie dan gebruik willen maken van een drone?

E: Das vind ik lastig om te zeggen, een aanbod schept ook een vraag. Ik denk dat als je dat nuttig zou willen besteden op jaarbasis 10 projecten een week lang zou zijn. Dus 10 weken, dat is nog vrij veel. Dus zeg 5-10 weken per jaar.

S: Voorziet u nog problemen met betrekking tot het gebruik van drones in de bouw?

E: Het zou hinderlijk kunnen zijn voor burelen. Ik denk dat je het buiten werktijden om moet plannen omdat het afleiding of gevaar kan opleveren.