

Augmented worlds, the adoption of Augmented Reality in the design process.

A review on the effects of using an AR co-design environment on team interaction.



A master thesis by Ruby Kroon



// COLOPHON

Master Thesis

Author Ruby Kroon
Student number 4216253
Personal email address ruby_kroon9@hotmail.com

Program details Delft University of Technology
Faculty of Civil Engineering and geo science
Master Construction Management & Engineering
Intelligent Construction Systems

Graduation Committee

Chairman Hans Bakker
TU Delft

Supervisors Sander van Nederveen
TU Delft

Stephan Lukosch
TU Delft

Company supervisor Erik Kraan
Witteveen +Bos

Delft, 4 December 2018

PREFACE

I am eager to learn, a dreamer, a perfectionist, but most of all I am not a person that is quickly satisfied. When I was first introduced to the technology of Augmented Reality (AR) and its possible applications in construction, it was this personal quality that made me want to start a research of my own.

AR was introduced to me by a bunch of enthusiastic businessmen at the Digital Construction Week at London ExCel. It would become the future of construction, for sure. Though, asking these businessmen about the use of AR within their companies ended up with me being extremely disappointed. Not only did none of them actually use the technology, they could neither tell me when they were going to use it or in what form. This raised a lot of questions, a lot of which I still cannot answer to this date. Though, in the past half year I was able to dive into the technology of AR and make it my own. I might not be able to answer all the questions concerning the future of AR, but I can give you the whole experience.

This research gave me the opportunity to combine my favourite subjects of design, construction and management, develop my research skills, develop new skills and for the first time manage a project of my own including actual stakeholders. It took me some time to find my path and in moments I wished I would have chosen a less complicated subject or approach. But in the end I am very satisfied with my research and I think I learned more than I could have wished for.

I would like to thank my committee members for their support and advice during the course of my research. My colleagues at W+B for the opportunity to do this research and the support in gaining knowledge of AR. The participants for their active part in the experiment and their input in the interviews. My friends for all the sleepovers and support. And of course my mother, who was always there to give support and advice even though she didn't understand half of it.

Delft, 4 December 2018

SUMMARY

Lacking interaction is a problem that occurs project wide in the construction industry and can cause diverse effects, leading to mistakes and rework. This lack often originates in the design phase due to the separation of the design and construction teams. Within these teams interaction takes place in the form of four modalities: collaboration, communication, cooperation and coordination. The main problems that affect these modalities in the design process are the processing of information, the accessibility of information and lacking information systems. Solutions to these problems are sought within the digitalisation of the industry. A promising technology to enhance interaction is Augmented Reality (AR). AR can increase interaction by providing visualisations of high quality models and information. By creating a shared reference and workspace, positive effects are expected on several aspects of the modalities of interaction.

This research studies these effects by answering the main research question:

What are the effects of using an AR co-design environment as a supportive tool during design meetings in the design process, on the interaction within a project team?

To answer the research question, a qualitative research was conducted analysing the theoretical and practical effects of two AR environments. The first environment was an AR scale model (condition 1), the second environment an AR 1:1 model (condition 2). A literature review analysed which aspects of the four modalities were present in the conditions and how these aspects could in theory be affected by the use of AR. With this knowledge, an experimental set-up and evaluation framework were created. The experiment let each experimental group execute one co-design assignment in three different conditions; both of the AR conditions and a baseline condition (condition 0) that provided the users with a traditional design set-up. Three groups attended to the study, each consisting of three participants with a different background in construction. The effects of the AR environments on the interaction were measured with the use of observations and group interviews after each experiment round. The results of these findings were analysed with an evaluation framework and narrative analysis.

Surprisingly, the study resulted in diverse outcomes for both AR conditions. The work has demonstrated that the use of AR can indeed bring several benefits in the interaction within a project team. Though, results highlighted that the occurrence of these benefits is highly dependent on the type of application that is used. The AR scale model did not live up to the expectations and overall scored negatively compared to the traditional design method. The cause for this is attributed to technical limitations and unfamiliarity with the interaction principle of the AR environment. Unlike the scale model, the AR 1:1 model scored better than expected. Participants showed extreme enthusiasm about the method. In total, 8 out of the 11 indicated aspects showed positive effects compared to the traditional design method. And the total score on interaction lied around seven times higher than with the traditional method.

The combined results indicate four aspects with positive effects in both applications. These were mutual understanding, cooperative behaviour, access to information and task alignment. None of the aspects had negative effects in both applications.

Overall, the research has proven the possible positive effects of the use of AR. The results create insight in the usability of AR in the design process and the benefits and possible pitfalls of adopting AR in this process on the interaction within the design team. This knowledge can be helpful to both science and practice. AR applications can be developed more specified to the design process of construction projects and companies can apply AR more effectively. Despite this, the study results indicated important factors that influence the occurrence of positive effects and underlines the importance of further research and more real-life experiments for the development and adoption of AR as a design environment.

LIST OF CONTENTS

Preface	3
Summary	5
List of contents	7
List of figures	9
List of tables	11
List of abbreviations	13
1. Introduction	15
1.1 General topic	15
1.2 Problem definition	17
1.3 Objective	17
1.4 Scope	17
1.5 Research questions	17
1.6 Relevance	18
1.7 Thesis outline	18
2. Literature review	19
2.1 Augmented Reality	19
2.2 Interaction in a project team	21
2.3 Augmented Reality in the design process	26
2.4 Summary	30
3. Research Methodology	35
3.1 Research strategy	35
3.2 User study design	36
3.3 Data gathering	43
3.4 Analysis	44
3.5 Validity & reliability	44
4. Results	45
4.1 Questionnaires	45
4.2 Observations	47
4.3 Interviews	51
5. Discussion	55
5.1 Differences between the experimental groups	55
5.2 Combined findings & comparison with literature	58
5.3 Problems preventing the adoption of AR	62
5.4 Limitations of the research	64
5.5 Suggestions for future research	64
6. Conclusion	65
6.1 Summary of the results & answer to the research questions	65
6.2 Recommendations	69
Reflection	70
References	72

LIST OF FIGURES

1	Upcoming technologies in construction	15
2	Prospects AR/VR market	16
3	Mixed-reality continuum	19
4	Overview of hardware types by space	20
5	Functions of AR	20
6	Relationship between the four Cs	21
7	The process of communication	23
8	Project lifecycle phases	26
9	The design process	26
10	Research structure	35
11	Visors	37
12	Holographic models	38
13	Set-up condition 0 (traditional design method)	39
14	Set-up condition 1 (AR scale model)	40
15	HoloLens gestures	40
16	Options menu	41
17	Set-up condition 2 (1:1 AR model)	41
18	Markers with corresponding holograms	42
19	Comparison of attitude towards AR before and after the experiment	46
20	Overall performance of each group in all conditions	57
21	Overall performance of each group in the order of the experimental sessions	58
22	Combined findings of the observations and interviews for all groups	58
23	Comparison of the results with the expectations from literature	59

LIST OF TABLES

1	Digitalization of different industries	15
2	Requirements for achieving good collaboration and barriers based on BIM	22
3	Types of cooperative behaviour	24
4	Summary of the effects of AR	28
5	Applicable effects of AR	30
6	Aspects of interaction present during a design meeting	31
7	The expected effects of AR on the indicated aspects	32
8	Evaluation framework for the observations	33
9	Evaluation framework for the interview transcripts	34
10	Characteristics of each condition	38
11	Results of the preliminary questionnaire	45
12	Main observations during the experiment of group 1	47
13	Main observations during the experiment of group 2	48
14	Main observations during the experiment of group 3	48
15	Observation results for each group in all conditions	49
16	Observed effects of condition 1 and 2 for each group	49
17	Perception of the participants of group 1	51
18	Perception of the participants of group 2	52
19	Perception of the participants of group 3	52
20	Interview results for each group in all conditions	53
21	Perceived effects of condition 1 and 2 for each group	53
22	Combined findings of the observations and interviews for each group	56
23	Features of the technology that need improvement	62
24	Aspects of team interaction and the expected effects of AR	66
25	Observation results	66
26	Interview results	67
27	Main results	68

LIST OF ABBREVIATIONS

AR	Augmented Reality
BIM	Building Information Modelling
CSF	Critical Success Factor
EAC	Engineering Architecture & Construction
HMD	Head Mounted Display
SLAM	Simultaneous Localization and Mapping
VR	Virtual Reality

1. INTRODUCTION

1.1 General topic

Construction projects worldwide suffer an average of eighty percent increased costs and twenty months delay in delivery date. Previous studies identify the main problems in construction causing mistakes and sloppiness to be caused by the separation between the designer and the builder, the different platforms used to convey information and the high amounts of information available (Alsafouri & Ayer, 2018; Argawal, Chandrasekaran, & Sridhar, 2016; Chi, Kang, & Wang, 2013; Nursin, Latief, & Ibrahim, 2018; Wang, Truijens, Hou, Wang, & Zhou, 2014).

The construction industry is labelled the least efficient industry. Dutch companies acknowledge this label and the need for more efficiency and development of the industry, though solutions to achieve this are not given by the industry (The Economist Group Limited, 2017; Ton, 2018). The academic world predicts that part of the solution lies within an increase of the efficiency of team interaction (Chu, Matthews, & Love, 2018; Keys, Silverman, & Evans, 2016; Martinetti, Rajabalinejad, & Van Dongen, 2017; Nursin et al., 2018; Thomas, Tucker, & Kelly, 1998).

One approach that could reduce interaction problems is to increase the use of information technologies within project environments. The construction industry has a broad margin for improvements in this domain. A verification of this is given by table 1, which compares the digitalization of different industries. It presents evidence that most industries have been developing and digitising in several business aspects while the construction industry, positioned at the bottom of the table, lacks digitalisation in almost every aspect (Argawal et al., 2016). Along with this opportunity to develop in digitalization, technologies are emerging rapidly, targeting the construction industry. Figure 1 presents the emerging technologies and their expected impact according to the Dutch construction industry.

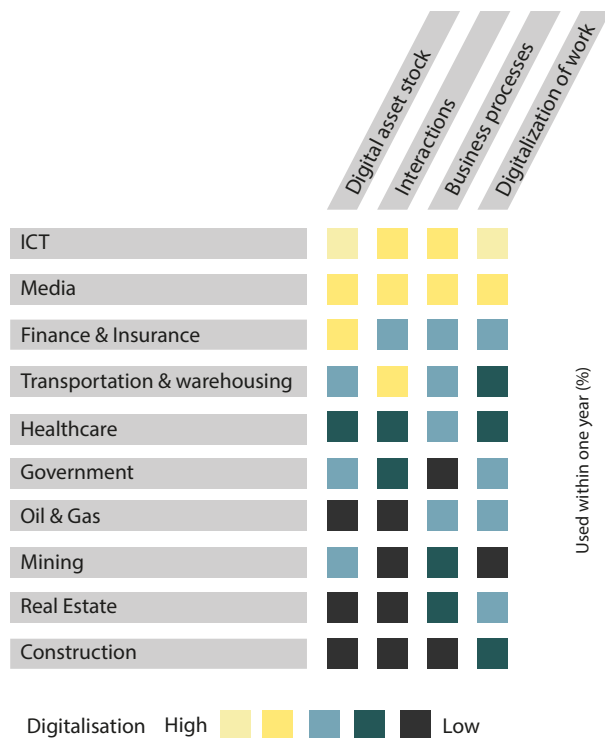


Table 1: Digitalization of different industries (Argawal et al., 2016)

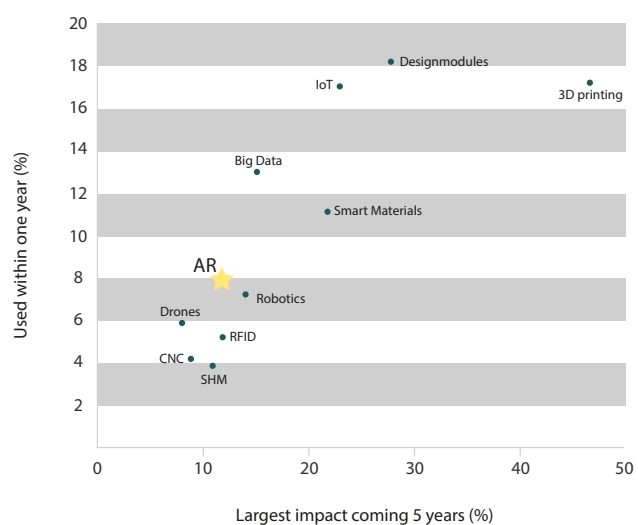


Figure 1: Upcoming technologies in construction (van Heel, 2016)

The potential of new technologies in increasing team interaction lies in three principles (Dainty, Moore, & Murray, 2006):

1. Speeding up the processing of information
2. Making information more easily accessible
3. Improving management information systems for more effective decision-making and control

The emerging technology that stands out to adhere to these principles is Augmented Reality (AR). AR prospects are promising. All market revenue estimates show extreme growth rates up until 2025. Figure 2 presents prospects for the combined AR/VR market growth. This assessment forecasts a multiplication of more than 22 times the current market size and will potentially level with the current smartphone market.

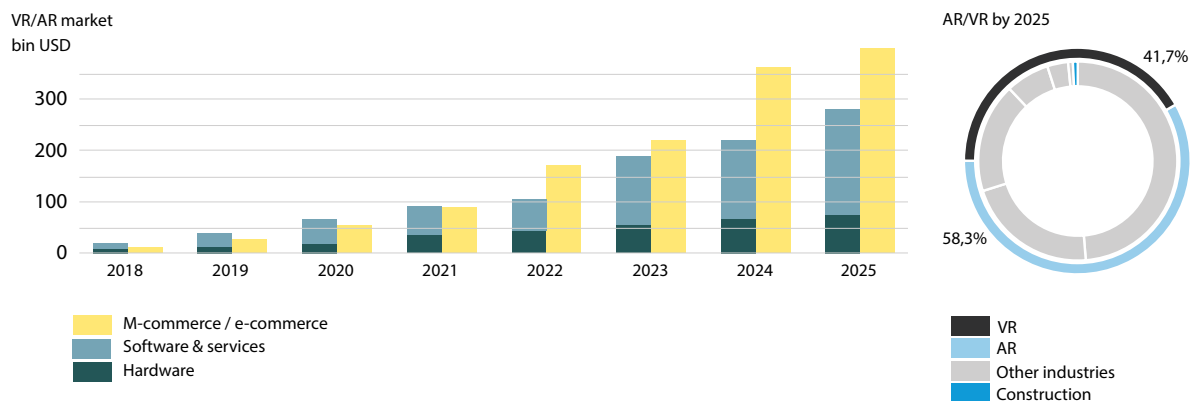


Figure 2: Prospects AR/VR market
(Bellini et al., 2016; Grand View Research, 2017; Neumann, 2017)

In construction, AR applications have the opportunity to increase the efficiency of team interaction by creating an interactive design environment that facilitates non-verbal communication (Billinghurst & Kato, 2002; Gül, 2017). Due to the current level of development of the technology less complex AR applications are expected to be employed first. Examples are applications of AR in the design process or in relatively safe maintenance tasks (Martinetti et al., 2017; Shen, Ong, & Nee, 2010). However, it remains uncertain if AR will have positive effects in these situations (Zhai, Goodrum, Haas, & Caldas, 2009), AR can create as many problems as it solves. Therefore, the adoption of AR should be made with caution and not undermine effective team interaction.

Previous studies into AR and co-design focus primarily on development of the technology and its possibilities in the early design phase (Behzadan & Kamat, 2007; Schubert, Schattel, Tönnis, Klinker, & Petzold, 2015; Seichter, 2003; Shen et al., 2010). Experiments that prove the effectiveness of these methods are not considered, meaning that prove of benefit that AR supports interaction in the design process is scant and only based on theoretical assumptions or research in other industries. Studies that did perform experiments with AR in construction used sample groups composed of mostly male students (Chu et al., 2018). In comparison to construction project teams, young men are likely to understand the AR technology faster and have a more positive attitude towards the technology and thus perform better in these experiments.

The purpose of this study is to examine the aspects of interaction present in the design process that can potentially be affected by the use of AR. The study composes a literature review and an experiment featuring a real-life situation. The research is set up to be an exploration of the use of AR in construction and design and the results can be used as a basis for further more specified research.

1.2 Problem definition

The main problems in construction originate from lacking interaction within the project team. The cause for these problems lay within the processing of information, the accessibility of information and lacking information systems. AR is a technology that can fill these gaps, though the effects of using AR for this purpose are not yet clear which withholds adoption and extensive testing with the technology.

1.3 Objective

The research objective is to define the effects of adopting collaborative AR in the design process on the interaction within a project team by analysing the interaction within a project team that is executing a co-design assignment with and without the use of AR.

1.4 Scope

The boundaries of the study are given by the underlined terms in the objective. All of these terms have different implementations, this paragraph will elaborate on the implementation used in this research.

Collaborative AR in the design process

The evaluated AR application is a collaborative AR environment consisting of a system and a platform. The system in this study is set to a co-design system in the form of a local collaboration in one augmented reality. This represents a system in which multiple users are physically together to perform a task. The chosen platform is an AR application for the Microsoft HoloLens.

The project team

In general, a construction project consists of internal and external stakeholders. Internal being the designers, engineers, managers and clients. External being governmental bodies, local organisations, interest groups and inhabitants. Nowadays it is often common to include external stakeholders in the design process to prevent friction later in the construction project. In this research, the project team is considered only internal stakeholders that have a role in the design process.

Interaction

A definition of interaction given by sociological studies (Denise, 1999; Macfadden, 2018; Răzvan & Eniko, 2010) is retained in this research. In this perspective, interaction consist of four aspects also referred to as the 4C's; collaboration, coordination, cooperation and communication.

1.5 Research questions

Main question

What are the effects of using an AR co-design environment as a supportive tool during design meetings in the design process, on the interaction within a project team?

Sub-questions

1. What characterises the interaction within a project team during design meetings in the design process?
2. How are these aspects theoretically influenced by the use of an AR co-design environment?
3. What are the effects in real-life of using an AR co-design environment during a design meeting?
4. How do team members perceive the use of an AR co-design environment and its influence on the interaction within the group?

1.6 Relevance

This research intends to increase the use of the AR technology and enhance the adoption of collaborative AR within the design process. Previous studies focus primarily on theory and assumptions where this research is practice-oriented, it studies the initiation of a new application.

Considering the prospects, opportunities and current applications of AR, it is expected that AR has the potential to change the industry forever and bring construction practices to a new level. This makes research into this topic relevant to both science and practice.

Scientific relevance

The current studies of AR in construction mainly appoint the theoretical benefits and requirements for further development of the technology. Research into the effectiveness and usability of AR in the design process remains scant. What misses is prove that the applications have a remarkable impact on work processes, a link to the market demands and substantial gains that cannot be achieved with traditional alternatives (Chu et al., 2018; Schmalstieg & Höllerer, 2016).

This study will research if the theoretical benefits of AR are also present in real-life usage. The outcome of the study will gain new insight into the beneficial areas of AR in construction, the added value over traditional methods and the possible causes why AR does not show benefits or does not add value. These outcomes can subsequently be used to improve the technology in specific areas.

Practical relevance

On the long term, the application of AR can provide an environment that supports future building methods, increased project complexity and the expected shortage of skilled employees (Argawal et al., 2016; Wang et al., 2014). This research intends to pioneer in encouraging managers, designers and contractors to embrace the AR technology and step out of their comfort zone.

By providing a structured overview of the aspects of interaction that are affected by AR, the potential of AR for team interaction and the reasons as to why AR is not adopted yet will enable practitioners to start using the technology more accurately which can decrease mistakes, boost profits and increase the general adoption and development of the AR technology in construction. Gradually more companies can be persuaded to perform real-life trials. The outcomes of these trials will help identify problem areas and enable researchers and developers to improve the technology and its applications.

1.7 Thesis outline

The subsequent structure is followed in this report. Chapter 2 provides a theoretical background on the subjects of the research. The chapter answers sub-question 1 and 2, which together form the basis for the experimental set-up and evaluation principles. The summary of the chapter answers both sub-questions more explicitly after which the evaluation framework that was used for this research is introduced. Chapter 3 elaborates on the research strategy and the chosen methods to perform the study, giving an extensive overview and explanation of all the used methods and data sources. The experiment is described in full detail, including the case, assignment and analysis methods. The results of the experiment are presented in chapter 4. Which thereby answers sub-questions 3 and 4. Chapter 5 discusses these results and leads to the answer of the main research question. The chapter also provides the limitations of the study and opportunities for further research. Chapter 6 ends with the final conclusion and recommendations of the research.

2. LITERATURE REVIEW

The basis of the research is created with a literature review that elaborates on three topics. An overview of the AR technology and the forms in which AR is used in this research is given. The practices and processes of interaction within a project team are analysed to answer sub-question 1: “What characterises the interaction within a project team during design meetings in the design process?”. And previous studies into AR are analysed to answer sub-question 2: “How are these aspects theoretically influenced by the use of an AR co-design environment?”. The results of the literature review are used to create an evaluation scheme, interview framework and experimental set-up.

2.1 Augmented Reality

Augmented Reality (AR) is a technology that superimposes a computer-generated image on a user's view of the real world, thus providing a composite view. Figure 3 shows the mixed reality continuum by Milgram & Colquhoun (1995). The figure defines the area between the real and the virtual environment. Real being our everyday lives and virtual being, for example, a game environment. Within this continuum the places of both AR and Virtual Reality (VR) are drawn. The figure visualises the relationship that bridges the spatial and cognitive gap between real and virtual. As AR lies closer to the real environment, its goal is to make the user perceive that the digital information is part of the real world. The figure fails to show the aspects that all environments consist of. Of course, this is everything you can see and current AR and VR applications visualize this. Though, as in real life, one can also feel, hear, taste and smell. As soon as this can be mimicked in AR and VR, this will also be part of the mixed reality environment (Schmalstieg & Höllerer, 2016).

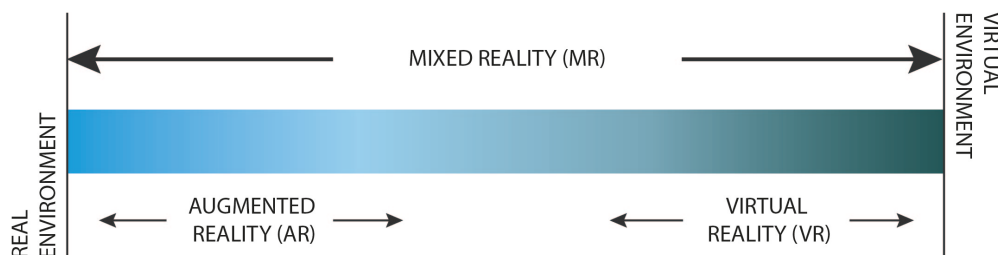


Figure 3: Mixed-reality continuum (Milgram & Colquhoun, 1999)

2.1.1 Collaborative AR

Most of the existing AR applications are created for individual usage. This study researches the effect of AR within a design team, which requires the use of collaborative AR. A collaborative AR system is a system in which the users do not rely on information stored by a computer but on each other's actions in the virtual environment. Three categories of collaborative AR exist (Renevier & Nigay, 2001):

1. Remote collaboration in one AR environment
2. Remote collaboration in multiple AR environments
3. Local collaboration in one AR environment

This study focusses on category three in which a shared visual environment is created or adjusted by the actions of the users. This category matches with the tasks and needs in design processes and has demonstrated to be beneficial in previous research (Du, Shi, Zou, & Zhao, 2018; Gül, 2017; Renevier & Nigay, 2001).

Two classes of collaborative AR-based design systems exist: visualization-based design systems and co-design systems. Visualization-based design systems provide an AR-based environment in which the designers can visualize, annotate and inspect the 3D models collaboratively. In co-design systems, the designers can create and modify 3D models collaboratively in the 3D space (Shen et al., 2010). This study reviews the application of a co-design system.

2.1.2 AR methods

There are several methods in which AR can be applied. Figure 4 presents the four main hardware types by the space in which they are applied. Stationary and projection AR systems have a permanent location during usage. This enables high quality features resulting in more precision, better recognition and less sensitivity to environmental influences. Examples of such systems are the head-up display, desktop display, virtual mirror, virtual showcase and window and portal displays. The prevalent AR hardware at this moment are the hand held devices, being a newer generation tablets and smartphones. Due to the in-built cameras and GPS function of these devices, both visualisation and tracking are of high quality while extra investment costs are diminished.

This study makes use of a Head-Mounted Display (HMD) in the form of the Microsoft HoloLens. The HMD is a hardware application mounted to the users head. At the moment HMDs are the most realistic AR application because they show augmentations from the perspective of the user while keeping the user's hands free. Other advantages of the HoloLens are the high quality and high resolution of the holograms. Often mentioned disadvantages of the first version are the size, fitting, battery life, field of view, inability to be used outside, occurrence of glitches and the price (Aukstakalnis, 2017; Glockner, Jannek, Mahn, & Theis, 2014; Schmalstieg & Höllerer, 2016).

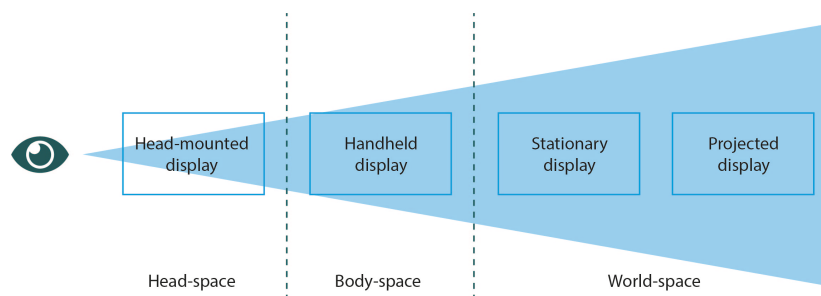


Figure 4: Overview of hardware types by space (Schmalstieg & Höllerer, 2016)

2.1.3 AR functions

AR is not a new phenomenon. The last few years an increase in development took place, leading to many new AR applications. To create insight on the possibilities of AR, appendix A gives an overview of several working AR applications in other industries and the opportunities in construction. Analysing these applications several functions can be distinguished, sub-dividing AR into three categories: inform, experience and perform. Each of these categories has several sub categories. A general overview of the functions of AR is given by figure 5, a more thorough explanation of the overview and the definitions of the functions can be found in appendix A. Most AR applications do not necessarily fit into one sub-category. Often applications are a combination of multiple functions to create an integrated application.

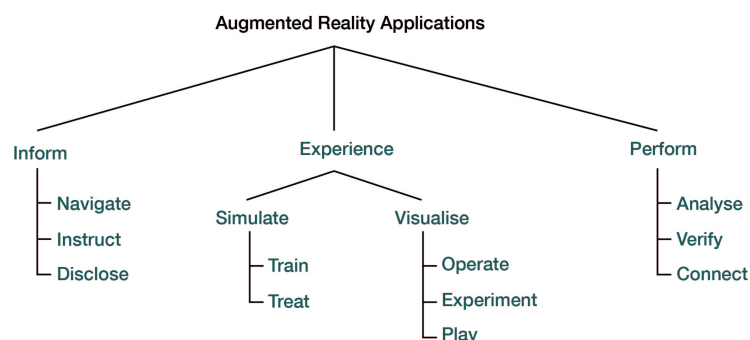


Figure 5: Functions of AR (appendix A for background)

2.2 Interaction in a project team

One way to evaluate team interaction is by the use of the sociological “four C’s model”. The four C’s model divides interaction into four “interaction modalities” being collaboration, coordination, cooperation and communication (Denise, 1999; Macfadden, 2018; Răzvan & Eniko, 2010). All of these modalities are important factors in the creation of effective interaction but are often confused or interfering with each other. To evaluate interaction, the modalities should be carefully distinguished from one another.

Many studies count coordination, cooperation and communication as sub-divisions of collaboration. All of these modalities are indeed related to collaboration, though they are not the same. Figure 6 reveals the relationship of all four modalities to each other (Răzvan & Eniko, 2010). Collaboration has a constant exchange with the other modalities. The difference between collaboration and the combination of the other three modalities lies within the perspective. Collaboration is based on the whole team, it is a shared effort. The other modalities also contribute to achieving a shared effort but are based on the individuals that take part in the interaction (Denise, 1999; Grosz, 1996).

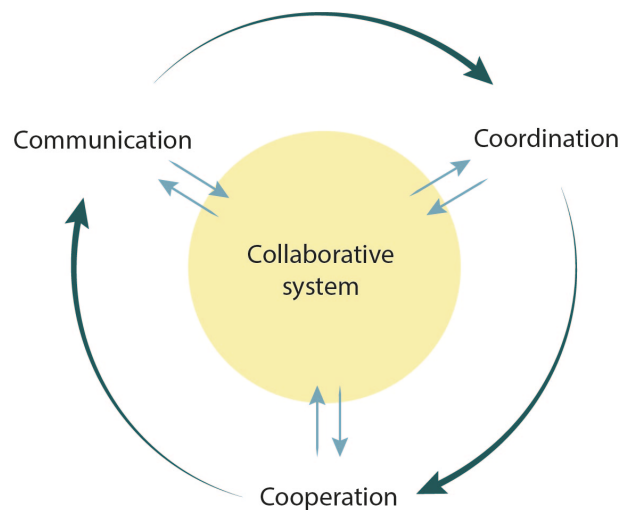


Figure 6: Relationship between the four Cs (Răzvan & Eniko, 2010)

2.2.1 Interaction in the construction industry

To create an integrated high quality design that complies to all requirements and standards, the whole project team has to collaborate, communicate clearly, cooperate and data has to be well coordinated (McKenzie et al., 2014). The primary cause for problems in interaction is often ascribed to the project-based structure of the construction industry. Several aspects of this structure challenge the internal and external interaction present within a project. The first aspect is the organization of a high amount of people. All projects involve a wide variety of stakeholders. Each of these have their own (competing) needs and objectives, act as independent actors and interact on different interfaces. Within this group of stakeholders, a project team is organized consisting of diverse members, having different backgrounds and a different amount of input. This results in a dynamic and sometimes changing team composition, which limits the team in establishing firm and more permanent forms of interaction. Secondly, there is a lot of information present within construction projects, which results in high amounts of data exchange that increase the complexity of the project and challenges the organizational fragmentation of the industry. A lot of this data contains qualitative objectives, which are often open to different interpretations and especially affect the interaction between stakeholders with different backgrounds. Third, the project itself is always in a way unique. Unforeseen changes might put more pressure on the cost and time constraints that were set in the primary phases of the project. Trying to maintain these constraints, puts pressure on all aspects of interaction (Alaloul, Liew, & Zawawi, 2017; Dainty et al., 2006; Kubicki, Bignon, & Halin, 2005).

2.2.2 Theory of the four modalities

Collaboration

Collaboration is the activity of working with someone else for a special purpose. Within the design process this involves all disciplines working together, sharing knowledge and learning from each other. Both analysing the problem and giving feedback to ideas, should be made collectively by the entire design team (McKenzie et al., 2014).

Within the Architecture Engineering & Construction (EAC) disciplines a good collaboration can lead to enhanced decision-making, improved stakeholder relations and more innovation that could again lead to increases in profits and cost reduction (Keys et al., 2016; Liu, van Nederveen, & Hertogh, 2017; Nursin et al., 2018). A good collaboration is achieved when high quality communication, cooperation and coordination continuously interchange information with a collaborative system (Răzvan & Eniko, 2010). Such a system can take many different forms. For the purpose of this study a co-design environment is used as a collaborative system. This system is considered good if it supports the collaboration between the users.

Previous research identified several indicators of good collaboration in construction. Liu et al. (2017) introduced three components that should be considered to come to good collaboration; technology, people and process. Nursin & Latief (2018) identified five critical success factors (CSFs) that need to be fulfilled to achieve good collaboration; provide shared workspace, create a feeling that individuals are treated equally, provide social space together, have a structured project implementation and create an equal feelings in language. Though, practice has shown that there is more to successful collaboration than providing the environment for it. To explain this, Building Information Modelling (BIM) is used as a reference. BIM is the first large scale all-round collaborative environment applied in the construction industry. It enables all disciplines within a project team to share information and data about the project in one digital environment. BIM and AR partially share the same types of input data. Because of this, AR has been identified as a technology that can be used to enhance the process of information extraction from BIM. In a way, AR can be seen as the extension, executor and visualiser of BIM, being able to generate and process visualized data. Especially in this study, that analyses the effects of AR as a collaborative environment, learning from BIM can be helpful in predicting scenarios. It is assumed that both the benefits and barriers that BIM has, also have a high probability of being reflected on the adoption of AR and VR (Aukstakalnis, 2017; Chu et al., 2018; Wang et al., 2014).

Analysis of the implementation of BIM in the construction industry shows that there are still multiple barriers to overcome that affect collaboration (Alreshidi, Mourshed, & Rezgui, 2018). As this study analyses the effects of AR, it should also consider the presence of these barriers and their possible effects. Table 2 breaks down the three components of good collaboration from Liu et al. (2017) with the CSFs of Nursin & Latief (2018) and the barriers identified by the implementation of BIM.

Components	Critical Success Factors	Barriers (from BIM)
Technology	Provide shared workspace	Compatibility and reliability
		Fragmentation of the project team
		Lack of training
		Interoperability
		Lack of clarity in roles
People	Create equal feelings	Lack of trust
	Provide social space together	Industry acceptance / resistance to change
Process	Structure project implementation	Legal / contractual barriers
		Organisational implications (access, structure)

Table 2: Requirements for achieving good collaboration and barriers based on BIM (Alreshidi et al., 2018; Lee, 2008; Liu et al., 2017; Nursin et al., 2018; Wang et al., 2014)

Communications

Communication is the activity of providing and receiving information for the purpose of generating understanding. Communication is defined by the presence of a sender and a receiver and is called successful in the case that the effect of the communication evoked by the receiver meets the intentions of the sender. In most cases both assume that a shared understanding is present. This is one of the largest pitfalls within communication. Figure 7 identifies the flaw of communication, by showing how communication should actually be seen.

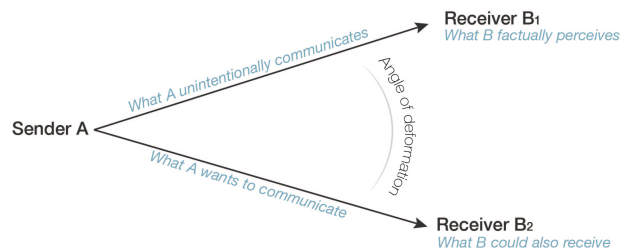


Figure 7: The process of communication (Hommes, 1980)

The main reasons for miscommunication in construction can be summarized to a lack of understanding and a lack of an appropriate method to convey information (Emmitt & Gorse, 2003).

A study by Thomas et al. (1998) revealed that high quality communications are vital to the success of a project. In the presentation of a design proposal to clients, the ability to present and communicate a design can make the difference between an acceptance or rejection. Within the project team, inadequate communication of the design information can cause misunderstandings that lead to errors, rework, delays and extra costs.

In practice, understanding between people depends mostly upon the personal interpretation of people that work in the industry. Due to the diverse backgrounds of people working in the construction industry, it cannot be assumed that a shared understanding about various topics and techniques is present (Dainty et al., 2006; Emmitt & Gorse, 2003). To minimize misunderstandings, a design should be communicated on multiple levels in a way that is understood by different audiences and the form of communication should be in tune with the needs, thinking pattern, attitude and status of the involved actors (Best, 2006; Dainty et al., 2006; Hommes, 1980).

Methods of communication are sounds, images, words, actions and demonstrations. The use of AR as a co-design environment will create a new method for users to communicate information and act as a supportive design tool. This method of communication can have a large effect on the percentage of information the receiver understands and is able to recall. Wolgater & Sojourner (1996) investigated the percentages of information that people were able to recall for three different methods. The research discovered that a combination of images and sound was recalled much better than the sole use of images or sound. In this light, AR is a promising communication method.

A third factor that often prevents the achievement of effective communication is the presence of barriers, formed by disturbances, resistances and (hidden) obstacles (Dainty et al., 2006; Hommes, 1980).

Communication disturbances are divided into physical factors, verbal factors, personal factors and psychological factors. An effective method against disturbances is the repetition of information. Good communication is therefore often characterized by active responses. These responses can be made in several forms. Examples are a request for repetition, indicating that one understands, confirmation, giving extra information and giving an explanation (Dainty et al., 2006; Hommes, 1980).

Resistances against communication are caused by situational circumstances like differences in status, discomfort of the parties, continuous interruptions, a time constraint or the content of the conversation.

Obstacles in communication are personal aspects that hinder good communication. Examples are antisocial use of language, inconsistencies, hidden agendas, power factors, language barriers, fast reaction times and reflexes. Some obstacles are hidden obstacles, these are not clearly visible. Examples of hidden obstacles are a persons' unwillingness, mentality, trust issues, ignorance, way of thinking, prejudices, fear, emotions, enthusiasm and the individual's frame of reference (Dainty et al., 2006; Hommes, 1980).

To overcome the communication problems in construction, expectations need to be managed, an infrastructure should be developed that facilitates more effective communication and barriers need to be minimized (Best, 2006; Dainty et al., 2006; Thomas et al., 1998).

Cooperation

Cooperation is the activity of exchanging information and resources in support of each other's goals without interfering with each other. The quality of cooperation is based on the balance between the participants roles, an equal division of contribution and idea generation and the level of cooperative behaviour of each individual (Burkhardt et al., 2009; Flury, 2012; Spada, Meier, Rummel, & Hauser, 2004; Tyler & Blader, 2000).

In cooperative design, each actor plays a specific role and maintains relations with other actors, information and activities. Between these actors is a mutual prescription about the overall goal. Due to fragmentation of experience and the disintegration of knowledge, actors in construction are losing sight of this mutual prescription. To increase cooperation within the project team, actors need to combine various skills and cross the borders of their own function. This will allow the actors to question or improve proposals more critical (Flury, 2012; McKenzie et al., 2014).

Having an equal division in contribution and idea generation requires a shared attention on the problem, supporting each other and sustaining commitment. These factors are necessary to prevent competitiveness, to involve every actor in the task and to make sure a maximum effort is put into the task. A good division can be recognized by actors taking over responsibility, the amount of interest and effort put into the task and the amount of support the actors are willing to give each other (Spada et al., 2004).

Tyler & Blader (2000) introduce four types of cooperative behaviour (table 3). These types can be recognized by a combination of forms and functions of cooperative behaviour. Two forms exist; discretionary cooperative behaviour and mandatory cooperative behaviour. Discretionary behaviour is evoked by an individual himself without having to do this by rules or group agreements. Mandated behaviour is dictated or required by set rules or agreements. Within these forms of cooperative behaviour two main functions can be distinguished. The first function is the proactive advancement of the groups' goals. The second function is the limitation of behaviours that interfere with the achievement of the groups' goals.

Function of the behaviour	Forms of cooperative behaviour	
	Mandatory	Discretionary
Promoting the group's goals	<i>In-role</i>	<i>Extra-role</i>
Limiting behaviours that harm the group	<i>Compliance</i>	<i>Deference</i>

Table 3: Types of cooperative behaviour (Tyler & Blader, 2000)

To increase cooperative behaviour, it is important to know how actors are motivated. There are two types of motivation. First, the desire to maximize gain and minimize loss. Second, the values of the person guiding them in doing what they feel they ought to do (Tyler & Blader, 2000). Several strategies

can indicate good motivation: setting goals, giving rewards, to focus attention on the task and to remind each other of the positive consequences (Spada et al., 2004).

A study by Caniëls, Chiocchio, & van Loon (2019) states that the improvement of cooperative behaviour in project teams is based on the effort and self-confidence an actor has in a task. The observation of joy and pride is in this case an indicator for good collaborative behaviour (Spada et al., 2004).

Coordination

Coordination is the activity of sharing information and resources for the purpose of accomplishing a personal part in support of a mutual goal, it defines the efficiency of a process or organisation. Coordination can take place on several levels. The coordination of people, tasks and information are among the main levels and include factors as behaviour, goals and meaning. The most crucial level of coordination during the design process, is the coordination of information. In a typical construction project high amounts of data are exchanged between multidisciplinary actors and stakeholders. Two coordination methods are applicable in the design process: direct contact and meetings (Shah Ali & Rahmat, 2009).

A combination of the forms of coordination is introduced by the Coordination Mechanism Circumplex Model (CMCM). Coordination can be explicit, including verbal or written communications, for example schedules. Or coordination can be implicit in which people anticipate on the actions or needs of others by adjusting their own behaviour accordingly. And coordination can take place before or during interaction; pre-process and in-process coordination. The CMCM model defines four types of coordination (Boos, 2011):

1. Pre-process explicit: requirements and planning schemes
2. In-process explicit: task division, communication about procedures
3. Pre-process implicit: assumptions about group members and task requirements
4. In-process implicit: mutual adaptation of behaviour

In a design meeting, only the in-process data types play a significant role. The information exchange of this data often lacks in coordination, which causes a lack of integration of design information. Such lacks can eventually lead to unfeasible plans or mistakes that require design changes late in the process. These changes could often be prevented with good coordination. Therefore, it is crucial for the design process to constantly have access to complete, accurate and flawless design information.

Problems that are often present concerning data coordination in construction, are the scattering of information, the availability of various sources and data being sensitive. In such a case the data can embody rights, ownership, and intellectual property of the creator, which complicates the data coordination even more (Alreshidi et al., 2018; Alsafouri & Ayer, 2018). To overcome these problems, practice and science suggest the use of one collaborative environment in which all data is up to date and can be shared (Chu et al., 2018; Zhai et al., 2009). BIM is such an environment and AR can be used to visualize specific aspects and data from this environment. It is important that the amount of information available in collaborative environments, is in tune with the needed amount of information (Chu et al., 2018). For example, a person that needs to design a park bench does not need to know the requirements for a street lantern next to the bench. Though, he or she does want to know the visualisation of the street lantern. By weighing these factors against each other, less information-processing capacity is needed. In design, this means that in the creation of the concept design a greater amount of information is needed than for the detailed design. Coordination in the design process should synchronize the flow, the collection, processing, storage and transmission of design information (Best, 2006; Martinetti et al., 2017; Thomas et al., 1998).

Successful coordination is nearly invisible and therefore recognized by satisfied stakeholders and confident well-informed team members. Lacking coordination is clearly visible in lacking performance on multiple levels (Alaloul, Liew, & Zawawi, 2017).

2.3 Augmented Reality in the design process

Both disciplines of design and construction meet in a construction project when the design process and design phase intersect. Each discipline embodies different standards, tools, task and systems and pursues different goals. It is important to acknowledge the distinction and relation between the design process and the design phase to define the function AR should fulfil within the design process.

2.3.1 Design phase & design process

A construction project consists of different phases, together forming the construction lifecycle. A basic implementation of the project lifecycle is presented in figure 8. Other versions are often extended by the initiation and maintenance phases. The design phase of this example is subdivided into three sub-phases containing the activities that need to be done in order to start the project execution, it defines when which products and tasks need to be started and finished and in what order this has to be done. Within the design phase, the design process takes place. Design processes have a different structure than the phases of the project life-cycle. Most important, the process is not linear (figure 9). It is often described as a search process in which some sub-phases are repeated over time (Best, 2006; Wamelink & Bennekomp, 2010).

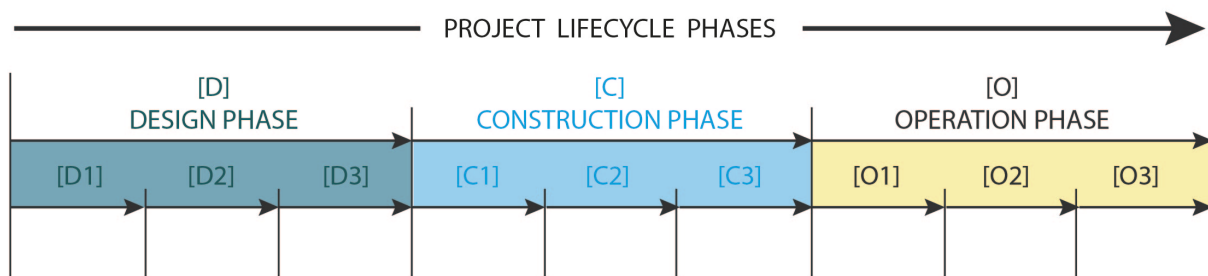


Figure 8: Project lifecycle phases (Succar, 2013)

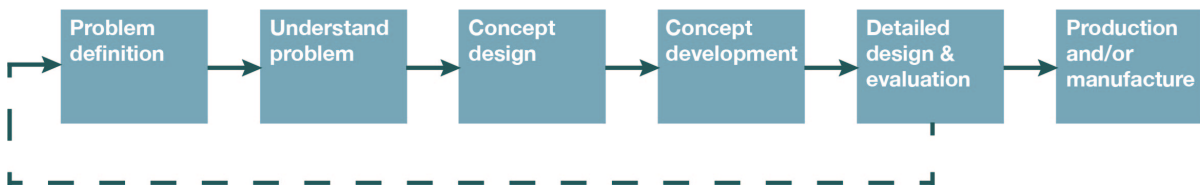


Figure 9: The design process (Best, 2006)

Within these two structures, the design and construction teams have different tasks which they cannot perform without collaborating with each other. Ideally this collaboration is completely integrated, meaning that all stakeholders can work on the project simultaneously. This requires a continuous exchange of information and expertise between the separate teams. In practice, these teams are often separated within the organisational structure of a construction project. Which results in a linear collaboration process instead of an integrated process (Liu et al., 2017). To create integrated collaboration between all stakeholders a collaborative environment is required (Nursin et al., 2018).

2.3.2 Co-design environments

In co-design systems, the designers can create and modify 3D models collaboratively in the 3D space (Shen et al., 2010). A co-design system can be seen as a combination of a design tool and information database.

Traditionally, design tools are used to support the user in designing and the presentation of design ideas. Such tools are sketches, drawings, models and render images. Nowadays, more often 3D computer models and VR are used for design and visualization purposes.

The effect of design tools has been studied for years. Research has pointed out that high quality mock-ups early in the design phase enhanced the end product and increased trust between stakeholders and that full-sized mock ups added value by increasing the understanding among stakeholders without a background in Architecture Engineering and Construction (AEC) (Keys et al., 2016).

A co-design system requires different interactions and task support than individual design tools. Tang (1991) concluded that a co-design environment should enable several factors:

- The users to make gestures
- A process of creating and using model additions
- Concurrent access by multiple users
- Intermixing different actions and functions within the design environment
- The users to share a common view and an aligned orientation

2.3.3 AR as a co-design environment

One of the most important factors in co-design according to Tang (1991) is the importance of face to face interaction. Particularly in design and spatial collaboration tasks the environment has a vital role. Objects are a source of information, create reference frames and alter the dynamics of interaction. Unlike BIM and VR, AR facilitates face-to-face interaction and showed its potential in visualising high quality models within different environments at any stage in the design process. It therefore creates promising opportunities to be used as a real-time co-design environment (Billingham & Kato, 2002; Flor, 1998; Gül, 2017).

Two main applications exist for using AR as a co-design environment, these are the visualisation of a scale model and the visualisation of real-life models on location. Previous research has established that compared to traditional desktop design, both AR co-design applications stimulated better performance. The virtual scale model provided most information and real-life models created better understanding of the situation (Aschenbrenner, Li, Dukalski, Verlinden, & Lukosch, 2018).

Studies that investigate the position of AR in the design process are scant, Shin & Jennings (2013) have performed a study considering the use of AR as a visualisation tool in product design. They proposed to implement the use of AR following each phase of the design process as a validation tool for clients and to perform a usability testing session after the last phase before development.

2.3.4 The effects of AR on interaction

The benefits of AR lay in its ability to visualize and review data superimposed on the real world. Construction processes consist of various tasks that deal with the creation of physical structures and elements. These tasks often require visual information to understand and explain their relation to existing assets which is exactly what AR can provide (Shin & Dunston, 2008).

Table 4 presents an overview of the effects of AR identified by previous studies. The effects are divided over the four modalities. A distinction is made between individual AR environments, collaborative AR environments and co-design applications. The italic and bold references indicate that the study performed an experiment.

	<i>Aukstakalis, 2017</i> <i>Sublime, n.d</i> Fazel, & Izadi, 2017 <i>Martinetti, Rajababnejad, van Dongen, 2017</i> Chu, Matthews, Love, 2018 <i>Glockner, Jannek, Mahn, Theis, 2014</i> <i>Oesterreich, Teuteberg, 2017</i> <i>Alsafouri, Ayer, 2018</i> Aschenbrenner, Li, Dukalski, Verindien, Lukosch, 2018 <i>Billinghurst, Kato, 2002</i> <i>Cidota, Lukosch, Datcu & Lukosch, 2016</i> <i>Lukosch, Lukosch, Datcu, Cidota, 2015</i> <i>Du, Shi, Zhou, Zhao, 2018</i> <i>Keys, Silverman, Evans, 2016</i> <i>Gül, 2017</i>								Collaborative AR				Co-design			
Effects	AR															
Reduced cost	x	x						x	x							
Reduced errors	x	x	x	x	x	x	x		x			x				
Reduced learning curve					x											
Reduced duration	x	x	x	x	x	x	x			x						
Collaboration																
Increased trust								x							x	
Confusing set-up (-)									x							
Fragmentation (-)								x								
Technical limitations (-)												x				
Unfamiliar interaction principle (-)									x			x				
Improved decision making	x						x					x			x	
Improved overall performance	x		x	x			x		x					x	x	
Allowing different interaction behaviour																x
Communication		x			x					x	x	x		x	x	
Improved understanding					x					x	x	x			x	x
Reduced complexity				x	x	x	x	x								
Discomfort (-)			x													
Cooperation																
Facilitation of idea generation																x
Lack of integration (-)									x							
Improved stakeholder participation												x			x	
Increased self-satisfaction							x		x							
Encourages examining alternative solutions								x								x
Coordination								x								
Improved efficiency	x	x		x	x	x	x	x						x		
Reduced amount of materials								x								x
Real-time development of the model	x															
Enhanced information retrieval / easier sharing					x							x				
Reduced cognitive loading					x											
Reduced workload				x			x									
Information overload (-)													x			
Higher workload (-)													x			
Worse attentional supply (-)									x				x			

Table 4: Summary of the effects of AR

Previous studies identified divergent effects of the use of AR. Theoretical studies indicated mostly general benefits that could be reached with the technology. Previous experiments with AR showed a more equal division in benefits and limitations. This difference can be justified by the level of technological development of AR. Theoretical studies assume a high level of AR applications. At the moment, the technology is not developed this far, which is evident in the outcomes of experimental studies.

Collaboration

In theory, AR can provide a co-design environment that creates a shared workspace which enables to work together or individually. Positive effects of such an environment are mostly seen in an increase of trust between stakeholders and team members and a general better performance. Though, the implementation of BIM already indicated that several new barriers are formed by collaborative environments. The barriers that can occur in the experiment of this study are fragmentation of the project team, unfamiliarity with the interaction or set-up, technical limitations and lack of trust or resistance to change. Previous studies of the application of AR confirm this. Because users are required to change their normal approaches and processes, unexpected effects can be created by their personal reaction of the technology.

Communication

The use of AR has shown to increase understanding and make it easier for users to communicate their goals and objectives by providing supportive visualizations and a shared context (Chu et al., 2018; Cidota et al., 2016; Gül, 2017). Though, the HMDs are known to cause discomfort for some users and the new situations in which AR is applied might create new barriers. These barriers can in their turn affect the verbal and non-verbal communication of users which will be reflected on the behaviour and the communication habits of the user.

Cooperation

Cooperation is mainly shaped by internal forces. The use of AR will not directly influence the cooperative behaviour of an individual on its form, function or type. Due to the easier interaction AR tries to facilitate, users are expected to participate easier in the design process which can positively affect their cooperation. AR has previously proven to increase the stakeholder participation and self-satisfaction of users, both of these effects are expected to influence cooperative behaviour positively.

Coordination

According to a study by Alsafouri & Ayer (2018) AR is the only technology showing potential to effectively provide data on-site, allowing different applications supporting interaction, visualization, and real-time simulation. Using AR in these cases can support the coordination of both pre-process implicit and explicit data. An AR application is pre-programmed to visualize a specific set of data by the interaction of the user, it is therefore possible to limit the user in his/her actions and limit the available data to the bare essentials which results in a clearer task and no unnecessary information-processing. Previous research support these expectations and has shown that AR improves both the efficiency and effectiveness of tasks over manual processes (Chu et al., 2018). Though, AR applications can also cause limitations by giving too much information or distracting users from their real task.

The analysed studies concerned different industries and types of applications. To create realistic expectations for this research, similar aspects in other studies are sought. Table 5 presents the remaining effects and their expected influence according to theoretical and experimental studies.

	Theory	Experiment
Effects		
Collaboration		
Increased trust	+	
Confusing set-up (-)		-
Fragmentation (-)	-	
Technical limitations (-)		-
Unfamiliar interaction principle (-)		-
Decision making	+	+
Overall performance	+	+
Allowing different interaction behaviour		+
Communication		
Improved understanding	+	+
Reduced complexity	+	+
Discomfort (-)		-
Cooperation		
Facilitation of idea generation		+
Lack of integration (-)		-
Improved stakeholder participation	+	+
Increased self-satisfaction		+
Encourages examining alternative solutions	+	+
Coordination		
Enhanced information retrieval / easier sharing		+
Reduced cognitive loading		+
Workload	+	-
Information overload (-)		-
Worse attentional supply (-)		-

Table 5: Applicable effects of AR

2.4 Summary

The literature review gathered information to answer sub-question 1 and 2. This section summarizes the gathered information for each sub-question and states the assumptions based on these findings.

2.4.1 Sub-question 1

What characterises the interaction within a project team during design meetings in the design process?

Collaboration within a project team is characterised by three components; technology, people and process. For short term design interactions, these are limited to technology and people. The remaining aspects that influence the quality of the collaboration are related to the availability and support of a collaborative environment. Such an environment is expected to be successful and beneficial if the system provides a shared workspace creating a common view, aligned orientation and equal feeling between the team members. The minimal requirements for a collaborative environment are that it allows concurrent access by multiple users, intermixing different actions and the use of gestures. The system can fail to be successful if barriers are present. Barriers that can be present during a design meeting are fragmentation of the project team, unfamiliarity with the new technology, personal attitude towards AR or misunderstanding the technology.

The communication process is characterised by a situation, communication method and form. All can create communication barriers that affect the quality of the communication. This research excludes barriers that are caused by personality traits and factors concerning group composition, because these factors are equal in each of the tested conditions.

Successful communication is characterised by a shared understanding, which can be recognised by active responses of the actors. For communication to be successful in construction, multiple methods and forms should be used to support people with different backgrounds. The form of communication should be in tune with the needs, thinking pattern, attitude and status of the involved actors.

Cooperation in the design process is characterised by the balance between the participants and their contribution and the cooperative behaviour of each individual. A good balance between roles is present when the actors have the ability to combine various skills and place oneself in another's footsteps. Equal contribution and idea generation are characterised by the a shared attention and the amount of effort the actors put in the task. Cooperative behaviour is recognised by a type of behaviour and the amount of motivation the actors show.

Coordination in the design process is characterized by meetings and direct contact in which several types of data exchanges take place on the level of people, tasks and information. The task and people are equal for each condition in the experiment. Therefore only the coordination of data will be evaluated. As good coordination is barely traceable, the aspects of coordination that are visible are the problems of data coordination within the design process. These are the scattering of information and the availability of various sources leading to uncomplete information or irrelevant information processing (Martinetti et al., 2017; Thomas et al., 1998).

Table 6 summarizes the aspects of each of the modalities that are present in the design process complemented with the main factors that are known to influence these aspects within construction.

Modalities	Aspects present in the design process	Indicators from literature
Collaboration	Teamwork	<i>Shared effort (+)</i>
		<i>Fragmentation of the project team (-)</i>
	Supporting environment	<i>Operability (+)</i>
		<i>Resistance to change (-)</i>
	Equality within the project team	<i>Equally able to use the technology (+)</i> <i>Lack of trust (-)</i>
Communication	Presence of barriers	<i>The presence of resistances and/or obstacles (-)</i>
	Mutual understanding	<i>Active responses (+)</i>
	Communication method	<i>Communication on multiple levels (+)</i>
		<i>Applies to different audiences (+)</i>
Cooperation	Cooperative behaviour	<i>Extra-role or deference (+)</i>
		<i>Motivation (+)</i>
		<i>Self confidence (+)</i>
	Balanced contribution	<i>Level of participation (+/-)</i>
	Idea generation	<i>Cross-borders (+)</i>
		<i>Amount of idea generation (+/-)</i>
Coordination	Access to information	<i>Incomplete information (-)</i>
		<i>Information scattered over various sources (-)</i>
	Task alignment	<i>Amount of information in tune with the needed information (+/-)</i>
		<i>Attention focused on the problem (+)</i>

Table 6: Aspects of interaction present during a design meeting

2.4.2 Sub-question 2

How are these aspects theoretically influenced by the use of an AR co-design environment?

Table 7 summarizes the aspects of each of the modalities that are present in the design process complemented with the expected effects of using AR indicated by the literature review.

Modalities	Aspects present in the design process	Previous effects of AR	Influence	
Collaboration	Teamwork	Allowing different interaction behaviour	+	+/-
		Fragmentation	-	
	Supportive environment	Improved decision-making	+	+/-
		Improved overall performance	+	
		Confusing set-up	-	
		Technical limitations	-	
		Unfamiliar interaction principle	-	
	Equality within the project team	Increased trust	+	+
Communication	Presence of barriers	Discomfort	-	-
	Mutual understanding	Improved understanding	+	+
	Communication method	Reduced complexity	+	+
	Cooperation	Cooperative behaviour	Improved stakeholder participation	+
Increased self-satisfaction			+	
Balanced contribution		Lack of integration	-	-
Idea generation		Facilitation of idea generation	+	+
	Encourages examining alternative solutions		+	
Coordination	Access to information	Enhanced information retrieval / easier sharing	+	+/-
		Information overload	-	
		Workload	+/-	
	Task alignment	Reduced cognitive loading	+	+/-
		Worse attentional supply	-	

Table 7: The expected effects of AR on the indicated aspects

2.4.3 Evaluation scheme

To evaluate the effects of AR on the group interaction an evaluation framework and interview scheme are created based on the literature review and evaluation schemes of Burkhardt et al. (2009) and Spada et al. (2004). With this approach each aspect is featured by two questions, one question with a positive valence and one question with a negative valence. The questions with a positive valence are based on the positive indicators of the aspects, the questions with negative valence are based on the negative indicators. A judge can give answers to these questions with yes, no or inconclusive. The combination of answers leads to positive and negative scores for each aspect.

The evaluation framework is visualised in table 8 and 9. The interview scheme is in Dutch and presented in appendix B.

Modality	Aspect	Evaluation criteria observations
Collaboration	Teamwork	Is the assignment executed by combining individual and groupwork in a way that both are supporting each other? (+) Is the group fragmented or predominantly working together without taking time for individual development? (-)
	Supporting environment	Do the participants actively make use of the provided method whilst showing expertise and understanding in the interaction principles? (+) Does unfamiliarity or resistance to change cause participants to be reluctant in applying the method? (-)
	Equality within the project team	Are the participants equally able to apply the provided method? (+) Is there a participant that cannot attend the discussions at an equal level as the other participants due to unfamiliarity with the method or situation? (-)
	Presence of barriers	Are the participants actively using communication methods? (+) Does the situation or method cause barriers that affect the individuals' communication negatively? (-)
	Mutual understanding	Do the participants ask questions and give supportive information about the situation and the design (proposals)? (+) Are there misunderstandings about the situation or design (proposals) during relatively long periods of time? (-)
Cooperation	Communication method	Do the participants actively make use of different communication methods to support their communication? (+) Are there participants for which the communication is not in tune with their needs, thinking pattern or level of acquaintance with the method? (-)
	Cooperative behaviour	Are the participants showing a type of cooperative behaviour and motivation whilst actively engaging in using the method? (+) Are the participants lacking self confidence in using the provided method? (-)
	Balanced contribution	Are the individual contributions equal concerning the idea generation and decision making? (+) Is there one participant who imposes the design choices? (-)
	Idea generation	Do the participants come up with multiple ideas and continue by refining and following up on the propositions? (+) Are there participants who stick to their idea without fairly considering other propositions and or disciplines? (-)
	Access to information	Do the participants use nearly all of the provided information? (+) Do the participants need to search for information relatively long periods of time to create a better understanding of the situation or proposed ideas? (-)
Coordination	Task alignment	Is there a coherency of attention orientation with a focus on performing the given task? (+) Are the participants considering irrelevant information during relatively long periods of time? (-)

Table 8: Evaluation framework for the observations

Modality	Aspect	Evaluation criteria interviews
Collaboration	Teamwork	Do the participants perceive to have had a good teamwork in which they supported each other in achieving a shared effort? (+)
		Do the participants feel separated from the group or limited in their room for individual exploration? (-)
	Supporting environment	Do the participants perceived to have expertise and understanding in the interaction principles of the used method? (+)
		Are participants indicating feelings of unfamiliarity or resistance to the adoption of the method? (-)
	Equality within the project team	Do the participants feel to have an equal expertise in applying the provided method? (+)
		Is there a participant that lacked trust in (his/her expertise of) the method or situation? (-)
	Presence of barriers	Were the participants aware of communication barriers within the group? (+)
		Do the participants indicate aspects of the situation or method that affected the communication negatively? (-)
	Mutual understanding	Do the participants feel they had a shared understanding about the situation and the design (proposals)? (+)
		Do the participants have trouble interpreting information and proposals? (-)
Communication	Communication method	Do the participants felt to be able to use different communication methods to support their communication? (+)
		Do the participants indicate to have trouble making themselves clear with the method? (-)
	Cooperative behaviour	Are the participants showing joy and/or pride about the method or their ...? (+)
		Are the participants clearly favouring the use of other methods? (-)
	Balanced contribution	Do the participants feel to have an equal contribution concerning the idea generation and decision making? (+)
Cooperation		Do participants feel unheard? (-)
	Idea generation	Do the participants feel supported by the method in exploring possibilities? (+)
		Do participants feel to be limited in their actions? (-)
	Access to information	Do the participants find the provided information helpful and complete? (+)
		Do the participants indicate to have trouble finding the right information? (-)
Coordination	Task alignment	Do the participants perceived to have a clear mutual goal? (+)
		Do the participants feel to have spend too much time considering irrelevant information? (-)

Table 9: Evaluation framework for the interview transcripts

3. RESEARCH METHODOLOGY

3.1 Research strategy

A combination of approaches was used during the different research phases. The research was set-up to be a qualitative research of which the preparation and base lied within a literature review which gave an overview of the available knowledge, level of development and research gaps of several subjects that had a significance for the research. The used literature was primarily extracted from the databases of Scopus, Sclar, Sciencedirect and the TU Delft library. The chosen research method was an experiment, followed by interviews, observations and an analysis of the interview transcripts and observation notes. The experimental set-up and evaluation criteria for the analysis were both based on the results of the literature review.

Figure 10 summarizes the applied methodology by presenting an overview of the combined strategies, the input and output of each approach and the final products.

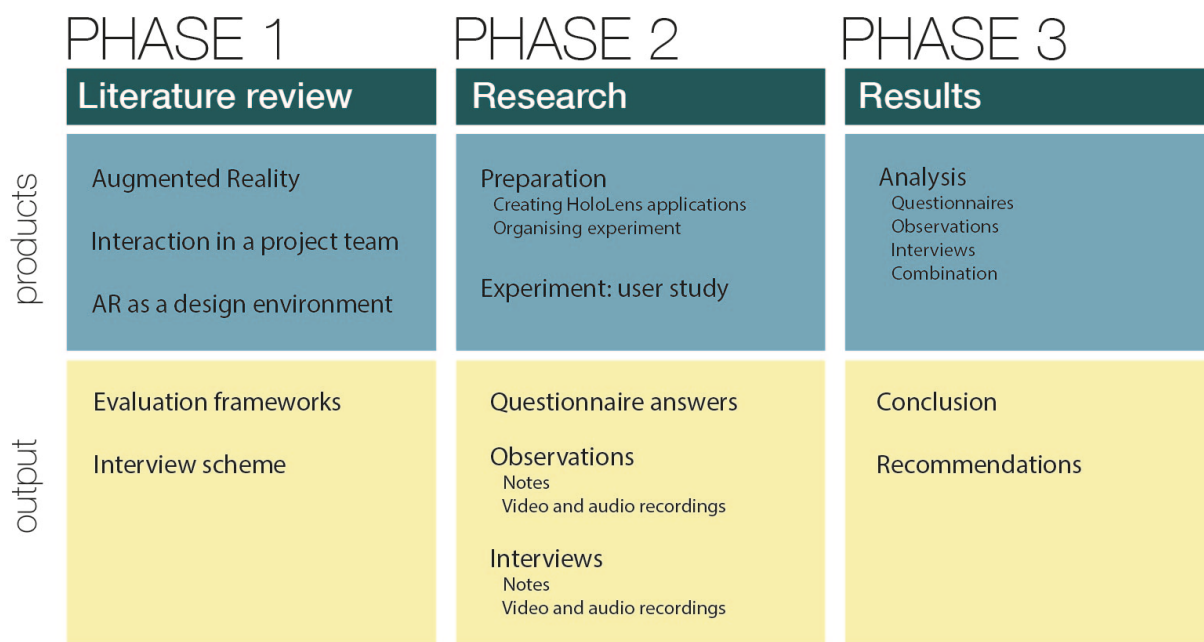


Figure 10 : Research structure

3.2 User study design

Two AR applications were chosen to be evaluated, an AR scale model and a real-life AR model. To acquire experience with these new processes an experiment was held in which the effects of the use of AR on the interaction within the project team were assessed.

For the experiment a task, user perspective and system were specified. The user perspective was a collaboration between multiple users. The system was a collaborative AR environment enabling multiple users to interact with each other and the 3D data. And the task was a co-design assignment.

3.2.1 Case selection

The experiment joined a real-life project that was chosen after setting out a pilot study within the corporate network of Witteveen+Bos and the author's personal network. The pilot called for a case study and participants for the experiment.

The criteria set within the call were:

1. The possibility to join a project in which separate elements (for example street furniture, bus stops or playground equipment) needed to be placed within an existing environment or design
2. The possibility to experiment on site
3. The participation of at least three employees

Three organizations answered to the call. These were the municipality of Amsterdam in combination with the public transport company of the city, JC Decaux and the province of Overijssel in combination with the municipality of Zwolle. The research continued with the third combination, as the proposed case suited best to the intended experiment. The other cases did not fully comply with the first criterium.

3.2.2 Participants

For the selection of participants no restrictions were present concerning age or gender. Requirements were that the participants were employed in either one of the joining companies and could in real-life also be part of a project design meeting. This decision was made to evaluate the effects of AR on real users with diverse backgrounds. Within these companies, participants were chosen at random and on their availability on the day of the experiment.

Three experimental groups were formed, each consisting of three participants. This resulted in groups with one employee of each involved party; Witteveen+Bos, the province of Overijssel and the municipality of Zwolle. In total, nine participants attended the experiment. There were 3 females and 6 males with an age between 29 and 67.

None of the participants had used the AR applications before.

3.2.3 The experiment

The entire experiment comprised a half working day. An oral briefing was given to all groups prior to the experiment. This briefing included an introduction to the goal of the experiment, the planning scheme of the session and the assignment. Subsequently, all participants were given an introduction training for the HoloLens to gain basic acquaintance with the technology. Each group performed the assignment in three conditions. Groups were given 20 minutes per condition after which a group interview of another 20 minutes was held. Each session ended with an evaluation of the day.

3.2.4 Design problem

The selected case for the experiment was part of the creation of a new bus platform at Zwolle central station. The design for the platform was already finished, though an additional feature had been added later in the process. This addition originated from the decision to partially transfer to electric busses. To accommodate these busses, several stops required a bus charging pole.

In the experiment the participants were asked to place charging poles at two specified stops. This required the group to make three design decisions in collaboration. At first, a choice had to be made between four pole models. Secondly, the arm length of the pole had to be defined. And last, the rotation of the pole relative to the bus had to be defined. A successful execution would result in a design that corresponds to the design requirements and restrictions. These and the assignment are provided in appendix C.

3.2.5 Equipment

The choice for the Microsoft HoloLens as a hardware device was based on the current development status of the platform and the benefits it has for construction and design. There were some distinct disadvantages of the HoloLens that needed to be solved for usage in this experiment. The HoloLens is not waterproof and outdoor visualisations are of very low quality due to light incidence. For this study, it was important to be able to test the application outside. For this purpose, a light filtering visor was connected to the HoloLens to make the images clearer. Figure 11 shows the used visor. This particular visor was made with a sheet acrylic and an adhesive sun-resistant film with a transmission value of 31% and a UV reduction of 87%. In preliminary tests, these visors showed a sufficient increase in sight to be used for the experiment.



Figure 11: Visor

Input for the HoloLens was generated with software programs Unity3D, Vuforia and Microsoft Visual Studio. These programs were used due to their compatibility with the HoloLens and the relatively high degree of freedom in design.

The layout, user interface (UI) and visualization of the application were specified in Unity3D. Scripts were linked to these objects consisting out of C++ coding language, written in Microsoft Visual Studio. Many basic scripts from the HoloLens Mixed Reality Toolkit were used. This is a free database consisting of example models and scripts. For the application of this study, Sketchup and Rhino models were imported into Unity3D. The Holograms that were available in this study are visualised in figure 12.

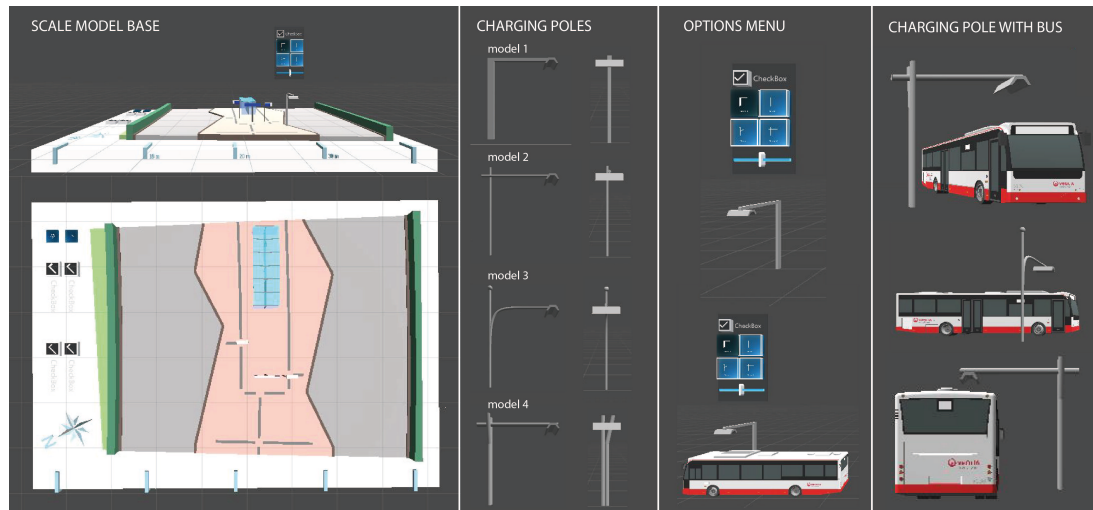


Figure 12: Holographic models

3.2.6 Test conditions

Each team completed the design assignment in three varying conditions. In each condition different design tools were available. Conditions 1 and 2 made use of AR applications for the Microsoft HoloLens. Several types of AR applications exist. Important requirements for the software design of this study were the possibility to have concurrent access to the drawing space, to see real-time visualization of changes and to adjust the model or add information. Based on these requirements, decisions were made on which application was used in the experiment. A third condition, referred to as condition 0, was used as the baseline of the research. In this set-up, the group was provided with the tools of a traditional design situation. Table 10 gives an overview of the characteristics of each condition.

	Condition 0	Condition 1	Condition 2
Characteristics	Indoors Closed room Quiet office environment Constant climate	Indoors Closed room Quiet office environment Constant climate	Outdoors Open space Active environment Weather impact
Provided information	Map bus platform Enlarged map of the design location Section of the design location Brochure of the street furniture Design requirements > <i>Characteristics of the models</i> > <i>Photographs of the models</i>	3D model of the design location > <i>Bus road</i> > <i>Outline bus platform</i> > <i>Street furniture</i> 3D models of the charging poles 3D model of a bus Design requirements (on paper)	The design location > <i>Bus road</i> > <i>Outline bus platform</i> > <i>Foundation of the street furniture</i> Real-world surroundings 3D models of the charging poles 3D model of a bus Design requirements (on paper) Brochure street furniture (on paper)
Available tools	Pencils Markers Transparent paper Rulers Stickers	Hololens Interactive AR application Computer screen	Hololens Marker-based AR application Marker images Hololens visor

Table 10: Characteristics of each condition

Condition 0: traditional design

The provided tools in condition 0 created a situation equal to a traditional design meeting (figure 13). The session took place in an average office room, which minimized possible barriers from the environment.



Figure 13: Set-up condition 0 (traditional design method)

Design information and requirements were provided by means of 2D materials:

1. A technical map of the location
2. A rendered map of the location
3. A section of the two platforms
4. Photographs of the charging pole models
5. Design requirements of the charging pole models in text and images
6. A brochure with the characteristics of the street furniture

The design information in this method was presented in a way that is very specific to construction and design which can affect participants that are less familiar with these situations. The provided design tools in this condition were pencils, markers, transparent paper and stickers. This enabled the participants to sketch and point out ideas and information in a relatively easy way.

The condition created a situation in which the participants had a lot of freedom. This allowed participants to work simultaneously or individually, but it also required the participants to consider the design requirements and limitations themselves which makes it easier for information to be overlooked.

Condition 1: AR scale model

As condition 0, condition 1 also took place in an average office room (figure 14). The participants were provided with an AR co-design environment for the HoloLens. This environment consisted out of an interactive 3D holographic scale model. The model provided a holographic cut out of the section of the platform in which the poles needed to be placed. This section contained the exact same information as available in condition 0, only in this condition all information was included in the model.



Figure 14: Set-up condition 1 (AR scale model)

In the used set-up only one participant could interact with the model, the other participants were able to see the changes in real-time at a computer screen.

The controller saw the interactive scale model through the HoloLens and could perform several actions within this environment:

1. Place a virtual charging pole
2. Vary between four pole models
3. Adjust the length of the arm of the pole with a fixed slider
4. Freely adjust the position and orientation of the pole
5. Visualise a bus relatively to the pole

The user interface consisted of two types of control. Positioning and orientation of the models could be achieved with hand gestures within the gesture space of the HoloLens. To transform the position of the model, a one handed tap and hold gesture was required after which the model could be dragged to the new location. For the rotation of the model, a two handed tap and hold gesture was required in which the user rotated both hands around each other (figure 15).

Varying between models, length and visible holograms could be achieved with a menu with buttons positioned on the cut out and above the holograms of the poles (figure 16).



Figure 15: HoloLens gestures (Fologram, 2018; Microsoft, 2018)

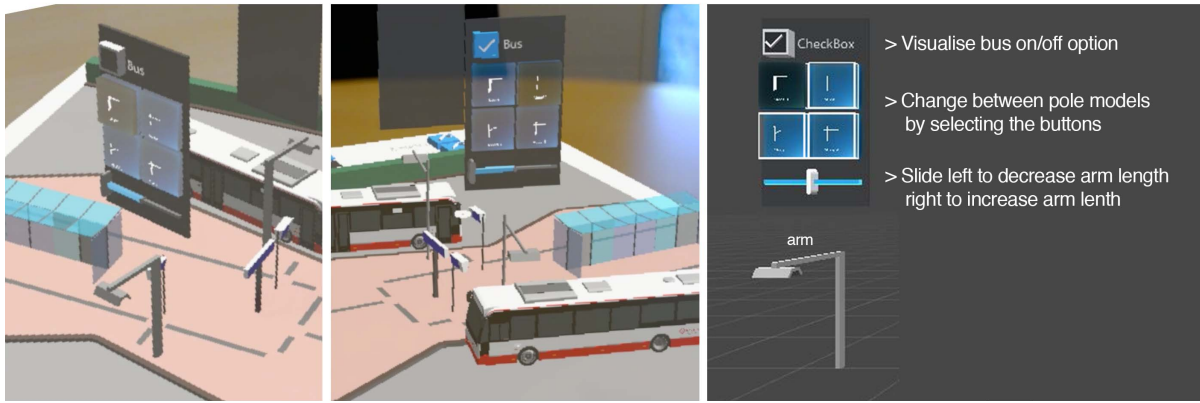


Figure 16: Options menu

The remaining participants were able to view the video captured by the HoloLens on a laptop. These users were not able to perform actions within the AR environment and were therefore asked to give input by verbal and non-verbal communication. The session allowed the users to exchange the HoloLens, which allowed every participant to give input and change the model.

Condition 2: AR 1:1 model

The second condition took place on the construction site of the project situated in between a railway, a sub-road and a pedestrian area (figure 17). These different areas caused several distractions in the form of sounds and movements. Both can result in barriers that affect the communication quality. Another characteristic of the outdoor site, was the possible impact by weather conditions. Cloudy weather resulted in better image quality of the holograms, though rain would require to stop the session because the HoloLens devices are not waterproof. Extreme sun would lower the image quality of the Holograms.

The participants were provided with a 1:1 AR environment for the HoloLens. The application in this condition was based on an approach that used markers to visualize holograms. This application made use of a plugin that recognizes photographs and visualizes a hologram in relation to this photograph. Because the site was still under construction, the model was incomplete compared to the other conditions. Adding the entire model in the application caused too much data which interfered with the performance of the application. Therefore this was not done. Users were given the design requirements on paper to possess equal information as in the other conditions.

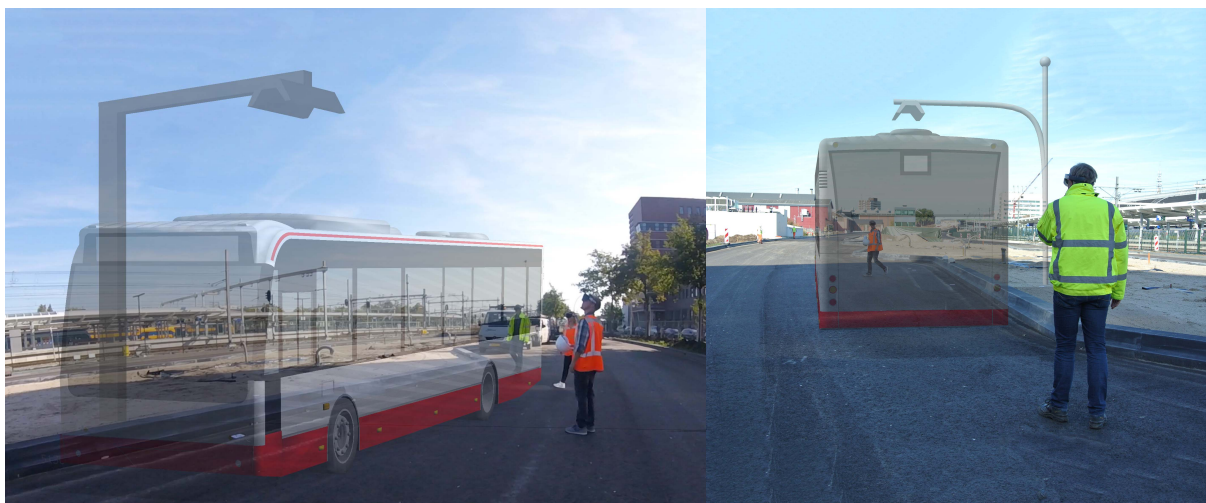


Figure 17: Set-up condition 2 (1:1 AR model)

In the set-up of the session, the participants were able to perform several actions within the AR environment:

1. Place different virtual charging poles superimposed on the real world
2. Displace and rotate the different models
3. Place a virtual bus

All actions required the (dis)placement of predefined markers. In total nine markers were provided including a bus and four poles with two different arm lengths. Figure 18 gives an overview of the markers and the corresponding holograms.

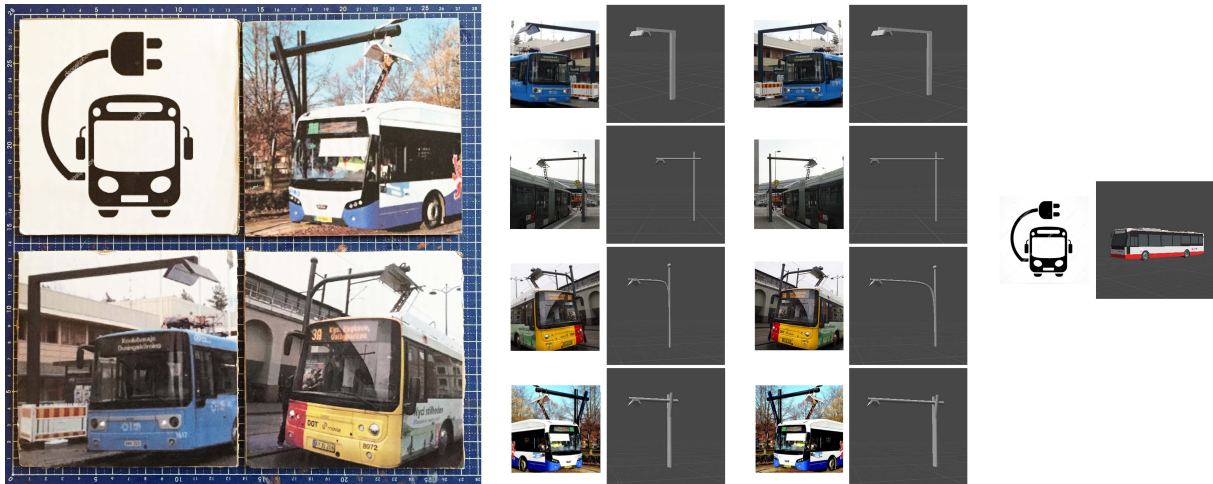


Figure 18: Markers with corresponding holograms

The virtual objects could be placed by placing the marker on the preferred location. The HoloLens application recognizes each photograph and visualizes the holographic model as predefined in the application. Models could be replaced and rotated by changing the location or rotation of the marker image. By using a one handed tap in the middle of the HoloLens gesture space, the environment resets and removes all holograms visualised at that moment).

The HoloLens remembers the location of the models also when the markers are out of sight of the HoloLens. This allowed the participants to walk around the models and take more distance without requiring to see the markers at all times. Users could see the same setting by scanning the same set of markers.

3.3 Data gathering

The results of the experiment were gathered from questionnaires, observations and interviews with the participants of the experiment. Both the observations and interviews were led by an evaluation framework that was formed with the results of the literature review and specifically the expected effects of AR and the aspects of interaction that are present in design meetings during the design process.

3.3.1 Questionnaires

All the participants were asked to complete a questionnaire before and after the experiment. These questionnaires consisted out of a combination of open and closed questions. The closed questions allowed the participants to choose categories or to rate a statement on a 5 point scale, 1 standing for a low rating and 5 for a high rating. The preliminary questionnaire inquired the personal background, work background, general technological knowledge and knowledge of AR. The end questionnaire inquired the preferred condition of the participants. In addition to the basic questions, all participants were asked to rate five statements about their personal attitude towards the application and use of AR before and after the experiments. Both questionnaires are present in appendix D.

3.3.2 Observations

Observation notes were created based on immediate observations and observations based on video recordings of the experiment. For the structure of the notes, six questions by Silverman & Marvasti (2008) were used as a guideline. Extra attention was given to the evaluation aspects as given by the literature review.

The observer took notes on the team interaction during and right after the experiment. The video and audio recordings of the sessions were used for more detailed, post-experimental coding of the interaction and to confirm the previously made notes from the immediate observations.

3.3.3 Interviews

Group interviews questioning the course of the experiment and the perception of the users about their experience with the facilitated methods were conducted after each experiment round. The interview consisted of open questions, allowing the interviewer to respond to the participants and follow up on interesting topics. A benefit of this type of interview was that it was also possible to ask “what-if” questions.

To create the interview framework it was chosen to use a standard operationalisation technique from the example of Baarda, de Goede, & Kalmijn (2007). In the operationalization matrix, the main topic is divided into multiple dimensions. These dimensions are subsequently divided into measurable indicators. The dimensions and indicators are specific to each study. The framework used in this study was based on the literature review and existing frameworks by Burkhardt et al. (2009) and Spada et al. (2004). To guarantee validity and understandability of the interview set-up, it was subjected to trials with several individuals. In total, 3 trials were held. The trials did not lead to large changes. For some questions the word choice was changed.

3.4 Analysis

For the analysis, the interview recordings were converted to transcripts and the video and audio recordings were used to extend the notes of the immediate observations. This resulted in three products that were analysed.

3.4.1 Questionnaires

The results of the preliminary questionnaires were used to construct a portrait of the participants and the group composition, which could be used to interpret the behaviour of the participants in the observations and their reactions in the interviews. The results of the end questionnaires were used to validate the responses of the interviews and to indicate if the introduction to AR changed the overall perception of the technology.

All results were translated into tables that allowed an easy comparison between participants and the possible causes for their observed behaviour or point of view. The rated statements were subjected to a comparison of the answers before and after the experiment.

3.4.2 Observation notes

The extended observation notes and video recordings were categorized based on the four modalities of interaction. The evaluation of these modalities was guided by the evaluation framework created from the literature review, indicating characteristics of good and bad interaction for each of the defined aspects. The results of the evaluation were subsequently analysed per group, in which condition 1 and 2 were compared to condition 0 (the baseline of the study). Based on the results from the observations, each aspect in condition 1 and 2 was rated better or worse compared to condition 0. The choice in classification was based on the observations and judgement of the observer guided by the evaluation framework.

3.4.3 Interview transcripts

To analyse the interviews transcripts, extracts were taken based on a coding by the four modalities. The resulting extracts were analysed with a narrative approach structured in the same way as the analysis of the observations. These results were compared to the observation outcomes and used to define possible causes for the analysed effects and to support and confirm the assumptions created in the analysis of the observations.

3.5 Validity & reliability

The advantage of using an experiment is the high degree of internal validity. The disadvantage of this experiment is that the used groups were rather small and had very diverse members. The composition of the groups did resemble a composition true to real-life situations. Though, the small size of the groups and the little amount of groups weakened the causal relation between the results. This was slightly reduced by not analysing the overall difference between before and after but the mean of the differences of each group. Possible causes for differences in the results were indicated and analysed.

The validity of the research was further guaranteed by using a combination of methods, used in support of each other. Each condition was analysed separately and the results were combined to draw conclusions. In every phase of the research, the literature review was used as a baseline or as a confirmation of assumptions.

The reliability of the study was pursued by executing the experiments and interviews equally and registering all of the experiments, interviews and available data.

4. RESULTS

The research results were gathered with the use of different methods. Paragraph 4.1 presents the results the participants gave in the preliminary and end questionnaires. Paragraph 4.2 present the results of the observations and answers to sub-question 3: “What are the effects in real-life of using an AR co-design environment during a design meeting?”. And paragraph 4.3 present the results of the interviews and answers to sub-question 4: “How do team members perceive the use of an AR co-design environment and its influence on the interaction within the group?”. The results are further analysed and discussed in chapter 5.

4.1 Questionnaires

The results of the preliminary questionnaire are summarized in table 11, creating an overview of the group composition and personal profiles of each of the participants.

Participant Reference	Gender	Age category	Organisation	Job title	Years of experience in construction	Level of general IT knowledge	Level of work related IT knowledge	Ease of picking up new technologies	Level of acquaintance with AR
1	P male	40 - 50	Municipality of Zwolle	Outdoor interior designer	16	3	3	4	3
2	S male	20 - 30	Witteveen+Bos	Geo-data advisor	3	5	4	4	2
3	D female	30 - 40	Province of Overijssel	City designer	12	4	3	4	1
4	T male	> 60	Municipality of Zwolle	Project leader	38	1	2	1	1
5	M male	> 60	Province of Overijssel	Program manager	42	1	1	2	1
6	R female	50 - 60	Witteveen+Bos	Advisor transport & planning	25	3	3	3	1
7	E male	50 - 60	Municipality of Zwolle	Project leader	27	2	2	3	1
8	R male	30 - 40	Witteveen+Bos	Advisor environment	0	4	3	4	2
9	Y female	40 - 50	Province of Overijssel	Policy support	0	4	3	4	1

Table 11: Results of the preliminary questionnaire

The experimental groups were very diverse in composition. All groups contained members of each company, two men and one woman.

The most important notes are that the first group, participants 1-3, had two designers and scored high in technological acquaintance. The second group, participants 4-6, had a high average age, two more managerial participants and scored relatively low on technological acquaintance. And the third group, participants 7-9, had two members without experience in construction and scored average on technological acquaintance.

The questionnaire asked four questions before and after the experiment, concerning the attitude of the participants towards AR. Participants could answer on a 5 point scale, 5 being positive. Figure 19 visualizes the end ratings on each question and the increase in attitude of the participants.

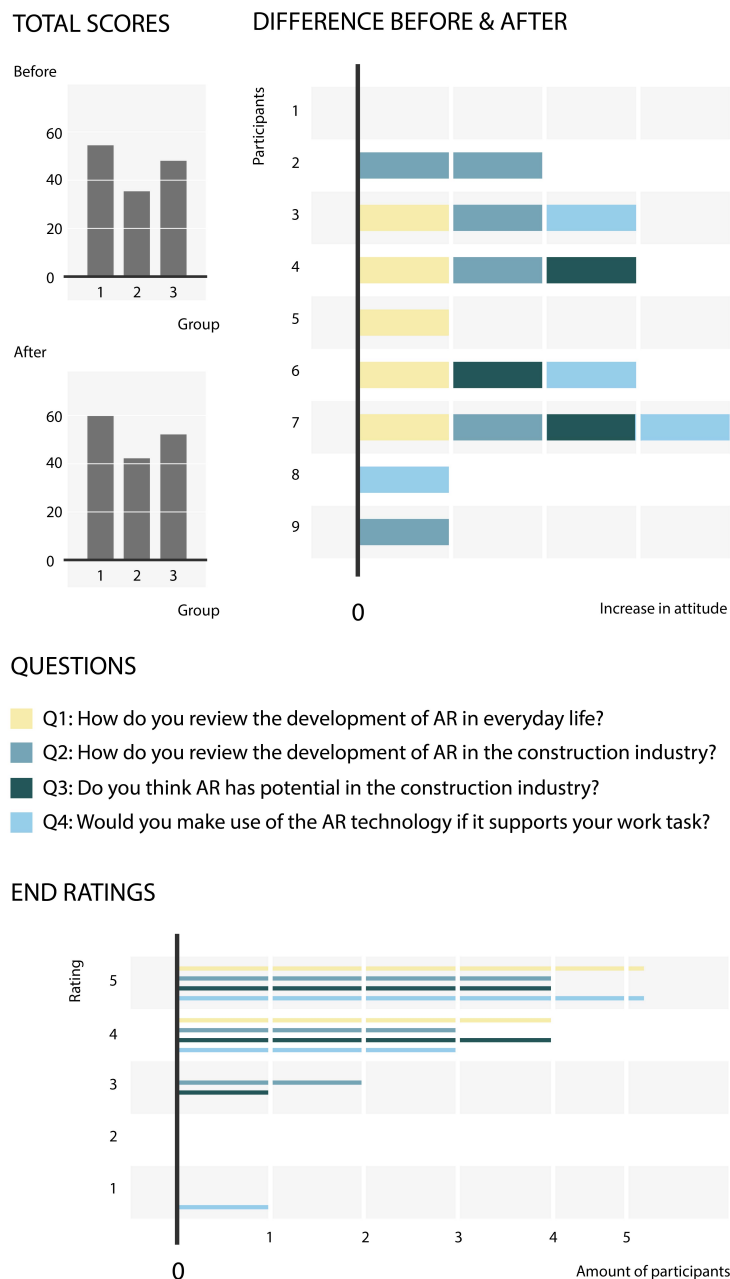


Figure 19: Comparison of attitude towards AR before and after the experiment

Overall, group 1 gave the highest scores and group 2 the lowest both before and after the experiment. Except for participant 1, all participants showed improved attitudes towards AR. Participant 1 gave the highest rating in the preliminary questionnaire, which made an increase in attitude impossible. The largest increases occurred in the answers of the older participants. This can be caused by their limited knowledge of AR before the experiment.

Participants rated the questions about the development of AR in everyday life and the potential of AR in the construction industry the highest. The development of AR in the construction industry is still questioned by participants 5 and 6, participant 4 indicates not to use the AR technology despite a positive attitude in the other questions.

4.2 Observations

The observation notes of the experiment are presented in appendix E. The main observations of each group are summarized in tables 12-14. The findings are divided over the four modalities and the tables are structured according to the order in which the groups executed the experiment.

	Condition 0	Condition 1	Condition 2
Collaboration	- Two participants are clearly familiar with the method (+) - The third participants picks up the methods fast but has problems visualizing (-) - All participants lack a 3D visualisation (-) - There are no tensions within the group (+) - A combination of individual and groupwork takes place (+)	- Some time is needed to pick up the method, though the group is relatively quick - It is not possible to engage with the model at the same time, this creates fragmentation of the team (-)	- Participants have expertise and trust in the method (+) - Both individual exploration and group evaluation take place in a balanced division (+)
Communication	- The group communicates actively - The participants use multiple supporting gestures (+) - Misunderstandings are present (-), these are solved during the experiment	- Communication does not seem changed - Participants are actively engaging in the conversation - Less misunderstandings are present (+) - The conversion to real life impact is still hard to make (-)	- Participants are actively communicating - Participants communicate in a natural way, looking each other in the eye (+) - No misunderstandings are present (+)
Cooperation	- The participation is balanced (+) - Participants support each other and give space to explore ideas (+) - All participants generate ideas (+) - There is a positive vibe (+)	- A balanced verbal contribution (+) - All participants took the place of the controller at once (+) - The group continuous creating ideas based on the results of the previous session (+)	- All participants give input on the ideas (+) - Many new ideas are generated (+), it seems the participants are invited by the method to explore options - An enthusiastic and positive vibe is present (+)
Coordination	- It is not clear where all information can be found (-) - The group has to search a lot (-) - Participants without a background in design have more trouble with this - Participants are thinking outside of the given assignment and design requirements, caused by the freedom the method supplies (-)	Participants are only considering the given assignment (+), this is caused by the pre defined options the application allows	- Participants are actively using the environment in their discussions (+) - Only the assignment is considered (+) - Some model miss to make better decisions (-)

Table 12: Main observations during the experiment of group 1

	Condition 2	Condition 0	Condition 1
Collaboration	• A minor lack of trust in the method is present • In general, the participants deal with the method well. Some extra information is needed. • Participants are working collaboratively at the same solution (+)	• The whole assignment is executed together (-) • The method is natural for the participants (+) • The group does not give a lot of attention to the form of the pole • Participant are equal (+)	• One result is achieved that all the participants agree on (+) • Participants have trouble in picking up and controlling the method (-)
Communication	• A common understanding is present and little questions are asked (+)	• There is a common understanding (+) • All data is well understood (+) • Participants actively communicate and use multiple gestures in support of their communication (+) • Some small barriers are present concerning the attitude of the participants (-)	• Communication is lacking due to the short amount of time spend on the assignment and the attitude of the participants towards the assignment (-) • The models are well understood (+)
Cooperation	• All participants equally take part in the assignment • All participants come with own ideas (+) • Ideas are not further elaborated (-) • A positive vibe is present (+)	• Participants have strong opinions, other participants value these honestly and actively respond to the propositions (+) • Equal participation in both the idea generation and process (+) • Almost no individual exploration (-) • There is a neutral vibe	• Only one participants is actively performing the assignment, others watch and agree with the choices (-) • No new ideas are generated (-) • Participants are enthusiastic about the method (+)
Coordination	• The participants have enough data for the placement of the models (+)	• Only a small portion of the available data is used (-)	• Models are understood and the participants do not require extra information in order to perform the assignment (+)

Table 13: Main observations during the experiment of group 2

	Condition 1	Condition 2	Condition 0
Collaboration	• Unfamiliarity with method (-) • Lack of trust in technology (-)	• Method is easily picked up (+) • Sight and comfort barriers prevent good collaboration (-) • Slight lack of trust in the technology, though participants do not let this hold them back • There is a balanced division of individual and groupwork (+)	• Decision-making is done collaboratively (+) • Equality between the participants (+) • New method for this group creates some issues concerning the understandability of the assignment (-) • Participants individually try to get better understanding of the situation • There are no clear individual goals
Communication	• Participants are quiet and do not actively communicate, most likely caused by unfamiliarity with the method (-) • Some moments of active conversation, concerning mostly understandability of the sketched situation and the task	• Active conversation (+) • Natural communication (+) • Environmental barriers do not influence the participants	• Good communication (+) • Active conversation (+) • Slight lack of trust in the participants own acts, might be caused by the unfamiliarity with the method (-)
Cooperation	• Participants are reserved, caused by the unfamiliarity with the technology and misunderstanding the situation (-)	• Y is distracted much due to physical limitations by the HoloLens (-) • Ideas are actively generated and reacted on (+) • Participants are enthusiastic and positive (+)	• Slowly ideas are generated • Everyone equally takes part in the cooperation (+) • Participants act from their own perspective, though other participants are well considered (+)
Coordination	• Misunderstandings were present due to unclear design requirements (-) • A more extensive introduction of the model and situation was needed (-)	• Participants required more data, not only of visible objects but also underground infrastructure (-)	• A lot of searching takes place (-) • Participants have difficulties with finding the data they are looking for (-) • Pictures are used the most • Not all data is used (-)

Table 14: Main observations during the experiment of group 3

By analysing and comparing the observations of each of the conditions, an overview was constructed with the effects AR showed on each of the indicated aspects, this overview is presented in table 15 and 16. Table 15 compares the three conditions for each group. Table 16 presents the effects of condition 1 and 2 compared to condition 0.

One plus or minus sign indicates that clear effects were visible in the observations, two signs indicate strong effects. An empty box indicates that no evident effects were observed and a green box is used for the aspects that are excluded from the research.

Modality	Aspect	Condition	Group 1			Group 2			Group 3		
			0	1	2	0	1	2	0	1	2
Collaboration	Teamwork		+	-	+	-	-	+	+	-	
	Supporting environment		+	-	+	+		+	-	-	+
	Equality within the project team				+	+	-	+		-	+
Communication	Presence of barriers		+		+		-	+		-	
	Mutual understanding			+	+	+	+	+		-	+
	Communication method				+	+	-	+		-	+
Cooperation	Cooperative behaviour				+			+		-	+
	Balanced contribution		+	+	+		-	+	+		+
	Idea generation		+		+		-	+			+
Coordination	Access to information			+	+	-		+	-		+
	Task alignment		-		+	+	+	+	+		+

Table 15: Observation results for each group in all conditions

Modality	Aspect	Group	Condition 1			Condition 2		
			1	2	3	1	2	3
Collaboration	Teamwork		--		--	++	-	
	Supporting environment		--	-				++
	Equality within the project team			--	-	+		+
Communication	Presence of barriers		-	-	-		+	
	Mutual understanding		+		-	+		+
	Communication method			--	-	+		+
Cooperation	Cooperative behaviour				-	++	+	+
	Balanced contribution			-	-		+	
	Idea generation		--	-			+	+
Coordination	Access to information		+	+	+	+	++	++
	Task alignment		+		-	++		

Table 16: Observed effects of condition 1 and 2 for each group

Condition 1: AR scale model

Unfortunately, limitations of the technology caused several problems for group 2 and 3 in the execution of the assignment. These seemed to be caused by unfamiliarity with the method. Overall this affected multiple aspects of the experiment in such a way that it was not possible to use the data of these aspects regarding the effects on team interaction. The aspects that were not clearly practised during the sessions of group 2 and 3 were excluded from the research.

The remaining results indicate that collaboration suffered by the use of AR. The groups were not working together and the workspace created more problems in interaction than it resolved. These negative effects seemed to be a cause of the unfamiliarity with the interaction principle and the experimental set-up.

All groups were negatively affected due to barriers caused by the method. The main observed barrier was the attitude of the participants, participants were reserved in using the technology possibly due to a lack of trust or lacking confidence.

The understanding about the model and given tasks scored differently for each group. Group 1 showed an increase in understanding due to the better visualisations and interpretation of the model and proposals. Group 2 did not show clear improvements or decreases in understanding. The group initially received the same rating in this aspect as group 1, though their score in condition 0 was higher and therefore their understanding did not improve compared to condition 0 (the traditional design method). Only group 3, who started the session with this condition, showed problems in understanding the overall situation. Group 3 was also the only groups whose cooperative behaviour was negatively affected. The cause for this seemed to be the unfamiliarity with the technology, though it might also be affected by the order of conditions in which the group performed the experiment.

The coordination of data received mostly positive classifications. The groups could access the required information easier. Group 1 also reviewed a significant lower amount of unnecessary information. The prime cause of the negative effects on task alignment for group 3 are again a consequence of unfamiliarity with the method and situation, possibly influenced by the order of conditions.

Condition 2: AR 1:1 model

The observations of the second condition resulted in mostly positive classifications. Though, the aspects in which the groups profited are diverse.

The most diverse rating is observed in teamwork. Group 1 did not show any clear effects in this aspect, while group 2 showed extreme positive effects and group 3 showed negative effects. It seems that this aspect is influenced a lot by the group composition.

Only group 3 showed severe positive effects on the supporting environment, for the other groups the environment was not clearly supporting more than the traditional method.

An interesting outcome, is the effect of the method on communication. Communication received positive classifications in all aspects. It was evident that individuals were able to better understand the models, and therefore were able to communicate better. Expected barriers by the outdoor environment were not noticed by the participants, while their enthusiasm in the method positively affected the interaction.

Cooperation also showed clear improvements. All the participants showed enthusiasm for the method which increased their motivation. Especially participants that did not have a background in design were able to better attend in the generation of ideas. Though, limitations were also observed. Participant 9 was distracted a lot due to physical limitations of the HoloLens. This affected the balance in contribution of group 3.

Overall the access of data was better as in the traditional method though several participants required more data to make sound decisions. This was a limitation of the experimental set-up.

4.3 Interviews

The interview transcripts and extracts are presented in appendix F and G. The perception of the users in each condition is summarized in tables 17-19. The findings are divided over the four modalities and the tables are structured according to the order in which the groups executed the experiment.

	Condition 0	Condition 1	Condition 2
Collaboration	- Participant 2 feels he is lacking data and knowledge compared to the others (-) - The group was really working together on the same design task (+)	- Participants are disappointed by not being able to control all aspects of the method (-) - The ease of use was different for each participant, it was not clear what caused this - The person steering the model was excluded from the others due to the focus on the model (-) - Due to the unfamiliar user interface, the focus on the model increased more (-) - Only one participant had control and did most of the work (-)	- The method is easier than the method of condition 1 (+) - Participants indicated to be unsure about having the same visuals at some times (-) - Participants could individually experiment and come together automatically (+)
Communication	- Interpretation is hard to make, this creates differences between each participant and thus misunderstandings (-) - Participants cannot make their proposal clear for the others (-) - The participants had trouble interpretation scale and impact (-) - The method of sketching helps to create a feeling for the scale and size (+) - Making gestures and using the tools supported overall interaction (+)	- Gestures are harder to interpret with the HoloLens on (-) - The situation is easier to oversee (+)	- The impact and scale of the model are directly clear to everyone (+) - Communication feels more natural (+) - Participants do not need any skills of visualizing and interpretation (+)
Cooperation		- The added value over a SketchUp model is not clear to all participants - Participants acknowledge the opportunities of future applications	- Participants are enthusiastic about the method (+) - Participants found it easier to explore ideas (+)
Coordination	- The complete picture is missing (-) - You automatically want to think further than the assignment (-) - Participants underline the need for freedom in the beginning of the design process, it makes you understand the situation better (+)	- Participants want to be able to have more freedom, zoom in, look under the model, etc. (-) - The model should contain the whole area - Attention of the participants scattered during the process (-) - Participants are focussed on the model which made them blind for their surroundings, this seems to be caused partially by the small visualisation area (-) - Participants were more focused on the given assignment due to the variables the application gave (+)	- Some limitations were present due to the small screen, participants were able to set this aside - The group missed the complete model (-) - The presence of the real environments adds a lot of value to the whole situation and interaction (+) - Participants have the complete image (+) - This application should be used as valuation tool (+)

Table 17: Perception of the participants of group 1

	Condition 2	Condition 0	Condition 1
Collaboration	• M has a little lack of trust in the method (-)	• The method is easy in use (+)	• Participants have trouble picking up the method, they think more practice would increase familiarity fast (-) • Participants feel the method creates a collaborative environment (+) • Participants were focused on controlling the model (-)
Communication	• A better vision can be formed about the impact of the models on the surroundings (+) • No barriers were present (+)	• It is still hard to visualise things as they are (-) • People tend to pretend that they understand drawings, this interferes with the communication (-) • Drawing and making gestures supported the communication (+)	• It was easier to understand scale and relations of objects to each other (+) • The HoloLens formed a barrier in communicating normal (-)
Cooperation	• Participants are enthusiastic about the method (+) • T is not convinced that this application adds value over 3D images		• Participants are enthusiastic about future use of the method (+)
Coordination	• The group would like to be able to test functionality of a model in such a situation, requiring all models to be in place and the possibility to let a bus come by		• The small screen made it hard to see everything (-)

Table 18: Perception of the participants of group 2

	Condition 1	Condition 2	Condition 0
Collaboration	• The tutorial was received better than expected, though the application required more skills (-) • Participants expect that more training will increase skills fast • Participants felt to have no influence on the input (-)		
Communication	• The HoloLens created discomfort (-)	• The visualisation in this condition supported the design process of condition 0 (+) • The visuals should be clearer, this formed a barrier in the current setting (-) • Everyone has the same reference, individuals do not have to interpret the data (+)	• 3D images add value to the process of visualisation • The visualisation is hard to make (-)
Cooperation	• Participants show enthusiasm for the technology and are very positive to future use, if the technology is improved (+)	• Participants feel that there is a real added value of this method (+) • Promising applications are seen for this method (+)	• Participants enjoyed the method (+)
Coordination	• It is to the presenter of an idea what he/she shows, but all impacted information should be available • Models should be made in collaboration with the users to clearly state what the model can and cannot do • The visualised area was too small, causing the need for continuous moving with your head because not the whole model fit in it (-)	• Participants agree that this condition has to take place on the real location (+) • You can use the method as a verification of choices	• Information is scattered too much (-) • The group had trouble finding the right information (-) • Participants feel they can create good overview of the situation with drawings (+)

Table 19: Perception of the participants of group 3

By analysing and comparing the perception of the users given in the interviews, an overview was constructed with the effects AR showed on each of the indicated aspects, this overview is presented in tables 20 and 21. Table 20 compares the three conditions for each group. Table 21 presents the effects of condition 1 and 2 compared to condition 0.

One plus or minus sign indicates that clear effects were visible in the observations, two signs indicate strong effects. An empty box indicates that no evident effects were observed and a green box is used for the aspects that are excluded from the research.

Modality	Aspect	Condition	Group 1			Group 2			Group 3		
			0	1	2	0	1	2	0	1	2
Collaboration	Teamwork		+	-	+	+	-	+		-	+
	Supporting environment				+	+	-		-	-	+
	Equality within the project team		-	-	+		-	+		-	
Communication	Presence of barriers			-	+	+	-			-	
	Mutual understanding			+	+	-	+	+	-		+
	Communication method			-	+	+	-	+		-	+
Cooperation	Cooperative behaviour				+	-	+	+	-	+	+
	Balanced contribution		+		+	+		+	+		+
	Idea generation		+	-	+			+			+
Coordination	Access to information		-						-		
	Task alignment		-	+	+		+		-		

Table 20: Interview results for each group in all conditions

Modality	Aspect	Group	Condition 1			Condition 2		
			1	2	3	1	2	3
Collaboration	Teamwork		--	--	-			+
	Supporting environment			--		+	-	++
	Equality within the project team			-	-	++	+	
Communication	Presence of barriers		-	--	-	+	-	
	Mutual understanding		+	++	+	+	+	++
	Communication method		-	--	-	+	++	+
Cooperation	Cooperative behaviour			++	++	+	++	++
	Balanced contribution		-	-	-			
	Idea generation		--				+	+
Coordination	Access to information		+		+	+		+
	Task alignment		++	+	+	++		+

Table 21: Perceived effects of condition 1 and 2 for each group

Condition 1: AR scale model

In the first condition, collaboration suffered mainly due to the limitations of the technology. Participants felt that they had less control and input possibilities with this method and the participants did not feel connected to each other because their focus was entirely on the model. This was caused by multiple barriers that hindered good communication. The main barriers indicated by the participants were the small field of view and the form of the HoloLens.

In general, the understanding about the model and the suggested ideas increased. Participants were able to interpret the model quickly. Though, the interpretation to a 1:1 scale was still hard to make.

Apart from a mostly negative experience, participants were very excited about the future possibilities with this method and showed great enthusiasm in applying the method. This resulted in an increase in cooperative behaviour for all groups.

For the given assignment, the amount of data was adequate, though participants did indicate to miss some information in the model for real life applications. This is mainly an aspect of this particular study as the current model is limited in providing technical and environmental information.

Group 1 felt to be more steered in their tasks by the available information due to the limitations of the model. The group highly valued this and suggested to make these restrictions more extreme in future applications. The other groups also indicated some small improvements. Group 2 had a clearer goal in this set-up and group 3 indicated to consider less irrelevant information than in condition 0.

In general, participants quickly gained expertise in controlling the HoloLens and application. Only some specific aspects caused problems. Apart from two participants who questioned the added value of this method over a 3D computer model, all evaluated the method as a useful addition in design.

Condition 2: AR 1:1 model

In the second condition, very positive effects were perceived in all modalities. Collaboration was mainly affected by minor trust issues in the technology and by some technical limitations. Though participants indicated that they felt more involved with the group and less disadvantaged by a lack of knowledge or expertise in designing. This encouraged to experiment more individually. None of the participants perceived this as a negative development, after individual experimenting collaborative group evaluation took place.

Most of the participants did not perceive any environmental barriers. Barriers that were present focused on the comfort of the HoloLens and the poor sight. All participants indicated to have a better understanding about the scale and impact of the models. This was achieved by the fact that the model stood in the real environment. Participants also valued the ability to communicate naturally.

In cooperation, all participants showed great enthusiasm about the method and the majority felt that it was easier to come up with ideas and to share them.

The main limitation of the current set-up was the lack of information in the model. More information should be made available, containing not only visible information but also underground pipes. For the execution of this research, this did not cause any negative effects.

Besides these outcomes, participants also indicated to profit from the method during the subsequent experiment rounds. As they had seen the models in real-life sizes, they were able to consider the impact of the models better.

5. DISCUSSION

5.1 Differences between the experimental groups

Factors that possibly influenced the differences in the results of the groups are the group composition or the order in which the groups performed the experiment.

Group composition

With the preliminary and end questionnaires profiles were constructed of each group.

Group 1 had the lowest average age and was the most creative group. The combined score on general technological acquaintance was above average and the group had a maximum score in their attitude towards AR.

Group 2 had the highest average age. They scored below average on general technological acquaintance and had the most preserved attitude towards AR. All these factors seemed to make the group more traditionalistic, which can affect the performance and perception of the group.

Group 3 was average in all aspects, though had the least experience in construction. This factor might affect their ability to read and understand design information and use common methods.

Order of the conditions

Because the same assignment was performed in each condition, possible effects of familiarization with the assignment over the course of the experiment had to be minimized. For this reason all groups performed the experiment in another order. This excluded effects of familiarization, though a side effect can be that groups were advantaged or disadvantaged by the order they followed.

In theory, none of the conditions is better or worse to start with than the other conditions if equal information is available. In the experiment of this research condition 0 and 1 provided exactly the same information, condition 2 missed the visualisation of the street furniture which slightly disadvantages this method in creating understanding of the situation. Other differences can be caused by personal preferences, one might be able to understand or use a condition better which enhances performance and possibly the extent of effects.

Group 1 started with condition 0, followed by condition 1 and at last condition 2. The group indicated in the interviews that in their opinion this was the best order to perform the experiment. In each following condition the group was able to review proposals in more detail. This made it possible to refine ideas towards a final design.

Group 2 started with condition 2, followed by condition 0 and ended with condition 1. The group did not make any remarks on the order they followed or a preferred order for real-life applications. They mentioned that it was unnatural to start with condition 2 and that the traditional method is still essential for designing with or without AR support.

Group 3 started with condition 1, followed by condition 2 and ended with condition 0. The group was satisfied with the order they followed and indicated that condition 2 is helpful at all times to review ideas. The group benefitted from condition 2 in the subsequent condition, condition 0, as they saw the visualisation and impact of the models. This was the only group in which clear misunderstandings about the situation were present in condition 1, the condition they started with. This can be an effect of the order of conditions. Though, as emphasized in the previous section, this group had the least experience with situations similar to the assignment which can also be the cause for this misunderstanding in the first condition.

5.1.1 Effects of each AR condition

Table 22 presents the combined findings of the observations and interviews for each group. Most of the aspects scored similar for the different groups, though some aspects stand out due to divergent effects. A more thorough analysis was made of the aspects with three different outcomes.

Modality	Aspect	Group	Condition 1			Condition 2		
			1	2	3	1	2	3
Collaboration	Teamwork		--	-	--		+	
	Supporting environment		-	--		+	-	++
	Equality within the project team			--	-	++	+	+
Communication	Presence of barriers		-	--	-	+		
	Mutual understanding		+	+		+	+	++
	Communication method		-	--	-	+	+	+
Cooperation	Cooperative behaviour			+	+	++	++	++
	Balanced contribution		-	-	-	+		
	Idea generation		--	-		+	+	
Coordination	Access to information		+	+	+	+	+	++
	Task alignment		++	+		++		+

Table 22: Combined findings of the observations and interviews for each group

In the first condition, large differences are visible in four aspects: supporting environment, equality within the project team, idea generation and task alignment. As highlighted in the results section, three of these aspects were excluded from the research due to unavailability of solid results from group 2 and 3.

The fourth aspect is task alignment, which received three different outcomes in condition 1 and 2. It is striking that group 1 experienced the most positive effects in both conditions. This high positive effect can be explained by their performance in condition 0, which received a negative score. Group 1 was the only group who considered a lot of irrelevant information and possibilities that were not in line with the design requirements in condition 0. The group indicated in the interviews that sketching for them is a process of discovery which should not have too many boundaries. In the interview of condition 1, they highlighted that they appreciated the restrictions of the model which made the boundaries of the assignment and the design requirements more clear. This tendency to think beyond the assignment can be attributed to the group composition, consisting of more creative participants.

Compared to group 3, group 2 was much more practical and did not evaluate irrelevant information at all. For them, this made the differences in task alignment between the three conditions less extreme. The group did indicate to have a clearer mutual goal in condition 1.

Group 3 did not experience positive effects in condition 1. This was mainly caused due to unfamiliarity with the situation and method, which distracted the group from executing the assignment. In condition 2, they experienced positive effects because they considered less irrelevant information as in condition 0.

In the second condition, large differences are seen in supporting environment. Differences in the effects on a supportive environment are caused by two factors, group 2 experienced a negative effect due to their traditionalism. The group indicated to favour the traditional design method, whilst group 1 had the opposite and favoured the 1:1 AR model over the traditional method. Group 3 experienced more positive effects because they had trouble with the traditional method, which can be a cause of their minimal experience with this method.

5.1.2 Overall effects on interaction

Figure 20 compares the overall performance of all experimental groups. There is a similar pattern between the results of the groups. All groups experienced negative effects on the interaction in condition 1 and positive effects in condition 2. Except for group 3, all interview outcomes are in line with the observations. Group 3, evaluated condition 0 and 1 equally, this is most likely caused by their inexperience with the traditional design method.

It can be seen that group 1 performed best in all conditions and group 3 performed the worst. Though, after distracting the baseline (condition 0) of the other conditions, group 2 scores the lowest in both conditions. This is a result of a relatively high score in the baseline condition due to which their resulting effects are lower than the resulting effects of the other groups.

Group 1 experienced the least negative effects in condition 1. Both group 2 and 3 were unable to use the method properly due to unfamiliarity with the method. In condition 2, group 3 experienced most positive effects.

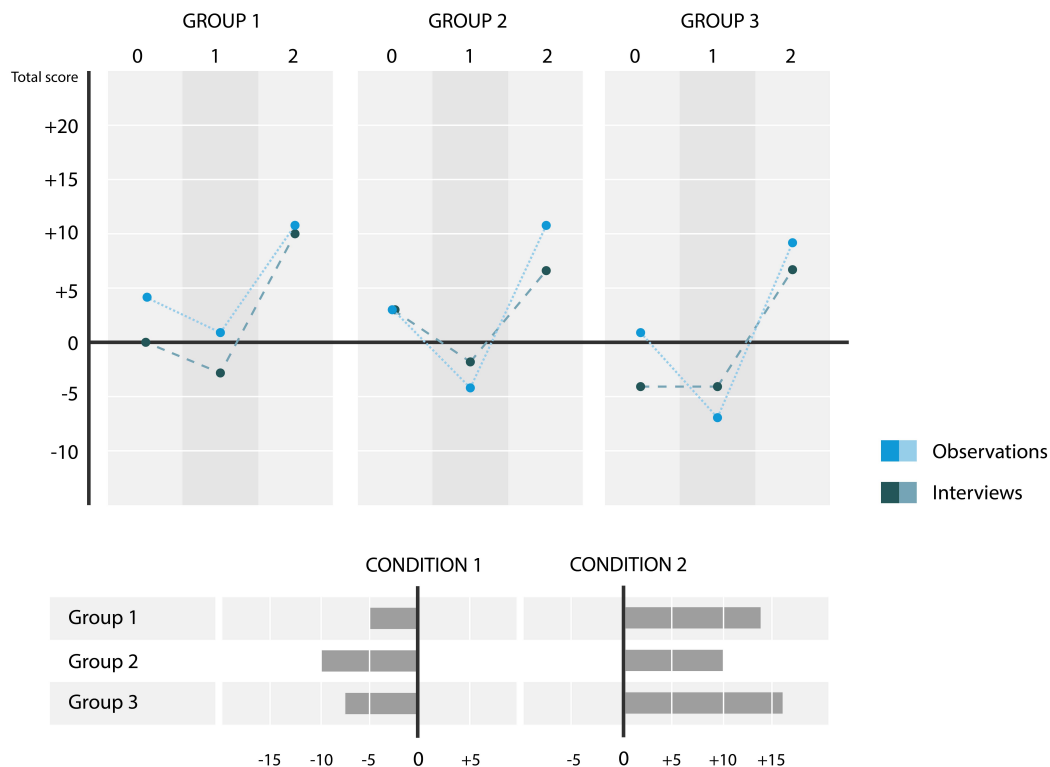


Figure 20: Overall performance of each group in all conditions

Note: the dotted lines are used as a reference to compare the different groups and have no further meaning.

As none of the groups had previous experience with the method, this raised two questions:

1. Why did group 2 experienced the least positive effects and the most negative effects?
2. Why did group 1 not have the same problems as group 2 and 3 in condition 1?

The causes for the differences can partially be justified by the group composition. Group 1 had the most affinity with technology in general and AR, while group 2 was the least familiar in these domains. This can be a logical explanations as to why group 2 has the lowest scores and why group 1 scored best in condition 1.

Group 3 had an average technological knowledge and experience with AR, though they had the least experience in reading design drawings and attending in the design process. This resulted in a low score in condition 0 and can be the reason they overall scored the lowest. Though, it can also be the reason they experienced the most positive effect in condition 2, as this condition had the easiest interaction and required the least interpretation.

Another possible cause for the differences can be sought in the order of the experiment. Figure 21 gives an overview of the overall effects on the interaction in the order each group followed.

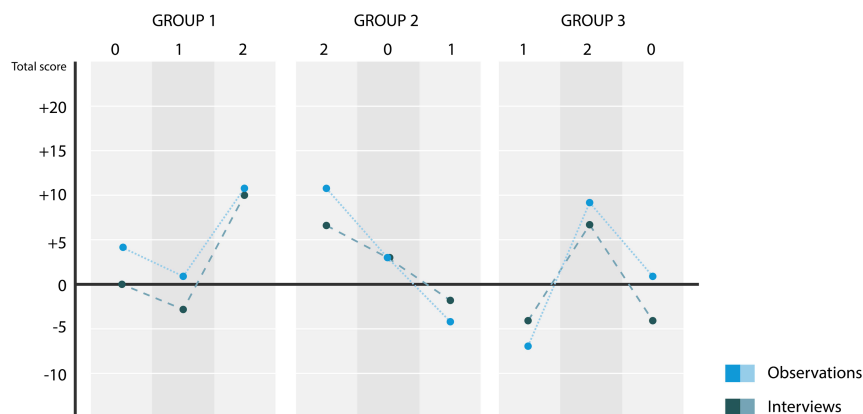


Figure 21: Overall performance of each group in the order of the experimental sessions

When the order causes certain effects, it would be expected to see similar increases over the execution of the conditions. This table has increasing lines between condition 1 and 2 for group 1 and 3 and decreasing lines between condition 2 and 0 for group 2 and 3. The graphs do not show a clear and reliable interrelation. To draw conclusions about the effect of the order more groups are needed for comparison. It is possible that the low experience of group 3 in designing, was intensified by the order they followed.

5.2 Combined findings & comparison with literature

In figure 22, the combined findings of the observations and interviews are presented. Figure 23 presents the mean of these findings and compares them to the initial expectations set by the literature review. The outcome of the literature review indicated eleven aspects of team interaction that could be affected by the use of AR. According to this study, ten aspects were affected by the use of either one of the AR applications. Considering the results of condition 1, it can be seen that both positive and negative effects are measured. Considering the results of condition 2, it can be seen that positive effects are measured in most of the considered aspects. Each aspect will be elaborated in the following section.

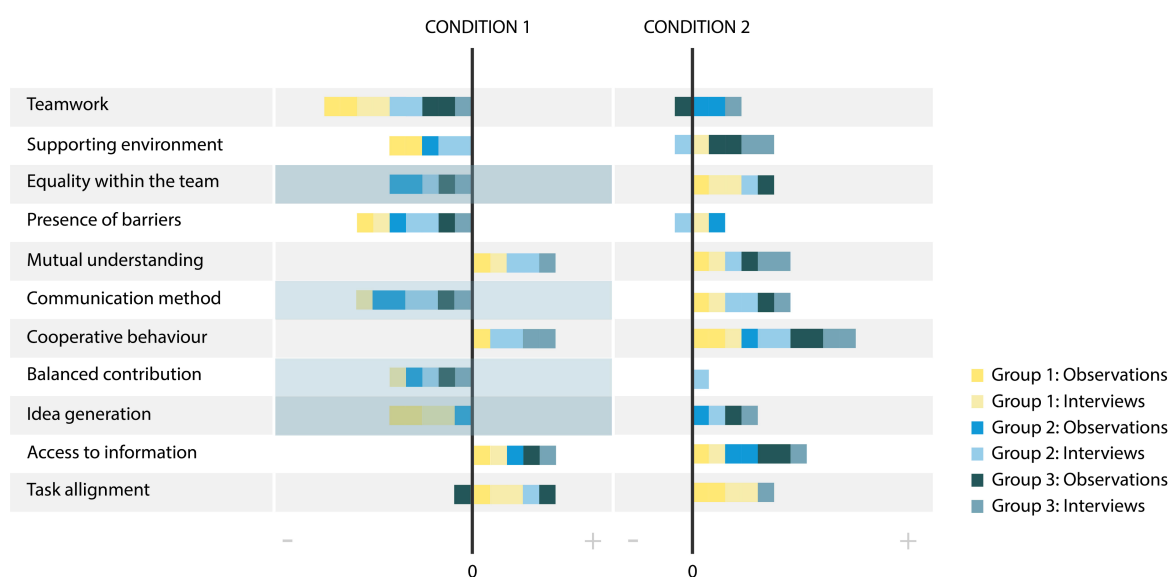


Figure 22: Combined findings of the observations and interviews for all groups

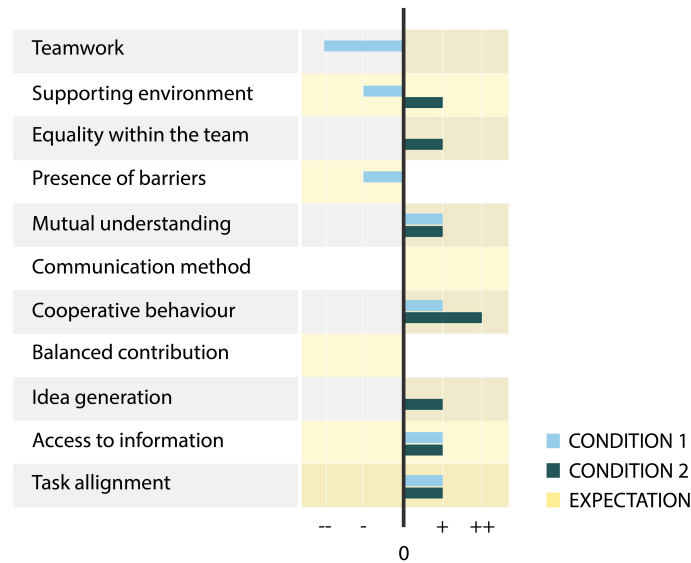


Figure 23: Comparison of the results with the expectations from literature

Teamwork

The quality of collaboration enhances when a combination of individual and groupwork is used to reach the same goal. In theory this can be both enhanced or reduced by the use of AR, depending on the set-up of the collaborative environment.

In condition 1, this aspect was negatively affected by the use of AR. Participants felt separated from the other group members while wearing the HoloLens due to its form and technical limitations. In this research, the set-up of this condition made it impossible for users to work in the model at the same time which resulted in negative effects on teamwork. Developers of applications should consider this aspect and come with new ways on how multiple users can work individually and collaboratively in the same environment without distracting each other.

When users are able to act in the same environment, this will not automatically realise positive effects. The second condition provided enough space and tools to experiment individually and come together and participants perceived to have a clearer shared purpose. Though, contrary to the expectations no clear effects were present. The main cause for this is that teamwork scored relatively good in the traditional design method. This can be an effect of the team size. This experiment considered rather small groups in which multiple fragmentations into sub-groups are less likely to occur. If groups are larger, which is not uncommon in design teams, more noticeable effects might be present that meet the expectations. More research should analyse whether positive effects can be realised.

Supporting environment

In the literature review, the aspect of providing a shared workspace was indicated to be a critical factor to achieve good collaboration. AR interfaces have proven to work more efficiently than some traditional interfaces, which creates a positive expectation of the effect of an AR workspace on collaboration. Though, the results of previous experiments highlighted several factors that interfered with this aspect as well. With the current level of development of AR it is likely that the AR environment also creates negative effects.

In this study, both positive and negative effects occurred. In condition 1, the workspace negatively affected collaboration, users had more problems in interacting with the models than initially expected. In condition 2, collaboration was enhanced. The difference between these outcomes can be related to the interaction principles of both applications. Condition 1 used an AR method that needed interaction with the model to control the model, unfamiliarity with this technique caused several negative effects. Condition 2 used a marker based model which had a relatively simple method of control. From these results it is assumed that an AR workspace can indeed affect collaboration positively, when the users have familiarised the method.

Equality within the project team

Based on the literature review it was expected that the use of AR would increase the feeling of equality within a project team by providing a shared language. As expected, the experiment demonstrated that especially participants without a background in design could better attend the discussions in the AR setting as in the traditional design method. In the traditional method large differences in understanding and familiarity with the technology occurred between the different participants.

As in the previous aspect, it is important to acknowledge that this setting did not require participants to learn and apply new interaction principles. A comparison to condition 1 cannot be made as the results of condition 1 were excluded from the research due to inadequate results of group 2 and 3. By only analysing the results of group 1, it can be seen that a negative effect is present. The participants experienced extreme differences in their learning rate. To reach the expected positive effect for people without extensive training in the use of AR, AR applications should be made more user friendly and have more natural user interfaces.

Presence of barriers

The literature review underlined the negative effects of barriers on the communication within a group. Based on this knowledge and the situational sketch, it was expected that barriers were present in the outdoor condition created by the environment of the experiment. Contrary to the expectations, the study resulted in a negative effect on the communication in condition 1 and no effects in condition 2.

In condition 1, the majority of participants indicated to perceive negative effects on the communication due to the HoloLens itself, the small field of view and the unnatural interaction principles. In condition 2, these factors did not have the same negative impact. There are two possible explanations for this. At first, participants were clearly stimulated by the method, which resulted in enthusiasm that positively affected the contribution within the assignment and could have minimized the perception of barriers. Secondly, participants indicated to be less disturbed by the need to rotate their head to view the scene, as this is a natural action in an outdoor environment. Indoors, this felt unnatural. Nevertheless, the outcome on this aspect is highly dependent on the individual participants. In condition 2, one out of the nine participants experienced discomfort from the HoloLens. This affected the interaction within the whole group negatively. The discomfort in this study was limited to physical aches by the heavy weight of the HoloLens. Though, this experiment only used the HoloLens devices temporary. When it is considered to adopt the technology as a design method, users will be involved in longer sessions. In such cases, HMDs can cause a range of medical side effects. Studies have reported that 80-95% of the users experience physical symptoms like nausea, eye strain, disorientation or discomfort. 5-50% of these users end practice due to these symptoms (Aukstakalnis, 2017). Besides physical effects, the composition of the HMD can also cause visual side effects. HMDs make use of a visual system in which a panel is placed between the user's eyes and the real world. This panel visualises the augmentations. Because of the close distance to the eye, the user continuously has to focus on visualisations that are close by and the environment that is further away. Effects of this are perceptible in the vergence and accommodation of the eyes (opposite rotation and change in focus), which results in eye muscle fatigue, motion sickness and perceptual errors (Aukstakalnis, 2017). None of the participants of this study indicated to experience such effects during the experiment. As it is shown that the interaction can already be negatively affected by only one group member, further development of the technology should try to diminish physical side effects and prevent visual side effects for longer use cases.

Mutual understanding

Both in the literature and the experiments positive effects were expected and seen in the mutual understanding. AR has shown to be a supportive method in increasing understanding in previous studies. All participants agreed that the visualisation of the model helped in understanding the situation and the different options better.

Communication method

By using a method that combines visualisations and speech, the sender is able to support their communication with AR visualisations. This is proven to create clearer communication and achieve better recording by the receiver. This aspect was positively affected in the second condition. Participants could easier communicate their thoughts, actively used the method and felt supported by the method.

Cooperative behaviour

Cooperative behaviour is specific to individuals within a group. Previous studies indicated positive effects in cooperative behaviour with the use of AR applications and visualisations. In both AR conditions a positive effect is seen. Participants were enthusiastic about the technology, which resulted in more motivation for the assignment and accepting the limitations of the technology. This positive attitude was also present in the results of the questionnaires.

Balanced contribution

In theory, a more balanced contribution of all participants could be achieved due to the lower boundaries in participating in the design process. Previous experiments with AR pointed out that a lack of integration took place between the participants. In the experiment of this study no clear differences were seen. It occurred that even the participants who were not used to designing, participated equally in the traditional method. Differences might occur on the level of participation, differentiating between participation that adds value to the cooperation or participation that does not. This study did not make a subdivision between the sort of contribution the members made.

Idea generation

The generation of ideas clearly enhanced with the use of AR, this was also expected based on the literature review. Participants were invited by the method to experiment on their own and the method had relatively low boundaries considering the required skills to experiment and create ideas.

Access to information

By providing one AR environment, all data is accessible in the same place which allows for less searching of the required information. This research confirmed that the participants needed a lot of searching in the traditional method, in the other conditions participants did not have to search at all. Though, participants felt limited by the available amount of data. This is indicated to be a limitation of the study's AR application. Real-life applications with this goal should be designed in coherence with the needs of the users and will most likely contain more data. It has to be observed if the access to information is still positively affected when the amount of data increases. This will also be dependent on the design of the application.

Task alignment

Positive effects were expected in the clarity of the given task by limiting the available data in the model. Previous research indicated that participants were sometimes confused due to the new AR methods, causing a worse attentional supply and increased workload due to which the task alignment between the users suffered. In this research, both conditions showed positive effects, participants were steered in their tasks which positively affected the interaction. Participants did indicate to miss important information that would be available in drawings. Technical participants required underground infrastructures, while designers preferred a more elaborated model. This too, is a limitation of this research and the current level of technological development.

Although the task was more framed, previous research also pointed out that the step of analysing in a design process is essential to ensure a good design (Burkhardt et al., 2009; Stempfle & Badke-Schaub, 2002). Participants indicated that they missed the freedom to explore and analyse the situation, this was easier in the traditional method. This experiment did not evaluate the end results and did not have a very complicated assignment. Though, if AR environments are applied in more complex situations, the design quality should be ensured. Which requires adequate analysis possibilities.

5.3 Problems preventing the adoption of AR

The study indicated two problems that affected several aspects and prevent the adoption of AR:

1. The technology needs severe improvements for usage in real life
2. The added value of both conditions is not in all cases clear

Technological improvements

Improvements of the technology are needed for both the hardware and software. The study indicated that for the adoption of AR applications in real-life use cases, improvements are needed in the quality and form of the HMD and in the possibilities and user interface of the application. Table 23 gives a summary of the aspects indicated by this study.

HMD (hardware)		Application (software)	
Size	<i>smaller</i>	Multiplayer	<i>allow simultaneous actions</i>
Weight	<i>lighter</i>	Interaction	<i>more intuitive</i>
Field of view	<i>more expanded</i>	User Interface (UI)	<i>more logical</i>
Holograms quality	<i>sharper</i>	Content	<i>aligned to the user's needs</i>
Processing capacity	<i>higher</i>		
Safety	<i>integrated with helmet</i>		

Table 23: Features of the technology that need improvement

As mentioned in the introduction of this thesis, the technological expectations of AR are impressive. Hardware quality is expected to increase, resulting in higher precision, improved environment and interaction detection and better interoperability. Eventually, AR will mature to a level in which the virtual views are almost indistinguishable from real-world views. Currently the Microsoft HoloLens is one of the only HMDs available. Google, Apple, Facebook and other companies are working on their own HMDs and experts expect that these might outperform the Microsoft HoloLens. This is a development in the short term. On the long run, expectations are that the HMDs will be converted to eyewear or contact lenses and some experts even think that mobile applications (AR for smartphone and tablets) will vanish completely at this point (Aukstakalnis, 2017). At that time, the sensation of touch and smells will also be incorporated in the applications, which will create more intuitive interaction (Schmalstieg & Höllerer, 2016).

Several software developers are updating their software to enable AR development or collaboration. The two main development engines for AR (Unity and Unreal) are increasing their expertise and are reaching out to collaborations within the construction industry. This will enable easier model and application development by the users themselves and a better compatibility with the commonly used software programs.

These prospects are promising for the use of AR in construction, they completely remove the problems that occurred on the technological performance within this experiment. Together with the benefits that AR can bring, it is highly likely that AR will be adopted by the industry as soon as the technological performance allows it. An additional effect is that if the technological performance improves, the positive effects of AR will most likely increase and it will be easier for companies to create AR visualisations of their models. Though, negative effects can increase as well, therefore these should be limited in advance.

Estimates about when the performance meets the needs are hard to make, companies that are interested in developing AR with the use of HMDs should carefully monitor the development and performance levels of new HMDs and the compatibility with their software programs.

Replaceability

Several participants questioned whether AR is the appropriate technology for the tested cases. Alternative technologies that could take the place that AR had in this research are scant. AR has been identified as a unique technology in providing visualisations and data on-site (Alsafouri & Ayer, 2018). Besides, the application of AR in the design process requires human input which excludes replacement by robotics.

Overall, the participants were enthusiastic about condition 1, though at the same time the added value of the current set-up over a 3D computer model was not clear. Participants indicated that they would only expect the condition to add value if it is possible to use natural interaction principles and lose the heavy HMD.

A technology that meets these requirements, is a newer type of AR: the Holographic table. A Holographic table is a form of stationary displays. It is a table, that visualises holograms above it. The first multi-user holographic table is produced by Euclidean (n.d.). The company claims to have a table that enables users to view any 3D model by their own input. Users can pick up objects and move them around or prepare holographic presentations. Only small light weight glasses are required. Although the technology sounds promising and the launch should have been early 2018, the tables are not yet available and there is no extended report about the performance and abilities of the tables (Blain, 2017; Euclidean, n.d.).

The benefits of a holographic table would be the more natural interaction with the model and the benefit of losing the heavy HMD. Both were important limiting factors in this study, which makes the technology of the holographic table promising. Though, considering the continuous development of the HMDs it might be possible to reach the same comfort and quality with newer HMDs. A real benefit of the table would be its application without requiring glasses. Time has to show which of the technologies develops faster and has the easiest interaction principle, best quality or best availability.

Condition 2 was received positive by all participants. Some justified remarks were made considering the applicability of the method. Not all situations are suitable for the use of AR, this is especially dependent on the location where to apply AR. An off shore wind park can in theory be visualised in AR if the technology improves, though designing this wind farm from a boat is unfeasible.

An alternative to using a 1:1 AR model is the use of VR. In VR applications a model can be visualised from the perspective of the user. The difference with AR is that this visualisation is separated from the real world and forms a world of its own. Benefits are that the technology is much further developed at this moment and that all locations can be visualised in the VR environment.

The advantage of AR over VR is that less modelling is required and the user has a more realistic view, which is said to give the user a safer and more comfortable feeling (Shen et al., 2010). It also enables the user to see co-users. In VR this can be mimicked, though, this needs proper alignment to create the illusion that people coexist in the same space (Behzadan & Kamat, 2007).

The participants of this study believed that AR does have added value over VR in suitable situations. These opinions were based on the theoretical knowledge of the difference between both technologies. Further research should point out if these assumptions are right.

5.4 Limitations of the research

The study has several limitations. The experimental set-up was limited by the amount of resources and the available participants. Three HoloLens devices were available for the research which limited the group size to three participants. It was chosen to pursue an equal group composition, consisting of one employee of each company. These employees had to be in a position that could be present during design meetings and available for half a day during worktime. The amount of people that reacted to this request was low, which decreased the amount of test groups. This allows the factor of coincidence to have influence on the results. For this reason, the results are not statistically viable. One of the initial participants called in sick, due to which another participant was called in at the last moment (participant 8). He did not fit the requested background.

Due to limitations with the technology, two different applications were used which brought in an extra variable that could be the reason for differences between the AR conditions. Future research should review this by using commercial applications. Some official applications do exist, in the preparation of this study a cooperation could not be achieved without buying the application for which no resources were available.

5.5 Suggestions for future research

This study reviewed the effects of using AR as a supportive co-design environment on team interaction. The results of the study cover a broad topic in the light of co-design and team interaction.

Based on the results of this study, interesting follow-up studies can be conducted concerning the interaction within teams that have experience with the AR technology. This study showed that the introduction to the new technology required a lot of time from the participants to get to know the methods. If the participants are already familiar with the methods, more specific results can be obtained on the effect of AR on team interaction.

Another interesting topic of research is if the AR scale model has an added value over a 3D computer scale model or if the AR 1:1 model has added value over a 1:1 VR model. Computer scale models are at this moment essential in the design process, though in this study they were not considered. Multiple participants questioned the added value of the virtual scale model over a computer scale model. In contrary, none of the participants questioned the added value of the AR 1:1 model, though in theory VR can create the same experience. It is interesting to study how much the real environment influences the perception of the users.

A more technical oriented research can be performed in the user interaction of architectural AR models, and how this can be improved in such a way that people with different backgrounds can easily interact with the model.

Additionally, there are a lot more characteristics of the users, the methods and the tasks. Further studies can be conducted by applying a focus on either one of the four modalities with more elaborated observation and interviews or by varying the chosen methods, tasks and test group.

The results of the study indicate that the group composition had a noticeable effect on the outcomes. In future research, the composition of the group can be varied to contain only designers, who showed the most enthusiasm in this experiment or to be more diverse containing external stakeholders and clients. It can also be chosen to increase the size of the group entirely.

This study only evaluated the placement and adjustment of one object in a predefined setting. By varying the tasks to consist of more objects or more design requirements, the amount of data increases and participants need to consider more aspects in making decisions.

Variations of methods can include the exploration of other AR tools such as the handheld displays or first generation Holographic tables.

6. CONCLUSION

6.1 Summary of the results & answer to the research questions

In order to explore the effects of using an Augmented Reality co-design environment on team interaction, a qualitative research was conducted analysing both the theoretical and practical effects of AR on interaction. Having in mind that interaction is a broad concept including many aspects that are of a more personal nature, the goal of this study was to define only the effects of the aspects that could theoretically be influenced by the use of AR in a design meeting during the design process. A team of actors with a different background in construction using three different design environments was investigated. The study analysed which effects these design environments had on the interaction within the design team. Two of the environments were based on Augmented Reality; the use of a virtual scale model and the use of a virtual 1:1 model on site. The third environment was a traditional design set-up used as the baseline to compare the other conditions with. Due to technical and practical limitations with the first set-up, the results on four aspects in this condition were declared to be invalid and are not considered in the results of the study.

The main research question was:

What are the effects of using an AR co-design environment as a supportive tool during design meetings in the design process, on the interaction within a project team?

To answer this question, four sub-questions were created. Sub-questions 1 and 2 were used to create a theoretical framework, evaluation framework and the experimental set-up. Sub-questions 3 and 4 analysed the usage of the AR applications.

Sub-question 1 covered the theoretical base of the research:

What characterises the interaction within a project team during design meetings in the design process?

The research started with an identification of the main aspects of interaction that are present in the examined setting. Throughout the course of this report, interaction was defined as a combination of 4Cs. Collaboration, communication, cooperation and coordination. All of these Cs are interrelated to each other, but also have distinct characteristics of their own. This study analysed each of the modalities, their definition and in what form they are present within group design meetings.

Collaboration was defined as the activity of working with someone else for a special purpose. Within this research, the AR environment formed a collaborative system that could enhance or obstruct collaboration within the project team. Three aspects of collaboration were identified to be present in the experimental set-up; teamwork, a supportive environment and equality within the project team.

Communication was defined as the activity of providing and receiving information for the purpose of generating understanding. Three aspects of communication were identified to be present in the experimental set-up; the presence of barriers (caused by the environment or used method), mutual understanding and the use of communication methods.

Cooperation was defined as the act of exchanging information and resources in support of each other's goals without interfering with each other. Three aspects of cooperation were identified to be present in the experimental set-up; a cooperative behaviour, a balance in roles and an equal contribution and idea generation.

Coordination was defined as the act of sharing information and resources for the purpose of accomplishing a personal part in support of a mutual goal. Two aspects of coordination were identified to be present in the experimental set-up; the access to information and the task alignment.

Sub-question 2 continued by identifying the expectations of the research:

How are these aspects theoretically influenced by the use of an AR co-design environment?

To evaluate the effects of using AR as a co-design environment, it was first defined how the indicated aspects could be affected by the use of AR as a collaborative design environment. Previous studies of AR indicated that the main benefits of AR lay in its possibility to create an interactive design environment that facilitates non-verbal communication. In the light of this research, the AR environment would provide for a shared work environment, shared language, non-verbal support and a selection of data. AR was expected to have a positive effect if it supports or stimulates the user in the design process. AR was expected to have a negative effect if the user is distracted or limited by the new method, interaction principle or technological flaws.

An overview of the aspects that are present in the research set-up with the expected influence of the use of AR is visualised in table 24.

Modalities	Aspects	Effects
Collaboration	Teamwork	+/-
	Supportive environment	+/-
	Equality within the project team	+
Communication	Presence of barriers	-
	Mutual understanding	+
	Communication method	+
Cooperation	Cooperative behaviour	+
	Balanced contribution	-
	Idea generation	+
Coordination	Access to information	+/-
	Task alignment	+/-

Table 24: Aspects of team interaction and the expected effects of AR

To verify the assumptions, an experiment was held in which three conditions with and without the use of AR were tested. The effects of AR were analysed with observations and interviews. The observed effects are presented in table 25 and answer sub-question 3:

What are the effects in real-life of using an AR co-design environment during a design meeting?

Modality	Aspect	Group	Condition 1			Condition 2		
			1	2	3	1	2	3
Collaboration	Teamwork		--		--		++	-
	Supporting environment		--	-				++
	Equality within the project team			--	-	+		+
Communication	Presence of barriers		-	-	-		+	
	Mutual understanding		+		-	+		+
	Communication method			--	-	+		+
Cooperation	Cooperative behaviour				-	++	+	+
	Balanced contribution			-	-		+	
	Idea generation		--	-			+	+
Coordination	Access to information		+	+	+	+	++	++
	Task alignment		+		-	++		

Table 25: Observation results

The results of the interviews are presented in table 26 and answer sub-question 4:

How do team members perceive the use of an AR co-design environment and its influence on the interaction within the group?

Modality	Aspect	Group	Condition 1			Condition 2		
			1	2	3	1	2	3
Collaboration	Teamwork		--	--	-			+
	Supporting environment			--		+	-	++
	Equality within the project team			-	-	++	+	
Communication	Presence of barriers		-	--	-	+	-	
	Mutual understanding		+	++	+	+	+	++
	Communication method		-	--	-	+	++	+
Cooperation	Cooperative behaviour			++	++	+	++	++
	Balanced contribution		-	-	-			
	Idea generation		--				+	+
Coordination	Access to information		+		+	+		+
	Task alignment		++	+	+	++		+

Table 26: Interview results

The main findings that answer to sub-questions 3 and 4 are summarised as follows:

In condition 1, the observations showed negative effects on teamwork, having a supportive environment and the presence of barriers. Teams suffered of fragmentation and the unfamiliarity with the method caused severe barriers in providing a collaborative environment. The interviews confirmed this, participants feel to have less control due to the set-up of the experiment and feel unconnected to each other due to the small screen of the HoloLens.

No clear effects were observed in mutual understanding, cooperative behaviour and task alignment. Though, the interviews indicated that the participants are more willing to cooperate due to their excitement of the method, that a clearer visualisation of the situation and possibilities is created and that the task was framed better.

Positive effects were observed in the access to information. The participants did not need to search as much as in the traditional method and information was easily accessible.

In condition 2, the observations showed positive effects in almost all aspects. Supportive environment, equality in the project team, mutual understanding, communication method, cooperative behaviour, idea generation, access to information and task alignment all scored positive in both the observations and interviews. The AR workspace is easier in use for the actors without a background in design. It is evident that individuals understand the models better, and can therefore communicate and generate ideas easier. Enthusiasm in the use of the method positively affects group interaction by creating a positive vibe and stimulating environment. Information is gathered in one environment, which speeds up the interaction. And participants are more focused on the given task and the design requirements. No evident effects were observed in teamwork, the presence of barriers and a balanced contribution.

The combined results are visualised in table 27 and answer to the main research question:

What are the effects of using an AR co-design environment as a supportive tool during design meetings in the design process, on the interaction within a project team?

Modality	Aspect		
		Condition 1	Condition 2
Collaboration	Teamwork	--	
	Supporting environment	-	+
	Equality within the project team	-	+
Communication	Presence of barriers	-	
	Mutual understanding	+	+
	Communication method	-	+
Cooperation	Cooperative behaviour	+	++
	Balanced contribution	-	
	Idea generation	-	+
Coordination	Access to information	+	+
	Task alignment	+	+

Table 27: Main results

One of the most striking outcomes, is that the effects of AR cannot be considered equal in every situation. This research tested two conditions. The results show clear differences between these two conditions. This difference is a direct result of the used type of AR application and the limitations of the technology.

Condition 1 overall performed poorer, caused by the unfamiliarity with the interaction principle and the limited sight with the HoloLens. For group 2 and 3 these effects seemed more severe due to the group composition. Group 1 was a young creative group with relatively high technical knowledge and skills, group 2 was an older more traditional group with relatively low technological knowledge and skills and group 3 had the least experience in construction and design and average technological knowledge and skills. These differences seem to be the cause for diverse ratings in four aspects; supporting environment, equality within the project team, idea generation and task alignment. The order in which the groups performed the experiment might also have had an intensifying effect on the performance of the groups in these aspects, unfortunately this cannot be confirmed with the results of this study.

Condition 2 showed positive effects in 8 out of the 11 aspects. The AR application in this condition has an easier control, facilitates more natural communication and minimizes the need to interpret a model. It is also noted that in this study some aspects showed a positive effect from the use of AR while limitations were also observed and indicated in the interviews. These were the presence of barriers and the access to information. Individuals can experience great discomfort from the form and weight of the HoloLens, which will affect the interaction of the whole project team negatively. And the amount of data in this study was not sufficient for a real-life project. Increasing this amount can affect the access to information in a negative manner.

The only aspect in which no differences were seen is a balanced contribution. Analysing this more specific on the content of the participation might result in other outcomes.

A notable effect is the extreme positive attitude towards AR, both before and after the experiment. Even participants that did not manage to use the technology properly during the experiment, rated the technology better after the experiment.

Overall, AR can have the positive effects that theory gives it. Though, this is highly dependent on the type of application and the users. This study confirmed positive effects for four aspects in both conditions, these were mutual understanding, cooperative behaviour, access to information and task alignment. To reach positive effects in the aspects that were now not or negatively affected, users need to be more familiarised with the technology, AR applications should be more user friendly by providing natural user interfaces and developers should consider how multiple users can work besides each other in the same environment. Improvements in these areas are expected to come soon. It cannot be said if these improvements will fulfil the identified needs. Other technologies that could replace AR, are a Holographic table or VR applications. Participants in this study expected AR to have significant benefits over VR. Though, they did prefer a technology like the holographic table over the AR scale model. It has to be seen which technology develops the fastest and offers the best combination of features.

6.2 Recommendations

Companies that are interested in adopting AR, should consider the different applications of the technology and align this to their needs. Adopting AR in the design process has proven several benefits. Though, the technology still needs severe improvements to be used in this kind of setting. To really benefit from AR, companies should keep track of the developments and performance of different applications.

At this moment, the only use case of AR that is supported by the level of technological development, is as a tool to validate design decisions. There does not seem to be a preferred moment of using AR in the design process, Shin & Jennings (2013) suggest an evaluation with AR after each sub-phase in the design process. When the AR technology improves, it will most likely become a more frequently consulted tool that can be applied at any moment in the design process.

The application of AR as a scale model, did not create added value for now. Though, in theory it is still a preferred method. An application that is expected to have this expected added value is the holographic table. Performance reports of this table are not yet available, though the theory behind the table is more promising than an application with the current version of the HoloLens due to the natural interface and the small glasses.

The AR 1:1 model has proven positive effects in team interaction, especially in communication and cooperation of diverse team members. Developing the technology further could bring more benefits in coordination and collaboration. The use of this application is more or less possible at this moment. This requires a highly skilled AR software developer that creates an application in consultation with the stakeholders to ensure a complete model and set of possible actions. This study used a rather easy marker based application. Companies should acknowledge that converting this to interactive control might cause unfamiliarity issues. To really benefit from the application, it is to wait on a next generation HMD, that can create better visualisations outdoors, is resistant to rain and can be combined with a construction helmet.

REFLECTION

I wanted to use this period not only to prove to be an independent engineer, but also to learn a new skill that might come in helpful later in my life. So, I chose to focus on Augmented Reality, a topic introduced to me in October 2017, a half year before the start of my graduation. Some might think starting your graduation on a new topic you know absolutely nothing about is foolish, and I think there were moments in the past half year in which I would have agreed with these people. Though determined as I was, I took the jump into the great unknown.

The path I chose for my graduation research has had its ups and downs. I do not regret my choices, as I learned more than I could have imagined. Though, if I could do it again with the knowledge I have now, I would do some things differently.

To start, I had little knowledge about the topic and I might have underestimated the AR technology, amount of information and available studies a bit. It definitely took me some time to make something out of all the available information and to form my own research. In this process, I had most trouble finding a link on which I could proceed from a non-technical development approach.

Besides that, I kept being surprised by little inconveniences. Like the need for Windows 10 and the difficulty of using HoloLens devices in a multiplayer setting. Luckily I had an old laptop that could be updated to Windows 10, although this was not the best available support. A big moment of stress occurred when my laptop decided to start a reboot loop of an entire day, luckily this lasted to that one day. Though, I am curious what my solution would have been if it did not stop rebooting.

I would advise others that are interested in analyzing a technology application to not only search for the theory in the preparation phase but also focus on the requirements and possibilities with more depth. I did search these requirements and found some, though only at the moment I was planning to start working with the programs, I found the windows 10 requirement and the difficulty of multiplayer environments. This did not cause mayor problems in my case, but I could have taken this into account when I had known this earlier in the process.

Secondly, my planning scheme was quite nice on paper. Though in real-life not so. This was mainly because I did not consider the uncertainty of working with other people. The experiment required collaboration with two external parties and the participants. I assumed that as plans were made and everyone was informed, everything would be fine. Thus it came by a surprise that not only people with children in pre-school are away in the official summer vacation and that the arrangements made with the municipality and the participants of the municipality were not received. This seemed to be an error in their mailing system, but resulted in last minute calls to all the participants and finding and reserving a new room for the experiment in Zwolle. The uncertainty if all participants would show up and if all technology would be working remained until the experiments took place.

In my planning scheme, I could afford the time delays due to the vacation period. Though, if I could change my process, I would have made another planning scheme in which all agreements and information exchanges with the involved parties were arranged before the vacation period. In the current execution, this could only be achieved after this period which gave me a period in which I had relatively little tasks and another period in which I needed to create the whole AR application and were, in the end, one or two weeks short. This was also my biggest disappointment. I came really close to making the application multiplayer, though I had to make a decision whether to continue developing the multiplayer part with the possibility of not finishing in time or to start creating the back-up plan. I chose to create the back-up plan and I think that was the right choice considering the situation. With another two weeks I would have chosen to continue with the multiplayer function, though the experimental dates were fixed and on such a short notice the participants would not be able to free their agendas two weeks later.

I am happy with the result, though due to the infinite possibilities the research feels incomplete. I guess that is a limitation of doing research, you will never know the “real”, in this case future answers. I really liked experimenting with AR, making an application and seeing how people used the applications and reacted to them. I am curious if my results will be picked up by someone else. If so, that person is welcome to ask for anything.

REFERENCES

- Alaloul, W. S., Liew, M. S., & Zawawi, N. A. W. (2017). Communication, coordination and cooperation in construction projects: Business environment and human behaviours. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 291). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/291/1/012003>
- Alreshidi, E., Mourshed, M., & Rezgui, Y. (2018). Requirements for cloud-based BIM governance solutions to facilitate team collaboration in construction projects. *Requirements Engineering*, 23, 1–31. <https://doi.org/10.1007/s00766-016-0254-6>
- Alsafouri, S., & Ayer, S. K. (2018). Review of ICT Implementations for Facilitating Information Flow between Virtual Models and Construction Project Sites. *Automation in Construction*, 86, 176–189. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.10.005>
- Argawal, R., Chandrasekaran, S., & Sridhar, M. (2016). Imagining construction's digital future. Retrieved November 14, 2018, from <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/imagining-constructions-digital-future>
- Aschenbrenner, D., Li, M., Dukalski, R., Verlinden, J. C., & Lukosch, S. (2018). Exploration of different Augmented Reality Visualizations for Enhancing Situation Awareness for Remote Factory Planning Assistance Exploration of different Augmented Reality Visualizations for Enhancing Situation Awareness for Remote Factory Planning Assi. In *2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. Reutlingen: IEEE. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14819.66083>
- Aukstakalnis, S. (2017). *Practical augmented reality : A guide to the technologies, applications, and human factors for AR and VR*. Boston: Addison-Wesley.
- Baarda, B., de Goede, M., & Kalmijn, M. (2007). *Basisboek enquêteren : Handleiding voor het maken van een vragenlijst en het voorbereiden en afnemen van enquêtes* (2nd ed.). Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Behzadan, A. H., & Kamat, V. R. (2007). Georeferenced Registration of Construction Graphics in Mobile Outdoor Augmented Reality. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 21(4), 247–258. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(2007\)21:4\(247\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(2007)21:4(247))
- Bellini, H., Chen, W., Sugiyama, M., Shin, M., Alam, S., & Takayama, D. (2016). *Virtual & Augmented Reality: Understanding the race for the next computing platform*. Goldman Sachs Global Investment Research. New York. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Best, K. (2006). *Design management : Managing design strategy, process and implementation*. Switzerland: AVA Publishing.
- Billinghurst, M., & Kato, H. (2002). Collaborative augmented reality. *Communications of the ACM - How the Virtual Inspires the Real*, 45(7), 64–70. <https://doi.org/10.1145/514236.514265>
- Blain, L. (2017). The world's first multi-user hologram table is here, on sale in 2018. Retrieved November 14, 2018, from <https://newatlas.com/hologram-tables-euclidean/50868/>
- Boos, M. (2011). *Coordination in human and primate groups*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
- Buche, M. (2017). Augmented Reality in the construction industry.
- Builders Base. (2018). Holographic Making Waves Within the construction industry. Retrieved November 14, 2018, from <https://www.buildersbase.co.nz/toolbox/toolbox-technology/holographic-making-waves-within-construction-industry/>
- Burkhardt, J. M., Détienne, F., Hébert, A. M., Perron, L., Safin, S., & Leclercq, P. (2009). An approach to assess the quality of collaboration in technology-mediated design situations. *VTT Symposium (Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus)*, (258), 355–362. https://doi.org/10.1007/978-3-642-03658-3_20
- Caniëls, M. C. J., Chiocchio, F., & van Loon, N. P. A. A. (2019). Collaboration in project teams : The role of mastery and performance climates. *International Journal of Project Management*, 37, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2018.09.006>
- Chi, H.-L., Kang, S.-C., & Wang, X. (2013). Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture, engineering, and construction. *Automation in Construction*, 33, 116–122. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.017>
- Chu, M., Matthews, J., & Love, P. E. D. (2018). Integrating mobile Building Information Modelling and Augmented

- Reality systems: An experimental study. *Automation in Construction*, 85(September 2017), 305–316. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.10.032>
- Cidota, M., Lukosch, S., Datcu, D., & Lukosch, H. (2016). Comparing the Effect of Audio and Visual Notifications on Workspace Awareness Using Head-Mounted Displays for Remote Collaboration in Augmented Reality. *Augmented Human Research*, 1(1). <https://doi.org/10.1007/s41133-016-0003-x>
- Dainty, A., Moore, D., & Murray, M. (2006). *Communication in Construction* (eBook). Oxon: Taylor & Francis.
- Denise, L. (1999). Collaboration vs. C-Three (Cooperation, Coordination, and Communication). *Innovating*, 7(3).
- Du, J., Shi, Y., Zou, Z., & Zhao, D. (2018). CoVR: Cloud-Based Multiuser Virtual Reality Headset System for Project Communication of Remote Users. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(2), 04017109. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001426](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001426)
- Emmitt, S., & Gorse, C. (2003). *Construction Communication*. Oxford: Blackwell publishing Ltd.
- Euclidean. (n.d.). Euclidean Holographics. Retrieved November 14, 2018, from <https://www.euclideanholographics.com>
- Fazel, A., & Izadi, A. (2018). An interactive augmented reality tool for constructing free-form modular surfaces. *Automation in Construction*, 85(October 2017), 135–145. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.10.015>
- Flor, N. V. (1998). Side-by-side collaboration : a case study. *International Journal of Human-Computer Studies*, 49, 201–222.
- Flury, A. (2012). *Cooperation : The engineer and the architect*. Basel: Birkhäuser.
- Fologram. (2018). Learning to use Voice, Gestures and Gaze. Retrieved November 24, 2018, from <https://learn.fologram.com/hc/en-us/articles/360000919873-Learning-to-use-Voice-Gestures-and-Gaze>
- Fracture. (n.d.). Fracture mixed reality. Retrieved November 14, 2018, from <http://fracturereality.io>
- Glockner, H., Jannek, K., Mahn, J., & Theis, B. (2014). *Augmented reality in logistics*. DHL Customer Solutions & Innovation. <https://doi.org/10.1145/2656433>
- Grand View Research. (2017). Augmented Reality (AR) & Virtual Reality (VR) in Healthcare Market Analysis By Component (Hardware, Software, and Service), By Technology (Augmented Reality, Virtual Reality), And Segment Forecasts, 2018 - 2025. Retrieved November 14, 2018, from <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/virtual-reality-vr-in-healthcare-market>
- Grosz, B. J. (1996). Collaborative Systems. *American Association of Artificial Intelligence*, 67–85.
- Gül, L. F. (2017). Studying gesture-based interaction on a mobile augmented reality application for co-design activity. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s12193-017-0252-0>
- Hommes, J. (1980). *Communicatie tussen mensen*. Leiden: Stenfert Kroese.
- Kamha, J. (2016). Augmented Reality a game changer for construction. Retrieved November 14, 2018, from <https://sourceable.net/augmented-reality-a-game-changer-for-construction/>
- Keys, Y., Silverman, S. R., & Evans, J. (2016). Identification of Tools and Techniques to Enhance Interdisciplinary Collaboration During Design and Construction Projects. *Health Environments Research & Design Journal*, 10(5), 28–38. <https://doi.org/10.1177/1937586716684135>
- Kubicki, S., Bignon, J. C., & Halin, G. (2005). Assistance to cooperation during building construction stage. Proposition of a model and a tool. In *International Conference on Industrial Engineering and Systems Management IESM 2005*. Marrakech.
- Lee, C. (2008). BIM: changing the construction industry. In *PMI Global Congress 2008*. Denver: Project Management Institute. Retrieved from <https://www.pmi.org/learning/library/building-information-modeling-changing-construction-industry-6983>
- Liu, Y., van Nederveen, S., & Hertogh, M. (2017). Understanding effects of BIM on collaborative design and construction: An empirical study in China. *International Journal of Project Management*, 35(4), 686–698. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.06.007>
- Lukosch, S., Lukosch, H., Datcu, D., & Cidota, M. (2015). Providing Information on the Spot: Using Augmented Reality for Situational Awareness in the Security Domain. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW) -- The Journal of Collaborative Computing and Work Practices*, 24, 613–664.
- Macfadden, M. (2018). The four Cs: communication, coordination, cooperation, and collaboration. Retrieved

- November 14, 2018, from <https://convergelabs.com/blog/2018/01/the-four-cs-communication-coordination-cooperation-and-collaboration/>
- Martinetti, A., Rajabalinejad, M., & Van Dongen, L. (2017). Shaping the Future Maintenance Operations: Reflections on the Adoptions of Augmented Reality Through Problems and Opportunities. In *Procedia CIRP* (Vol. 59, pp. 14–17). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.10.130>
- McKenzie, H., Park, A., Dayaram, P., Barclay, K., Cooper, A., & Fenelon, S.-E. (2014). *Improving Collaboration Between Architects and Engineers*. Wellington.
- Meemoori Research. (2017, April 5). Virtual and Augmented Reality For Smart Buildings. Retrieved November 14, 2018, from <https://www.meemoori.com/virtual-augmented-reality-smart-buildings/>
- Microsoft. (2018). Use Gestures. Retrieved November 26, 2018, from <https://support.microsoft.com/da-dk/help/12644/hololens-use-gestures>
- Milgram, P., & Colquhoun, H. J. (1999). A Taxonomy of Real and Virtual World Display Integration. In Y. Ohta & H. Tamura (Eds.), *Mixed reality: Merging real and virtual worlds* (pp. 1–26). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Mudde, M. M. (2016, February 15). Centre Pompidou. Retrieved October 20, 2018, from <https://www.instagram.com/p/BB0Sc9ehgK/>
- Neumann, U. (2017). Virtual and Augmented Reality Have Great Growth Potential. Retrieved November 14, 2018, from <https://www.credit-suisse.com/ch/en/articles/private-banking/virtual-and-augmented-reality-201706.html>
- Nursin, A., Latief, Y., & Ibrahim. (2018). Critical Success Factors in Developing Collaborative Design-Build Project Team to Improve Project Performance. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 159).
- Oesterreich, T., & Teuteberg, F. (2017). Evaluating Augmented Reality Applications in Construction – a Cost-Benefit Assessment Framework Based on Vofi. In *Proceedings of the 25th European Conference on Information Systems (ECIS)* (p. 23). Guimareães: AIS Electronic Library.
- Proctor, D. (2017). Soluis Group secures £1m grant for VR/AR construction system. Retrieved November 14, 2018, from <https://www.installation-international.com/case-studies/soluis-group-secures-1m-grant-vrar-construction-system>
- Răzvan, C. A., & Eniko, T. (2010). E-collaboration the new economic world. *Romanian Economic Business Review*, 4(1), 141–147.
- Renevier, P., & Nigay, L. (2001). Mobile Collaborative Augmented Reality: the Augmented Stroll. In M. Little & L. Nigay (Eds.), *Engineering for Human-Computer Interaction. EHCI 2001. Lecture Notes in Computer Science* (pp. 229–316). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Schmalstieg, D., & Höllerer, T. (2016). *Augmented reality : Principles and practice*. Boston: Addison-Wesley.
- Schubert, G., Schattel, D., Tönnis, M., Klinker, G., & Petzold, F. (2015). Tangible mixed reality on-site: Interactive augmented visualisations from architectural working models in urban design. *Communications in Computer and Information Science*, 527, 55–74. https://doi.org/10.1007/978-3-662-47386-3_4
- Seichter, H. (2003). *SKETCHAND+ a collaborative augmented reality sketching application*. Bauhaus University Weimar.
- Shah Ali, A., & Rahmat, I. (2009). Methods of coordination in managing the design process of refurbishment projects. *Journal of Building Appraisal*, 5(February), 87–98. <https://doi.org/10.1057/jba.2009.13>
- Shen, Y., Ong, S. K., & Nee, A. Y. C. (2010). Augmented reality for collaborative product design and development. *Design Studies*, 31(2), 118–145. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2009.11.001>
- Shin, D. H., & Dunston, P. S. (2008). Identification of application areas for Augmented Reality in industrial construction based on technology suitability. *Automation in Construction*, 17(7), 882–894. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.02.012>
- Shin, T. J., & Jennings, C. (2013). Augmented Reality and Design Process : the New Role of Augmented Reality in Design Process. In *IDSA 2013 Educational Symposium*. Chicago.
- Silverman, D., & Marvasti, A. (2008). *Doing Qualitative Research A Comprehensive Guide*. Los Angeles: Sage Publications.
- Spada, H., Meier, A., Rummel, N., & Hauser, S. (2004). A New Method to Assess the Quality of Collaborative Process in CSCL. In *Proceedings of the 2005 conference on Computer support for collaborative learning:*

- learning 2005: the next 10 years!* (pp. 622–631).
- Srinivasiah, R. (2017, November 21). How to maximize AR and VR performance with advanced stereo rendering. Retrieved October 20, 2018, from <https://blogs.unity3d.com/2017/11/21/how-to-maximize-ar-and-vr-performance-with-advanced-stereo-rendering/>
- Stempfle, J., & Badke-Schaub, P. (2002). Thinking in design teams - an analysis of team communication. *Design Studies*, 23, 473–496.
- Sublime. (2018). Superpowering our workforce.
- Succar, B. (2013). Project lifecycle phases. Retrieved November 14, 2018, from <https://www.bimframework.info/2013/12/project-lifecycle-phases.html>
- Tang, J. C. (1991). Finding from observational studies of collaborative work. *International Journal of Man-Machine Studies*, 34, 143–160.
- The Economist Group Limited. (2017). Least-improved. Efficiency eludes the construction industry. Retrieved November 14, 2018, from <https://www.economist.com/business/2017/08/17/efficiency-eludes-the-construction-industry>
- Thomas, S. R., Tucker, R. L., & Kelly, W. R. (1998). Critical Communications Variables. *Journal of Construction Engineering and Management*, 124(1), 58–66.
- Tieleman, H., van Esch, R., & Wollenberg, R. (2016, November 4). BAM trials Microsoft Hololens. Retrieved November 14, 2018, from <http://www.bam.co.uk/media-centre/news-details/bam-trials-microsoft-hololens>
- Ton, Y. (2018). Bouw moet met de tijd mee: als je afwacht ga je Kodak achterna. Retrieved November 14, 2018, from <https://www.cobouw.nl/bouwbreed/nieuws/2018/01/bouw-moet-met-tijd-mee-als-je-afwacht-ga-je-kodak-achterna-101256390>
- Tyler, T. R., & Blader, S. L. (2000). *Cooperation in groups: Procedural justice, social identity, and behavioral engagement*. Philadelphia: Psychology Press.
- van Heel, P. (2016). *Bouwen met bytes*. Retrieved from <http://www.noa.nl/media/402580/bouwen-met-bytes-1.pdf>
- Wamelink, J., & Bennekom, H. (2010). *Inleiding bouwmanagement* (2nd ed.). Delft: VSSD.
- Wang, X., Truijens, M., Hou, L., Wang, Y., & Zhou, Y. (2014). Automation in Construction Integrating Augmented Reality with Building Information Modeling : Onsite construction process controlling for liquefied natural gas industry. *Automation in Construction*, 40, 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.12.003>
- Wolgalter, M. S., & Sojourner, R. J. (1996). The Influence of Pictorials on the Evaluations of Prescription Medication Instructions. In *Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 40, pp. 1281–1281).
- Zhai, D., Goodrum, P. M., Haas, C. T., & Caldas, C. H. (2009). Relationship between Automation and Integration of Construction Information Systems and Labor Productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(8), 746–753. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000024](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000024)

Part II
Appendices

- A** **77-81**
Augmented Reality: Applications & functions
- B** **82-83**
Analysis: Interview framework
- C** **84-87**
Experiment: Assignment & design requirements
- D** **88-91**
Data gathering: Questionnaires
- E** **92-101**
Observation: Expanded notes & analysis
- F** **102-129**
Interviews: Transcripts
- G** **130-154**
Interviews: Analysis extracts

Appendix A

Augmented Reality: Applications & functions

Example AR applications

Smart replicas

In the smart replicas project, images are overlaid on ancient pottery to create an image of what the artefacts ones looked like (Roozenburg, 2016).

Pokemon Go

Perhaps one of the most well-known AR applications is Pokemon GO. A gaming application that allows the user to play the original Pokemon game in real life; capture Pokemons and battle other users (Reality Technologies, n.d.).

Tourist app

Some tourist sites have developed apps that act as digital tour guides. The app shows how the site looked like in the past or it locks information to certain objects (Reality Technologies, n.d.).

AR mirror

The AR mirror visualises clothes and accessories on the user. Users can evaluate their choices on having the right size and if they like the product before they buy the product online (Reality Technologies, n.d.).

Ikea Catalogue app

This app enables the user to open the IKEA catalogue on their phone, choose a product and lay it on the floor. In this way it is possible to place different options of furniture in your room to decide which you like most and fits best (Reality Technologies, n.d.).

Google Translate

The new function in the google translate app allows the user to see real-time translations by only pointing his/her camera on the text that needs to be translated (Reality Technologies, n.d.).

Inventory management

DHL launched a large AR implementation program to increase efficiency and decrease duration and errors in their logistics. The project includes applications that navigate the user, highlights packages and recognizes customers (Reality Technologies, n.d.).

Mixed Reality Data Organization

This is a new way of computing that allows the user to organize data by hand motions above a table, at a wall or in the middle of a room (Reality Technologies, n.d.).

Surgical training

In medicine, training applications to practice and to maintain performance levels are created to assist students and practitioners. A benefit of this is that the user can make mistakes without consequences (Aukstaklnis, 2017; Reality Technologies, n.d.).

Therapy: Spider world, Bravemind

Traumatic experiences are often linked to sounds, sights, smells and other environmental aspects. AR can mimic these to help people overcome their traumas. In Spiderworld, visuals of spiders are added to the view of the user. The amount can be increased (Aukstaklnis, 2017; Reality Technologies, n.d.).

Mission Planning and Rehearsal

The U.S. army uses simulators in some aspect of their preparation, with an increasingly heavy reliance on immersive virtual training. In these simulations it is possible to try different tactics and walk through a mission in advance (Aukstakalnis, 2017).

Dismounted Soldier Situational Awareness

This soldier is continuously receiving and giving information to his/her team. This includes information about enemy location and force strength, information about your own squad members and their locations, as well as information from remote-sensing platforms such as UAVs and other aircraft and satellites (Aukstakalnis, 2017)

Aero Glass Augmented Reality Pilot Assistance

Aero Glass overlays flight path and instrument data over a pilot's vision. Pilots can access data without taking their eyes off the skies, and without spending valuable time struggling with physical controls or a touch interface. Car and truck drivers, bicyclists, or even hikers and runners could all benefit from the natural integration of navigation data into the real world. (Reality Technologies, n.d.).

Telerobotics and Telepresence

A telerobotic system connects people and robots, the robot reproduces the actions of the operator at a distance. This can be helpful in hazardous or otherwise unreachable environments. In telepresence one will have the experience or perception of being present within a remote environment. (Aukstakalnis, 2017).

The Augmented Worker

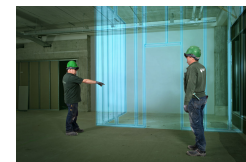
1. *Real-time co-design & engagement*

Co-designing enables multiple users to view design adjustments in real-time 3D. Users can co-design at the office at a scale (figure 1) or on site in real-life sizes (figure 2). Co-design can be performed with almost every type of hardware. The HMD is attractive for construction because it frees the users' hands, can be combined with safety features and can house multiple applications. Though, hand held devices, stationary systems and projected displays also show potential for co-design and engagement activities.



2. *Digital job guidance*

To give job guidance data is added to the model or view to clarify a task or provide additional information. The user can interact with a remote expert and receive real-time audio and messaging locked to locations or objects on site. In more detail, this can be the visualisation of to-built elements like walls (figure 3) or pipes and ducts, it can be the visualisation of navigation tasks as highlighting locations where elements should be picked up and dropped off (figure 4) or and it can be the visualisation of difficult maintenance tasks that are often very specific to certain systems.



3. *Process monitoring control*

The project development can be tracked by an automatic comparison of the model with the physical project (figure 5). Faults can be detected and highlighted and comments can be linked to objects.



4. *On-site visualization and planning*

In existing situations, hidden features like underground pipes or electricity and air installations in a building can be visualized. On-site, it is possible to visualize safety areas and view the 3D building (figure 6) or project planning.



5. *Asset management & maintenance*

Assets can be monitored in the form of process monitoring and maintenance operations can be performed by job guidance (figure 7).



Top to bottom

Figure 1: Co-designing at the office (Fracture, n.d.)

Figure 2: Design engagement at the site (Builders Base, 2018)

Figure 3: Visualization of design (Tieleman, van Esch, & Wollenberg, 2016)

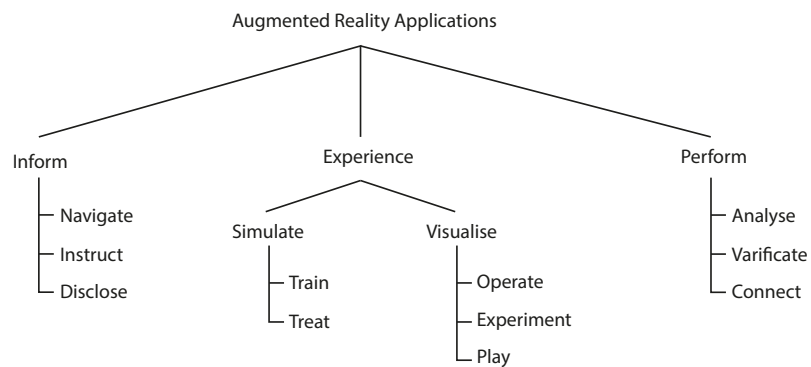
Figure 4: Visualization of navigation instructions (Buche, 2017)

Figure 5: Analyzing progress (Proctor, 2017)

Figure 6: Visualizing the design (Kamha, 2016)

Figure 7 : Maintenance job guidance (Meemoori Research, 2017)

Functions of Augmented Reality



Inform: to supply (oneself) with knowledge of a matter or subject

Navigate: to direct or manage a someone of something on its course

Instruct: to furnish with orders or directions

Disclose: to make information known

Experience: the process or fact of personally observing, encountering, or undergoing something

Simulate: to reproduce the conditions of a situation

Train: to make proficient by instruction and practice

Treat: to deal with (a disease, patient, etc.) in order to relieve or cure

Visualise: to recall or form mental images or pictures

Operate: to manage or use (a machine, device, etc.)

Experiment: to try or test, especially in order to discover or prove something

Play: exercise or activity for amusement or recreation.

Perform: to carry out; execute; do

Analyse: to examine in detail in order to discover meaning, essential features, etc

Verify: to give evidence that establishes or confirms the accuracy of something

Connect: to establish communication between

Appendix B

Analysis: Interview scheme (Dutch)

Dimensies	Indicatoren	Vragen en mogelijke vervolgvragen
Samenwerking	Groepswerk	Hoe was voor uw gevoel de samenwerking met deze methode?
		> Had u het gevoel dat u niet of weinig met elkaar betrokken was?
		> Had u het gevoel dat er geen of weinig ruimte was om zelf te experimenteren?
	Ondersteunende werkomgeving	Hoe heeft u het gebruik van de methode ervaren?
		> Had u voor uw gevoel expertise in het toepassen van de methode?
		> Begreep u de methode?
	Mate van gelijkheid tussen de deelnemers	> Denkt u dat u de methode zelf zou gebruiken in uw werk?
		Hadden alle gebruikers in dezelfde mate verstand van de gebruikte methode?
		> Denkt u dat u een voorsprong of achterstand had in het aanleren van de methode ten opzichte van anderen?
Communicatie	Barrières	> Waardoor denkt u dat u deze voorsprong/achterstand had?
		Hoe vond u uw eigen expertise met de methode?
		> Wat was de oorzaak hiervan?
		Heeft u door de gebruikte methode belemmeringen ervaren in de interactie?
		> Wat voor belemmering heeft u ervaren?
	Begrijpelijkheid	> Waardoor werd dit veroorzaakt?
		> In hoeverre heeft dit u belemmerd?
		Heeft u door de gebruikte methode voordelen ervaren in de interactie?
		> Wat voor voordelen heeft u ervaren?
		> Waardoor werd dit veroorzaakt?
	Gebruik van communicatiemiddelen	> In hoeverre hebben deze voordelen u geholpen?
		Zaten alle gebruikers op een lijn omtrent de staat van het ontwerp?
		> Waarom wel/niet?
		> Door welke factoren werd dit beïnvloed?
		Kon u gemakkelijk verschillende voorstellen van anderen interpreteren?
Coöperatie	Motivatatie en meewerken	> Waardoor kon dit wel/niet?
		> Door welke factoren werd dit beïnvloed?
		In hoeverre kon u zichzelf duidelijk maken met de beschikbare middelen?
	Balanced contribution	> Heeft u hierbij extra communicatievormen toegepast, bijvoorbeeld gebaren?
		> In hoeverre werd het gebruik van extra communicatievormen voor uw gevoel door de methode ondersteund?
		In hoeverre was u gemotiveerd om mee te doen met de opdracht?
	Ideeënvorming	> Vond u het leuk om de methode te gebruiken?
		> Had u gebruik willen maken van andere methoden die nu niet beschikbaar waren?
		Hoe was de verdeling in participatie?
Coördinatie	Toegang tot informatie	> Voelde u zich gehoord?
		> Wat denkt u dat hier de oorzaak toe was?
		Kon u gemakkelijk met ideeën komen?
		> Werd dit ondersteund door de methode?
		> Waarom wel/niet?
	Taakgerichtheid	Was de informatie makkelijk beschikbaar/te vinden?
		> Waarom wel/niet?
		Hoe vond u het detailniveau van de modellen?
		> In hoeverre begreep u de modellen?
		> Welke aspecten begreep u niet of in mindere mate?
		> Wat was de oorzaak hiervan?
		Was de hoeveelheid informatie in lijn met de opdracht?
		> Miste er informatie om goede besluiten te maken?
		> Was er overbodige informatie?
		Werd het doel van de opdracht gedurende de hele uitvoering duidelijk nagestreefd?
		> Was u vaak bezig met andere vraagstukken?

Appendix C

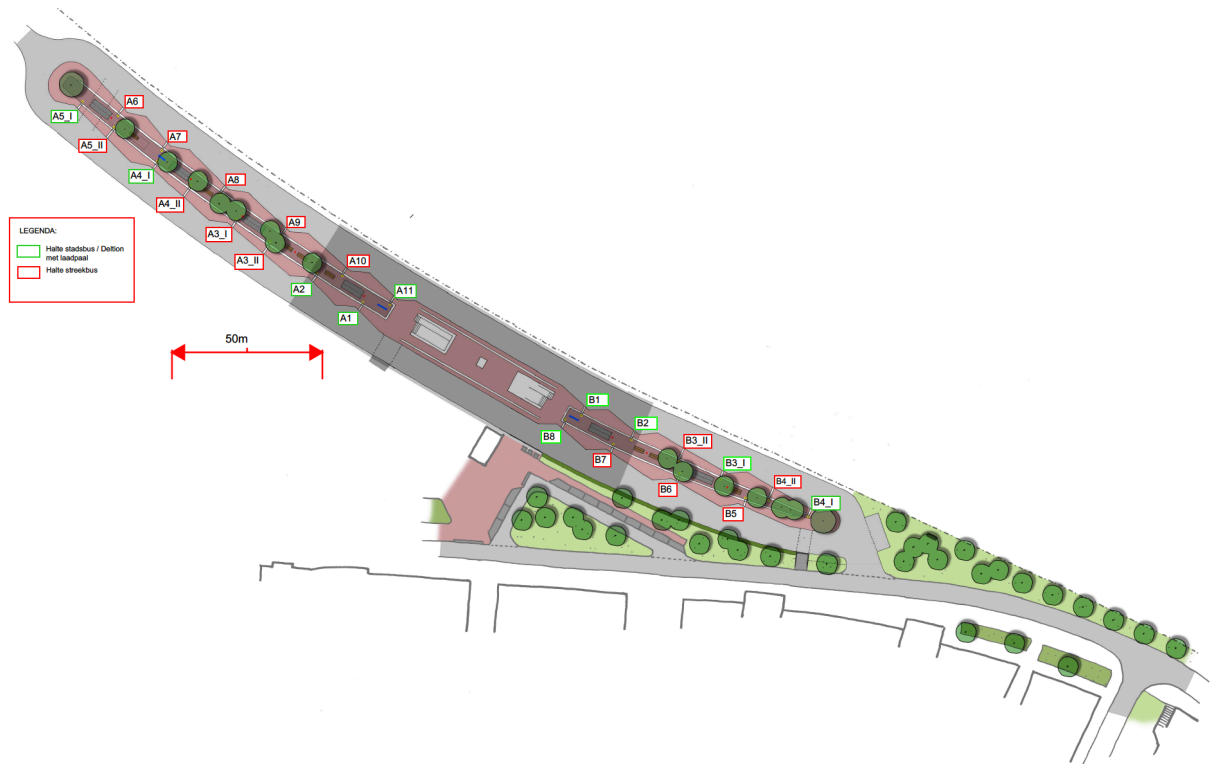
Experiment: Assignment & design requirements (Dutch)

Pilot Augmented Reality busplatform Zwolle

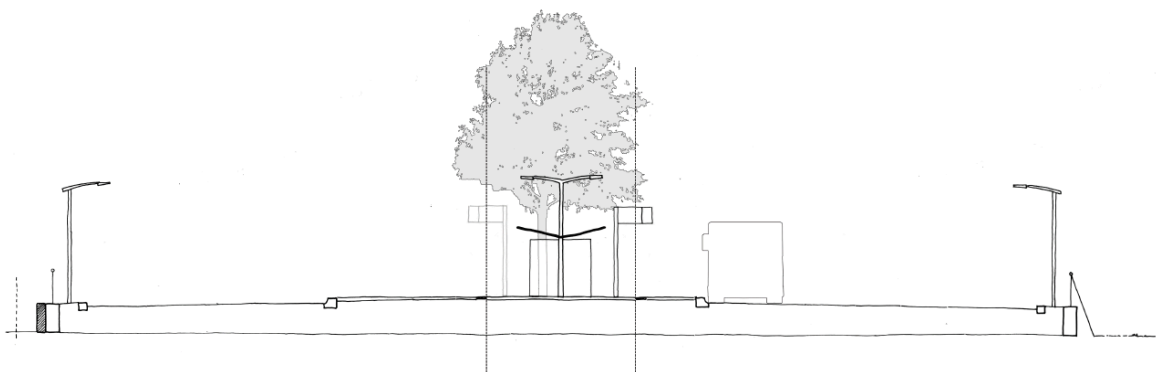
Het ontwerp voor het busplatform naast station Zwolle is zo goed als af. Één ontwerpkeuze moet nog gemaakt worden, dit betreft de keuze voor het type laadpalen voor elektrische bussen en de plaatsing hiervan in het ontwerp. In de pilot van vandaag wordt gekeken naar halte B1 en B8.

Figuur 1 geeft een overzicht van het gehele busplatform met daarin aangegeven de verschillende haltes.

Figuur 2 geeft de doorsnede van het platform met daarin aangegeven de inrichting.



Figuur 1: Plattegrond busplatform

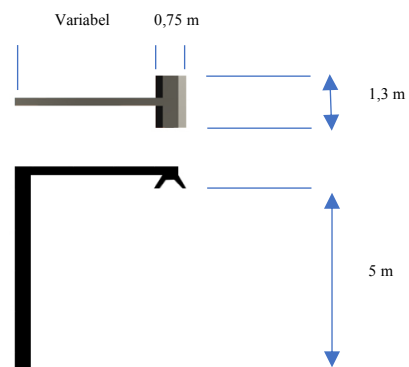


Figuur 2: Doorsnede busplatform

Modellen

Er zijn drie modellen beschikbaar van de laadpalen om een keuze uit te maken (zie figuur 3-5). De modellen verschillen voornamelijk in uiterlijk. Bij model 1 zijn de vaste en variabele maten weergegeven, deze zijn gelijk voor alle drie modellen.

Figuur 3: Model 1



Figuur 4: Model 2



Figuur 5: Model 3



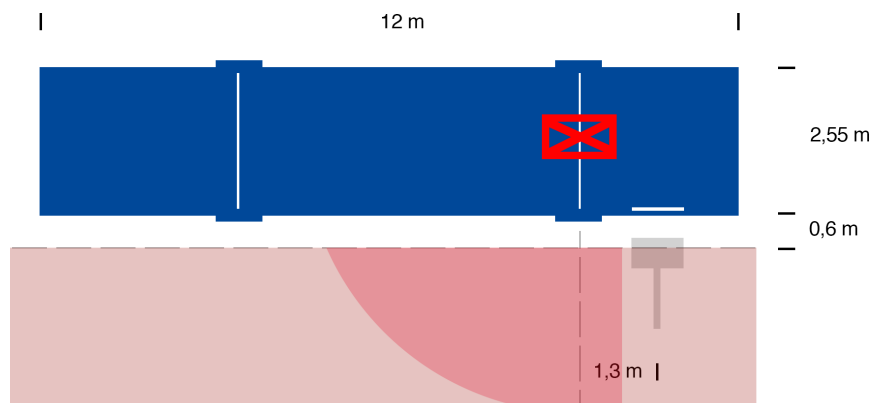
Ontwerpeisen

De palen hebben een vaste hoogte van +/- 5 m en moeten ter hoogte van de voorste as van de bus geplaatst worden (zie figuur 6). Hierbij is rekening gehouden met een bus van 12.0 m x 2.55 m.

De minimale afstand tussen de paal en de bus is 0.6 m. Het is mogelijk de lengte van de arm te variëren tussen 1.85 m tot 4.5 m. Voor de opdracht zullen we drie formaten aanhouden:

1. Minimale lengte van de arm van 1.85 m (S)
2. Gemiddelde lengte van de arm van 2,80 m (M)
3. Maximale lengte van de arm van 4.5 m (L)

Het is mogelijk om de paal in een variabele hoek met de bus te plaatsen, zolang het laaddeel zich boven het aangegeven vlak bevindt. Afbeelding 6 geeft een indicatie waar de paal geplaatst kan worden ten opzichte van de bus, het donkerrode vlak. Het grijze vlak rechts geeft de hart geleide streep weer, deze zijn ook op de plattegrond en in het schaalmodel weergegeven.



Figuur 6: Eisen locatie laadpaal ten opzichte van de bus

Opdracht

Als team dienen jullie met één gezamenlijk ontwerp te komen voor de inpassing van de laadpalen voor halte B1 en B8. Er moeten 3 besluiten worden genomen:

1. Er dient een keuze gemaakt te worden uit de drie modellen
2. De locatie van de palen op het perron moet worden vastgesteld
3. De afstand van de palen tot de bus moet worden vastgesteld

Tijdens de opdracht moet rekening worden gehouden met de gestelde ontwerpeisen. Daarnaast is het van belang dat je als team de gemaakte keuzes weet te beargumenteren en gezamenlijk tot besluiten komt.

De opdracht zal drie keer uitgevoerd worden. Bij elke ronde worden andere ontwerpmiddelen gebruikt. Probeer elke keer de opdracht opnieuw te bekijken. Er is geen goede of foute uitkomst.

Heel veel succes!

Appendix D

Data gathering: Questionnaires (Dutch)

Pilot Augmented Reality busplatform Zwolle

I. Voorafgaande enquête

Persoonlijke gegevens zoals uw naam zullen niet gedeeld of openbaar gemaakt worden. Deze zijn nodig voor de afhandeling van het onderzoek en het ordenen van de resultaten.

Ik zou graag op de hoogte gehouden willen worden van de resultaten van het onderzoek [Ja](#) / [Nee](#)

E-mail adres: _____

Persoonlijke gegevens

Naam: _____

Geslacht: [man](#) / [vrouw](#)

Leeftijd: [< 20](#) | [20 – 30](#) | [30 – 40](#) | [40 – 50](#) | [50 – 60](#) | [> 60](#)

Nationaliteit: _____

Achtergrond

Wat is uw hoogst genoten opleiding: [basisonderwijs](#) | [voortgezet onderwijs](#) | [mbo](#) | [hbo](#) | [wo](#) | [PhD](#)

Wat is uw huidige functie of rol binnen deze sector: _____

Hoeveel jaren ervaring heeft u in of met de bouw industrie: _____

Een aantal van de volgende vragen gebruiken de term “informatietechnologie (IT)”. Hieronder worden alle vormen van technische toepassingen beschouwd die het vastleggen, verwerken en verspreiden van informatie ondersteunen. Voorbeelden van dagelijks IT gebruik zijn het gebruik van een computer, mobiele telefoon, tablet of televisie voor vermaak, het onderhouden van contacten en het regelen van persoonlijke zaken zoals financiën en zorg. Voorbeelden van arbeid specifiek gebruik zijn het gebruik van specifieke software programma's en technische toepassingen die taken op het werk ondersteunen (meetapparatuur, visualisatie middelen, etc.).

Op welk niveau schat u uw expertise in van dagelijkse IT toepassingen?

Leek ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ *Expert*

Op welk niveau schat u uw expertise in van IT toepassingen in uw werk?

Leek ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ *Expert*

Pakt u nieuwe technologieën en de besturing hiervan doorgaans snel op?

Helemaal niet ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ *Heel erg*

Augmented Reality (AR)

Kent u de term Augmented Reality? [Ja / Nee](#)

Kent u toepassingen van Augmented Reality? [Ja / Nee](#)

Hoeveel keer heeft u gebruik gemaakt van AR toepassingen?

[Nog nooit](#) | [< 2x](#) | [2 – 5](#) | [5 – 10](#) | [10 – 20](#) | [> 20x](#)

In het kort is Augmented Reality een technologie die over de bestaande wereld een computer gegenereerde afbeelding visualiseert. Gebruikers kunnen dit zien met behulp van een mobiele telefoon of speciaal ontwikkelde hardware zoals een AR-bril. Het voornaamste voordeel van AR is dat het een gebruiker helpt bij de visualisatie van objecten, data of processen in zijn/haar directe omgeving.

Een specifieke toepassing van AR is de IKEA catalogus app. Met deze app kan de gebruiker elk IKEA meubelstuk virtueel in zijn/haar omgeving plaatsen. Zo kan de klant direct zien of het meubelstuk past op de gewenste locatie en of het voldoet aan de wensen die de klant heeft.

Hoe kijkt u naar de ontwikkeling van AR in het algemeen?

Negatief ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ *Positief*

Hoe kijkt u naar de ontwikkeling van AR in de bouw industrie?

Negatief ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ *Positief*

Ziet u AR als een kansrijke technologie voor de bouwindustrie?

Niet kansrijk ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ *Zeer kansrijk*

Zou u zelf gebruik maken van AR als de toepassingen aansluiten op uw werktaken?

Zeer onwaarschijnlijk ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ *Zeer waarschijnlijk*

II. Eind-enquête

Naam: _____

Welk van de gebruikte methoden heeft uw voorkeur?

1. *Intekenen op papier*
2. *Een virtueel schaalmodel*
3. *Een virtueel model inpassing op de locatie*

Hoe kijkt u nu naar de ontwikkeling van AR in het algemeen?

Negatief ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ *Positief*

Hoe kijkt u nu naar de ontwikkeling van AR in de bouw industrie?

Negatief ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ *Positief*

Ziet u AR als een kansrijke technologie voor de bouwindustrie?

Niet kansrijk ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ *Zeer kansrijk*

Zou u zelf gebruik maken van AR als de toepassingen aansluiten op uw werktaken?

Zeer onwaarschijnlijk ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ *Zeer waarschijnlijk*

Zou u de technologie aanraden?

Zeer onwaarschijnlijk ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ *Zeer waarschijnlijk*

Noem drie voordelen van AR die u ondervonden heeft tijdens het experiment?

1. _____
2. _____
3. _____

Noem drie nadelen van AR die u ondervonden heeft tijdens het experiment?

1. _____
2. _____
3. _____

Appendix E

Observation: Expanded notes & analysis (Dutch)

Wat zijn de deelnemers aan het doen?

Alle deelnemers beginnen met het uitzoeken van informatie en kaartmateriaal. S moet aanzienlijk meer inlezen en heeft extra verduidelijking nodig om het geheel te begrijpen. P geeft om deze rede een introductie van het project vanuit zijn perspectief als landschapsarchitect. D introduceert de mogelijke opties voor de locatie van de palen en de voornaamste verschillen tussen deze mogelijkheden.

Wat proberen ze te bereiken?

De opdracht wordt systematisch aangepakt en in zijn geheel uitgevoerd. De groep begint met de keuze voor de locatie van de modellen en eindigt met de keuze voor het model.

Hoe doen ze dit?

De groep begint met het begrijpelijk maken van het huidige ontwerp. P geeft een uitleg met behulp van de kaarten en aanwijzingen hierop. Iedereen zit voorovergebogen over de informatie waar de voornaamste focus ligt.

Wat voor middelen gebruiken ze hiervoor?

Er wordt actief gebruik gemaakt van alle gegeven middelen, veel gecommuniceerd, aangewezen en ingetekend. Gedurende de hele opdracht blijven de deelnemers veel zoeken binnen de gegeven informatie. Uiteindelijk wordt niet al deze informatie gebruikt. Bij vrijwel elke uitleg wordt ter ondersteuning gebruik gemaakt van aanwijzingen op kaartmateriaal of schetsen. Daarnaast gebruiken de deelnemers gebaren om grootte en impact aan te duiden.

Hoe wordt er door de deelnemers gesproken, beschreven en begrepen wat er gebeurt?

Iedereen is aan het woord, er worden veel vragen aan elkaar gesteld en iedereen wordt bij de discussies betrokken. Uitleg wordt vaak ondersteund met schetsen en gebaren. Af en toe praten de deelnemers door elkaar heen en maken elkaars zinnen af. Deelnemers kijken elkaar weinig aan, voornamelijk ter bevestiging van onzekerheden. Er zijn veel onduidelijkheden waarover vragen gesteld worden. Alle misverstanden worden uiteindelijk wel opgelost. In de groep heerst een goede sfeer, er wordt gelachen en iedereen lijkt eenzelfde plek te hebben binnen de groep.

Wat zie ik dat er gebeurt?

Er gebeurt vaak meer tegelijk, twee deelnemers zijn in overleg terwijl een ander ideeën voor zichzelf probeert te genereren of informatie aan het zoeken is. De groep komt hierna wel weer bij elkaar om ideeën te bespreken. De deelnemers staan open voor de methode, maar geven wel aan dat zij ondersteuning missen van 3D modellen. Iedereen kan goed met de methode omgaan, ook de deelnemers die de methode niet gewend zijn. Het voornaamste struikelblok voor deze deelnemers is het lezen van kaartmateriaal en voorstellen van de ideeën.

Communicatie

Over het algemeen wordt er goed gecommuniceerd, de deelnemers hebben een actieve conversatie waaraan iedereen deelneemt. Er wordt veel gebruik gemaakt van ondersteunende gebaren. Niet alle communicatie is meteen duidelijk, dit wordt vervolgens wel recht gezet.

Coöperatie

Alle deelnemers doen in evenwichtige mate mee met het experiment en er heerst een positieve sfeer. Er wordt genoeg ruimte gegeven aan de anderen om eigen ideeën uit te werken, er wordt bijdrage gegeven aan andermans ideeën en iedereen komt met eigen ideeën. Alle deelnemers geven aan dat zij een 3D visualisatie missen.

Coördinatie

Door de grote hoeveelheid informatie is het niet duidelijk waar welke informatie te vinden is, er moet veel gezocht worden. Voor deelnemers met een achterstand in het project valt dit nog meer op. Daarnaast gaan de deelnemers automatisch verder denken dan de opdracht, door de vrijheid van de methode.

Samenwerking

De deelnemers kunnen goed omgaan met de methode, P en D voelen zich duidelijk thuis in de methode maar S kan er ook goed in meekomen. Het is zichtbaar dat S meer moeite heeft met de eigen visualisatie. In de groep zijn geen spanningen aanwezig van ongelijkheid en de deelnemers vertrouwen elkaar. De methode laat het toe om deelnemers hun eigen gang te laten gaan en samen te komen wanneer dat nodig is. Er wordt op momenten alleen gewerkt, maar de groep komt altijd samen tot een besluit.

Wat zijn de deelnemers aan het doen?

Alle deelnemers moeten nog wennen aan de methode, het model staat laag (op tafel) ten opzichten van de deelnemers. Over het algemeen pakken de deelnemers de techniek snel op, vooral het draaien van de modellen is moeilijker en het is even wennen dat je fysiek om het model heen moet lopen om alle invalshoeken te bekijken.

Wat proberen ze te bereiken?

De deelnemers zijn actief bezig met de opdracht en willen verduidelijken wat bij het schetsen niet goed uitgelegd kon worden. Dit is voornamelijk op zichtlijnen en hoe de paal staat in de omgeving. De boodschap komt gedeeltelijk over, maar vergt nog steeds een zekere mate van inlevingsvermogen en vraagt eigenlijk een uitgebreider model.

Hoe doen ze dit?

De modellen worden op verschillende plekken gezet, waarin de lengtes, richting van de paal ten opzichte van het platform en modellen worden afgewisseld. Op de huidige voorstellen die volgens de groep werken, worden nieuwe voorstellen gemaakt.

Wat voor middelen gebruiken ze hiervoor?

De applicatie wordt in zijn geheel gebruikt, alle ingebouwde functies worden benut. Naast de gegeven applicatie ondersteunen de deelnemers verbale communicatie met gebaren. Dit is vooral vanuit de natuurlijke manier van communiceren van de deelnemers, het is merkbaar dat deze gebaren minder goed te volgen zijn dan in de situatie 0.

Hoe wordt er door de deelnemers gesproken, beschreven en begrepen wat er gebeurt?

Er is een actief gesprek waarin alle deelnemers op elkaar reageren. Ideeën worden ondersteund met gebaren en voorbeelden in het model. De focus van de deelnemer die een idee in het model probeert te visualiseren ligt heel erg op het model. Deze deelnemer valt daardoor tijdelijk uit de groep terwijl de anderen afwachtend met elkaar in discussie gaan. Zodra het model staat, is er wel weer gezamenlijke aandacht en komt er weer input van de groep als geheel.

Wat zie ik dat er gebeurt?

Het is merkbaar dat de applicatie meer ontwikkeling nodig heeft en in samenwerking met de gebruikers gemaakt moet worden. Het aanleren van de besturing vergt bij alle deelnemers meer tijd dan verwacht, wat de interactie en uitvoering van de opdracht tegengaat.

De bewegingen die gemaakt worden ter besturing van het model worden als afleidend ervaren doordat ze in de lucht "zweven", het zou natuurlijker zijn als een model opgepakt kan worden net als een vast voorwerp.

Er heerst nog steeds een goede sfeer waarin veel wordt gelachen door de onkunde van anderen in de besturing. Wel is over het algemeen de situatie chaotisch.

Vragen omtrent de interpretatie van het model vallen geheel weg, de visualisatie is meteen duidelijk. Alleen de vertaalslag naar de realiteit en in hoeverre een ontwerpkeuze daar nog speelt is voor de meeste deelnemers nog lastig.

Communicatie

De communicatie lijkt hetzelfde als in de tekensituatie. Deelnemers doen weer actief mee ondanks de onkunde met de methode in het begin. Er zijn minder misverstanden, dit lijkt te komen door de visualisatie van het gehele model. Wel blijven deelnemers de vertaalslag naar de echte wereld moeilijk vinden.

Coöperatie

Er heerst een goede sfeer. Er kan niet gelijktijdig aan meerdere ideeën gewerkt worden. Hierdoor is er telkens maar één deelnemer actief bezig met ontwerpen en het aangeven van ideeën. De andere deelnemers hebben wel een evenwichtige deelname in de verbale communicatie rondom de voorstellen. De tijdelijke fragmentatie lijkt uiteindelijk niet tot het combineren van elkaars ideeën.

Coördinatie

Door de vooraf ingestelde variabelen is het niet mogelijk om met ideeën te komen die niet gefaciliteerd worden in de applicatie en de ontwerpeisen. Dit verduidelijkt voor de gebruikers wat er wel en niet kan en laat vragen omtrent het model wegvallen.

Samenwerking

Het aanleren van de techniek begint moeizaam, maar de deelnemers pakken het redelijk snel op.

Het team valt meerdere malen uiteen zonder toegevoegde waarde voor het eindresultaat.

DAG 1

Situatie 2: AR 1:1 model

Wat zijn de deelnemers aan het doen?

In het begin is iedereen even voor zichzelf aan het experimenteren met de techniek, alle deelnemers pakken het snel op en beginnen daarna meteen met de opdracht. De eerste helft van het experiment is er duidelijk meer verdeeldheid waarin ieder zijn eigen voorstellen probeert te vormen, in de tweede helft van het experiment trekken de deelnemers meer naar elkaar toe om de voorstellen te evalueren en aanpassingen te maken.

Wat proberen ze te bereiken?

De deelnemers proberen door te gaan op de eerder opdrachten en te laten zien en bewijzen dat eerdere voorstellen werken of niet.

Hoe doen ze dit?

Er wordt heel veel door de groep geëxperimenteerd. De deelnemers nemen elkaar hier goed in mee en geven aan wanneer er een nieuw voorstel ligt en welke modellen een ander moet visualiseren. Alle deelnemers hebben een bijdrage in het proces, het is wel zichtbaar dat beide D en P meer input geven door het eigen belang wat ze hebben in de echte situatie.

Wat voor middelen gebruiken ze hiervoor?

Alle facetten van de methode worden gebruikt. Daarnaast wordt actief gecommuniceerd en gebruik gemaakt van ondersteunende gebaren om modellen aan te wijzen of de grootte hiervan te benadrukken.

Hoe wordt er door de deelnemers gesproken, beschreven en begrepen wat er gebeurt?

Er wordt actief gebruik gemaakt van gebaren en actief op elkaar gereageerd. De deelnemers kijken elkaar aan bij vragen om bevestiging en in discussies. De bril lijkt hierin totaal geen belemmering te vormen voor de communicatie tussen de deelnemers.

Iedereen is in een gelijke mate aan het woord, D en P hebben meerdere keren een discussie met zijn tweeën.

Er zijn weinig tot geen misverstanden, de meest voorkomende vraagstellingen hebben betrekking tot welke modellen op dat moment geëvalueerd worden.

Wat zie ik dat er gebeurt?

Externe factoren van de locatie lijken een minder negatieve invloed te hebben op de communicatie dan in eerste instantie verwacht.

Er heerst een goede sfeer in de groep en er is veel enthousiasme onder de deelnemers over de methode. Het lijkt erop dat dit enthousiasme de actieve deelname en het voorleggen van voorstellen stimuleert.

Stefan is een tijdje een beetje verloren en met zijn eigen ideeën bezig. Niemand ervaart dit als storend. De deelnemers komen op een natuurlijke manier weer bij elkaar en hoeven hierin niet aangestuurd te worden.

Uit de discussies blijkt dat de modellen uitgebreider moeten zijn om echt een goed beeld te kunnen vormen. Hierin missen de deelnemers het gehele model van de omgeving.

Communicatie

Er wordt actief met elkaar gesproken en gebruik gemaakt van gebaren. De deelnemers kijken elkaar veel aan ondanks de brillen. Er zijn geen misverstanden.

Coöperatie

Er heerst een positieve sfeer waarin de deelnemers veel enthousiasme tonen voor de methode. Iedereen is actief bezig met de opdracht. Op momenten van samenkomen levert iedereen input op de voorstellen.

Er worden door de nieuwe mogelijkheden toch weer veel nieuwe ideeën geopperd, de deelnemers lijken door de omgeving te worden uitgedaagd om met oplossingen te komen.

Er wordt weinig informatie aangedragen om elkaars ideeën te ondersteunen. Dit kan komen omdat het de laatste opdracht is van de dag en deze groep het gehele ontwerpproces al is doorgegaan.

Coördinatie

De deelnemers hebben alleen toegang tot de te plaatsen modellen en een model van een bus. Andere informatie moet toegevoegd worden om tot een beter resultaat te komen.

Samenwerking

De deelnemers kunnen goed omgaan met de methode en hebben hier ook duidelijk vertrouwen in.

De mogelijkheid is er om individueel te experimenteren en later samen te komen. Dit wordt door alle deelnemers gedaan. Ondanks het individueel ontwikkelen van ideeën, komt de groep samen om deze ideeën te evalueren en gezamenlijk tot een besluit te komen.

Wat zijn de deelnemers aan het doen?

De deelnemers beginnen onmiddellijk met het intekenen van de bus en de gestelde eisen voor de laadpaal op de gegeven plattegrond. Er wordt door meerdere deelnemers aangegeven geen voorkeur te hebben voor de vormgeving van de paal, deze wordt daarom besloten door middel van iene miene mutte. De groep heeft duidelijk een desinteresse voor ontwerpen en is wordt meer gestuurd vanuit een functionele achtergrond.

Wat proberen ze te bereiken?

De deelnemers zijn gefocust op het vaststellen van de beste plek voor de laadpaal. De keuze van het model is hiervoor niet van belang. Voor de plek wordt rekening gehouden met de aanrijdt route van de bus, de functionele eisen en de dimensionering van de paal.

Hoe doen ze dit?

Elke deelnemer oppert ideeën met daarbij een argumentatie van waarom dit zo moet zijn. Deze argumentatie is vanuit een functionele benadering; de bus moet goed weg kunnen rijden, de paal moet niet in de weg staan en niet te groot zijn. Ook is het handig om hem dicht bij ander meubilair te zetten waarvoor stroom nodig is.

Wat voor middelen gebruiken ze hiervoor?

Om de argumentatie te ondersteunen en verduidelijken wordt de kaart gebruikt om aspecten aan te wijzen of in te tekenen. Het overgrote deel van de informatie wordt niet geraadpleegd. En het valt op dat de groep minder zoekende is dan de groep van dag 1.

Hoe wordt er door de deelnemers gesproken, beschreven en begrepen wat er gebeurt?

De deelnemers stemmen snel met elkaar in en er zijn weinig misverstanden. De deelnemers spreken hardop hun gedachten uit, waardoor ze ook snel op elkaars gedachten in kunnen gaan. Er wordt heel feitelijk gesproken, elk voorstel wordt onderbouwd met argumenten die dit voorstel ondersteunen.

Er wordt veel gebruik gemaakt van de mogelijkheid om te schetsen en aspecten aan te wijzen op de kaarten ter ondersteuning van de argumentatie. Dit blijft zich focussen op de hoofdk kaart in bovenaanzicht. Hierin geven de andere deelnemers aan de voorstellen te begrijpen.

Wat zie ik dat er gebeurt?

De deelnemers focussen voornamelijk op de gegeven informatie en kaartmateriaal, ze kijken elkaar weinig aan. De communicatie is net als de handelingen heel praktisch, doelgericht met veel korte antwoorden.

Het valt op dat de deelnemers vanuit hun achtergrond heel functioneel zijn ingesteld, de ontwerp opdracht past niet goed bij ze en daardoor werken ze minder goed mee aan de gehele opdracht. Ze komen een beetje laks over. Daartegenover staan ze wel achter hun punt en hebben ze een sterke mening over de plaatsing van de palen.

Communicatie

De deelnemers begrijpen elkaar goed. Er wordt op elkaar ingegaan en er worden veel gebaren gebruikt ter ondersteuning van de communicatie.

Barrières die goede communicatie tegenwerken zijn in kleine mate aanwezig, dit is de persoonlijke instelling van de deelnemers naar ontwerpen.

Coöperatie

Over het algemeen is de sfeer neutraal, niet positief, niet negatief.

De deelnemers hebben een sterke mening over de plaatsing van het model, ze luisteren wel naar elkaar en gaan hier serieus op in. Iedereen heeft een ongeveer gelijke deelname aan het proces en de ideeënvorming.

Coördinatie

Er wordt maar gebruik gemaakt van een klein deel van de beschikbare informatie.

Samenwerking

De groep blijft gedurende de hele opdracht als team eraan werken. De deelnemers gaan weinig zelf aan de slag.

De deelnemers hebben geen moeite met de methode en het begrijpen van kaartmateriaal. Op de visualisatie wordt niet diep ingegaan. Alle deelnemers zijn gelijk.

DAG 2

Situatie 1: AR schaalmodel

Wat zijn de deelnemers aan het doen?

De deelnemers hebben veel moeite met de het aanleren van de methode. Hierin gaat veel tijd zitten waardoor de uitvoering van de opdracht niet naar behoren kan worden uitgevoerd.

Wat proberen ze te bereiken?

De deelnemers proberen de paal op de plek te zetten waar zij in eerdere methoden hadden geconcludeerd dat hij zou moeten staan.

Hoe doen ze dit?

Voor deze groep is dit de laatste methode. Het valt op dat het de deelnemers vooral om het visualiseren van dat ene plaatje gaat, er wordt niet meer met andere mogelijkheden geëxperimenteerd. Er wordt gezocht naar een bevestiging van het gekozen ontwerp.

Wat voor middelen gebruiken ze hiervoor?

Er wordt gebruik gemaakt van de applicatie, hierin maken de deelnemers alleen gebruik van de mogelijkheid om de modellen te verplaatsen en draaien. De keuze uit andere modellen wordt achterwege gelaten. Hierin komt weer de persoonlijkheid van de deelnemers en desinteresse in ontwerpen naar boven.

Hoe wordt er door de deelnemers gesproken, beschreven en begrepen wat er gebeurt?

Wederom is de communicatie erg functioneel, recht toe, recht aan. Er wordt veel met elkaar ingestemd en er zijn weinig vragen. Deelnemers focussen vooral op het model en het goed krijgen hiervan. Een deelnemer is hier actief mee bezig, de anderen kijken toe en stemmen in met het idee.

Wat zie ik dat er gebeurt?

De groep is heel doelgericht bezig. De methode wordt alleen gebruikt om een eerder gevormd idee te bevestigen. Er wordt niet meer actief ontworpen. Dit kan komen doordat het de laatste situatie van de dag is en de groep vanaf het begin al minder affiniteit met de gegeven opdracht had. Doordat er weinig voorstellen worden gedaan, is het lastig een oordeel te vellen over de interactie tussen het team vergeleken met de andere situaties.

Ondanks de moeite met het aansturen en aanleren van de methode tonen de deelnemers veel enthousiasme in het werken met de methode.

Communicatie

Er vind weinig communicatie plaats, dit komt voornamelijk door de korte tijd die aan de opdracht besteed wordt en de houding van de deelnemers ten opzichte van de opdracht.

De deelnemers begrijpen de modellen goed.

Coöperatie

Er is maar één deelnemer actief bezig, anderen kijken toe.

Niemand komt met nieuwe ideeën. De deelnemers zijn wel enthousiast over de methode.

Coördinatie

Er zijn geen vragen over de modellen en de deelnemers missen geen informatie om de taken uit te voeren.

Samenwerking

Ondanks dat maar één deelnemer met het ontwerp bezig is, is het wel een gezamenlijk resultaat waar alle deelnemers achter staan.

Er is nog veel moeite met de besturing van de methode.

Wat zijn de deelnemers aan het doen?

In het begin zijn de deelnemers voornamelijk bezig met het verkennen en begrijpen van de methode (kaartje neerleggen, scannen en afstand nemen). De deelnemers gaan zelfstandig oefenen en veel proberen. Naarmate ze doorhebben hoe de methode werkt, gaan ze zelf voorstellen uitproberen en aan de andere deelnemers laten zien. Hierin blijft het vooral voor M af en toe nog onduidelijk hoe de methode precies werkt. Ondanks deze onduidelijkheid, komt hij wel mee in het proces.

Wat proberen ze te bereiken?

Zodra de methode beter begrepen wordt, proberen de deelnemers een geschikte plek te vinden voor het model van de bus en een paal. Ze proberen hierin voornamelijk één idee uit te werken om de paal zo dicht mogelijk langs de bus te plaatsen, hierin verkennen ze verschillende opties en modellen. Tegen het einde aan wordt ook gekeken naar het effect van een paal verder van de bus.

Hoe doen ze dit?

Alle deelnemers komen met eigen ideeën en input, om de beurt pakt een andere deelnemer een kaartje om te verplaatsen naar een nieuwe wellicht betere plek. De deelnemers nemen vervolgens gezamenlijk afstand om dit voorstel te beoordelen. Over het algemeen blijven de deelnemers dicht bij elkaar in de buurt, ze gaan wel hun eigen weg maar komen ook snel weer bij elkaar om te evalueren.

Wat voor middelen gebruiken ze hiervoor?

Tijdens het proces wordt voornamelijk verbale en non-verbale communicatie gebruikt. Vragen worden gesteld ter bevestiging van wat er gedaan wordt: "Ik zet hem hier neer, goed?" en tijdens het evalueren worden veel wijzende gebaren toegepast om het model te bespreken in sommige gevallen met extra verbale ondersteuning: "de paal staat daar". De groep gebruikt relatief veel middelen om te bevestigen dat zij dezelfde locatie of het type model zien als de anderen.

Hoe wordt er door de deelnemers gesproken, beschreven en begrepen wat er gebeurt?

De deelnemers beschrijven duidelijk wat ze doen en waar ze modellen zien: "dan leg ik hem hier neer", "hij staat daar", "ik denk dat ik hem hier neerleg". Naast het uitspreken van handelingen, gebruiken de deelnemers ook veel wijzende gebaren om aspecten te bespreken of verduidelijken.

De deelnemers uiten regelmatig hun verbazing, voornamelijk over de grootte van de modellen. In gesprekken kijken de deelnemers elkaar aan en lijken ze geen last te hebben van de bril.

Wat zie ik dat er gebeurt?

Het oppakken van de methode gaat moeizaam, er worden veel extra vragen gesteld en extra uitleg gegeven. Zodra de techniek beter begrepen wordt, valt het op dat de deelnemers enthousiast bezig gaan met het verplaatsen van de modellen. Het lijkt alsof ze door de methode uitgelokt worden om te experimenteren.

Het valt op dat deze groep meer bezig is met de locatie van de paal en bus ten opzichte van het platform en minder met het kiezen van een model voor de paal.

Communicatie

In de communicatie is het merkbaar dat de methode niet geheel vertrouwd wordt. De deelnemers begrijpen elkaar goed.

Coöperatie

Er is een positieve sfeer. Alle deelnemers hebben een evenwichtige deelname en komen met eigen voorstellen die aan de anderen worden laten zien. Er wordt weinig op elkaars ideeën voortgeborduurd.

Coördinatie

Met de focus van deze groep op het plaatsen van de paal naast zo dicht mogelijk naast de bus, is geen extra informatie vereist.

Samenwerking

Het is merkbaar dat de techniek nog niet in zijn geheel vertrouwd wordt, wat ervoor zorgt dat de deelnemers het voornamelijk als speeltje zien. De deelnemers kunnen over het algemeen goed omgaan met de methode. Er is af en toe extra uitleg nodig. Er wordt samengewerkt aan eenzelfde oplossing, alleen de deelnemers komen met eigen ideeën. Dit kan komen doordat de deelnemers niet gewend zijn aan het ontwerpproces.

Wat zijn de deelnemers aan het doen?

De deelnemers beginnen met het ordenen van de gegeven informatie en het uitzoeken waar ze gaan beginnen. Hiervoor wordt al snel terug gekeken naar de vorige methode (AR buiten) ter referentie van hoe de kaarten in elkaar zitten: “we stonden hier, hè?”. Er is een tijd nodig om de tekeningen te begrijpen en op orde te hebben, hierin wordt veel aan elkaar gevraagd en aangewezen op het beschikbare materiaal.

Wat proberen ze te bereiken?

De groep probeert de gehele opdracht uit te voeren, maar heeft een focus op de keuze uit de modellen van de paal.

Hoe doen ze dit?

Op basis van de vorige methode (1:1 AR model) hebben de deelnemers een goed beeld gekregen van de verschillende palen, dit beeld nemen zij in eerste instantie mee in de keuze die ze nu moeten maken. Uiteindelijk pakken ze hier toch nog de foto's bij van de modellen, om de visualisatie weer te kunnen maken. En maken ze de vergelijking met het andere meubilair van het platform.

Wat voor middelen gebruiken ze hiervoor?

De deelnemers zoeken veel binnen de gegeven informatie. Er wordt met name gebruik gemaakt van de foto's van de modellen en de hoofdkaart. Op de foto's baseren de deelnemers nieuwe aannames over de visualisatie en impact van de palen, deze foto's zorgen uiteindelijk ervoor dat de keuze tussen de palen en de afstand veranderd. Er wordt veel gebruik gemaakt van gebaren, met name om aan te wijzen wat een deelnemer bedoeld en om grootte van de palen aan te geven.

Hoe wordt er door de deelnemers gesproken, beschreven en begrepen wat er gebeurt?

De deelnemers gaan actief op elkaar in. Het valt op dat er relatief veel vragen gesteld worden. Ook wordt er veel naar bevestiging gezocht tijdens het opstellen van de situatie. De uitleg van deze situatie wordt met wijzen op de tekening ondersteund. In de rest van het proces wordt ook veel aangewezen.

Het valt op dat Y erg zacht praat en onzeker overkomt terwijl dit buiten de opdracht om niet zo is.

Wat zie ik dat er gebeurt?

Er is vooral focus op de tekeningen. Ter bevestiging wordt wel eens naar een ander gekeken, dit is niet altijd van beide kanten.

Het valt op dat de groep geen gebruik maakt van de mogelijkheid om te schetsen. Je merkt dat de deelnemers niet gewend zijn om te ontwerpen. Een van de deelnemers is duidelijk wel gewend om kaarten te lezen.

Het is merkbaar dat ondanks het eerder al gevisualiseerd te hebben van de locatie en modellen, het nu toch weer moeilijk is: “ik heb het idee dat het rommelig wordt”.

De groep heeft zichtbaar moeite met de verschillende mogelijkheden vergelijken, dit lijkt voornamelijk door een gebrek aan visualisatie van het geheel. Voor nu doen ze veel aannames over hoe het dan gaat worden.

Communicatie

De communicatie is over het algemeen goed, deelnemers vragen door en gaan op elkaar in. Wel is het merkbaar dat de deelnemers niet zeker zijn van hun zaak. Er wordt veel om bevestiging gevraagd. Dit lijkt te komen door de onkunde in de methode. Veel aspecten vereisen extra uitleg of het zoeken van extra informatie.

Coöperatie

De sfeer binnen de groep is neutraal. Er wordt veel individueel gezocht naar informatie en geprobeerd een beeld te vormen van de situatie. Hierin wordt aangegeven dat 3D beelden missen. De deelnemers hebben geen duidelijke eigen doelen. Er komen langzaam enkele voorstellen op hierin is een evenwichtige verdeling.

Coördinatie

Voor sommige deelnemers is het lastig de juiste informatie bij elkaar te zoeken en visualiseren. Uiteindelijk wordt de meest sprekende informatie (foto's) het meest gebruikt. Niet alle informatie wordt geraadpleegd.

Samenwerking

De deelnemers benaderen de opdracht erg vanuit het eigen perspectief maar houden daarmee wel goed rekening met de anderen. Beslissingen worden gezamenlijk genomen en er heerst een gelijk gevoel. De methode is grotendeels nieuw voor de deelnemers, dit is zichtbaar in de begripsvorming.

DAG 3

Situatie 1: AR schaalmodel

Wat zijn de deelnemers aan het doen?

R begint met het besturen van het model, het lukt hem niet om de losse modellen te draaien waardoor hij lichtelijk in paniek raakt. Dit slaat af op de andere deelnemers waardoor die terughoudend zijn in het zelf proberen en aanpassen van de modellen.

Wat proberen ze te bereiken?

Het gehele experiment focust rond het aansturen van de methode, de opdracht valt daarbij in het niet. Aan het einde van het experiment is nog een moment waarbij de opdracht uitgevoerd wordt, hierin is het merkbaar dat de deelnemers er nog niet goed in zitten.

Hoe doen ze dit?

De deelnemers zijn erg terughoudend, uiteindelijk is ervoor gekozen om zelf een demo te geven en voor te doen wat de deelnemers zouden willen zien. Hierdoor komt de opdracht toch iets meer van de grond.

Het is merkbaar dat de deelnemers vooral bezig zijn met het verkennen van het model en de mogelijkheden binnen de ontwerpeisen. Dit is ook de eerste introductie van de opdracht voor deze groep. Tegen het einde gaan de deelnemers meer denken in wat deze eisen betekenen voor de plaatsing van de modellen en meer ideeën ontwikkelen over de verschillende mogelijkheden.

Wat voor middelen gebruiken ze hiervoor?

Het gebruik van de applicatie verloopt moeizaam. Naast de applicatie gebruiken de deelnemers alleen verbale communicatie. Deze communicatie is heel bedenkelijk. Er vallen veel stiltes waarin de deelnemers duidelijk bezig zijn met het verwerken van informatie en het proberen te begrijpen van het model en de mogelijkheden.

Hoe wordt er door de deelnemers gesproken, beschreven en begrepen wat er gebeurt?

De deelnemers zijn erg stil en lijken niet te weten wat ze met de methode aan moeten. Er wordt voornamelijk geobserveerd, de deelnemers komen weinig met nieuwe ideeën. Er worden een aantal vragen gesteld met betrekking tot de visualisatie van het gehele ontwerp en de verschillende palen. Na de vragen lijkt er een duidelijker beeld te zijn bij de deelnemers van het ontwerp. De deelnemers blijven het moeilijk vinden om de verschillen duidelijk te zien, dit lijkt voornamelijk te komen door het kleine beeld en het minieme verschil tussen de palen op de toegepaste schaal.

Wat zie ik dat er gebeurt?

De deelnemers zijn erg stil en terughoudend, ze weten niet precies wat ze met de methode aan moeten en lijken niet betrokken bij de opdracht. Ieder wil zelf dingen kunnen aanpassen en laten zien, maar door onkunde lukt dat niet. Het gehele proces is heel moeizaam.

Door de beperkte uitvoering zijn er weinig observaties rondom de interactie binnen het team. Nadat de interactie meer is opgekomen, worden er vooral veel vragen gesteld over het model.

Communicatie

De deelnemers zijn erg stil, er wordt weinig gecommuniceerd. Deze terughoudendheid wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de angst en onzekerheid over de omgang met de methode. Op de momenten dat het beter gaat, wordt actief op elkaar ingegaan. De deelnemers stellen nog veel vragen om het model en de geschetste situatie beter te begrijpen, dit lijkt onduidelijk te zijn door het kleine beeld.

Coöperatie

Alle deelnemers zijn terughoudend in meewerken, veroorzaakt door onkunde in de techniek en het nog niet begrijpen van de situatie.

Coördinatie

Voor deze groep hadden de ontwerpeisen nog specifiek in het model verwerkt moeten worden en was het duidelijk behulpzaam om een introductie van het model en de applicatie te geven. Naast de introductie van de opdracht die de groep al gekregen had.

Samenwerking

De deelnemers hadden veel moeite met het oppakken van de methode. Hierdoor ontstond wantrouwen in de techniek en vond er geen samenwerking plaats in de uitvoering van de opdracht.

Wat zijn de deelnemers aan het doen?

R en E pakken de methode snel op en gaan meteen aan de slag om uit te proberen wat de mogelijkheden zijn. Ieder gaat in het begin nog zijn eigen weg, langzamerhand komt er meer samenspel en worden er verschillende mogelijkheden geprobeerd. Y lijkt afgeleid en belemmerd door de methode en het comfort van de bril.

Wat proberen ze te bereiken?

De deelnemers proberen een locatie en model te kiezen. Dit vertaald zich voornamelijk naar een locatie dicht bij de bus en het vergelijken van de verschillende aspecten van de modellen.

Hoe doen ze dit?

De deelnemers proberen eerst zelf ideeën uit en geven dan aan de anderen aan dat zij een nieuwe mogelijkheid hebben zodat deze deelnemers het voorstel ook gaan bekijken. Naarmate de opdracht vordert, wordt ook samen een nieuwe locatie voor de modellen gezocht. Vooral R en E zijn hier actief mee bezig.

Wat voor middelen gebruiken ze hiervoor?

De deelnemers communiceren veel met elkaar en er worden veel ondersteunende gebaren gebruikt om aan te geven waar de modellen staan en over welke modellen gesproken wordt. Er is weinig tot geen miscommunicatie.

Hoe wordt er door de deelnemers gesproken, beschreven en begrepen wat er gebeurt?

De deelnemers gaan actief op elkaar in. Er wordt veel in detail besproken wat een deelnemer ziet, dit lijkt te worden gedaan als bevestiging dat men hetzelfde ziet. Alsof er toch een argwaan is dat dat misschien niet zo is. In de beschrijving van wat deelnemers zien, wordt veel aangewezen en worden gebaren toegepast om grootte aan te geven. Als de deelnemers praten kijken ze elkaar op een natuurlijke wijze aan. De deelnemers uitten veel verbazing over de modellen, voornamelijk de grootte en impact, en de zichtbaarheid door deze methode.

Wat zie ik dat er gebeurt?

Iedereen is zichtbaar enthousiast over de methode en gebruik in het ontwerpproces, er wordt veel verbazing geuit over de methode en de grootte en impact van de modellen. Het samenspel met zijn drieën verloopt moeizaam, dit komt voornamelijk doordat Y snel afhaakt en de bril niet lang op kan houden. Ook geven de deelnemers aan dat het beeld moeilijk zichtbaar is. De sfeer in de groep is goed, er wordt veel gelachen en uitgetoet.

Communicatie

De deelnemers communiceren veel over de plaats van de modellen, het lijkt dat zij het gevoel hebben dit te moeten bevestigen.

Tijdens de communicatie kijken de deelnemers elkaar aan, gebruiken wijzende gebaren en stellen vragen. De deelnemers lijken elkaar goed te begrijpen. Interrupties van de omgeving hebben geen invloed op de communicatie.

Coöperatie

De deelnemers zijn enthousiast en positief over de methode. Y valt buiten de boot, dit lijkt te komen door fysieke belemmeringen van de methode. De deelnemers komen veel met eigen ideeën en gaan verder met voorstellen van anderen.

Coördinatie

Voor het plaatsen van de paal zouden de deelnemers meer informatie willen over de ondergrondse infrastructuur waarop de paal aan moet sluiten. Ook andere elementen van het model missen nog.

Samenwerking

De deelnemers pakken het gebruik van de methode snel op, zij geven aan dat zicht en comfort belemmerd worden wat een echt goede samenwerking in de weg zit. Dit is in het experiment vooral merkbaar bij Y (comfort), E en R werken goed gezamenlijk aan het uitvoeren van de opdracht. Ieder gaat zijn eigen gang maar de groep komt wel weer samen. Het is merkbaar dat de technologie nog niet in zijn geheel vertrouwd wordt, de deelnemers kunnen dit wel door de vingers zien.

Appendix F

Interviews: Transcripts (Dutch)

Tekenmethode

DAG 1

1. Interviewer: Hoe hebben jullie als groep het gebruik van deze methode ervaren?

2. P: Naja, wat ik, uiteindelijk hebben we deze discussie ook gewoon op papier gevoerd en wat ik gedaan heb is een SketchUp model gemaakt om het toch meer visueel te maken. Schetsen kan wel, en wat het lastige van schetsen is is dat het een taal is die je moet snappen. Je moet kaart kunnen lezen, je moet rijk fantaseren of je dingen kunnen inbeelden. En als je dat niet kan, als je niet in die taal thuis bent is dat vaak moeilijk lezen. En dan is de vraag of als mensen dan ja zeggen of ze dan echt gezien hebben wat jij getekend hebt.
3. D: Ja je maakt heel makkelijk je eigen interpretatie. Dus er ontstaat heel snel miscommunicatie, dat ik dit schets, naja Pascal begrijpt dat dan wel aardig maar jij bent nieuw bij dit project en denkt dan "waar gaaaaat dit over?".
4. P: Wat heel vaak gebeurd in een discussie is dat er iemand dan begint te tekenen en dan is de eerste vraag die je krijgt "is dit een bovenaanzicht of een zijaanzicht?". Die vraag, dat gebeurd heel vaak. Dus dat begint al, dat moet je dan duidelijk hebben. Dus dat is heel lastig.
5. S: Nou wat ik wel, en zeker jullie zitten allebei beter in het project en ik doe dit niet dagelijks. Dat het vanaf papier naar de vertaalslag zien te komen, dat is eigenlijk wel best lastig denk ik. Want je moet heel veel informatie tot je nemen. En als je gewoon de 3 ontwerpen waarschijnlijk voor je ziet, dan heb je in een keer die eerste stap van het conceptualiseren in je hoofd, die heb je al gehad. Dus dan kun je eigenlijk gaan praten over wat kun je nu op de locatie.
6. P: Ja dus je moet je eigenlijk de stof eigen maken.
7. S: Ja en dat is nu overal verbeeld, maar eigenlijk probeer je dat om te zetten naar een beeld in je hoofd. En dat is wat in het begin veel tijd kost. En dat hebben jullie er al wel inzitten, en dan is het aanhaken wat lastig is.
8. D: Daarbij nog, kunnen we het in die zin hebben we dit letterlijk zeg maar die schetssessie gehad met elkaar. Nou daar kwamen we niet over uit. De ene vond echt dat die in de wachtzone moet en de ander echt dat ie aan de halte moest. En nadat jij het in SketchUp had gezegd waren we unaniem erover eens. Dat was gewoon heel evident.
9. P: Ja en ook, én een tekort aan visualisatie én het combineren van al die dingen. En de bomen, en de abri. Want ja je hebt nu zoiets van ja dan wordt het zo'n paal, ja dan denken mensen van oh dat kan dan wel maar dan zei ik tegen ze "ja maar er staan nog meer dingen" en dat moet je eigenlijk ook gewoon zien. En dat kan dan wel in , ik ben dan wel goed in me dat voor te stellen maar sommige mensen moet je dat echt gewoon bijna meenemen of tekenen. En vaak kunnen ze de basis zich nog wel inbeelden, maar de impact: echt wat doet dat nou, echt er gevoel bij hebben.
10. D: Ruimtelijk inzicht.
11. S: Ja maar daar komt sneller het complete beeld denk ik, dat is heel belangrijk. Anders zit je inderdaad dan heb je fragmenten waar je zelf een beeld bij bedenkt in je hoofd.
12. P: Ja ik heb een simpele, als iemand een woonkamer gaat doen en die zegt oh dan nemen we die kleur dan denk ik oh dat wordt denk ik wel leuk en sommigen die denken al "ja maar als je deze kamer dan die kleur doet en dan die met dat lichtval, dat wordt helemaal niets". Dus die hebben een meer geoefend oog.
13. S: Ja maar bij deze vertaalslag zeg maar, je hebt het dan nu van kleur maar als ik zeg die muur doen we geel dan is er een hele brede range van wat ik zelf aan interpretatie heb bij welke kleur geel dat dan is. Hier zit nog een hele grote fantasieruimte in zeg maar.

EXTRACT 1.1

EXTRACT 1.2

14. Interviewer: Hebben jullie door de gebruikte methode belemmeringen ervaren in de interactie?

15. D: Ja ik heb, ik zit wat dat betreft met de frustratie gewoon nu al dat ik denk ja dit is gewoon beter om het haaks op de halte te zetten. Ik krijg het alleen niet uitgelegd. EXTRACT 1.3

16. I: *Zaten jullie allemaal op één lijn omtrent de staat van het ontwerp?*

17. S: Ik merkte wel dat ik qua inhoud achterliep. Dan is het eerst, welke palen zijn er en welke opties zijn er, en hoe zit dit en hoe zit dat en daar vond ik jullie sneller in. En daardoor merk je dat je niet makkelijker communiceert, er is eigenlijk steeds een gat aan informatie en kennis. EXTRACT 1.4

18. P: Ik begon even met de context te vertellen, want het gaat hier om de laadpalen, maar ook om de verdeling van het perron.

19. D: Ik denk ook wel dat dat, want als je zelf aan het ontwerpen bent en je maakt weer een kaart dan ben je ook aan het overtrekken van ja hè wat staat er eigenlijk op die kaart en eronder. Maar het helpt je ook gevoel te krijgen van de maat en schaal van het ontwerp. Dat overtrekken heb je ook gewoon even nodig om in de vingers te krijgen van waar gaat het nou over. En hoe zit dat systeem in elkaar, welke weg is nou belangrijk, welke richting ja dat soort dingen. Dat kan je denk ik het beste toch met pen en papier.

20. P: Ja ik ben het helemaal met je eens. Ik denk dat je veel bewuster bent, dat je echt weet wat je tekent. Terwijl die jongere zeggen ja dat is onzin daarmee kan je prima tekenen. Terwijl dan ben je een lijntje aan het tekenen van klik klik klik en dan denk je van oh ja maar dit is waarom loopt die weg eigenlijk zo. Je bent veel meer met een soort verheldering bezig.

21. S: Je bent bijna beperkt want als je een SketchUp maakt heb je maar een x aantal patronen die je zult neerleggen voor de bestrating waarschijnlijk, waar jij dan uit kunt kiezen, je bent meteen heel concreet dus is het meteen op die manier ingevuld en het klopt. De vrijheid blijft nog bestaan met schetsen, en anders maak je het al meteen heel feitelijk.

22. P: Ja ik heb haast het idee dat je misschien wel met je hersens bewuster bezig bent dan dat vlakje vul ik nu met die hatch dan dat je denkt van ohja maar waarom doen we dat zo.

23. D: Ik heb eigenlijk veel meer gevoel voor de locatie en de maat en de verhoudingen, gewoon door het zelf laten tekenen. Dat is volgens mij ook als je samenvattingen schrijft. Het even reproduceren wat er nou staat en daar dus gelijk een keuze maken wat is belangrijk en wat is minder belangrijk, dat helpt volgens mij heel erg, dat heb je nodig bij ontwerpen. EXTRACT 1.5

24. I: *Hoe vonden jullie het detailniveau van de modellen?*

25. D: Ik denk dat daarin ook weer een beetje onze voorkennis hè, als wij hadden gezegd wij nemen wel tekeningen mee dan hadden we andere uitgeprint dan jij. He dus dan om op te schetsen, dat je merkt van he bepaalde miste ik juist en andere naja je hebt het gezien we hebben lang niet alle tekeningen gebruikt. Dus het begint er wel mee dat je de goeie plaatjes, beelden hebt waar je op kan schetsen.

26. S: Nee maar dat is ook de hele context, mijn eerste vraag was waarom kan er niet een paal twee kanten op. En dat kan dan niet, je wil nog schetsend denken en heel open maar er staat al heel veel vast. EXTRACT 1.6

27. Interviewer: Hebben jullie door de gebruikte methode voordelen ervaren in de interactie?

28. S: Ja ik vind het vooral wel fijn dat je er dingen bij kunt tekenen. En hier ook met die lengtes en daar even een schetsje kunnen maken. Ja het hoeft ook niet complexer te worden, maar die hele simpele interacties.

29. P: Ik denk dat je gaat zoeken, en het toch de methode is dat je gaat zoeken en de grote lijnen vastlegt en dat het makkelijk gaat. Dus je kan sneller schuiven, en uiteindelijk waar ons waar vandaag om draait dat is echt de details en ..

30. D: Ja ik denk dat de meerwaarde ook voornamelijk is, afhankelijk van de staat van het proces. In het begin is het wel fijn als je nog een beetje ruis hebt. Want dan zit je eigenlijk sneller op één lijn want iedereen kan het een beetje op zijn eigen manier presteren. En dan is het finetunen, dan is het steeds belangrijker dat het preciezer wordt. Voor de grote lijnen in het begin van het proces

31. S: In het begin heb je juist de ruimte nodig dat iedereen een beeld kan vormen en dat je alles kan proberen en gezien hebt.

32. D: Ja mee eens. Het is precies hetzelfde als je je schets gaat tekenen in Autocad, nou dat programma is veel te precies voor de hoofdlijn. Dan ga je zeuren moet het nou 3mm zijn of 4 cm of 7, dat boeit nog helemaal niet.

33. P: Je bent hier nog helemaal aan het voelen, voelen en aan het zoeken. Je kan ook niet schetsen in computerprogramma's.

34. D: Dit is eigenlijk je eerste gevoel in beeld brengen en pas later de rest

35. S: Maar goed dan, ik vermoed ook, nu zie ik dit nog als plat ontwerp. Maar zou je dit nu ook meteen in SketchUp hebben, in een 3D model, dan verwacht ik dat ik alleen nog maar terugkoppeling kan geven op de specifieke locatie die er of de specifieke vraag zegmaar. En niet meer op het geheel van he kan die daar en kan ik die er parallel opzetten. Dan is het in een keer een feit geworden als ze daar dan staan. Alhoewel dan specifiek de laadpaal.

EXTRACT 1.7

36. I: Hoe was voor jullie gevoel de samenwerking met deze methode?

37. D: Ik denk wel, ik had er nog niet over nagedacht. Het feit dat je elkaar in de ogen kan kijken en dat je zegmaar de communicatie bestaat natuurlijk uit heel direct maar ook indirecte of hoe noem je dat verbale non-verbale. En het non-verbale, gaat natuurlijk, ja je zit eigenlijk allemaal in je eigen wereld en dat is denk ik erg lastig om contact te maken.

38. I: En hoe was dat nu?

39. S: Je merkte dat we met zijn drieën een gesprek hadden over één ontwerp

40. P: En het fijne is dat je, naja zij hetzelfde. Kijk er ligt dan een schets en dat heb je bij de telefoon ook, je kan dingen aanwijzen en anders moet je het gaan uitleggen van nee ik sta links. Dus het daadwerkelijk kunnen aanwijzen daar begint het al bij. En dan ook als iemand iets zegt en je ziet van ja maar ik denk misschien zegt ze wel hetzelfde maar ik denk dat je iets anders denkt, dat zou kunnen.

41. D: En ik denk een beetje nog dat het ook wel fijn is dat je het groepsgevoel of eigenaarschap makkelijker ontstaat doordat je met zijn allen boven zo'n tekening hangt, dingen aan kan wijzen, dat soort dingen. En dat je misschien ook nog wel zelf makkelijker, het gevoel hebt, van ik kan input leveren. Want ik wijs het aan, ik teken er even iets bij. En dat is volgens mij in zo'n model lastiger. Denk ik.

EXTRACT 1.8

1. Interviewer: Hoe hebben jullie als groep het gebruik van deze methode ervaren?

2. R: Het is even iets anders dan je gewend bent, ik vond het vooral lastig om alle informatie bij elkaar te zoeken en te visualiseren voor jezelf.

EXTRACT 2.1

3. I: Hadden jullie al expertise met deze methode?

4. R: Nee, ik niet

5. M: Meer vooraan, dus over het concept, de samenhang

6. T: Uiteindelijk wel, je bent als projectleider uiteindelijk verantwoordelijk hè. Dus over wat voor abris of wat voor klinkers of wat voor banden er uiteindelijk in het ontwerp komen te zitten daar heb je absoluut invloed op. Dus je moet gewoon vormgeving en functioneel, dat moet bij elkaar zitten.

7. I: Konden jullie gemakkelijk verschillende informatie interpreteren?

8. T: Ik ben wel redelijk visueel ingesteld. Toch valt het me altijd tegen.

9. I: Op wat voor manier?

10. T: Nou, bijvoorbeeld bij die kap, viel het mij tegen hoe groot het allemaal is. Daar zie je het op een andere manier dus de verhoudingen die op papier heb je die niet altijd. Dus dan denk je van nou oke, dat hoor je ook bij tekenaars hè. Die tekenen een constructie en hebben dan ook een boutje en of die bout nou 30 cm diameter is of 3 cm of 3 mm, dat is, op een tekening zie je het verschil niet. Dus de verhoudingen dat is lastig. Dat zie je beter in 3D, visueel zegmaar.

11. R: Ja op die foto's ziet het er toch heel anders uit. En intekenen op de plattegrond, geeft weer een ander beeld in je hoofd. Alles lijkt daardoor klein, terwijl dat helemaal niet zo is.

EXTRACT 2.2

12. Interviewer: Hebben jullie door de gebruikte methode belemmeringen ervaren in de interactie?

13. T: Wij kennen elkaar natuurlijk al een beetje (doelend op M), ik vond ons wel op elkaar afgestemd.

14. M: Ik ben praktisch ingesteld, als een idee logisch is, vind ik het goed. Die visualisatie heb ik iets minder mee.

15. R: Ik vond het wel lastig om een beeld bij de ideeën te vormen, dat die paal minstens zo ver van de bus moet, ja dat is dan zo en dat is ook logisch. Maar in hoeverre dat dan verschilt of ie recht of schuin staat, dat moet ik gewoon zien. Op papier kun je eigenlijk, of ga je automatisch meer vanuit de logica handelen.

16. *I: Konden jullie je goed duidelijk maken met het tekenen en aanwijzen?*

17. R: Ja dat hielp wel, daarmee breng je toch je ideeën over. Maar wel weer op wat logisch of praktisch is en niet hoe dat er waarschijnlijk uit ziet.

EXTRACT 2.3

18. T: Weet je, stakeholders maakt het helemaal niet zo heel veel uit. Stakeholders die vinden een gelikt plaatje wat je presenteert goed.

19. *I: Hebben die meer moeite met een kaart?*

20. T: Ja, stakeholders hebben absoluut moeite met kaarten lezen. Ik kom heel veel bewoners tegen die je wat probeert uit te leggen en die het zeggen te snappen maar ze snappen het niet omdat ze dat gewoon zich niet goed kunnen voorstellen en geen kaart kunnen lezen. Ze kunnen geen tekening lezen. Net zei ik al dat ik, dat af en toe de verhoudingen bij mij al lastig zijn, maar bewoners die er niets mee te maken hebben die lezen een tekening niet helemaal.

21. *I: En dat zeggen ze dan niet?*

22. T: Nee nee, die kijken wel naar een mooi plaatje enzo van oke als het er zo uit komt te zien dat is het wel prima. Maar dan is het vaak zo als het heel na komt en het is dicht bij hun voor de deur dan gaan ze er pas echt naar kijken.

23. M: Technische tekeningen zijn bijna niet te lezen, maar als een plaatje wat meer de verbeelding benadrukt in plaats van alle technische gegevens dan is het wel een goed hulpmiddel. Maar een technische tekening verward veel meer, roept veel meer vragen op.

24. T: Ja maar hè, zoiets als dit, zo'n trap en een roltrap, Dit leest een leek niet hoor. Terwijl ik weet wat dit is. Ze zien ook niet dat dit de poortjes zijn, dat zien ze niet. Of dit de lift. Je moet ze dan gewoon weer een fotootje laten zien van zo jongens dit is de situatie.

EXTRACT 2.4

25. *I: Denken jullie dat een virtuele tour meerwaarde heeft over foto's?*

26. T: Nee nee, want het is ook gewoon, er hoeft niemand mee te werken.

27. Interviewer: Hebben jullie door de gebruikte methode voordelen ervaren in de interactie?

28. T: Je kan precies tekenen wat je wilt

29. M: Het is eigenlijk heel laagdrempelig, als je een kaart kunt lezen. Je weet ook zeker dat iedereen hetzelfde ziet.

EXTRACT 2.5

DAG 3

1. **Interviewer: Hoe hebben jullie als groep het gebruik van deze methode ervaren?**

2. R: Ik vond het wel leuk. Heel anders dan net buiten weer. Ik kijk hier meteen veel gestructureerder naar, terwijl buiten echt ging om hoe het stond ten opzichte van de omgeving.

EXTRACT 3.1

3. *I: Hadden jullie al expertise in deze methode?*

4. Y: Nee

5. E: Nee, ik ben degene die dus buiten weet hoe alles werkt. De stedenbouwkundige die zijn wat zweverig he, voor mij, en dan kom ik en dan zeg ik "ja jongens allemaal leuk en aardig" maar dan willen ze het toch. Maar goed mijn taak is om van "he, waarom kies je hiervoor en denk hieraan". Om die combinatie te hebben.

6. *I: Begrepen jullie de methode?*

7. E: Ik ben dus meer van de praktische kant en ga daar dan ook aan denken bij zo'n ontwerp. Dus hoe het zit met leidingen als we die paal neerzetten en of dat heel omslachtig wordt als ie op een andere plek staat.

8. R: En dat is dan wel onhandig dat dat allemaal op andere kaarten staat. Eigenlijk wil je dat met een klikje op de knop aan kunnen zetten.

EXTRACT 3.2

9. **Interviewer: Hebben jullie door de gebruikte methode belemmeringen ervaren in de interactie?**

10. E: Ja dat is lastig omdat de vormgever, die heeft een bepaald idee en dat idee wil die graag overbrengen naar de werkelijkheid. En dan moet je iedereen meekrijgen. Toen wij hier dit plein hebben aangelegd, Han heeft een brochure gemaakt, een brochure van dit is dit vind ik belangrijk met aansluitingen, zichtlijnen, weet ik veel allemaal. Dus hij maakt een brochure dan kan ik dat aan de stratenmakers geven van joh kijk het is geen onzin dat je dit doet, want men wil dit. Naja dat is dan heel 2D, maar de bedoeling is dat je die vertaalslag kunt maken. Ja en met zulke beelden dan gaat dat wel. En dan is dit systeem wel heel mooi, als de vormgevers dit kunnen gebruiken om hun ideeën ook te ventileren van goh ja wij zien dit wel zo zitten. Kijk maar even mee. Nou dan kun je natuurlijk feedback krijgen.

EXTRACT 3.3

11. Y: In opties, dus kies je voor een bepaalde kleur steen. Wat doet dat dan? De fietsenstalling is heel licht he, hele mooie witte plafonds. Ik vind dat een heel mooi beeld. Maar goed dat is ook een keuze. Ik denk dat in zo'n soort systeem kun je die opties naast elkaar laten zien. Als we hiervoor kiezen ziet dat er zo uit.

12. E: Ja weet je vaak dan, dat merk ik aan Pascal ook, dan is het aanbesteed en dan komen allemaal nog dingen. Dan gaat zo'n vormgever weer twijfelen, als je dat van te voren al met elkaar hebt doorgenomen en je laat het zo zien dan is dit het, dan is dit het document.

13. Y: Ja een bewuste keuze.

14. E: Dan weet iedereen ohja zus en zo.

15. Y: Je moet het afwegen, Je moet het zichtbaar maken

16. R: Dat is het vooral ja, ik denk dat veel mensen daar moeite mee hebben, om het voorstellen.

17. Y: En het was veel zoeken

18. R: Ja je weet niet precies waar alle informatie staat en zelfs als je het dan hebt wil je het ook kunnen, naast andere informatie houden. Dat kostte bij ons wel veel tijd.

19. E: Normaal zoek ik eerst altijd uit welke informatie er is en orden ik dat voor mezelf.

20. R: Wat dat betreft is het bij zo'n model wel handig dat alles er al in zit. Alleen dan kun je geen extra informatie krijgen.

EXTRACT 3.4

21. Interviewer: Hebben jullie door de gebruikte methode voordelen ervaren in de interactie?
22. Y: Ik vond echt dat je zag op de plek waar het straks staat hoe het wordt, dus jee wat wordt dat groot. En daardoor maak je een andere keuze, je kan bewustere keuzes maken doordat je hebt gezien hoe het uitpakt in het echt. Dus dat vind ik wel een plus.
23. I: *Dus in de tekenmethode had je heel veel aan de vorige methode?*
24. Y: Ja, ja dus dan doe je eerst life zegmaar en dan pak je hem terug naar de tekening
25. R: Ja het hielp nu wel dat we het allemaal al gezien hadden, dan kun je dat toch meerekenen in je beslissingen.
26. I: *Konden jullie gemakkelijk de voorstellen van anderen interpreteren?*
27. Y: Ja voor mij doordat we buiten zijn geweest met die bril keek ik er wel anders tegenaan.
28. I: *En dan is deze volgorde fijn?*
29. Y: Ja ik zat net te denken want als je het omdraait had je misschien andere keuzes gemaakt. Omdat je dan ziet hoe het in het echt eruit gaat zien , ga je wel bewuster vertalen ook naar de tekening.
30. I: *Zou je hetzelfde kunnen behalen als je de paal binnen bekijkt?* EXTRACT 3.5
31. Y: Ja nee, het moet echt wel op locatie met die bus erbij.
32. E: Toch heb ik wel een idee, dat 2D heb je dan zoals buiten, een tekening als ik een reconstructie moet maken dan moet ik gewoon de tekening hebben. Dan hang ik de tekening op en dan heb je gewoon een beeld, gewoon een groot beeld oh zus en zo. Dat vind ik het voordeel van een 2D tekening, met kabels en leidingen erbij, met alles erbij. EXTRACT 3.6
33. I: *En als dat allemaal in een virtueel model zou zitten, zou dat dezelfde waarde hebben?*
34. E: Ja.. Nou ik, ik moet altijd eerst wel overzicht hebben.
35. R: Ik denk het wel, maar dan moet je wel zeker weten dat alles erin zit.
36. Y: Misschien is het om je keuzes te verifiëren ofzo, dat je eerst maak je het overzicht. Wat zit er allemaal in het gebied? Vervolgens ga je kijken hoe ziet dat er dan in de praktijk uit? En dan doe je ook die andere opties erin, dan krijg je ineens een totaalplaatje en misschien blijkt dan van oh het is toch te, het staat te dicht op elkaar of .. EXTRACT 3.7
37. R: Voor mij is zo'n overzicht denk ik wel duidelijker in 3D, maar dan moet je er natuurlijk wel goed mee om kunnen gaan. Want dat is vooral makkelijk nu, je kunt gewoon pakken wat je nodig hebt. In dat model is dat heel lastig als je het nog niet zo goed kan besturen.
38. Y: Dan moet je echt mensen gaan trainen erin.
39. E: Of het moet heel intuïtief zijn, dat kan ook wel komen in de ontwikkeling. Als je een beetje oefent, heb je het best snel door. Ook als leek.
40. I: *Wil je dan zelf de regie hebben over welke informatie je beschikt in het maken van een overzicht?*
41. Y: Nee
42. E: Nee, ik vind als je in een projectteam werkt kijk en iedereen heeft zijn rol. De stedenbouwkundige die heeft een beeld van wat ie dus vindt van een inrichting en die komt met ideeën. Die ziet ergens wat of die leest ergens wat en nou dit zou ik misschien wel graag willen. Nou dan krijg ik vaak een foto, van Erik wat vind jij hier nou van? Dus ik kan mij voorstellen dat hij dat dan wel graag wilt delen op zo'n manier. Met banken, met bomen, van hier komen grote bomen. EXTRACT 3.8
43. R: Alleen ik wil ook niet dat ik geen beschikking heb tot informatie, ik moet het wel aan kunnen zetten als ik dat wil.

Situatie 1: AR schaalmodel

DAG 1

1. Interviewer: Hoe hebben jullie als groep deze methode ervaren?

2. D: Ik baal dat ik hem niet kan draaien, het is best wel, ja je moet er, je hebt wel even tijd nodig.. volgens mij wordt de discussie efficiënter of beter als je niet meer zit te klooiën en het een soort automatisme is hoe je weet hoe je het model moet sturen. En dat je niet meer “hmm draaien, ah shit hoe moet dat ook alweer..” maargoed, dat kan voor nu niet anders, maar als het echt ook heel erg logisch voelt, de iPhone neem ik maar even als voorbeeld hier dat die ook gewoon zo heel erg intuïtief, het moet heel erg intuïtief zijn. Dat zou volgens mij belangrijk, dat je van wijze van spreken alsof je met legoblokjes heel snel kan bouwstenen hoger en lager en dikker en dunner. Dat het dan echt wel meerwaarde heeft.

EXTRACT 1.1

3. I: *Hadden jullie het idee dat jullie een voorsprong of achterstand hadden op het aanleren van de methode?*

4. D: Ik wel, ik had ook leek aangetikt.

5. P: Ik merkte dat ik wel meteen dacht “ohja dan moet je waarschijnlijk daar daar, en er is een ding wat ik dacht: dat menuutje dat vond ik storend dus dat wil je weghebben. Daar wil je juist de visualisatie zien en dat je het dus niet ook alleen maar van die kant kan doen.

EXTRACT 1.2

6. S & D: Ja.

7. P: Het langer en groter worden wil ik zien aan wat ik doe.

8. D: In die zin zou het misschien best wel fijn zijn dat je de commando's kan geven in woorden en tegelijkertijd wil je ook praten dus maar stel je voor je kan zeggen “commando model 2” en dan doet ie automatisch. Dan heb je dat hele menuutje niet nodig en ...

9. P: Of desnoods dat je het menu alleen oproept als je menu zegt en dat je alleen dan een menu hebt.

EXTRACT 1.3

10. S: Ik vond het heel makkelijk eigenlijk.

11. I: *Waardoor denk je dat dat zou kunnen komen?*

12. Geen idee, ik heb 2 of 3 x de techniek gebruikt maar dat was het ook zo'n beetje.

13. D: Kon jij hem nou draaien?

14. S: Ja om het echt goed te krijgen was lastig maar in principe kreeg ik hem wel gedraaid. Nee, maar waar het aan ligt geen idee maar ik vond dat echt heel gemakkelijk.

EXTRACT 1.4

15. Interviewer: Hebben jullie door de gebruikte methode belemmeringen ervaren in de interactie?

16. S: Nee dat was voor mij vooral die paar seconden vertraging.

17. D: Ja en wel dat je toch ook, ik merk dat als ik dan niet de bril op heb dat ik dan toch wel weer gebaren maak of contact maak met degene die zegmaar ook niet die bril op heeft waarin we elkaar dan even aankeken en jij was meer soort van ehm...

18. S: Ik had wel toen was jij op gegeven moment bezig en raakten wij in gesprek over een ander onderwerp en je merkt wel dat doordat er maar een iemand actief bezig is dat je ook wel afhaakt op een bepaald moment.

EXTRACT 1.5

19. D: Ja.

20. S: En dan is het ook weer, maakt ook niet zo veel uit maar, als je er niet bij bent wil je ook dingen aan kunnen passen.

21. P: Ja maar het is wel fijn dat wat ik denk, dat snap ik, maargoed in principe ben je voor dat daar. Maar je hebt wel bij dat je door 1 bril, laat maar zeggen heb je de regie over wat je ziet, iedereen, en dat maakt het denk ik wel helder in de discussie.

22. S: Ja maar dat zou je dan misschien op een andere manier moeten doen dat iedereen die bril krijgt maar dat 1 iemand de regie heeft. Want ik merkte bij het papier was het echt continue 1 gesprek en hier was het 1 iemand die bezig was en de ander die keek en die dacht mee maar op een bepaald moment was de ...

23. P: maar had dat er mee te maken, want ik zie jullie niet.. ik ben gefocust op dat.

24. D: maar dat moet je ook doen om dat te kunnen aansturen. Je moet naar het model kijken want anders zien wij ook rare dingen

EXTRACT 1.6

25. *I: Hadden jullie daardoor het gevoel dat je minder betrokken was?*
26. P: Ik had het idee dat je, je voelt minder, ik kan dus niet de sfeer proeven.
27. S: Nee want je krijgt een model op.
28. P: Je bent eigenlijk een beetje blind voor je omgeving.
29. S: Klopt.
30. *I: Door welke factoren kwam dat voor jullie gevoel voornamelijk?*
31. P: Volgens mij zou ik de schuld geven dat jij als bestuurder van die bril met het model bezig bent
32. *I: Je bent helemaal gefocust op het model?*
33. P: Ja.
34. D: Ja en dus ook die bril.
35. S: Ja en in principe is het ook nieuw dus het is ook niet dat je de besturing zo goed kent dat je even de laadpalen omdraait. Je bent er niet genoeg in thuis. Het is moeilijk om dan ook op de rest te focussen.
36. P: Ik kan me zo voorstellen dat je dit soort dingen doet in een presentatie en dat je gaat zitten en laat maar zeggen gewoon bijna van wijze van spreken het zo doet. Dat kan ik me wel voorstellen.
37. D: Ja en jij zei ook in het begin, "ik doe nu even een iemand krijgt een bril en de rest ziet het op het beeldscherm". Als de techniek op een gegeven moment zo goed is dat iedereen die bril op heeft, dan zit iedereen eigenlijk in zijn eigen wereld.
38. P: Zou dat werken denk je?
39. D: Ik vind het jammer dat iedereen in zijn eigen wereldje is, maar je hebt wel minder makkelijk dat je wat je net zei: ik was met dat model bezig en jullie hebben een onderling gesprek.
40. P: Maar dan is heel belangrijk waar we het nu over hebben .
41. S: Ik wil er ook onder kunnen kijken, dan ervaar je het ook echt.
42. *I: Denk je dat je een beter beeld creëert met zo'n bril en dan eronder kijken dan in SketchUp een camera neerzetten en dan eronder kijken?*
43. P: Nee, voor mij was dit hetzelfde.
44. S: Het geeft wel meer bewegingsvrijheid en ik kan dus ook de delen bekijken die de ontwerper niet wilt dat ik zie. Dus in dat opzicht geeft het wel meer dat ik er zelf invloed op heb wat ik zie en dat precies de blinde plek waar anders niet naar gekeken wordt dat ik daar ook tegenaan kan lopen.
45. D: En ik denk ook wel dat het belangrijk is dat je allemaal min of meer hetzelfde ziet en dat heb je rond zo'n tekening dan kijk je naar hetzelfde. Nu een een bril op had, die andere werden ook gewoon afgeleid door hoe jij loopt en je kijkt naar dat scherm. Wij zien dit allemaal wel en zien jou die gekke bewegingen maken. Dat lijdt zegmaar af, terwijl als we allemaal een bril ophebben, waarbij ik me best voor kan stellen dat 1 iemand kan dingen wijzigen maar je zit allemaal in die bril dat het daardoor bijna nog makkelijker wordt dat samen gezamenlijkheid ontstaat dan dat een iemand die bril op heeft. Ik voel me hier meer een toeschouwer dan als je dat ding ophebt.
46. S: Ja dat was met tekenen op papier niet. Dan was je zelf in ieder geval bezig.
47. *I: Hebben jullie extra communicatiemethoden gebruikt, zoals gebaren?*
48. S: Nee dat was meer bij objecten in de tekening. Toen jullie zeiden ga eens naar de kant van de tunnel, ja er zat geen tunnel en met grote kruising snap ik het.
49. D: Ik had wel af en toe dan zag je dingen en dat helpt wel om dingen te verduidelijken.
50. P: En jullie kijken er anders op en naar dan ik, misschien moet je dan wel een contrabeweging maken en dat is dan weer lastig.
51. D: Het is meer dat non-verbale of dat ondersteunen, eigen gebaren dat is gewoon lastiger, ja je hebt toch dat ding op.

EXTRACT 1.7

EXTRACT 1.8

EXTRACT 1.9

EXTRACT 1.10

52. Interviewer: Hebben jullie door de gebruikte methode voordelen ervaren in de interactie?

53. D: Je ziet, het wordt inzichtelijker. En jij geeft het zelf aan (naar S), als ik dan dit zie zou ik het zo doen.

54. S: Ja al was het alleen al dat ik zag dat de andere bebording ook rechthoekig was, dat ik zie wat ik op de andere tekeningen niet had teruggezien.

55. D: Dan heb je dus eigenlijk niet meer zelf die verbeeldingskracht of dat ruimtelijke inzicht nodig om het te begrijpen. Dus dit is handiger om een iemand die minder in de materie zit of minder ruimtelijk inzicht heeft, om die mee te nemen.

EXTRACT 1.11

56. P: Ja en ik denk ook waar we het hier hebben over afleiden en wel of geen bril, dit zijn allemaal natuurlijk beginnende technische .. Ik denk dat dit gaat veranderen. En dat dat dus uiteindelijk minder belangrijk is.

57. I: Was de hoeveelheid informatie in lijn met de opdracht?

58. P: We kijken er net anders naar, dat vind ik wel een voordeel.

59. D: Ja precies.

60. S Aan de andere kant waar ik heel veel voordeel zie is dat je ontwerprestricties hebt opgelegd en die kwamen hierin terug ... en dat zou denk ik wel een goede toegevoegde waarde zijn.

61. P: Aan de andere kant vind ik dit ook wel weer interessant omdat je er zo in zit dat je de toevalligheid ook nog laat bestaan.

62. S: Dat ligt aan je projectfase, als op een gegeven moment een besluit achter je is wil je dat er niet meer bij hebben.

63. P: Jajaja.

64. D Ja, dat hangt van de fase af zeg jij.

65. S Ik heb die informatie beschreven dus ik weet dat ie daar niet mag staan. Dat is helemaal zeker dus dat wil ik ook niet meer kunnen. Dan wil ik alleen horen, waarom mag die daar niet staan.

EXTRACT 1.12

66. D: Ja en misschien kun je hem uiteindelijk wel zo programmeren dat je hem alleen binnen dat gebiedje kan bewegen. Dan zie je het niet zal ik maar zeggen, als je nu zo'n donkere.. aangeeft wat donkerder is daarmee denk je ook meteen "he dit is gewoon de straat".

67. S: Die laadpaal alleen in dat gebied kan bewegen, dan kan ik daar er alles mee wat ik wil maar is dat ook de bewegingsvrijheid die ik dan heb. Dit is juist in het begin, je hebt nog niet de details toegevoegd maar het is wel mooi om best snel waarschijnlijk dat ruimtelijke erin te krijgen.

68. D: En eigenlijk is het gewoon zegmaar een Sketchup model, soort van, en als je daar met zijn allen omheen gaat zitten dat is wel ehm, het is ruimtelijker dan Sketchup.

69. P: Precies ja.

70. S: Ja.

EXTRACT 1.13

71. I: Hoe was het detailniveau van de modellen?

72. D: Ja er is meer detailniveau in dan de tekening.

73. I: Waren er delen van het ontwerp die jullie niet begrepen?

74. S: Nee ik was nu veel doelgericht bezig naar de .. wat ik daarstraks ook al zei: ik ben heel doelgericht bezig met het plaatsen van die palen en me niet aan het afvragen wat dat bushokje daar doet of waarom is dit zo. Dus ik ben niet met het ontwerp op zich bezig maar heel taakgericht op die palen.

75. I: Was de hoeveelheid informatie in lijn met de opdracht?

76. S: Ja daarom wat je met taakgericht krijgt zijn opties en je denkt niet meer zou er ook 1 kunnen in het midden of kan het zo en zo. Je hebt vier opties en daar kies ik uit. En ik zet de bus erbij en .. en dat is wel echt wat het denkproces is en niet meer in het grotere kader: kan er ook 1 paal in het midden? En zit alles parallel aan elkaar? Dat is dan in een keer, ja nu was het nog een vraag omdat ik dat eerst wilde weten, maar dat is ineens niet meer wat ik denk.

77. D: Dus eigenlijk is het heel duidelijk wat zijn de variabelen nog, waar kun je nog mee spelen he. En tegelijkertijd weet je dus die vrijheid wat kan allemaal, raak je meer kwijt. Het werd dus creativiteit op een grotere schaal, maargoed dat is ook wat we net zeiden: wanneer gebruik je dit nu, in welke fase gebruik je het. Maar als je dus een stap verder bent met hier moet het komen en hoe doen we dat dan dan kan je het dus goed

gebruiken. Ik vond het dus zelf wel heel verhelderend, die verschillende modellen en de vormgeving dat je daar even mee kan spelen. Dat zie je ineens gewoon heel snel. En dat je dan ook ziet van he dit past bij de rest omdat de rest er ook in staat of dat is een heel andere vormtaal. Daar ziet het er veel slanker uit of iets dergelijks, dat vond ik er wel ehm, dat vond ik wel tof ja.

EXTRACT 1.14

78. S: Aan de andere kant wist je ook dat ze niet realistisch waren. Als je ze heel lang maakten wist je dat de steunpilaren niet breder werden. Dus dat is een beetje de consequentie op dit moment
79. D: Nee maar goed dat is nu even de ontwikkeling, het is wel belangrijk dat je de juiste opties nu hebt in beeld hebt Dus dan moet het wel kloppen. En dan heeft het wel meer, toegevoegde meerwaarde.

80. P: Het enige wat ik dacht is "er had misschien een boom in gekund". Want die staan erin en het voegt wel meer toe want die paal is hoog en er staan ook bomen. Om maat en schaal en dat werk erin te krijgen zou je dat wel doen.

81. D: En ik denk met name natuurlijk maar dat is allemaal begrijpelijk, prima. Ik kan me ook nog wel voorstellen dat het meerwaarde heeft sowieso dat het hele perron erin staat en dat je bijvoorbeeld door 1 paal te bewegen/verplaatsen dat je allemaal meerekent en ze er allemaal instaan.

EXTRACT 1.15

82. I: En dan is een van de voornaamste vragen of zo'n computermodel wint van een gewoon SketchUp model?

83. P: Ja daar ben ik natuurlijk heel erg druk over na aan het denken want ik zat echt van "heeft dit nu voor mijn gevoel meerwaarde dan een SketchUp model?" Voor mij niet. Ja het moet zo CSI om zo'n ding heen swipen. Ik denk dat dat nog het handigst is, want dan ben je met zijn allen en hoeft je niet los in je eigen wereldje. Maar dan heb je het gewoon voor je en dan kan je elkaar weer aankijken en dan kan je dingen en naja.

84. D: Ja dat je eigenlijk probeert deze hele tafel is een projectie.

85. P: Ja dat zou denk ik nog het handigst zijn. Dan heb je weer het contact.

86. D: Eigenlijk zo'n touch screen achtig iets.

87. P: Maar ik zat eigenlijk even te kijken van zou zou het voor mij zo'n bril ten opzichte van een SketchUp model iets opleveren, dit dan vooral dat zoeken. Ja, nou ja, ik vind dan voor mij een SketchUp model net zo handig werken als of ik het nou zo 3D zie. Dat gaf mij niet meer ehm meerwaarde.

88. D: SketchUp komt bij mij altijd een beetje, vooral draadmodelletjes, ik kan me voorstellen maar dat kan je misschien ook helemaal opwerken he. Misschien is het meer hoe snel kan je in SketchUp dingen tekenen of in dit.

89. P: Ja nee ik zou dit voor mij wel vooral voelen van. En niet zozeer van het detailniveau of die paal nou een rondje heeft of niet dat vind ik allemaal niet zo interessant. Het is vooral echt het zoeken van maat/schaal verhoudingen, richtingen, daar zou ik het voor gebruiken. Maar ik denk wel, dit is natuurlijk een soort zoeken en dan heb je nu hier nog steeds de verbeelding nodig op dit schaalniveau van hoe is het dan straks groot. En ik denk dat wat we straks gaan doen dat dat mind blowing is. Omdat je dan gewoon, want nu is het nog steeds dat je kijkt op ooghoogte en nog steeds moet inbeelden van hoe is dat nou, dat moet je een beetje voorstellen. En straks is het echt zo groot, dan zie je het echt en heb je echt de impact. Dat is het dus. Soms kan een klein dingetje wat je op tekening helemaal niet ziet, kan heel erg vervelend zijn en dat kan je dan meteen zien.

EXTRACT 1.16

DAG 2

1. Interviewer: Hoe hebben jullie als groep deze methode ervaren?

2. M: Ik heb hier denk ik geen aanleg voor
3. T: Nee het was lastig, nu zijn wij toch die oude mannen die er niet mee om kunnen gaan hè.
4. M: Het lijkt me wel leuk om goed te kunnen
5. R: Ja het ging wel oke, maar ik kan me voorstellen dat je met meer oefenen al veel beter ermee om kan gaan. EXTRACT 2.1
6. T: Zo is het vooral een speeltje, dit kan natuurlijk veel beter op een gewone computer nu. Ze hebben al die modellen wel en dat werkt voor mij goed.
7. M: Het leuke is hier wel dat je er dan straks met zijn allen omheen kunt staan.
8. R: Uiteindelijk wordt dit veel interactiever dan een computermodel. EXTRACT 2.2
9. T: Maar dan hoeft het van mij niet met zo'n bril.
10. I: *Hoe was de samenwerking voor jullie gevoel?*
11. T: Ja wel gewoon goed, toch. Volgens mij hadden we daar geen problemen mee.
12. I: *Waren jullie betrokken met elkaar?*
13. M: Ja. EXTRACT 2.3
14. R: Ik denk het ook wel.

15. Interviewer: Hebben jullie door de gebruikte methode belemmeringen ervaren in de interactie binnen de groep?

16. R: We waren vooral bezig met het besturen.. Ik lette daarin helemaal niet op de anderen.
17. T: Ja het was allemaal heel klein en je kon niet alles zien, ik denk dat je zonder bril veel beter met de groep werkt.
18. I: *Dus je werd belemmerd door de bril en het kleine scherm?*
19. R: Ja
20. M: Eigenlijk kon ik nu heel weinig, behalve kijken hoe het eruit zag. EXTRACT 2.4
21. I: *Hoe was de verdeling voor jullie gevoel?*
22. M: Iedereen had eigenlijk een eigen functie.
23. T: Ik denk dat het hierbij van belang is dat iedereen de goede functie heeft, een ontwerper moet de mogelijkheden laten zien en dan kunnen anderen daar commentaar op geven. EXTRACT 2.5
24. I: *Kon je jezelf goed duidelijk maken met de methode?*
25. M: Dat was nu wel lastig ja.
26. R: Ik denk als je oefent dat dat wel makkelijk gaat, maar als je toekijkt kun je nu niet zo veel. Alleen instemmen en misschien iets aanwijzen op het scherm maar dat is toch lastig om goed aan te wijzen. EXTRACT 2.6

27. Interviewer: Hebben jullie door de gebruikte methode voordelen ervaren in de interactie binnen de groep?

28. M: Nou wat Toon ook al zei, als je van een tekening een 3D maquette maakt wat vroeger gebeurde met van die houten blokjes, dan zie je de verhoudingen in de gebouwen en de openbare ruimte en hoe het allemaal de verhoudingen tussen elkaar veel beter.
29. R: Het model is wel makkelijker te begrijpen, je hebt meteen een goed overzicht van de situatie. Alleen je wilt er meer mee kunnen en er moet meer informatie in. EXTRACT 2.7
30. T: Ja je wilt alles zien.
31. I: *Kwamen jullie nu belangrijke informatie te kort?*
32. M: Ik zou toch wel dat functionele willen zien, dus hoe het in praktijk straks gaat, hoe die bus aankomt ten opzichte van de paal. EXTRACT 2.8
33. T: Ik denk dat dat er allemaal wel aan zit te komen. Dat je een zaal met mensen hebt en je zet ze allemaal een 3D bril op het hoofd. Dat zit er rap aan te komen denk ik. Ik ga zaterdag naar een 3D voorstelling van een opera. Moet je voorstellen.
34. M: Hoe werkt dat?
35. T: Naja gewoon hier in de bioscoop, ik heb een 3D brilletje op en de voorstelling is in New York. Naja, zo werkt het, ik hoef niet naar New York.
36. M: Ik vind dat wel heel mooi

37. R: Ik denk ook wel echt dat het veel potentie heeft. Het idee spreekt me heel erg aan. Alleen daarvoor moet het flawless zijn en iedereen moet ermee om kunnen gaan. Zolang dat niet kan, zit het alleen maar in de weg.

1. Interviewer: Hoe hebben jullie als groep het gebruik van deze methode ervaren?

2. R: De tutorial ging prima, dat had ik snel door en dat ging allemaal wel prima. Maar bijvoorbeeld in die tutorial was niet hoe moet je draaien, dat is dan of dat zal wel voor dit is dat vrij cruciaal. Het was wel mooi geweest als daar ook wat meer was, maar goed ik snap wel je de Microsoft tutorial gebruikt. Dat was, ja de tutorial was makkelijk. Het bewegen van de paal zelf was ook makkelijk, het aanklikken was ook makkelijk, maar dat draaien ja, dat lukte niet. En of ik nou te snel ging of .. Dus dat is jammer dat in de tutorial dat draaien niet zat.

3. *I: Denk je dat het met meer oefening wel was gelukt?*

4. R: Ja.

5. E: Oefening baart kunst denk ik.

6. *I: En bij de anderen? Hoe ging daar het gebruik?*

7. E: Afgezien van het draaien ging het wel vrij intuïtief.

8. *I: Hadden jullie het idee dat iedereen gelijk was in achtergrondkennis?*

9. E: Ik ben een leek hè, ik ben een digibeet. Tuurlijk gebruik ik een computer en dergelijke maar spelletjes never nooit hè dus ik denk nou het viel mij nogal mee. Ja tuurlijk allemaal even in het Engels ,voor mij even wat lastig, ehm, maar voor de jongeren natuurlijk niet. Absoluut niet. Maar voor mij wel. Dus ik kan me voorstellen dat als de wat ouderen daar gebruik van zouden moeten maken dat dat wat lastiger is. En ehm ik denk wel dat als je hier wat vaker mee oefent, ja dan dan volgens mij kun je dat dan wel redelijk makkelijk onder de knie krijgen. Maar goed ja het is voor mij nieuw, het zal voor jullie allemaal een piece of cake zijn. Ik vind dat wel heel mooi, dat zou wel mooi zijn dat Pascal zegt "jongens kom eens ff, ik heb wat" en dan laat ie het zien. Dat zou super zijn, gaan we gelijk maar mee starten.

10. Y: Ja het is dan de vraag moet je dan zelf dan gaan leren, want ik denk dat je echt wil je het goed kunnen een opleiding moet doen, het veel vaker moet doen. Ik denk dat de jongere generatie, mijn zoon is nu 16, die zal het makkelijker kunnen. Maar dat het wel toegevoegde waarde heeft dat denk ik wel. Je ziet gewoon wat er gebeurd hè, in de ruimte, ja ik vind het wel wat hebben.

11. R: Microsoft heeft toch ook zo'n tafel, dat is dus wel mooi, dat werkt super intuïtief. Met hologrammen op tafel. Volgens mij is dat wel, zelfs voor oude omaatjes ofzo, niet delegerend bedoelt, maar dat kan je echt oppakken. Dit is, je moet, toch nog niet helemaal natuurlijk, wel te leren. Hoe jonger je bent, hoe makkelijker dat zal gaan waarschijnlijk. Ehm maarja sowieso, maar goed als je bepaalde .. dan is het een cursusje wel waard denk ik om hoe je bepaalde handelingen moet doen. Maar op een informatieavond iedereen zo'n bril geven is natuurlijk niets.

12. E: Maar eentje?

13. Y: Dat is natuurlijk wel van dat je dan mensen vraagt "wat voor ideeën heeft u" en je laat het zien.

14. R: Bovendien heeft dan een iemand, als je heel veel mensen hebt en iedereen heeft zijn eigen ding, dat gaat niet werken.

EXTRACT 3.1

EXTRACT 3.2

15. Interviewer: Hebben jullie door de gebruikte methode belemmeringen ervaren in de interactie?

16. Y: Je hebt eigenlijk geen invloed, wat toch lastig is. Je kijkt mee, maar goed dat is een keus. Het lijkt me ook heel rommelig dat je met zijn 3en dingen moet doen, een moet de regie hebben ofzo. Ook als je met mensen bent die er geen verstand van hebben, dan wil je het niet hoeven te kunnen maar gewoon meekijken. EXTRACT 3.3
17. R: Beetje klein.
18. E: Ja ik vond dat plaatje een beetje klein, een beetje lastig. Ik zou dat graag wat groter willen. Ook dat je misschien het dichterbij kan halen of kiezen welk deel je groter bekijkt.
19. R: Ja het kader was letterlijk heel klein en je was er snel uit. Onbewust neem je alles want je hebt natuurlijk focus met je ogen maar je ziet onbewust heel veel eromheen en dat mis je met dit. Daardoor moest je ook veel bewegen, en ja, je was eigenlijk heel gefocust op het hele model kunnen bekijken. EXTRACT 3.4
20. M: Ja als je het wat groter kan projecteren.
21. I: *Voelde je je daardoor afgezonderd van de anderen?*
22. R: Nee dat niet. EXTRACT 3.5
23. E: Ja ik wel, ik was vooral bezig met dat model goed zoeken.
24. Y: Ik vond het nog wel oncomfortabel, het is heel zwaar zo'n bril. En dan ben ik af en toe meer daarmee bezig dan met de opdracht. EXTRACT 3.6

25. Interviewer: Hebben jullie door de gebruikte methode voordelen ervaren in de interactie?

26. E: Deze methode, als je het er even samen over wilt hebben, is natuurlijk hartstikke mooi. Als de techniek iets verder gaat lijkt me het fantastisch dat je als vormgever in een projectteam hier zo gewoon dingen kunt laten zien. En als je zegt van oh ja dit lijkt ons wel wat, naja dan kun je even naar buiten toe. Dat 1 of 2 of 3 mensen even, dat je die even meeneemt. En dan kijkt, van dan ziet het er zo ongeveer uit. Maar dat lijkt me ook een heel mooi middel om je ideeën zo met elkaar te kunnen delen. EXTRACT 3.7
27. Y: Ook richting een bestuurder.
28. E: Bij bestuurders denk ik ook ja.
29. Y: Maar dan moet het verder zijn.
30. R: Ja, ik denk dat je er wel veel mee kan ja. Nu zo als het nu ging niet. Maar als je straks gewoon alles goed hebt met de techniek, dan is het veel duidelijker waar het nu echt om gaat en met welke factoren allemaal rekening moet worden gehouden. EXTRACT 3.8

1:1 AR model

DAG 1

1. Interviewer: Hoe hebben jullie als groep deze methode ervaren?

- | | |
|--|-------------|
| 2. P: Super tof. | |
| 3. D: Ja. | EXTRACT 1.1 |
| 4. S: Ja. | |
| 5. P: Wat ik meteen had is dat je de impact, iedereen kijkt omhoog, dat dat echt nu duidelijk is. | |
| 6. D: Ja de impact. | |
| 7. S: Ja je ziet echt de grote en je ziet echt de plaatsing in plaats van dat je op een detailtekening zoekt en afstandelijk ontwerpt. | EXTRACT 1.2 |
| 8. P: Ik miste wel de andere modellen. Stel je zet de abri en de abris en de boom in een model, dus die hoeft je niet meer in te scannen, maar dan zet je daar straks los de palen bij. | EXTRACT 1.3 |
| 9. D: Maar dat is eigenlijk, dat is straks allemaal mogelijk. Dat denk ik, dat is gewoon als je doorontwikkeld en als je gewoon aan sich kijkt hoe we met deze "beperkingen" of relatief beperkte mogelijkheden al denken van jeetje je ziet ineens gewoon waar het over gaat. En je loopt er rond en je voelt het een beetje. Dat vind ik ook gewoon wel ehm ja, het feit dat het buiten is en dat je ineens echt gewoon goed de omgeving ziet, ja ik vind het echt, ik kan me hier echt wel een meerwaarde in voorstellen. | |
| 10. S: Ook de omgeving, want je ziet nu echt de omgeving. Je hebt een model maar je ziet ook de rest van de omgeving. Je ziet het station, je ziet de gebouwen, je ziet alles eromheen. | EXTRACT 1.4 |
| 11. I: Was de verdeling nu anders dan binnen? | |
| 12. S: Ja iedereen gaat gewoon een andere kant op die die zelf wilt en daarna kom je bij elkaar en je bent juist heel erg interactief met je ontwerp nu bezig met de laadpalen plekken goed leggen en andere combinaties maken en dat kun je dan van iedere positie bekijken en dan heb je daarna de.. je komt automatisch weer bij elkaar en dan heb je het erover. | EXTRACT 1.5 |
| 13. P: Het enige wat ik dacht is bij meer plaatjes erbij halen, hebben wij nu dezelfde plaatjes? | |
| 14. S: Ja nee dat is zo. | |
| 15. P: Want ja je kijkt wel naar hetzelfde, maar je moet wel dan zeker weten dat we allebei dezelfde laadpaal hebben. | |
| 16. S: Ik kon echt fysiek naar de locaties wijzen wat toch heel snel bevestigd. | |
| 17. P: Ja maar als je heel abstract blijft van "dit is toch de paal" en "de laadpaal". | EXTRACT 1.6 |
| 18. D: En ik vind het helemaal niet storend dat je het op zo'n manier doet. Dit was eigenlijk de back-up manier, ik vond het helemaal niet storend. Ik vond het ook nog wel geinig. | |

19. Interviewer: Hebben jullie door de gebruikte methode belemmeringen ervaren in interactie?

- | | |
|---|-------------|
| 20. D: Nee, helemaal niet. | |
| 21. P: Ik vond het belemmerende hier dan daar. | EXTRACT 1.7 |
| 22. S: Ik vond het binnen ook complexer, dan focus je op een ontwerp. | |
| 23. P: En het heeft denk ik mee te maken omdat het allemaal groter is. | |
| 24. D: Je bent in het model en hier kijk je naar het model, volgens mij is dat het verschil. | |
| 25. P: Je kan makkelijker even met jou communiceren omdat jij daar gewoon staat. | |
| 26. D: En je ziet jou ook gewoon bewegen, buiten heb je ineens weer de mogelijkheid om bewegingen te gebruiken en contact te maken. Want dat vond ik ook wel het mooie, in het begin dacht ik echt oh ik moet er continue naar kijken want anders ben ik hem kwijt. Maar eigenlijk kan je gewoon even helemaal rond kijken en dan kom je er weer en dan zit ie staat ie het model er weer in. Je kan veel natuurlijker ook bewegen. | EXTRACT 1.8 |

27. Interviewer: Hebben jullie door de gebruikte methode voordelen ervaren in de interactie?

28. S: Ja dat vond ik wel leuk want iedereen gaat zelf naar zijn eigen punt, ieder heeft zijn eigen hoek die die wilt zien en komt daarna toch weer samen om te bespreken wat daar is gebeurd, wat daar is en hoe dat eruit ziet. Dus je kunt echt met zijn drieën eromheen lopen en daarna de belangrijkste punten ook duidelijk met elkaar bespreken en ook gewoon naar dezelfde locaties wijzen en hetzelfde zien.

29. D: En nu was nog even een beperking de hoogte, dus je steeds of naar boven en of je moest heel ver naar achteren om het hele in 1 beeld te zien. En vooral, we hebben het er steeds over, wat zie je nou als je in de wachtzone staat vlakbij de bus. Hoe lopen dan die lijnen en daarvoor is het dan belangrijk dat je in ene het hele beeld kan zien. Dat was naja goed, dat heb ik al gezegd dat duurt niet al te lang, binnenkort kan dat allemaal. Volgens mij helpt het ook al gewoon dat je daar staat en je voelt de wind en de zon schijnt, dat je daar staat echt op het toekomstige busstation. Zo ervaar je dat. En ineens ziet alles er veel realistischer uit. Waarin je in zo'n SketchUp model altijd in zo'n model zit, zie je nu echt..

30. P: Ja het is eigenlijk heb je hier nu in totaal niets meer van verbeelding nodig. Dit is zoals het is. Dit is gewoon wat je ziet en wat het is en hier (binnen) ga je nadenken van oh dat is wel groot en ga je eronder kijken en wel moeite doen en hier (buiten) hoef je eigenlijk praktisch alleen maar te kijken.

EXTRACT 1.9

DAG 2

1. Interviewer: Hoe hebben jullie als groep deze methode ervaren?

2. M: Ik vond het wel opwindend, ik vond het wel leuk om te hebben meegemaakt.
3. T: Ja. EXTRACT 2.1
4. R: Het was ook wel even schrikken, dat het toch zo groot was allemaal.
5. I: *Konden jullie de voorstellen van anderen goed interpreteren?*
6. T: Ja ik heb verschillende palen gezien ja.
7. M: En verschillende plekken.
8. T: Volgens mij als dit verder is ontwikkeld zou dat prima kunnen volgens mij. Ook dan zeg ik, ik weet niet of die discussie anders wordt als je het zo doet of dat je een plaatje ziet. EXTRACT 2.2
9. M: Ja
10. R: Ik denk wel dat het een beter beeld geeft van hoe die modellen nu echt in de omgeving staan. Op een plaatje kun je de grootte slecht inschatten en daar schrok ik nu wel van. Dat kun je nu goed in de omgeving zien en daarop een keuze maken. EXTRACT 2.3
11. I: *Werd je beperkt in het gebruik van gebaren door de bril?*
12. M: Ik heb geen gebaren gebruikt, want je fixeert op je beeld.
13. T: Nee maar je kunt wel, want je ziet hetzelfde beeld. Je weet al dat die bus zo staat en dat dit zo staat, dan zie je allebei hetzelfde. Dus die communicatie, volgens mij gaat dat wel goed. EXTRACT 2.4
14. I: *En hoe hebben jullie het gebruik van de methode ervaren?*
15. R: Ik vond dit niet zo lastig.
16. T: Naja het heeft nog ontwikkeling nodig blijkbaar, dat je ook, wat wij heel erg graag willen is dat je ook op de centimeter nauwkeurig en alles precies is. En ja zo ver is het nog niet.
17. M: Maar dat kan ook aan ons liggen.
18. T: Naja dat kan ook aan ons liggen maar ik zag het in ieder geval niet. En het is toch ook vaak dat het toch op de centimeter nauwkeurig erop aankomt. EXTRACT 2.5
19. I: *Hadden jullie het gevoel een achterstand te hebben?*
20. R: Nee.
21. T: Nou nee, mijn jonge collega's die pakken dit veel sneller op. Absoluut.
22. M: Zouden die ook nauwkeuriger werken?
23. T: Die werken veel nauwkeuriger dan ik in ieder geval. Mij maakt het niet zo veel uit. Ik kom nog van de generatie dat we een trottoirband gewoon nog op het oog inzette. Tegenwoordig is dat not done. Terwijl het resultaat ongeveer hetzelfde is.

24. Interviewer: Hebben jullie door de gebruikte methode belemmeringen ervaren?

25. M: Nee.
26. T: Nee, want je ziet het wel allemaal EXTRACT 2.7
27. I: *Hoe vonden jullie het detailniveau van de modellen?*
28. T: Ja opzich, dat is de verdere ontwikkeling. Je wilt het straatwerk zien, je wilt alles zien. Dat zou wel mooi zijn.
29. M: Eigenlijk alles wat met het busplatform te maken heeft, wil je zien. Dat die bus aan komt rijden, dat ie contact maakt met de .. kap zegmaar van de laadpaal. Dus en het laadproces daar gebeurd verder niet maar dan kijken of ie goed weggrijdt. Ook om te zien of de bus de laadpaal niet raakt bij het weggrijden bijvoorbeeld. Dat zou ik graag wel willen zien.
30. R: Bijna dat je een virtuele test kan doen van het ontwerp.
31. I: *Dus heel functioneel, hoe zou het in gebruik werken?* EXTRACT 2.8
32. M: Ja
33. T: Wij hebben het ook over discussies over naja die reiziger die staat, de 60cm is alleen maar ter bescherming van de bus en de reiziger, dat de bus niet tegen de reiziger aanrijdt of andersom. Dus al die .. dat zijn onze raakvlakken. Dus als die bus weggrijdt dan gaat ie zijn kont opzij drukken een beetje en als daar binnen die 60cm een reiziger staat ja wat gaat er dan precies gebeuren.
34. M: Die simulaties hebben we al gedaan hè in het verleden
35. T: Die simulaties hebben we gedaan en wat de busmaatschappijen dus tegen ons zeggen en wat wij ook willen, we willen proefrijden. En kijk op het moment dat we gaan

proefrijden dan kan er bijna niets meer gebeuren hè, dan ligt het er allemaal in. Dus we moeten wel vrij zeker zijn dat het allemaal goed gaat. Dus dat er niets kapot gaat. Maarja dat weet je niet helemaal zeker.

36. Interviewer: Hebben jullie door de gebruikte methode voordelen ervaren?

37. T: Nah ik denk dat een discussie over waar moet nou zo'n paal. Daar hebben wij een 3D model van gemaakt en als je dat dan ook echt met zo'n bril op ziet en die alternatieven zichtbaar krijgt ja dan zie je het toch beter dan wanneer je het in een vlak plaatje ziet. Ik denk dat dat wel toe zou kunnen voegen. Het is de vraag of je het dan gaat gebruiken omdat wij willen natuurlijk helemaal in het begin een beeld hebben.

EXTRACT 2.9

38. R: Ja het is natuurlijk heel afhankelijk van de locatie of je daar al op terecht kan. Maar ik vond de visualisatie wel meerwaarde hebben over de tekeningen.

39. M: Zou je de resultaten vertrouwen? Als je nou niets anders hebt.

40. T: Ik vertrouw die data wel.

41. R: Ik ook wel ja.

42. M: Als je met zo'n bril aan het ontwerpen bent en je bent met een paar man bezig om de locatie, in dit geval van die laadpalen, te bepalen en je hebt niks anders dan die bril en een computer. Zou je het resultaat vertrouwen?

43. T: Je hebt niet alleen die bril, je hebt een heel 3D gemodelleerd busstation. Volgens mij komt dat goed.

44. M: Ik twijfel er nog over. Maar misschien heb ik er te weinig ervaring in.

45. I: *Welke aspecten zou je niet vertrouwen?*

46. M: Of de locaties, van in dit geval die laadpalen, op precies de goeie plek komen. Of de pantograaf van de bus, of dat op de goeie plek terecht komt. Maar dat is misschien meer de omgang met deze techniek.

EXTRACT 2.10

47. T: Ik vraag me af of je met zo'n bril nu beter kunt zien dan wanneer je het gewoon op je scherm hebt. Ik vind het wel, als ik dan het 3D model op een plat vlak zie dan heb ik wel moeite met goed ehm, naja je ziet de diepte niet alleen maar het platte vlak, ik zou het wel prettig vinden als je dat ook gewoon wel in 3D kunt zien ja.

1. Interviewer: Hoe hebben jullie als groep deze methode ervaren?

2. Y: Ja het is even wennen, maar uiteindelijk als het dan lukt is het wel leuk en je krijgt de combi van bus en laadpaal heel goed in zicht.

3. I: Hoe was voor jullie gevoel de samenwerking met deze methode?

4. R: Het is denk ik wel dat je dat met zijn allen ziet, en je denkt van ja wow dit is toch best wel groot. Op papier heb je die indruk niet, maar hier zie je dat.

5. E: Dat is wel de meerwaarde hiervan. Ja, want je praat wel over serieuze dingen. Je wilt een systeem wat goed werkt, dat kost geld, dat kost ontzettend veel geld denk ik. Dus dan op deze manier kun je veel beter een beeld vormen van joh zijn we op de goede weg?

6. R: Op papier lijkt zo'n robuuste paal wel groot maar op de een of andere manier weet je niet hoe dat in het echt staat.

EXTRACT 3.1

7. I: Konden jullie gemakkelijk de verschillende voorstellen interpreteren?

8. R: Ja, als we ervan uitgaan dat we hetzelfde zien, we zien dezelfde bus en de paal op dezelfde locatie.

9. E: Als je dat scherper zou krijgen is dat samenspel ook mooier, want ik had best moeite om het naja een beetje te kunnen zien. En als je het dan zelf al niet zo goed kunt zien dan valt de samenwerking een beetje weg.

EXTRACT 3.2

10. I: En hoe hebben jullie het gebruik van de methode ervaren?

11. Y: Dat ging nog heel natuurlijk eigenlijk.

12. R: Ja ik vond die bril daarbij niet vervelend ofzo.

EXTRACT 3.3

13. Interviewer: Hebben jullie door de gebruikte methode belemmeringen ervaren?

14. E: Nee dat denk ik niet, als je dat vaker zou doen dan ehm, dan denk ik dat dat dan zou kunnen werken.

15. R: Nou ik heb echt geen belemmeringen. Ook niet meer van het kleine beeld. Hier was de bus de daadwerkelijke grootte. Als je om een bus heenloopt moet je ook zo met je hoofd doen. Moet je ook afstand nemen. Dan is die discrepantie ook groter, dat vond ik niet zoals hier ook op tafel. Dat was mijn ervaring.

EXTRACT 3.4

16. E: Ik denk wel dat dat buiten veel mooier werkt.

17. Y: Je moet het eigenlijk op locatie toepassen. Dat heeft veel meer effect.

18. E: Ja het mocht wel iets duidelijker. Als het echt een stuk duidelijker zou zijn, ja dan vond ik het wel mooi. Zoals ik al zei, dan heb je echt beeld van hoe groot het wordt. Dat is gewoon het nadeel van als je naar het 2D kijkt. Dan denk je van ah ja goed. Maar dan loop je daarbuiten en dan denk je van oeh.

EXTRACT 3.5

19. Y: Dat was even een confrontatiemomentje hè, ik vond het heel hoog.

20. E: Ja dat was het, heel hoog dat klopt.

21. Interviewer: Hebben jullie door de gebruikte methode voordelen ervaren?

22. Y: Ja die grootte visualiseren dan, dat je dat echt kan zien opeens.

23. E: Het is makkelijker om een keuze te bespreken zo.

24. R: Ik denk dat het is de bus staat er, de bus staat op die ene plek en de paal staat op een plek. De interpretatie is er al, je hoeft het je niet in te beelden. Nou als je iedereen met papier hebt dan denk ik dat iedereen toch sneller een ander beeld vormt, dan als je hier in het echt naja de bus staat daar, iedereen heeft zoals in het echt de bus daar. Iedereen heeft hetzelfde beeld. Ik denk dat dat meer is inderdaad dan op een tekening. Ik denk dat dat echt een voordeel is ook.

EXTRACT 3.6

25. Y: Ik kan me ook voorstellen dat als je het op andere plekken gaat toepassen dat je dan meer met bewoners bent, dat je dan ook laat zien hoe het zou gaan worden of waar de keuzes nog zitten.

EXTRACT 3.7

26. R: Ja je kan het natuurlijk ook allemaal in VR zetten, maar dat is echt VR.

27. I: Denk je dat dit meerwaarde heeft over VR?

28. R: absoluut, maar dat kan niet altijd. Maar als het mogelijk is dan denk ik dat dat meer meerwaarde heeft dan VR. Want inderdaad, je ziet het ook in de echte omgeving.

29. E: Ja dat vind ik het voordeel. Als het scherper wordt allemaal.

30. Y: Ja, dat is een duidelijke meerwaarde. Ik ben vooral nog echt in shock hoe groot die palen echt zijn, dat je dat nu voor het echt dan ziet en in relatie tot de bus. Het is "huge". En dan allemaal bussen, het wordt druk op dat platform.
31. E: Ik vond dat wel, dat twee weken geleden al die bussen er stonden al

Eindinterviews

DAG 1

1. Interviewer: Welke situatie had voor jullie de voorkeur?

2. D: Volgens mij is dat heel erg afhankelijk van de fase. In die zin hebben we het op de goeie manier gedaan, de goeie volgorde. Ik bedoel ook nu weer als je in de allereerste fase zo gaat werken dan krijg je allerlei discussies zo van waarom is die paal vierkant en waarom is dit/dat. Dus het hangt heel erg af van het moment in het proces denk ik. EXTRACT 1.1

3. S: Het moet ook niet je proces gaan vervangen maar het kan je proces ondersteunen.

4. D: En het helpt denk ik in het communiceren. Hebben we het nou over hetzelfde?

5. S: Ja die eerste vertaalslag van wat is een laadpaal, hoe hoog is een laadpaal dat is allemaal al gedaan. Dus ik zie nou echt gewoon een gigantische laadpaal staan met een bus erbij. Dus in dat opzicht zien we op dat moment hetzelfde. En dan heb je de keuze hoe je hem draait en dat kun je ook weer met zijn allen tegelijk doen. Dus dan hoeft je die vertaalslag, dus de informatie die je moet verzamelen om een beter plaatje te krijgen ... Voor mij scheelde dat heel veel. EXTRACT 1.2

6. Interviewer: Welke situatie trok jullie het minst aan?

7. D: Ik denk dat je de middelste optie nu gewoon vanwege de beperkingen in de techniek. Maar uiteindelijk is dat ook gewoon een zinvolle.

8. P: Nou de tweede vind ik het ook niet omdat het voor mij evenredig stond aan gewoon het SketchUp model maken. Maar stel dat die vervangen wordt door met zijn allen om een tafel, zonder bril, naar hologrammen kan kijken. Dan zou dat echt een winst zijn. Dus als die naar dat vertaald zou kunnen worden, dat zou denk ik, dat is laat maar zeggen een levende maquette zou je dan krijgen. Dat zou ik denk ik wel goed vinden. Waarin je dingen kan veranderen, dat doen we nu eigenlijk ook hè. EXTRACT 1.3

9. S: Wat bij mij het belangrijkste is bij die tweede is dat je niet meer met elkaar aan het communiceren bent. Dus dan ben je zelf naar je model aan het kijken en twee anderen zitten te kijken hoe jij naar het model kijkt. Maar ik was toen niet bezig met wat de ander ziet en met de invloed van de ander. EXTRACT 1.4

10. Interviewer: Welke situatie meeste voordelen in de interactie?

11. D: Laatste.

12. P: Ja, er vallen een heleboel discussies weg over grote, beleving. Dit is gewoon zo, je kan hem gewoon zien. EXTRACT 1.5

13. S: Ja en dat is ook wat ik al in het begin zei. Je gaat dus ook niet meer, je denken is ook weg. Het is gewoon gegeven, dat is de laadpaal.

14. P: ja wat ik wel interessant vond, dat is natuurlijk jammer dat er niet meer vormtaal is. Op papier heb je het altijd over discussies die als ze uiteindelijk werkelijkheid worden er niet meer zijn of niet meer opvallen of in de grootte of de realiteit opgaan. Maar wat ik ook wel handig vind, soms zie of zijn er kleine elementen. Bijvoorbeeld ehm ja, ik had bijvoorbeeld op heuphoogte iets gemaakt wat ik uiteindelijk dus ook in een 3D model had gemaakt met zo'n bril. Dacht van ja, maar daar loop je dus continue tegenaan. Terwijl op tekening met je het daar nooit over gehad, nooit over gesproken dus ik denk dat er ook weer een heleboel dingen aan het licht komen die je misschien in een ontwerp niet ziet maar omdat je nu ja met je eigen lichaam je eraan kan relateren wel weer zicht op hebt. Maar ja sommige waar je het op papier over hebt, over grote lijnen dat valt vaak in het echt gewoon weg. EXTRACT 1.6

15. D: Maar ja wat jij dus eigenlijk zegt is dat je enerzijds kijk je dus heel erg vanuit in je communicatie met anderen en anderzijds kan je het als ontwerper goed gebruiken om even de dingen die jij hebt bedacht te bekijken.
16. P: Wat je vaak op tekening ziet is dat een lijn heel dominerend is, ook omdat je van boven kijkt. Terwijl je straks inziet, zeker met bestrating zie je dat bestratingen zijn vaak van boven op de tekening heel dominant. Terwijl 9 van de 10 mensen, als je dat plein bekijkt, dat lijnenspel dat ziet niemand die hier overheen loopt. Die dingen vallen weg. Die vallen in de realiteit.
17. D: En wat ook nog wel leuk was is dat met daarbuiten, mensen geven ook vaak schaal aan dingen, dat heb je ineens ook. Omdat het een combinatie is van enerzijds de werkelijkheid en dat wat wordt ingepast.
18. S: Ik denk dat het ook wel heel goed kan bijdragen. Als het of mobiel beschikbaar is en als het echt werkt. In de participatie kan het meespelen maar ook in de validatie van het ontwerp.
19. P: En ik denk, wat ik al meteen had, is dat je bijna.. er zijn zoveel mogelijkheden in dat je al bijna denkt van oh dat is hetzelfde dat als je nu van een touchscreen naar een gewoon screen gaat dat je al zo gewend bent om dingen te doen dat je nu al weet bij zo'n menuutje als ik dit indruk dan draait het. Dat soort dingen ga je steeds meer krijgen. Dat dat allemaal makkelijker gaat. Dat je niet meer dat model hebt straks, maar we pluggen het gewoon in en dan kan je het gewoon aantikken.

EXTRACT 1.7

20. Interviewer: Hoe zien jullie de toekomstige toepassing van AR in de bouw?

21. D: Ontwerpmiddel, je kan niet zeggen ik wil in zo'n model, je moet bepaalde dingen inladen, dus je kan niet zeggen ik wil hem iets langer of iets korter. Je moet eigenlijk zeggen ik heb zo'n voorwerp eerst gedaan.
22. P: Is het ontwerpen of finetunen?
23. D: Eigenlijk is het gewoon testen, testen van wat je hebt bedacht.
24. P: Want ik denk dat je de zoektocht eerder doet en dan eerder op het schaalmodel doet.
25. D: Ja precies, het schaalmodel.
26. P: Ja en ook wat ik wel interessant vind is dat vaak in modellen spreek je over zicht en dat kan ik vertellen maar dat zou ik wel graag willen laten zien. En dan kan je mensen gewoon neerzetten en zeggen kijk als je hem hier neerzet dan is al je zicht weg en dan zie je een bus perron daar en heb je eigenlijk geen relatie met die bus die komt. Dat zou wel dat finetunen en beetje schuiven. Ik denk niet dat als je daar een discussie gaar voeren van moet daar een ronde of een gebogen, dat gaat daar niet werken denk ik.
27. S: Maar ik vond het wel heel interessant om te zien als je het andere plaatje neerlegt hoe een andere laadpaal eruit komt. Of die echt dezelfde grote heeft, dat die echt smaller is of kleiner is. Het is wel fijn om die vergelijking nog te kunnen maken.
28. D: Maar eigenlijk voor mijn gevoel maak je een soort basiskeuzes in zo'n model of in zo'n schets en is het vooral het testen en finetunen van wat je had bedacht: klopt dat nou? En misschien ook wel gewoon andere meenemen, overtuigen daarvan.
29. P: Check en show.
30. D: Eigenlijk zijn er verschillende toepassingen voor verschillende ontwerp vragen. Dus dat je dus hier zo'n soort model kan ook heel goed werken. Dan hoeft je niet eens perse naar buiten. En dan kan je het eens even voor het hele ding bekijken. En bij het laatst kan je misschien van "is het nou irritant dat die dingen zo scheef staan of niet". Weet je dus het zijn dan verschillende vragen, je moet even echt goed bedenken wat wil ik weten, wat is de vraag die ik heb. En op basis daarvan kan je denken "he dan heb ik meer aan zo'n computermiddel waar we omheen kunnen draaien of we gaan even buiten kijken.

EXTRACT 1.8

EXTRACT 1.9

EXTRACT 1.10

1. Interviewer: Welke situatie had voor jullie de voorkeur?

2. T: Ik heb het zelf niet zo met die nieuwe technieken, het werkt wel prima zoals het is, en alles gaat tegenwoordig natuurlijk wel naar 3D maar vroeger ging het ook gewoon goed.
3. R: Nou ik vond het, ja, wel leuk om te zien wat er dan straks allemaal kan. Een voorkeur is wel moeilijk om aan te geven, de laatste situatie was gewoon nog lastig maar heeft natuurlijk ook potentie. Eigenlijk denk ik dat iedere toepassing voor en nadelen heeft, maar ik denk dat als ze op de goede manier toegepast worden het wel veel kan toevoegen.

EXTRACT 2.1

4. Interviewer: Welke situatie trok jullie het minst aan?

5. M: Ik vind het wel lastig om zo even aan te leren en te begrijpen, buiten was dat eigenlijk nog makkelijk met die kaartjes zo. Maar als je dat echt moet besturen weet ik niet hoe dat zou gaan.
6. R: Het is niet dat ik een situatie helemaal niet handig vond, zoals ik zei, elk heeft voor en nadelen. Maar ik merkte wel echt dat bij de laatste de besturing voor ons nog te moeilijk was. En verder natuurlijk de duidelijkheid van al die kaarten bij het tekenen, dat werd meteen beter bij de visualisatie. Maar dat kan dus ook op andere manieren.

EXTRACT 2.2

7. T: Ja ik denk dat je evenveel bereikt met mooie plaatjes of een 3D model zonder die bril.
8. M: Maar die combinatie van het model met buiten heeft ook wel wat.
9. R: Ja, zeker buiten heeft het voor mij wel echt meerwaarde over een plaatje. Alles wordt meteen een stuk echter.

EXTRACT 2.3

10. Interviewer: Welke situatie meeste voordelen in samenwerking en communicatie?

11. M: Ik denk dat het een heel goed hulpmiddel kan zijn. Elkaar duidelijk maken waar je aan denkt, het visualiseren van je eigen beeld. De grote meerwaarde is wel dat zoals we hier aan het doen waren, met zijn vieren om een tafel, je samen je gezamenlijke beeld kan bijstellen. Dat zou ik wel winst vinden.
12. T: Maar ik zie dan toch weer mensen met een 3D brilletje dan met zo'n VR bril.
13. R: En dan moet je wel alles kunnen wat je wil, alles aanpassen zegmaar. Ik weet niet of dat al kan met die technieken. En voor mij hielp het dus wel ook in de schaal beter zien, het had veel meer impact op de omgeving dan ik op een tekening of schaalmodel zou inschatten.
14. T: Ja hij was wel groot.

EXTRACT 2.4

15. Interviewer: Hoe zien jullie de toekomstige toepassing van AR in de bouw?

16. T: Je ziet nu dat bij bouwprojecten er een wolk wordt gemaakt van de omgeving dus dat alles in 3D wordt vastgelegd en dat ook alles in 3D wordt getekend. Dus die jongens die gebruiken het.
17. T: Het zou prachtig zijn als je mensen kunt zeggen van hier heb je een filmpje en we gaan er even doorheen kijken, even doorheen lopen. En zie je rare dingen of wat vind je daarvan?
18. I: Zou je dat dan voornamelijk bij klanten en omwonenden doen?
19. M: Dat kan in ons eigen ontwerpproces ook, we zijn nu bezig om te bedenken of de entrees of dat nog wat beter kan. Daar zijn een heleboel variabelen om over te denken, bijvoorbeeld, een van de punten is: we moeten een nieuwe kap ontwerpen daar hebben we wat geld voor dus we zitten te denken of we daar een functie bovenop kunnen zetten maar er zijn 10.000 mogelijke vormen en allerlei variabelen die invloed hebben op de uiteindelijke vorm. Dan zou het best mooi zijn, als zo'n gesprek wat je hebt, als je de beelden die je hebt ook gelijk aan elkaar kan laten zien en dat je die tijdens het gesprek kunt veranderen zodat je niet alleen met woorden probeert duidelijk te maken wat je graag wilt of een tekening. Maar dat is vooral dat je in 3D kunt visualiseren en wijzigen, dat zou ik wel een stap vooruit vinden.
20. R: Het lijkt me ook wel uitdagen om dingen te proberen. Op een tekening kun je natuurlijk verschillende ideeën uittekenen maar weet je toch niet altijd precies wat het verschil is. En als je dan zo'n model hebt straks en het meteen kan aanpassen dan kun je ook meteen

EXTRACT 2.5

dingen wegstrepen en met de goede verder blijven proberen. Ik denk dat je dan veel sneller tot een resultaat komt waar iedereen zich in kan vinden.

21. T: Uiteindelijk gaat het ook om het geld.

22. R: Ja maar misschien is dit dus uiteindelijk wel goedkoper, als het allemaal efficiënter wordt.

23. I: *Wat heeft de voorkeur, computer of bril?*

24. T: Ja dat maakt niet uit. Nee want als je het terplekke moet gaan zien, je wilt het eerder zien. Als die werkelijkheid er nog niet is. Dan kun je het evengoed helemaal virtueel maken.

25. R: Mij lijkt het wel het gaafst om alles in 3D te zien, zo virtueel. En uiteindelijk moet dat toch ook kunnen zonder dat het extra werk geeft over een computermodel?

EXTRACT 2.6

1. Interviewer: Welke situatie had voor jullie de voorkeur?

2. Y: Ik vind dat het een combinatie moet zijn. Je moet eerst weten wat je wilt, je moet een overzicht hebben van wat moet ik er minimaal inzetten in zo'n gebied en daarnaast is het een toevoeging denk ik dat je met zo'n bril gaat kijken van hoe ziet dat er dan uit. Ik denk niet dat het al alleen die bril kan zijn. Dat samenspel denk ik.

EXTRACT 3.1

3. E: Ja zo zie ik het ook op dit moment.

4. R: Maar je kunt dat overzicht wel beter vormen met behulp van zo'n 3D model eigenlijk, ik als niet ontwerper heb dat.

5. E: Het blijft natuurlijk afhankelijk van met wie je aan tafel zit, een bewoner hoeft je ook geen tekening te laten zien.

EXTRACT 3.2

6. Y: Nee maar voor het ontwerpen, is het schetsen nog wel essentieel denk ik.

7. Interviewer: Welke situatie trok jullie het minst aan?

8. Y: De eerste in dit geval, maar dat ging om de techniek.

9. E: Ja ik kon daar weinig mee.

10. Y: Ja de eerste kennismaking dan zit je gewoon met wat anders.

EXTRACT 3.3

11. R: Het was ook wel lastig dat dat draaien niet in de tutorial zat. Dan begin je meteen met iets nieuws weer. Maar ik denk wel dat als je langer kan oefenen, dat die situatie wel veel te bieden heeft.

12. E: Dat is voor mij ook zo ja.

13. Interviewer: Welke situatie meeste voordelen in samenwerking en communicatie?

14. Y: De laatste, buiten was ik meer met mezelf.

15. R: Voor mij buiten.

16. E: Het zou voor mij fantastisch zijn dat de ondergrondse infra ook in 3D zichtbaar zou zijn, voor ook de revisie die we straks naar beheer doen of naar wie dan ook. Dat je gewoon precies weet van oke dit kunnen we. JC Decaux die wil wat en toch dat halve metertje naar links of naar rechts kan dat.

17. R: Ik vind het wel mooi dat je met verschillende disciplines juist samen naar iets kan kijken en iedereen brengt zijn eigen expertise in.

EXTRACT 3.4

18. E: Ja weet je het punt is, zo'n landschapsarchitect die kijkt alleen maar naar plaatjes naar beelden. Die kijkt niet wat in de grond bezig is. Dan zeggen wij maar kijk als jij dit wilt dan moeten de kabels en leidingen, de huidige, die moeten allemaal 3 of 4 meter naar links of naar rechts. En weet je hoeveel dat kost. En dus ik zou willen als we een keuze maken, van kan dat wel, anders heeft het geen zin. Dus dan moet je alle gegevens hebben. Naja goed, anders dan focus je op wat en denk je van dit gaat het worden terwijl dat misschien niet mogelijk is.

19. Interviewer: Welke situatie meeste nadelen in samenwerking en communicatie?

20. Y: Eerste.

21. E: Ja goed, dat is ook een beetje onkunde. Kijk zo'n busstation is natuurlijk hartstikke mooi of een herinrichting van de binnenstad. Waar je de mensen mee moet hebben en je de politiek mee moet hebben. Als je zoiets kunt laten zien bij een inloop of wat dan ook, ja nu werken ze denk ik allemaal met of een maquette of 2D of met foto's zo van bomen van nou dit worden de bomen ongeveer dus dan moeten de mensen, die vinden sowieso een tekening lezen hartstikke lastig, dus die begrijpen er echt helemaal niets van. En je moet dan met kleurtjes werken en met foto's werken. Voor de burgers is het denk ik wel een heel mooi iets, want de burgers weten echt niet hoe het allemaal gaat worden als je een reconstructie of wat dan ook doet, voor burgers is dat denk ik heel fantastisch als je op een gegeven moment na zo veel jaar iets kunnen aanbieden bij informatieavonden ofzo, zo zou het kunnen gaan worden.

EXTRACT 3.5

22. R: Je kunt natuurlijk heel veel met zo'n techniek. Dat zie je nu al bij VR, dat wordt al best veel toegepast. En eigenlijk is AR alleen maar beter als de situatie er ook geschikt voor is. Het moet nu verder ontwikkelen.

23. Interviewer: Hoe zien jullie de toekomstige toepassing van AR in de bouw?

24. E: Ik vind dat als het buiten goed werkt lijkt het me fantastisch.
25. R: Ik vond het nu al fantastisch.
26. Y: Ja met zo'n bril.
27. E: Dan maak je onderdeel uit van wat je gaat maken. Dus als je echt wezenlijke dingen daar een keuze uit moet maken en je hebt die mogelijkheid, ja dan lijkt me dat wel een meerwaarde.
28. R: Je ziet ook ineens de impact, ik kon me alles veel beter voorstellen hierdoor, want je ziet het in de echte grootte.
29. Y: Ja maar dan minder, dus eigenlijk een gewone bril.
30. E: Nou met name de kwaliteit van het product en ook naar beheer toe. Kijk we maken alles wel maar het moet ook beheert worden, we maken het binnen 1 jaar of 2 jaar en als het goed is moet het 60 jaar blijven staan. Dus ehm, je kunt denk ik betere keuzes maken. Dan dat je op 2D en dan valt de praktijk toch een beetje tegen. Dus ik denk met name, hoe beter de investering aan de voorkant is om een goede keus te maken, des te meer je er later aan hebt. En alles is digitaal ingemeten dus ik kan me voorstellen dat als je alle digitale gegevens daarin stopt, dat je dat buiten dan ook perfect kunt zien dan.

EXTRACT 3.6

Appendix G

Interviews: Analysis extracts (Dutch)

DAG 1

Situatie 0: Traditioneel ontwerpen

Algemeen

Extract 1.1: Communicatie & samenwerking

- P: (...) Schetsen kan wel, en wat het lastige van schetsen is, is dat het een taal is die je moet snappen. Je moet kaart kunnen lezen, je moet rijk fantaseren of je dingen kunnen inbeelden. En als je dat niet kan, als je niet in die taal thuis bent is dat vaak moeilijk lezen. (...)
- D: Ja je maakt heel makkelijk je eigen interpretatie. Dus er ontstaat heel snel miscommunicatie, dat ik dit schets, naja Pascal begrijpt dat dan wel aardig maar jij bent nieuw bij dit project en denkt dan "waar gaaaaat dit over?".
- P: (...)
- S: Nou wat ik wel, en zeker jullie zitten allebei beter in het project en ik doe dit niet dagelijks. Dat het vanaf papier naar de vertaalslag zien te komen, dat is eigenlijk wel best lastig denk ik. Want je moet heel veel informatie tot je nemen. (...)
- P: Ja dus je moet je eigenlijk de stof eigen maken.

Nadelen

Extract 1.2: Communicatie

- P: Ja en ook, én een tekort aan visualisatie én het combineren van al die dingen. (...) En dat kan dan wel, ik ben dan wel goed in me dat voor te stellen maar sommige mensen moet je dat echt gewoon bijna meenemen of tekenen. En vaak kunnen ze de basis zich nog wel inbeelden, maar de impact: echt wat doet dat nou, echt er gevoel bij hebben.
- D: Ruimtelijk inzicht.
- S: Ja maar daar komt sneller het complete beeld denk ik, dat is heel belangrijk. Anders zit je inderdaad, dan heb je fragmenten waar je zelf een beeld bij bedenkt in je hoofd.

Extract 1.3: Communicatie

- D: Ja ik heb, ik zit wat dat betreft met de frustratie gewoon nu al dat ik denk ja dit is gewoon beter om het haaks op de halte te zetten. Ik krijg het alleen niet uitgelegd.

Extract 1.4: Samenwerking

- S: Ik merkte wel dat ik qua inhoud achterliep. Dan is het eerst, welke palen zijn er en welke opties zijn er, en hoe zit dit en hoe zit dat en daar vond ik jullie sneller in. En daardoor merk je dat je niet makkelijker communiceert, er is eigenlijk steeds een gat aan informatie en kennis.

Extract 1.6: Coördinatie

- S: Nee maar dat is ook de hele context, mijn eerste vraag was waarom kan er niet een paal twee kanten op. En dat kan dan niet, je wil nog schetsend denken en heel open maar er staat al heel veel vast.

Communicatie

Het is lastig de vertaalslag van papier naar een 3D model te maken, ieder heeft zijn eigen interpretatie waardoor misvattingen sneller ontstaan. Zelfs de deelnemers die aangeven visueel ingesteld te zijn, vinden het inschatten van verhoudingen en impact moeilijk met deze methode. Deelnemers hebben moeite met de eigen ideeën over te brengen op de anderen.

Samenwerking

Door de verschillende achtergronden van de deelnemers is een aanzienlijk achterstand in bepaalde informatie.

Coördinatie

De deelnemers gaven aan dat het veel tijd kostte om alle informatie voor zichzelf uit te zoeken en te ordenen.

Extract 1.5: Communicatie & coördinatie

- D: (...) Maar het helpt je ook gevoel te krijgen van de maat en schaal van het ontwerp. Dat overtrekken heb je ook gewoon even nodig om in de vingers te krijgen van waar gaat het nou over. En hoe zit dat systeem in elkaar, welke weg is nou belangrijk, welke richting ja dat soort dingen. Dat kan je denk ik het beste toch met pen en papier.
- P: Ja ik ben het helemaal met je eens. Ik denk dat je veel bewuster bent, dat je echt weet wat je tekent. Terwijl die jongere zeggen ja dat is onzin daarmee kan je prima tekenen. (...) Je bent veel meer met een soort verheldering bezig.
- S: (...) De vrijheid blijft nog bestaan met schetsen, en anders maak je het al meteen heel feitelijk.
- P: Ja ik heb haast het idee dat je misschien wel met je hersens bewuster bezig bent dan dat vlakje vul ik nu met die "hatch" dan dat je denkt van ohja maar waarom doen we dat zo.
- D: Ik heb eigenlijk veel meer gevoel voor de locatie en de maat en de verhoudingen, gewoon door het zelf laten tekenen. (...) Het even reproduceren wat er nou staat en daar dus gelijk een keuze maken wat is belangrijk en wat is minder belangrijk, dat helpt volgens mij heel erg, dat heb je nodig bij ontwerpen.

Extract 1.7: Communicatie & coördinatie

- S: Ja ik vind het vooral wel fijn dat je er dingen bij kunt tekenen. (...)
- P: Ik denk dat je gaat zoeken, en het toch de methode is dat je gaat zoeken en de grote lijnen vastlegt en dat het makkelijk gaat. Dus je kan sneller schuiven, (...).
- D: Ja ik denk dat de meerwaarde ook voornamelijk is, afhankelijk van de staat van het proces. In het begin is het wel fijn als je nog een beetje ruis hebt. Want dan zit je eigenlijk sneller op één lijn want iedereen kan het een beetje op zijn eigen manier presteren. En dan is het finetunen, dan is het steeds belangrijker dat het preciezer wordt. (...).
- S: In het begin heb je juist de ruimte nodig dat iedereen een beeld kan vormen en dat je alles kan proberen en gezien hebt.
- D: Ja mee eens. Het is precies hetzelfde als je je schets gaat tekenen in Autocad, nou dat programma is veel te precies voor de hoofdlijn. (...).
- P: Je bent hier nog helemaal aan het voelen, voelen en aan het zoeken. Je kan ook niet schetsen in computerprogramma's.
- D: Dit is eigenlijk je eerste gevoel in beeld brengen en pas later de rest.
- S: (...). Maar zou je dit nu ook meteen in SketchUp hebben, in een 3D model, dan verwacht ik dat ik alleen nog maar terugkoppeling kan geven op de specifieke locatie die er of de specifieke vraag zegmaar. En niet meer op het geheel van hé kan die daar en kan ik die er parallel opzetten. (...).

Communicatie

Voor het eigen begrip en om gevoel te krijgen van het ontwerp, is het fijn om eerst analyserend te schetsen. De deelnemers geven aan dat het kunnen ondersteunen van de communicatie door middel van schetsen hielp bij het overbrengen van ideeën. Ook het fysiek aanwijzen van informatie was hierin behulpzaam.

Coördinatie

Het schetsproces en het fysiek hebben van de tekeningen wordt aangegeven als onmisbaar. Meteen in 3D overgaan wordt als een stap gezien waarin te veel waarde verloren zal gaan. Hierbij wordt je beperkt tot mogelijke keuzes van de programma's die je gebruikt terwijl je in schetsen juist vrij bent en nog niet alles vast staat, je kunt alle kanten op kan gaan. In schetsen zijn geen duidelijke grenzen waardoor je alle mogelijkheden wilt benaderen. Het schetsen lokte uit dat de deelnemers veel ruimer gingen denken dan nodig was voor deze opdracht.

Extract 1.8: Coöperatie & samenwerking

- S: Je merkte dat we met zijn drieën een gesprek hadden over één ontwerp
- P: (...) Dus het daadwerkelijk kunnen aanwijzen daar begint het al bij. En dan ook als iemand iets zegt en je ziet van ja maar ik denk misschien zegt ze wel hetzelfde maar ik denk dat je iets anders denkt, dat zou kunnen.
- D: En ik denk een beetje nog dat het ook wel fijn is dat je het groepsgevoel of eigenaarschap makkelijker ontstaat doordat je met zijn allen boven zo'n tekening hangt, dingen aan kan wijzen, dat soort dingen. En dat je misschien ook nog wel zelf makkelijker, het gevoel hebt, van ik kan input leveren. Want ik wijs het aan, ik teken er even iets bij. En dat is volgens mij in zo'n model lastiger. Denk ik.

Samenwerking

Er is een groepsgevoel door de gezamenlijke sfeer, het gemak van communiceren en meedoen aan het ontwerpproces. Deelnemers hebben het gevoel makkelijk input te kunnen leveren, je kunt even iets aanwijzen of erbij tekenen. Hierdoor worden zij ook uitgenodigd mee te doen aan het proces.

Situatie 1: AR schaalmodel

Algemeen

Extract 1.1: Samenwerking

- D: Ik baal dat ik hem niet kan draaien, het is best wel, ja je moet er, je hebt wel even tijd nodig.. volgens mij wordt de discussie efficiënter of beter als je niet meer zit te klooiën en het een soort automatisme is hoe je weet hoe je het model moet sturen. (...), het moet heel erg intuïtief zijn. Dat zou volgens mij belangrijk, dat je van wijze van spreken alsof je met legoblokjes heel snel kan bouwstenen hoger en lager en dikker en dunner. Dat het dan echt wel meerwaarde heeft.

Extract 1.2: Samenwerking

- I: *Hadden jullie het idee dat jullie een voorsprong of achterstand hadden op het aanleren van de methode?*
- D: Ik wel, ik had ook leek aangetikt.
- P: Ik merkte dat ik wel meteen dacht "ohja dan moet je waarschijnlijk daar daar, en er is een ding wat ik dacht: dat menuutje dat vond ik storend dus dat wil je weghebben. Daar wil je juist de visualisatie zien en dat je het dus niet ook alleen maar van die kant kan doen.

Extract 1.4: Samenwerking

- S: Ik vond het heel makkelijk eigenlijk.
- I: *Waardoor denk je dat dat zou kunnen komen?*
- S: Geen idee, ik heb 2 of 3 x de techniek gebruikt maar dat was het ook zo'n beetje.
- D: Kon jij hem nou draaien?
- S: Ja om het echt goed te krijgen was lastig maar in principe kreeg ik hem wel gedraaid. Nee, maar waar het aan ligt geen idee maar ik vond dat echt heel gemakkelijk.

Samenwerking

De techniek valt bij veel deelnemers nog tegen, het valt op dat deelnemers met meer ervaring met AR of van jongere leeftijd de technologie sneller oppakken. Ook wordt door de meerderheid van de deelnemers aangegeven dat zij denken met meer oefening snel de techniek beter onder de knie te krijgen.

Extract 1.16: Communicatie & coördinatie

- P: (...) “Heeft dit nu voor mijn gevoel meerwaarde dan een SketchUp model?” Voor mij niet. Ja het moet zo CSI om zo’n ding heen swipen. Ik denk dat dat nog het handigst is, want dan ben je met zijn allen en hoeft je niet los in je eigen wereldje. Maar dan heb je het gewoon voor je en dan kan je elkaar weer aankijken en dan kan je dingen en naja.
- D: Ja dat je eigenlijk probeert deze hele tafel is een projectie.
- P: Ja dat zou denk ik nog het handigst zijn. Dan heb je weer het contact.
- D: Eigenlijk zo’n “touch screen” achtig iets.
- P: (...) Ja, nou ja, ik vind dan voor mij een SketchUp model net zo handig werken als of ik het nou zo 3D zie. Dat gaf mij niet meer ehm meerwaarde.
- D: SketchUp komt bij mij altijd een beetje, vooral draad modelletjes, ik kan me voorstellen maar dat kan je misschien ook helemaal opwerken he. (...)
- P: (...) Het is vooral echt het zoeken van maat/schaal verhoudingen, richtingen, daar zou ik het voor gebruiken. Maar ik denk wel, dit is natuurlijk een soort zoeken en dan heb je nu hier nog steeds de verbeelding nodig op dit schaalniveau van hoe is het dan straks groot. En ik denk dat wat we straks gaan doen dat dat mind blowing is. (...) dan zie je het echt en heb je echt de impact. Dat is het dus. Soms kan een klein dingetje wat je op tekening helemaal niet ziet, kan heel erg vervelend zijn en dat kan je dan meteen zien.

Nadelen

Extract 1.3: Samenwerking

- D: In die zin zou het misschien best wel fijn zijn dat je de commando’s kan geven in woorden (...).
- P: Of desnoods dat je het menu alleen oproept als je menu zegt en dat je alleen dan een menu hebt.

Extract 1.5: Communicatie & samenwerking

- S: Nee dat was voor mij vooral die paar seconden vertraging.
- D: (...)
- S: Ik had wel toen was jij op gegeven moment bezig en raakten wij in gesprek over een ander onderwerp en je merkt wel dat doordat er maar een iemand actief bezig is dat je ook wel afhaakt op een bepaald moment.
- D: Ja.

Extract 1.6: Communicatie & samenwerking

- S: (...) Want ik merkte bij het papier was het echt continue één gesprek en hier was het één iemand die bezig was en de ander die keek en die dacht mee maar op een bepaald moment was de ...
- P: Maar had dat er mee te maken, want ik zie jullie niet.. ik ben gefocust op dat (het model).
- D: Maar dat moet je ook doen om dat te kunnen aansturen. Je moet naar het model kijken want anders zien wij ook rare dingen

Communicatie

Een meer futuristische toepassing, zonder brillen, lijkt de deelnemers de meeste waarde hebben. Hierin verwachten zij veel betere communicatie.

Coördinatie

De meerwaarde over een 3D computer model is niet duidelijk. Methode lijkt vooral interessant voor zoeken naar verhoudingen en richtingen.

Samenwerking

De deelnemers hadden het idee dat zij minder invloed hadden op het model. Grotendeels lijkt dit te komen door de onkunde in besturing. Deelnemers stellen zelf andere besturing voor, bijvoorbeeld door middel van commando’s.

Communicatie

Deelnemers hadden het gevoel minder goed contact met elkaar te kunnen maken als zij de bril ophadden en gefocust waren op het model. Het gebruik van gebaren is lastig. Gebaren rondom de aansturing van de modellen werden als afleidend ervaren.

Extract 1.7: Samenwerking

- I: *Hadden jullie daardoor het idee dat je minder betrokken was?*
P: Ik had het idee dat je, je voelt minder, ik kan dus niet de sfeer proeven.
S: Nee want je krijgt een model op.
P: Je bent eigenlijk een beetje blind voor je omgeving.
S: Klopt.

Extract 1.8: Samenwerking

- I: *Je bent helemaal gefocust op het model?*
P: Ja.
D: Ja en dus ook die bril.
S: Ja en in principe is het ook nieuw dus het is ook niet dat je de besturing zo goed kent dat je even de laadpalen omdraait. Je bent er niet genoeg in thuis. Het is moeilijk om dan ook op de rest te focussen.

Extract 1.9: Coördinatie & communicatie

- S: Ik wil er ook onder kunnen kijken, dan ervaar je het ook echt.
I: *Denk je dat je een beter beeld creëert met zo'n bril en dan eronder kijken dan in SketchUp een camera neerzetten en dan eronder kijken?*
P: Nee, voor mij was dit hetzelfde.
S: Het geeft wel meer bewegingsvrijheid en ik kan dus ook de delen bekijken die de ontwerper niet wilt dat ik zie. Dus in dat opzicht geeft het wel meer dat ik er zelf invloed op heb wat ik zie en dat precies de blinde plek waar anders niet naar gekeken wordt dat ik daar ook tegenaan kan lopen.
D: En ik denk ook wel dat het belangrijk is dat je allemaal min of meer hetzelfde ziet en dat heb je rond zo'n tekening dan kijk je naar hetzelfde. Nu een een bril op had, die andere werden ook gewoon afgeleid door hoe jij loopt en je kijkt naar dat scherm. Wij zien dit allemaal wel en zien jou die gekke bewegingen maken. Dat lijdt zegmaar af, terwijl als we allemaal een bril ophebben, waarbij ik me best voor kan stellen dat 1 iemand kan dingen wijzigen maar je zit allemaal in die bril dat het daardoor bijna nog makkelijker wordt dat samen gezamenlijkheid ontstaat dan dat een iemand die bril op heeft. Ik voel me hier meer een toeschouwer dan als je dat ding ophebt.
S: Ja dat was met tekenen op papier niet. Dan was je zelf in ieder geval bezig.

Extract 1.10: Communicatie

- D: Ik had wel af en toe dan zag je dingen en dat helpt wel om dingen te verduidelijken.
P: En jullie kijken er anders op en naar dan ik, misschien moet je dan wel een contrabeweging maken en dat is dan weer lastig.
D: Het is meer dat non-verbale of dat ondersteunen, eigen gebaren dat is gewoon lastiger, ja je hebt toch dat ding op.

Coördinatie

Deelnemers waren gefocust op het model en daardoor meer in een eigen wereld. Dit leek te worden beïnvloed door de technische beperkingen en de onkunde in besturing. Beide eiste meer focus van de gebruiker, waardoor hij/zij zijn omgeving minder aandacht gaf. Makkelijker besturing en hogere kwaliteit zouden dit op kunnen lossen. De deelnemers geven aan dat ze meer informatie zouden willen zien, eigenlijk het gehele platform met bomen en mensen waarin je dan meteen alle palen tegelijk kan plaatsen.

Extract 1.15: Coördinatie

- P: Het enige wat ik dacht is “er had misschien een boom in gekund”. Want die staan erin en het voegt wel meer toe want die paal is hoog en er staan ook bomen. Om maat en schaal en dat werk erin te krijgen zou je dat wel doen.
- D: En ik denk met name natuurlijk maar dat is allemaal begrijpelijk, prima. Ik kan me ook nog wel voorstellen dat het meerwaarde heeft sowieso dat het hele perron erin staat en dat je bijvoorbeeld door één paal te bewegen/verplaatsen dat je allemaal meerekent en ze er allemaal instaan.

Voordelen

Extract 1.11: Communicatie

- D: Je ziet, het wordt inzichtelijker. En jij geeft het zelf aan (naar S), als ik dan dit zie zou ik het zo doen.
- S: Ja al was het alleen al dat ik zag dat de andere bebording ook rechthoekig was, dat ik zie wat ik op de andere tekeningen niet had teruggezien.
- D: Dan heb je dus eigenlijk niet meer zelf die verbeeldingskracht of dat ruimtelijke inzicht nodig om het te begrijpen. Dus dit is handiger om een iemand die minder in de materie zit of minder ruimtelijk inzicht heeft, om die mee te nemen.

Extract 1.12: Coördinatie

- S: Aan de andere kant waar ik heel veel voordeel zie is dat je ontwerprestricties hebt opgelegd en die kwamen hierin terug ... en dat zou denk ik wel een goede toegevoegde waarde zijn.
- P: Aan de andere kant vind ik dit ook wel weer interessant omdat je er zo in zit dat je de toevalligheid ook nog laat bestaan.
- S: Dat ligt aan je projectfase, als op een gegeven moment een besluit achter je is wil je dat er niet meer bij hebben.
- P: Jajaja.
- D: Ja, dat hangt van de fase af zeg jij.
- S: Ik heb die informatie beschreven dus ik weet dat ie daar niet mag staan. Dat is helemaal zeker dus dat wil ik ook niet meer kunnen. Dan wil ik alleen horen, waarom mag die daar niet staan.

Extract 1.13: Communicatie

- D: En eigenlijk is het gewoon zeg maar een SketchUp model, soort van, en als je daar met zijn allen omheen gaat zitten dat is wel ehm, het is ruimtelijker dan SketchUp.
- P: Precies ja.
- S: Ja.

Communicatie

Door het complete plaatje, konden deelnemers snel een duidelijk beeld vormen van de verschillende mogelijkheden, de voor- en nadelen hiervan. Alle factoren die van belang zijn, worden snel duidelijk. Er blijft in zekere mate voorstellingsvermogen nodig voor de schaal. Deelnemers geven aan dat de methode meer inzicht geeft en het ruimtelijker aanvoelt dan een 3D computer model.

Coördinatie

Doordat het model vast stond, waren de deelnemers alleen bezig met het analyseren van de gegeven mogelijkheden. Door de beperkingen die het model gaf werden de deelnemers als het ware gestuurd in hun handelen. De deelnemers zouden zelfs een stap verder gaan door de ontwerprestricties te verwerken in het model. Zodat je echt niets anders kan.

Extract 1.14: Communicatie en coördinatie

- I: Waren er delen van het ontwerp die jullie niet begrepen?
- S: Nee ik was nu veel doelgerichter bezig (...) Dus ik ben niet met het ontwerp op zich bezig maar heel taakgericht op die palen.
- I: Was de hoeveelheid informatie in lijn met de opdracht?
- S: Ja daarom wat je met taakgericht krijgt zijn opties en je denkt niet meer zou er ook één kunnen in het midden of kan het zo en zo. Je hebt vier opties en daar kies ik uit. (...)
- D: Dus eigenlijk is het heel duidelijk wat zijn de variabelen nog, waar kun je nog mee spelen hè. En tegelijkertijd weet je dus die vrijheid wat kan allemaal, raak je meer kwijt. (...) Maar als je dus een stap verder bent met hier moet het komen en hoe doen we dat dan, dan kan je het dus goed gebruiken. Ik vond het dus zelf wel heel verhelderend, die verschillende modellen en de vormgeving dat je daar even mee kan spelen. Dat zie je ineens gewoon heel snel. En dat je dan ook ziet van he dit past bij de rest omdat de rest er ook in staat of dat is een heel andere vormtaal. Daar ziet het er veel slanker uit of iets dergelijks, dat vond ik er wel ehm, dat vond ik wel tof ja.

Situatie 2: AR 1:1 model op locatie

Algemeen

Extract 1.1: Coöperatie

- P: Super tof.
- D: Ja.
- S: Ja.

Extract 1.7: Communicatie

- D: Nee, helemaal niet.
- P: Ik vond het belemmerende hier dan daar.
- S: Ik vond het binnen ook complexer, dan focus je op een ontwerp.

Nadelen

Extract 1.3: Coördinatie

- P: Ik miste wel de andere modellen. Stel je zet deabri en deabri's en de boom in een model, dus die hoef je niet meer in te scannen, maar dan zet je daar straks los de palen bij.

Extract 1.6: Samenwerking

- P: Het enige wat ik dacht is bij meer plaatjes erbij halen, hebben wij nu dezelfde plaatjes?
- S: Ja nee dat is zo.
- P: Want ja je kijkt wel naar hetzelfde, maar je moet wel dan zeker weten dat we allebei dezelfde laadpaal hebben.
- S: Ik kon echt fysiek naar de locaties wijzen wat toch heel snel bevestigd.
- P: Ja maar als je heel abstract blijft van "dit is toch de paal" en "de laadpaal".

Coöperatie

Positieve uitingen over de methode. Het is niet alleen behulpzaam, maar ook leuk om mee te werken.

Communicatie

De deelnemers hebben geen belemmeringen ervaren.

Coördinatie

De hoeveelheid beschikbare informatie was nog beperkt en door het beeld van de HoloLens viel een deel nog weg als je dichtbij stond.

Samenwerking

Er heerst een klein gevoel van wantrouwen, is de techniek betrouwbaar? Zien we echt hetzelfde en op de goede plek? Het gebruik van gebaren werkt voor de deelnemers bevestigend over het zien van eenzelfde model.

Extract 1.9: Coördinatie

S: (...)

D: en nu was nog even een beperking de hoogte, dus je steeds of naar boven en of je moest heel ver naar achteren om het hele in 1 beeld te zien. En vooral, we hebben het er steeds over, wat zie je nou als je in de wachtzone staat vlakbij de bus. Hoe lopen dan die lijnen en daarvoor is het dan belangrijk dat je in ene het hele beeld kan zien. Dat was naja goed, dat heb ik al gezegd dat duurt niet al te lang, binnenkort kan dat allemaal. (...)

P: (...)

Voordelen

Extract 1.2: Communicatie

P: Wat ik meteen had is dat je de impact, iedereen kijkt omhoog, dat dat echt nu duidelijk is.

D: Ja de impact.

S: Ja je ziet echt de grote en je ziet echt de plaatsing in plaats van dat je op een detailtekening zoekt en afstandelijk ontwerpt.

Extract 1.4: Communicatie & coördinatie

D: (...)En je loopt er rond en je voelt het een beetje. Dat vind ik ook gewoon wel ehm ja, het feit dat het buiten is en dat je ineens echt gewoon goed de omgeving ziet, ja ik vind het echt, ik kan me hier echt wel een meerwaarde in voorstellen.

S: Ook de omgeving, want je ziet nu echt de omgeving. Je hebt een model maar je ziet ook de rest van de omgeving. Je ziet het station, je ziet de gebouwen, je ziet alles eromheen.

Extract 1.5: Coöperatie & samenwerking

S: Ja iedereen gaat gewoon een andere kant op die die zelf wilt en daarna kom je bij elkaar en je bent juist heel erg interactief met je ontwerp nu bezig met de laadpalen plekken goed leggen en andere combinaties maken en dat kun je dan van iedere positie bekijken en dan heb je daarna de.. je komt automatisch weer bij elkaar en dan heb je het erover.

Extract 1.8: Communicatie

P: Je kan makkelijker even met jou communiceren omdat jij daar gewoon staat.

D: En je ziet jou ook gewoon bewegen, buiten heb je ineens weer de mogelijkheid om bewegingen te gebruiken en contact te maken. (...) Je kan veel natuurlijker ook bewegen.

Communicatie

Alle deelnemers geven aan dat zij een beter beeld konden vormen van het ontwerp, voornamelijk de impact en grote van het model werden beter begrepen.

Het gebruik van de HoloLens voelt natuurlijk aan waardoor de deelnemers het gevoel hebben normaal te kunnen communiceren.

Coördinatie

Het zien van de echte omgeving wordt gezien als een belangrijk deel van de beschikbare informatie.

Coöperatie

Deelnemers worden uitgelokt om te experimenteren met het model.

Samenwerking

Het individueel experimenteren zorgt voor uiteenvallen van het projectteam. Dit aspect wordt niet als storend ervaren. In tegendeel, juist als een positieve ontwikkeling waarin ieder zijn eigen ideeën kan vormen om later samen te komen.

Extract 1.9: Samenwerking & communicatie

- S: Ja dat vond ik wel leuk want iedereen gaat zelf naar zijn eigen punt, ieder heeft zijn eigen hoek die die wilt zien en komt daarna toch weer samen om te bespreken wat daar is gebeurd, wat daar is en hoe dat eruit ziet. Dus je kunt echt met zijn drieën eromheen lopen en daarna de belangrijkste punten ook duidelijk met elkaar bespreken en ook gewoon naar dezelfde locaties wijzen en hetzelfde zien.
- D: (...). Volgens mij helpt het ook al gewoon dat je daar staat en je voelt de wind en de zon schijnt, dat je daar staat echt op het toekomstige busstation. Zo ervaar je dat. En ineens ziet alles er veel realistischer uit. Waarin je in zo'n SketchUp model altijd in zo'n model zit, zie je nu echt..
- P: Ja het is eigenlijk heb je hier nu in totaal niets meer van verbeelding nodig. Dit is zoals het is. Dit is gewoon wat je ziet en wat het is en hier (binnen) ga je nadenken van oh dat is wel groot en ga je eronder kijken en wel moeite doen en hier (buiten) hoef je eigenlijk praktisch alleen maar te kijken.

Eindinterview

Voorkeur

Extract 1.1

- D: Volgens mij is dat heel erg afhankelijk van de fase. In die zin hebben we het op de goeie manier gedaan, de goeie volgorde. Ik bedoel ook nu weer als je in de allereerste fase zo gaat werken dan krijg je allerlei discussies zo van waarom is die paal vierkant en waarom is dit/dat. Dus het hangt heel erg af van het moment in het proces denk ik.
- S: Het moet ook niet je proces gaan vervangen maar het kan je proces ondersteunen.

Meeste nadelen

Extract 1.3

- D: Ik denk dat je de middelste optie (AR schaalmodel) nu gewoon vanwege de beperkingen in de techniek. Maar uiteindelijk is dat ook gewoon een zinvolle.
- P: Nou de tweede vind ik het ook niet omdat het voor mij evenredig stond aan gewoon het SketchUp model maken. Maar stel dat die vervangen wordt door met zijn allen om een tafel, zonder bril, naar hologrammen kan kijken. Dan zou dat echt een winst zijn. (...)

Extract 1.4

- S: Wat bij mij het belangrijkste is bij die tweede (AR schaalmodel) is dat je niet meer met elkaar aan het communiceren bent. (...) Maar ik was toen niet bezig met wat de ander ziet en met de invloed van de ander.

Voorkeur

De groep denkt de beste volgorde gevolgd te hebben om echt toe te passen.

Meeste nadelen

Situatie 1 (AR schaalmodel) heeft de meeste nadelen gegeven. Voornamelijk kwam dit door technologische beperkingen en onkunde in het besturen. Maar een ander belangrijk punt bleef ook de meerwaarde over een gewoon 3D model.

Meeste voordelen

Extract 1.2

- D: En het helpt denk ik in het communiceren. Hebben we het nou over hetzelfde?
- S: Ja die eerste vertaalslag van wat is een laadpaal, hoe hoog is een laadpaal dat is allemaal al gedaan. (...) Dus dan hoef je die vertaalslag, dus de informatie die je moet verzamelen om een beter plaatje te krijgen ... Voor mij scheelde dat heel veel.

Extract 1.5

- D: Laatste.
- P: Ja, er vallen een heleboel discussies weg over grote, beleving. Dit is gewoon zo, je kan hem gewoon zien.
- S: Ja en dat is ook wat ik al in het begin zei. Je gaat dus ook niet meer, je denken is ook weg. Het is gewoon gegeven, dat is de laadpaal.

Extract 1.6

- P: Ja wat ik wel interessant vond, dat is natuurlijk jammer dat er niet meer vormtaal is. Op papier heb je het altijd over discussies die als ze uiteindelijk werkelijkheid worden er niet meer zijn of niet meer opvallen of in de grootte of de realiteit opgaan. (...) dus ik denk dat er ook weer een heleboel dingen aan het licht komen die je misschien in een ontwerp niet ziet maar omdat je nu ja met je eigen lichaam je eraan kan relateren wel weer zicht op hebt. Maar ja, sommige waar je het op papier over hebt, over grote lijnen, dat valt vaak in het echt gewoon weg.

Extract 1.7

- D: Maar ja wat jij dus eigenlijk zegt is dat je enerzijds kijk je dus heel erg vanuit in je communicatie met anderen en anderzijds kan je het als ontwerper goed gebruiken om even de dingen die jij hebt bedacht te bekijken.
- P: Wat je vaak op tekening ziet is dat een lijn heel dominerend is, ook omdat je van boven kijkt. (...) Die dingen vallen weg. Die vallen in de realiteit.
- D: En wat ook nog wel leuk was is dat met daarbuiten, mensen geven ook vaak schaal aan dingen, dat heb je ineens ook. Omdat het een combinatie is van enerzijds de werkelijkheid en dat wat wordt ingepast.

Toekomst

Extract 1.8

- D: Ontwerpmiddel, (...).
- P: Is het ontwerpen of finetunen?
- D: Eigenlijk is het gewoon testen, testen van wat je hebt bedacht.
- P: Want ik denk dat je de zoektocht eerder doet en dan eerder op het schaalmodel doet.
- D: Ja precies, het schaalmodel.

Meeste voordelen

In situatie 2 (AR buiten) zijn de meeste voordelen ervaren. Het helpt voornamelijk bij de communicatie en in het maken van de vertaalslag naar de echte wereld. Ook vallen nu de aspecten op die echt uitmaken en van belang zijn in de realiteit.

Toekomst

Deelnemers denken dat de toepassing van AR vooral meerwaarde heeft op het testen en finetunen van het ontwerp. Per situatie is het dan verschillend welke methode het best gebruikt kan worden.

Extract 1.9

- P: Ja en ook wat ik wel interessant vind is dat vaak in modellen spreek je over zicht en dat kan ik vertellen maar dat zou ik wel graag willen laten zien. (...) Dat zou wel dat finetunen en beetje schuiven. Ik denk niet dat als je daar een discussie gaar voeren van moet daar een ronde of een gebogen, dat gaat daar niet werken denk ik.
- S: Maar ik vond het wel heel interessant om te zien als je het andere plaatje neerlegt hoe een andere laadpaal eruit komt. Of die echt dezelfde grote heeft, dat die echt smaller is of kleiner is. Het is wel fijn om die vergelijking nog te kunnen maken.

Extract 1.10

- D: Maar eigenlijk voor mijn gevoel maak je een soort basiskeuzes in zo'n model of in zo'n schets en is het vooral het testen en finetunen van wat je had bedacht: klopt dat nou? En misschien ook wel gewoon andere meenemen, overtuigen daarvan.
- P: Check en show.
- D: Eigenlijk zijn er verschillende toepassingen voor verschillende ontwerp vragen. Dus dat je dus hier zo'n soort model kan ook heel goed werken. Dan hoeft je niet eens perse naar buiten. En dan kan je het eens even voor het hele ding bekijken. En bij het laatst kan je misschien van "is het nou irritant dat die dingen zo scheef staan of niet". Weet je dus het zijn dan verschillende vragen, je moet even echt goed bedenken wat wil ik weten, wat is de vraag die ik heb. En op basis daarvan kan je denken "hé dan heb ik meer aan zo'n computermodel waar we omheen kunnen draaien of we gaan even buiten kijken.

DAG 2

Situatie 0: Traditioneel ontwerpen

Algemeen

Extract 2.2: Communicatie

- T: Ik ben wel redelijk visueel ingesteld. Toch valt het me altijd tegen.
I: *Op wat voor manier?*
T: Nou, bijvoorbeeld bij die kap, viel het mij tegen hoe groot het allemaal is. (...) Dat zie je beter in 3D, visueel zegmaar.
R: Ja op die foto's ziet het er toch heel anders uit. En intekenen op de plattegrond geeft weer een ander beeld in je hoofd. Alles lijkt daardoor klein, terwijl dat helemaal niet zo is.

Nadelen

Extract 2.1: Communicatie

- R: Het is even iets anders dan je gewend bent, ik vond het vooral lastig om alle informatie bij elkaar te zoeken en te visualiseren voor jezelf.

Extract 2.4: Communicatie & coöperatie

- T: (...) Stakeholders die vinden een gelikt plaatje wat je presenteert goed.
I: *Hebben die meer moeite met een kaart?*
T: Ja, stakeholders hebben absoluut moeite met kaarten lezen. (...) Ze kunnen geen tekening lezen. Net zei ik al dat ik, dat af en toe de verhoudingen bij mij al lastig zijn, maar bewoners die er niets mee te maken hebben die lezen een tekening niet helemaal.
I: *En dat zeggen ze dan niet?*
T: Nee nee, die kijken wel naar een mooi plaatje enzo van oke als het er zo uit komt te zien dat is het wel prima. (...)
M: Technische tekeningen zijn bijna niet te lezen, maar als een plaatje wat meer de verbeelding benadrukt in plaats van alle technische gegevens dan is het wel een goed hulpmiddel. Maar een technische tekening verward veel meer, roept veel meer vragen op.
T: Ja maar hè, zoiets als dit, zo'n trap en een roltrap, Dit leest een leek niet hoor. (...) Je moet ze dan gewoon weer een fotootje laten zien van zo jongens dit is de situatie.
I: *Denken jullie dat een virtuele tour meerwaarde heeft over foto's?*
T: Nee nee, want het is ook gewoon, er hoeft niemand mee te werken.

Voordelen

Extract 2.3: Communicatie

- I: *Konden jullie je goed duidelijk maken met het tekenen en aanwijzen?*
R: Ja dat hielp wel, daarmee breng je toch je ideeën over. Maar wel weer op wat logisch of praktisch is en niet hoe dat er waarschijnlijk uit ziet.

Communicatie

Het is voor alle deelnemers lastig om de grote en impact van de modellen in te schatten. In de praktijk valt op dat externe stakeholder niet meekomen met kaartmateriaal. Ze snappen simpelweg niet wat ze zien.

Coördinatie

Voor deelnemers met minder ervaring in het ontwerpen is veel zoekwerk nodig.

Coöperatie

Mensen durven niet te zeggen dat ze de gegeven informatie niet snappen, hierdoor werken ze indirect een goede interactie tegen.

Communicatie

De deelnemers geven aan dat het kunnen ondersteunen van de communicatie door middel van schetsen hielp bij het overbrengen van ideeën. Ook het fysiek aanwijzen van informatie was hierin behulpzaam.

Extract 2.5: Samenwerking

- T: Je kan precies tekenen wat je wilt.
M: Het is eigenlijk heel laagdrempelig, als je een kaart kunt lezen. Je weet ook zeker dat iedereen hetzelfde ziet.

Situatie 1: AR schaalmodel

Algemeen

Extract 2.2: Coöperatie

- M: Het leuke is hier wel dat je er dan straks met zijn allen omheen kunt staan.
R: Uiteindelijk wordt dit veel interactiever dan een computermodel.
T: Maar dan hoeft het van mij niet met zo'n bril

Nadelen

Extract 2.1: Samenwerking

- M: Ik heb hier denk ik geen aanleg voor
T: Nee het was lastig, nu zijn wij toch die oude mannen die er niet mee om kunnen gaan hè.
M: Het lijkt me wel leuk om goed te kunnen.
R: Ja het ging wel oke, maar ik kan me voorstellen dat je met meer oefenen al veel beter ermee om kan gaan.

Extract 2.3: Samenwerking & communicatie

- R: We waren vooral bezig met het besturen.. Ik lette daarin helemaal niet op de anderen.
T: Ja het was allemaal heel klein en je kon niet alles zien, ik denk dat je zonder bril veel beter met de groep werkt.
I: *Dus je werd belemmerd door de bril en het kleine scherm?*
R: Ja.
M: Eigenlijk kon ik nu heel weinig, behalve kijken hoe het eruit zag.

Extract 2.5: Communicatie & coöperatie

- I: *Kon je jezelf goed duidelijk maken met de methode?*
M: Dat was nu wel lastig ja.
R: Ik denk als je oefent dat dat wel makkelijk gaat, maar als je toekijkt kun je nu niet zo veel. Alleen instemmen en misschien iets aanwijzen op het scherm maar dat is toch lastig om goed aan te wijzen.

Extract 2.7: Coördinatie

- I: *Kwamen jullie nu belangrijke informatie te kort?*
M: Ik zou toch wel dat functionele willen zien, dus hoe het in praktijk straks gaat, hoe die bus aankomt ten opzichte van de paal.

Samenwerking

Deelnemers hebben het gevoel makkelijk input te kunnen leveren, je kunt even iets aanwijzen of erbij tekenen.

Coöperatie

De deelnemers vinden de methode leuk en zien er potentie in, de bril zouden ze het liefst weg hebben. Als deelnemer had je minder inspraak, vooral als je niet zelf met het model bezig was.

Samenwerking

De deelnemers geven aan de methode moeilijk te vinden in gebruik. Ze denken wel dat oefening veel uitmaakt. Door de focus en het onwennige gebruik waren de deelnemers minder met elkaar bezig.

Communicatie

Door de nieuwe manier van aansturen was het lastiger om snel iets uit te leggen.

Coördinatie

De deelnemers miste de mogelijkheid om het platform in functie te testen en een bus langs de paal te laten rijden.

Voordelen

Extract 2.4: Samenwerking

I: Hoe was de verdeling voor jullie gevoel?

M: Iedereen had eigenlijk een eigen functie.

T: Ik denk dat het hierbij van belang is dat iedereen de goede functie heeft, een ontwerper moet de mogelijkheden laten zien en dan kunnen anderen daar commentaar op geven.

Extract 2.6: Communicatie

M: Nou wat Toon ook al zei, als je van een tekening een 3D maquette maakt wat vroeger gebeurde met van die houten blokjes, dan zie je de verhoudingen in de gebouwen en de openbare ruimte en hoe het allemaal de verhoudingen tussen elkaar veel beter.

R: Het model is wel makkelijker te begrijpen, je hebt meteen een goed overzicht van de situatie. Alleen je wilt er meer mee kunnen en er moet meer informatie in.

T: Ja je wilt alles zien.

Situatie 2: AR 1:1 model op locatie

Algemeen

Extract 2.1: Coöperatie

M: Ik vond het wel opwindend, ik vond het wel leuk om te hebben meegemaakt.

T: Ja.

R: Het was ook wel even schrikken, dat het toch zo groot was allemaal.

Extract 2.7: Communicatie

M: Nee.

T: Nee, want je ziet het wel allemaal.

Nadelen

Extract 2.5: Samenwerking

T: Naja het heeft nog ontwikkeling nodig blijkbaar, dat je ook, wat wij heel erg graag willen is dat je ook op de centimeter nauwkeurig en alles precies is. En ja zo ver is het nog niet.

M: Maar dat kan ook aan ons liggen.

T: Naja dat kan ook aan ons liggen maar ik zag het in ieder geval niet. En het is toch ook vaak dat het toch op de centimeter nauwkeurig erop aankomt.

Samenwerking

De deelnemers geven aan dat de situatie een rolverdeling gaf, deelnemers waren hierdoor niet gelijk maar ieder had een functie.

Communicatie

De deelnemers vinden door de virtuele modellen, de situatie en mogelijkheden makkelijker te begrijpen.

Coöperatie

Deelnemers vinden de methode niet alleen behulpzaam, maar ook leuk om mee te werken.

Communicatie

De deelnemers hebben geen belemmeringen ervaren in de communicatie.

Samenwerking

De deelnemers geven aan dat er nog wel grote ontwikkelingen nodig zijn en sommige deelnemers uiten hun twijfels over de betrouwbaarheid van alle digitale data. Door het gevoel van wantrouwen lijkt de deelnemer terughoudend in zich overgeven aan de techniek wat de samenwerking belemmerd.

Extract 2.8: Coördinatie

- I: *Hoe vonden jullie het detailniveau van de modellen?*
T: Ja op zich, dat is de verdere ontwikkeling. Je wilt het straatwerk zien, je wilt alles zien. Dat zou wel mooi zijn.
M: Eigenlijk alles wat met het busplatform te maken heeft, wil je zien. (...) Ook om te zien of de bus de laadpaal niet raakt bij het wegrijden bijvoorbeeld. Dat zou ik graag wel willen zien.
R: Bijna dat je een virtuele test kan doen van het ontwerp.
I: *Dus heel functioneel, hoe zou het in gebruik uitwerken?*
M: Ja.

Extract 2.10: Samenwerking

- M: Zou je de resultaten vertrouwen? Als je nou niets anders hebt
T: Ik vertrouw die data wel
R: Ik ook wel ja
M: (...)
T: (...)
M: Ik twijfel er nog over. Maar misschien heb ik er te weinig ervaring in.
I: *Welke aspecten zou je niet vertrouwen?*
M: Of de locaties, van in dit geval die laadpalen, op precies de goeie plek komen. Of de pantograaf van de bus, of dat op de goeie plek terecht komt. Maar dat is misschien meer de omgang met deze techniek.

Voordelen

Extract 2.2: Coöperatie

- T: Volgens mij als dit verder is ontwikkeld zou dat prima kunnen volgens mij. Ook dan zeg ik, ik weet niet of die discussie anders wordt als je het zo doet of dat je een plaatje ziet.

Extract 2.3: Communicatie & coördinatie

- R: Ik denk wel dat het een beter beeld geeft van hoe die modellen nu echt in de omgeving staan. Op een plaatje kun je de grootte slecht inschatten en daar schrok ik nu wel van. Dat kun je nu goed in de omgeving zien en daarop een keuze maken.

Extract 2.4: Communicatie

- T: Nee maar je kunt wel, want je ziet hetzelfde beeld. Je weet al dat die bus zo staat en dat dit zo staat, dan zie je allebei hetzelfde. Dus die communicatie, volgens mij gaat dat wel goed.

Extract 2.6: Samenwerking

- I: *Hadden jullie het gevoel een achterstand te hebben?*
R: Nee.
T: Nou nee, mijn jonge collega's die pakken dit veel sneller op. Absoluut

Coördinatie

De deelnemers zien veel meerwaarde in het toevoegen van functionele informatie en mogelijkheden om testen te doen in het virtuele model. Op het moment missen ze deze mogelijkheid.

Coöperatie

Of het systeem echt beter werkt dan een afbeelding is niet voor iedereen duidelijk. Dit wordt aangegeven door dezelfde deelnemer die eerder een mate van wantrouwen in de methode aangaf. Ook wordt verschillend gekeken naar de meerwaarde over een computer model. Een aantal deelnemers ziet hier geen meerwaarde in, anderen geven aan dat zij het idee hebben dat ze een beter beeld kunnen vormen met AR dan een computer beeld.

Communicatie

De methode ondersteunt het inzichtelijk maken van de situatie en hoe de modellen hierin passen. Dit heeft voor de meeste deelnemers veel meerwaarde.

Extract 2.9: Coöperatie & communicatie

- T: Nah ik denk dat een discussie over waar moet nou zo'n paal. Daar hebben wij een 3D model van gemaakt en als je dat dan ook echt met zo'n bril op ziet en die alternatieven zichtbaar krijgt ja dan zie je het toch beter dan wanneer je het in een vlak plaatje ziet. Ik denk dat dat wel toe zou kunnen voegen. Het is de vraag of je het dan gaat gebruiken omdat wij willen natuurlijk helemaal in het begin een beeld hebben.
- R: Ja het is natuurlijk heel afhankelijk van de locatie of je daar al op terecht kan. Maar ik vond de visualisatie wel meerwaarde hebben over de tekeningen.

Eindinterview

Voorkeur

Extract 2.1

- T: Ik heb het zelf niet zo met die nieuwe technieken, het werkt wel prima zoals het is, en alles gaat tegenwoordig natuurlijk wel naar 3D maar vroeger ging het ook gewoon goed.
- R: Nou ik vond het, ja, wel leuk om te zien wat er dan straks allemaal kan. Een voorkeur is wel moeilijk om aan te geven, de laatste situatie was gewoon nog lastig maar heeft natuurlijk ook potentie. Eigenlijk denk ik dat iedere toepassing voor en nadelen heeft, maar ik denk dat als ze op de goede manier toegepast worden het wel veel kan toevoegen.

Meeste nadelen

Extract 2.2

- M: Ik vind het wel lastig om zo even aan te leren en te begrijpen, buiten was dat eigenlijk nog makkelijk met die kaartjes. Maar als je dat echt moet besturen weet ik niet hoe dat zou gaan.
- R: Het is niet dat ik een situatie (AR schaalmodel) helemaal niet handig vond, zoals ik zei, elk heeft voor- en nadelen. Maar ik merkte wel echt dat bij de laatste de besturing voor ons nog te moeilijk was. En verder natuurlijk de duidelijkheid van al die kaarten bij het tekenen, dat werd meteen beter bij de visualisatie. Maar dat kan dus ook op andere manieren.

Extract 2.3

- T: Ja ik denk dat je evenveel bereikt met mooie plaatjes of een 3D model zonder die bril.
- M: Maar die combinatie van het model met buiten heeft ook wel wat.
- R: Ja, zeker buiten heeft het voor mij wel echt meerwaarde over een plaatje. Alles wordt meteen een stuk echter.

Coördinatie

De echte omgeving als informatiebron heeft volgens de deelnemers veel effect op de beeldvorming.

Samenwerking

De deelnemers denken niet een achterstand te hebben in de techniek, maar verwachten wel dat jongere collega's het sneller oppakken.

Voorkeur

Een echte voorkeur is er niet. T is erg traditioneel en blijft het liefst bij zijn oude methoden. Verder zien de deelnemers in elke situatie potentie, voor- en nadelen.

Meeste nadelen

De deelnemers hebben de meeste nadelen ervaren in de besturing van het AR schaalmodel. Deze nadelen verwachten ze ook zodra het 1:1 model dezelfde besturing zal krijgen.

Extract 2.4

- M: Ik denk dat het een heel goed hulpmiddel kan zijn. Elkaar duidelijk maken waar je aan denkt, het visualiseren van je eigen beeld. De grote meerwaarde is wel dat zoals we hier aan het doen waren, met zijn vieren om een tafel, je samen je gezamenlijke beeld kan bijstellen. Dat zou ik wel winst vinden.
- T: Maar ik zie dan toch weer mensen met een 3D brilletje dan met zo'n VR bril.
- R: En dan moet je wel alles kunnen wat je wil, alles aanpassen zeg maar. Ik weet niet of dat al kan met die technieken. En voor mij hielp het dus wel ook in de schaal beter zien, het had veel meer impact op de omgeving dan ik op een tekening of schaalmodel zou inschatten.

Extract 2.5

- M: Dat kan in ons eigen ontwerpproces ook, (...). Dan zou het best mooi zijn, als zo'n gesprek wat je hebt, als je de beelden die je hebt ook gelijk aan elkaar kan laten zien en dat je die tijdens het gesprek kunt veranderen zodat je niet alleen met woorden probeert duidelijk te maken wat je graag wilt of een tekening. Maar dat is vooral dat je in 3D kunt visualiseren en wijzigen, dat zou ik wel een stap vooruit vinden.
- R: Het lijkt me ook wel uitdagen om dingen te proberen. Op een tekening kun je natuurlijk verschillende ideeën uittekenen maar weet je toch niet altijd precies wat het verschil is. En als je dan zo'n model hebt straks en het meteen kan aanpassen dan kun je ook meteen dingen wegstrepen en met de goede verder blijven proberen. Ik denk dat je dan veel sneller tot een resultaat komt waar iedereen zich in kan vinden.

Extract 2.6

- I: *Wat heeft de voorkeur, computer of bril?*
- T: Ja dat maakt niet uit. Nee want als je het terplekke moet gaan zien, je wilt het eerder zien. Als die werkelijkheid er nog niet is. Dan kun je het evengoed helemaal virtueel maken.

De deelnemers zien veel in AR als hulpmiddel, het is wel heel afhankelijk van de fase van het project hoe het gebruikt kan worden en of het toepasbaar is. Vroeg in het project lijkt een VR of computer 3D model beter toepasbaar. De techniek moet nog veel verbeteren. Zodra dit zover is, verwachten de deelnemers veel meerwaarde in een virtueel schaalmodel. Het liefst wel zonder grote bril en makkelijk te besturen.

DAG 3

Situatie 0: Traditioneel ontwerpen

Algemeen

Extract 3.1: Coördinatie

- R: Ik vond het wel leuk. Heel anders dan net buiten weer. Ik kijk hier meteen veel functioneler naar, terwijl buiten echt ging om hoe het stond ten opzichte van de omgeving.

Extract 3.2: Coördinatie

- E: Ik ben dus meer van de praktische kant en ga daar dan ook aan denken bij zo'n ontwerp. Dus hoe het zit met leidingen als we die paal neerzetten en of dat heel omslachtig wordt als ie op een andere plek staat.
- R: En dat is dan wel onhandig dat dat allemaal op andere kaarten staat. Eigenlijk wil je dat met een klikje op de knop aan kunnen zetten.

Extract 3.3: Communicatie

- E: Ja dat is lastig omdat de vormgever, die heeft een bepaald idee en dat idee wil die graag overbrengen naar de werkelijkheid. En dan moet je iedereen meekrijgen. (...) Naja dat is dan heel 2D, maar de bedoeling is dat je die vertaalslag kunt maken. Ja en met zulke beelden dan gaat dat wel. En dan is dit systeem (bedoeld AR toepassing) wel heel mooi, als de vormgevers dit kunnen gebruiken om hun ideeën ook te ventileren van goh ja wij zien dit wel zo zitten. Kijk maar even mee. Nou dan kun je natuurlijk feedback krijgen.

Nadelen

Extract 3.4: Communicatie & coördinatie

- Y: Je moet het afwegen, je moet het zichtbaar maken.
- R: Dat is het vooral ja, ik denk dat veel mensen daar moeite mee hebben, om het voorstellen.
- Y: En het was veel zoeken.
- R: Ja je weet niet precies waar alle informatie staat en zelfs als je het dan hebt wil je het ook kunnen, naast andere informatie houden. Dat kostte bij ons wel veel tijd.
- E: Normaal zoek ik eerst altijd uit welke informatie er is en orden ik dat voor mezelf.
- R: Wat dat betreft is het bij zo'n model (AR) wel handig dat alles er al in zit. Alleen dan kun je geen extra informatie krijgen.

Coördinatie

Bij niet ontwerpers nodigt de beschikbare informatie deels uit om op een andere (meer functionele manier) de opdracht uit te voeren. Deelnemers geven ook aan dat zij een completer plaatje willen, waarin alle aspecten van het ontwerp zijn verwerkt. De deelnemers moesten veel informatie zoeken.

Communicatie

De toepassing van AR voor dit doeleinde wordt door veel deelnemers gezien als een goed hulpmiddel. Het is lastig om een voorstelling te maken van de informatie.

Voordelen

Extract 3.5: Communicatie & coördinatie

- Y: Ik vond echt dat je zag op de plek waar het straks staat hoe het wordt, dus jee wat wordt dat groot. En daardoor maak je een andere keuze, je kan bewustere keuzes maken doordat je hebt gezien hoe het uitpakt in het echt. Dus dat vind ik wel een plus.
- I: *Dus in de tekenmethode had je heel veel aan de vorige methode?*
- Y: Ja, ja dus dan doe je eerst life zeg maar en dan pak je hem terug naar de tekening
- R: Ja het hielp nu wel dat we het allemaal al gezien hadden, dan kun je dat toch meerekenen in je beslissingen.
- I: *Konden jullie gemakkelijk de voorstellen van anderen interpreteren?*
- Y: Ja voor mij doordat we buiten zijn geweest met die bril keek ik er wel anders tegenaan.
- I: *En is deze volgorde dan fijn?*
- Y: Ja ik zat net te denken want als je het omdraait had je misschien andere keuzes gemaakt. Omdat je dan ziet hoe het in het echt eruit gaat zien, ga je wel bewuster vertalen ook naar de tekening.
- I: *Zou je hetzelfde kunnen behalen als je de paal binnen bekijkt?*
- Y: Ja nee, het moet echt wel op locatie met die bus erbij.

Extract 3.6: Coördinatie

- E: Toch heb ik wel een idee, dat 2D heb je dan zoals buiten, een tekening als ik een reconstructie moet maken dan moet ik gewoon de tekening hebben. Dan hang ik de tekening op en dan heb je gewoon een beeld, gewoon een groot beeld oh zus en zo. Dat vind ik het voordeel van een 2D tekening, met kabels en leidingen erbij, met alles erbij.

Extract 3.7: Coördinatie

- Y: Misschien is het om je keuzes te verifiëren ofzo, dat je eerst maak je het overzicht. Wat zit er allemaal in het gebied? Vervolgens ga je kijken hoe ziet dat er dan in de praktijk uit? En dan doe je ook die andere opties erin, dan krijg je ineens een totaalplaatje en misschien blijkt dan van oh het is toch te, het staat te dicht op elkaar of ..

Extract 3.8: Coördinatie

- I: *Wil je dan zelf de regie hebben over welke informatie je beschikt in het maken van een overzicht?*
- Y: Nee
- E: Nee, ik vind als je in een projectteam werkt, kijk en iedereen heeft zijn rol. De stedenbouwkundige die heeft een beeld van wat ie dus vindt van een inrichting en die komt met ideeën. (...). Dus ik kan mij voorstellen dat hij dat dan wel graag wilt delen op zo'n manier. Met banken, met bomen, van hier komen grote bomen.
- R: Alleen ik wil ook niet dat ik geen beschikking heb tot informatie, ik moet het wel aan kunnen zetten als ik dat wil.

Communicatie

De deelnemers geven aan profijt te hebben tijdens het schetsen van de eerder gebruikte 1:1 AR methode.

Coördinatie

Meer traditionele deelnemers geven aan dat zij het fijn vinden om voorafgaand aan een project een overzicht te creëren van tekeningen. Dit lijkt te komen doordat zij hier makkelijk mee om kunnen gaan.

Deelnemers geven ook aan dat zij graag alle informatie ter beschikking hebben, maar dat het ook aan de presentator is om te kiezen wat hij/zij laat zien. Hier moet dan wel extra informatie bijgehaald kunnen worden.

Situatie 1: AR schaalmodel

Algemeen

Extract 3.1: Samenwerking

- R: De tutorial ging prima, dat had ik snel door en dat ging allemaal wel prima. Maar bijvoorbeeld in die tutorial was niet hoe moet je draaien, dat is dan of dat zal wel voor dit is dat vrij cruciaal. (...) Dat was, ja de tutorial was makkelijk. Het bewegen van de paal zelf was ook makkelijk, het aanklikken was ook makkelijk, maar dat draaien ja, dat lukte niet. (...)
- I: *Denk je dat het met meer oefening wel was gelukt?*
- R: Ja
- E: Oefening baart kunst denk ik
- I: *En bij de anderen? Hoe ging daar het gebruik?*
- E: Afgezien van het draaien ging het wel vrij intuïtief.

Extract 3.2: Samenwerking

- E: Ik ben een leek hè, ik ben een digibeet. Tuurlijk gebruik ik een computer en dergelijke maar spelletjes never nooit hè dus ik denk ; "nou het viel mij nogal mee". Ja tuurlijk allemaal even in het Engels, (...). Dus ik kan me voorstellen dat als de wat ouderen daar gebruik van zouden moeten maken dat dat wat lastiger is. En ehm ik denk wel dat als je hier wat vaker mee oefent, ja dat dan volgens mij kun je dat dan wel redelijk makkelijk onder de knie krijgen. (...)
- Y: Ja het is dan de vraag moet je dat zelf dan gaan leren, want ik denk dat je echt wil je het goed kunnen een opleiding moet doen, het veel vaker moet doen. Ik denk dat de jongere generatie, mijn zoon is nu 16, die zal het makkelijker kunnen. Maar dat het wel toegevoegde waarde heeft dat denk ik wel. Je ziet gewoon wat er gebeurt hè, in de ruimte, ja ik vind het wel wat hebben.

Extract 3.7: Coöperatie

- E: Deze methode, als je het er even samen over wilt hebben, is natuurlijk hartstikke mooi. Als de techniek iets verder gaat lijkt me het fantastisch dat je als vormgever in een projectteam hier zo gewoon dingen kunt laten zien. (...)

Samenwerking

Op het moment zorgt de belemmering in besturen ervoor dat deelnemers minder goed mee kunnen doen in het ontwerpproces. De deelnemers denken wel dat meer oefening snel effect heeft op de expertise van de methode.

Communicatie

Deelnemers zijn enthousiast over de mogelijkheid om ideeën makkelijker te kunnen visualiseren, maar geven ook aan dat de techniek eerst verder moet zijn.

Nadelen

Extract 3.3: Samenwerking & coöperatie

- Y: Je hebt eigenlijk geen invloed, wat toch lastig is. Je kijkt mee, maar goed dat is een keus. Het lijkt me ook heel rommelig dat je met zijn drieën dingen moet doen, een moet de regie hebben ofzo. Ook als je met mensen bent die er geen verstand van hebben, dan wil je het niet hoeven te kunnen maar gewoon meekijken.

Extract 3.4: Samenwerking

- R: Beetje klein.
E: Ja ik vond dat plaatje een beetje klein, een beetje lastig. Ik zou dat graag wat groter willen. Ook dat je misschien het dichterbij kan halen of kiezen welk deel je groter bekijkt.
R: Ja het kader was letterlijk heel klein en je was er snel uit. Onbewust neem je alles want je hebt natuurlijk focus met je ogen maar je ziet onbewust heel veel eromheen en dat mis je met dit. Daardoor moest je ook veel bewegen, en ja, je was eigenlijk heel gefocust op het hele model kunnen bekijken.
M: Ja als je het wat groter kan projecteren.

Extract 3.5: Samenwerking

- I: Voelde je je daardoor afgezonderd van de anderen?
R: Nee dat niet.
E: Ja ik wel, ik was vooral bezig met dat model goed zoeken.

Extract 3.6: Communicatie

- Y: Ik vond het nog wel oncomfortabel, het is heel zwaar zo'n bril. En dan ben ik af en toe meer daarmee bezig dan met de opdracht.

Situatie 2: AR 1:1 model op locatie

Nadelen

Extract 3.2: Samenwerking

- E: Als je dat scherper zou krijgen is dat samenspel ook mooier, want ik had best moeite om het naja een beetje te kunnen zien. En als je het dan zelf al niet zo goed kunt zien dan valt de samenwerking een beetje weg.

Extract 3.5: Coördinatie

- E: Ik denk wel dat dat buiten veel mooier werkt.
Y: Je moet het eigenlijk op locatie toepassen. Dat heeft veel meer effect.
E: Ja het mocht wel iets duidelijker. Als het echt een stuk duidelijker zou zijn, ja dan vond ik het wel mooi. Zoals ik al zei, dan heb je echt beeld van hoe groot het wordt. Dat is gewoon het nadeel van als je naar het 2D kijkt. Dan denk je van ah ja goed. Maar dan loop je daarbuiten en dan denk je van oeh.

Coöperatie

De deelnemers hebben het gevoel minder invloed te hebben op het ontwerpproces.

Samenwerking

In eerste instantie hebben de deelnemers geen belemmeringen ervaren in de interactie binnen het team. Na doorvragen blijkt dat voornamelijk de technologie nog veel moet verbeteren. De modellen moeten nauwkeuriger, uitgebreider en het beeld buiten scherper. Sommige deelnemers voelen zich meer afgezonderd van de anderen. Het kader van de HoloLens is nog erg klein en het beeld buiten onscherp, dit belemmert voor sommigen de mogelijkheid om goed mee te doen.

Communicatie

De bril werd door sommige deelnemers als oncomfortabel gezien, dit belemmerde de deelname van deze deelnemers.

Coördinatie

De extra informatie van de omgeving wordt als onmisbaar gezien.

Extract 3.1: Samenwerking & communicatie

- R: Het is denk ik wel dat je dat met zijn allen ziet, en je denkt van ja wow dit is toch best wel groot. Op papier heb je die indruk niet, maar hier zie je dat.
- E: Dat is wel de meerwaarde hiervan. Ja, want je praat wel over serieuze dingen. Je wilt een systeem wat goed werkt, dat kost geld, dat kost ontzettend veel geld denk ik. Dus dan op deze manier kun je veel beter een beeld vormen van hoe zijn we op de goede weg?
- R: Op papier lijkt zo'n robuuste paal wel groot maar op de een of andere manier weet je niet hoe dat in het echt staat.

Extract 3.3: Communicatie

- I: *En hoe hebben jullie het gebruik van de methode ervaren?*
- Y: Dat ging nog heel natuurlijk eigenlijk
- R: Ja ik vond die bril daarbij niet vervelend ofzo

Extract 3.4: Samenwerking

- E: Nee dat denk ik niet, als je dat vaker zou doen dan ehm dat dat dan zou kunnen werken.
- R: Nou ik heb echt geen belemmeringen. Ook niet meer van het kleine beeld. Hier was de bus de daadwerkelijke grootte. Als je om een bus heenloopt moet je ook zo met je hoofd doen. Moet je ook afstand nemen. Dan is die discrepantie ook groter, dat vond ik niet zoals hier ook op tafel. Dat was mijn ervaring.

Extract 3.6: Communicatie & coördinatie

- R: Ik denk dat het is de bus staat er, de bus staat op die ene plek en de paal staat op een plek. De interpretatie is er al, je hoeft het je niet in te beelden. Nou als je iedereen met papier hebt dan denk ik dat iedereen toch sneller een ander beeld vormt, dan als je hier in het echt naja de bus staat daar, iedereen heeft zoals in het echt de bus daar. Iedereen heeft hetzelfde beeld. Ik denk dat dat meer is inderdaad dan op een tekening. Ik denk dat dat echt een voordeel is ook.

Extract 3.7: Coöperatie

- Y: Ik kan me ook voorstellen dat als je het op andere plekken gaat toepassen dat je dan meer met bewoners bent, dat je dan ook laat zien hoe het zou gaan worden of waar de keuzes nog zitten.

Samenwerking

Deelnemers laten merken dat er een gevoel van gezamenlijkheid ontstaat doordat je weet dat je hetzelfde ziet. Ieder kan zelf ideeën bedenken en later met de groep laten zien en bespreken. Het kleine beeld is minder storend dan binnen doordat het gebruik natuurlijker is.

Communicatie

Het kunnen zien van de omgeving wordt als een belangrijk aspect gezien van het beter kunnen inschatten en plaatsen van de modellen. Dit is voornamelijk op impact en interpretatie. De toepassing buiten op locatie wordt door de deelnemers gezien als een must, hierdoor wordt het gehele beeld realistischer.

Coördinatie

Uit de interviews komt naar boven hoe belangrijk bepaalde data is voor de interpretatie van het model, zo wordt de bus als een onmisbare factor gezien.

Coöperatie

Deelnemers zien veel meerwaarde in verschillende toepassingen met verscheidene groepen deelnemers.

Eindinterview

Voorkeur

Extract 3.1

- Y: Ik vind dat het een combinatie moet zijn. Je moet eerst weten wat je wilt, je moet een overzicht hebben van wat moet ik er minimaal inzetten in zo'n gebied en daarnaast is het een toevoeging denk ik dat je met zo'n bril gaat kijken van hoe ziet dat er dan uit. Ik denk niet dat het al alleen die bril kan zijn. Dat samenspel denk ik.
- E: Ja zo zie ik het ook op dit moment.

Extract 3.2

- R: Maar je kunt dat overzicht wel beter vormen met behulp van zo'n 3D model eigenlijk, ik als niet ontwerper heb dat.
- E: Het blijft natuurlijk afhankelijk van met wie je aan tafel zit, een bewoner hoeft je ook geen tekening te laten zien.
- Y: Nee maar voor het ontwerpen, is het schetsen nog wel essentieel denk ik.

Meeste nadelen

Extract 3.3

- Y: De eerste in dit geval (AR schaalmodel), maar dat ging om de techniek.
- E: Ja ik kon daar weinig mee.
- Y: Ja de eerste kennismaking dan zit je gewoon met wat anders.

Extract 3.5

- Y: Eerste (AR schaalmodel).
- E: Ja goed, dat is ook een beetje onkunde. (...) Waar je de mensen mee moet hebben en je de politiek mee moet hebben. Als je zoiets kunt laten zien bij een inloop of wat dan ook, (...) Voor de burgers is het denk ik wel een heel mooi iets, want de burgers weten echt niet hoe het allemaal gaat worden als je een reconstructie of wat dan ook doet, voor burgers is dat denk ik heel fantastisch als je op een gegeven moment na zo veel jaar iets kunnen aanbieden bij informatieavonden ofzo, zo zou het kunnen gaan worden.

Voorkeur

Op het moment ligt de voorkeur bij een combinatie van methoden. Afhankelijk van waar in het proces je bent, kan AR toegepast worden. Hierbij is het vooral van belang dat de schetsfase blijft bestaan.

Meeste nadelen

Het AR schaalmodel had de meeste nadelen. Deelnemers denken dat de methode wel voordelen kan brengen in communicatie (begrijpelijkheid) en samenwerking zodra de technologie verbeterd.

Meeste voordelen

Extract 3.6

- E: Ik vind dat als het buiten goed werkt lijkt het me fantastisch.
R: Ik vond het nu al fantastisch.
Y: Ja met zo'n bril.
E: Dan maak je onderdeel uit van wat je gaat maken. Dus als je echt wezenlijke dingen daar een keuze uit moet maken en je hebt die mogelijkheid, ja dan lijkt me dat wel een meerwaarde.
R: Je ziet ook ineens de impact, ik kon me alles veel beter voorstellen hierdoor, want je ziet het in de echte grootte.
Y: Ja maar dan minder, dus eigenlijk een gewone bril.
E: Nou met name de kwaliteit van het product en ook naar beheer toe. (...) je kunt denk ik betere keuzes maken. Dan dat je op 2D en dan valt de praktijk toch een beetje tegen. Dus ik denk met name, hoe beter de investering aan de voorkant is om een goede keus te maken, des te meer je er later aan hebt. (...)

Toekomst

Extract 3.4

- E: Het zou voor mij fantastisch zijn dat de ondergrondse infra ook in 3D zichtbaar zou zijn, (...).
R: Ik vind het wel mooi dat je met verschillende disciplines juist samen naar iets kan kijken en iedereen brengt zijn eigen expertise in.

Extract 3.8: Coördinatie

- Y: Maar dan moet het verder zijn.
R: Ja, ik denk dat je er wel veel mee kan ja. Nu zo als het nu ging niet. Maar als je straks gewoon alles goed hebt met de techniek, dan is het veel duidelijker waar het nu echt om gaat en met welke factoren allemaal rekening moet worden gehouden.

Meeste voordelen

In het 1:1 AR model zijn de meeste voordelen ervaren. De toepassing helpt veel in het verduidelijken en begrijpelijker maken van ideeën; de beleving, grote en impact zijn meteen duidelijk en het beeld is realistischer. Daarnaast is het niet meer nodig alle informatie bij elkaar te zoeken doordat alles gevisualiseerd is in één model.

Toekomst

Aan de techniek moet nog wel veel verbeteren voordat het goed toepasbaar is en er zal door alle betrokkenen nagedacht moeten worden over de inhoud van een model. AR kan uitbreiden naar een goed middel om de belangen van verschillende partijen samen te voegen en te evalueren of dat werkt.



Master thesis
Kroon, R.
4 November 2018
Delft University of Technology

Cover image large
© Mudde 2016

Cover image small
© Srinivasiah 2017

