

Earthquake resilient building in Groningen

Determinants for implementation of earthquake resilient building

by Jeroen Bosveld



Colophon

Title: Earthquake resilient building in Groningen

Subtitle: Determinants for implementing earthquake resilient building

Publication: Master thesis

Author: Jeroen Bosveld
S1631195
j.bosveld@student.rug.nl

Faculty: Faculty of Spatial Sciences, University of Groningen

Study: MSc Environmental and Infrastructure Planning

Supervisor: dr. ir. Terry van Dijk

Version: Final

Place & Date: Groningen, 28th of August 2016

Abstract

The province of Groningen is experiencing a lot of shallow induced earthquakes due to the gas extraction in the area by the NAM. The combination of shallow earthquakes and an unprepared community with earthquake vulnerable buildings, is unique in its kind. To counter this problem, Groningen has to improve its resilience. The resilience of a community is an interplay of social, economical and physical components. This research focuses on the improvement of the physical component of resilience, by investigating what determines how earthquake resilient building regarding earthquake damage is implemented in the province of Groningen. Iterative desk research in combination with in-depth interviews has been conducted in order to determine these dimensions. Individual interviews have been executed within three different groups of practitioners, namely commissioning, design engineering and contracting parties. The interview outcomes have been complemented with the information retrieved from reports and documents of leading companies involved in development of knowledge regarding Groningen and its earthquake resilience. From this research three determinants have emerged; the limited knowledge, the generality of current methods used and the differences between specialisms. First, the novelty and uniqueness of the situation in Groningen makes it hard to have detailed and specific knowledge regarding correct ways to handle the transformation of earthquake vulnerable buildings to earthquake resilient ones. Next, insights turn out to be limited and this limitation causes the application of too general methods, which leads practitioners to take measures that are incorrect or go farther than would be necessary to achieve their goal. Finally, differences between specialisms have an effect on the interpretation of earthquake resilient building. There is no unanimity among practitioners in their view on implementing earthquake resilient building. Currently, Centrum Veilig Wonen, the central organization handling the damage claims and developing earthquake-related knowledge, is in the process of developing an expert system. Hopefully this system will help to eliminate the shortcomings formulated in the determinant dimensions mentioned above.

Keywords: earthquakes, resilience, gas extraction, earthquake resilient building, history, Groningen soil components natural gas, earthquake damage

Foreword

As a person born and raised in the lovely city of Groningen, the subject of the gas extraction induced earthquakes in the neighborhood really drew my attention. It is something a proud Groninger should be interested in and I was. As Wat Aans said it: "wie bin trots op grunn". I was urged to dive deeper in this topic and found a way to implement it in my thesis. Through time I collected a huge amount of information and started to grasp the seriousness of the situation. At times I was flabbergasted by decisions taken or opinions displayed on this topic. It was and still is an incredibly interesting subject.

In the beginning I heard people saying that it would become a fight to write a thesis, but I experienced it differently. Sometimes putting your thoughts on paper was exhausting, but the subject always remained interesting. Maybe my background in architecture had something to do with it. It probably did.

Sometimes I hoped that my thesis would magically appear on my laptop display, finished and all. This did not happen though. Eventually, I had to do it by myself, and nobody would do it for me, but I did not do it without any help. I received help from different people. First of all, my supervisor, Terry van Dijk. Before my thesis I did not have many moments that our paths crossed and I did not know what to expect. In the end I was happy with the supervision. The meetings always gave me new insights and new motivation. The meetings were at moments that I often had a dip. After the meeting I left the room with new energy and I could not wait to implement the new insights gained. Besides the help of my supervisor, I got help from my mother. I did not always ask for this help, but it was always helpful and well intended. Luckily there was still some time for her to read my thesis and bring it to a higher level. She is also the one that made it possible for me to broaden my horizon and do this master. Without this, I would not be able to do it. I am really happy with my choice for this master and I would choose it again. Lastly, I am of course obliged to thank my girlfriend for her support. She endured my mental absence, when I was sorting things out in my head about some aspect of my thesis. She also managed to tolerate my crankiness, when things did not go as I planned or hoped.

Finally, I really like to thank the interviewees. They were able to find time in their busy schedules for me to interview them. Without them this research was not possible. Thanks everybody and enjoy the reading.

Table of content

Colophon.....	I
Abstract.....	II
Foreword.....	III
Table of content	IV
List of figures.....	VI
List of tables	VI
List of abbreviations.....	VI
1 Introduction	1
1.1 Overture: History of the Groningen gas quakes.....	1
1.2 Research objective & research question.....	10
1.3 Thesis structure.....	10
2 Theory.....	11
2.1 The concept of resilience.....	11
2.2 Conceptual model for a resilient Groningen.....	16
3 Methodology.....	18
3.1 Data collection.....	18
3.1.1 Desk research.....	19
3.1.2 Interviews.....	20
3.2 Area of research: Groningen gas field.....	21
4 Results	22
4.1 The uniqueness of the situation in Groningen.....	23
4.1.1 Rock formations for natural gas.....	23
4.1.2 Tectonic versus induced earthquakes	24
4.1.3 Influential factors on the experience of an earthquake	25
4.2 Earthquake damage categorization.....	27
4.2.1 Damage determination tables	29
4.2.2 Damage determination according to NPR 9998	30
4.2.3 High Risk Building Elements.....	31
4.3 Perspective on earthquake resilient building from literature	32
4.4 Practitioner's perception on earthquake resilient building	34
4.4.1 Distribution of new insights.....	35

5 Conclusion.....	37
6 Reflection	41
References.....	43
Appendices	47
Appendix I: Interview process	47
Appendix II: Interview reports	47

List of figures

Fig. 1	Timeline 1959 - 1986
Fig. 2	The gasgebouw
Fig. 3	Timeline 1986 - 2012
Fig. 4	Timeline 2012 - present
Fig. 5	Extracted gas
Fig. 6	Panarchy model adaptive cycle
Fig. 7	Ecosystem functions and their event flows
Fig. 8	Nested adaptive cycles and cross-scale interactions
Fig. 9	Connectedness of the social (S), economical (E) and physical (P)
Fig. 10	Conceptual model
Fig. 11	Recent earthquakes (>2 on Richter's scale), gas field and extraction points
Fig. 12	Damage claims per municipality
Fig. 13	Cross-cut of the Groningen gas field
Fig. 14	Vs30 mean of Groningen soil
Fig. 15	PGA Contourplot Groningen
Fig. 16	Overview High Risk Buildings Elements
Fig. 17	Calculating methods earthquake behavior NPR 9998

List of tables

Table 1	List of Interviewees
Table 2	Tectonic versus Induced Earthquakes
Table 3	Mercalli scale
Table 4	European Macroseismic Scale
Table 5	Ease of Repair table
Table 6	Interviewee information
Table 7	Release dates NPR 9998
Table 8	Perception earthquake resilient building

List of abbreviations

BOA	Begeleidingscommissie Onderzoek Aardbevingen <i>Accompagnement Committee Earthquake Research</i>
CVW	Centrum voor Veilig Wonen <i>Centre for Safe Living</i>
DSM	De Staatsmijnen <i>The State Mines</i>
EBN	Energie Beheer Nederland <i>Energy Management the Netherlands</i>
EMS	Europese Macroseismische Schaal <i>European Seismic Scale</i>
GBB	Groninger Bodem Beweging <i>Groningen Soil Movement</i>
HRBE	Hoog Risico Bouwelement <i>High Risk Building Element</i>
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

	<i>Royal Dutch Meteorological Institute</i>
LFM	Zijdelingse belastingsmethode <i>Lateral Force Method</i>
MIT	Massachusetts Technologisch Instituut <i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MRS	Spectrale modale responsberekening <i>Modal Response Spectrum analysis</i>
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij <i>Dutch Petroleum Company</i>
NCG	Nationaal Coördinator Groningen <i>National Coordinator Groningen</i>
NLPO	Niet-lineaire push-over berekening <i>Non-Linear Push-Over analysis</i>
NLTH	Niet-lineaire tijdsdomeinberekening <i>Non-Linear Time History analysis</i>
NPR	Nederlandse Praktijkrichtlijn <i>National Guideline for practice</i>
OvV	Onderzoeksraad voor Veiligheid <i>Research board for Safety</i>
PGA	Piek grondversnelling <i>Peak Ground Acceleration</i>
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen <i>State Survey of Mines</i>
Tcbb	Technische commissie bodembeweging <i>Technical Committee Subsidence</i>
TNO	Nederlandse organisatie toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek <i>Dutch organization for practical science research</i>
URM	Niet-versterkt metselwerk <i>Unreinforced Masonry</i>
WAG	Waardevermindering voor Aardbevingen Groningen <i>Devaluation for Earthquakes Groningen</i>

1 | Introduction

"It is Wednesday the 22th of July 1959 when on the property of agriculturist Boon in Kolham the Slochteren gasfield is discovered, which later on appears to be the largest gas field of Europe. Since then vastly 2000 billion cubic meters of natural gas has been extracted, which has provided the State Treasury with approximately 265 billion euro's. Thanks to the discovery of the gas, Groningen is portrayed by European statistics to be the wealthiest region of the continent. In reality the region has the highest unemployment rate in the country for decades and also the average income is at the bottom of the list. But nevertheless the main worry is nowadays something totally different: earthquakes" (translated from Dutch) (Schouwman, 2014)

1.1 | Overture: History of the Groningen gas quakes

The discovery (1959-1986)

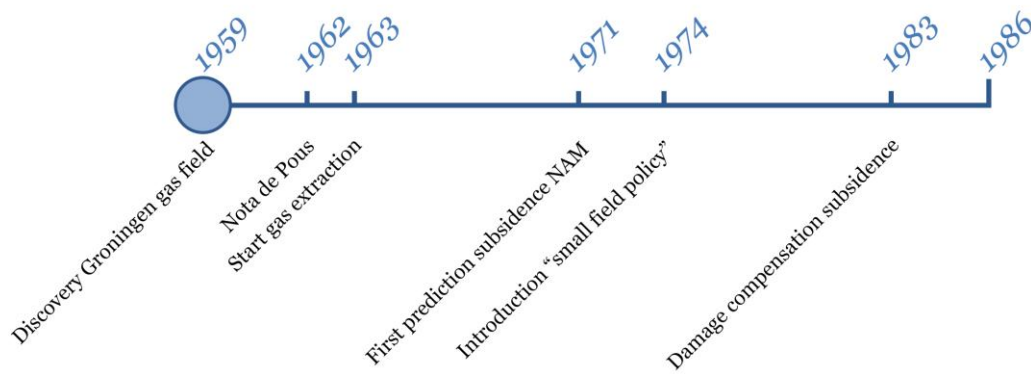


Figure 1: Timeline 1959 - 1986

It all started in 1959, when the NAM discovered a massive gas field in the province of Groningen. This gas field was found at a depth of approximately 3 kilometers in a Rotliegendes porous sandstone. This layer of sandstone was 130-140 meters thick and stretched 45 kilometers from North to South and 25 kilometers from East to West. Due to the porousness of this kind of sandstone, a total of 18% of it was filled with natural gas. This meant a total of 2800 billion cubic meter of natural gas (Botter, 2009). Prior to the discovery of the Groningen gas fields, natural gas played just a minor role in the Dutch national energy supply and was mainly for own use. A possible gas surplus was sold to the national government for a reasonable price. This system of buying the surplus from the extractor was useful, until the discovery of the gas field in Groningen. Until that moment there was no demand for such an amount of gas and also the infrastructure was not sufficient to handle these kind of volumes. The purchase of the gas surplus by the national government made this gas field a big financial risk. Through the "Nota De Pous", the national government got involved in the extraction, transport, and the sale of the gas, and basically forced the NAM in a public-private partnership. The Nota was designed for a short period, because the assumption was that the time span to profit from natural gas was limited. The national government thought other forms of energy, such as nuclear energy, would expel fossil fuels from the energy market within a couple of years. In 1963, as the extraction of the gas field started, the whole chain from extraction to sale of the gas was possessed by two companies, Shell (former Betaafse Petroleum Maatschappij) and Exxon Mobil (former Standard Oil) and

the national government through EBN (former De Staatsmijnen, DSM) (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2015). In Figure 2 you can see the current situation with involved parties in the gas extraction and their relations. In that period the inhabitants were positive about the gas extraction, because it brought employment and financial benefits to the area. There were no direct revenues for the inhabitants though (Economie Groningen, 2013).

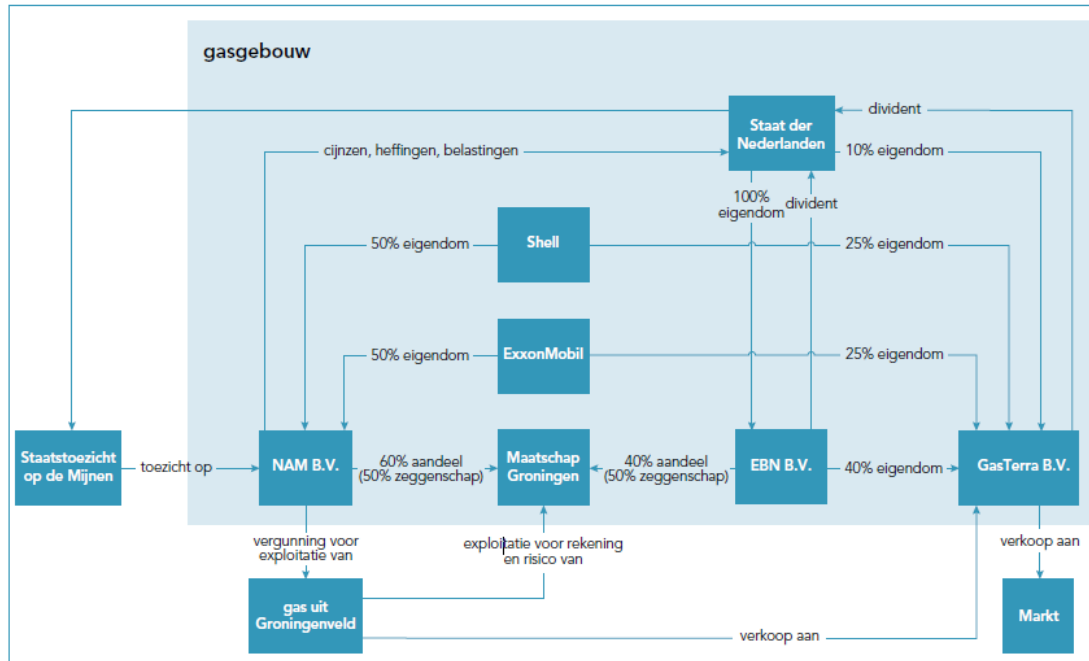


Figure 2: The gasgebouw (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2015)

Before any gas was extracted, the NAM knew subsidence would occur due to the harvest of the natural gas. Therefore the NAM came in 1971 with a prognosis of a maximum of 1 meter of possible subsidence in the centre and less towards the borders of the drilling area. This meant that dykes, dams, water pumping stations and waterways had to be altered to cope with the subsidence. Over the years these forecasts were constantly altered. In 1971 they began with the prediction for subsidence of 1 meter. In 1978 it would just be 45 cm., in 1984 65 cm., in 1990 38 cm., 42 cm. in 2005 and again 45 cm. in 2010 (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2015).

In 1973 the national government changed their approach to a more quality based gas extraction due to the oil crisis. Instead of extracting as much gas as possible as fast as possible, which was intended by the "Nota De Pous", they wanted to extract all the possible gas from all over the country. Fossil fuels did not seem so obsolete anymore. Now the national government wanted to use all their exploitable gas fields optimally and stimulated gas extractors to harvest also the smaller fields in the country. The extraction of smaller fields was relatively expensive. The fluctuation in the gas demand would be compensated with the gas of the Groningen gas field. These policy changes were part of the Kleineveldenbeleid (Small fields policy) and were later solidified in the Gaswet 2000 (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2015).

The subsidence and the necessary alteration of dykes, dams, water pumping stations and waterways cost a lot of money, but who would pay this bill was not clear. Eventually the NAM and the province of Groningen reached an agreement about the compensation for the

damage of the subsidence on the 31st of August 1983. The NAM would compensate all damages to a total maximum of 650 million gulden (approximately 395 million euros). The agreement was for an unlimited time, but would end if the subsidence was larger than the predicted 30 centimeters or the costs would exceed 650 million gulden. Part of the agreement was the installation of Comissie Bodemdaling (Committee Subsidence). This committee determined which measures would be necessary for prevention of damage due to the lowering of the surface, and which costs had to be compensated (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2015).

Corporate denial (1986-2012)

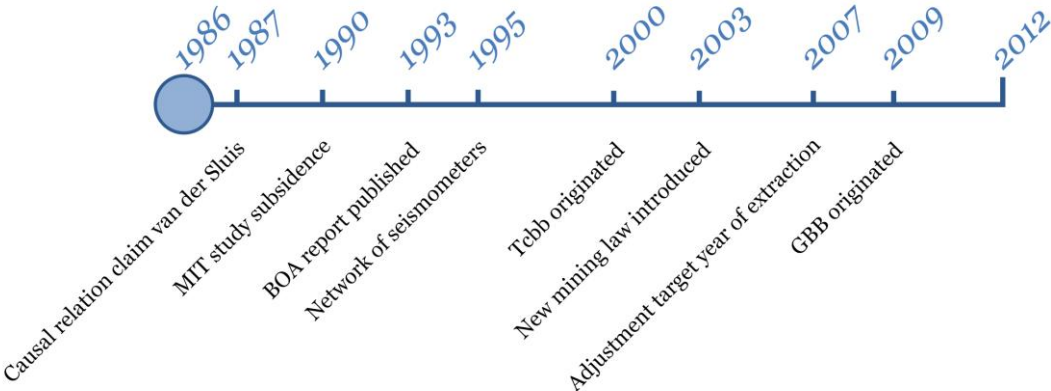


Figure 3: Timeline 1986 - 2012

On 23rd of December 1986 an earthquake occurred nearby Assen and for the first time a connection was drawn between the gas extraction in Groningen and the earthquake. Naturally an earthquake would not occur in this area and therefore a causal relation was stated by dr. M.W. van der Sluis. The socio-geographer held the NAM responsible for the earthquakes and related damages. The NAM countered this indictment by replying that it was impossible for the gas extraction to cause an earthquake and so there could not be any connection between gas extraction and cracks in buildings. Regarding earthquakes in 1989, questions were asked in the House of Representatives. These were mainly focused on the technical aspects of the subsidence, but also questions were asked about the cause of the earthquakes. The Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI, Royal Dutch Meteorological Institute) stated that air pressure variations were the cause, but Representatives of the House wondered if this was really the case. The Minister of Economic Affairs concluded that the origin of the earthquakes could not be determined, but a connection with the gas extraction was considered improbable. However it was not excluded. To accumulate more knowledge about these phenomena, the KNMI realized a network of seismometers in the surrounding area of Assen (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2015).

The debates whether the gas extractions caused the earthquakes or not, sparked the further research regarding this subject. In 1990, the Massachusetts Institute of Technology (MIT) was commissioned by the NAM to investigate the subsidence in the Groningen area, but also the correlation between gas extractions and earthquakes. They concluded that the relation between gas extractions and earthquakes was highly improbable. They based their research on examples of aseismic earthquakes which were triggered in oil and gas fields around the world. Also, if an earthquake would occur, they would have a maximum of 3 on

the Scale of Richter (NAM, 2015). Although these "soft" shakings would be highly uncommon, it was recommended to map out the possibilities of such quakes.

In 1993, the discussion about the relationship between earthquakes and gas extraction took a different turn as the Begeleidingscommissie Onderzoek Aardbevingen (BOA, Committee for Accompaniment Earthquake Research) published a multidisciplinary research. This research concluded that in specific circumstances earthquakes could occur due to the extraction of natural gas. They specified this with a conclusion by pointing out that the maximum force of such an earthquake would only be 3,3 on Richter's scale. The damage to buildings would then be miniscule. To monitor the earthquakes more accurately, a network of drill-hole seismometers were set out in 1995. This made it possible to detect earthquakes as small as 1,5 on Richter's scale. The maximum force of earthquakes was also adjusted to 3,4 on Richter's scale and the possible damage to buildings was upgraded from miniscule to small. In 1997, accelerometers were placed in the area besides the already present network of seismometers. This way the movement of buildings could be measured in more detail and an overall image of the effects could be established (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2015).

In 1997, the view on the gas extraction induced earthquakes was disrupted, when one occurred in Roswinkel with a force of 3,4 on Richter's scale. This magnitude was equal to the maximum magnitude predicted by the KNMI. A new prognosis was made by the KNMI and this time with a maximum magnitude of a quake set at 3,8 on Richter's scale. The prediction of the possible damage to buildings was also adjusted. Now it was light damage, but no constructive damage. Only a few buildings could encounter moderate damage with light constructive damage though. Around the same time, another report was published by TNO Bouw, commissioned by the Ministry of Economic Affairs. This report stated that there was a big difference in experienced damage between deep natural earthquakes and the induced shallow earthquakes in Groningen. These shallow quakes would have a larger impact with more damage than the deeper natural ones (Staalduinen & Geurts, 1998).

In 2000 the Technische commissie bodembeweging (Tcbb, Technical committee surface movement) was created by the Minister of Economic Affairs. This committee could supply people with technical expertise regarding damage claims, when they did not agree with the settlement of the NAM. Besides the technical advice for inhabitants, the committee also assisted the Minister of Economic Affairs in assessing gas extraction by the NAM.

The impact of the gas extraction was larger than first predicted and therefore a new mining law was introduced in 2003. This law demanded that the NAM had to submit a extraction plan prior to any extraction activities. This plan had to contain a risk analysis of possible earthquakes and their origin and size. Besides the plan, the NAM also had to inform the Minister of Economic Affairs about earthquakes, damage and mitigation measures. The extraction plan that was submitted on 19 December 2003 by the NAM first stated that only two or three earthquakes might occur yearly, with a maximum magnitude of 3,8 on Richter's scale. Later on this was changed to five or six earthquakes yearly, with a force larger than 1,5 on the scale of Richter. The new mining law also increased the research on the risk about the gas extraction induced earthquakes.

After three big earthquakes in Loppersum in 2003, the concerns of the inhabitants started to increase drastically. Followed by an earthquake with a magnitude of 3,5 on Richter's scale in the area of Middelstum, tempers ignited and concern grew further. Although several experts stated that this was probably the maximum force of an earthquake,

the serious concerns of the inhabitants remained. The Vereniging Groninger Dorpen (Union of Villages of Groningen) showed serious inquietude in the town council about the increasing force of the quakes and the long term effects on housing. The people started to seriously doubt the prediction of the NAM, because of the constant alteration of the maximum possible force. Apparently the NAM did not know for sure. Also the multiple statements about the neglectable effects on buildings was seriously questioned. These concerns and doubts also reached the Minister of Economic Affairs as the Province of Groningen sent a letter to the House of Representatives.

In 2007 the NAM adjusted their target year to empty the Groningen gas field from 2040 to 2068. In the new plan they upheld the prediction about the maximum amount and force of the earthquakes. They also upheld the prediction of possible small non-constructive damage to many buildings and moderate damage with small constructive damage to only a few buildings. Besides these many prediction, it was now also possible for the inhabitants to file for compensation of any damage caused by the earthquakes. The applicants had to prove the damage was caused by the earthquakes though. Otherwise the compensation was not granted (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2015).

The remaining concerns of the inhabitants and municipalities initiated two investigation by TNO which were commissioned by the province of Groningen in 2008. TNO had to study the approach of the research of the origins of building damage and to evaluate the knowledge about the force of future earthquakes, the size of the subsidence and what effect this would have on the built environment. Also an advisory group of inhabitants was created. This group showed their displeasure about the fact that KNMI stood by their statistical calculation and prediction of the maximum force of an earthquake. This displeasure was based on the increase in amount and force of the earthquakes. The Groningen gas field was not stationary, as the KNMI assumed them to be. Also the data, which fueled these calculations, were not homogeneous, as this data was based on different gas fields in the country. In 2009, this advisory group continued as Groninger Bodem Beweging (GBB, Groningen Surface Movement). The GBB was created for the interests of the inhabitants which encountered nuisance or damage from the gas extraction from the Groningen gas field. Although the damage claims were limited, the displeasure towards the NAM regarding the settlements increased. The inhabitants did not feel to be taken seriously, and especially in complex cases the origin of the damage was a prolonged discussion. And after repair, the damage was often still visible. The GBB proposed in 2012 that a structural vision for the area should be drafted by both the Ministry of Infrastructure and Environment and the Ministry of Economic Affairs. This vision had to deal with the unpredictability of future impacts of the gas extraction in Groningen, problems about the scaling of damage, and the failing and unreasonable compensation procedure.

In 2010, the KNMI published a report about seismic activity of the Groningen gas field until then. The seismic data showed that the connection between magnitude and frequency of earthquakes around the Groningen gas field was different than the one found for other gas fields in the country. The Groningen gas field was the most active one. In this report, the KNMI again predicted a maximum possible force of 3,9 on Richter's scale for earthquakes in the Groningen area. The KNMI also predicted that the seismic energy increased, as well as the amount of small and big quakes. It was pointed out that this should be taken into account in future studies, because the seismic energy was perceived to be constant, prior to this research. The Groningen Asset Reference Plan 2012, published by the

NAM, inferred that the majority of the earthquakes, related to the gas extraction, would be too weak to cause damage to buildings, although it was expected that in some cases it could cause minor damage (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2015).

Acknowledgement (2012-present)

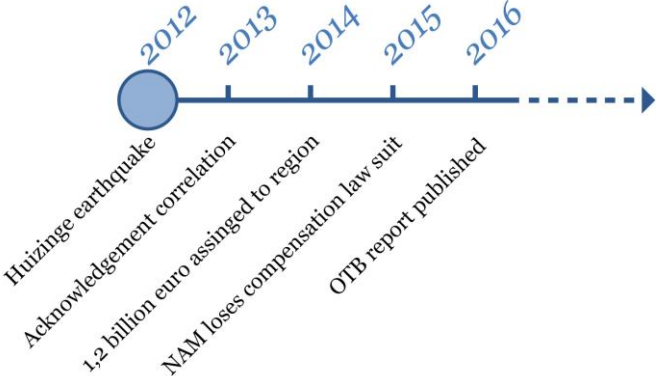


Figure 4: Timeline 2012 - present

The 16th of August 2012 was a pivotal point in the history of the gas extraction in Groningen as another earthquake struck in the area of Huizinge. This time the earthquake had a magnitude of 3,6 on Richter's scale, the biggest one to date ever measured in Groningen. Also the length of the quake differed from previous ones. This occurrence had a drastic impact on the sentiment of the inhabitants, as people became anxious and scared, especially the people with damage to their houses (de Haan, 2016). Local news station even interrupted the normal programming with extra broadcasts to give the latest updates about the aftermath. This time there was a lot of damage to buildings and the NAM encouraged residents of the area to report their damages. Also information evenings were organized for dialogues between NAM, local governments and inhabitants, in order to take away uncertainties about the gas extraction and the earthquakes.

Following the earthquake in Huizinge, the Staatstoezicht op de Mijnen (SodM, State Survey of Mines) initiated their own research, because they felt the NAM and the KNMI did not see the urgency for further research. SodM stated that the magnitude and occurrence of the earthquakes increased clearly and that a maximum force could not be predicted on the basis of just the seismic data. Other data were necessary, but these were unfortunately not available for the Groningen gas field. A higher maximum magnitude could not be excluded and also a connection to speed of the gas extraction was established. After proposing the findings to the NAM, KNMI and TNO, all involved parties agreed that the situation in Groningen had a high potential to escalate. In the end they all finally agreed on the fact that a maximum magnitude was impossible to predict. However the linkage between the velocity of extracting gas and the earthquakes was rejected though.

The KNMI also published a research in 2013 regarding the earthquake in Huizinge, which concluded that there existed a correlation between the increased production of gas and the amount of earthquakes. Also a prediction for a maximum magnitude was impossible to make. When looking at other oil and gas fields outside of the Netherlands, a magnitude of 4,2-4,8 on Richter's scale could be expected. The KNMI stated that a shallow earthquake with a force of 5 on the scale of Richter would cause the following; most people will become scared

and flee their houses. Furniture will move and objects will fall. Many buildings will sustain small to medium damage, such as cracks in walls and toppled chimneys.

Subsequently SodM sent a letter to the Minister of Economic Affairs which stated that the risks were very high and that the gas extraction had to be decreased as fast as possible and to a level as low as possible. The Minister of Economic Affairs however did not find it justified enough to decrease the gas extraction, because of the different perspectives on the situation. The Minister of Economic Affairs however did not make any changes to decrease the earthquakes, by for example decreasing the gas production. He did order 14 different researches to investigate several aspects of the situation, such as the availability of the Groningen gas and the State Budget. In all discussions between the governmental organizations and research institutes, an important party was neglected though. This party was the population of the earthquake stricken area.

In May of 2013 the Province of Groningen invoked the Commissie Duurzame Toekomst Noord-Oost Groningen (Committee Sustainable Future for North-East Groningen), which had to give independent advice on the future of the area around the Groningen gas field. They pleaded for a long term program involving structural actions for the area. This program had to contain at least three tracks. First, the safety and a secure future for the local companies and inhabitants should be a priority. Secondly, the quality of life must be restored. Thirdly a sustainable economical perspective for the region should be made. All these directions had to be filled in structurally by the national government, NAM and the residents, companies and administration of the region involved.

SodM advised the Ministry of Economic Affairs on the 29th of November 2013 to reject the newly filed altered gas extraction plan of the NAM. The advice was based on the opinion of the NAM that the risks of the gas extracting activities were acceptable. The advice did not contain any actions to limit or decrease the risks, such as reducing the gas production. SodM also advised the Minister to close at least five locations of gas extracting stations around Loppersum for at least of three years, because of the risks that were too high in this area.

In a research done by the University of Groningen, the concerns of the inhabitants were visualized. The respondents were mainly concerned about the material damage and really doubted if the NAM was open and honest about the situation. Furthermore they had confidence in the municipality and the province, but the national government was viewed rather negatively. The respondents generally believed that the gas extraction had to be reduced, but did not had to stop entirely. In January 2014 the national government, the province of Groningen, and the municipalities agreed to make 1,2 billion euro's available to upgrade the live-ability in the region. A crucial role was portrayed for the involvement of residents, companies and the local administrations. They had to determine collectively how the money was used.

The new extraction plan of the NAM was finally approved, but measures had to be taken to reduce the risks. The production of five locations for the extraction of gas were reduced with 80% and also the total production had to be divided optimally over all the drilling locations. Figure 5 shows how much gas was extracted since the discovery of the gas field. It is visible that the gas production is being reduced, but it is still at relative high level. Besides these measures, the Minister decided to invest in the pre-emptive re-enforcement of

buildings and infrastructure, and in appropriate damage settlements (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2015).

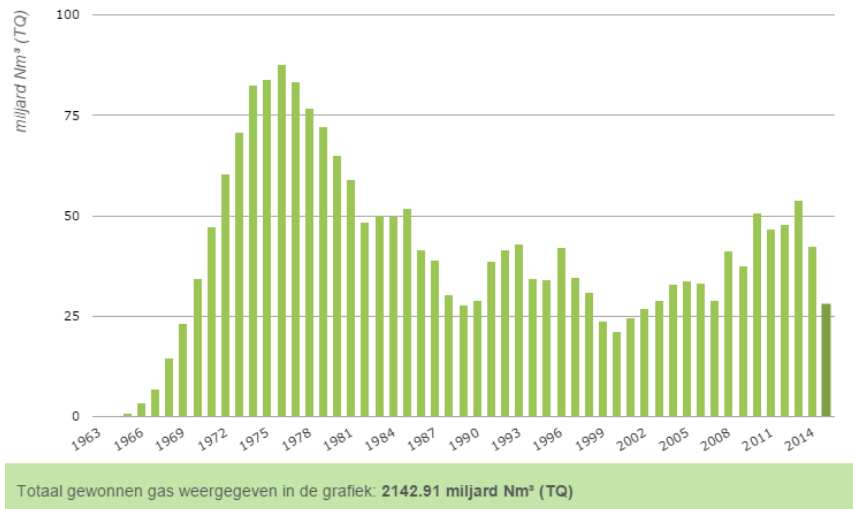


Figure 5: Extracted gas (NAMplatform, Feiten en cijfers - Gaswinning, 2016)

Now the causality between the gas extraction and the earthquakes is agreed upon by the involved parties, the NAM has to take measures to decrease the impact of the gas extractions. A rather large part of these measures consists of several financial arrangements. The first one is aimed at the construction of new buildings and provides financial compensation and technical advice regarding earthquake resilient constructing. The second arrangement is about innovation, where support is given in favor of innovating ideas about earthquake-proof new housing. Thirdly, there is a arrangement for special occasions which concern people that experience social, medical, psychological and financial problems due to the damage to their houses. The support from this measure can vary from financial compensation to practical aid. The fourth one has a focus on the live-ability and sustainability of the region itself. Social organizations, corporations and companies with a public function and no aim for profit, can apply for a contribution for the improvement of the livelihood of the region. The fifth arrangement invests in the local community. This can be a donation to the village center to purchase solar panels or a contribution to local employment initiatives. The last and sixth one is about the compensation for the devaluation of the property due to the earthquakes (NAM platform, 2016).

Henk Kamp, the current Minister of Economic Affairs, proposed an amendment to the House of Representatives on the 16th of November 2015, which stated among other things that the proof of damage to a house which could possibly be due to the earthquakes will be reversed. From now on the NAM had to proof that the damage of a house is not caused by the earthquakes, instead of the home owner to proof that the earthquakes caused the damage. This is only the case when a claim is taken to court. This reversal should make it more easy to settle damage claims and prevent going to court (Rijksoverheid, 2015).

On Wednesday the 2nd of September 2015, the NAM received a big blow in a lawsuit, issued by the foundation Waardevermindering door Aardbevingen Groningen (WAG, Devaluation by Earthquakes Groningen), which was about the time of payment of the compensation of the devaluation of homes. The WAG represents 900 home owners and 12 housing associations, which cover in total approximately an amount of 100.000 houses. The

value of these houses dropped drastically due to the earthquakes and this should be compensated. Both parties already agreed on a financial compensation for these home owners, but the moment on which this should be paid was the problem. The NAM wanted to pay out the difference in value at the moment of the sale, but the WAG argued that this should be done at every possible moment the owner wishes. The court in Assen ruled in favor of the WAG and home owners could claim the compensation for the devaluation of their homes at every moment. The NAM appealed this verdict and further trials and outcomes must be determined. The estimated value drop for 3/4 of these houses is 2-5% and this adds up to a total of 1 billion euro's in devaluation (Weissink, 2015). A more recent research by the University of Groningen calculated that the devaluation of the buildings lies around 954 million euro's. In this research the total amount of buildings is 180.000, instead of the 100.000 of the WAG (ANP, 2016).

The OTB for built environment of the Technical University of Delft published a report in January of 2016 which concluded that the livelihood of the Groningen area was severely damaged due to the induced earthquakes of the gas extraction. In this research 15.000 households of the 19.000 households questioned said they felt unsafe in their own home due to the earthquakes. That is a staggering 29% of the total amount of households in the area. Especially after the heavy earthquake in Huizinge, the live-ability declined severely. Just 77% of the households in this region were satisfied with their residential area, which cumulates with the worst scoring areas in the Netherlands. Approximately a quarter of all the households want to move. Within the group of home owners 51% wants to move and out of the renting residents this is 26%. A large part of these homes say they will stay when the gas extraction is drastically reduced. If these people really leave the region this will put a lot of pressure on the live-ability of the area. Besides these feelings regarding livelihood, the inhabitants feel that the government and the NAM act insufficiently to counter the negative effects of the earthquakes. Also the government is perceived to take the side of the NAM and is not taking her responsibility. The earthquakes in combination with the already present crimp is really threatening for the housing market and the total stability of the area (Boelhouwer, et al., 2016).

When looking at the quite long history of the gas extraction and the induced earthquakes in Groningen, mistakes were made and a different approach was probably more preferable. First the connection between the gas extraction and the occurring earthquakes was denied and was even seen as impossible and absurd. All the different research institutes involved stated over and over again that a connection was very improbable. When finally the proof was there and a correlation between the two was undeniable, organizations such as the NAM and KNMI tried to predict an apparently unpredictable phenomenon. Through ever changing prediction for maximum magnitudes and potential damages, the situation was trivialised. Now a new conflict is at hand, as the inhabitants want to be reimbursed for their damages and devaluation of their homes.

Although the history must not be forgotten, the focus has to be on the future of this area now. For decades the area and its population have been neglected in the process of the gas extraction, even though they were the ones that paid the price for the effects of the induced earthquakes. As long as gas extraction will proceed in the area, earthquakes are bound to happen, and when these occur, the area has to be able to withstand these. It is now a priority to make the region of Groningen and its population resilient so that it will be able to cope with the possible earthquakes of the future.

1.2 | Research objective & research question

The bottom line is that the society of earthquake stricken Groningen has to become resilient in order to create an area that can prosper. Becoming or being resilient is a rather large and abstract concept and can be viewed from a variety of angles. To transform the holistic concept of resilient to an analytical one, it can be divided in three aspects that integrally form total resilience. These aspects are the social, economical and physical. Improving one of these aspects will likely benefit the resilience as a whole. This research will therefore only touch upon a single aspect of the total process of being a resilient society, because researching the resilience as a whole will unfortunately be too major to fit in this thesis. This research will focus on the physical part of resilience in the case of Groningen and its induced earthquakes. To be more precise, it will be centered around earthquake damage repair and the implementation of earthquake resilient building. This aggravation has been made, because improvements on this level may have a considerable impact on societal resilience as a whole. The creation of homes which can withstand the vibrations of the possible future earthquakes will have probably a positive effect on the mental condition of its residents and will also be beneficial to the value of the building. It will also have a positive impact on the society of Groningen as a whole. The following main research question will guide this study, whose results will provide new insights regarding earthquake resilient building in Groningen.

What determines the implementation of earthquake resilient building following damage caused by gas extraction induced earthquakes in the province of Groningen?

In addition to this main question the following sub-questions have been formulated:

1. *What makes the situation in Groningen and its induced earthquakes unique?*
2. *How is induced earthquake damage categorized?*
3. *What is earthquake resilient building based on relevant reports and documents?*
4. *What is earthquake resilient building as perceived by practitioners?*

1.3 | Thesis structure

This thesis opened with an overture that took the reader for a journey through the long and remarkable history of the gas extraction and its induced earthquakes in the province of Groningen in order to provide the broad setting that motivates this study. The second chapter will establish a theoretical framework regarding resilience in combination with the situation in Groningen. The chapter will be concluded with a conceptual model, which will guide this research. The third chapter will touch upon the used research methods and will limit the physical area of research. The two methods used for this explorative qualitative research are desk research and semi-structured in depth interviews. Chapter 4 will include the relevant collected data, which will be structured according the sub-questions of this research in combination with the two research methods. In chapter 5, the conclusion, the main research question will be answered and the determinant dimensions in the implementation of earthquake resilient building regarding earthquake damage in the province of Groningen are established. The reflection (chapter 6) will reflect critically on the research and which research possibilities can be exploited in the future.

2 | Theory

This research about the community of Groningen and the earthquakes that have occurred in this area have one major concept it revolves around. This is the concept of resilience and therefore this chapter will exemplify it thoroughly. First it will explain more in detail the evolution of the concept. This will eventually flow over in the connection between different fields of resilience. The physical, social and economical aspects will be connected into the case of Groningen and their earthquake resilience. This chapter will conclude with a conceptual model of a theory of resilience.

2.1 | The concept of resilience

The core of this research revolves around the concept of resilience, as the research is investigating the extent of implementing earthquake resilient building in renovation of damaged housing in the area of Groningen. It is exhibited that the rather engineering resilience of the housing will contribute to the socio-ecological resilience of the whole area. This chapter of theory will display the broad concept of resilience and its possible implementations. The evolution of this concept will be shown as well. The chapter will be concluded with the definition of resilience regarding this research and the implementation of it.

Sometimes I ask myself the question if some things cannot be easy for once. Why do a lot of things have to be this hard and complex? But for it to be more easy, the situation has to be simplified and pieces have to be removed from the equation. Unfortunately, this is just impossible to do for a lot of things. We just have to acknowledge that today's world is a very complex system. It is a mixture of never ending uncertainty with a high amount of unpredictability. Our world and its content are just so much intertwined that nothing really can function totally autonomously. To cope with such a high amount of unpredictability and uncertainty, a rather new concept has emerged for the field of planning. This is the concept of resilience. Although it seems to be understood pretty well, the exact definition of the concept is unclear and really depends on the context it is used in. This context is of high importance to understand the concept of resilience.

Origin of the word "resilience"

The word itself can be reduced to its Latin origin, *resi-lire*, with several meanings such as recoil, spring back or rebound. This is just a direct translation of the word and will give you a shallow understanding of the concept, but the context of its usage is more important. The field of physics was the first context where resilience was used. It described the stability of a material and its capability to resist an external shock. It was a technical term and could be measured by exact numbers (Davoudi, 2012). It took until the 1970s for resilience to take a leap to another field of expertise. This was the field of ecology as Holling tried to modify its accessibility to practitioners. Social and ecological perspectives had to be linked in a holistic approach to complex problems. Holling had the understanding that general conceptual notions of major questions were more important than highly detailed insight in minor ones (Curtin & Parker, 2014). Over time resilience popped up in various fields of study and the concept of resilience thinking evolved and developed.

Engineering view

Within the realm of resilience three perspectives are distinguished. The different kinds of resilience correlate with the field of study they originated in. The first type of resilience is derived from the field of engineering. This perspective perceives resilience as

the rate in which a system returns to its single, steady equilibrium after a disturbance. The faster the system returns to its steady state, the more resilient the system is. Besides the return rate, it is assumed that the system stays within a certain domain which contains the equilibrium. It is also stressed that there is just a single equilibrium (Pimm, 1984). Within this viewpoint the emphasis is on efficiency, predictability and constancy in the return time of the system (Holling, 1996). This perspective can best be compared with a spring, which will stretch out when hanging a certain amount of weight (disturbance) on it. When the weight is removed, the spring will bounce back to its original form (stable equilibrium). If the spring is more stern, the disturbance has to be bigger to impact the state of the spring and the spring exhibits more resistance.

Ecological view

Following the engineering resilience, the second kind was introduced as ecological resilience (Walker, Ludwig, Holling, & Peterman, 1969). This perspective approaches resilience as the magnitude of disturbance a system can absorb before the structure of a system changes. It is not only about bouncing back to a certain equilibrium, but also about the maximum shock a system can endure without exceeding the critical thresholds. The thought of a single stable equilibrium is deserted in the ecologists viewpoint. Resilience is perceived as having multiple equilibriums, because the exceeding of the before mentioned thresholds will alter the equilibrium of the system and a new alternative stable domain is created (Holling, 1973). This perspective can best be described as a big ball (system) lying in a valley (equilibrium) between two hills. When a disturbance moves the ball in a certain direction the steepness of the hills simulate the resilience as they slow down the ball. The steeper the hills, the more disturbance is needed to push the ball across the top of the hill (threshold). When the top of the hill is surpassed, the ball will roll into another valley and a new equilibrium is formed. The degree of ecological resilience can be seen as the steepness of the hills and the width of the valley combined (Peterson, Allen, & Holling, 1998).

Socio-ecological view

The third distinction and also the newest one, is the evolutionary or socio-ecological resilience. This perspective describes a system which does not return to a certain normality after a disturbance, but rather changes, adapts and most importantly transforms due to distress (Carpenter, Westley, & Turner, 2005). Within this point of view the system will form a new way of being after a disturbance, because a system rarely returns to where it was. Also it is conceived that the disturbance neither has to be external nor big in order to have such a system transformation as a result. The socio-ecological resilience has many similarities with Edward Lorenz's "butterfly effect", as small changes within the system can cause major shifts. Meanwhile large interventions to withstand the disturbances could have little to no effect. (Davoudi, 2012).

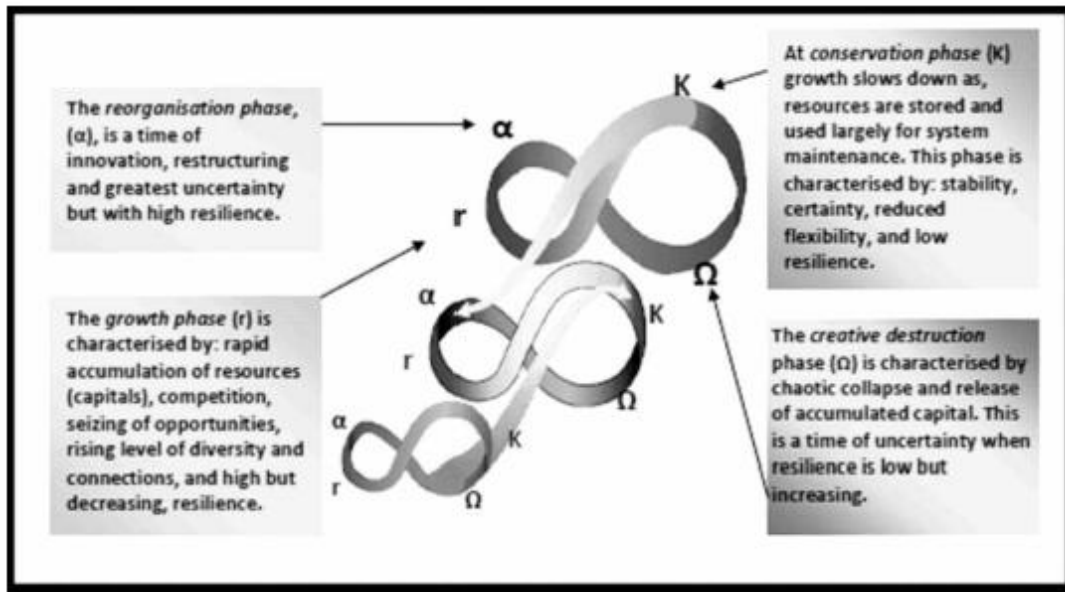


Figure 6: Panarchy model adaptive cycle (Davoudi, 2012)

The construction of the socio-ecological resilience perspective cumulates with the shift in the scientific view of the world. In early stages the world was perceived as mechanical, orderly and reasonably predictable, just as the first two categories of resilience. This view changed over time to a view assuming a chaotic, complex, uncertain and unpredictable world. In Figure 6 a visualization of the evolutionary or socio-ecological resilience process can be found. The model in Figure 6 is a combination and adaptation of two other models. The first one is a model representing the four functions of an ecosystem and the flow of events between them (Figure 7) (Gunderson & Holling, 2002).

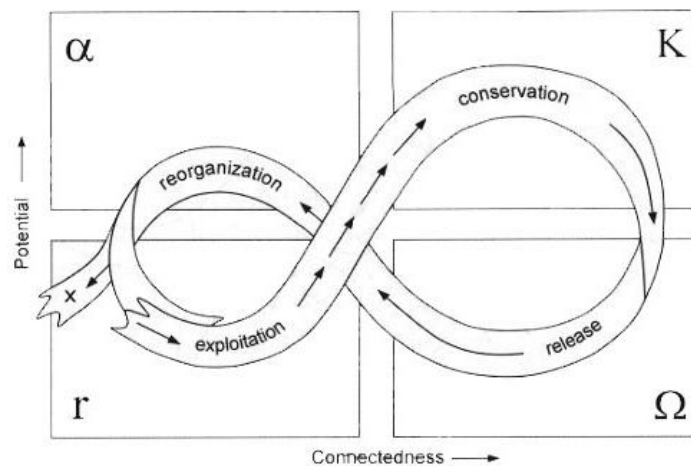


Figure 7: Ecosystem functions and their event flows (Gunderson & Holling, 2002)

The other model (Figure 8) shows several nested adaptive cycles with cross-scale interactions, such as revolt and remember. The smaller systems with cycles that move at a higher pass impact the larger, slower-cycling systems through revolt. This revolt function is able to cascade upwards when the system is at a level of low resilience. The bigger and slower systems subsequently influence the smaller systems by means of remembrance, which is based on resources and experiences of maturity. This can contain crises and spark possible renewal.

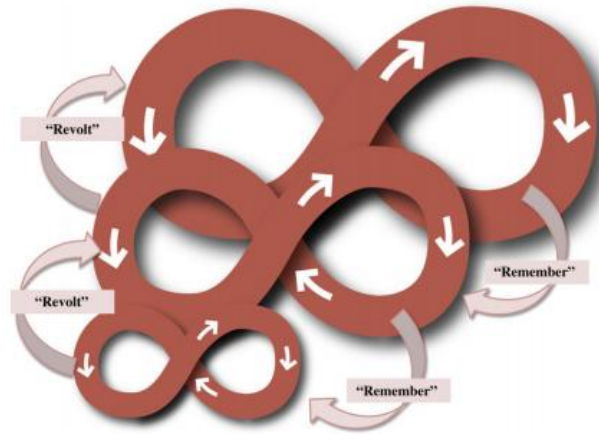


Figure 8: Nested adaptive cycles and cross-scale interactions (Curtin & Parker, 2014)

The panarchy model (Figure 6) introduced by Davoudi (2012) can be divided in four different phases. The growth phase (r) is about stabilizing and developing the structure and functions of a system with a certain amount of exploitation. This phase is followed by conservation (K), which has an emphasis on rigidification. The current conditions are solidified and the system matures, but also becomes less resilient, as the flexibility reduces and accidents are waiting to happen. The next phase signifies the window of opportunity for new system configurations after a system collapses. It is the phase for creative destruction (Ω). It is followed rapidly by a reorganization phase (α) in which the resilience is highest, where, however, also the uncertainty peaks. This means time and opportunity for innovation and transformation. This depends on a capability to see alternative futures. Just as the general paradigm shift of world view, this model too focuses on the process of becoming rather than being. Therefore, the phases within this model are not necessarily fixed or sequential and does a system not solely function within one cycle. It can be intertwined in several cycles and can operate at different speeds, scales and timeframes (Davoudi, 2012).

On an abstract level the division of these three different views on resilience is very clear and can be understood. Unfortunately, the real world is not this abstract and operates in a web of complexity. The simplification of these theories does neglect aspects of the real world. It can be argued that all three different perspectives are of importance, when applied in the real world. It only depends on the way the reality is viewed and which aspects are accentuated. In a complex world as the one we are living in, these different kinds of resilience are intertwined just as all aspects of reality. Nothing functions autonomous without influencing something else, especially when referring to resilience.

Robustness, adaptability and transformability

Resilience can also be assigned three attributes when approaching it from the socio-ecological perspective. These features are robustness, adaptability and transformability. They become of importance at different moments in face of a disturbance of the system (Galderisi, Ferrara, & Ceudech, 2010). Robustness describes the power to withstand the outside force of disturbance. This aspect of being resilient is important prior to the disturbance. Adaptability is focused on adjusting the system from within and making it less vulnerable. It has a short-term approach and has a reactive nature. Transformability amplifies the transition to another system after a disturbance and has a focus on the long-term view. However, it is not always required to transform due to a disturbance. This transformation can also be set in progress due to new insights and therefore it can have a reactive nature as well as a proactive nature.

Change and innovation are key points of this attribute (Restemeyer, Woltjer, & van den Brink, 2013). Most important of these three attributes is the part of transformability, because this is the one which mainly distinguishes the social-ecological resilience from the other, engineering and ecological resilience. The latter two are focused on bouncing back to a normal equilibrium. This equilibrium will be the same as the one before the disturbance. The transformability makes it possible to prevent going back to the previous state in which the disturbance had an impact. It is preferable to create a new equilibrium that is not impacted by previous experienced turmoil (Davoudi, 2012).

Resilience in the case of Groningen

The concept of resilience is clearly one of an abstract nature and therefore has the possibility to be implemented differently in various fields of study. As shown in the previous paragraphs resilience originated in the engineering field, but has spread to other fields such as economics and spatial sciences. Regarding this research, resilience appears to be interpreted from the engineering perspective, as this research focuses on the earthquake resilience of the built environment. More specifically it focuses on the implementation of earthquake resilient building during the renovation of housing which sustained damage caused by the induced earthquakes in the area.

In this case earthquake resilience can be placed between the engineering and ecological perspective of resilience. The engineering perspective assumes the return to the one single equilibrium without any change. This perspective does not fit in the case of Groningen. Also the viewpoint of the ecological resilience suggests the passing of a certain threshold will cause the origination of a second equilibrium to which the system will go back to and that will also not fit the profile of the Groningen case. The damaged houses can be renovated in basically two ways. Either the houses will be brought back to their old state without any added adjustment to cope with the possible earthquakes in the future or the damaged houses will be repaired and will be adjusted to a state which can withstand possible future earthquakes. The last one clearly is the most resilient solution as it can cope with possible future disturbances from now on.

The impact of the earthquake is not only limited to the physical aspect of the housing, but also to other aspects. People want to leave the area, house values drop drastically, and there is less migration to the area, but also feelings of fear, stress and discomfort arise (van Kam & Raemaekers, 2014). Apparently the earthquake induced complications of the physical environment have also an impact on other fields, namely the economical and social aspect. The economic aspect is tarnished as the value of housing in the area is dropping drastically. It is estimated at an average of 3% decrease in value, which can purely be ascribed to the earthquakes (Bolle, 2016). Also the social life is affected as residents feel discomfort, such as stress and fear. Besides the individual wellbeing, the society of Groningen as a whole is impacted as the migration from the area is bigger than the migration to the area. The social, physical and economical aspects are attached to each other and should be addressed as one total system as shown in Figure 9, a visualization of the three aspects of earthquake resilience.

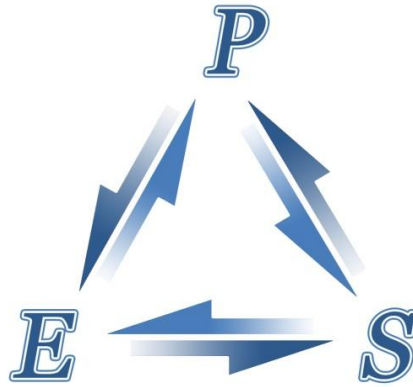


Figure 9: Connectedness of the social (S), economical (E) and physical (P)
 [Arrows back and forth between S, E and P = influences/impacts]

When the problem, which originated in the physical field, affects the economic and social field, the solution can also be originated in one of these three fields to improve the whole system. The improvement of the earthquake resilience of housing, the physical, can have a positive impact on the whole system and therefore also improves the economical and social aspects. It is plausible to assume that an earthquake resilient house will give the residents less fear and anxiety towards the possible future earthquakes and will increase the value of the building. And this is just a projection of a single household. It can also be projected on a larger scale such as the whole system of the society of Groningen. As the housing will become more earthquake resilient, the people will probably have less urge to leave the area as people experience less discomfort or fear. People from elsewhere even may consider to move to the area as it is safe to live there. The improvement of the physical resilience will have a positive impact on the economical and social life of inhabitants of the Groningen area. Be it on the scale of just a single household or the whole society of Groningen, it will help and improve.

2.2 | Conceptual model for a resilient Groningen

All the different aspects of resilience in the case of the Groningen earthquakes will be combined in a conceptual model. This model will be at the core of this research and will function as the basis of the empirical part of the research. This conceptual model revolves, visible in Figure 10, around resilience, the three different perspectives and of course the connection between the physical, social and economical aspect of things.

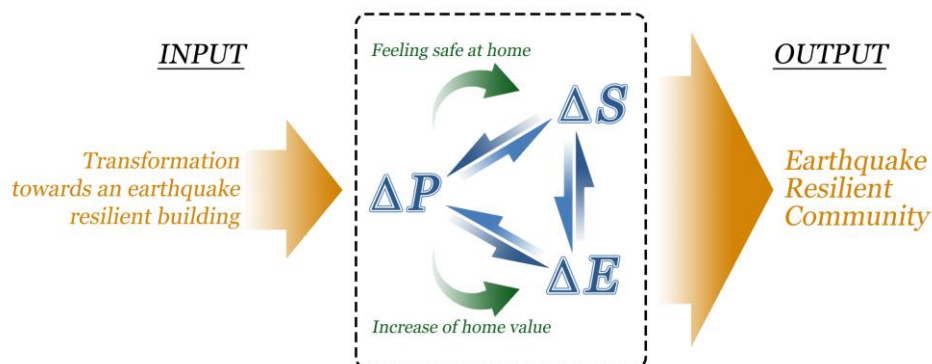


Figure 10: Conceptual model
 [Green arrow = result of P influencing E or S, delta = dynamic change over time]

The core of the conceptual model (Figure 10) is the triangle of connectedness between the physical, social and economical. For this research it will focus on the improvement of the physical by increasing the earthquake resilience of the built environment. By interfering in the physical and improving this aspect, it will have an impact on the two other aspects. This conceptual model visualizes the input of a transformation towards earthquake resilient buildings. This physical improvement will increase the feeling of safety of residents in their home (social) and it will increase the value of the homes (economical). By improving one aspect it will influence the other two. Eventually these physical improvements will contribute to a more earthquake resilient community.

3 | Methodology

After introducing the main research objectives in the first chapter and explaining in the second chapter the theoretical framework for this research, this chapter will provide methodology applied in this research. This research will be of an exploratory and qualitative nature. It can be described as an inductive research. The data will be collected by means of in-depth interviews with involved parties regarding the restoration of earthquake damage. Besides the interviews, desk research will be done via the exploration of several useful reports and documents. This chapter will be divided into two sections of which the first one will go into detail regarding the desk research and interviews. It will also be motivated why these methods are used in this research. The other section will elaborate on the physical area of research, the province of Groningen and its vicinity.

3.1 | Data collection

Although the situation in Groningen involving the gas extraction and the induced earthquakes has been going on for a couple of decades, the amount of knowledge is still limited and in the process of development. Because of the novelty and developing nature of the subject at hand, an approach with an explorative and qualitative character was chosen. This section will first address the how and why of the method of desk research, followed by the explanation of the semi-structured interviews used.

With respect to the collection of data this study there are two aspects that first must be addressed and acknowledged. The first one is the novelty of the subject at hand. The situation itself has been around for a couple of decades and it was researched, but with a rather low priority. Since the earthquake in Huizinge in 2012, this approach changed and the pace of the knowledge development accelerated rapidly. To counter the problem knowledge was necessary, and fast. The field of study is therefore pretty young and still in a premature and pioneering stage. New insights and knowledge are or still have to be developed. Many parties jumped into the field of study in 2012 and that is of course a good development, but the accumulated knowledge still has to be supported by further research. Measures that have been taken and insights that have been gained, just after the Huizinge earthquake, turned out to be false. The second aspect concerns the reticence of making newly acquired knowledge public. The subject is a very hot topic in the province of Groningen and affects many people. This can create a certain reserved attitude towards sharing knowledge and experiences. As an organization you do not want to present false knowledge and be held accountable for it. Also parties may try to reap the benefits of the prematurity of the subject and try to create an advantage for themselves.

Researching what determines the implementation of earthquake resilient building after earthquake damage, can be done in different ways. This research will investigate these determinants by combining interviews with desk research. Instead of using individual interviews to collect data from practitioners, group interviews could be used. Two downsides emerge when choosing for the group interviews as research method. Firstly, the interviewees have different positions in different kinds of companies and this creates different perspectives on the situation. These differences can be reduced and be less expressed, when asked about in a group. An individual interview would take away all these restraints of talking freely. Secondly, it would be almost impossible to get all these interviewees in one room at the same moment, as they have busy schedules. Maybe when planned half a year in advance, it would

be possible, but still no guarantee. Interviewing them individually would make it logistically more easy to arrange a meeting.

To collect different opinions about a phenomenon, a survey can also be very useful. It can be dispatched quickly to a large number of people and general patterns can be extracted. Unfortunately, it would create a few downsides for this research. Firstly, as it is an explorative research, things are not clear yet and have to be developed. Using a survey would require more established knowledge which is not present. Secondly, the use of interviews makes it possible to get extra information regarding the topic, as the interviewer can react to answers of the interviewees. This is difficult to do in a survey. It would require to ask open question in the survey and processing the answers of respondents would be hard. Lastly, an interview will provide richer information as interviews take place in a face-to-face meeting or by telephone. Answers in an interview can be verified or checked with the interviewee right away. This is not the case with a survey as a survey is often digitally distributed.

It can also be argued that a news media analysis can be used to do this research. However, the phenomenon of earthquake resilience is new and its research is still in its infancy and a news media analysis would be unfit. News media are more focused on portraying the province of Groningen as a disaster area than giving attention to the problem and its solutions. As a lot of knowledge is yet to be developed, not many publications are available to investigate. Desk research gives more insights as literature, reports and documents are easier to find. They are less subjective and less propagandistic.

3.1.1 | Desk research

The desk research within this research will be performed in an iterative way and it will have two functions. Firstly, it will provide information from which knowledge about the several subjects concerning the sub-questions of this research can be accumulated. In regards to the sub-questions, the desk research will have a emphasis on the first three sub-question. The relevant documents concerning the first sub-question will be analyzed by means of the factors which make the situation in Groningen unique. This will focus on the ground mechanics in the area and the differences between tectonic and induced earthquakes. The information regarding sub-question 2 will have an emphasis on the definition of earthquake damage, and the methods to determine earthquake damage. The third sub-question's relevant documents have an accent on the definition of earthquake resilient building and earthquake resilience as a whole. The second function of desk research is to provide guidance for the semi-structured interviews. This way the interviewee does not have to explain the basic knowledge concerning the topic of earthquake resilience. Regarding the desk research, the focus will be on documents and reports published by the Centrum Veilig Wonen (CVW, Centre Safe Living) or affiliated companies or organization. Within the situation of the Groningen earthquakes, these parties have a central position regarding the knowledge development. The desk research will be done prior to the interviews, but also can be done after the interviews, when the interviewee suggests certain documents.

The application of desk research was chosen, because the advantages of this method would fit accordingly within this research. An advantage for instance, is the relative quickness of processing the useful information and skipping the redundant parts. Also easiness of accessing document is a benefit of desk research, but in this research it could a bit harder, as before mentioned. A downside of this kind of data collection is the fact it is

secondary data you are processing. The information therefore already has a factor of interpretation in it and that can be inconvenient.

3.1.2 | Interviews

The use of interviews is a commonly known method of research, but within this method of interviewing there are a lot of different ways to execute them. This research will use the semi-structured in-depth interviews. Using semi-structured interviews has the benefit of specific key questions being answered, but also giving the possibility to go further into detail and discovering certain information that was not foreseen in advance by the interviewer (Longhurst, 2010). Also by choosing semi-structured interviews, the interviewee will be encouraged to provide his perspective and description of the situation without any interpretation of the interviewer. The interviews will be done individually as well in an informal setting to make it possible to dig deeper into matter at hand (DiCicco-Bloom & Crabtree, 2006).

To get a better insight in earthquake resilient building in the province of Groningen, three different kind of parties will be interviewed. The first one will be the assignments commissioning party. This is the CVW and they have a central position regarding earthquake damages, as people have to report their damages to them to be alleageable for financial compensation. They have also a central position regarding the development of knowledge about the earthquakes. The second group consists of advising companies and more in particular the design engineering ones. Their field of study is to prevent a building from collapsing and endure certain forces. Regarding earthquakes, these design engineering companies provide advice about which necessary measures to take to strengthen buildings in order to withstand earthquake of a certain magnitude. The last group of interviewees is responsible for the execution of the implementation of necessary earthquake resilient measures. These parties are the contractors and they possess the operational knowledge regarding the given assignments. The total amount of interviews will be ten and will consist of the CVW, two design engineering companies and seven contractors (Table 1). Within the group of contractors there will be the intention to interview companies of different sizes. The reason for this is to get a broad view of the spectrum of experiences, as bigger companies tend to get the bigger assignments and the smaller companies also the smaller projects. The interviewees will be selected randomly on basis of two standards. The company must have a reasonable experience with earthquake damage and/or resilience. Also the interviewee must have an overview of the finished and potential projects regarding the earthquakes. This way a comprehensive view of the interviewees' perceptions and opinions regarding the earthquake situation will be gained.

Company	Group	Interviewee
ABT Wassenaar	Design Engineering	Jaap Schaveling
Ballast Nedam (Bouwborg)	Contracting	Jan Willem Beugel
Centrum Veilig Wonen	Commissioning	Joep Tünnissen
Friso Bouwgroep	Contracting	Jos Roewen
GEVEKE	Contracting	Rene Oosting
Jorritsma	Contracting	Allard Schuring
Kamminga Bouw	Contracting	Daniel Kamminga
Roorda & Veldman	Contracting	Aldert Veldman
Van Wijnen	Contracting	Bert ten Hoeve
W2N Engineers	Design Engineering	Rinse Wiersum

Table 1: List of interviewees

The goal of the interviews is to collect knowledge about the topic of the implementation of earthquake resilient, but especially the interpretation and experiences of the practitioners. The intention of the interviews is to find consensus on the topic or the direct opposite of it, total disagreement. Within the interviews the focus is mostly on the last sub-question about the perception of earthquake resilience building. There will also be moments when the interview touches upon the other sub-question at hand, because these subjects are of importance in the run-up to the perception.

At the start of an interview, the interviewee will be informed accurately about the nature of the study and how their insights will be used. Choosing for the individual semi-structured interview which creates an open environment for the interviewee to speak freely, has also the downside of harmful information to be revealed. Therefore the interviews will only be provided to third parties with consent of the interviewee. Hereby the information will be protected and risk of unanticipated harm will be reduced. The interviews will be recorded digitally and will be documented in a report of the interview itself. The report of the interview will be verified by the interviewee to prevent any misunderstandings.

3.2 | Area of research: Groningen gas field

The Groningen gas field is one of massive proportions and is underlying a huge surface of land and even parts of the North Sea. This area is made visible in Figure 11. Figure 11 also shows the most recent earthquakes with a magnitude exceeding 2 on Richter's scale and the active gas extraction points. The earthquake affected area covers more than half of the province of Groningen and small parts of Drenthe. On a municipal level, the effects of the earthquakes are encountered in 9 different municipalities. These are Appingedam, Bedum, Delfzijl, De Marne, Eemsmond, Loppersum, Slochteren, Ten Boer and Winsum. Around 1000 earthquakes have been measured in the area and an estimate of 50.000 houses, not including the city of Groningen, Hoogezand-Sappemeer and Veendam, need to be strengthened (Schouwman, 2014).

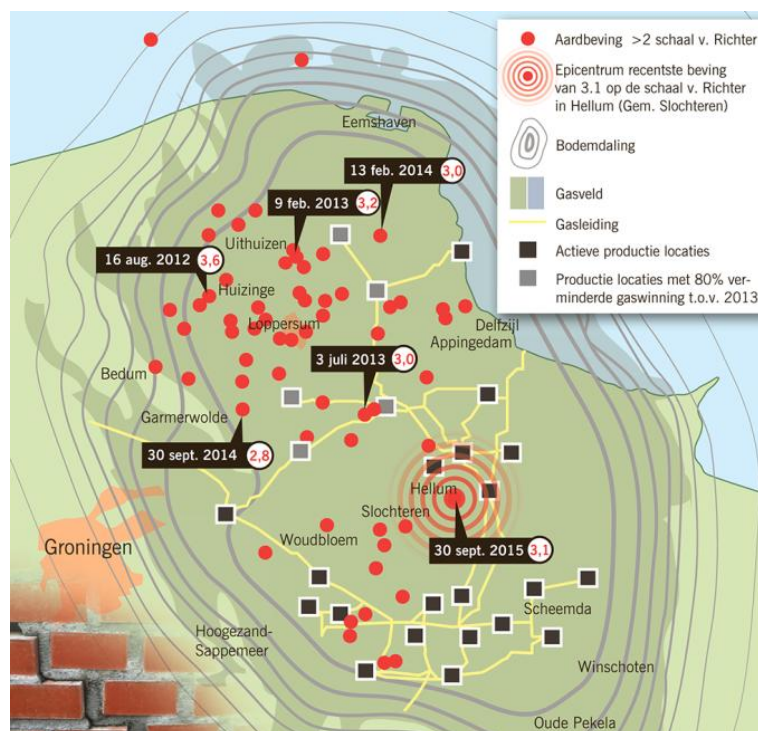


Figure 11: Recent earthquakes (>2 on Richter's scale), gas field and extraction points (Schouwman, 2014).

4 | Results

This chapter will contain the results collected in order to be able to answer the sub-questions and main question of this research. The lay-out of this chapter will correspond with the four sub-question of this research. The choice for such a lay-out was made, because the information from both the desk research and the interviews are intertwined. By paragraphing the chapter this way, a clear overview is given in a structured and orderly fashion. The paragraphs will present the results from both the desk research and interview in a compact way in which the interviews will be exhibited in a summarizing fashion. Remarkable answers from the interviews will be mentioned explicitly. All the interview questions (Appendix I) and interview reports (Appendix II) can be found in the appendices. The first paragraph will display the aspects, which contribute to the uniqueness of the situation in Groningen with the gas extraction and the earthquakes. This will be followed by a paragraph regarding earthquake damage and different categorization of it. The last two paragraphs will explain the different perspectives on earthquake resilient building, starting with the view from research reports and literature, and followed by the perception of practitioners.

Before continuing with the paragraphs regarding the sub-questions, first a compact overview will be given concerning the interviewees (Table 2). This table will consist of the names of the company, interviewee, time of employment and job description. It will also contain the amount of projects the respective company has done regarding earthquake damage restoration. It is important to mention that the amount of project is an estimate done by the interviewee without any differentiation between small and big projects. Also the companies are labeled as advising, contracting or commissioning organization, just as explained in 3.1.2. This information is shown with the consent of the interviewees.

Company	Interviewee	Employ.	Job description	Group	Projects
ABT Wassenaar	Jaap Schaveling	18 years	Design engineer / project manager Seismic advise	Advising	120
Ballast Nedam	Jan Willem Beugel	1 year	Project manager Architectural strengthening & sustainability	Contracting	16
Centrum Veilig Wonen	Joep Tünnissen	1,5 years	Head engineer Building engineering	Commissioning	40.000
Friso Bouwgroep	Jos Roewen	2 years	Branch manager	Contracting	867
GEVEKE	Rene Oosting	2 years	Project manager Pilot program	Contracting	21
Jorritsma Bouw	Allard Schuring	10 years	Project manager Maintenance & Management	Contracting	3500
Kamminga Bouw	Daniel Kamminga	7 years	Independent contractor	Contracting	153
Roorda & Veldman	Aldert Veldman	13 years	General manager	Contracting	3500
Van Wijnen	Bert ten Hoeve	0,5 year	Project manager Earthquakes	Contracting	51
W2N Engineers	Rinse Wiersum	19 years	Design engineer / director	Advising	250

Table 2: Interviewee information

The amount of projects related to the earthquake damages that have been or will be executed by the companies of the interviewees differ a lot. It depends on the moment they got involved in earthquake damage restoration activities and the size of the company. Roorda & Veldman has been involved from the beginning and Aldert Veldman (Roorda & Veldman) estimates the amount of projects they participated in at 3500. The growth of this company has partially been the result of these projects. A smaller company like Kamminga Bouw has

had far less projects, but that is also because it does not have the capacity to do more. The bigger companies like Friso Bouwgroep, Van Wijnen and Ballast Nedam have also less projects, but the size of these projects is much bigger. The projects concerning earthquake damage restoration vary from the restoration of a small esthetic crack in a non-constructive wall to the complete strengthening of a group of family houses to make them earthquake resilience. The latter kind of projects are reserved for 7 big contractors, which are part of the pilot-project of the CVW. This pilot-project consists of the architectural strengthening of earthquake vulnerable "Martini" houses. The choice for these types of houses was made, because they are extremely vulnerable for earthquakes. Besides the strengthening of the houses itself, it is the goal to develop a quick and good method to strengthen houses on the basis of the type of building. A so-called expert system. The 7 big contractors that are involved in the pilot-projects are Friso Bouwgroep, BAM, Ballast Nedam, Van Wijnen, Kooi, Rottinghuis and GEVEKE.

The CVW is a different kind of organization and therefore is not really comparable to the other companies regarding the amount of projects. They have received 40.000 cases of potential earthquake damages and half of it has been processed. This is since the start of the CVW, January 5th 2015. The difficulty of comparing the CVW to the other companies is caused by the position of the organization in the case of the Groningen earthquakes. The CVW has central position where all the damage claims are processed. Without reporting the damage to the CVW, receiving any compensation is impossible.

4.1 | The uniqueness of the situation in Groningen

To understand the situation of the Groningen gas quakes and its uniqueness, it is important to dive deeper into the mechanics and structure of the soil in Groningen. A lot of different aspects contribute to the severity of an earthquake. The first aspect that will be addressed in this paragraph is the required rock formation for natural gas to exist. This will be followed by an elaboration about the differences between natural and induced earthquakes. Thereafter the different factors of an induced earthquake which contribute to the human experience and cause a certain amount of damage, will be explained.

4.1.1 | Rock formations for natural gas

For natural gas to appear and to be preserved, a rock formation of three different layers in the correct order is required. The bottom layer is the "source rock", which has a certain amount of organic materials in it. Under the influence of temperature and pressure, the molecular structure of the organic material changes and natural gas can originate. The natural gas is no longer attached to the rock and it can migrate through the rock formation due to differences in pressure and temperature. The middle layer is the "reservoir rock", which has a certain porosity. The pores and little open spaces function as storage containers of the natural gas that originated in the underlying "source rock" layer. In most cases this is some kind of sandstone. The top and third layer is the "closing rock", which is impenetrable by natural gas. It prevents the natural gas to reach the surface by its own and gradually evaporate into the atmosphere. This layer has to have a dome kind of shape, which causes the natural gas to be trapped. This way the gas has nowhere to go and it can be extracted mechanically. In the case of the Groningen gas field, which has a Rotliegendes sandstone group, this rock formation with the necessary configuration is at hand. The rock formations of the Groningen gas field is made visible in Figure 12 (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2015).

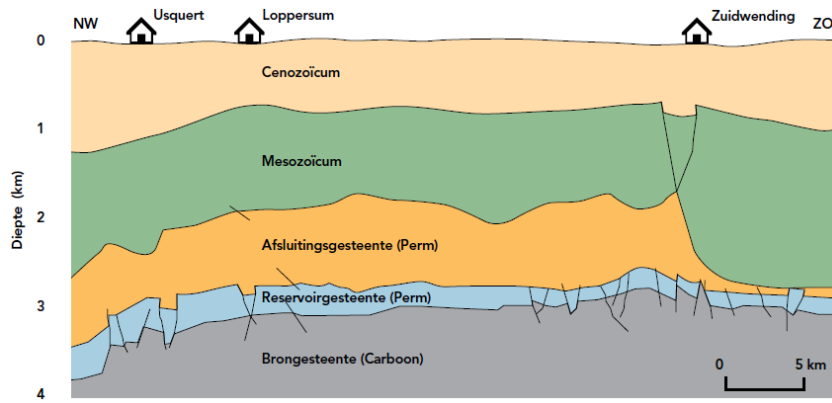


Figure 12: Cross-cut of the Groningen gas field (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2015)

4.1.2 | Tectonic versus induced earthquakes

Now the origination of natural gas is explained and made visible, it is necessary to look at the two different kinds of earthquakes there are. The big difference between induced earthquakes and natural earthquakes is that the induced ones are man-made. Natural or tectonic earthquakes are the most common form of earthquakes and happen due to tensions in the earth's crust. These tensions are discharged at a certain moment alongside a fraction in the rock formation, which cause a shocking movement and when these shock waves reach the surface damage can occur to buildings and infrastructures. The induced earthquakes are caused by human activity in the deep underground. In the case of Groningen, the gas extraction is the origin of the induced earthquakes. Similarly to the tectonic earthquakes, the induced ones happen alongside the fractions in the rock formations. But with induced earthquakes it is caused by the lowering of pressure in underlying ground layers due to the extraction of gas. With the "normal" earthquake it is the natural movement of the earth's crust. In Groningen there have always been fractions in the rock formations due to tectonic movement of million years ago, when this area still had tectonic activity. Nowadays the northern part of the Netherlands is considered as tectonically standstill, but the gas extraction causes new stress to create movement and the existing fractions are reactivated. Normally, tectonic movement has a stationary character, but the continuous gas extraction from the Groningen soil creates an ever changing ground stability. This irregularity makes it impossible to determine maximum potential magnitudes for earthquakes. Another big difference between induced earthquakes and the tectonic earthquake is the depth of the hypocenter. The point of origin of an earthquake is called the hypocenter. Tectonic earthquakes originate at a depth of 10-20 kilometers, but in Groningen with the induced earthquakes this occurs, at just 3 kilometers (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2015).

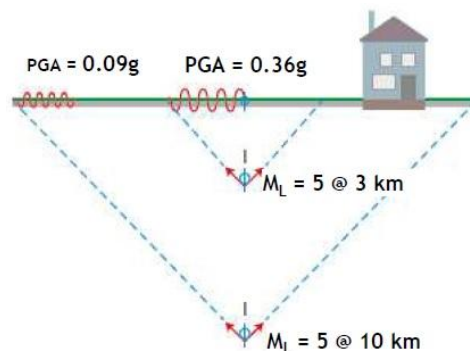


Figure 13: PGA tectonic versus induced (Tünnissen, 2016)

This difference in depth has a great influence on the perception of the earthquake at the surface. As shown in Figure 13 the different depths results in a different peak ground accelerations (PGA). An earthquake of magnitude 5 on the scale of Richter causes a PGA of 0,09g, when it originates at 10 km depth, while the PGA is 0,36g, when its hypocenter is at 3 km depth. Rinse Wiersum (W2N Engineers) said that people tend to look solely at the magnitude when comparing earthquakes, but in case of a comparison between a tectonic and induced earthquake this is insufficient. It is better to look at the PGA. Now a shallow induced earthquake with a magnitude of 5 on Richter's scale a PGA of 0,36g, is classified as level VIII (severe earthquake with moderate / heavy potential damage). In Table 3 this is shown as the PGA is multiplied by 100. A PGA of 0,36g is referred to as 36 in this table. When the earthquake was scaled solely on the basis of the magnitude of 5 on Richter's scale, it would be considered a level V moderate earthquake with very light potential damage. Considerably less devastating than the level VIII severe earthquake.

PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC. (%g)	< 17	.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL. (cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Table 3: Mercalli scale (Tünnissen, 2016)

Another important difference was mentioned by Jaap Schaveling (ABT Wassenaar) and Joep Tünnissen (CVW) as they pointed out that the frequency of an induced earthquake is higher. The shallowness means that the surface is closer to the hypocenter and thus the waves are less slowed down by the earth. The frequency of the deeper tectonic earthquakes is between 1 - 2 Hz, while the shallow induced earthquakes have a frequency of 2 - 10 Hz. This frequency is of importance, because it can reveal something about the kind of buildings that are vulnerable. Groningen almost exclusively consists of low-rise buildings and these buildings have also a high personal frequency. Jaap Schaveling (ABT Wassenaar) stated that this results in low-rise buildings being more vulnerable to shallow earthquakes. Joep Tünnissen (CVW) also mentioned the difference in duration of both earthquakes. Table 4 is an overview of the differences between tectonic and induced earthquakes.

	Tectonic earthquake	Induced earthquake
Origin	Natural	Man-made
Depth hypocenter (km)	> 10 km	2 - 4 km
Duration (s)	30 - 60 s	2 - 5 s
Frequency (Hz)	1 - 2 Hz	2 - 10 Hz
PGA (g)	< 0,5 g	< 0,4 g

Table 4: Tectonic versus induced earthquakes (Tünnissen, 2016)

4.1.3 | Influential factors on the experience of an earthquake

When talking about earthquakes, only the magnitude is often mentioned, but many more aspects determine what the consequences and experiences of the earthquake are at the surface. Besides the magnitude, also the intensity and geological structure is of importance. Firstly it is important to know that the magnitude of an earthquake is measured on the Richter scale. It is a logarithmic scale, which means that a magnitude of 3 on the Richter scale is 100 times stronger than a magnitude of 1 on the Richter scale. The amount of seismic energy that is released during an earthquake is also a logarithmic scale, but this scale has a

factor of 31,6 per point on the Richter scale. So a difference of 0,2 on the Richter scale already accumulates to twice as much seismic energy. Secondly the intensity of an earthquake depends on the distance from the hypocenter. The magnitude refers to the hypocenter, but if you are further away from the source the effects are also less. This is what the intensity refers to and this is often expressed in PGA. In the case of Groningen the intensity is rather high, because of the shallow depth of the earthquakes, as mentioned in 4.1.2. You can argue that the intensity of an earthquake is more important than the magnitude (ter Voorde, 2016). Lastly the structure of the subsurface plays a big role. Through glaciations and floods over time the shallow subsurface of Groningen was formed. This geological history caused distinct patterns of peat, clay and sand layers, which leads to great variations in shear wave velocity. It is referred to as the site response effect and the parameter for it is Vs30. Vs30 is the value of the shear wave velocity over the top 30 meters of soil. The certain stiffness and density contrast of the soil increases the degree of site response effect. The subsurface of Groningen consists of Holocene and Pleistocene sediments from the Quaternary period, but there is a difference between the northern and southern part of Groningen. The lower lying northern part consists mainly of soft clay-rich sediments and peat layers. The southern part is mainly stiffer glacially loaded formations. This heterogeneity made it very hard to create models, which could predict the earthquakes and their magnitudes (Kruiver, et al., 2015).

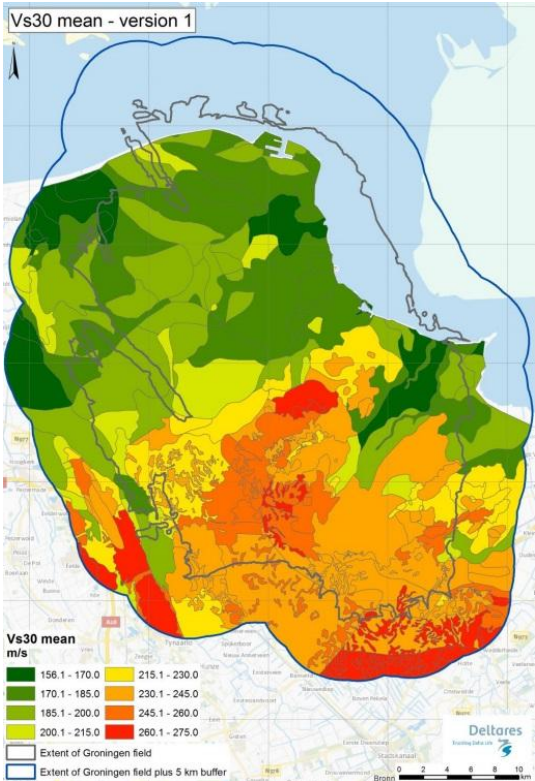


Figure 14: Vs30 mean of Groningen soil (Deltares, 2016)

Figure 14 shows a difference between the northern and southern part of Groningen. Joep Tünnissen (CVW) explained that the northern part can be referred to as water rich soil, such as peat and the southern part as water-poor soil, like sand. The more water in the soil, the better the energy of the earthquake is passed on and the Vs30 is lower. Therefore an area with water-rich soil, experiences a more intense earthquake in comparison to a water poor area. This low Vs30 and water-rich soil results in a higher PGA. This is clearly shown when comparing Figure 14 and 15.

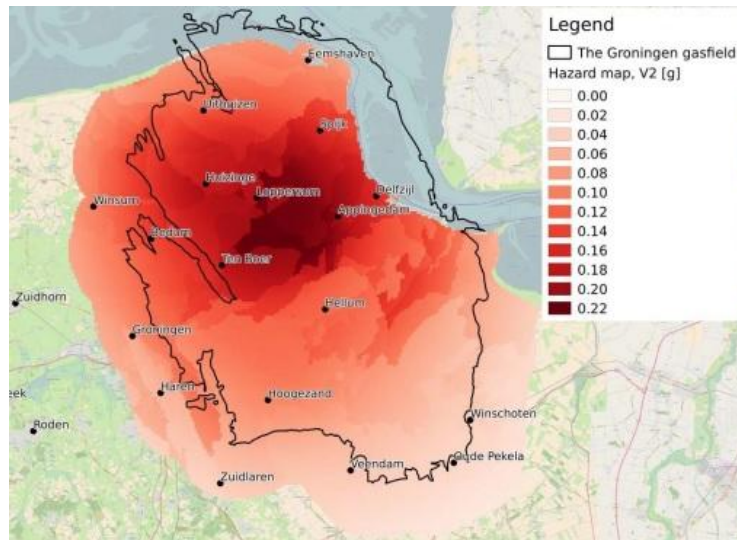


Figure 15: PGA contourplot Groningen (Spetzler & Dost, 2016)

Besides all the characteristics within the ground, there are also noteworthy factors above the surface. Groningen was never considered as an earthquake area and therefore people never had an earthquake resilient state of mind. When looking at the building stock in the area, unreinforced masonry (URM) is a very common application. URM is considered as any type of masonry without any kind of reinforcing grid embedded in it. A very common material to use for the reinforcing structure is steel. Especially this type of structure (URM) has a bad response to earthquakes. It is even portrayed as one of the most vulnerable structures to have in an earthquake stricken area (Arup, Preliminary Structural Upgrading Strategy for Groningen, 2013).

When combining all the different aspects of the situation in Groningen, it can be concluded that Groningen and its induced earthquakes constitute a rather unique situation. The shallowness and geo-mechanics in combination with low-rise buildings with very vulnerable URM structures, creates a situation never seen before. The by-product of this uniqueness is the limited knowledge at hand. New knowledge and insights are still being developed. This is clearly visible in the sequence of the NPR 9998, the Nederlandse Praktijkrichtlijn (National practical guideline). Before February 2015 there has not been a renewal of this NPR, but since then there have been two renewals and a third renewal is already in the making. Noticeable in the renewals of the NPR 9998's is the accumulated knowledge about the induced earthquake, as earthquake resilient measures become more and more specific (Tünissen, 2016).

4.2 | Earthquake damage categorization

In the previous paragraph it is shown why the situation in Groningen is such a unique one, but there is one aspect that is also of great importance for the impact of an earthquake on a community. This aspect is the building itself. How was it built? When was it built? By whom was it built? All these questions have an effect on the consequences of the earthquakes. In this paragraph I will focus on the damage of buildings and how these are categorized. The goal of such a categorization is, to better understand the necessary building upgrades during the restoration of earthquake damages.

Before going into detail about what kind of earthquake damages there are, it is important to have a clear view on when it is perceived as building damage. Deltares (2011) has formulated three criteria for building damage, and if at least one of these criteria fits, it can be labeled as building damage.

- Criteria 1: permanent and irreversible alteration of the position of components of the building in regards to each other or in regards to the building as a whole. For example the difference in prolapse of different components of the building or the skewness of the whole building.
- Criteria 2: permanent and irreversible alteration of the form of components of a building. For example detachment or cracks in or between components of the building.
- Criteria 3: permanent loss of function of a component of the building through alteration in characteristics of component. For example the decrease in level of water and wind resistance, thermal insulation or constructive safety.

It is relevant to note that it is nearly impossible to determine through calculations at which point pressure increase will cause damage. Both the present material pressure and material strength differ in every situation. It is also very hard to determine these aspects in practice, because the present material pressure in a certain component of the building is practically not measurable. Besides that, it is not possible to determine what the exact cause is, because it is mostly a combination of several causes. So there is not just one main cause.

When one or more criteria fit the situation and it can be determined, it is building damage. The consequences of these damages can be divided into two groups. The first group is labeled as the constructive damage. This kind of damage causes a decrease in the integrity of supporting structure of (parts of) the building. It directly affects the constructive safety and the safety of the residents. Examples are cracks in supporting masonry, the breakdown of columns and beams and instability of the foundation. The second group of damage is the non-constructive damage, which causes the decrease of user value or loss of function. This is without any possibility of jeopardizing human safety in and around the building. Mostly it is about the damage to the upholstery of walls, floors and ceilings. The placement of the upholstery must not be tarnished. These non-constructive damages can have an effect on the esthetics, user value, lifespan and safety of the building. This two-way division of damages is confirmed by all the interviewees. When asked about earthquake damages and the determination of it, everybody makes the distinction between constructive damage and non-constructive damage. The non-constructive damage is mostly referred to as cosmetic or esthetic damage.

Damage in itself is a very broad understanding and in the case of Groningen, it only concerns earthquake damage. With respect to the determination of these potential earthquake damages, there are two factors important to consider, the cause of the damage and the type of damage. In all of the potential earthquake damage cases it is about getting compensation to fix the damages. Unfortunately for some, the damages which are not caused by or aggravated by the earthquakes, no compensation is awarded. Both Jaap Schaveling (ABT Wassenaar) and Allard Schuring (Jorritsma) mention the division that is made based upon the cause of the damage. A-damage is damage entirely caused by the earthquakes. B-damage is damage that is not caused by the earthquakes, but it has been aggravated by the earthquakes. C-damage is damage, which has not been caused by the earthquake. Rene

Oosting (GEVEKE) mentioned that the cause of the damage has given rise to serious discussions. This discussion is about the differences between gas extraction induced settling damage and natural settling damage. Rene Oosting (GEVEKE) explains that you only can speak of gas extraction induced settling damage, when the foundation of the building is also damaged. Without any damage to the foundation, this kind of settling damage is very improbable. Natural settling damage identifiable by the age of the damage and the direction of it. This natural settling damage occurs in the direction of the lowest resistance and that is the seam of a brick wall. This kind of damage also originates at a slower pass.

Aldert Veldman (Roorda & Veldman) mentioned an interesting point regarding the different ways to receive and use the compensation for earthquake damage. When the compensation concerns esthetic damage, the recipient has three choices. The first choice is to receive the compensation on their own bank account and they can do whatever they want to do with it. The second choice is to find a contractor themselves, but the financial handling will go through the CVW. The residents are now able to choose a contractor they like and trust. Often this will be one from the area. The third option is to let the CVW handle the whole process from financing, finding a contractor and the project management. The damage claimers will now only have to host the people that are going to fix the damage. The process of repairing constructive earthquake damage will always go entirely through the CVW. Contractors will have a contract with the CVW and not with the residents of the damaged building.

4.2.1 | Damage determination tables

For the determination to what extent a certain building has been damaged, several tables are used. An internationally used table is the European Macroseismic Scale (EMS), which is shown in Table 5. It divides the amount of damage in five categories, which range from negligible to destruction (Grünthal, 1998). Because of the simplicity and the abstract nature, it is rather easy to use. A downside of this table is the lack a objective measurement units. This creates a certain subjective way of measuring and it is hard to determine if a damaged home is level 2 or 3 for example. The boundaries between adjacent levels is vague and subjective.

Level	Description	Impact
1	Negligible - light damage	No constructive damage
2	Mediocre damage	Light constructive damage & mediocre non-constructive damage
3	Significant - severe damage	Mediocre constructive damage & severe non-constructive damage
4	Very severe damage	Severe constructive damage & very severe non-constructive damage
5	Destruction	Very severe constructive damage

Table 5: European Macroseismic Scale (Deltares, 2011)

The more specific "ease of repair" table (see Table 6) leaves less room for subjectivity. In this table the amount of damage is paired with very concrete building damage characteristics and their consequences for the building (Deltares, 2011). The division of 6 different levels, makes it already more specific than the EMS. Also the objective measuring

units, such as the width of the occurring cracks, makes it less vulnerable for subjectivity. The "ease to repair" table is also more comprehensive, as the impact of the damages is included. It shows if the damage is just esthetic or if it is really causing safety issues for the residents.

Level	Description	Damage characteristics	Impact
0	Negligible	- crack width < 0,1 mm	Esthetic
1	Very light	- small cracks limited to plastering - some cracks in masonry - crack width < 1 mm	Esthetic / user value
2	Light	- minimal cracks - outside cracks cause moisture penetration - doors and windows could clasp a little - crack width < 5 mm	Esthetic / user value / lifespan
3	Mediocre	- masonry cracks need repair - doors and windows clasp - damage to utilities - moisture penetration - crack width 5-15 mm	User value / lifespan
4	Severe	- repair needs replacement of constructive elements - usability and accessibility severely damaged - sensible skewness - crack width 15-25 mm	Safety / user value / lifespan
5	Very severe	- complete renovation necessary - risk of collapse - crack width > 25 mm	Safety

Table 6: Ease of repair table (Deltares, 2011)

4.2.2 | Damage determination according to NPR 9998

Tables 5 and 6 from the previous sub-paragraph are written from an international perspective and are not applicable to the Dutch situation. Therefore a national guideline, NPR 9998, has been written for the Dutch situation concerning Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. This guideline established also a division of damage determination on the basis of the previous two tables. The following categorization was created:

- Near Collapse (NC): the construction is heavily damaged with severely reduced strength and stiffness in a sideways direction. The vertical elements still can carry the vertical load though. Also big permanent deformations occurred and the carrying capacity is damage in such a way that any future earthquake will lead to collapse of the building.
- Significant Damage (SD): the construction is significantly damaged with some strength and stiffness. The vertical elements still can carry the vertical load though. Also the permanent deformations are moderate and the strength of the construction is able to withstand any further damage caused by an earthquake of moderate

magnitude. From an economic perspective it is ill-advised to proceed with restoration as it is unprofitable.

- **Damage Limitation (DL):** the construction has light damage without any significant deformation of the constructive elements and the strength and stiffness of the building is preserved. Non-carrying elements can have cracks in them and these are economically easy to repair. Permanent deformations are negligible (Nederlands Normalisatie-instituut, 2015).

The NPR 9998 and the division of NC, SD and DL were also mentioned by Jaap Schaveling (ABT Wassenaar), Joep Tünissen (CVW) and Rinse Wiersum (W2N Engineers). Remarkable is that these interviewees all are working at an advising or commissioning company. It must be said that these companies are the ones that are working with the NPR 999 directly. Jos Roewen (Friso Bouwgroep) among others pointed out that the contracting companies are only there for the implementation of the proposed methods. The methods are proposed by the design engineers and the necessary measures are based on the NPR 9998. A design engineer has the goal to make a building safe and prevent it from collapsing. That is also what the NPR 9998 is focused on, human safety, according to Jaap Schaveling (ABT Wassenaar). It is therefore not directed at the prevention of cracks. Bert ten Hoeve (Van Wijnen) explains that a house in the category of Near Collapse must be able to withstand an earthquake for 30 minutes to give the residents time to escape the building. This is an earthquake with a magnitude of 5 on the scale of Richter. Also the risk factor of this category says 1 in a 100.000 houses may collapse eventually.

4.2.3 | High Risk Building Elements

Besides the different levels and kinds of building damages, there are also particular elements of a building, which when damaged, have a high risk of danger. These so called High Risk Building Elements (HRBE) are structural or non-structural elements, which can pose a direct danger to the users of the public space around the building or the building itself. In Figure 16 an overview of the HRBE's is visible (Arup, Engineering Inspection Manual EVS: Structural Upgrading, 2014).



Figure 16: Overview of High Risk Building Elements (Arup, Engineering Inspection Manual EVS: Structural Upgrading, 2014)

1. Walls out of plane (bulging walls, out of plumb, gables)
2. Slender columns or cracks in concrete / masonry columns
3. Cracked or deformed walls
4. Lintels and spandrels showing deflections and/or cracks
5. Lack of ties, punching elements
6. Parapets, balconies, cantilever, canopies and decorative
7. Slender masonry chimneys
8. Deformed or damaged chimneys
9. Missing roof cladding or loose bricks
10. Lack of mortar between bricks
11. Masonry dormer
12. Lack of ties in cavity walls
13. Other

These HRBE's also came to the attention in several interviews. This is a special flow of projects regarding the earthquake damages in Groningen. Allard Schuring (Jorritsma) states that the replacement of these high risk building elements is in many cases a preemptive intervention to reduce the danger for humans. For companies such as Jorritsma and Friso Bouwgroep, these HRBE's form a substantial amount of the projects regarding the earthquakes. These companies have an estimate of respectively 200 and 300 projects regarding these HRBE's. Allard Schuring (Jorritsma) also added that in case of a HRBE project, it often is the replacement of a heavy masonry chimney for a lighter one with masonry strips. The chimney will look the same, but will be substantially less heavy.

4.3 | Perspective on earthquake resilient building from literature

Building to withstand earthquakes is for some countries and places a very normal issue, but in Groningen it is rather new. At least it was rather new, because nowadays it is hot topic. For realizing new buildings it is not that difficult, because there is a lot of information regarding earthquake resilient building. Transforming already existing buildings into earthquake resilient buildings, is a totally different story. These buildings were never built with the knowledge of ever needing to withstand earthquakes. This transformation makes this situation even more unique and this paragraph will explain in more detail what is meant by earthquake resilient building in the literature.

Since the 1980's the European Community (nowadays European Union, EU) makes use of the so-called Eurocodes. The main objective of these codes was to eliminate the technical obstacles to trade, but also to harmonize technical specifications. The Eurocodes establish a set of technical rules for the design of construction works, which are harmonized throughout the whole EU. In the beginning these codes were just an alternative to the national rules, but eventually they have replaced the national rules (European Committee for Standardization, 2005). In the case of Groningen, Eurocode 8 is of importance, as this code establishes rules for the design of structures for earthquake resistance. The only problem is that this Eurocode was not prescribed by law in the Netherlands, because of the notion that the current building manner was sufficient enough to withstand the earthquakes. Luckily the NPR-9998 was published on the 18th of December of 2015. This national guideline translates the Eurocode 8 to make it applicable to the situation in the Netherlands. Unfortunately it was not possible yet to distinguish tectonic earthquakes and induced ones in the NPR 9998, due to the lack of knowledge about these phenomena in the Dutch situation. Though, it will give a solid basis to implement earthquake resilient building in new buildings and the retrofitting of

already existing buildings. The document is therefore still a recommendation and it is written in such a way that these guidelines are supposed to be applied (Nederlands Normalisatie-instituut, 2015). Joep Tünnissen (CVW) mentioned that the development of a new improved version of the NPR 9998 is in progress and is scheduled to be released at the end of 2016. He himself will also be deeply involved in this process for the new improved version. This version will be referred to as the purple NPR 9998. Joep Tünnissen also explained that the first version of the NPR 9998 from the beginning of 2015 was rather extreme and general. The newer version are becoming more and more detailed as the accumulation of knowledge also increases. Table 7 shows the release dates of the NPR 9998.

Version	Date
Green	February 2015
White	December 2015
Purple	November 2016 (planned)

Table 7: Release dates NPR 9998 (Tünnissen, 2016)

In the design of earthquake resilient buildings, several general principles are important. These are also good guidelines to take notice of when making existing buildings earthquake resilient.

1. Reduce mass: the seismic load on a building is directly linked to the mass of a building, so less mass results in a smaller seismic load. When designing strengthening measures it is important to add as little as possible mass to the building. The usage of light materials and open construction is preferable.
2. Regularity in floor plans: a regular form of the construction and a regular division of loads can prevent additional effects such as torque. Prevention of irregularities in geometry will lead to less heavy strengthening measures.
3. Regularity in heights: a certain constant division of strength and stiffness throughout the height of a building is necessary to prevent weak parts. So "weak" and "soft" storey's should be removed
4. Materials and details: the usage of ductile materials, which can withstand changing loads, is preferred over brittle materials. Especially within building junction details.
5. Continuity: building structures and elements of it that must resist the seismic loads are preferably uninterrupted connected to the foundation of the building. Every discontinuity in the load transferring structure creates weak spots in the seismic resistance.
6. Division of inconstant loads: position high inconstant loads at a low level and in the centre of the building to prevent high seismic loads and additional effects such as torque.
7. Robustness: the presence of a multiple carrying structures will improve the robustness of a building. If a carrying structure fails, the total building construction must not fail as a whole.
8. Evenly divided building construction: the implementation of vertical stabilizing elements must preferably be done evenly to prevent effects like torque.

In addition to these general principle for earthquake resilient building, the following guidelines are also important when implementing strengthening measures in existing buildings.

1. Building junctions: when modeling accepts building junction to be sufficient, it is necessary that they will be checked for functioning during certain loads.
2. Stiffness: when implementing strengthening measures in a building, it must be prevented that the stiffness of the building is altered. When it is impossible to strengthen the building without altering the stiffness, the building construction must be verified to withstand the possible forces.
3. Characteristics strengthening measures: these measures must supply the building construction with enough stiffness and strength to fulfill its function. Besides that, it must be able to be viable, it takes into account the esthetic impact and it must not negatively impact the building characteristics, such as thermal insulation and water resistance (Nederlands Normalisatie-instituut, 2015).

4.4 | Practitioner's perception on earthquake resilient building

Besides the point of view from the literature, there is the human factor during the implementation of earthquake resilient building that plays a role. But before we go into more detail regarding the practitioner's perception of the concept, first an interesting comment from the interviews must be addressed. This point was brought up by Rinse Wiersum (W2N Engineers) and Jaap Schaveling (ABT Wassenaar) regarding the definition of restoration. They believe that not both constructive and esthetic damage can be "restored". They pointed out that in case of esthetic damage, you can speak of restoration. You bring an element that has been damaged back to its original state. Constructive damage is on the other hand not restored, but is strengthened. In this case a certain element is weakened by the some kind of damage, which was caused by an earthquake. The weakened element has to be strengthened to align with the strength of the rest of the building. Allard Schuring (Jorritsma) made a comparison to a chain, where the weakest link gives out first and then the whole chain is compromised.

Regarding earthquake resilient building and the implementation of it, differences in interpretation have emerged. In these different perspectives two factors were mentioned, namely the type of damage and the scale. Within the first factor, almost everybody agrees that in case of constructive damage, it is restored in an earthquake resilient manner. Regarding esthetic damage though, the interviewees are not unanimous. Jaap Schaveling (ABT Wassenaar) directly upfront stated that in case of cosmetic damage, implementation of earthquake resilient building cannot be spoken of. Daniel Kamminga (Kamminga Bouw) says earthquake resilient building is implementation no matter what kind of damage. The example he uses is a crack in a non-constructive wall, that is restored with steel rods in the seams of the wall. This part of masonry can now be considered to be earthquake resilient, as Daniel Kamminga (Kamminga Bouw) states. Jos Roewen (Friso Bouwgroep) more or less admits that this part of wall could be seen as more earthquake resilient. Aldert Veldman (Roorda & Veldman) postulates that this has per definition nothing to do with earthquake resilience. Rinse Wiersum (W2N Engineers) agrees as he mentions that restoring a crack in such a manner will not improve the earthquake resilience of the total building. A crack will probably not resurface in that part of the restored wall, but a crack just adjacent of the restored part is very probable. It is therefore important to look at the totality of the building and not just at the damage part. When the interviewees were asked what percentage of the projects concerning earthquake damage is earthquake resilient building implemented, 3 out of 10 replied 100% in case of constructive damage and 0% in case of cosmetic damage. The same amount of interviewees responded that they were not able to give an estimate. Only 1

answered earthquake resilience is always implemented. Table 8 displays the answers that were given during the interviews regarding the perception of implementing earthquake resilient building.

The implementation of earthquake resilient building depend on the definition of earthquake resilience. Allard Schuring (Jorritsma) clearly states that earthquake resilience can only be described in the eye of human safety. Residents need to be able to get outside safely when a earthquake with a certain magnitude strikes. Aldert Veldman (Roorda & Veldman) agrees with this definition, as he explicitly points out that an earthquake resilient building still can have a lot of damage following an earthquake as long as it allows the residents to exit safely.

Interviewee	Answer
Jaap Schaveling	Earthquake resilient building is only implemented when it concerns constructive damage and not in cases with cosmetic damage.
Jan Willem Beugel	Earthquake resilient building is implemented in cases regarding both constructive and cosmetic damage. Thus always implemented.
Joep Tünnissen	Not possible to answer.
Jos Roewen	Earthquake resilient building is only implemented when it concerns constructive damage and not in cases with cosmetic damage. Earthquake safe building is only implemented in the pilot-projects of the CVW.
Rene Oosting	Not possible to answer.
Allard Schuring	Earthquake resilient building is only implemented when it concerns constructive damage and not in cases with cosmetic damage.
Daniel Kamminga	Earthquake resilient building is implemented in cases regarding both constructive and cosmetic damage. Thus always implemented.
Aldert Veldman	Earthquake resilient building is only implemented when it concerns constructive damage and not in cases with cosmetic damage.
Bert ten Hoeve	Not possible to answer.
Rinse Wiersum	In case of restoration is earthquake resilient building never implemented.

Table 8: Perception earthquake resilient building

4.4.1 | Distribution of new insights

Every interviewee mentioned that the topic of the induced earthquakes is a new subject and that knowledge is still to be developed and data will require more investigation. The process of these developments are described as learning-by-doing. You learn by trying new findings in practice in order that improve and redevelop it. Also something that most interviewees mentioned is the collective attitude of involved parties. Many companies and organization are collaborating with each other to accumulate more knowledge about the topic. This happens with the companies at the top of the knowledge development, such as the CVW, BAM and Friso Bouwgroep. But also the smaller companies are getting together to learn from each other, such as Kamminga Bouw and W2N Engineers. It must be said that there is a noticeable difference in level of knowledge. Of course the CVW is in the centre of it all as they have an initiating role in the knowledge development. Joep Tünnissen (CVW) said that they do not follow courses regarding earthquake resilient building, but they are the ones that give these courses. As the subject is at its core a design engineering matter, companies like W2N Engineers and ABT Wassenaar have a direct involvement. Also the 7 contractors involved in the pilot-project are close to the accumulation of the new knowledge and know-how, as Jos Roewen (Friso Bouwgroep) stated. Contractors outside of these 7, are further away from the source the latest developments concerning the earthquake matter. The smaller contractors often do not have the capacity to keep up. They prioritize the execution of building project over the development of knowledge, Bert ten Hoeve (Van Wijnen) and Aldert Veldman (Roorda & Veldman) mentioned.

For the distribution and the use of the same method of determining the necessary earthquake resilient measures, the expert system of the CVW will have an important role. This expert system is being developed on the bases of the knowledge and information collected in the pilot-projects. Joep Tünnissen (CVW) explained that this expert system will provide detailed information and characteristics regarding a certain building type. With these details the necessary earthquake resilient measures can be determined in a short amount of time. A design engineer does not have to calculate every single building totally from scratch. Now he can consult the expert system and apply it to the building at hand. This expert system is based on the fourth and hardest calculation method, Non-Linear Time History analysis (NLTH), which is stated in the NPR 9998. The other three methods are the Lateral Force Method (LFM), the Modal Response Spectrum analysis (MRS) and the Non-Linear Push-Over analysis (NLPO). In Figure 17 these four methods are shown in a graph with capacity on the y-axis and analysis on the x-axis. This NLTH method comes really close to the actual behavior of a building during an earthquake and thus can provide the most detailed information to determine the necessary measures. This method has non-linear and dynamic approach. To use this method you have to be very bright and have a lot time and experience in the design engineering field. Via the expert system this advanced knowledge can be used and applied by every design engineer (Tünnissen, 2016).

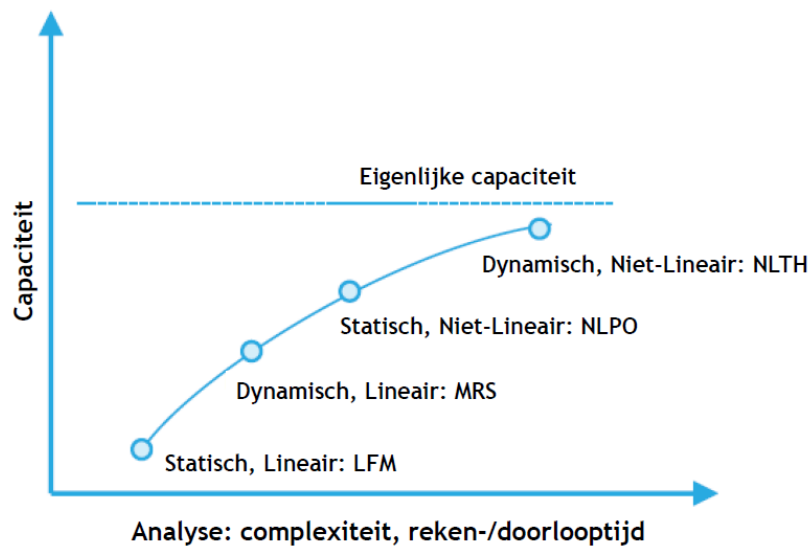


Figure 17: Calculating methods earthquake behavior NPR 9998 (Tünnissen, 2016)

5 | Conclusion

What determines the implementation of earthquake resilient building following damage caused by gas extraction induced earthquakes in the province of Groningen? This is the research question that I have attempted to answer in this thesis, by conducting an explorative study, based on desk research and interviews with practitioners in the field. I will first address the answers of the four sub-questions in a summarizing fashion before the final conclusion of the main research question will be presented.

Uniqueness of Groningen

The situation in Groningen and its earthquakes is of a unique nature, because of the shallowness of the induced earthquakes and the geo-mechanics in combination with the low-rise buildings with very vulnerable unreinforced masonry (URM) structures. The inhabitants of the area are also not used to dealing with earthquakes on daily bases. These shallow induced earthquakes originate at a depth of just 2 - 4 km which has the result of creating a much higher peak ground acceleration (PGA) than a "normal" tectonic earthquake of the same magnitude. This shallowness also has the effect of creating earthquakes with a rather high frequency of 2 - 10 Hz and these earthquakes are especially damaging for low-rise building, who have also a high frequency of their own. Unfortunately, the northern part of the province of Groningen has a high risk of more severe earthquakes, as the underground consists of water-rich soil. These kinds of soil, such as peat, transfer the released energy of the earthquake very well with little decline.

Understanding the uniqueness of the situation in Groningen will give rise to several thoughts. Apparently a lot of measurements are done incorrectly or still have to be done. Measures have already been taken though. Acting on false information and following general and basic assumptions, where specific ones are necessary, occur commonly in many different situations and fields. Induced earthquakes are not new to this world and occur all over the globe. Are these situation handled properly or are these also in need of alteration? An example of such a situation is the fracking activities in the USA, which also cause induced earthquakes. Furthermore, the lack of knowledge created an insufficient division of responsibilities between the government and the NAM. The government has the responsibility of protecting its citizens from any harm, but still the gas extraction is approved and continued. The governments decisions and measures are to be evaluated and looked at critically.

Earthquake damage categorization

The earthquake damage categorization is based on the NPR 9998, which plays an important and big role in the handling of earthquake damage. To be recognized as damage, at least one of the following criteria must be met: 1. permanent and irreversible alteration of the position of components of the building in regard to each other or in regard to the building as a whole; 2. permanent and irreversible alteration of the form of components of a building; 3. permanent loss of function of a component of the building through alteration in characteristics of component. After determining if it is in fact damage, it can be considered as constructive damage or non-constructive damage. If the damage causes a decrease in the integrity of supporting structure of (parts of) the building, it is constructive damage. All other damages are viewed as non-constructive or cosmetic damage. For the evaluation of the total damage of a building as a whole, a categorization is presented in the NPR 9998. This categorization is a three-way division of Near Collapse (NC), Significant Damage (SD) and

Damage Limitation (DL). Although, in case of existing buildings only NC is of importance and this is of course the case in this research. NC means that the construction is heavily damaged with severely reduced strength and stiffness in a sideways direction. The vertical elements still can carry the vertical load though. Also large permanent deformations occurred and the carrying capacity is damaged in such a way that any future earthquakes will lead to collapse of the building. A house in this category must withstand an earthquake with a magnitude of 5 on Richter's scale for at least 30 minutes so the residents can safely exit. Only 1 in the 100.000 houses may eventually collapse due to the earthquake.

Although the definition of damage and the bifurcation of constructive and cosmetic damage is agreed upon in both theory and practice, still differences between theory and practice are visible. The methods and guidelines for damage determination are insufficient and do not always fit the situation in practice or leave the practitioner to much room for his own interpretation. This shortcoming can be contributed to the limited knowledge and uniqueness of the situation. The increase of quantity and quality of new knowledge will be beneficial for the development of the methods and guidelines.

Perspective on earthquake resilient building from literature

The transformation from earthquake vulnerable buildings to earthquake resilient ones, is based on 11 principles from the NPR 9998. The first 8 principles are of importance for earthquake resilient building in general. It must be taken into account to reduce mass, have regularity in floor plans and heights, use ductile materials and details, continuity, division of inconstant loads, robustness and evenly divided building constructions. An addition is made when referring to existing building that are strengthened. It is important to focus on the building junctions, stiffness of the total building and the characteristics of strengthening measures.

When assessing these guidelines from the literature, it can be concluded that these guidelines are very general and lack specificity. This seems to be a result of the limited knowledge available. This approach of generalizing your approach can of course be understood as rather being safe than sorry. It can be observed that new knowledge and insights are used to work out more detailed methods and guidelines, as the third renewal of the NPR 9998 is planned to be published in a time span of just 2 years.

Practitioner's perception on earthquake resilient building

The perception of practitioners on the concept of earthquake resilient building varies. This can be deduced from the implementation of it in practice. Most practitioners base the measures to be taken in implementation of earthquake resilient building on the kind of damage and the scale of importance of it. Some state that earthquake resilient is implemented in the restoration of both constructive and cosmetic damage. They argue that restoring cosmetic damage in such a way that this part of the building will not endure damage again, as being earthquake resilient. Others claim that earthquake resilient building is only implemented when it concerns constructive damage. This is believed because these damaged constructive structures are strengthened in a way that it should withstand an earthquake with a magnitude of 5 on Richter's scale for the residents to exit. Only one practitioner stated that restoring or strengthening a part of a building does not make the total building to be earthquake resilient. In his case a whole building can only be earthquake resilient when it is totally strengthened and not just a part of it. The scale of the

implementation of earthquake resilient building is thus of importance of being earthquake resilient.

It becomes clear that practitioners tend to focus on their own field of expertise, which leads to scattered and incomplete knowledge. Acquiring knowledge outside your field of expertise is perceived as unnecessary and this is also not stimulated to change as especially the larger contractors are involved in the development of knowledge and the smaller ones are left out. To create a more uniform perception of earthquake resilient building, the collaboration between all different sizes and kinds of companies is required. It is understandable that the larger contractors are approached as they have more capacity to invest in these less profitable activities, but it should not become a standard. Furthermore, in the high priority situation of Groningen, certainty and consistency is necessary and it is believed that the stable big contractors can guarantee this.

Final comprehensive conclusion

The outcomes of the desk research and the interviews reveal the unique situation of Groningen. In the case of Groningen existing knowledge of earthquakes and earthquake resilient building is insufficient and sometimes ambiguous. Existing damage categorizations and repair guidelines turn out to be inadequate and more and more specific knowledge is required in order to make substantial improvements to the overall resilience of the earthquake stricken area of Groningen. This research has focused on the physical part of resilience and has demonstrated that the implementation of earthquake resilient building occurs in a web of relationships that are not only purely physical and objectively measurable, but also of an economical and social nature, often driven by subjectivity. In this respect it is worth mentioning that in the history of the Groningen earthquakes the choice for improving the earthquake resilience was driven by social pressure. At first this choice was barely supported by the gas extractors and the governmental, because of the loss of economical gains.

The conceptual model for a resilient Groningen introduced in the theoretical framework allows to combine the outcomes of this research and view them in a broader setting. Also, the model predicts correctly that insufficient attention for the physical component will affect the economical and social components as well. What are the exact physical aspects that influence the two other components, does not become clear from this research. However, a speculation can be made. The current focus on knowledge accumulation involving the bigger contractors leads to the smaller and local contractors being left out increasingly, which may affect the future social and economical resilience. These smaller and local contractors come from the area and are much more socially engaged in the local community. Also, the residents of the area will invest in the community by hiring these smaller local contractors.

Three prime determinants regarding the implementation of earthquake resilient building emerge when looking in more detail to the results of the sub-questions dealt with in this thesis. Firstly, limited knowledge of the situation has a great influence. Groningen and its earthquakes is unique in the world and this means that you first have to develop knowledge, before you can do something about it. It is also not possible to refer to other places on this globe, to copy methods from them. This field of expertise is new and is yet to be discovered. Although the knowledge is still limited, the development of it is now going at a rapid pace. Secondly, the generality of used methods impacts the situation greatly. The already available

data and information made it possible to create general principles, methods and measures. These will roughly fit the majority of the projects, but unfortunately not in a desirable manner. More knowledge is necessary for the development of more detailed and case-specific insight. Thirdly, the specialism of the practitioner is of influence. The commissioning party has another interpretation of the situation at hand than the contracting party and the contracting party has again another perception than the design engineering party. These differences can be derived from which part of the project the party is responsible for. A contractor possesses the operational knowledge of the implementation, while a design engineer has the knowledge of applying the theory to a certain case. It must be said that these differences not only exist between parties, but also between the people within a single party. A specific specialism may guide interpretation, but a human's personal view as well. So, the major determinants of the implementation of earthquake resilient building boil down to limited knowledge about earthquake damages and measures to be taken, to the current methods used that are too general, and to differences between specialisms. Because of these shortcomings, CVW's expert system is going to instigate great improvement. This system will provide specific knowledge, specify the methods and combine the differences of the specialisms. Hopefully, this expert system will smooth out the total process of implementing earthquake resilient building in cases of restoration of earthquake damages in the province of Groningen.

6 | Reflection

This chapter addresses successes and limitations of this research. Furthermore, there will be a reflection of the aspects that might have been done differently. Also implications for future research and practice will be presented. Lastly, some of my personal thoughts will be displayed concerning the outcomes of this research. I will reflect on the research results and elaborate on the persuasion of the outcomes from a researcher's perspective. And that will end my journey through Groningen and its gas extraction induced earthquakes.

The accessibility of the interviewees is a positive point worth mentioning. Although the interviewees were busy and had full schedules, they made time for an interview with me. They were eager to give their opinion on the topic of earthquake resilience and also displayed an open and interested attitude during the interviews. They provided large amounts of useful information, including information not directly related to the interview questions. This "side" information was very useful and allowed me to get into contact with design engineering companies. It must be said that this extra information not always made it easier to create a clear overview of the situation regarding Groningen and its gas quakes. Also, a success element was the redirection of approaching different kinds of companies. The research started with the focus on the contractors, but during the interviews it became clear that other kind of companies would probably have a different view on the topic. The interviews with design engineers and the head engineer of the CVW turned out to be insightful contributions. They pointed out new perspectives on the issue at hand, while acknowledging already obtained insights.

Limitations of this research resided mainly in the novelty of the topic and the rapid development of new knowledge. It created the feeling that the results obtained and the knowledge discovered were already outdated at the moment of writing about it. Moreover, reports were not always as easy to access as was portrayed by the enthusiasm of the interviewees. The existence of reports was known, but written by some company that was commissioned by another, that was then again part of a different organization consisting of several other companies. All the organizations said that the other party was the one that could give the approval to access the report or document. This delayed the progress of the research notably or made it impossible to access these documents. All different parties involved in the process of developing new knowledge knew about some pieces of information without having a total overview, which made it hard to find relevant information or know that it even existed. The information was scattered over different organizations, companies and levels. As the objective of my research became clearer during the process of interviewing and collecting information, more detailed questions about earthquake resilient building could have been asked in the interviews. Fortunately, the opportunity for the interviewee to give additional information, made it possible to extract useful results from the interview answers. Furthermore, it would have been better to include the interviews earlier in the process of data collection. This way the newest information could have been implemented in an earlier stage and the main research question could have been adjusted sooner.

A first recommendation for further research is to look in more detail at the exact impact of the (P)hysical on the (S)ocial and (E)conomical components of the suggested conceptual model. In the case of Groningen, this boils down to evaluating the impact of the transformation of earthquake vulnerable buildings into earthquake resilient buildings on the well-being of its residents and the value of the buildings. A second recommendation is to

investigate to which extent the measures for earthquake resilience taken by practitioners in the field are really earthquake resilient. One of the biggest problems with that investigation, is that you need an earthquake of a substantial magnitude in order to see the effects. In further research related to Groningen and its earthquakes, close collaboration with the CVW is recommended, as the CVW has a central and monitoring position regarding this subject. Also CVW's connection with other involved parties up to date with the latest developments, is very useful and can be beneficial for further research.

An implication for practice would be a closer involvement between small local contractors and big ones. The closer collaboration will boost the dispersal of knowledge, which will lead to better educated contractors and also better executed projects. Furthermore, a database of implemented measures is of great importance. This database should not only document the proposed measures, but also the eventually executed ones. The documentation will provide the opportunity of properly monitoring and evaluating the effects after an earthquake. Also, clear guidelines should be established in the approach of privately-owned or housing corporation owned houses. Now the houses of the housing corporation get preferential treatment. A last implication for practice is the tracking of the compensation flow where the home owner gets a certain amount of compensation without any involvement of the CVW in the use of it. Lack of communication regarding such compensation can create problems when these houses switch ownership.

I like to finish by reflecting on the outcomes of this research with respect to their convincing quality. Two aspects can be considered to be questionable. First, the amount of interviews could be considered as too few. I think this does not jeopardize the outcomes of this research though. Within these 10 interviews the three most important kind of companies involved in the process of earthquake resilient building were represented. These kinds are the contracting, advising and commissioning companies. However, these types of companies are not evenly distributed. This could be considered as a second point of discussion. The amount of design engineering companies can be seen as underrepresented and the contracting parties as overrepresented. The choice of approaching more contracting companies of different sizes was done deliberately, because the size of such company appears to influence the kind of projects they get. In this way a more comprehensive overview has been obtained. As for the design engineering organization the size does not matter as much, because they have an advising function. Advising operates on an abstract level between theoretically based guidelines and their implementation. Interviewing more of such companies would not result in more knowledge and different views. The variability in this respect would be very restricted. As a whole, enough information has been collected to get a comprehensive view in this exploratory study. In the beginning I had the perception that there was unanimity in views about earthquake resilient building, but while conducted my research it changed considerably. I think that the outcomes of my research are an important contribution to the insights of what determines implementation of earthquake resilient building following earthquake damages in the province of Groningen.

References

- ANP. (2016, Maart 12). *Huizen bevingsgebied Groningen 954 miljoen minder waard*. Opgehaald van NU.nl: <http://www.nu.nl/gaswinning-groningen/4229080/huizen-bevingsgebied-groningen-954-miljoen-minder-waard.html>
- Arup. (2013). *Preliminary Structural Upgrading Strategy for Groningen*. Assen: NAM.
- Arup. (2014). *Engineering Inspection Manual EVS: Structural Upgrading*. Assen: NAM.
- Boelhouwer, P., Boumeester, H., Groetelaers, D., Hoekstra, J., van den Heijden, H., Jansen, S., . . . Ringersma, R. (2016). *Woningmarkt- en leefbaarheidsonderzoek aardbevingsgebied Groningen*. Delft: OTB - Onderzoek voor de gebouwde omgeving.
- Bolle, J. (2016, Maart 11). *Huizen Groningen miljard minder waard door bevingen*. Opgehaald van NRC: <http://www.nrc.nl/nieuws/2016/03/11/huizen-groningen-miljard-minder-waard-door-bevingen>
- Botter, B. (2009). Gas in the Netherlands: The Vital combination of many small fields and a global giant. *AAPG Search and Discover Article* (pp. 11-12). Paris-Malmaison, France: AAPG European Region Annual Conference.
- Carpenter, S., Westley, F., & Turner, G. (2005). Surrogates for resilience of social-ecological systems. *Ecosystems*(8), 941-944.
- Curtin, C., & Parker, J. (2014). Foundations of Resilience Thinking. *Conservation Biology*(28), 912-923.
- Davoudi, S. (2012). Resilience: A Bridging Concept or a Dead End? *Planning Theory & Practice*, 299-333.
- de Haan, F. (2016, Mei 11). *Aardbevingen in Groningen; wat zijn de ervaringen van burgers*. Opgehaald van Sociaal Planbureau Groningen: <http://www.sociaalplanbureaugroningen.nl/aardbevingen/>
- Deltares. (2011). *Gebouwschade Loppersum*. Groningen: Provincie Groningen.
- Deltares. (2016). *Geological schematisation of the shallow subsurface of Groningen*. Delft: Deltares.
- DiCicco-Bloom, B., & Crabtree, B. (2006). The qualitative research interview. *Medical Education*, 40, 314-321.
- Economie Groningen. (2013, Juli 9). *Mijnbouwactiviteiten Groningen goed voor 7500 banen*. Opgehaald van Economie Groningen: <http://economie.groningen.nl/themas/cijfers/nieuws/mijnbouwactiviteiten-groningen-goed-voor-7500-banen>
- European Committee for Standardization. (2005). *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 3: Assessment and retrofitting of buildings*. Brussels: European Committee for Standardization.

- Galderisi, A., Ferrara, F., & Ceudech, A. (2010). Resilience and/or vulnerability? Relationships and roles in risk mitigation strategies. Helsinki: AESOP 24th Annual conference.
- Gastel, M. v., Maanen, G. v., & Kuijken, W. (2014). *Onderzoek Toekomst Governance Gasgebouw*. Den Haag: ABDTOPConsult.
- Grünthal, G. (1998). European Macroseismic Scale 1998. *Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie*(15), 4.
- Gunderson, L., & Holling, C. (2002). *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Washington D.C.: Island Press.
- Holling. (1996). *Engineering resilience versus ecological resilience*. Washington D.C.: National Academy Press.
- Holling, C. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecological Systems*(4), 1-23.
- KnowThis. (2016, Maart 25). *Secondary Data - Advantages*. Opgehaald van Knowthis.com: <http://www.knowthis.com/data-collection-low-cost-secondary-research/secondary-research-advantages>
- Kruiver, P., de Lange, G., Wiersma, A., Meijers, P., Korff, M., Peeters, J., . . . Gunnink, J. (2015). *Geological schematisation of the shallow subsurface of Groningen: for site response to earthquakes for the Groningen gas field*. Delft: Deltares.
- Longhurst, R. (2010). Semi-structured interviews and focus groups. In N. Clifford, S. French, & G. Valentine, *Key Methods in Geography* (pp. 103-115). Londen: SAGE.
- NAM. (2015). *Reactie NAM op OvV-rapport*. Assen: Nederlandse Aardolie Maatschappij.
- NAM platform. (2016, Maart 8). *Alle regelingen*. Opgehaald van NAMplatform: <http://www.namplatform.nl/uw-vergoeding/alle-regelingen.html>
- NAM platform. (2016, Maart 8). *Alle regelingen*. Opgehaald van NAMplatform: <http://www.namplatform.nl/uw-vergoeding/alle-regelingen.html>
- NAM platform. (2016, Maart 24). *Feiten en Cijfers - Voortgang schadeafhandeling*. Opgehaald van NAMplatform: <http://www.namplatform.nl/feiten-en-cijfers/feiten-en-cijfers-voortgang-schadeafhandeling.html#iframe-L2VtYmVkJ2NvbXBvbmVudC8/aWQ9c2NoYWRIYWZoYW5kZWxpbmc=>
- NAMplatform. (2016, Maart 3). *Feiten en cijfers - Aardbevingen*. Opgehaald van NAMplatform: <http://www.namplatform.nl/feiten-en-cijfers/aardbevingen#iframe-L2VtYmVkJ2NvbXBvbmVudC8/aWQ9YWFyZGJldmluZ2Vu>
- NAMplatform. (2016, Maart 8). *Feiten en cijfers - Gaswinning*. Opgehaald van Totaal uit Groningen-gasveld gewonnen gas: <http://www.namplatform.nl/feiten-en-cijfers/feiten-en-cijfers-gaswinning.html#iframe-L2VtYmVkJ2NvbXBvbmVudC8/aWQ9Z2Fzd2lubmluZw==>

- Nederlands Normalisatie-instituut. (2015). *NPR 9998: Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- Onderzoeksraad voor Veiligheid. (2015). *Aardbevingsrisico's in Groningen; Onderzoek naar de rol van veiligheid van burgers in de besluitvorming over gaswinning (1959-2014)*. Den Haag: Onderzoeksraad voor Veiligheid.
- Pendall, R., Foster, K., & Cowell, M. (2010). 2010. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*(3), 71-84.
- Peterson, G., Allen, C., & Holling, C. (1998). Ecological resilience, biodiversity and scale. *Ecosystems*(1), 6-18.
- Pimm, S. (1984). The complexity and stability of ecosystems. *Nature*(307), 321-326.
- Plochg, T., & van Zwieten, M. (2007). Kwalitatief onderzoek. In T. Plochg, & R. Juttmann, *Handboek gezondheidszorgonderzoek* (pp. 77-93). Houten: Bohn Stafleu van Loghum.
- Provincie Groningen. (2015, Oktober 2). *Alles op een rij*. Opgehaald van Provincie Groningen: <http://www.provinciegroningen.nl/actueel/dossiers/aardbevingen/alles-op-een-rij/>
- Restemeyer, B., Woltjer, J., & van den Brink, M. (2013). A strategy-based framework for assessing the flood resilience of cities - A Hamburg case study. Dublin: AESOP-ACSP Joint Congress.
- Rijksoverheid. (2015, November 11). *Actueel*. Opgehaald van Rijksoverheid: <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2015/11/16/omkering-bewijslast-aardbevingsschade-in-groningen>
- Schouwman, A. (2014). *Het verdriet van Groningen*. Opgehaald van Dagblad van het Noorden: <http://redactie.dvhn.nl/aardbevingen/>
- Spetzler, J., & Dost, B. (2016). *Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Induced Earthquakes in Groningen, Update June 2016*. De Bilt: KNMI.
- Staalduinen, P. v., & Geurts, C. (1998). *De relatie tussen schade aan gebouwen en lichte, ondiepe aardbevingen in Nederland: inventarisatie*. Utrecht: TNO.
- ter Voorde, M. (2016, Mei 20). *Is een aardbeving met magnitude 3,1 veel zwaarder dan een aardbeving met magnitude 2,9?* Opgehaald van Kennislink: <http://www.kennislink.nl/publicaties/is-een-aardbeving-met-magnitude-3-1-veel-zwaarder-dan-een-aardbeving-met-magnitude-2-9>
- Tünnissen, J. (2016, Juli 27). Aardbevingen Groningen; Achtergrond en aanpak Inspectie & Engineering - v6. Appingedam, Groningen, Nederland.
- U.S. Library of Congress. (2016, Maart 25). *Earthquakes*. Opgehaald van Country Studies: <http://countrystudies.us/japan/48.htm>
- Van den Berg, J. (2015, November 14). Aanklacht: aardbeving. *De Volkskrant: Sir Edmund*.

- van der Voort, N., & Vanclay, F. (2014). Social impacts of earth quakes caused by gas extraction in the Province of Groningen, The Netherlands. *Environmental Impact Assessment Review*(50), 1-15.
- van Kam, G., & Raemaekers, J. (2014). *Opvattingen van bewoners over de effecten van de aardbevingen op het woongenot en de woningwaarde in Groningen*. Groningen: University of Groningen.
- Walker, B., Ludwig, D., Holling, C., & Peterman, R. (1969). Stability of semi-arid savanna grazing systems. *Ecology*(69), 473-498.
- Weissink, A. (2015, September 2). *NAM moet Groningse woningbezitters meteen vergoeden*. Opgehaald van FD: <http://fd.nl/economie-politiek/1117116/nam-leidt-verstrekkende-nederlaag-in-rechtszaak-van-groningse-woningbezitters>

Appendices

Appendix I: Interview process

Appendix II: Interview reports

1 | Interview process

The interviews are an important method of gathering data regarding this research. It is therefore crucial the process of the interviews goes correct and requires useful information. The interviews have a semi-structured nature and were done in Dutch. The choice to do it in Dutch is made, because all the interviewees are Dutch. The questions in this appendix are thus in Dutch.

The interviews will be done face-to-face or by phone. This depends on the available time of the interviewee as well as the interviewer. All the interviews will be recorded with approval of the interviewee and afterwards a report will be made about the information of the interview. The reports will be verified by the interviewee. Before a viable interview will be done, the contractor is first approached to verify if the company had assignments regarding earthquake damage restoration. If this is the case, a date and time will be set to interview the person of interest, who has the knowledge about these before mentioned assignments. To have an effective and informative interview a certain structure will be kept. Below this structure is made visible in a flowchart.

- 1. Wat is uw naam, functie en hoe lang in dienst bij het bedrijf?*
- 2. Hoeveel projecten omtrent restauratie van aardbevingsschade hebben jullie als bedrijf gedaan, doen jullie of gaan jullie doen?*
- 3. Wat is uw rol in de projecten omtrent restauratie van aardbevingsschade?*
- 4. Hoe worden de aardbevingsschade en de restauratie mogelijkheden bepaald?*
- 5. Bent u op de hoogte van aardbevingsbestendig bouwen? Zo ja, welke bronnen zijn hiervoor gebruikt? Zo nee, kent u Eurocode 8 en NPR 9998?*
- 6. Wordt er in projecten waar aardbevingsschade optreedt altijd gerestoreerd met oog op aardbevingsbestendigheid? Zo ja, waarom? Zo nee, wat zijn de redenen hiervoor?*
- 7. Kunt u aangeven in hoeveel van de aardbevingsschade gevallen aardbevingsbestendig bouwen toegepast wordt? Zo ja, hoeveel/percentage?*
- 8. Hebt u het gevoel dat bedrijven op de hoogte zijn van aardbevingsbestendig bouwen?*
- 9. Wilt u nog iets toevoegen aan het interview?*
- 10. Weet u nog andere bedrijven, die actief zijn op dit gebied en interessant zijn voor dit onderzoek?*

2 | Interview reports

This appendix contains all the reports of the interviews. The reports are in Dutch, as the interviewees are also done in Dutch. This report is also the one which has been verified by the interviewee.

- a. ABT Wassenaar (Jaap Schaveling)*
- b. Ballast Nedam (Jan Willem Beugel)*
- c. Centrum Veilig Wonen (Joep Tünnissen)*
- d. Friso Bouwgroep (Jos Roewen)*
- e. GEVEKE (Rene Oosting)*
- f. Jorritsma (Allard Schuring)*
- g. Kamminga (Daniel Kamminga)*
- h. Roorda & Veldman (Aldert Veldman)*
- i. Van Wijnen (Bert ten Hoeve)*
- j. W2N Engineers (Rinse Wiersum)*

2a | Interview ABT Wassenaar (Jaap Schaveling)

Bedrijf: ABT Wassenaar

Persoon: Jaap Schaveling

Datum: 05-07-2016, 13:30

Adres: Rummerinkhof 6, Haren

Email: jschaveling@wassenaarbv.nl

1. Wat is uw naam, functie en hoe lang in dienst bij het bedrijf?

Jaap Schaveling, constructief ontwerp, adviseur, projectleider en is 18 jaar in dienst bij het bedrijf. ABT Wassenaar heeft omtrent de aardbevingen een gespecialiseerde tak geformuleerd en dat is ABT Wassenaar Seismisch Advies. Hier binnen heeft hij de functie van seismisch adviseur.

2. Hoeveel projecten omtrent restauratie van aardbevingsschade hebben jullie als bedrijf gedaan, doen jullie of gaan jullie doen?

In de afgelopen 2,5 jaar heeft Seismisch Advies ongeveer 120 projecten gedaan betreffende de aardbevingen. Hier zitten ook nieuwbouw projecten bij, zoals het aardbevingsbestendig maken van het Groningen Forum. Over het algemeen zit het bedrijf in de grotere projecten en vaak ook voor organisaties en bedrijven en niet zo zeer voor particulieren. Ook worden ze benaderd door de NAM met betrekking tot de moeilijke dossiers, die lastig op te lossen zijn. Monumentale boerderijen zijn hiervan een voorbeeld. Versterken aan de buitenkant is het gemakkelijkst, maar bij monumenten kan dit natuurlijk niet.

3. Wat is uw rol in de projecten omtrent restauratie van aardbevingsschade?

Het bepalen van versterkingsmaatregelen en het doorrekenen van de constructies. Het repareren heeft meer betrekking op de cosmetische schade en daar heeft hij geen rol in. Het gaat hier meer om het versterken van verzwakte gebouwen.

4. Hoe worden de aardbevingsschade en de restauratie mogelijkheden bepaald?

Als het gaat om niet constructieve schades, worden deze beoordeeld als A-, B-, C-schade. A-schade is volledig aan de aardbevingen toe te kennen. B-schade is schade met een andere oorzaak, die verergerd is door de aardbevingen en C-schade heeft iets anders als oorzaak dan aardbevingen. Bij C-schade wordt er ook niet vergoed. Voor het bepalen van deze schade zijn ook wel handboeken ontwikkeld.

Als het gaat om constructieve schade, dan kan je ook niet echt meer spreken over reparatie, maar meer over versterken. Hiervoor is de leidraad de NPR 9998. Hierin staat namelijk de categorisatie van Near Collapse, Severe Damage en Damage Limitation. NPR richt zich ook niet op het voorkomen van scheuren, maar vooral op de constructieve veiligheid. Hiervoor zijn nog geen handboeken ontwikkeld.

Onder aardbevingsbestendig bouwen wordt verstaan dat bewoners veilig het huis moeten kunnen verlaten, wanneer een aardbeving van bepaald kracht plaatsvindt. Het idee heerst nog vaak bij bewoners dat wanneer zij een aardbevingsbestendig woningen hebben, dat zij geen schade meer zullen ondervinden. Dit is niet het geval.

5. Bent u op de hoogte van aardbevingsbestendig bouwen? Zo ja, welke bronnen zijn hiervoor gebruikt? Zo nee, kent u Eurocode 8 en NPR 9998?

Het is nog een aardig nieuw vakgebied en er worden steeds nog nieuwe ontwikkelingen doorgevoerd. Er werden wel cursussen gevolgd, maar voor de mensen die de cursus gaven, was het ook een nieuw onderwerp. Zij wisten er ook nog weinig van. Veel kennis is vergaard al doende en het was maar gewoon uitproberen in de praktijk. Kijken wat werkt. Daarnaast is er ook contact gezocht met een bedrijf in Nieuw Zeeland, aangezien ze daar ook met een soortgelijke situatie te maken hebben. Zij hebben ook gemetselde woningen, die niet berekend zijn op aardbevingen en dat is in Groningen ook zo. Op deze manier proberen ze informatie en kennis uit te wisselen.

6. Wordt er in projecten waar aardbevings schade optreedt altijd gerestoreerd met oog op aardbevingbestendigheid? Zo ja, waarom? Zo nee, wat zijn de redenen hiervoor?

Bij cosmetische schade kan er niet echt over aardbevingsbestendig herstellen worden gesproken en dat is dus dan ook nooit zo. Bij constructieve schade is dit wel altijd het geval.

7. Kunt u aangeven in hoeveel van de aardbevings schade gevallen aardbevingsbestendig bouwen toegepast wordt? Zo ja, hoeveel/percentage?

Bij constructieve schade is het verplicht om aardbevingsbestendig op te lossen en dus is het 100%. Bij cosmetische schade is dat niet zo en valt er niet over aardbevingsbestendig te spreken en is het dus 0%.

8. Hebt u het gevoel dat bedrijven op de hoogte zijn van aardbevingbestendig bouwen?

De kennis over het aardbevingsbestendig bouwen centreert zich vooral in de omgeving van Groningen, aangezien het ook wel een Gronings probleem is. In de rest van het land speelt het niet. Je merkt wel dat er verschil zit in de kennis van partijen. Grotere bedrijven doen doordat ze meerdere mensen aan het werk hebben op dit gebied, simpelweg sneller kennis op. Al deze verschillende ervaringen worden uitgewisseld en zo ontstaat er veel kennis. Kleine bedrijven kunnen dat niet intern, maar het gebeurt wel in samenwerking met andere kleine bedrijven.

9. Wilt u nog iets toevoegen aan het interview?

Er is een convenant tussen de woningcorporaties en de NAM over het versterken van de rijtjeswoningen. Hiervoor zijn 7 grote bouwbedrijven benaderd om deze woningen onder anderen te versterken. De evaluatie van deze projecten is gedaan door ABT Wassenaar en BAM Engineering, waarin ze keken naar de verschillende oplossingsmethoden die gebruikt zijn. De oplossingen verschilden nogal, terwijl het in eerste instantie allemaal gelijke opgaven leken te zijn. Uit de evaluatie zijn aanbevelingen gekomen. Dit gaat alleen over het versterkingsopgaven, het constructieve deel.

Op dit moment zijn er ook ontwikkelingen waarbij verschillende bedrijven samenwerkingen aangaan. Een voorbeeld is de samenwerking tussen ABT Wassenaar en de BAM, die een project van A tot Z kunnen uitvoeren en dan geeft het CVW alles uit handen. Dit gaat dan wel om de grotere gebouwen (CC2 en CC3). Dit zijn scholen, gemeentehuizen, kantoren, ziekenhuizen, enzovoort.

De situatie in is Groningen uniek. Er zit namelijk een grote verschillen tussen de tektonische aardbevingen en de geïnduceerde aardbevingen. Tektonische vinden plaats op grotere diepte

en veroorzaken dan ook hele andere energie aan de oppervlakte dan de ondiepere aardbevingen in Groningen. Daarom hebben wij bij lagere metingen op de Schaal van Richter, veel grotere problemen. Daarnaast speelt de frequentie ook een belangrijke rol. Tektonische aardbevingen zijn wat laag frequenter en gebouwen met een lage eigen frequentie zijn daar gevoelig voor. Dit zijn hoge gebouwen. In het geval van Groningen zijn het hoog frequente aardbevingen en die hebben invloed op de gebouwen met een lage eigen frequentie. Dat zijn de lage gebouwen en dus de woningen.

10. Weet u nog andere bedrijven, die actief zijn op dit gebied en interessant zijn voor dit onderzoek?

Wellicht Arup. Zij zijn namelijk bezig met het ontwikkelen van een expertsysteem, dat per bouwtype kan aangeven welke onderdelen van het gebouw een risico vormen en welke dus dan ook moeten worden versterkt of vervangen. Dit zou moeten voorkomen dat iedereen steeds weer dezelfde soort woningen helemaal doorrekent en met een eigen oplossing komt, dat weer anders is dan een andere constructeur.

2b | Interview Ballast Nedam (Jan Willem Beugel)

Bedrijf: Ballast Nedam (Bouwborg)

Persoon: Jan Willem Beugel

Datum: 28-06-2016, 13:30

Adres: Gotenburgweg 40, Groningen

Email: jw.beugel@ballast-nedam.nl

1. Wat is uw naam, functie en hoe lang in dienst bij het bedrijf?

Jan Willem Beugel, projectbegeleider bouwkundig verstevigen en verduurzamen en is sinds 18 september 2015 in dienst bij Ballast Nedam. Hij is in dienst genomen om juist het onderwerp van aardbevingsbestendig bouwen op zich te nemen.

2. Hoeveel projecten omtrent restauratie van aardbevings schade hebben jullie als bedrijf gedaan, doen jullie of gaan jullie doen?

Op dit moment hebben ze 1 project met betrekking tot aardbevingsbestendig bouwen opgeleverd. Dit waren 16 rijtjeswoningen in Loppersum, die moesten worden aangepakt volgens het H3V principe. Dit houdt in dat een woning wordt hersteld, verbeterd, verduurzaamd en verstevigd. Dit principe komt voort uit een convenant tussen de woningbouwvereniging en het Centrum Veilig Wonen (CVW). Een volgend project betreffende aardbevingsbestendig bouwen zit in dit pijpleiding, maar dat zijn 13 nieuwbouw woningen.

3. Wat is uw rol in de projecten omtrent restauratie van aardbevings schade?

Het leiden van het project omtrent de 16 rijtjeswoningen.

4. Hoe worden de aardbevings schade en de restauratie mogelijkheden bepaald?

Alle aardbevings schade verloopt via CVW en dit is een organisatie van onder andere de NAM. Zij behartigen dan ook de belangen van de NAM in verwerkingen van aardbevings schade. Bij het project van de 16 rijtjeswoningen in Loppersum was het CVW ook de opdrachtgever en zij zijn ook degene die de rekening betaald. Zij bepalen en definiëren zelf de schade. In het geval van de 16 rijtjeswoningen, gaf het CVW aan welke schade er was en welke uitgangspunten er gehandhaafd moeten worden. Vervolgens neemt Ballast Nedam een constructeur in de hand voor het berekenen van de aardbevingbestendige aanpassingen en een architect voor het ontwerp. Wanneer het gaat om lichtere aardbevings schade, zal het CVW wel aangeven wat er precies gedaan moet worden. Het hangt er dus vanaf hoe erg de aardbevings schade is om als bouwbedrijf invloed uit te oefenen op de implementatie van aardbevingsbestendig bouwen.

5. Bent u op de hoogte van aardbevingsbestendig bouwen? Zo ja, welke bronnen zijn hiervoor gebruikt? Zo nee, kent u Eurocode 8 en NPR 9998?

Het is voor iedereen een vrij nieuwe onderwerp, dus scholing was nodig. Naast de Eurocodes en NPR 9998 is er veel kennis overgedragen door een voormalig constructeur van Ballast Nedam, Joep Tuennissen. Deze constructeur is nu hoofd constructeur bij Centrum Veilig Wonen.

6. Wordt er in projecten waar aardbevings schade optreedt altijd gerestoreerd met oog op aardbevingbestendigheid? Zo ja, waarom? Zo nee, wat zijn de redenen hiervoor?

Altijd. Voor nieuwbouw is dit gewoon verplicht en voor de opdrachten die wij krijgen is dat ook het geval. De keus om aardbevingsbestendig bouwen wordt ook niet door ons bepaald, maar door de opdrachtgever.

7. Kunt u aangeven in hoeveel van de aardbevings schade gevallen aardbevingsbestendig bouwen toegepast wordt? Zo ja, hoeveel/percentage?

Alle.

8. Hebt u het gevoel dat bedrijven op de hoogte zijn van aardbevingbestendig bouwen?

Het aardbevingsbestendig bouwen in Groningen is een vrij nieuwe onderwerp en het moet nog verder ontwikkeld worden. Het project van de 16 rijtjeswoningen was onderdeel van een pilot vanuit het CVW. Naast Ballast Nedam hebben ook 6 andere grotere bouwbedrijven een dergelijk project gekregen om uit te voeren. De totaal 7 bouwbedrijven zijn Ballast Nedam, Van Wijnen, Kooi, Rottinghuis, BAM, Friso Bouw en GEVEKE. Nu al deze projecten (bijna) zijn opgeleverd, wordt dit geëvalueerd door de betrokken partijen. Één van de uitkomsten is dat er geen eenduidigheid in constructies zit en dus in de implementatie van aardbevingsbestendig bouwen. Als je 7 constructeurs aan eenzelfde woning laat rekenen, komen er 7 verschillende antwoorden.

9. Wilt u nog iets toevoegen aan het interview?

Om meer eenduidigheid te krijgen bij de bepalen van de aanpassingen voor een aardbevingsbestendige woning probeert het CVW hier uniforme rekenmodellen en aanpassingen voor te vervaardigen. Dit gaat onder leiding van Joep Tuenissen. Door die uniformiteit hoeft een bouwbedrijf alleen te kijken welk type woning het is en daaruit volgt een bepaalde implementatie van aardbevingsbestendige ingrepen. Een belangrijk focuspunt zijn de Jarino- en Martiniwoningen. Deze woningen blijken zeer gevoelig voor aardbevingen en worden gezien als een zeer groot risico. Door de constructie van deze soort woningen, kunnen bij de trillingen de vloeren instorten.

Daarnaast is de constructeur degene die een centrale functie in het aardbevingsbestendig bouwen. Zij bepalen wat er moet gedaan worden en een bouwbedrijf voert het gewon uit.

10. Weet u nog andere bedrijven, die actief zijn op dit gebied en interessant zijn voor dit onderzoek?

W2N Engineers, ABTWassenaar en Centrum Veilig Wonen. Daarnaast ook Next, een bedrijf dat prefab lichtgewicht schoorstenen maakt.

2c | Interview Centrum Veilig Wonen (Joep Tünnissen)

Bedrijf: Centrum Veilig Wonen

Persoon: Joep Tünnissen

Datum: 20-70-2016, 13:00

Adres: Buxzijlweg 1, Appingedam

Email: joep.tuennissen@cvw.nl

1. Wat is uw naam, functie en hoe lang in dienst bij het bedrijf?

Joep Tünnissen, hoofdconstructeur Bouwtechniek en sinds begin vorig jaar in dienst bij het CVW. Hij is projectleider met betrekking tot het expertsysteem dat op dit moment door het CVW wordt opgezet.

2. Hoeveel projecten omtrent restauratie van aardbevingsschade hebben jullie als bedrijf gedaan, doen jullie of gaan jullie doen?

Het CVW bestaat pas sinds 5 januari 2015 en heeft sindsdien 40.000 schadegevallen ontvangen, waarvan er nu meer dan de helft zijn verwerkt.

3. Wat is uw rol in de projecten omtrent restauratie van aardbevingsschade?

Het CVW is het centrale punt met betrekking tot de schadeafhandeling, maar hij heeft geen directe verbinding met restauratie van aardbevingsschade. Hij is vooral verantwoordelijk voor het opzetten van het expertsysteem. In dit expertsysteem worden type woningen opgenomen en doorgerekend. Een constructeur zou dan in de toekomst aan de hand van de karakteristieken van het gebouw en het expertsysteem kunnen bepalen wat de versterkingsmaatregelen zijn. Dit kost nu veel tijd om het speciaal door te moeten rekenen per situatie en dat kan met het expertsysteem veel sneller. Dit expertsysteem heeft vooral betrekking op het aardbevingsbestendig versterken van woningen. Dus gericht op het constructieve aspect.

4. Hoe worden de aardbevingsschade en de restauratie mogelijkheden bepaald?

De NPR is hierin leidend. Aardbevingsbestendig bouwen betekent dat het conform de NPR is. Dus dat houdt in dat het moet voldoen aan de benadering vanuit de Near Collapse (NC). Dat de bewoners de woning veilig kunnen verlaten binnen een half uur bij een maatgevende aardbeving. Scheurvorming kan nog steeds voor komen. Dat staat buiten het aardbevingsbestendig zijn.

5. Bent u op de hoogte van aardbevingsbestendig bouwen? Zo ja, welke bronnen zijn hiervoor gebruikt? Zo nee, kent u Eurocode 8 en NPR 9998?

Hij is bijna zijn hele carrière al bezig als constructeur op het gebied van aardbevingen. Daarom is hij ook benaderd voor zijn huidige functie en het CVW is op het gebied van aardbevingen een centraal kennisorgaan. Hij krijgt niet de cursussen over aardbevingsbestendig bouwen, maar geeft ze juist. Hij staat aan de wieg van de kennis over aardbevingsbestendig bouwen. Deze ontwikkeling van kennis gaat in samenwerking met verschillende andere organisaties. Met betrekking tot de aardbevingskennis is er in het begin gezocht naar een generieke passende methode voor alle gevallen en nu wordt er geprobeerd om deze generaliteit te specificeren naar situatie.

6. Wordt er in projecten waar aardbevings schade optreedt altijd gerestoreerd met oog op aardbevingbestendigheid? Zo ja, waarom? Zo nee, wat zijn de redenen hiervoor?

Er zit een verschil tussen het herstellen van schades en het versterken van woningen. Dit komt weer terug bij het verschil in esthetische en constructieve schade. Het is wel zo dat je kan zeggen wanneer er bij esthetische schade bijvoorbeeld wel wikkels en dergelijke worden toegepast in plaats van alleen op te vullen van de scheur, dat het aardbevingsbestendiger is. Alleen de toepassing van deze extra maatregelen is een economische afweging. Wanneer een scheur weer terugkomt, moet ook degene die het komt repareren weer terugkomen. Hierin speelt natuurlijk een trade-off van groot belang. Het gaat er op dit moment om dat de scheurvorming wordt weggenomen en of de constructieve veiligheid is gewaarborgd.

7. Kunt u aangeven in hoeveel van de aardbevings schade gevallen aardbevingsbestendig bouwen toegepast wordt? Zo ja, hoeveel/percentage?

Hier kan geen antwoord op gegeven worden.

8. Hebt u het gevoel dat bedrijven op de hoogte zijn van aardbevingbestendig bouwen?

Vanuit het CVW wordt er alleen gewerkt met gecertificeerde bedrijven en daarbij wordt ook gewezen op de kundigheid en kennis van onderaannemers. Er wordt zo getracht om betrokken partijen via de certificering op de hoogte te houden van de ontwikkelingen met betrekking tot de aardbevingen.

9. Wilt u nog iets toevoegen aan het interview?

De Schaal van Richter geeft een vertekend beeld als een tektonische aardbeving wordt vergeleken met een geïnduceerde aardbeving in Groningen. De Schaal van Richter heeft betrekking op het epicentrum en dat maakt vergelijkingen tussen Groningse aardbevingen (3 km) en tektonische aardbevingen (10 km) lastig. De ervaring aan het aardoppervlak is heel anders. De PGA (Peak Ground Acceleration) is dan toepasselijker. Bij een aardbeving van 5 op de Schaal van Richter is de PGA 0,36g bij ondiepe (3km) aardbevingen en 0,09g bij diepe (10 km) aardbevingen.

Het KNMI heeft een contourplot gemaakt met PGA niveaus en daaruit blijkt dat het erg overeenkomt met de grondsoorten. Grondsoorten met een hoger gehalte water kunnen beter de energie van de aardbeving overbrengen en wordt dus heviger ervaring aan het aardoppervlak. Klei (waterrijk) kan energie beter doorgeven dan zand (waterarm).

CVW is een private organisatie, die is ontstaan vanuit een opdracht vanuit de NAM met betrekking tot engineering voor versterkingsopgaven en schadegevallen. Hierop hebben het CID en Arcadis zich ingeschreven en dat is uiteindelijk het CVW geworden. Het budget komt wel vanuit de NAM, maar dat moet goed onderbouwd worden aangevraagd door het CVW. Het CVW is ervoor om seismische kennis op te schalen en te borgen en daarnaast het stroomlijnen van engineering en uitvoeringsprocessen.

Er zijn 4 berekeningsmethodes vanuit de NPR. De eerste is de zijdelingse belastingsmethode (LFM) en heeft een statische en lineaire benadering. De tweede is de spectrale modale responsberekening (MRS) en is dynamisch, maar nog steeds lineair. De derde is niet-lineaire push-over-berekening (NLPO) en is juist niet lineair, maar wel statisch. De laatste is de niet-

lineaire tijdsdomeinberekening (NLTH) en is dynamisch en niet lineair. De eerst kan snel berekend worden, maar zorgt voor ingrijpende versterkingsmaatregelen. De laatste duurt juist erg lang om door te rekenen, maar kan wel specifiekere maatregelen aangeven en is ook minder ingrijpend. Het expertsysteem is gebaseerd op de laatste voor een type woning.

10. Weet u nog andere bedrijven, die actief zijn op dit gebied en interessant zijn voor dit onderzoek?

Nationaal Coördinator Groningen. Zij zijn vanuit de overheid opgezet om te kijken naar de langetermijnvisie voor het noorden. Hierbinnen valt natuurlijk ook het aardbevingsvraagstuk. Dit wordt gedaan op een bestuurlijk niveau.

2d | Interview Friso Bouwgroep (Jos Roewen)

Bedrijf: Friso Bouwgroep

Persoon: Jos Roewen

Datum: 11-07-2016, 10:00

Adres: Osloweg 125, Groningen

Email: j.roewen@frisobouwgroep.nl

1. Wat is uw naam, functie en hoe lang in dienst bij het bedrijf?

Jos Roewen, vestigingsleider Friso Bouwgroep Groningen met betrekking tot bouw en realisatie in de provincies Groningen en Drenthe. Zo doende is hij ook verantwoordelijk voor het aardbevingsdossier waar het bedrijf zich mee bezighoudt. Hij is sinds een jaar of twee in dienst bij Friso Bouwgroep.

2. Hoeveel projecten omtrent restauratie van aardbevings schade hebben jullie als bedrijf gedaan, doen jullie of gaan jullie doen?

Het is lastig aan te geven hoeveel dat er precies zijn. Voor de NAM, de moeilijke aardbevingsdossiers, doen we ongeveer 1 per maand. Wat betreft schadeherstel zijn het er ongeveer 10 per week en bij het vervangen van HRBE's zijn het er tussen de 10-15 per week. En daarnaast is er ook het pilotproject vanuit het CVW dat onlangs is opgeleverd. Bij dit project kregen zeven bouwbedrijven een aantal woningen, die ze aardbevingsbestendig moesten maken en daarnaast ook verduurzamen. In het geval van Friso Bouwgroep waren dat 23 woningen en dat zal worden vervolgd met nog eens 64 woningen. Over het algemeen blijft het aanbod van projecten redelijk stabiel. De visuele schades nemen nu wel af, omdat er minder aardbevingen zijn en meer bouwbedrijven die het kunnen herstellen.

3. Wat is uw rol in de projecten omtrent restauratie van aardbevings schade?

Zijn rol binnen het bedrijf is het leiden van de projecten, die onder andere aardbevingsveiligheid en aardbevingsherstel betreffen op een organisatorisch niveau.

4. Hoe worden de aardbevings schade en de restauratie mogelijkheden bepaald?

Met betrekking tot het bepalen van aardbevings schade en de reparatiemogelijkheden doet Friso Bouwgroep niks. Het gaat hierbij alleen om de uitvoer van werkzaamheden die beschreven staan in het dossier. Hierin staat precies aangeven welke schade er is en hoe dit hersteld zou moeten worden. Dit is vooral betreffende cosmetische aardbevings schade. Als het gaat om HRBE's, voor ons de constructieve schades, dan wordt in een samenwerkingsverband besloten wat de herstel mogelijkheden zijn. Dit samenwerkingsverband is dan tussen het CVW, calculators, constructeurs, voorbereiders, etc. Een punt van discussie met betrekking tot schade is nu het verschil tussen zettingschade en aardbevings schade. Aardbevingen zijn te danken aan de gaswinning, maar zetting is dat niet per definitie. Het draagt wel bij, maar is het de hoofdzaak.

5. Bent u op de hoogte van aardbevingsbestendig bouwen? Zo ja, welke bronnen zijn hiervoor gebruikt? Zo nee, kent u Eurocode 8 en NPR 9998?

Het vervaardigen van kennis is vooral gekomen door het samenbrengen van verschillende vakgebieden en gezamenlijk tot een besluit te komen. Er was in het begin ook geen kennis over het deze situatie en dus moest het al doende ontwikkeld worden. De NPR is de norm en geldt als het constructieve uitgangspunt. Ook is er veel kennis en kunde gekomen uit Italië.

Daar zijn namelijk de middelen om gebouwen te testen en aardbevingen te simuleren. Dit was geïnitieerd door de NAM.

6. Wordt er in projecten waar aardbevings schade optreedt altijd gerestoreerd met oog op aardbevingbestendigheid? Zo ja, waarom? Zo nee, wat zijn de redenen hiervoor?

Bij reparatie wordt de situatie teruggebracht naar de toestand van voor de beschadiging. Het wordt er dan ook niet veiliger als er gekeken wordt naar het totaal. Op de plek van de beschadiging kan je wel spreken over veiliger, aangezien die plek verstevigd is. In het geval van HRBE's is het bijna altijd een preventieve werkzaamheid en kan er niet gesproken worden over schadeherstel.

7. Kunt u aangeven in hoeveel van de aardbevings schade gevallen aardbevingsbestendig bouwen toegepast wordt? Zo ja, hoeveel/percentage?

Als er gesproken wordt over aardbevingsbestendig bouwen en dus het aardbevingsveilig maken van beschadigde woningen, is dat alleen het geval bij het pilotproject van het CVW en de zeven grote bouwbedrijven. Die 23 woningen zijn aardbevingsbestendig.

8. Hebt u het gevoel dat bedrijven op de hoogte zijn van aardbevingbestendig bouwen?

Over de hele linie kan er wel gesproken worden dat bedrijven voldoende op de hoogte zijn van het onderwerp of tenminste dat ze op de hoogte kunnen zijn. Niemand kan de volledige 100% op de hoogte zijn, want iedereen heeft natuurlijk ook zijn eigen expertise. Ook zijn er nog zaken die nog niet uitgewerkt zijn of doorontwikkeld. Over het algemeen wordt het uiteindelijk wel gedeeld met elkaar. Daarnaast proberen bedrijven ook hun kansen te pakken om eigen werkmethodes/producten te ontwikkelen en die zo in de markt te zetten. Het is ook een mogelijkheid om je te onderscheiden van de rest. De zeven bedrijven die de pilotprojecten draaien, zijn erg goed op de hoogte van de ontwikkelingen en zitten daar natuurlijk ook middenin.

9. Wilt u nog iets toevoegen aan het interview?

Naast dat er veel aardbevingsdossiers komen vanuit het CVW, zijn er ook geregeld dossiers die rechtstreeks vanuit de NAM komen. Dit zijn de complexe en moeilijke dossiers, die vaak ook nog stammen uit de tijd toen het CVW er nog niet was. Bij deze dossiers speelt de sociale component ook een grote rol en gaat hier ook om het herstel van aardbevings schade.

Als het gaat om visuele schades, gaat het vooral om scheuren en voegherstel. Scheurherstel wordt uitgevoerd aan de hand van een weefsel met stucwerk aan binnenzijde en verankering met voegherstel aan de buitenzijde. Ook wordt de binnenzijde en de buitenzijde aan elkaar verankerd.

Aardbevingsbestendig bouwen kan beter worden omschreven als aardbevingsveilig bouwen. Bij visuele schade kan er niet gesproken worden over aardbevingsveiligheid, want het gebouw wordt er niet veiliger door. De plek van herstel is wel aardbevingsbestendiger. Bij de HRBE's kan deels gesproken worden over aardbevingsveilig, doordat de elementen minder snel bezwijken. Bij de pilotprojecten vanuit het CVW kan wel gesproken worden over aardbevingsveilig bouwen. Deze woningen worden aan de hand van onder andere stalen constructies dermate aangepast, dat ze aardbevingsveilig zijn. Dit wil zeggen dat de bewoners

veilig de woning kunnen verlaten wanneer een aardbeving van een bepaalde kracht plaatsvindt. Schade zal er wel ontstaan.

Met betrekking tot de NPR 9998 bestaat er een groene en een witte. De witte NPR stamt uit februari 2015 en was een concept versie. De groene is de definitieve en is ongevoerd per december 2015. Deze vernieuwing is vooral gekomen door de toenemende kennis over het fenomeen.

10. Weet u nog andere bedrijven, die actief zijn op dit gebied en interessant zijn voor dit onderzoek?

Er zijn geen specifieke bedrijven, die wellicht van belang kunnen zijn. Het hangt heel erg af wat precies de vraag is.

2e | Interview GEVEKE (Rene Oosting)

Bedrijf: GEVEKE

Persoon: Rene Oosting

Datum: 12-07-2016, 10:00

Adres: Luingaweg, Bierum

Email: r.oosting@gevekebouw.nl

1. Wat is uw naam, functie en hoe lang in dienst bij het bedrijf?

Rene Oosting, projectcoördinator projectleider en is sinds 2 jaar in dienst van GEVEKE. Hij is toentertijd speciaal in dienst genomen voor de projecten omtrent de aardbevingen. Hiervoor was hij werkzaam in weg- en waterbouw, zware industrie, woningbouw, renovatiebouw en onderhoud. Een breed scala aan expertises bij elkaar.

2. Hoeveel projecten omtrent restauratie van aardbevingsschade hebben jullie als bedrijf gedaan, doen jullie of gaan jullie doen?

Op dit moment speelt het pilotproject vanuit het CVW een groot onderdeel van het aardbevingsdossier. Dit pilotproject omvat voor GEVEKE het versterken en verduurzamen van 5 woningen aan de Havenweg, 8 aan Ubbemasingel en 4 aan de Luingaweg in Bierum. Dit zal worden uitgebreid met 4 woningen in Siddeburen. Daarnaast zorgt het vervangen van schoorstenen ook een groot aantal projecten. Voor de rest kan hij weinig zeggen over de rest van de projecten omtrent de aardbevingen, die GEVEKE doet. Het bedrijf is gecertificeerd en staat dus aangeschreven vanuit het CVW, maar de keus is aan de mensen met aardbevingschade. De pilotprojecten zijn alleen voor de 7 grote bouwbedrijven (GEVEKE, Friso Bouw, Rottinghuis, BAM, Kooi, Van Wijnen, Ballast Nedam).

3. Wat is uw rol in de projecten omtrent restauratie van aardbevingsschade?

In eerste instantie zou hij een coördinerende rol gaan hebben over de verschillende projecten binnen de pilot, maar doordat het het totaal aantal woningen op werden gedeeld in kleinere aantallen en zit hij op locatie als projectleider.

4. Hoe worden de aardbevingsschade en de restauratie mogelijkheden bepaald?

Dat wordt door andere partijen bepaald en een bouwbedrijf voert het alleen uit. Alleen heeft hij wel enkel twijfels door zijn ervaringen in de praktijk. Zo zit er een verschil tussen zettingschade en aardbevingschade. In het geval van de pilotprojecten is het veelvuldig een preventieve opgave. Af en toe is er wel wat aardbevingschade, maar er is ook veel zettingschade. Deze zettingschade zou ook door de gaswinning kunnen komen, maar dan zou de fundering ook aangetast moeten zijn. Dit is vaak niet het geval. De aangetroffen zettingschade was ook al erg oud. Daarnaast heeft zettingschade van welke oorzaak dan ook vaak een trapsgewijs patroon. Deze schade gaat veel langzamer en zoekt de weg met de minste weerstand en dat is vaak dan door de voegen. Bij aardbevingschade is het veel directer en schiet het recht omhoog en dat gaat ook door een baksteen heen.

De constructeur van de aannemer is hoofdverantwoordelijke voor de versterking en niet de aannemer zelf. Hij is dus ook verantwoordelijk voor zijn advies dat hij geeft over het desbetreffende project. En daarin ontstaan ook de verschillen. De ene constructeur zit op veiligheidscoëfficiënt 1,5, terwijl een andere juist op veiligheidscoëfficiënt 4 gaat zitten bij de versterkingsmaatregelen. Deze coëfficiënten komen uit de NPR 9998, maar die op

verschillende manier te interpreteren door een constructeur en dat heeft uitwerking op de versterkingsmaatregelen. Om uniformiteit te krijgen moet bijvoorbeeld het CVW zeggen dat een bepaalde veiligheidscoëfficiënt moet worden gehanteerd. De verwerking van de versterkingen in de woning komt al wel meer eenheid in. Dit heeft vooral te maken met het gemak van de implementatie in de praktijk. De aannemer moet het toepassen en dat kan bouwtechnisch gezien soms wel handiger en gemakkelijker. En zodoende kunnen constructieve maatregelen nog wel eens worden aangepast.

5. Bent u op de hoogte van aardbevingsbestendig bouwen? Zo ja, welke bronnen zijn hiervoor gebruikt? Zo nee, kent u Eurocode 8 en NPR 9998?

Er wordt veel kennis opgedaan door het gewoon te doen en zien hoe het loopt. Echt al doende leren. Als je bijvoorbeeld kijkt naar het eerste aantal woningen van het pilotproject. Dan ging dat heel anders, dan de woningen die nu worden versterkt. Dit gaat dan om de aanpak en niet over de materialen. Er wordt ook veel met elkaar gesproken over de projecten en van elkaar geleerd. Vooral met betrekking tot de pilotprojecten zit hij veel om tafel met Van Wijnen en Ballast Nedam, aangezien die een soort gelijke woningen hebben in de pilot. Daarnaast is het ook zo dat er veel gelauwerde mensen op deze projecten zitten, die al veel ervaring in de bouw hebben en het een en ander gezien hebben.

6. Wordt er in projecten waar aardbevings schade optreedt altijd gerestoreerd met oog op aardbevingbestendigheid? Zo ja, waarom? Zo nee, wat zijn de redenen hiervoor?

Dit wordt bepaald door de woningcorporaties in samenwerking met het CVW en daar gaan aannemers niet over. Daar heeft hij dus geen beeld van en kan daar niets over zeggen. Daarbij heeft hij nog wel twijfels bij de uitvoer of het altijd wel om aardbevings schade gaat.

7. Kunt u aangeven in hoeveel van de aardbevings schade gevallen aardbevingbestendig bouwen toegepast wordt? Zo ja, hoeveel/percentage?

Hier kan hij niks over zeggen.

8. Hebt u het gevoel dat bedrijven op de hoogte zijn van aardbevingbestendig bouwen?

Over het algemeen zijn bedrijven wel aardig op de hoogte. Er zijn veel overleggen tussen aannemers, constructeurs, uitvoerders, enzovoort. Er is een hele open houding tegenover elkaar. In tegenstelling tot de normale houding van bouwbedrijven, wordt op het gebied van aardbevingen veel bij elkaar in de keuken gekeken. Dit gebeurt alleen tussen de 7 grote bedrijven van de pilot. Het is eigenlijk een groot samenwerkingsverband en daarnaast mag dit ook niet zo maar naar buiten worden gebracht. De kleine bouwbedrijven vallen hier helemaal buiten en daar is ook geen contact mee. Die bedrijven zijn ook niet in staat om het te kunnen bijbenen en vooral niet met betrekking tot de pilotprojecten.

9. Wilt u nog iets toevoegen aan het interview?

Er zijn twee bouwtypes die erg gevoelig zijn voor aardbevingen en dat zijn de Martini- en Jarino-woningen. Deze woningen stammen uit de jaren 70 en toe moest er snel gebouwd worden. Deze revolutiebouw zorgde ervoor dat er veel werkers nodig waren en iedereen was toen bouwvakker. Daarnaast werd er ook niet zorgvuldig omgegaan met regels. Deze woningen hebben daardoor veel fouten gemaakt en dit komen nu aan het licht. Kwantiteit ging toen boven de kwaliteit. De snelle bouwmethoden van Martini- en Jarino-woningen zijn

op zichzelf heel prima, maar niet voor dit gebied. Het grootste heikel punt bij deze woningen is, dat de vloeren zijn opgehangen in plaats van dat ze rusten op de draagstructuur.

Er is een groot verschil tussen de theorie en de praktijk. Alles is te bepalen theoretisch gezien, maar hoe dat uitpakt in de praktijk is altijd afwachten. Er is geen grondsoort gelijk, er is geen beton gelijk en er is geen hout gelijk. Op papier kan het nog zo goed uitgewerkt zijn, in de realiteit moet het nog blijken.

10. Weet u nog andere bedrijven, die actief zijn op dit gebied en interessant zijn voor dit onderzoek?

HTO in Assen is de leverancier op de wanden en dat zou wellicht nog interessant kunnen zijn. Daarnaast is er Comfort partners in Groningen. Zij verzorgen de verduurzaming van de woningen.

2f | Interview Jorritsma (Allard Schuring)

Bedrijf: Jorritsma Bouw

Persoon: Allard Schuring

Datum: 06-07-2016, 9:00

Adres: Kieler Bocht 41, Groningen

Email: a.schuring@jorritsmabouw.nl

1. Wat is uw naam, functie en hoe lang in dienst bij het bedrijf?

Allard Schuring, projectleider onderhoud & beheer en ben al 10 jaar in dienst bij het bedrijf. Het herstellen van aardbevingsschade en het versterken van gebouwen vallen onder andere binnen deze afdeling.

2. Hoeveel projecten omtrent restauratie van aardbevingsschade hebben jullie als bedrijf gedaan, doen jullie of gaan jullie doen?

Het bedrijf is sinds de aardbeving in Huizinge in 2012 al betrokken bij het verwerken van de aardbevingsschades. Ze zaten ook in het samenwerkingsverband met onder andere Roorda & Veldman. In totaal zijn er ontzettend veel aardbevingsdossiers geweest en te veel om een exact aantal te noemen. Het aantal dat Roorda & Veldman noemde van 3500 dossiers is wel aannemelijk. Op dit moment is het aantal projecten waarin het herstel van aardbevingsschade betreft, nog maar minimaal. Nu zijn het vooral projecten met betrekking tot de HRBE's. Dit is vooral de vervanging van schoorstenen. Dat aantal zit tussen de 150 en 200 dossiers, maar dat zijn preventieve ingrepen.

3. Wat is uw rol in de projecten omtrent restauratie van aardbevingsschade?

Als projectleider is het de taak om de verschillende projecten te leiden en toezicht te houden op de werkzaamheden. Dit geldt ook voor de aardbevingsprojecten.

4. Hoe worden de aardbevingsschade en de restauratie mogelijkheden bepaald?

Eerst werden er door de NAM schade-expert ingehuurd om de schades te bepalen. Nu heeft het CVW schade-experts in dienst en die bepalen de schade en de herstelwerkzaamheden. Het is ook al volledig gecalculeerd en de aannemer hoeft het alleen nog uit te voeren. Om als gedupeerde überhaupt aanspraak te maken op enige vergoeding zal het gemeld moeten worden bij het CVW. Zij zullen dan de schadeopname doen. Bij deze opname wordt de ABC-methode gehanteerd. Dit houdt in dat A-schade volledig te danken aan de aardbevingen is. B-schade is niet te veroorzakt door de aardbevingen, maar er wel door verergerd en C-schade heeft niet de aardbevingen als oorzaak. Bij C-schade wordt er niks vergoed door het CVW en daarom is het lastig om te bepalen of het B- of C-schade is.

5. Bent u op de hoogte van aardbevingsbestendig bouwen? Zo ja, welke bronnen zijn hiervoor gebruikt? Zo nee, kent u Eurocode 8 en NPR 9998?

Het onderwerp was toentertijd nieuw voor iedereen en dus was er niemand die expert op dit gebied was. Het eigen initiatief moest worden aangesproken om up-to-date te blijven, anders liep je snel al achter op de kennis omtrent de aardbevingen. Daarnaast is hij ook naar de TU Delft geweest om scholing te krijgen over dit onderwerp.

6. Wordt er in projecten waar aardbevings schade optreedt altijd gerestoreerd met oog op aardbevingbestendigheid? Zo ja, waarom? Zo nee, wat zijn de redenen hiervoor?

Dat is lastig te zeggen, want wat is nou precies aardbevingsbestendig bouwen. Aardbevingsbestendig bouwen is eigenlijk het mogelijk maken dat bewoners op een veilige manier hun huis kunnen verlaten tijdens een aardbeving van een bepaalde kracht. Het toepassen van ankers bij het herstellen van een scheur draagt zeker bij aan het verstevigen van dat stuk muur, maar bij een volgende aardbeving kan er zo een scheur ontstaan in het stuk muur ernaast. Het is als een ketting en de zwakste schakel zal het altijd als eerste begeven. Er zit ook een groot verschil tussen herstellen, versterken en vervangen. Bij de laatste twee zal het vooral gaan om aardbevingsbestendig bouwen, maar bij het herstellen niet. Oftewel bij constructieve schade kan je altijd wel spreken van aardbevingsbestendig bouwen, maar bij cosmetische schade niet.

7. Kunt u aangeven in hoeveel van de aardbevings schade gevallen aardbevingsbestendig bouwen toegepast wordt? Zo ja, hoeveel/percentage?

Zoals eerder aangegeven is, kan je bij constructieve schade altijd wel spreken van aardbevingsbestendig bouwen tijdens de restauratie. Voor cosmetische schade geldt dit niet.

8. Hebt u het gevoel dat bedrijven op de hoogte zijn van aardbevingbestendig bouwen?

Kleinere aannemers zijn veel minder op de hoogte van de zaken, maar er is wel een beweging om dit te veranderen. Als je alleen maar in het particuliere werk zit, zoals de kleinere aannemers vaak zitten, dan is de hoeven bepaalde zaken niet zo nodig. Echter om tussen de grotere projecten van bijvoorbeeld het CVW te komen moet er meer kennis en kunde aanwezig zijn. Ze moeten gecertificeerd raken om mee te kunnen doen en dat stimuleert wel het leerproces.

9. Wilt u nog iets toevoegen aan het interview?

Vooraf in het begin waren er hele diverse meningen omtrent de beoordeling van aardbevings schade. Als je 10 experts op een vraagstuk zette, kwamen er 10 verschillende meningen uit. Er was geen eenduidige methode van beoordelen van aardbevings schade en de nodige herstellmethoden. Toen zijn verschillende organisaties, zoals bouwbedrijven, monumentenzorg en adviesbureaus met elkaar om tafel gaan zitten om zo samen een generieke handleiding op te stellen. Dat is al wel weer 2 jaar geleden en dat is gedurende de tijd weer verder ontwikkeld.

Veel mensen hebben een verkeerd beeld van aardbevingsbestendig. Zij zijn namelijk in de veronderstelling dat aardbevingsbestendig betekent dat er ook geen schade ontstaat, maar dat is zeker niet het geval. Er kan zeker nog schade ontstaan en aardbevingsbestendig bouwen heeft dan ook meer te maken met de veiligheid van de bewoners.

10. Weet u nog andere bedrijven, die actief zijn op dit gebied en interessant zijn voor dit onderzoek?

CVW is sowieso een interessante partij om te spreken. ARCADIS, en dan in het bijzonder de heer van der Broecke. Hij heeft toentertijd de handleiding geschreven samen met de verschillende organisaties. BBC bouwmanagement, dit is een bedrijf dat het een plan van

aanpak opmaakt bij het herstel van een schade. Die worden ingeschakeld door het CVW voor de aardbevingsschades.

2g | Interview Kamminga Bouw (Daniel Kamminga)

Bedrijf: Kamminga Bouw

Persoon: Daniel Kamminga

Datum: 29-06-2016, 18:30

Adres: Edama 10a, Uithuizenv

Email: info@kamminga-bouw.nl

1. Wat is uw naam, functie en hoe lang in dienst bij het bedrijf?

Daniel Kamminga, directeur, uitvoerder, werkvoorbereider, calculator en timmerman bij Kamminga Bouw. Oftewel, hij is een ZZP-er. Hij heeft het bedrijf in 2009 opgericht en heeft dan ook alle verschillende projecten meegemaakt, die het bedrijf heeft uitgevoerd.

2. Hoeveel projecten omtrent restauratie van aardbevingsschade hebben jullie als bedrijf gedaan, doen jullie of gaan jullie doen?

Als klein bedrijf wordt je door het Centrum Veilig Wonen (CVW), de partij die de schadeafhandeling van de aardbevingen regelt, vooral benaderd voor de kleinere en simpelere schades. Dit is niet alleen esthetische schade, maar zeker ook wel constructieve schades. Het aantal klussen loopt op dit moment erg terug. In 2012 waren het 60 klussen, maar in 2015 waren het nog maar 15 klussen. In 2012 waren er ook klussen, die niets met aardbevingsschade te maken hadden. Dat was vooral achterstallig onderhoud. Door strengere controles is deze terugloop vooral veroorzaakt.

3. Wat is uw rol in de projecten omtrent restauratie van aardbevingsschade?

Aangezien het een eenmansbedrijf is, wordt veel door hem zelf gedaan. Voor sommige zaken zoals installaties of stucwerk, worden andere mensen ingehuurd. Het voorbereiden, leidinggeven, timmeren, calculeren wordt door hemzelf uitgevoerd.

4. Hoe worden de aardbevingsschade en de restauratie mogelijkheden bepaald?

Kort na de erkenning van het verband tussen de aardbevingsschade en de gaswinning, is de NAM zeer snel gaan vergoeden van mogelijke aardbevingsschade. De NAM huurde een ingenieursbureau in om de schade op te nemen bij de bewoners. Zij keken naar de scheuren en of deze veroorzaakt waren door de aardbevingen of niet, maakte niet uit. Als de schade was opgenomen, werd een bouwbedrijf ingehuurd en volledig vrijgelaten hoe dit hersteld moest worden. Dit werkte niet en zodoende is de NAM zelf calculators en ingenieurs in dienst gaan nemen om samen gezamenlijk de herstelmethode te bepalen. Dit is uiteindelijk het CVW geworden. Zij doen de schadevaststelling, schadeherstel en de calculatie en vervolgens hoeft het bouwbedrijf alleen maar uit te voeren. Het enige waar het bouwbedrijf nu nog vrij in is, is het bepalen van het materiaal. Het CVW bepaalt heel strikt wat de spelregels zijn, waarbinnen een bouwbedrijf kan spelen. Ongeveer 90% van de herstelwerkzaamheden worden door het CVW bepaald. Dit speelt vooral bij de wat kleinere schades. Het CVW heeft voor de grotere en complexere schade een selecte groep aannemers, die groter van omvang zijn en vaak ook meer kennis en kunde binnen de deur hebben.

Er zijn in het begin door de NAM ook een vijftal bedrijven benaderd om een methode voor aardbevingsbestendig bouwen te ontwikkelen. Alleen het blijkt dat deze methodes allemaal verschillen en dat er geen uniformiteit aanwezig is. Dat probeert het CVW nu wel te ontwikkelen, aangezien er op dit moment gewoon geen uniforme methode is. Het is nog te

nieuw om dit te hebben. Daarnaast is er nu ook een beweging van mogelijke second opinions als de bewoners het niet eens zijn met het CVW en dus de NAM.

5. Bent u op de hoogte van aardbevingsbestendig bouwen? Zo ja, welke bronnen zijn hiervoor gebruikt? Zo nee, kent u Eurocode 8 en NPR 9998?

De kennis over het aardbevingsbestendig bouwen is vooral opgedaan uit de praktijk. Daarnaast hebben cursussen ook hierin een rol gespeeld. Zowel via het CVW, maar ook via productleveranciers. Ook via collega bouwbedrijven is er kennis opgedaan en al doende is dit eigen gemaakt. Daarnaast zijn er wel de algemene documenten als de NPR, maar die zijn toch erg generiek. Huizen komen dan wel 90% overeen, maar die andere 10% maakt een woning dan weer uniek en dus ook niet vatbaar in een generiek document.

6. Wordt er in projecten waar aardbevings schade optreedt altijd gerestoreerd met oog op aardbevingbestendigheid? Zo ja, waarom? Zo nee, wat zijn de redenen hiervoor?

Op elk niveau van kleine esthetische schades tot grotere constructieve schades wordt getracht om het altijd aardbevingsbestendig op te lossen. Soms wordt er wel eens een eenvoudigere oplossing voorgesteld door het CVW, dan wordt er toch gekozen voor een iets duurdere aardbevingsbestendigere oplossing. Dit is dan vooral ook uit het oogpunt van klantbehoud. Mocht er nog een aardbeving plaatsvinden, dan houdt het wel en klanten komen dan wellicht weer terug. De aardbevings schade heeft namelijk wel voor veel nieuwe klanten gezorgd en die moeten gekoesterd worden.

7. Kunt u aangeven in hoeveel van de aardbevings schade gevallen aardbevingsbestendig bouwen toegepast wordt? Zo ja, hoeveel/percentage?

Zoals in vorige vraag aangegeven wordt er naar gestreefd om in 100% van de gevallen aardbevingsbestendig bouwen toe te passen.

8. Hebt u het gevoel dat bedrijven op de hoogte zijn van aardbevingbestendig bouwen?

De meest actuele kennis op dit gebied zit toch bij de grotere bedrijven, omdat deze tijd, geld en energie hier in kunnen investeren. Als kleiner bedrijf moet je al doende veel kennis opnemen. Verder via mailings en cursussen wordt er veel kennis opgedaan, maar de echte kennis zit toch bij de grote bedrijven. Ook moet je zelf het initiatief nemen om kennis op te doen. Daarnaast zit er ook veel kennis bij de ingenieursbureaus, aangezien zij de schades moeten beoordelen en uiteindelijk doorspelen naar de bouwbedrijven. Dit voeren het uit en hoeven dus ook minder kennis te hebben over het aardbevingsbestendig bouwen. Maar het is ook zo, dat er op dit moment ook nog veel onduidelijkheid heerst. Er is geen uniforme richtlijn, die aangehouden kan worden.

9. Wilt u nog iets toevoegen aan het interview?

De hele situatie met de aardbevingen en de daaropvolgend schades maakt een hele ontwikkeling door en het blijkt dat het ook nodig is. Het is een lange leerweg. Je merkt dan ook dat er in het begin een selecte groep bedrijven betrokken is geraakt bij de herstelwerkzaamheden. Nu het kaf van het koren gescheiden moet worden, wat betreft de betrouwbare bouwbedrijven, blijven deze toch vaak over. Dit zijn de volgende bedrijven: Roorda & Veldman, Kremer, Jorritsma, Friso Bouw, Kimsma Bouw, Piet Mous. Deze waren er vanaf het begin al bij.

10. Weet u nog andere bedrijven, die actief zijn op dit gebied en interessant zijn voor dit onderzoek?

HADO, een constructeursbedrijf uit Delfzijl waarmee Kamminga Bouw veel samenwerkt als het gaat om constructieve aardbevingsschade. Die hebben zelfs ook aardbevingsbestendige bouwmethodes proberen te ontwikkelen. Verder een bedrijf als Kremer, die er vanaf het begin al bij is, is misschien een interessant bedrijf.

2h | Interview Roorda & Veldman (Aldert Veldman)

Bedrijf: Roorda & Veldman

Persoon: Aldert Veldman

Datum: 05-07-2016, 11:00

Adres: Rijksweg 177, Ten Post

Email: a.veldman@roorda-veldman.nl

1. Wat is uw naam, functie en hoe lang in dienst bij het bedrijf?

Aldert Veldman, algemeen directeur en is al 12/13 in dienst bij het bedrijf. Het bedrijf is opgezet door zijn vader. En hij is dan ook begonnen op de werkvloer en is vervolgens doorgegroeid functies als calculator, werkvoorbereider tot algemeen directeur.

2. Hoeveel projecten omtrent restauratie van aardbevingsschade hebben jullie als bedrijf gedaan, doen jullie of gaan jullie doen?

Het bedrijf was al vanaf het begin betrokken bij de werkzaamheden rondom de aardbevingen. Hierdoor hebben ze ook al veel projecten op dit gebied mogen uitvoeren en hebben als bedrijf een grote ontwikkeling doorgemaakt. Het aantal projecten wordt geschat op zo'n 3500. In het begin liep het echt storm en dat is uiteindelijk drastisch teruggelopen. De terugloop is te danken aan de toename van het aantal bedrijven dat hierop inspringt en de afname van de aardbevingsschade. Daarnaast is de NAM ook secuurder geworden in de beoordeling van aardbevingsschade. In het begin waren ze royaal met vergoeden en dat is nu niet meer zo. Een zelfde schade die in 2014 gemeld wordt, krijgt een royale vergoeding en in 2016 wordt deze schade afgewezen.

3. Wat is uw rol in de projecten omtrent restauratie van aardbevingsschade?

In het begin was zijn vader vooral bezig met de aardbevingsschade en hijzelf met de werkzaamheden ernaast, maar dat werd al snel te veel. Toen is hij zich er meer bij betrokken geraakt en heeft het bedrijf extra mensen moeten aannemen, zoals calculator, uitvoerder of planner.

4. Hoe worden de aardbevingsschade en de restauratie mogelijkheden bepaald?

Gedupeerden kunnen op drie manieren hun schades laten herstellen. Ze kunnen ervoor kiezen de vergoeding op hun eigen rekening te laten storten door het CVW en zelf kunnen ze dan bepalen wat ze ermee doen. Daarnaast kunnen ze zelf een aannemer uit zoeken en dat de financiële afhandeling via het CVW loopt. Als derde optie, kan ervoor gekozen worden om het volledig door het CVW te laten doen. Deze stromen hebben alleen invloed uit de herstelwerkzaamheden en niet de opname van de schade. Dat wordt sowieso door het CVW gedaan. Bij schade moet je dat melden bij hun en zij nemen het op, anders is er sowieso geen vergoeding mogelijk.

De drie mogelijk stromen zijn vooral voor schades op het cosmetische vlak. Constructieve schade gaat sowieso via het CVW en de bewoner heeft vooral te maken met de mensen, die over de vloer komen om het te herstellen. Hieronder vallen bijvoorbeeld ook de HRBE's, maar dit zijn vooral preventieve ingrepen en geen herstelwerkzaamheden.

5. Bent u op de hoogte van aardbevingsbestendig bouwen? Zo ja, welke bronnen zijn hiervoor gebruikt? Zo nee, kent u Eurocode 8 en NPR 9998?

Er is kennis opgedaan via vele verschillende kanalen. In het begin waren het vooral de leveranciers, die deze kennisoverdracht op zich namen. Die zagen dit natuurlijk ook als mogelijkheid om hun product aan te prijzen. Daarnaast is het vooral vanuit eigen initiatief geweest om kennis op te doen en al doende leren. Later is het EPI Kenniscentrum ook trainingen hiervoor gaan verzorgen. Op dit moment is het ook zo dat je gecertificeerd moet zijn om projecten voor het CVW uit te kunnen voeren. De certificeren gaat ook via het EPI Kenniscentrum.

6. Wordt er in projecten waar aardbevings schade optreedt altijd gerestoreerd met oog op aardbevingbestendigheid? Zo ja, waarom? Zo nee, wat zijn de redenen hiervoor?

Het is belangrijk dat er een onderscheid wordt gemaakt tussen schadeherstel en aardbevingsbestendig. Schadeherstel is het cosmetisch herstellen van bijvoorbeeld een scheur in het metselwerk. Dit wordt aan de hand van ankers verstevigd, aangezien de scheur de muur heeft verzwakt. Dit is puur cosmetisch en heeft niks met aardbevingsbestendig te maken. Bij een volgende beving ontstaat er zo weer een scheur naast het herstelde metselwerk. De term aardbevingsbestendig is niet zo dat als je een gebouw aardbevingsbestendig maakt, dat er geen schade ontstaat. Dit betekent vooral dat wanneer er een zware aardbeving plaatsvindt, dat het gebouw dan niet instort of althans dat de bewoners veilig naar buiten kunnen komen. Dus cosmetische reparaties vallen niet onder de noemer van aardbevingsbestendig, maar de constructieve zaken wel. Dit betekent in veel gevallen meer dat een onderdeel wordt vervangen en niet zo zeer hersteld. Dit zijn de voorbeelden van de HRBE's.

7. Kunt u aangeven in hoeveel van de aardbevings schade gevallen aardbevingsbestendig bouwen toegepast wordt? Zo ja, hoeveel/percentage?

Als het gaat om cosmetische reparaties dan kan er niet gesproken worden van aardbevingsbestendig, maar bij constructieve zaken juist wel. Echter is het dan niet zo zeer reparatie. Je zou dus kunnen zeggen dat er aardbevingsbestendig alleen wordt toegepast bij constructieve schade. Bij cosmetische schade is dit juist niet het geval.

8. Hebt u het gevoel dat bedrijven op de hoogte zijn van aardbevingbestendig bouwen?

Over het algemeen is ieder bedrijf dat zich met de aardbevingen bezig houdt wel aardig op de hoogte van de materie. Daarnaast is het wel zo dat kleinere bedrijven minder middelen hebben om zich te kunnen specialiseren of verder ontwikkelen op dit gebied. Grotere bedrijven kunnen intern kennis en kunde verder ontwikkelen, terwijl de kleine bedrijven daar simpelweg geen tijd en geld voor hebben.

9. Wilt u nog iets toevoegen aan het interview?

In het begin moest de NAM ontzettend veel schades afhandelen en om dat te laten oplossen door de lokale bouwbedrijven was erg tijdrovend. Toen hebben een groep bouwbedrijven een samenwerking opgezet om dit sneller te kunnen verwerken. Roorda & Veldman samen met Piet Maus Bouw, Kimsma en Jorritsma vormden deze groep. Op deze manier konden schademeldingen zeer snel worden verwerkt. Maandag kwam het schaderapport binnen en woensdag was er al een calculatie opgemaakt. Vervolgens kwamen vrijdag alweer te projecten binnen op de mail. Dit samenwerkingsverband lijkt op de opzet van het CVW, dat nu alles zelf

in huis heeft en zo dus snel de schade kan afhandelen. Verder zijn ze ook veel bezig met kennisontwikkeling. De uitvoer ligt eigenlijk alleen nog bij de bouwbedrijven.

Als er gekeken wordt naar de werkwijze van de bouwbedrijven, is er wel redelijk een uniforme werkmethode om de schade te herstellen. De afwezigheid van een uniforme werkmethode doet zich vooral voor op het constructieve vlak. Daar zitten vooral grote verschillen in de interpretatie van de situatie.

10. Weet u nog andere bedrijven, die actief zijn op dit gebied en interessant zijn voor dit onderzoek?

Het CVW is natuurlijk een goede. Daarnaast zijn er op het constructieve gebied W2N en HADO uit Delfzijl, die wellicht interessant zijn.

2i | Interview Van Wijnen (Bert ten Hoeve)

Bedrijf: Van Wijnen

Persoon: Bert ten Hoeve

Datum: 13-07-2016, 15:00

Adres: Kieler Bocht 19, Groningen

Email: b.ten.hoeve@vanwijnen.nl

1. Wat is uw naam, functie en hoe lang in dienst bij het bedrijf?

Bert ten Hoeve, projectleider met betrekking tot het aardbevingsdossier. Hiervoor is hij dan ook in dienst genomen, namelijk het bouwkundig versterken van corporatiewoningen. Dit is het pilotproject met de 7 aannemers vanuit het CVW. Hij is per 4 januari 2016 in dienst bij Van Wijnen.

2. Hoeveel projecten omtrent restauratie van aardbevings schade hebben jullie als bedrijf gedaan, doen jullie of gaan jullie doen?

Met betrekking tot alleen schadeherstel doet Van Wijnen niet veel. De projecten die gedraaid worden omtrent het aardbevingsdossier zijn dat het pilotproject (20 woningen in Middelstum en 16 woningen in Appingedam), het vervangen van schoorstenen, ook wel HRBE's (10 projecten nog voor de zomer) en speciale projecten. Deze speciale projecten zijn dan enkele, vaak monumentale woningen, die versterkt moeten worden (ongeveer 10-20 projecten). Een voorbeeld hiervan is de Maarlandhoeve in Uithuizen. Wat betreft schade is er op dit moment ook al veel hersteld. Van Wijnen zit ook meer in de constructieve projecten en minder in de kleine cosmetische werkzaamheden. Dit is natuurlijk wel vaak een onderdeel, maar het is geen hoofdzaak.

3. Wat is uw rol in de projecten omtrent restauratie van aardbevings schade?

Het leiden van het team, bestaande constructeur, architect en de aannemer, dat verantwoordelijk is voor de uitvoer van het pilotproject van het CVW. Bij het pilotproject gaat het om het versterken en verduurzamen van de corporatiewoningen.

4. Hoe worden de aardbevings schade en de restauratie mogelijkheden bepaald?

Het bepalen van de schade wordt gedaan door het CVW en dat wordt vervolgens doorgezet naar de aannemer. Zij gaan in samenwerking met een constructeur en een architect aan de slag om dit samen op te lossen. De constructeur kijkt vanuit de NPR en bepaald aan de hand hiervan de versterkingsmaatregelen. De architect doet hierin de vormgeving en de aannemer kijkt er bouwtechnisch naar of het goed en efficiënt uitvoerbaar is. Een gezamenlijke taak met de verschillende expertises. Dit gaat veelal om de speciale projecten en het pilotproject.

5. Bent u op de hoogte van aardbevingsbestendig bouwen? Zo ja, welke bronnen zijn hiervoor gebruikt? Zo nee, kent u Eurocode 8 en NPR 9998?

Omdat er in het begin weinig bekend was, is het vergaren van kennis vooral al doende leren. Door dingen uit te proberen en met elkaar om te tafel te gaan, kan de kennis en kunde worden uitgebreid. Ook wel verdiepen in de materie. De basis is het constructieve gebeuren en welke maatregelen moeten worden getroffen om een woning te versterken. De constructeur is daar leidend in en daar heeft de aannemer vrij weinig mee van doen. En daar vindt hij ook niet veel van.

6. Wordt er in projecten waar aardbevingsschade optreedt altijd gerestoreerd met oog op aardbevingbestendigheid? Zo ja, waarom? Zo nee, wat zijn de redenen hiervoor?

Dat is lastig te zeggen. Als het gaat om particulieren woningen, dan is de bewoner vrij in het doen en laten van de vergoeding die zij hebben ontvangen vanuit het CVW. Daarnaast is het ook lastig om met een particuliere eigenaar versterkingsmaatregelen te treffen. Bij corporatiewoningen is het anders en die kunnen makkelijker en ook volledig worden versterkt. Daarom worden eerst de corporatiewoningen aangepakt om zo een algemene methode te ontwikkelen voor de verschillende woningtypes. Maar elke woning blijft toch wel uniek en een generieke methode past nooit volledig.

7. Kunt u aangeven in hoeveel van de aardbevingsschade gevallen aardbevingsbestendig bouwen toegepast wordt? Zo ja, hoeveel/percentage?

Hier kan geen antwoord op worden gegeven.

8. Hebt u het gevoel dat bedrijven op de hoogte zijn van aardbevingbestendig bouwen?

De kleinere bedrijven hebben een andere insteek dan de grotere bedrijven en daardoor zorgt het ook voor verschillende kennisniveau tussen de bedrijven. De kleinere willen toch graag alleen productie maken en zoveel mogelijk projecten doen. Het interesseert hun minder wat de ontwikkelingen omtrent de aardbevingen zijn. Bij grote bedrijven zit er meer de instelling om juist de algehele problematiek van het gebied aan te pakken. Het gaat om mensen en niet om projecten. Hierdoor blijven de kleine bedrijven ook achter met betrekking tot de nieuwste ontwikkelingen.

Het ligt er natuurlijk ook aan dat de kleine bedrijven niet de capaciteiten hebben om up-to-date te blijven. Je hebt toch wel de mensen, kennis, tijd en energie nodig om bepaalde projecten uit te voeren.

Daarnaast zijn de 7 bedrijven binnen het pilotproject vanuit het CVW wel over het algemeen het beste op de hoogte van de ontwikkelingen, aangezien zij er zelfs onderdeel van zijn. Dit geeft hun wel een voorsprong op andere bedrijven.

9. Wilt u nog iets toevoegen aan het interview?

Woningen worden versterken met het uitgangspunt van Near Collapse (NPR9998). Dit houdt in dat de bewoners een half uur de tijd hebben om uit hun woning te kunnen vluchten. wanneer er een maatgevende aardbeving plaatsvindt. Dit is een risicofactor, die zegt dat 1:100000 mag instorten. Dat betekent dat er wel schade mag achterblijven. Woningen worden niet versterkt dat ze bijna gaan omvallen, maar preventief versterken om wanneer de maatgevende aardbeving voorkomt, de mensen veilig kunnen vluchten.

Aardbevingsbestendig bouwen zijn de H3V-projecten. Het herstellen, vervangen, versterken en verbeteren van een woning in totaal. Het zou kunnen worden gezegd dat op de plek van het herstel van scheuren met muurankers, dat gedeelte aardbevingsbestendig is. Maar het probleem verplaatst en de scheuren schieten naast de herstelde plek in de muur. Er dan namelijk een zachte gevel, waarin een bepaald stuk alleen sterk is.

Binnen het aardbevingsdossier heb je ontzettend veel te maken met voortschrijdend inzicht. In het begin wist men nog niks en probeerden men maar dingen uit, die vandaag de dag als raar worden bestempeld. Maar men wist gewoon niet beter en deed ook maar wat. Dit is ook

bij schades, die nu wel erkend of gezien worden als aardbevingschade, maar in het begin nog niet. De kennis was er simpelweg nog niet.

10. Weet u nog andere bedrijven, die actief zijn op dit gebied en interessant zijn voor dit onderzoek?

De welstand heeft een groot aandeel in het aanpakken van woningen en gebouwen. Misschien is het wel interessant om hier eens mee in gesprek mee te gaan.

2j | Interview W2N Engineers (Rinse Wiersum)

Bedrijf: W2N Engineers

Persoon: Rinse Wiersum

Datum: 12-07-2016, 14:00

Adres: Sylviuslaan 6, Groningen

Email: r.wiersum@w2n.nl

1. Wat is uw naam, functie en hoe lang in dienst bij het bedrijf?

Rinse Wiersum, algemeen directeur bij W2N. Zijn vader heeft het bedrijf opgezet en hij is sinds 1997 al betrokken bij het bedrijf en dus ook in dienst. Het bedrijf is begonnen in Drachten en vorig jaar heeft hij de uitbreiding naar Groningen gerealiseerd. Naast de management zaken, doet hij ook nog werkzaamheden constructeur en dan in het bijzonder het aardbevingsdossier.

2. Hoeveel projecten omtrent restauratie van aardbevings schade hebben jullie als bedrijf gedaan, doen jullie of gaan jullie doen?

De vestiging in Drachten houdt zich vooral bezig met aardbevingsbestendigheid omtrent nieuwbouw en in Groningen is vooraal aandacht voor het aardbevingsbestendig versterken. Het gaat hierbij om het veilig maken van bestaande gebouwen. Daarnaast doen zij ook zaken met betrekking tot acute onveilig situaties, waar zij dan binnen 2 uur zijn om te bepalen hoe dit in eerste instantie tijdelijk veilig gemaakt kan worden. Uiteindelijk zullen ze ook het permanent versterken uitwerken met een aannemer. Ook wordt er veel gewerkt met het versterken van monumenten en de HRBE's. Het gaat hier veelal om constructieve schade en in sommige gevallen ook de bepaling van de primaire oorzaak van de schade. In totaal zijn het ongeveer 250 projecten omtrent de aardbevingen.

3. Wat is uw rol in de projecten omtrent restauratie van aardbevings schade?

Hij doet verschillende werkzaamheden met betrekking tot de aardbevingen. Schadebepaling, constructief doorrekenen, herstelmogelijkheden bepalen, enzovoort. Daarnaast ook nog managementtaken.

4. Hoe worden de aardbevings schade en de restauratie mogelijkheden bepaald?

Een schademelder doet een melding bij het CVW en deze schade wordt opgenomen door een externe partij namens het CVW. Deze partij bepaald dan of het om aardbevings schade gaat en wanneer dit het geval is, zullen de herstelwerkzaamheden worden bepaald. Dit is de volgorde bij schade. Bij preventief versterken wordt het bedrijf ingeschakeld om een bepaald adres te versterken in opdracht van het CVW. Dat adres is bepaald door de NCG.

Bij herstelwerkzaamheden gaat het om het terugbrengen van hetgeen naar de oude staat en daar is versterken niet per definitie een onderdeel van. Het is goed om zo iets beter achter te laten dan het was en dan is het versterken een mogelijkheid, maar niet standaard. Je bent namelijk vaak op een klein punt van het gehele gebouw bezig, maar wat de invloed op de rest van het gebouw heeft, is onduidelijk. Het probleem kan hierdoor worden verplaatst.

Het gaat erom dat een beschadigd onderdeel, zowel constructief als esthetisch, zijn sterkte weer terug krijgt. De schade heeft dit namelijk verzwakt. Daarnaast is het ook belangrijk om te kijken naar de verhoudingen in het gehele gebouw op het gebied van bijvoorbeeld stijfheden. Dit moet voor alle elementen wel bij elkaar liggen, want anders raakt het uit evenwicht. Integraal aanpakken is dan beter.

5. Bent u op de hoogte van aardbevingsbestendig bouwen? Zo ja, welke bronnen zijn hiervoor gebruikt? Zo nee, kent u Eurocode 8 en NPR 9998?

Op eigen initiatief verdiepen in de materie door veel te lezen en met de neus bovenop de nieuwste ontwikkelingen te staan. Daarnaast zit hij ook in een technische commissie van "Bouwen met Staal" waarin hij ook zit en hier wordt veel over de toepassing hiervan gesproken. Ook veel overleg met collega constructeurs en kijken hoe informatie gedeeld kan worden. Ook is hij aanwezig geweest bij een conferentie over metselwerk, waar ook veel aandacht was voor metselwerk in aardbevingsgebieden. Verder heeft hij in samenwerking met anderen kleine proefopstellingen gemaakt om verschillende versterkingsmogelijkheden te testen. Daarnaast ook in TU Delft geweest met betrekking tot een gemetseld werk op een grote trilplaat.

6. Wordt er in projecten waar aardbevings schade optreedt altijd gerestoreerd met oog op aardbevingbestendigheid? Zo ja, waarom? Zo nee, wat zijn de redenen hiervoor?

Helemaal niet. Bij repareren wordt hetgeen teruggebracht naar zijn oude staat en wordt aardbevingsbestendig bouwen niet toegepast. Dit is alleen het geval bij het versterken. Hierin wordt hetgeen namelijk verbeterd ten opzichte van de oude staat. Hierbij speelt de NPR wel een rol, terwijl dat bij repareren niet het geval is. Het is niet zinvol om bij schade meteen te kijken naar de NPR.

7. Kunt u aangeven in hoeveel van de aardbevings schade gevallen aardbevingsbestendig bouwen toegepast wordt? Zo ja, hoeveel/percentage?

Niet toegepast en dus 0%.

8. Hebt u het gevoel dat bedrijven op de hoogte zijn van aardbevingbestendig bouwen?

Iedereen is er zeker mee bezig en over de hele linie zeggen ze er steeds meer zinnige dingen over. Echter zijn er wel bedrijven die voorop lopen en de nieuwste ontwikkelingen meemaken dan wel bedenken. Wel pretenderen sommige bouwbedrijven te weten wat er precies gebeurt bij een aardbevingen, terwijl dit vaak wel iets ingewikkeld in elkaar zit. Iedereen heeft vooral zijn eigen vakgebied en op dat gebied zijn ze op de hoogte.

9. Wilt u nog iets toevoegen aan het interview?

Het CVW heeft een coördinerende rol omtrent de aardbevingschades. Zij zullen niet zelf bepalen wat de oorzaak van de schade is. Ze nemen dan ook niet de schades op zelf op. Dit coördineren ze wel. De oorzaak, herstelmogelijkheden en plan van aanpak worden door externe constructeurs bepaald.

In eerste instantie werd de werkwijze van het NCG gestuurd op risico en dat eerst de meest risicovolle elementen werden aangepakt. Hier zijn ze op terug aan het komen en lijkt het verstandiger om het integraal aan te pakken en dan de hele woning te versterken.

Het CVW is nu bezig met het ontwikkelen van een expertsysteem, waarin verschillende gebouwtypes worden opgenomen zodat niet iedereen het type gebouw opnieuw weer moet doorrekenen. Op deze manier wordt het een stuk efficiënter om versterkingsmaatregelen te bepalen. Echter blijft elk vraagstuk nog wel uniek en kan niet alles worden gegeneraliseerd.

Dit wordt ook duidelijk bij de rijtjeswoningen uit de pilot vanuit het CVW. Hier is duidelijk geworden dat de ogenschijnlijk gelijke woningen toch anders moeten worden aangepakt.

Schaal van Richter zegt iets over de kracht die ontstaat bij de bron, maar dat zegt niks over het gevolg aan de oppervlakte. Bij de Groningse ondiepe bevingen ligt de grondversnelling veel hoger dan bij de diepe bevingen van dezelfde magnitude. De grondversnelling is dan ook veel interessanter en maatgevender dan de Schaal van Richter als het gaat om verschillende aardbevingsgebieden. Een diepe beving van 8 op de Schaal van Richter kan zo overeenkomen met een ondiepe beving van 5 wat betreft grondversnelling.

Aardbevingsbestendig is het wanneer de bewoners hun woning veilig kunnen verlaten als er een maatgevende aardbeving plaatsvindt. Het toepassen van ankers bij het herstel van een scheur in een muur heeft daar niks mee te maken. Het kan worden gezegd dat dit gedeelte zich beter behoudt bij een volgende beving.

10. Weet u nog andere bedrijven, die actief zijn op dit gebied en interessant zijn voor dit onderzoek?

Nee.