

De bevende opslagtank



Eindopdracht opleiding Hogere Veiligheidskunde

Geschreven door: Daphne Oude Veldhuis

Werkzaam bij: Inspectie SZW

Leergang: HVK Groningen 2014 - 1128

Datum: 13 oktober 2015

Versie: 1.0

Voorwoord

Als inwoner van de gemeente Slochteren weet ik persoonlijk hoe het is om een aardbeving mee te maken. Het hele huis trilt alsof er een mega zware vrachtwagen voorbij rijdt. En ik weet ook welke schade een aardbeving achterlaat. Scheuren in de buitenmuren en scheuren in het pleisterwerk.

Er wordt gelukkig wel veel aandacht besteed aan de schade van de woningen en ook aan de inwoners van het aardbevingsgebied in Groningen. Dat geeft een veilig gevoel. Alleen is er een groep die een beetje vergeten wordt en waar niet veel aandacht voor is. Dat is de industrie in het aardbevingsgebied, in de Eemshaven en op het chemiepark Delfzijl. Op deze twee locaties staan grote chemische bedrijven die ook effecten ervaren van de aardbevingen.

Om inzichtelijk te krijgen wat de effecten van aardbevingen zijn op de industrie is de Regionale Uitvoeringsdienst Groningen in samenwerking met de Veiligheidsregio Groningen en de Inspectie SZW het project “aardbevingen en Brzo en Rie 4 bedrijven” gestart. Het doel van dit project is het inzichtelijk maken van de effecten van aardbevingen op de Brzo en Rie 4 bedrijven. Ik ben als inspecteur vanuit de Inspectie SZW betrokken bij dit project. En het onderwerp is erg interessant als eindopdracht voor mijn studie hogere veiligheidskunde bij Kader, bureau voor kwaliteitszorg B.V.

Ik wil de bedrijven bedanken voor hun medewerking en het beantwoorden van al mijn vragen.

Daarnaast gaat mijn dank speciaal uit naar mijn begeleiders vanuit de Inspectie SZW. Zij hebben, ondanks de drukke agenda's, toch nog de tijd gevonden om mijn eindrapport te lezen en te voorzien van commentaar.

Een speciaal woord van dank gaat uit naar Roel Luchies, hij heeft de illustratie op de voorkant van dit verslag speciaal voor mijn onderzoek getekend!

Ik wens iedereen veel plezier met het lezen van dit verslag.

Samenvatting

De Regionale Uitvoeringsdienst Groningen is samen met de Veiligheidsregio Groningen en de Inspectie SZW een project gestart. Het onderwerp van dit project is “aardbevingen en Brzo en Rie 4 bedrijven” en heeft als doel inzichtelijk maken wat de effecten zijn van geïnduceerde aardbevingen op de industrie. Dit verslag is een onderdeel van het project en tevens mijn eindopdracht voor de HVK-opleiding.

Het onderzoek en de resultaten zijn gebaseerd op de volgende probleemstelling:

Welke aanvullende maatregelen kunnen Brzo bedrijven in de provincie Groningen nemen om de effecten van geïnduceerde aardbevingen op opslagtanks te verminderen?

Op basis van de probleemstelling zijn de volgende deelvragen geformuleerd:

- Welke specifieke eigenschappen hebben geïnduceerde aardbevingen?
- Welke effecten hebben geïnduceerde aardbevingen op de opslagtanks?
- Welke uitgangspunten zijn gebruikt in de ontwerpfase van de opslagtank?
- Wat schrijven de normen en de wetgeving over aardbevingsbestendigheid voor opslagtanks?
- Hoe ziet het inspectie- en onderhoudsregime er uit voor de opslagtank?
- Welke maatregelen hebben de bedrijven al getroffen naar aanleiding van de aardbevingen, specifiek gericht op opslagtanks?
- Zijn deze maatregelen doeltreffend?

De antwoorden op de probleemstelling en de deelvragen zijn door middel van veld- en literatuuronderzoek tot stand gekomen. Bij dit onderzoek waren 10 Brzo bedrijven betrokken, die allemaal opslagtanks hebben voor de opslag van brandbare vloeibare olieproducten (PGS29). Daarnaast liggen deze bedrijven in het aardbevingsgebied van de provincie Groningen.

Geconcludeerd kan worden dat bedrijven maatregelen getroffen hebben. Welke aanvullende maatregelen een Brzo bedrijf kan nemen is afhankelijk van wat het Brzo bedrijf al gedaan heeft. Op basis van mijn inventarisatie ben ik tot de volgende (aanvullende) maatregelen gekomen.

Specifiek voor het ontwerp en de bouw van een opslagtank:

- Het meenemen van een seismische belasting in de ontwerp-berekening.
- Zorgen voor een geschikte fundatie, die rekening houdt met de piekgrondversnelling.

Voor de opslagtanks die er nu al staan:

- Het laten uitvoeren van een aardbevingsanalyse op basis van de Handreiking.
- Plaatsen van tilt-sensoren op de opslagtanks.

Algemene maatregelen

- Het instellen van een aardbevingsprocedure (wie doet wat bij welke piekgrondversnelling).
- Het aanpassen van het onderhouds- en inspectieregime op de aardbevingen.

De aanbevelingen zijn uitgewerkt conform de arbeidshygiënische strategie. De belangrijkste aanbeveling die ik als HVK-er meegeef is: Laat een aardbevingsanalyse uitvoeren.

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting.....	3
Inhoudsopgave	4
Hoofdstuk 1: Inleiding	6
1.1 Aanleiding.....	6
1.2 Doelstelling.....	6
1.3 Probleemstelling:.....	6
1.4 Afbakening van het onderwerp.....	7
1.5 Leeswijzer	7
Hoofdstuk 2: Methodische verantwoording	8
2.1 Onderzoeksstrategie	8
2.2 Uitvoering van het onderzoek.....	9
Hoofdstuk 3: Theoretische achtergronden	10
3.1 Wet- en regelgeving	10
3.1.1 Besluit risico's zware ongevallen.....	10
3.1.2 Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 29.....	10
3.1.3 American Petroleum Institute 650	11
3.1.4 NEN-EN 14015:2004	11
3.1.5 Eurocode 8 deel 4.....	11
3.2 Aardbevingen	12
3.2.1 Tektonische aardbevingen	12
3.2.1 Geïnduceerde aardbeving	14
3.2.2 Bodemvervloeiing.....	15
3.3. Constructie opslagtanks	15
3.3.1 Type dak	15
3.3.2 Hoogte - breedte verhouding.....	15
3.3.3 Fundatie.....	16
Hoofdstuk 4: Bevindingen	17
4.1 Veilig ontwerp	17
4.2 Ingebouwde beheersfunctie	17
4.3 Detectie en herstel	18
4.4 Analyse	18
Hoofdstuk 5: Conclusie.....	19

5.1 Beantwoording deelvragen	19
5.2 Conclusie	20
6. Aanbevelingen.....	21
6.1 Bronmaatregelen.....	21
6.2 Collectieve maatregelen.....	21
6.2.1 Ontwerp.....	21
6.2.2 Bestaande opslagtanks.....	22
6.2.3 Algemene maatregelen	24
6.3 Individuele maatregelen.....	25
6.4 Persoonlijke beschermingsmiddelen	25
6.5 Mijn advies als HKV-er.....	25
Literatuur.....	26
Bijlagen	27
Bijlage I - Ligging gasvelden in Nederland	28
Bijlage II - Agenda onderzoek effecten van aardbevingen.....	29
Bijlage III - Vragenlijst onderzoek.....	31
Bijlage IV - Grafieken uit het Deltares rapport	32
Bijlage V - Stappenplan aardbevingsanalyse	33
Bijlage VI - Scriptie-voorstel	35

Hoofdstuk 1: Inleiding

1.1 Aanleiding

Wereldwijd vinden aardbevingen plaats. De meeste aardbevingen hebben een relatie met het bewegen van de aardkorst, dit zijn tektonische aardbevingen. Er is ook een ander type aardbeving, de menselijk geïnduceerde.

In de bodem van de provincie Groningen ligt het grootste aardgasveld van Europa. Sinds 1964 wordt aardgas uit dit veld onttrokken. Het aardgas bevindt zich op 3 kilometer onder de grond en zit in een poreuze zandsteenlaag. Onttrekking van het aardgas zorgt voor een drukverschil in de poreuze zandsteenlaag, hierdoor stort de laag in. Deze instorting zorgt voor een aardbeving. Dit vindt voornamelijk plaats in de provincie Groningen.

Uit buitenlandse onderzoeken¹ is gebleken dat bij aardbevingen vooral leidingen breken/scheuren en dat opslagtanks bezwijken. Op dit moment is nog niet in kaart gebracht welke consequenties de aardbevingen in de provincie Groningen hebben op bedrijven die grote hoeveelheden brandbare vloeistoffen in opslag hebben. Bij dit soort bedrijven kunnen de gevolgen van een zware aardbeving groot zijn, zoals een brand, explosies en toxische wolken alsmede verontreiniging van lucht, water en bodem.

Bedrijven die grote hoeveelheden brandbare vloeistoffen in opslag hebben, moeten voldoen aan de regels van het Besluit risico's zware ongevallen (Brzo) en worden in dit verslag verder aangeduid als Brzo bedrijven. Om inzicht te krijgen in de mogelijke problemen en omdat ik persoonlijk interesse heb in opslagtanks, heb ik dit onderzoek als eindopdracht gestart. Het is ook een onderdeel van het project "aardbevingen en Brzo en Rie 4 bedrijven".

1.2 Doelstelling

Met de uitkomsten van dit onderzoek lever ik een bijdrage aan het project "aardbevingen en Brzo en Rie 4 bedrijven". Deze bijdrage bestaat uit een inventarisatie van de getroffen maatregelen door de Brzo bedrijven voor de opslagtanks. Verder geef ik een advies over extra te nemen maatregelen. De conclusies en aanbevelingen in mijn rapport helpen Brzo bedrijven verder met de aardbevingsanalyse van de eigen installaties.

1.3 Probleemstelling:

Voor het onderzoek heb ik de volgende probleemstelling gedefinieerd:

Welke aanvullende maatregelen kunnen Brzo bedrijven in de provincie Groningen nemen om de effecten van geïnduceerde aardbevingen op opslagtanks te verminderen?

Bij de probleemstelling horen de volgende deelvragen:

- Welke specifieke eigenschappen hebben geïnduceerde aardbevingen?
- Welke effecten hebben geïnduceerde aardbevingen op de opslagtanks?
- Welke uitgangspunten zijn gebruikt in de ontwerpfase van de opslagtank?
- Wat schrijven de normen en de wetgeving over aardbevingsbestendigheid voor opslagtanks?

¹ Izmit, Turkije 1999 | Taiwan 1999 | Fukushima, Japan 2011 | Napa, USA 2014

- Hoe ziet het inspectie- en onderhoudsregime er uit voor de opslagtank?
- Welke maatregelen hebben de bedrijven al getroffen naar aanleiding van de aardbevingen, specifiek gericht op opslagtanks?
- Zijn deze maatregelen doeltreffend?

1.4 Afbakening van het onderwerp

Het onderzoek richt zich op Brzo bedrijven in de provincie Groningen, met atmosferische verticale opslagtanks met brandbare vloeistoffen. Voor veel chemische bedrijven spelen opslagtanks met vloeistoffen een cruciale rol in het productieproces. De opslagtanks worden gebruikt voor het opslaan van grondstoffen of gereed product. Ik heb van de Omgevingsdienst Groningen een lijst gekregen met daarop 10 Brzo bedrijven die voldoen aan deze criteria. De bedrijven liggen verspreid in het aardbevingsgebied. Er bevinden zich 8 bedrijven in Delfzijl, één in de Eemshaven en één in de stad Groningen.

De onderzoeksresultaten in mijn verslag zijn geanonimiseerd. Deze keuze is gemaakt in overleg met de Brzo bedrijven. De uitkomsten van mijn onderzoek zijn van toepassing op alle opslagtanks in het aardbevingsgebied. Het noemen van bedrijfsnamen is daarom niet relevant voor het onderzoek. De geïnduceerde aardbevingen geven problemen voor alle bedrijven!

1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een methodische verantwoording van de gebruikte onderzoeksstrategie en de uitvoering van mijn onderzoek. De theoretische achtergronden zijn in hoofdstuk 3 beschreven. Hoofdstuk 4 geeft inzicht in de resultaten van het onderzoek. Hoofdstuk 5 bevat de conclusies en aanbevelingen.

Hoofdstuk 2: Methodische verantwoording

2.1 Onderzoeksstrategie

Door het boek “modellen voor veiligheidsprofessionals” werd ik op het spoor gezet om LOPA toe te passen voor het uitwerken van mijn onderzoeksonderwerp.

LOPA staat voor Layer of Protection Analysis en wordt binnen de procesveiligheid veel gebruikt. Het Amerikaanse Center for Chemical Process Safety publiceerde in 1993 voor het eerst over het LOPA-concept. Het wordt gebruikt voor het analyseren van incident-scenario's waarbij getallen worden gegeven aan het start-evenement (kans op brand, vrijkomen toxische stof etc.) en de onafhankelijke beschermingslagen (bijvoorbeeld overvulbeveiliging, terugslagklep, automatische afsluiter etc.). Dit resulteert dan in een wiskundige formule:

$$IE \times P_t \times [PFD_a \times PFD_b \times PFD_{SIF} \times P_p \times P_i \times P_v] < RTC$$

Uitleg gebruikte afkortingen:

- IE = Initiating Event; waarschijnlijkheid van voorkomen van het start-evenement, bijvoorbeeld 0,1/jaar
- P_t = Enabling condition, time at risk
- PFD_a = risico reductie door independent protection layers
- P_p = conditional modifiers; P_p = people present, P_i = ignition probability, P_v = vulnerability
- RTC = risk tolerance criterion; maximale incident frequentie, ambitie niveau van het bedrijf bijvoorbeeld 1×10^{-5} /jaar

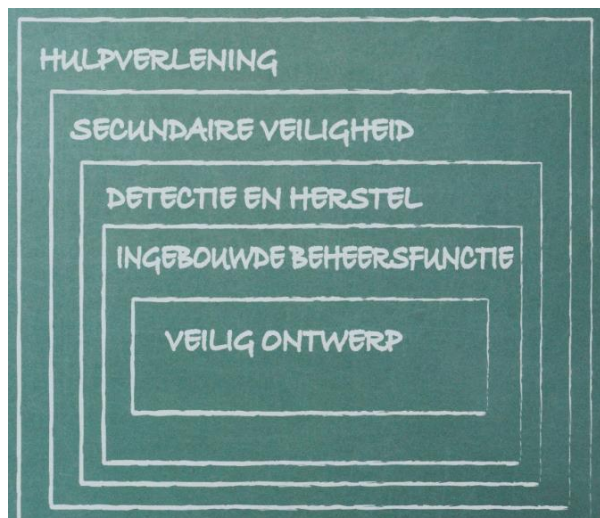
Deze formule maakt het mogelijk om risico's in te schatten.

Vergeet de wiskundige formule!

LOPA kun je ook op een andere manier toepassen, namelijk op een beschrijvende manier.

In het boek “modellen voor veiligheidsprofessionals” is dit goed beschreven. Daar is de bescherming tegen risico's in lagen genoemd, zoals een ui.

Je kijkt naar een installatie, bijvoorbeeld een opslagtank met gevaarlijke stoffen en pelt elke laag nauwkeurig af. Beginnend met een veilig ontwerp en dan naar de ingebouwde beheersfunctie, de detectie en het herstel naar de secundaire veiligheid en als laatste de hulpverlening.



Figuur 1 Bescherming in lagen (boek Modellen voor veiligheidsprofessionals)

Voor mijn onderzoek beperk ik me tot de eerste drie lagen, namelijk een veilig ontwerp, de ingebouwde beheersfunctie en de detectie en het herstel. Op deze drie lagen kan een Brzo-bedrijf ingrijpen als het gaat om aardbevingsrisico's. En deze lagen zijn het belangrijkste voor het aardbevingsbestendig zijn van een opslagtank.

Alles begint met een veilig ontwerp, de eerste laag. Bij het ontwerpen van een opslagtank kijkt de ontwerper naar welke normen en welke materialen zijn nodig. Waar komt de opslagtank te staan, hoe is het gesteld met de ondergrond en welke andere dynamische factoren zijn van toepassing op de te ontwerpen opslagtank.

Voor de tweede laag, de ingebouwde beheersfuncties, is de ontwerper afhankelijk van de normen die gelden en van de wet- en regelgeving. En van de vloeistof die wordt opgeslagen, melk heeft andere beheersfuncties nodig dan methanol. Voorbeelden van ingebouwde beheersfuncties zijn afsluiters, overvulbeveiliging, temperatuursensoren etc.

De laag met de detectie en het herstel zorgen ervoor dat de opslagtank veilig gebruikt kan worden. Deze derde laag bevat de beveiligingsinstallaties in en op de opslagtank en vraagt van het Brzo bedrijf een managementsysteem. Het managementsysteem voor de opslagtank bestaat uit inspecties en onderhoud.

2.2 Uitvoering van het onderzoek

Door het toepassen van een beschrijvende LOPA-analyse, kan een scheiding worden gemaakt voor de uitvoering van het onderzoek.

Voor de eerste en tweede laag, heb ik contact gezocht met een aantal opslagtank ontwerpers en –bouwers. Het contact gebeurde meestal via de email, met een vooraf opgestelde vragenlijst. Als er achteraf nog vragen waren over de ingevulde vragenlijst is telefonisch contact gezocht.

De drie lagen heb ik ook onderzocht bij de Brzo bedrijven. Een aantal bedrijven heb ik daadwerkelijk bezocht in het kader van een inspectie. De overige bedrijven heb ik telefonisch of via de email benaderd. In bijlage II heb ik een agenda opgenomen, zoals we die tijdens het project gebruiken. Deze agenda wordt door het bevoegd gezag Wabo vooraf naar de bedrijven gestuurd. In bijlage III heb ik de vragenlijst opgenomen die ik gebruikt heb.

Om het onderzoek compleet te maken, heb ik ook een literatuuronderzoek gedaan. Er is veel documentatie beschikbaar over aardbevingen en over opslagtanks. Over de aardbevingen in Groningen zijn verschillende rapporten geschreven. Een overzicht van de literatuur is opgenomen in de literatuurlijst.

Hoofdstuk 3: Theoretische achtergronden

3.1 Wet- en regelgeving

In deze paragraaf ga ik alleen in op de wet- en regelgeving die relevant is voor het onderzoek. Er volgt een korte uitleg over het Besluit risico's zware ongevallen, daarna ga ik dieper in op de PGS29 en de ontwerpnormen voor opslagtanks.

3.1.1 Besluit risico's zware ongevallen

Het Besluit risico's zware ongevallen (Brzo) is de Nederlandse implementatie van de Seveso-richtlijn. Deze richtlijn is door de Europese Unie vastgesteld naar aanleiding van de chemische ramp in juli 1976 in het Noord-Italiaanse stadje Seveso. Bij deze ramp kwam het toxische gas, dioxine, vrij. Er vielen geen dodelijke menselijke slachtoffers, wel werd een groot deel van de bevolking van het stadje ernstig verminkt door het gifgas. De impact op het milieu was aanzienlijk, besmette en dode dieren, besmet mais en graan, bomen zonder bladeren etc. Deze ramp trok de aandacht van de Europese Unie en er werd wetgeving opgesteld om de mensen en het milieu te beschermen tegen de gevaren van industriële rampen. In de Seveso-richtlijn zijn drempelwaarden vastgesteld voor hoeveelheden gevaarlijke stoffen waarboven een bedrijf moet voldoen aan de Europese wetgeving. Er zijn twee drempelwaarden, namelijk de lage drempel en de hoge drempel. Het verschil zit in de hoeveelheid stoffen en ook de verplichtingen van de bedrijven. De hoge drempel bedrijven moeten een veiligheidsrapport opstellen.

Sinds 8 juli 2015 is het nieuwe Besluit risico's zware ongevallen (Brzo 2015)² van kracht. Een van de wijzigingen in het nieuwe Brzo 2015 is het opnemen van natuurlijke oorzaken in de gedetailleerde beschrijving van de scenario's voor mogelijke zware ongevallen in het veiligheidsrapport. Natuurlijk oorzaken zijn bijvoorbeeld aardbevingen en overstromingen.

Met deze wijziging zijn hoge drempel bedrijven verplicht om in de scenario's de effecten van aardbevingen op de installatie te beschrijven.

3.1.2 Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 29

De Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 29 (PGS29) geeft richtlijnen voor de bovengrondse opslag van brandbare vloeistoffen in verticale cilindrische tanks. Deze richtlijnen worden meestal door het bevoegd gezag voorgeschreven in de Wabo-vergunning (Wet algemene bepalingen omgevingsrecht). De PGS29 is een samenvoeging en actualisatie van de CPR 9-2 en CPR 9-3 (Commissie van Preventie van Rampen door gevaarlijke stoffen).

Het doel van de PGS29 richtlijn is het verkleinen van de veiligheidsrisico's. De richtlijn geeft een referentiekader voor het oprichten, gebruiken, in standhouden en inspecteren van installaties met verticale tanks.

De PGS29 is voor dit onderzoek gebruikt als kader, immers het onderzoek richt zich op opslagtanks die vallen onder de PGS29. Voor de complete versie van de PGS29 verwijst ik naar de website <http://www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/>. De reden hiervoor is het beperken en behapbaar houden van mijn onderzoek.

² De complete tekst van de Seveso-richtlijn: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0001:0037:NL:PDF>

De uitgangspunten zoals genoemd in de PGS29 zijn voor dit onderzoek van belang. Opslagtanks voldoen aan ten minste een van de bestaande internationale tankbouwnormen of –codes van API 650, BS 2654 en DIN 4119 in revisies zoals deze golden ten tijde van de bouw en in geval van nieuwbouw NEN EN 14015-1. Deze normen vormen de basis voor het ontwerp, de PGS29 geeft richtlijnen voor de volgende fase van een opslagtank, het gebruiken.

3.1.3 American Petroleum Institute 650

De API 650 is opgesteld voor gelaste tanks voor olie opslag en geeft in meer dan 400 pagina's aan waar de tank aan moet voldoen. Ondanks dat het een Amerikaanse norm is, wordt hij wereldwijd toegepast en is internationaal erkend als 'best practice' voor opslagtanks.

In appendix E "Seismic Design of Storage Tanks", worden parameters gegeven voor het aardbevingsbestendig ontwerpen. Er staat wel een disclaimer in de standaard. "*Ondanks het toepassen van de parameters voor aardbevingsbestendig ontwerpen kan er schade ontstaan bij een aardbeving*".

Voor het juiste gebruik van de standaard is het van belang dat inzichtelijk is welke grondversnellingen er op kunnen treden. Deze parameters zijn noodzakelijk voor de ontwerper.

3.1.4 NEN-EN 14015:2004

De titel van deze NEN-EN is: Specificatie voor het ontwerpen en de fabricage van ter plekke gebouwde, verticale, cilindrische, bovengrondse, gelaste stalen tanks met vlakke bodem voor de opslag van vloeistoffen bij omgevingstemperatuur en hoger. Deze norm geeft specificaties voor het ontwerpen en bouwen van tanks. Het document is in het Engels, er is geen Nederlandse vertaling. De norm is in Europees verband opgesteld en als Nederlandse norm aanvaard.

In hoofdstuk 7 Design Loads wordt aandacht besteed aan verschillende soorten belastingen die van invloed zijn op een opslagtank.

In de norm staat: The design shall take account of the loads listed below and specified in 7.2 to 7.2.14.

Eén van deze belastingen is de seismic load, belasting door een seismische activiteit.

In annex G worden voorzorgsmaatregelen beschreven die een ontwerper kan gebruiken om de opslagtank aardbevingsbestendig te ontwerpen. Annex G is gebaseerd op annex E van de internationale tankbouwnorm API 650 (American Petroleum Institute).

3.1.5 Eurocode 8 deel 4

De officiële tekst is: European Standard EN 1998-4 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance: Silos, tanks and pipelines.

Deze European Standard is op 15 mei 2006 geaccordeerd door de CEN (Comité Européen de Normalisation). Van de Europese lidstaten werd verwacht dat ze deze Standard de status van National Standard zouden geven door publicatie van de tekst in eigen taal of door endorsement.

De Nederlandse overheid heeft de European Standard als norm (NEN-EN 1998-1:2004) gepubliceerd in april 2005. In het voorwoord is een waarschuwing opgenomen dat deze norm een tussenfase is in de uniformering van de technische grondslagen voor de berekening van bouwconstructies in Europa. En dat na publicatie van de norm gewerkt wordt aan een vertaling in het Nederlands en een nationale bijlage waarin parameterwaarden worden opgenomen. Deze parameterwaarden worden nationaal vastgesteld zodat het vereiste veiligheidsniveau per land wordt bereikt.

Het gebruik van de norm is op vrijwillige basis, wanneer deze is voorzien van de nationale bijlage. De nationale bijlage is niet opgesteld omdat werd aangenomen dat de huidige bouwwijze in Nederland volgens de wettelijke voorschriften, voldoende garantie gaf voor de constructieve veiligheid bij de in Nederland voorkomende aardbevingen.

Om de bedrijven in het aardbevingsgebied te helpen met een aardbevingsanalyse, is door TNO – Deltares een handreiking opgesteld. Deze handreiking met de titel “Handreiking voor het uitvoeren van studies naar het effect van aardbevingen” is gebaseerd op de Eurocode 8 deel 4. In bijlage V heb ik een stappenplan opgenomen voor het uitvoeren van een aardbevingsanalyse. Dit stappenplan is gebaseerd op de voorgenoemde Handreiking.

3.2 Aardbevingen

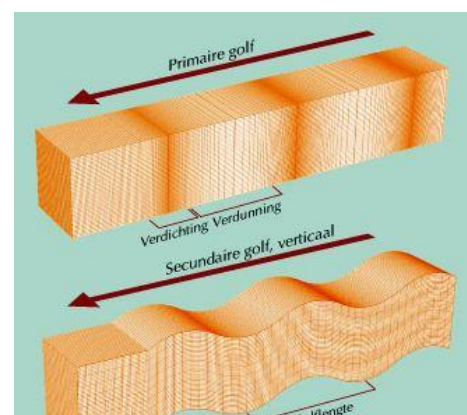
3.2.1 Tektonische aardbevingen

Aardbevingen zijn er al sinds het ontstaan van de aarde. Dit komt doordat de aarde is opgebouwd uit verschillende lagen. De bovenste laag bestaat uit tektonische platen. Er zijn ongeveer zes grote en tien kleine platen. Deze platen bewegen ten opzichte van elkaar. Hierdoor zijn uiteindelijk de continenten gevormd. Door de beweging wordt spanning opgebouwd in de aardkorst. Als de spanning hoog genoeg is vormt zich een breuk in de korst, hierbij wordt de spanning ontladen. Dit wordt een aardbeving genoemd.

Zware aardbevingen op zee kunnen tsunami's (Japan 2011) veroorzaken en op land zijn zware aardbevingen desastreus voor gebouwen, infrastructuur etc. (Nepal 2015).

Zoals eerder beschreven is een aardbeving een ontlading van spanning in de aardkorst. Bij een aardbeving komen seismische golven vrij. Deze seismische golven planten zich radiaal voort van het hypocentrum van de aardbeving af. Het hypocentrum is de locatie waar een aardbeving ontstaat, onder de aardkorst tussen twee of meer tektonische platen. Het epicentrum bevindt zich recht boven het hypocentrum, op het aardoppervlak.

De seismische golven zijn onder te verdelen in twee hoofdtypen: ruimtegolven en oppervlaktegolven. De ruimtegolven bewegen zich door het binnenste van de aarde en veroorzaken de eerste trillingen bij een aardbeving. Ruimtegolven bestaan uit P-golven en S-golven. De P-golven (primair) zijn compressiegolven. Het materiaal waardoor de golf beweegt wordt samengedrukt en uitgerekt, in de richting van de voortplanting. Deze P-golven kunnen door zowel gassen, vloeistoffen als vaste materialen. De S-golven (secundair) zijn schuifgolven. Als deze golven door een materiaal gaan, wordt het materiaal loodrecht op de voortplantingsrichting verplaatst. Een S-golf kan alleen door vaste materialen bewegen. De S-golven volgen op de P-golven, ze komen later aan en veroorzaken meer schade.



Figuur 2 P- en S-golven
(www.knmi.nl/seismologie)

Oppervlakte golven zijn vergelijkbaar met golven in het water. Deze golven verplaatsen zich parallel aan het aardoppervlak en zijn langzamer dan ruimtegolven. Door de lage frequentie, langere golflengte en grote amplitude vormen ze het meest destructieve type seismische golf.

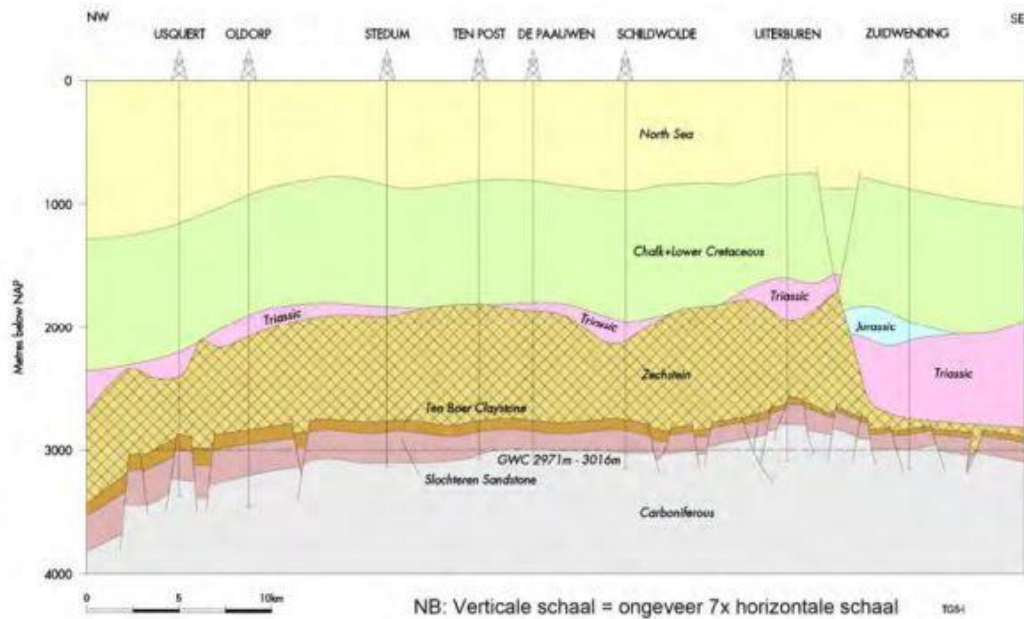
Een factor die ook zorgt voor de destructiviteit is de afstand die de golf aflegt. Als een golf ver moet reizen vanuit het hypocentrum, zal hij zwakker aan het aardoppervlak komen. Dit geldt vooral voor de ruimtegolven. Ook de snelheid waarmee een golf door materiaal gaat heeft invloed op de destructiviteit. Door de golf gaan de atoom-deeltjes van het materiaal (gesteente in de bodem) vibreren en hierdoor absorbeert het de energie van de golf. Als het materiaal veel energie opneemt wordt de golf zwakker. Dit heeft weer voordelen voor constructies die op het aardoppervlak staan, want zij krijgen te maken met een zwakkere seismische golf.

Tektonische aardbevingen duren minuten waardoor de constructies die op het aardoppervlak staan langere tijd worden blootgesteld aan verticale, radiale en transversale bewegingen. Door deze lange bewegingen zullen constructies bezwijken.

De hoeveelheid energie die vrijkomt bij een beving is afhankelijk van de grootte van de verschuiving langs de breuk, het verschoven oppervlak en de elasticiteit van het gesteente. De kracht van de beving wordt weergegeven op een logaritmische schaal; de schaal van Richter. Bij een beving met een lokale magnitude (M_L) van 4 komt ongeveer dertig keer zoveel energie vrij als bij een beving met $M_L = 3$ (Bath, 1966). De mate waarop de beving gevoeld wordt aan het aardoppervlak en de optredende schade (de intensiteit van de beving) is niet zondermeer af te leiden van de magnitude van de beving. De intensiteit hangt namelijk ook af van de diepte en de lokale geologie (dikte en aard van de bovenste lagen). Bij een geringe diepte van het hypocentrum en bij minder geconsolideerd en waterrijk gesteente zullen de bevingen gekarakteriseerd worden door een grotere intensiteit.

3.2.1 Geïnduceerde aardbeving

Zoals eerder beschreven worden aardbevingen veroorzaakt door spanningen in de ondergrond, dit geldt ook voor geïnduceerde aardbevingen. Het grote verschil zit in de oorzaak van de spanningen. Eind jaren vijftig werd in Kolham het eerste Groningse gas ontdekt. Het gasveld in de bodem van de provincie Groningen is het grootste landgasveld ter wereld en beslaat een oppervlakte van circa 900 km² [zie bijlage I voor een overzicht van alle gasvelden in Noord Nederland]. Het reservoirgesteente (Slochteren Sandstone), waar het gas in zit, bevindt zich op een diepte van 3 km en heeft een dikte van ongeveer 100 meter. Na de ontdekking is de NAM begonnen met het winnen van het gas uit de bodem.



Figuur 3 Geologische doorsnede Groningen gasveld (NAM,2003)

Sinds 1986 worden door het KNMI aardbevingen geregistreerd in Groningen. Deze aardbevingen worden veroorzaakt door de winning van gas uit het Groningen gasveld. De winning van het gas zorgt voor een drukdaling in het gasreservoir en dat zorgt weer voor een verschilspanning in de bodem. In het reservoirgesteente zitten al bestaande breuken en die verschuiven door de samendrukking van het reservoirgesteente. Het hypocentrum van deze geïnduceerde aardbevingen bevindt zich op een diepte van 2,5 en 3,5 km. Bij een geïnduceerde aardbeving komen ook seismische golven vrij, deze golven leggen een kortere afstand af in de bodem dan de seismische golven bij een tektonische aardbeving. Hierdoor blijft er veel energie aanwezig in de geïnduceerde seismische golf.

In het rapport van Deltares (2013), *Effecten geïnduceerde aardbevingen op kritische infrastructuur Groningen*, wordt een vergelijking getoond tussen de aardbeving in Middelstum (geïnduceerd) en Roermond (tektonisch). Uit de vergelijking blijkt dat de respons aan het oppervlak bij een geïnduceerde aardbeving in vergelijking met een tektonische aardbeving van kortere duur is en hoogfrequentier. In bijlage IV zijn de grafieken uit het Deltares rapport opgenomen ter verduidelijking.

Dit betekent dat een geïnduceerde seismische golf in een kort tijdsbestek veel energie zal overdragen aan constructies die aanwezig zijn boven de grond.

3.2.2 Bodemvervloeiing

De seismische golven die optreden bij een aardbeving (tektonisch of geïnduceerd) veroorzaken grondversnellingen. Deze trillingen leiden tot een verlies van sterkte en samenhang de bodem. De bodem gaat zich gedragen als een vloeistof, het water tussen de zandkorrels heeft geen tijd om weg te stromen door de trillingen. Hierdoor ontstaat een waterplas aan de oppervlakte, dit lijkt op drijfzand.

Tot op heden zijn er in Groningen geen locaties vastgesteld waar bodemvervloeiing is opgetreden. Dit betekent niet dat het niet kan voorkomen. De bodem in Groningen heeft een variëteit in samenstelling, losse zanderige grond en klei. Bij zwaardere aardbevingen, met een piekgrondversnelling vanaf 0,2g, neemt de kans op bodemvervloeiing voornamelijk bij zanderige grond toe.

3.3. Constructie opslagtanks

Het doel van deze paragraaf is globaal inzicht te geven in de constructie van een opslagtank in relatie tot aardbevingen. Voor het onderzoek is gekeken naar het type dak, de hoogte en breedte van de tank en de wijze van fundatie. Bij een aardbeving zijn deze eigenschappen van invloed op de schade die ontstaat aan een opslagtank.

3.3.1 Type dak

Verticale atmosferische opslagtanks zijn te verdelen in twee groepen: tanks met een vast dak en tanks met een drijvend dak.

Opslagtanks met drijvende daken verdienen speciale aandacht bij aardbevingen. Door de seismische trillingen kan het dak bewegen en voor vonkvorming zorgen, door het frictie-contact met de tankwand. In het verleden hebben drijvende daken geleid tot branden en explosies bij aardbevingen³. Voor opslagtanks met vaste daken geldt dit niet. Echter de constructie van het dak zal vervormen door de seismische trillingen.

3.3.2 Hoogte - breedte verhouding

Opslagtanks zijn meestal groot, in zowel hoogte als diameter en omdat er vloeistoffen in worden opgeslagen hebben deze factoren invloed op de seismische belasting van de opslagtank.

De hoogte - breedte verhouding van een opslagtank is van invloed op het sloshing-effect. Sloshing (klotsen) treedt op bij alle tanks en ontstaat door de horizontale seismische golven. De vloeistof zal heen en weer gaan bewegen in de tank. Als het sloshing-effect groot genoeg is zal de tank uiteindelijk overstromen of de vloeistof zal het dak beschadigen.



Plaatje 1 Beschadigde opslagtank door sloshing, 2003 Tokachi-Oki aardbeving

³ Fukushima, Japan 2011

De hoogte - breedte verhouding is ook van invloed op het plastisch bezwijken (elephant foot buckling) van de opslagtank bij een aardbeving. Deze knik bezwijkvorm treedt vooral op bij tanks met een hoogte tot diameter verhouding van 1 tot 1,5. Bij een kleinere verhouding treedt deze bezwijkvorm minder op. Als de hoogte - diameter verhouding groter is dan 2, kan een elastische knikvorm (diamond shape buckling) optreden. Deze vorm van plastisch bezwijken van een opslagtank wordt ook veroorzaakt door de horizontale belasting van de opslagtank door een aardbeving.



Plaatje 2 Opslagtank met elephant foot buckling, USA

3.3.3 Fundatie

Verticale opslagtanks staan meestal op een tankterp. De tankfundering moet ontworpen worden als een flexibele fundering die voldoende sterkte moet hebben. De fundering moet deformaties van de ondergrond absorberen en ongelijke funderingsdrukken distribueren. De funderingsdrukken zijn hierbij afhankelijk van de diameter van de tank en de vulhoogte.

Bij een aardbeving kan bodemvervloeiing optreden, voor opslagtanks op een tankterp (verdicht zand) kan dit een probleem opleveren. Mogelijke effecten zijn scheefstand of glijden van de opslagtank.

Ook worden opslagtanks op onderheide betonnen fundaties (palen) geplaatst. Deze fundatie reageert anders op aardbevingen dan een tankterp. Door de bodemvervloeiing verliezen de palen de horizontale steun waardoor deze gaan buigen. Hierdoor zal de opslagtank gaan glijden.

Hoofdstuk 4: Bevindingen

De Brzo bedrijven zijn in de periode juni - september 2015 benaderd voor hun medewerking. Van de 10 Brzo bedrijven heeft bij 5 een onderzoek ter plaatse plaatsgevonden. De andere 5 hebben de vragenlijst digitaal ingevuld. Ik heb ook 3 gerenommeerde opslagtank ontwerpers en -bouwers gevraagd voor hun medewerking. Zij hebben de vragenlijst digitaal ingevuld.

Voor het onderzoek op locatie bij de 5 Brzo bedrijven heb ik de agenda gebruikt zoals opgenomen in bijlage II. Het bezoek bestond uit een presentatie door het bedrijf, waarin zij aangaven wat zij tot nu toe gedaan hebben met betrekking tot de aardbevingen en hun installaties. Daarna zijn documenten van het bedrijf doorgenomen, zoals een aardbevingsanalyse (als die aanwezig was), de procedures voor het onderhoud en de bijbehorende werkinstructies. Na de documentstudie vonden de interviews plaats en afsluitend een visuele inspectie van de opslagtanks en fundatie.

De antwoorden die de bedrijven gaven op mijn vragen heb ik verdeeld in de drie LOPA-lagen. Te beginnen met een veilig ontwerp, daarna de ingebouwde beheersfunctie en als laatste de detectie en het herstel.

4.1 Veilig ontwerp

Voor de LOPA-laag “veilig ontwerp” heb ik gekeken naar de normen. Welke ontwerpnormen zijn voor de opslagtanks gebruikt? Is bij het ontwerp rekening gehouden met een seismische belasting? En wat is de hoogte - breedte verhouding?

Uit mijn onderzoek blijkt dat de meest gebruikte norm de API 650 is, bij één bedrijf is de BS 2654 gebruikt. De NEN EN 14015-1 is niet gebruikt. De reden voor de kleine verscheidenheid in gebruik van normen, is de leeftijd van de opslagtanks. De NEN EN 14015-1 is een nieuwe norm en wordt sinds 2012 toegepast. De API 650 en de BS 2654 zijn oude normen, die internationaal veel gebruikt worden. Van de 10 bedrijven heeft één bedrijf opslagtanks die jonger zijn dan 5 jaar. De overige opslagtanks variëren in leeftijd van 10 tot 25 jaar.

Er is maar één bedrijf waar bij het ontwerp van de opslagtanks rekening is gehouden met aardbevingen. De ontwerper is voor het ontwerp uitgegaan van een aardbeving van 4 op de schaal van Richter.

De fundatie van de opslagtanks bestaat bij zes bedrijven uit een onderheide betonnen plaat. Door de samenstelling van de Groningse bodem op die locatie is voor deze vorm van fundatie gekozen. Bij vier bedrijven staan opslagtanks op verbeterd zand. Er is bij de aanleg van de fundatie op verbeterd zand niet gekeken naar het effect van aardbevingen op de fundatie.

De hoogte – breedte verhouding varieert bij de onderzochte opslagtanks. Ik ben geen hoogte – breedte verhoudingen van 2 tegengekomen. Bij alle bedrijven zit de verhouding tussen de 0,5 en 1,5.

4.2 Ingebouwde beheersfunctie

Voor de ingebouwde beheersfunctie heb ik voor mijn onderzoek gekeken naar het type dak. Het type dak is zoals eerder beschreven van belang bij aardbevingen.

De bedrijven in mijn onderzoek beschikken allen over opslagtanks met een vast dak. De constructie van het vaste dak verschilt wel per bedrijf. De constructie brengt geen extra risico mee bij een aardbeving. Een bedrijf heeft opslagtanks met inwendige drijvende daken met daarboven een vast

dak. Dit bedrijf is zich bewust van de risico's die inwendig drijvende daken hebben bij aardbevingen en heeft maatregelen getroffen in de vorm van een visuele inspectie van het inwendig drijvend dak na een aardbeving.

4.3 Detectie en herstel

Het managementsysteem voor de opslagtank bestaat uit inspecties en onderhoud. Er zijn twee bedrijven die naar aanleiding van de aardbevingen een aparte procedure in werking hebben gesteld voor visuele inspecties na een aardbeving. In deze procedure is opgenomen wie wat doet bij welke grondversnelling.

Alle bedrijven beschikken over een algemeen preventief inspectie- en onderhoudsprogramma. Het inspectie- en onderhoudsprogramma is gebaseerd op de EEMUA 159. Een inspectie- en onderhoudsprogramma is ook opgenomen in de Wabo-vergunning. Daarnaast schrijven de normen en de PGS29 ook een programma voor. Het verschil tussen de bedrijven zit in de termijn tussen de inspecties. Bedrijven houden een 5 jaren plan aan voor inwendige inspecties en 10 jaren voor een uitwendige inspectie. Hierbij wordt de opslagtank geheel geleegd en grondig geïnspecteerd.

Alle bedrijven hebben wekelijkse of maandelijkse visuele inspecties.

4.4 Analyse

Uit de verschillende gesprekken die ik gevoerd heb met de Brzo bedrijven blijkt dat ze zoekende zijn naar hoe ze moeten omgaan met de effecten van de geïnduceerde aardbevingen. Dit komt doordat er tot op heden nog geen effecten zijn waargenomen. Bedrijven zijn zich bewust van de verantwoordelijkheid die ze hebben en voeren daarom aardbevingsanalyses uit en worden sensoren geïnstalleerd.

De Nederlandse opslagtankontwerpers en –bouwers hebben wel ervaring met het bouwen van aardbevingsbestendige opslagtanks. Zij voeren projecten uit in verschillende landen waar tektonische aardbevingen voorkomen. Deze kennis en ervaring is voor het bouwen van een opslagtank in Groningen cruciaal.

Hoofdstuk 5: Conclusie

5.1 Beantwoording deelvragen

In deze paragraaf geef ik in het kort een antwoord op de deelvragen.

Welke specifieke eigenschappen hebben geïnduceerde aardbevingen?

De eigenschappen van een geïnduceerde aardbeving komen overeen met een tektonische aardbeving. Het verschil zit in de diepte waarop de aardbeving plaatsvindt (3 kilometer diepte) en de hoeveelheid energie die de seismische golven hebben als ze aan het aardoppervlak komen. Bij een geïnduceerde aardbeving is de kans op bodemvervloeiing het grootst.

Welke effecten hebben geïnduceerde aardbevingen op de opslagtanks?

De effecten bestaan uit seismische trillingen die sloshing van de vloeistof in de opslagtank en buckling van de opslagtank kunnen veroorzaken. Verder kan de fundatie van de opslagtank begeven door bodemvervloeiing.

Welke uitgangspunten zijn gebruikt in de ontwerpfase van de opslagtank?

De opslagtanks in mijn onderzoek zijn gebouwd conform de API 650 en BS 2654. Bij het ontwerp van de opslagtanks is bij 9 bedrijven geen rekening gehouden met een seismische belasting, bij één bedrijf wel. De dynamische windbelasting is bij alle bedrijven meegenomen.

Wat schrijven de normen en de wetgeving over aardbevingsbestendigheid voor opslagtanks?

Alle normen verwijzen naar het meenemen van een seismische belasting bij het ontwerp van een opslagtank. Omdat in Nederland tot op heden geen seismisch gebied is vastgesteld, zijn deze uitgangspunten niet meegenomen in het ontwerp van de opslagtanks in Nederland.

Hoe ziet het inspectie- en onderhoudsregime er uit voor de opslagtank?

In de milieuvergunning heeft het bevoegd gezag Wabo een inspectieregime opgenomen voor opslagtanks. De inspecties worden uitgevoerd conform de EEMUA 159. Alle bedrijven hebben zelf ook een inspectie-regime, hierin is het preventief onderhoud opgenomen en worden visuele inspecties uitgevoerd.

Welke maatregelen hebben de bedrijven al getroffen naar aanleiding van de aardbevingen, specifiek gericht op opslagtanks?

Er worden aardbevingsanalyses uitgevoerd. Deze analyses leggen de kritische punten van een opslagtank bloot. Verder zijn er procedures opgesteld waarin staat wat bedrijven doen bij welke grondversnelling. Bij twee bedrijven zijn sensoren geplaatst om de aardbevingen te meten.

Zijn deze maatregelen doeltreffend?

Op dit moment kan er nog niets gezegd worden over de doeltreffendheid van de maatregelen. Er zijn nog geen meetgegevens. Er zijn nog geen aardbevingen in het betreffende gebied geweest of er zijn wel aardbevingen geweest, maar er is niets gemeten.

5.2 Conclusie

Ik kan op basis van mijn onderzoek de volgende eindconclusie trekken, die tevens de probleemstelling beantwoord.

“Welke aanvullende maatregelen kunnen Brzo bedrijven in de provincie Groningen nemen om de effecten van geïnduceerde aardbevingen op opslagtanks te verminderen?”

Welke aanvullende maatregelen een Brzo bedrijf kan nemen is afhankelijk van wat het Brzo bedrijf al gedaan heeft. Op basis van mijn inventarisatie ben ik tot de volgende (aanvullende) maatregelen gekomen.

Specifiek voor het ontwerp en de bouw van een opslagtank:

- Het meenemen van een seismische belasting in de ontwerp-berekening.
- Zorgen voor een geschikte fundatie, die rekening houdt met de piekgrondversnelling.

Voor de opslagtanks die er nu al staan:

- Het laten uitvoeren van een aardbevingsanalyse op basis van de Handreiking.
- Plaatsen van tilt-sensoren op de opslagtanks.

Algemene maatregelen

- Het instellen van een aardbevingsprocedure (wie doet wat bij welke piekgrondversnelling).
- Het aanpassen van het onderhouds- en inspectieregime op de aardbevingen.

6. Aanbevelingen

Op basis van mijn onderzoek heb ik de volgende aanbevelingen. De aanbevelingen zijn uitgewerkt volgens de arbeidshygiënische strategie.

6.1 Bronmaatregelen

Het nemen van bronmaatregelen bij geïnduceerde aardbevingen wordt voor de Brzo bedrijven lastig. Voor het nemen van bronmaatregelen zijn in dit geval twee partijen verantwoordelijk. De Nederlandse overheid en de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM). In december 2015 zal de Tweede Kamer opnieuw beslissen over het zogenoemde Gasbesluit⁴. In dit Gasbesluit wordt aangegeven hoeveel gas de NAM mag winnen uit het Groningse gasveld.

De NAM heeft invloed op de locaties waar ze het gas winnen. Sinds 2014 is de gaswinning naar beneden geschroefd. Het naar beneden schroeven van de gaswinning heeft enige invloed gehad op de locaties en intensiteit van de aardbevingen. Door in de directe omgeving van Loppersum te stoppen met gaswinnen heeft het probleem van de aardbevingen zich verplaatst naar de rand van het gasveld.

Als de NAM stopt met de totale winning van het gas uit het Groningse gasveld zullen de aardbevingen nog enige tijd blijven. Er heerst immers op dit moment een drukverschil in de Slochteren Sandstone laag en die moet eerst stabiliseren. Dit betekent dat de grond nog steeds in beweging blijft.

6.2 Collectieve maatregelen

Waar de Brzo bedrijven wel invloed op hebben zijn collectieve maatregelen nemen. Deze maatregelen kunnen bijdragen aan het verlagen van het risico bij een aardbeving.

6.2.1 Ontwerp

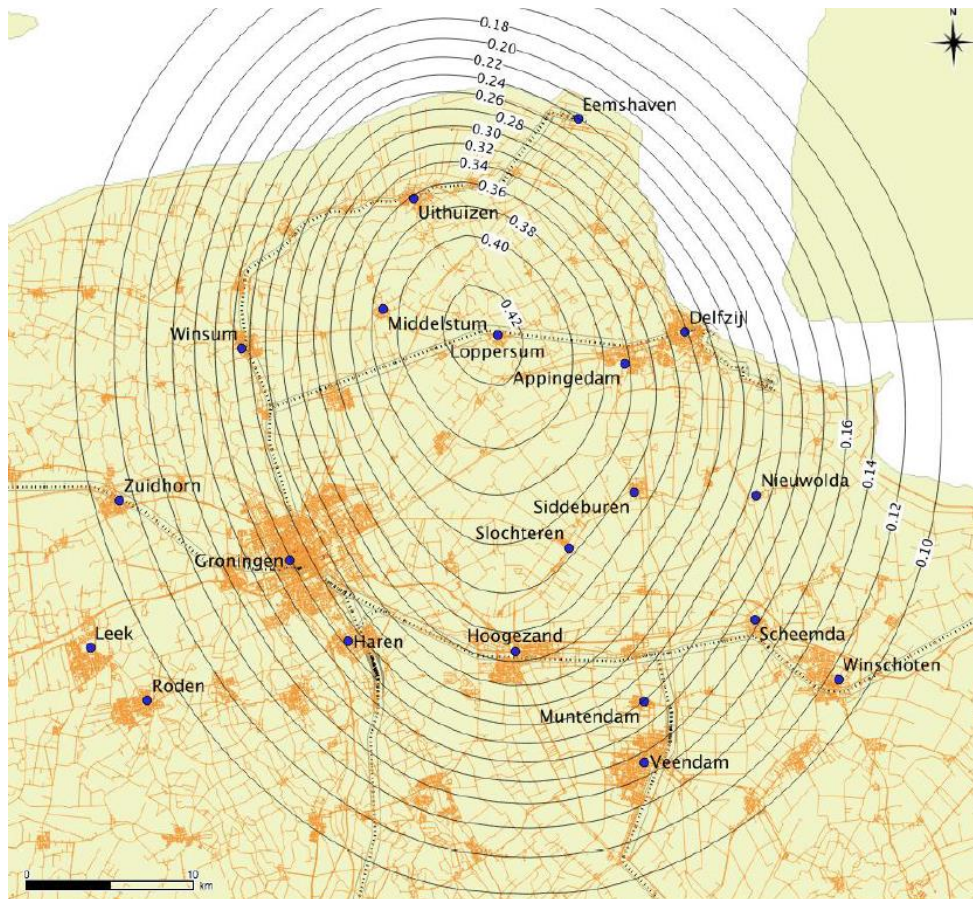
Het meenemen van een seismische belasting in de ontwerp-berekening.

De ontwerpnorm voor nieuwe opslagtanks is de NEN-EN 14015 (2004). Paragraaf 7.2.11 in combinatie met bijlage G van deze norm beschrijft hoe een opslagtankontwerper de seismische belasting moet meenemen in zijn ontwerp. Daarnaast moet de opslagtankontwerper rekening houden met de voorschriften uit Eurocode 8 deel 4.

Voor nieuw te bouwen opslagtanks in het aardbevingsgebied in Groningen moet de opslagtankontwerper rekening houden met de piekgrondversnelling zoals aangegeven op onderstaande kaart.

Verder kan de opslagtankontwerper gebruik maken van de internationale norm API 650. Deze norm is bruikbaar als extra achtergrond informatie.

⁴ <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/aardbevingen-in-groningen>



Figuur 4 Seismic hazardkaart Groningen (KNMI 2013)

Zorgen voor een geschikte fundatie, die rekening houdt met de piekgrondversnelling.

De fundatie van de nieuwe opslagtank moet bestand zijn tegen een piekversnelling zoals aangegeven in figuur 4. De ontwerper moet voor het ontwerp gebruik maken van de NEN-EN 14015, bijlage I en Eurocode 8 deel 5, Funderingen, grondkerende constructies en geotechnische aspecten. Beide normen beschrijven nauwkeuring welke gegevens nodig zijn en welke berekeningen uitgevoerd moeten worden.

6.2.2 Bestaande opslagtanks

Het laten uitvoeren van een aardbevingsanalyse op basis van de Handreiking.

Voor de bestaande opslagtanks is het van belang dat zo spoedig mogelijk een aardbevingsanalyse wordt uitgevoerd. Voor het uitvoeren van een aardbevingsanalyse wordt de “Handreiking voor het uitvoeren van studies naar het effect van aardbevingen” gebruikt. De volgende onderdelen moeten voor de analyse bekeken worden:

Onderdelen	Kwalitatieve beschouwing	Constructieve berekening
Toetsing veiligheid constructies met significante risico's bij falen.	X	X
Inhoud van de tank en risico bij falen (explosie gevaar/ ernst van eventuele vervuiling).	X	
Onderlinge afstand van de tanks en risico's bij falen van een enkele tank.	X	

Maatregelen voor risicobeheersing (systemen, containment bunds, etc.).	X	
Grond condities en risico op geotechnisch falen / bezwijken van de fundering (inclusief risico verweking).	X	X
D /H ratio van de tank en gerelateerd risico op falen onder invloed van seismische belasting.	X	
Tank freeboard en hoogte sloshing golven.		X
Veiligheid en risico's gerelateerd aan het (drijvende) dak van de tank en de aansluiting op de tankwand.	X	X
Aansluitingen op buisleidingen.	X	X

Het toetsen van de onderdelen vindt plaats door het nemen van de volgende stappen:

1. Doorlopen van de constructies (gebouwen, systemen en installaties) met betrekking tot risico's.
2. Prioritering van de constructies met de grootste gevolgen van falen.
3. Vaststellen van de huidige staat van de constructies.
4. Een kwalitatieve beoordeling van de risico's uit stap 2 met mogelijke maatregelen om het risico te reduceren tot een aanvaardbaar niveau.
5. Indien het niet mogelijk is om op basis van de kwalitatieve beoordeling een uitspraak te doen of het risico aanvaardbaar klein is, dienen constructieve berekeningen gemaakt te worden. Maak eerst eenvoudige berekeningen en daarna, indien noodzakelijk, voor de meest kritieke constructies of onderdelen van constructies geavanceerde berekeningen.
6. Indien uit de vorige stappen volgt dat het risico onaanvaardbaar is, dienen maatregelen te worden ontworpen en geïmplementeerd.

Het uitvoeren van een aardbevingsanalyse is specialistisch werk. Ik adviseer om hiervoor een adviesbureau in te huren. Er zijn verschillende adviesbureaus bezig met dit onderwerp.

Een aardbevingsanalyse geeft inzicht in de constructieve staat van de opslagtank, de fundatie en aansluitingen op de tankwand. De constructieve staat is van belang voor het weerstaan van aardbevingen. Op basis van de aardbevingsanalyse kan een Brzo bedrijf gerichte maatregelen treffen.

Plaatsen van tilt-sensoren op de opslagtanks.

Om op korte termijn iets te kunnen zeggen over de effecten van aardbevingen op opslagtanks, adviseer ik om tilt-sensoren te plaatsen op de opslagtank. Voor het plaatsen van deze tilt-sensoren is geen aardbevingsanalyse noodzakelijk. Een tilt-sensor registreert nauwkeurig de verzakking, de vervorming en de trilling van een opslagtank. In overleg met het bedrijf wat de tilt-sensoren levert kan bepaald worden waar de tilt-sensoren geplaatst moeten worden.

De tilt-meters zeggen niets over de constructie van de opslagtank. Hier zal uiteindelijk nog steeds naar gekeken moeten worden. Dit geldt ook voor de fundatie.

6.2.3 Algemene maatregelen

Het instellen van een aardbevingsprocedure (wie doet wat bij welke piekgrondversnelling).

Een direct te realiseren organisatorische maatregel is het instellen van een aardbevingsprocedure. Deze procedure geeft aan welke acties worden ondernomen naar aanleiding van een aardbeving.

Onderstaand heb ik een voorbeeld opgenomen.

Controlekamer	Teamleider van de dag	Operator	QHSE manager
Signaleren PGA op scherm en teamleider informeren.	Is de afgelezen PGA kleiner dan 0,05g?	Geen actie	Geen actie
	Is de afgelezen PGA groter dan 0,05g en kleiner dan 0,1g?	Het direct lopen van een controle ronde langs de installatie. Maak gebruik van de controlelijst.	Controle en inspectie kritische installatie onderdelen. Uitvoeren van vervolg acties op basis van inspectieresultaat. Informeren directie.
	Is de afgelezen PGA groter dan 0,1g en kleiner dan 0,2g?	Het direct lopen van een controle ronde langs de installatie. Maak gebruik van de controlelijst.	Controle en inspectie kritische installatie onderdelen. Uitvoeren van vervolg acties op basis van inspectieresultaat. Informeren directie. Aanpassen bedrijfsvoering in overleg met directie.
	Is de afgelezen PGA groter dan 0,2g?	Stilleggen installatie.	Stilleggen installatie.

Het aanpassen van het onderhouds- en inspectieregime op de aardbevingen.

Door de aardbevingen worden de opslagtanks en de fundatie extra belast. Om beter inzicht te krijgen in de constructieve staat van de installatie adviseer ik het wekelijks lopen van een controle-ronde. Tijdens deze ronde moeten alle kritische installatie onderdelen nauwkeurig bekeken worden en moeten afwijkingen genoteerd worden. Het maken van foto's zorgt voor een 0-meting en geeft vergelijkingsmateriaal.

Verder adviseer ik het houden van niet destructief onderzoek. Hiermee kunnen lasnaden op scheuren gecontroleerd worden en kan metaalmoeheid van de opslagtank worden geconstateerd. De aardbevingsanalyse geeft inzicht in de meest constructief kritische installaties. Voor deze installaties heeft niet destructief onderzoek prioriteit.

6.3 Individuele maatregelen

Deze maatregelen zijn niet van toepassing. Een roulatie van een taak of andere individuele maatregelen, zoals geen nachtwerk, hebben geen invloed op het probleem.

6.4 Persoonlijke beschermingsmiddelen

Bij de normale bedrijfsvoering zijn bij deze bedrijven de volgende PBM's verplicht.

- Veiligheidsschoenen;
- Helm;
- Veiligheidsbril;
- Antistatische kleding;
- Explosiegevaarmeter.

Deze PBM's veranderen niet bij de visuele controle van de opslagtank en de fundatie na een aardbeving. Bij het vrijkomen van de vloeistof, in dit geval vloeibare aardolieproducten, is het dragen van onafhankelijke adembescherming verplicht.

6.5 Mijn advies als HKV-er

Ik kan me voorstellen dat de bedrijven niet alle bovengenoemde maatregelen in één keer kunnen uitvoeren. Er is een rode draad die door de maatregelen gaat, dat is de aardbevingsanalyse. Mijn advies aan alle Brzo bedrijven in het aardbevingsgebied is: Laat een aardbevingsanalyse uitvoeren!

Literatuur

Boeken

Crook de, Th., Haak, H.W., & Dost, B. (1998). *Seismisch risico in Noord-Nederland*. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, Afdeling Seismologie.

Interprovinciaal Overleg. *Kennis Inventarisatie Document*. 'Vloeibare bulk op- en overslag in tanks'.

Klinkel, S., Butenweg, C., Lin, G., & Holtschoppen, B. (editors). (2013). *Seismic Design of Industrial Facilities*. Proceedings of the International Conference on Seismic Design of Industrial Facilities (SeDIF-Conference). Wiesbaden, Springer Fachmedien.

Korff, M. et al. (2013). *Effecten geïnduceerde aardbevingen op kritische infrastructuur Groningen*. Quick Scan naar de sterkte van de infrastructuur. Deltares.

Lowrie, W. (2007). Fundamentals of Geophysics. *Seismology and the internal structure of the Earth* (pp. 121 – 202). Cambridge University Press.

Meijers, P., Steenbergen, R.D.J.M. (2015). *Handreiking voor het uitvoeren van studies naar het effect van aardbevingen*. TNO.

Steenbergen, R.D.J.M. (2013). *Veiligheidsbeschouwing aardbevingen Groningen t.b.v. NPR 9998*. TNO.

Normen

- API 650: Welded Steel Tanks for Oil Storage
- BS 2654
- EEMUA 159 deel 1
- Eurocode 8 deel 4
- NEN EN 14015
- NPR 9998 (2015)
- PGS29

Digitaal:

www.publicatiereeksgevaarlijkstoffennl.nl PGS29 Richtlijn voor bovengrondse opslag van brandbare vloeistoffen in verticale cilindrische tanks

www.knmi.nl/seismologie/

www.namplatform.nl/aardbevingen

www.nlog.nl dit is het Nederlandse olie- en gasportaal

www.kennislink.nl/publicaties/zwaardere-aardbevingen-door-gaswinning-groningen

www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/aardbevingen-in-groningen

www.stabialert.nl/

Bijlagen

Bijlage I - Ligging gasvelden in Nederland

Bijlage II - Agenda onderzoek effecten van aardbevingen (externe veiligheid)

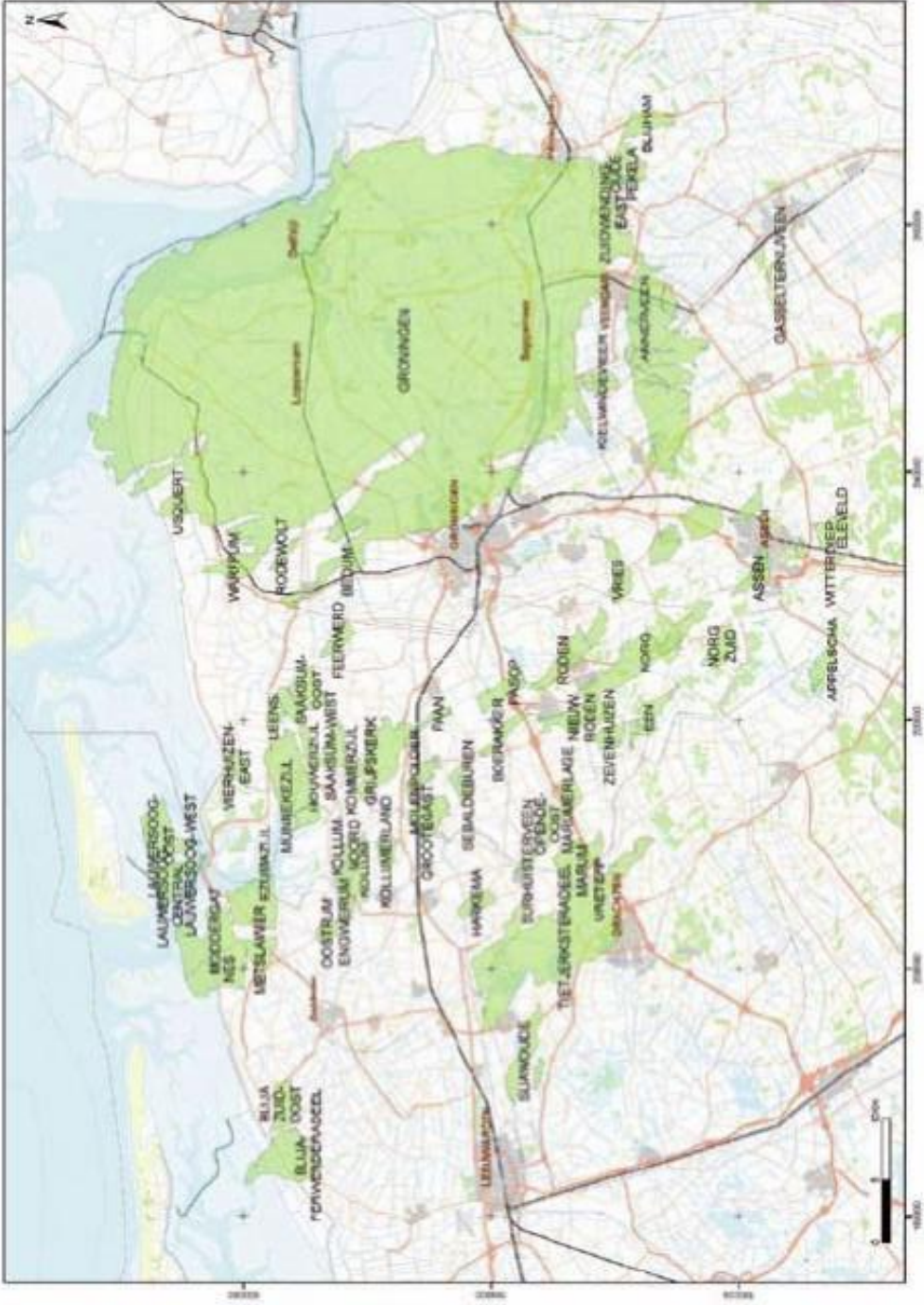
Bijlage III - Vragenlijst onderzoek

Bijlage IV - Grafieken uit het Deltares rapport

Bijlage V - Stappenplan aardbevingsanalyse

Bijlage VI - Scriptie voorstel

Bijlage I - Ligging gasvelden in Nederland



Bron: 2003 NAM

Bijlage II - Agenda onderzoek effecten van aardbevingen

Naam inrichting: Brzo bedrijf X

Vestigingsplaats: Delfzijl

Dossiernummer: XXXX

Soort onderzoek: Thema onderzoek, effecten van aardbevingen

Onderzoeksdag: 1 september 2015

Algemene gegevens van het onderzoek

Onderzoeksteam

Naam	Namens instantie
Inspecteur [leider onderzoeksteam]	Bevoegd gezag Wet algemene bepalingen omgevingsrecht
Inspecteur	Inspectie SZW
Inspecteur	Bevoegd gezag Wet veiligheidsregio's

Adviseurs onderzoeksteam

Naam	Namens instantie
Adviseur	Adviseur bouwconstructies bevoegd gezag Wet algemene bepalingen omgevingsrecht
Adviseur	Adviseur bouwconstructies bevoegd gezag Wet algemene bepalingen omgevingsrecht

Omvang

Tijdens het onderzoek zullen de volgende thema's en onderwerpen aan de orde komen. Het thema geeft in algemene termen de aanpak van de genoemde onderzoeksonderwerpen weer.

Thema	Onderzoeksonderwerpen
VBS element ii	De identificatie en beoordeling van de gevaren van zware ongevallen
VBS element iii	De controle op de exploitatie
VBS element iv	De wijze waarop wordt gehandeld bij wijzigingen
Bouwkundige check	Bouwkundige visuele check (vaststellen huidige situatie) van bepalende insluitsystemen voor gevaarlijke stoffen (installaties en delen van installaties)

Het onderzoeksteam zal zich tijdens het onderzoek over bovengenoemde onderwerpen een beeld vormen door middel van interviews, visueel onderzoek en een documentreview.

Beschikbare documentatie

Verzocht wordt om de volgende documentatie bij aanvang van het onderzoek direct beschikbaar te hebben:

Nr.	Titel
1	Pbzo document en VBS (inclusief procedures)
2	Actueel Veiligheidsrapport
3	Overzicht lopende aardbevingsonderzoeken
4	Rapportages uitgevoerde onderzoeken i.v.m. aardbevingrisico's bij Brzo bedrijf X
5	Overzicht huidige al genomen maatregelen n.a.v. de aardbevingen
6	Actiepunten n.a.v. de aardbevingsonderzoeken met bijbehorende planning
7	Bouwvergunning(en) en constructietekeningen
8	Overige van belang zijnde relevante documentatie m.b.t. de aardbevingen
9	Overzicht van gewijzigde procedures n.a.v. het aardbevingendossier (zoals onderhoud, noodorganisatie, MOC, veiligheidsstudies etc.)

Dagindeling

Hieronder staat de concrete invulling van het onderzoek met de voorgenomen activiteiten. Indien de opgedane bevindingen dit nodig maken, wordt door het onderzoeksteam van deze voorgenomen aanpak afgeweken. Dit zal met de contactpersoon van het bedrijf worden gecommuniceerd.

Datum: 1 september 2015

Tijd	Activiteit	Functionarissen
13:00 – 13:45	Opening + presentatie bedrijf m.b.t. aardbevingen (stand van zaken onderzoeken)	
13:45 – 14:15	Documentreview	
14:15 – 14:45	Interview veiligheid van installaties en identificatie en beoordeling van gevaren m.b.t. de aardbevingen	QHSE manager
14:45 – 15:15	Interview veiligheid van de installaties m.b.t. het onderhoud, technische installatie en bouwdelen	Maintenance manager
15:15 – 16:00	Rondgang en visuele check installaties	Operator
16:00 – 16:30	Intern overleg onderzoeksteam + terugkoppeling resultaten naar bedrijf	

Bijlage III - Vragenlijst onderzoek

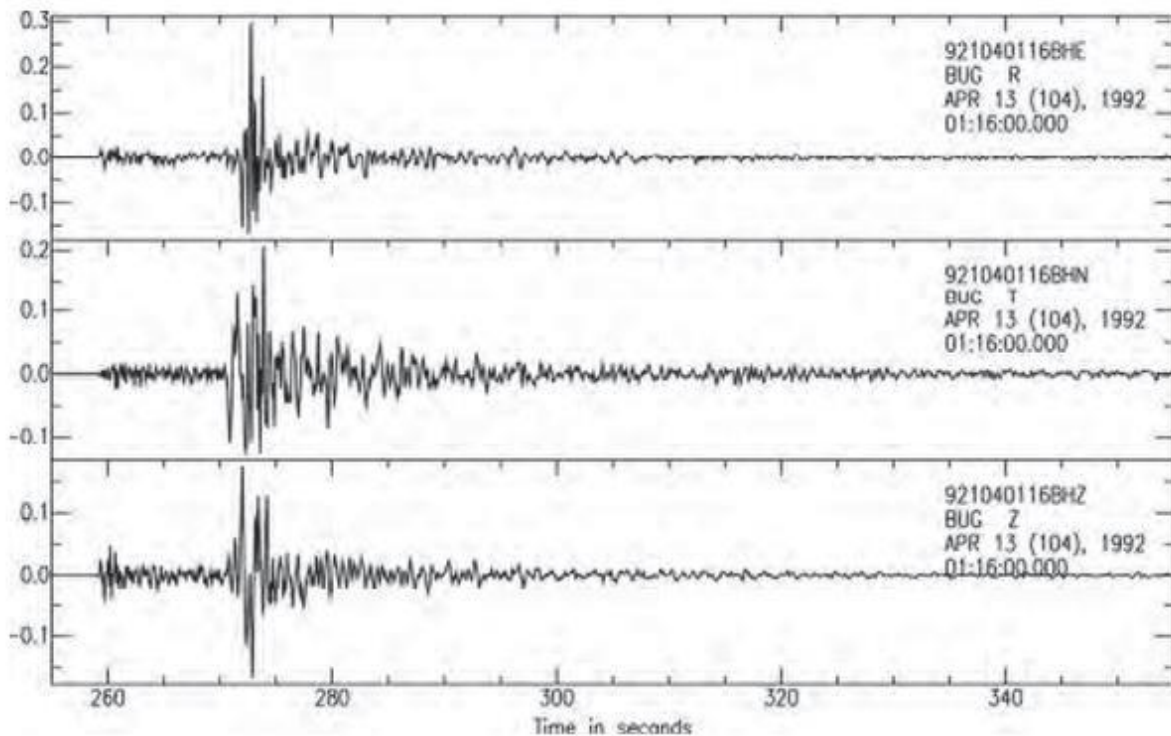
Brzo bedrijven

1. Welke ontwerpnormen zijn toegepast voor de opslagtanks?
2. Is bij het ontwerp rekening gehouden met seismische belasting?
3. Wat is de inhoud van de opslagtanks (m³)?
4. Wat zijn de afmetingen van de opslagtanks (hoogte – breedte verhouding)?
5. Wat is de leeftijd van de opslagtanks?
6. Welk type dak is toegepast (vast of drijvend)?
7. Waar bestaat de fundatie van de opslagtanks uit?
8. Hoe is het periodiek onderhoud geregeld voor de opslagtank?
9. Welke richtlijnen worden hiervoor gevolgd?
10. Is er een aardbevingsprocedure aanwezig?
11. Worden er acties ondernomen na een aardbeving?
12. Zo ja, welke acties worden dan ondernomen?
13. Zijn er aardbevingsensoren aanwezig op de opslagtanks?
14. Wat meten deze sensoren?

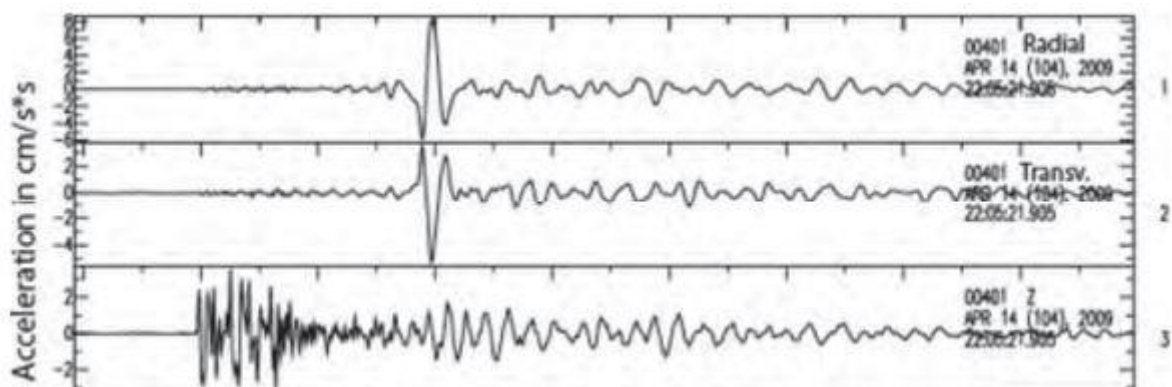
Opslagtank ontwerpers en –bouwers

1. Conform welke normen en/of richtlijnen worden de opslagtanks bij uw bedrijf ontworpen en gebouwd?
2. Weet u of in deze normen en/of richtlijnen eisen zijn opgenomen over seismische belasting van opslagtanks?
3. Hebt u wel eens opslagtanks ontworpen en/of gebouwd waarbij seismische belasting een rol speelde?
4. Zo ja, kunt u aangeven in welk land dit een rol speelde?
5. Kunt u aangeven welke eigenschappen bij een opslagtank cruciaal zijn voor de seismische belasting?
6. Kijkend naar de aardbevingen in Noord-Nederland, provincie Groningen, welke normen en/of richtlijnen zouden hier voor opslagtanks moeten gelden?
7. Hebt u wel eens een opslagtank gebouwd in de provincie Groningen?
8. Zo ja, is er bij het ontwerp van de opslagtank rekening gehouden met seismische belasting?
9. Kunt u aangeven welke parameters u gebruikt heeft in het ontwerp, specifiek voor seismische belasting?
10. Geeft u bij het opleveren van de opslagtank nog instructies (keuringsdata, inspecties etc.) mee voor de nieuwe gebruiker/eigenaar?

Bijlage IV - Grafieken uit het Deltares rapport



Op de bovenstaande grafiek is de aardbeving in Roermond (1992) te zien. Dit was een tektonische aardbeving met een $M = 5.8$ op de schaal van Richter.



Op de grafiek hier boven is de aardbeving in Middelstum (2009) te zien. Dit was een geïnduceerde aardbeving met een $M = 2.7$ op de schaal van Richter.

De tektonische aardbeving duurde langer en was zwaarder $M = 5.8$ dan de aardbeving in Middelstum. De piekgrondversnelling van de aardbeving in Middelstum (8 cm/s^2) was veel hoger dan de aardbeving in Roermond ($0,3 \text{ cm/s}^2$).

Bijlage V - Stappenplan aardbevingsanalyse

Een aardbevingsanalyse bestaat uit verschillende stappen. In deze bijlage is het stappenplan van de Grontmij opgenomen. De Grontmij volgt de “Handreiking voor het uitvoeren van studies naar het effect van aardbevingen”.

Stappen in het onderzoek

Conform de Handreiking is voor het totale onderzoek een stapsgewijze aanpak voorgesteld waarbij allereerst een kwalitatieve beoordeling van alle relevante constructies plaatsvindt. Vervolgens wordt een selectie van de constructies getoetst en worden aanbevelingen gegeven voor de te treffen maatregelen.

Het onderzoek is als volgt stapsgewijs opgezet, conform paragraaf 3.1 van de Handreiking:

1. doorlopen van de constructies (gebouwen, systemen en installaties) met betrekking tot risico's;
2. prioritering van de constructies met de grootste gevolgen van risico's;
3. vaststellen van de huidige staat van de constructies;
4. een kwalitatieve beoordeling van risico's van de constructies uit stap 2 met mogelijke maatregelen om het risico te reduceren tot een aanvaardbaar niveau;
5. indien het niet mogelijk is om op basis van de kwalitatieve beoordeling een uitspraak te doen of het risico aanvaardbaar klein is: uitvoering berekeningen (in eerste instantie eenvoudig, in tweede instantie mogelijk geavanceerd);
6. indien uit de vorige stappen volgt dat het risico onaanvaardbaar is: ontwerpen en adviseren van maatregelen.

Gefaseerde aanpak

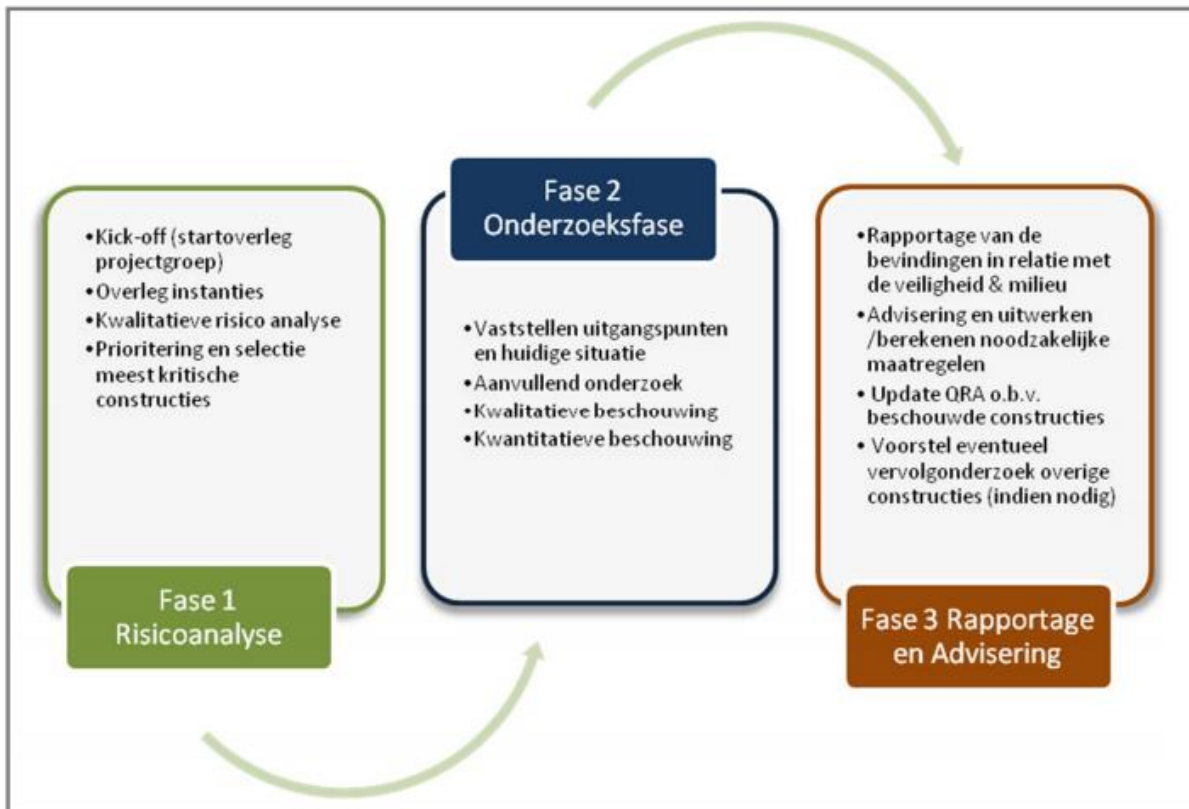
Een rapport omvat de eerste fase, bestaande uit de hierboven genoemde stappen 1 en 2 en gedeeltelijk stap 3 en 4. In deze eerste fase wordt een kwalitatieve risicoanalyse uitgevoerd waaruit een selectie of prioritering van de constructies met de grootste risico's kan worden gemaakt. De daarop volgende stappen vinden daarna plaats in de vervolgfases van het onderzoek.

De aanpak van het totale onderzoek is dus uiteindelijk opgebouwd uit tenminste drie fasen:

- In fase 1 wordt een kwalitatieve risicoanalyse uitgevoerd teneinde een selectie van de meest kritische constructies en onderdelen te kunnen maken (stap 1 en 2 en gedeeltelijk stap 3 en 4).
- In fase 2 worden nadere gegevens over de geselecteerde constructies geïnventariseerd en de uitgangspunten gedefinieerd om de huidige staat van de constructies te kunnen beoordelen (stap 3) en de kwalitatieve geotechnische- en constructieve analyses en onderzoeken uit te voeren (stap 4). Vervolgens worden berekeningen uitgevoerd voor de onderdelen die kwantitatief beoordeeld dienen te worden (stap 5). Daarbij wordt in eerste instantie uitgegaan van eenvoudige analytische rekenmodellen en indien noodzakelijk geavanceerde modellen waarmee nauwkeuriger kan worden gerekend (deze worden als stelpost per berekening aangeboden).
- In fase 3 worden voor de constructies die niet voldoen, na overleg, de noodzakelijke maatregelen nader uitgewerkt (stap 6). De maatregelen worden ontworpen aan de hand van

eenvoudige berekeningen en indien nodig met geavanceerde berekeningen. Daarnaast zal advies worden gegeven voor een actualisatie van de QRA (bij QRA-plichtige bedrijven).

De noodzakelijke maatregelen zullen in eerste instantie worden uitgewerkt voor de geselecteerde kritische constructies. Een vertaling van de aardbevingseffecten naar de niet-beschouwde constructies kan mogelijk in een vervolgonderzoek na overleg worden uitgevoerd in een (of meerdere) vervolgfase(n). Conform de Handreiking beperkt het onderzoek zich in eerste instantie tot de eerste drie fasen voor de toetsing van de meest kritische constructies.



In bovenstaande figuur is de opzet voor de bovengenoemde drie fasen schematisch weergegeven.

De bevende opslagtank

Een onderzoek naar maatregelen die Brzo bedrijven kunnen nemen om de effecten van aardbevingen op opslagtanks te verminderen



Opslagtank voor olie, Minami Soma, Fukushima 12 maart 2011

Kader, bureau voor kwaliteitszorg te Almelo

HVK Groningen 2014 - 1128

Daphne Oude Veldhuis

☎ 0630849153

✉ daphne.oudeveldhuis@home.nl

1. Aanleiding

Wereldwijd vinden aardbevingen plaats. De meeste aardbevingen hebben een relatie met het bewegen van de aardkorst, dit zijn tektonische aardbevingen. Er is ook een ander type aardbeving, de menselijk geïnduceerde.

In de bodem van de provincie Groningen ligt het grootste aardgasveld van Europa. Sinds 1964 wordt aardgas uit dit veld onttrokken. Het aardgas bevindt zich op 3 kilometer onder de grond en zit in een poreuze zandsteenlaag. Door de onttrekking van het aardgas vinden aardbevingen plaats, voornamelijk in de provincie Groningen.

Uit buitenlandse onderzoeken⁵ is gebleken dat bij aardbevingen vooral leidingen breken/scheuren en dat opslagtanks bezwijken. Op dit moment is nog niet in kaart gebracht welke consequenties de aardbevingen in Groningen hebben op Brzo bedrijven (Besluit risico's zware ongevallen) met atmosferische opslagtanks met brandbare vloeistoffen. Bij dit soort bedrijven kunnen de gevolgen van een zware aardbeving groot zijn, zoals een brand, explosies en toxische wolken alsmede verontreiniging van lucht, water en bodem. Om inzicht te krijgen in de mogelijke problemen, wordt dit onderzoek gestart.

2. Probleemstelling

Voor het onderzoek is de volgende probleemstelling gedefinieerd:

“Welke aanvullende maatregelen kunnen Brzo bedrijven in Groningen nemen om de effecten van aardbevingen op opslagtanks te verminderen?”

Hierbij horen de volgende deelvragen:

- Welke specifieke eigenschappen hebben geïnduceerde aardbevingen?
- Welke effecten hebben geïnduceerde aardbevingen op de opslagtanks?
- Welke uitgangspunten zijn gebruikt in de ontwerpfase van de opslagtank?
- Wat schrijven de normen en de wetgeving over aardbevingsbestendigheid voor opslagtanks?
- Hoe ziet het inspectie- en onderhoudsregime er uit voor de opslagtank?
- Welke maatregelen hebben de bedrijven al getroffen naar aanleiding van de aardbevingen, specifiek gericht op opslagtanks?
- Zijn deze maatregelen doeltreffend?

3. Afbakening van het onderwerp

Het onderzoek richt zich op 10 Brzo bedrijven in de provincie Groningen met atmosferische verticale opslagtanks met brandbare vloeistoffen. Door de Omgevingsdienst Groningen is een lijst met Brzo bedrijven aangeleverd, die voldoen aan bovenstaand criteria. Van deze lijst liggen 8 bedrijven in Delfzijl, één in de Eemshaven en één in de stad Groningen. Deze bedrijven liggen allemaal in het aardbevingsgebied.

De eindresultaten van de scriptie zijn geanonimiseerd.

De wetgeving die relevant is voor het onderzoek is de nieuwe Seveso III richtlijn waarin Veiligheidsrapportplichtige bedrijven aardbevingen moeten meenemen in de installatiescenario's. Daarnaast speelt de Arbeidsomstandigheden een rol, want de werkgever moet de risico's voor de werknemer inventariseren en evalueren in de RI&E (Risico Inventarisatie en Evaluatie). In het

⁵ Izmit, Turkije 1999 | Taiwan 1999 | Fukushima, Japan 2011 | Napa, USA 2014

onderzoeksverslag zal de wetgeving een duidelijke uitwerking krijgen en wordt de relatie beter beschreven.

4. Probleemeigenaar

De Omgevingsdienst Groningen is probleemeigenaar. Zij zijn initiatiefnemer van het project "Onderzoek naar de effecten van aardbevingen bij de industrie". Dit project wordt samen met de Veiligheidsregio Groningen en de Inspectie SZW uitgevoerd.

Mijn onderzoek is een bijdrage voor het project.

5. Commitment vanuit het management

Ja, er is volledig commitment vanuit de Omgevingsdienst Groningen. Dit project is begin 2015 opgestart en ik stap met mijn onderzoek op een rijdende trein. De contacten zijn al gelegd en de toezegging voor volledige medewerking is ook al gedaan.

6. Doelstelling van de scriptie

De doelstelling van deze scriptie is het aanleveren van een onderzoeksrapport waarin wordt beschreven welke maatregelen bedrijven met verticale atmosferische opslagtanks met brandbare vloeistoffen moeten hebben om effecten van aardbevingen te reduceren. Deze maatregelen worden in een duidelijk overzicht gepresenteerd.

7. Plan van Aanpak

Stap 1 is het ontwerpen van de onderzoeksopdracht, het schrijven scriptievoorstel. **(16 uur)**

Stap 2 is de voorbereiding van het onderzoek, deze stap omvat onder andere: **(24 uur)**

- lijst van Groningse bedrijven maken die vallen onder het Brzo;
- contact leggen met de QHSE-managers, de collega's van de Omgevingsdienst Groningen en Veiligheidsregio Groningen informeren over en betrekken bij het onderzoek;
- lezen van de documenten die nu al beschikbaar zijn.

Stap 3 is het uitwerken van de onderzoeksopdracht, dit is onder andere: **(32 uur)**

- verder uitwerken probleemstelling en onderzoeksvragen;
- interview vragen bedenken;
- plannen van interviews en bezoeken bij de bedrijven.

Stap 4 is het verzamelen van onderzoeksmateriaal. **(40 uur)**

Stap 5 is de verslaglegging en de 1^e analyse van het materiaal, een eerste rapport schrijven. **(40 uur)**

Stap 6 is terugkoppeling vragen en krijgen op het eerste rapport. **(8 uur)**

Stap 7 is het verwerken van de rest van het werkmateriaal. **(16 uur)**

Stap 8 het verzamelen van aanvullende informatie naar aanleiding van de terugkoppeling. **(8 uur)**

Stap 9 is het schrijven van een concept versie van het definitieve rapport. **(16 uur)**

Stap 10 is inleveren eindrapport, de definitieve versie van de scriptie. Kost geen extra tijd, dit is het inleveren van de scriptie op MijnKader voor 2 oktober 2015.

8. Informatiebronnen

Websites:

- www.knmi.nl
- www.onderzoeksraad.nl

Documenten:

- Rapport Onderzoeksraad: Aardbevingsrisico's in Groningen
- Rapport TNO-Deltares: effecten geïnduceerde aardbevingen op kritische infrastructuur Groningen
- Rapport VCI: Leitfaden, der Lastfall Erdbeben im anlagenbau
- Rapport VCI: Erläuterungen zum Leitfaden
- EN 1998-4 Eurocode 8 – Design of structures for earthquake resistance – part 4: silos, tanks en pipelines
- Rapport TNO-Deltares: Handreiking voor het uitvoeren van studies naar het effect van aardbevingen
- NPR 9998 – 2015 Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren. Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen
- Rapport KNMI: Report on the expected PGV en PGA values for induced earthquakes in the Groningen area
- PGS 29 – Richtlijn voor bovengrondse opslag van brandbare vloeistoffen in verticale cilindrische tanks

Contactpersonen:

Dhr. P. Lindhout – Inspectie SZW (begeleider)

Ing. B. Oeseburg – Omgevingsdienst Groningen (projectleider aardbevingen en industrie Groningen)

Prof.dr.ir. R. Steenbergen – TNO (Structural Reliability)

Dr. J. de Waal – Staatstoezicht op de Mijnen (Plv. Hoofd Afdeling Geo-Engineering)

9. Managementmodel

Ik wil de probleemstelling analyseren en uitwerken met behulp van de Layer of Protection Analysis (LOPA).

De LOPA-analyse, zoals ik hem ga gebruiken, gaat uit van verschillende lagen. De eerste laag is het ontwerp, daarna komt de laag met de ingebouwde beheersfunctie. De volgende laag is de detectie en het herstel. Secundaire veiligheid is de volgende laag met als afsluiting de laag hulpverlening. In mijn onderzoek beperk ik me tot de eerste drie lagen.

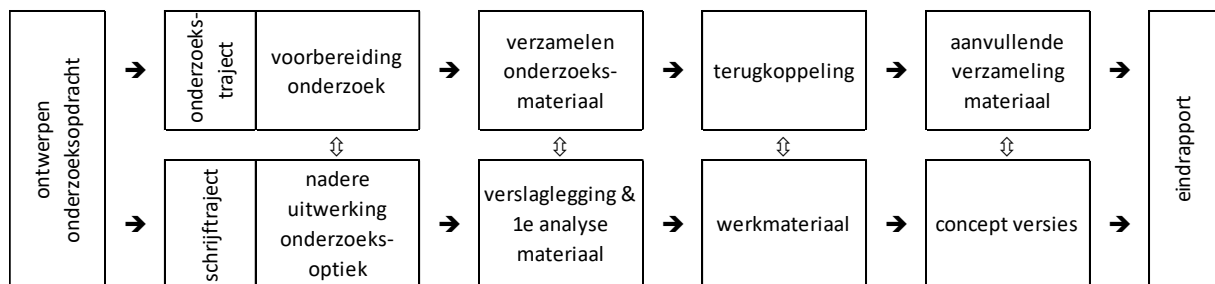
In de scriptie zal deze methode volledig uitgewerkt worden met behulp van de informatie die ik dan heb.

Concept inhoudsopgave

- Titelpagina
- Voorwoord
- Samenvatting
- Inhoudsopgave
- Hoofdstuk 1: Inleiding
 - Omschrijving project
 - Aanleiding van het onderzoek
 - Doelstelling van het onderzoek
 - Vraagstelling en deelvragen van het onderzoek
 - Globale indeling van het onderzoeksverslag
- Hoofdstuk 2: Methodische verantwoording
 - Onderzoeksstrategie
 - Uitvoering van het onderzoek
- Hoofdstuk 3: Theoretische achtergronden
 - Wet- en regelgeving
 - Ontstaan van aardbevingen en de effecten
 - Bovengrondse atmosferische opslag tanks
- Hoofdstuk 4: Resultaten
- Hoofdstuk 5: Conclusies en aanbevelingen
 - Kernachtige conclusies
 - Aanbevelingen zijn SMART
 - Reflectie op het theoretisch kader
- Literatuur
- Bijlagen

Tijdsplan

Hieronder is schematisch het Plan van Aanpak weergegeven. Het onderzoekstraject en schrijftraject verlopen parallel.



Op de volgende bladzijde is een staafdiagram opgenomen met de planning. Op de verticale lijn zijn de activiteiten aangegeven. De horizontale lijn geeft de looptijd (weeknummers) van het onderzoek weer. Maximaal wordt 200 uur besteed aan de scriptie.

De definitieve versie van het eindrapport wordt voor 2 oktober 2015 ingeleverd.

