



bijlage

Risico's van opslag gasolie in zoutcavernes *Literatuuronderzoek*

A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl
KvK Utrecht 30276683

T 030 274 91 11
F 030 274 29 71
info@rivm.nl

Datum
5 juni 2015

Bijlage(n)

Horend bij

Ons kenmerk

Brief dd 5 juni 2015
039/15 MIL KvL/JS/ms

1

Inleiding

Context van dit onderzoek

Onder het industriegebied Marssteden (gemeente Enschede) bevinden zich enkele zoutcavernes beheerd door Akzo (Akzo Nobel Salt B.V.). Het ministerie van Economische Zaken heeft een vergunning afgegeven aan Akzo voor het opslaan van gasolie in de zoutcavernes. Onder gasolie vallen producten zoals diesel, huisbrandolie en scheepsbrandstof. Verwacht wordt dat in de cavernes bij de Marssteden vooral diesel wordt opgeslagen.

In Duitsland, nabij Gronau, is ook een ondergrondse opslag in een zoutcaverne. Hierin wordt een ander product, namelijk ruwe olie, opgeslagen. In die opslag ontstond begin 2014 een lekkage met als gevolg vergiftiging en sterfte onder vee, evacuatie van enkele omwonenden en een omvangrijke vervuiling van bodem en grondwater.

Opdracht en invulling van de opdracht

De VR-Twente heeft het RIVM gevraagd voor ondersteuning met betrekking tot de inschatting van eventuele risico's en kennis over te dragen met betrekking tot de ondergrondse opslag van brandstoffen. Deze kennis moet de VR-Twente in staat stellen om de (potentiële) risico's en effecten van een ondergrondse opslag van brandstoffen te beoordelen en handvatten te geven voor de beheersing van incidenten die mogelijk voor kunnen komen.

De basis van dit onderzoek zijn vragen gesteld door de VR-Twente (zie bijlage). Een deel van de vragen richtte zich op algemene kennis met betrekking tot de stabiliteit, risico's en effecten van de opslag van brandstoffen in zoutcavernes. Andere vragen richtten zich op de normering van de installatie van de ondergrondse opslag, bestaande uit de bovengrondse installatie, de verticale boorput en de zoutcaverne zelf. Daarnaast zijn er vragen gesteld met betrekking tot de specifieke situatie van olieopslag in de zoutkoepels onder de Marssteden in Enschede. Deze notitie gaat voornamelijk in op de eerste groep vragen met betrekking tot de algemene kennis.

Doel van dit onderzoek is om een overzicht te geven van de mogelijke risico's bij de ondergrondse opslag van gasolie in zoutcavernes. Aan de hand van een verkenning van vroegere incidenten, op basis van publieke informatie is onderzocht welke incidenten mogelijk voor kunnen komen, wat de kans is op een incident en hoe de hulpverlening voorbereid was op het incident.

Dit project gaat uit van twee fasen. De eerste fase is gericht op kennisoverdracht en is beschreven in deze studie. Mocht naar aanleiding van de aangedragen kennis behoefte zijn aan meer specifieke kennis, toegesneden op de lokale situatie, dan is een vervolgfase mogelijk. In deze tweede fase kunnen dan meer specifieke vragen worden beantwoord. Bijvoorbeeld door voor specifieke scenario's te onderzoeken welke risico's aanwezig zijn en hoe bij incidenten op deze risico's ingespeeld kan worden.

Datum
5 juni 2015

Leeswijzer

In deze notitie beschrijven we eerst de onderzoeksmethode en de afbakening van deze studie. Vervolgens lichten wij de resultaten toe inclusief onze conclusies. Daarna geven we een aantal aanbevelingen inclusief aanbevelingen over de communicatie. Aan het einde van de notitie staan aantal tabellen met achtergrondgegevens.

2 Afbakening

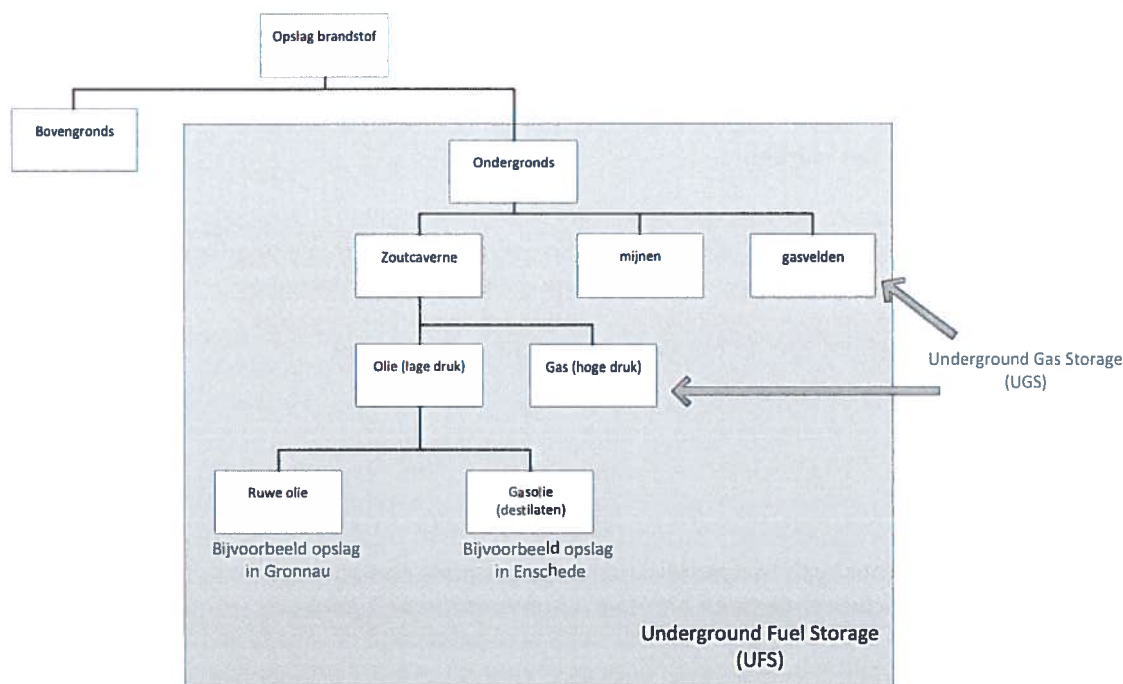
Om inzicht te krijgen in het type incidenten met ondergrondse opslag van brandstoffen is een literatuuronderzoek hiernaar uitgevoerd in de openbare wetenschappelijke literatuur. De literatuurgegevens zijn gescreend op het type incident, de maatschappelijke en milieukundige gevolgen en, waar aangegeven, de wijze waarop hulpdiensten al dan niet waren voorbereid. Vanwege de beperkte omvang van deze studie hebben we ons gericht op artikelen en rapporten waarin een overzicht wordt gegeven van afzonderlijk studies, zogenaamde 'reviews'. Naast deze reviews is ook gebruik gemaakt van mondeling communicatie vanuit de VR-Twente, met name rond het incident in Amtsvenn. Tijdens ons onderzoek zijn de onderzoekers ook benaderd met informatie door individuele belanghebbenden.

In deze studie wordt geen oordeel uitgesproken over de vergunningverlening, inclusief onderbouwende documenten zoals de MER, monitoringsplan en opslagplan. Waar nodig in deze studie zijn de gegevens uit de onderliggende documenten van de vergunning als aanname meegenomen. Er is geen onderzoek gedaan naar de constructie en veiligheid van de installatie voor de olieopslag zoals die in Enschede wordt toegepast. Aanvankelijk zou in dit onderzoek ook de rekenmethodes weergegeven worden voor de eisen waaraan de installatie zou moeten voldoen maar deze aspecten zijn in de MER en de MER procedure aan de orde gekomen en beschreven.

3 Resultaat & discussie

Manieren van opslag

Voor ondergrondse opslag van brandstoffen is het noodzakelijk om onderscheid te maken in opslag van gas (UGS, underground gas storage) en vloeibare olie – producten. Gezamenlijk vallen ze onder de term underground Fuel Storage (UFS). In de literatuur wordt niet altijd consequent deze indeling tussen UGS en UFS gevolgd. Daarom spreken we in deze notitie over UFS als er twijfel is tussen UGS of UFS. In Figuur 1 is ter verduidelijking de relatie aangegeven tussen de verschillende opslagvormen die in deze notitie worden besproken.



Figuur 1 Vereenvoudigde illustratie van de relatie tussen de verschillende opslagvormen die in deze notitie worden besproken.

Door de sterk verschillende eigenschappen van de stoffen bij UFS verschilt ook de aard van de incidenten. Bijvoorbeeld een gasvormig product zal sneller tot een explosie leiden dan een olieproduct. In de literatuur is niet altijd exact aangegeven om welk type stoffen het gaat en dit heeft consequenties voor de interpretatie en het opstellen van mogelijke incidenten bij opslag van gasolie.

In Tabel 1 (zie Paragraaf 7) is een overzicht gegeven van de historische incidenten bij ondergrondse opslag van brandstoffen. Voor de interpretatie van de gegevens zijn het exacte type brandstof, het jaar waarin het incident plaatsvindt, de wijze van constructie van de installatie en de lokale maatregelen met betrekking tot preventie van belang. Deze informatie is over het algemeen niet uit de geraadpleegde literatuur te halen en daarom incompleet.

In de dataset met incidenten worden deze gerapporteerd per installatie. Installatie is een vertaling van "facility" en deze term is niet nader gedefinieerd. In deze notitie gaan we er van uit dat een installatie een zelfstandige eenheid is, vergelijkbaar met een inrichting, waarin brandstoffen worden opgeslagen.

Operationele installaties

Uit de geraadpleegde literatuur met historische gegevens blijkt dat rond 2005 totaal 635 UGS installaties met ondergrondse opslag operationeel waren (Evans 2009). Daarvan waren circa 66 installaties operationeel waarbij brandstof werd opgeslagen in zoutcavernes, waarbij per installatie meerdere cavernes in gebruik kunnen zijn.

Bij deze cijfers plaatsen we twee opmerkingen. Ten eerste is het uit de gegevens niet duidelijk hoe volledig zij zijn. Ten tweede wordt in de geraadpleegde literatuur niet specifiek per installatie aangegeven hoeveel cavernes binnen de installatie in gebruik zijn. Algemeen wordt wel gesteld dat wereldwijd duizenden cavernes in het verleden gebruikt zijn of nu nog in gebruik zijn voor opslag van diverse materialen, inclusief brandstoffen (Evans 2009).

Datum
5 juni 2015

Aantallen incidenten

In Evans (2009) zijn sinds begin jaren vijftig 167 incidenten gerapporteerd bij installaties met zoutcavernes. Voor alle UFS installaties samen, inclusief de installaties met zoutcavernes, zijn totaal 228 incidenten gerapporteerd. Van 22 incidenten bij installaties met zoutcavernes is het niet bekend welke installatie betrof. De overige incidenten betroffen 52 installaties met zoutcavernes. Dus per installatie kunnen meerdere incidenten voor komen. Zie onderstaand schema:

Aantal incidenten	228
Waarvan incidenten bij installaties met zoutcavernes	167
Aantal incidenten waarvan de installatie bekend is.	ca. 145
Aantal installaties	52

Van die 52 installaties waar incidenten zijn voorgekomen lagen er 44 in de Verenigde Staten, de overige installaties lagen in Canada (n=1), Frankrijk (n=2) Duitsland (n=2), Rusland (n=2) en Engeland (n=1). Waarom het aantal incidenten in de Verenigde Staten veel hoger is dan andere landen wordt niet in literatuur niet toegelicht. Mogelijk dat factoren zoals totaal aantal installaties, openheid van data, verplichtingen tot registratie van type incidenten (moet men incidenten zonder impact buiten de poort wel of niet melden), wijze van beheer van de installatie en de wijze van toezicht, dat verschil kunnen verklaren.

Voor de incidenten is in Evans (2009) geen verband gelegd tussen incidenten bij de 635 installaties die nog in gebruik zijn en installaties die inmiddels uit gebruik zijn genomen (D. J. Evans, pers. comm). De incidenten kunnen dus ook betrekking hebben op installaties die al lange tijd uit gebruik zijn genomen. De incidenten betreffen ook technische of mijnkundige incidenten aan de installatie, deze hoeven niet te leiden tot het vrijkomen van opgeslagen brandstoffen buiten de installatie. Op basis van de gegevens uit de geraadpleegde literatuur kunnen wij van de meeste incidenten niet de ernst bepalen, afgezien van de incidenten waarbij doden en gewonden zijn gevallen. Deze laatste incidenten worden verderop besproken.

Inschatten kans op incident in de Marssteden

Deze historische informatie is maar zeer beperkt toepasbaar voor het inschatten van de risico's van gasolieopslag onder de Marssteden. Van de 52 nader omschreven installaties met incidenten betreft het 5 installaties waar het gaat om opslag van ruwe olie, de overige incidenten betreffen stoffen die gasvorming zijn (o.a. gas, propaan, LPG, ethyleen). Ruwe olie heeft andere stoffeigenschappen dan gasolie, onder andere is de hoeveelheid vluchtige stoffen in ruwe olie hoger dan in gasolie.

Om op basis van deze gegevens in de beschikbare literatuur een uitspraak te doen over een specifieke gasolie installatie zoals die bij de Marssteden in Enschede, is veel meer detail informatie nodig over aard, oorzaak en gevolg van de geïdentificeerde incidenten. Dit uitzoeken behoorde niet tot deze opdracht. Meer algemeen kan wel geconcludeerd worden dat incidenten voor kunnen komen en voornamelijk gerelateerd zijn aan organisatorische tekortkomingen tijdens gebruik en nazorg, en gerelateerd aan menselijk falen inclusief technische problemen.

Datum
5 juni 2015

Bij het opstellen van de gegevens is niet altijd rekening gehouden met de periode waarin het incident plaatsvond. Wij veronderstellen dat door voortschrijdend inzicht en toepassing van nieuwe kennis en technieken de aard van de incidenten gedurende de tijd verandert. Echter, aan de hand van de literatuur hebben wij deze veronderstelling niet verder kunnen onderbouwen. Ook de aard van de preventieve maatregelen en mate van toezicht door een bevoegd gezag zijn hierin niet meegenomen.

Impact incident

Uit de gegevens in Tabel 3 (Paragraaf 7) volgt dat bij incidenten bij ondergrondse UFS opslag relatief veel minder (ca. factor 100) doden en gewonden vallen dan bij bovengrondse opslag. Ook het aantal geëvacueerden is lager bij ondergrondse opslag dan bij bovengrondse opslag. Uit de gegevens is niet duidelijk hoeveel keer het aantal geëvacueerden lager is omdat gegevens over het aantal bovengrondse opslaglocaties ontbreken. Het aantal doden, gewonden en geëvacueerden is gebaseerd op het totaal aantal van alle incidenten samen. Bij de 9 incidenten met slachtoffers bij installaties die gebruik maken van zoutcavernes gaat het om 1 incident bij een opslag van olie en dus om 8 met opslag van gasvormige producten. Bij de opslag met ruwe olie viel 1 dode door brand.

De absolute aantallen incidenten bij installaties die gebruik maken van ondergrondse opslag in zoutcavernes, zijn relatief hoog ten opzichte van het totaal aan ondergrondse opslag installaties. De ernst van de incidenten in termen van aantallen doden en gewonden per incident zijn bij ondergrondse opslag wel aanzienlijk lager dan bij bovengrondse opslag. Een meer nauwkeurige inschatting van de relatieve risico's van ondergrondse opslag ten opzichte van bovengrondse opslag is op basis hiervan niet te geven omdat de gegevens over het aantal installaties met bovengrondse opslag ontbreekt in de geraadpleegde literatuur. Van de incidenten bij ondergrondse opslag is bekend dat het voornamelijk gaat om incidenten bij de opslag van vluchtige of gasvormige producten. Bij 5 installaties betrof het een opslag van ruwe olie en daarbij viel dus bij 1 incident een dode door brand.

De impact van de incidenten in het algemeen is op basis van de literatuurgegevens onvoldoende in te schatten. Grote incidenten waarbij brand en explosie grote maatschappelijk schade veroorzaakten zijn goed beschreven. Deze incidenten zijn echter merendeels gerelateerd aan de opslag van gasvormige en vluchtige stoffen en daarom minder relevant voor de opslag van (gas)olie. Van de 167 gerapporteerde incidenten is het niet altijd duidelijk of de brandstof ook buiten de installatie is vrijgekomen. Van de 5 incidenten bij installaties waar ruwe olie in cavernes is opgeslagen staat bij 1 incident vast dat de olie buiten de installatie is getreden. In Tabel 2 (Paragraaf 7) staat een opsomming van de aard van de incidenten die in het algemeen kunnen optreden bij ondergrondse opslag van gas of olieproducten in zoutcavernes

Datum
5 juni 2015

In de geraadpleegde literatuur zijn geen gegevens gevonden met betrekking tot hoe hulpdiensten zich hebben voorbereid op eventuele incidenten.

Amtsvenn

Een incident dat nog niet in wetenschappelijk literatuur beschreven is, is de lekkage van de zoutcaverne in het Amtsvenn, nabij Gronau. Deze caverne bevat ruwe olie. De lekkage is begin 2014 geconstateerd en het onderzoek loopt nog naar de oorzaak en welke maatregelen nodig zijn voor repressie van het incident. Wel is bekend dat het lek is ontstaan in de enkelwandig toevoerbuis van de installatie. Op basis van informatie uit de media blijkt dat de impact van het incident groot is. Omwonenden zijn langdurig geëvacueerd en de kosten voor het schoonmaken van de bodem worden geschat op 70 - 100 miljoen euro.

De informatie die direct door individuele belanghebbenden aan het RIVM is meegedeeld, is op basis van recente wetenschappelijke literatuur beoordeeld. Hieruit zijn geen nieuwe of andere inzichten gekomen.

Op basis van de in de literatuur gevonden informatie concluderen wij het volgende:

- Volgens gegevens uit 2005 waren 635 installaties in gebruik voor de opslag van gas, waarvan 66 gebruik maakten van opslag in zoutcavernes, waarbij een installatie meerdere cavernes kan omvatten.
- Uit de literatuurgegevens volgt dat sinds de jaren 50 bij installaties voor ondergrondse brandstofopslag die gebruik maken van zoutcavernes 167 incidenten bekend zijn van verschillende aard en omvang. Bij 52 installaties zijn 145 incidenten nader beschreven en daarbij gaat het bij 5 installaties om opslag van ruwe olie. Van de beschreven incidenten is niet altijd duidelijk of er ook daadwerkelijk lekkage buiten de installatie is opgetreden. Van de 5 incidenten met de opslag van ruwe olie staat van 1 incident vast dat de brandstof buiten de installatie is gekomen.
- Er zijn geen gegevens bekend waarmee een statistische relatie gelegd kan worden tussen het aantal in gebruik zijnde installaties en het aantal (historische) incidenten.
- De historische gegevens, inclusief aantallen, blijken slechts zeer beperkt toepasbaar te zijn voor het schatten van risico's voor de situatie bij de Marssteden. De installatie in de Marssteden heeft specifieke kenmerken (onder andere een dubbelwandige toevoerbuis), er zijn specifieke preventieve maatregelen toegepast, is van recente datum en dus met moderne middelen gebouwd, en daardoor is de kans op een incident voor de specifieke installatie onvoldoende betrouwbaar in te schatten.
- Veel incidenten ontstaan door 1) organisatorische tekortkomingen, 2) menselijk falen en technische problemen. Bij deze oorzaken wordt verwacht dat preventieve maatregelen de kans op een incident verkleinen, maar niet uitsluiten. Hierbij is vooral goede bedrijfsvoering door voldoende en goed opgeleid personeel en deskundige externe controle van belang. Preventieve maatregelen voor onvoorziene gebeurtenissen zijn moeilijker van te voren op te stellen. Wel kan door goede bedrijfsvoering en deskundige (externe) controle mogelijke onvoorziene gebeurtenissen tijdig herkend en erkend worden.
- Op basis van bovenstaande concluderen wij dat de grootte van een kans op een incident of op specifieke incidenten onvoldoende betrouwbaar is te kwantificeren.
- Ondergrondse opslag leidt bij incidenten tot minder doden en gewonden dan bovengrondse opslag. Het aantal geëvacueerden lijkt bij incidenten bij ondergrondse opslag ook kleiner, zij het dat de getalsmatige onderbouwing deels ontbreekt
- De wijze waarop hulpdiensten zich hadden voorbereid bij de gerapporteerde incidenten is niet in de literatuur beschreven.

Op basis van de gegevens uit deze studie kan niet met voldoende zekerheid een inschatting gemaakt worden van de kans op een incident. Dat houdt in dat het lokale bevoegd gezag een eigen afweging moet maken in welke mate men in de regio, met alle partners in de veiligheidsketen, voorbereid wil zijn voor het geval het toch mis gaat.

Door uit te gaan van verschillende scenario's van incidenten kunnen maatregelen opgesteld worden, waarbij rekening wordt gehouden met potentiële effecten op mens en milieu. Deze scenario's kunnen bijvoorbeeld incidenten zoals plasbrand, lekkage aan het oppervlak of lekkage in de diepe ondergrond beschrijven. Met deze scenario's kan bepaald worden in hoeverre de veiligheidsketen van pro-actie tot nazorg geprepareerd moet zijn. Door meerdere partijen te betrekken bij de planvorming, zoals waterschappen, GGD, Gemeente, kunnen de plannen meer robuust en beter op elkaar afgestemd worden. Per scenario kan de preparatie ook toegewezen worden aan de partij die verantwoordelijk is voor de repressie van het incident. Door preventief alvast inzicht te krijgen in de kwetsbare objecten (mens en milieu) in de omgeving van de installatie kan bij een incident ook snel ingespeeld worden op maatregelen om deze objecten te beschermen. Daarbij kan overwogen worden om de verantwoordelijke partijen alvast te prepareren op hun rol bij het beschermen van de objecten. Daarbij kan ook gedacht worden hoe eventuele risico's voor de gezondheid van de mensen die in het gebied wonen en werken tijdens of na een incident gemonitord kan worden.

Datum
5 juni 2015

Een belangrijk aspect bij incidenten is het onderkennen dat er een incident heeft plaatsgevonden. Bij een brand of explosie is dit vrij duidelijk. Bij een ondergrondse lekkage moet deze ook tijdig herkend kunnen worden. Een kleine lekkage kan al grote gevolgen hebben. Het systeem van preventieve monitoring moet voldoende nauwkeurig zijn om ook kleine (ondergrondse) lekkages te herkennen. Door uit te gaan van de kleinst detecteerbare lekkage kan een inschatting gemaakt worden van de daarbij behorende risico's voor mens en milieu, zowel aan het oppervlak als in de (on)diepe ondergrond. Hiermee ontstaat ook inzicht in de risico's bij incidenten die mogelijk niet (tijdig) opgemerkt worden.

6 Communicatie

We realiseren ons dat deze studie niet leidt tot een concreet beeld van mogelijke incidenten, maar juist concludeert dat er verschillende soorten incidenten mogelijk zijn met niet te kwantificeren risico's. Dat is lastig, zowel voor de betrokken overheden om zich goed voor te bereiden, als voor de bevolking waaraan graag zekerheden of concrete kennis wordt overgedragen. Het zou naar onze mening goed zijn als de betrokken overheden hierover vooraf op goede wijze communiceren naar de bevolking en hen betrekken bij de problematiek en de te maken keuzes.

In overeenstemming met de aanbevelingen in onze notitie adviseren wij daarnaast binnen het kader van het Risicocommunicatieplan voor de Veiligheidsregio en de Wet veiligheidsregio's scenario's voor communicatie voor te bereiden op basis van mogelijke incidenten met ondergrondse opslag van brandstoffen die in werking treden op basis van de ernst van de calamiteit.

7.1 Type oorzaken en effecten van incidenten en hun frequentie

Tabel 1 geeft een overzicht van de aard van de verschillende incidenten (met hun Engelse omschrijving) bij UFS installaties. Zowel incidenten die bij installaties met zoutcavernes zijn gerapporteerd en het totaal incidenten zijn in Tabel 1 weergegeven. Let wel, aan een incident kunnen meerderen oorzaken ten grondslag liggen en per installatie kunnen meerdere incidenten optreden.

TABEL 1: Aantal incidenten in het verleden (samengevat uit Evans 2009).

Incident /failure involves	Salt cavern	Total
<i>Well failure – incl. blowout</i>	110	179
<i>Above ground infrastructure</i>	7	16
<i>Wellhead pressure loss</i>	4	4
<i>Site design or site characterisation insufficient</i>	95	123
<i>Operational failure – human error</i>	15	28
<i>Operational failure –low pressure</i>	9	9
<i>Operational failure - leaching, loss, collapse</i>	14	14
<i>Operational failure- fractures, creep, filling with water</i>	90	90
<i>Failure due to repair maintenance , testing procedure</i>	2	6
<i>Cap rock problem</i>	2	34
<i>Sinkholes / wet rock</i>	2	3
<i>Seismic activity</i>	-	1
<i>Other (mine shaft)</i>	-	1
<i>Unavailable</i>	6	10

7.1.1 Conclusies en toelichting:

- Bij de diverse ondergrondse opslag mogelijkheden was het aantal incidenten bij ondergrondse opslag in zoutkoepels relatief hoger ten opzichte van het totaal.
- Meestal waren er meerdere oorzaken (gemiddeld 3 bij ondergrondse opslag in zoutcavernes).
- Totaal 9 incidenten ging gepaard met brand, explosies, doden.
- Op basis van de aantallen incidenten in het verleden is het niet mogelijk om een kans te bepalen op incidenten in de toekomst. Ieder incident is een leerpunt voor de ontwikkeling van de techniek en veiligheidsmaatregelen.
- De incidenten beschrijven zowel opslag van gassen als opslag van vloeibare olie. De opslag van brandbare gassen kan als meer risicovol worden beschouwd. Met name de drukgerelateerde problemen zijn bij vloeibare brandstoffen minder frequent dan bij gasvormige brandstoffen.

7.1.2 Na optreden incident typen effecten:

- Emissies (lucht)
- Spuiter
- Brand, explosie
- Instortingen, verzakkingen
- Lekkage naar bodem- grondwater systeem
- Zoutlozing op oppervlaktewater
- Blokkade herwinning (drukverlies, toenemen viscositeit olie)

Datum
5 juni 2015

7.2 Type incidenten on mogelijke risico-scenario's

Tabel 2 geeft een overzicht van de type incidenten, op basis van algemene literatuurgegevens, en een inschatting van de mogelijke risico scenario's. Deze risico scenario's gelden voor alle vormen van UFS in zoutcavernen en zijn niet specifiek voor de situatie in Enschede.

TABEL 2: Typen incidenten bij ondergrondse opslag van brandstoffen (o.a. gas, propaan, LPG, ethyleen, ruwe olie) en inschatting risico-scenario's op basis van historische gegevens uit de literatuur.

Omschrijving incident	Mogelijke risico-scenario
Bovengrondse incidenten met installatie of onderhoud	Lekkage > emissie, brandgevaar, explosiegevaar, drukverlies
Te hoge druk in zoutkoepel door fout in monitoring olie niveau	Spuiter > emissie, brandgevaar, explosiegevaar
Incidenten bij transport en overslag nabij de installatie (lekkende afsluiters, vergeten elektrische borging bij pompen, vergeten loskoppeling slang bij wegrijden, verkeersongeluk met tankwagens)	Lekkage > emissie, brandgevaar, explosiegevaar Kans op kettingreactie kleiner dan bij bovengrondse opslag
Ongewenste zoutwaterlozingen, olie verontreinigd	Verziltning, ecologische risico's
Achterlaten na gebruik in slechte conditie	Lekkages naar de bodem in decades na uit gebruik nemen
Instorten dak zoutkoepel door geleidelijke vorming instabiliteit	verzakking en lekkage, verspreiding o.a. afhankelijk van de grondwaterstroming => drukverlies en moeilijkheden met herwinning
Lekkage naar verbonden holten die minder goed gemonitord zijn	
Seismische werking "externe" aardbeving	breuk in toevoerleiding, mogelijk instorten zoutdak

7.3 Aantallen slachtoffers bij incidenten

Datum
5 juni 2015

Tabel 3 geeft een overzicht van de aantallen slachtoffers die zijn gevallen bij de diverse incidenten. In tabel wordt onderscheid gemaakt tussen het totaal aantal incidenten bij UFS opslag, incidenten bij UFS opslag waarbij gebruik wordt gemaakt van zoutcavernes. Als referentie is zijn ook gegevens voor bovengrondse opslag weergegeven. Van de incidenten met UFS betrof het 1 incident met een opslag van ruwe olie.

TABEL 3: Aantallen slachtoffers bij incidenten bij boven- en ondergrondse opslag van brandstoffen (o.a. gas, propaan, LPG, ethyleen, ruwe olie). Algemene waarden op basis van historische literatuur.

Type	Installaties in gebruik (ca. 2005)	Aantallen incidenten (sinds ca 1950)	Incidenten met brand en explosies	incidenten met slachtoffers	doden/gewonden/geëvacueerden
Ondergrondse opslag UFS (Evans 2009)					
totaal	635 ^{*)}	228	24	19	13 / 72 / > 6723
waarvan gerelateerd aan opslag in zoutcavernes	66 ^{*)}	167	10	9	8 / 48 / ca. 6110
Bovengrondse opslag (Evans 2008a)					
Bovengrondse opslag tanks	(?)	50 ^{**)}		50	1525/ 6826/ >7000

^{*)} Opslag van gas

^{**)} In de literatuur is alleen melding gemaakt van incidenten met slachtoffers, in tegenstelling met de incidenten bij UFS waar ook incidenten zonder slachtoffers worden vermeld.

8 Literatuur:

Berest, P., Brouard, B., 2003. Safety of Salt Caverns Used for Underground Storage. Oil & Gas science and technology 58, 361–384.

Evans, D.J., 2009. A review of underground fuel storage events and putting risk into perspective with other areas of the energy supply chain. Geological Society Special Publication 313.

Evans, D.J., 2008a. Accidents at UFS sites and risk relative to other areas of the energy supply chain, with particular reference to salt cavern storage. Presented at the SMRI fall 2008 Technical Conference, Solution Mining Research Institute.

Evans, D.J., 2008b. An appraisal of underground gas storage technologies and incidents, for the development of risk assessment methodology (Report No. RR 605). Health and Safety Executive.

Lackin, J., Stuurman, R., Bleeker, R., 2014. Rapport Onverwachte gebeurtenissen in de bodem - Gevolgen van ons handelen in beeld (Report No. TCB R23). Technische Commissie Bodembeheer.

Datum
5 juni 2015

Schléder, Z., Urai, J., 2005. Microstructural evolution of deformation-modified primary halite from the Middle Triassic Röt Formation at Hengelo, The Netherlands. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)* 94, 941–955.

Bijlage Vragen vanuit de VR

uit e-mail Hans Kleintjens, h.kleintjens@brandweertwente.nl, dd 10 juni 2014

Concept vragen door RIVM te bekijken en eventueel met voorstellen te komen voor andere of aanvullende vraagstelling:

1. Wat is er in zijn algemeenheid bekend over incidenten in en rondom zoutcavernes waarin olie(producten) zijn opgeslagen?
2. Is de situatie van die cavernes vergelijkbaar met die onder de Marssteden?
3. Welke gevolgen zijn er bekend voor de veiligheid rondom die cavernes?
4. Welke milieueffecten zijn er opgetreden bij incidenten?
5. Welke gezondheidseffecten zijn er opgetreden rondom incidenten?
6. Er schijnen verschillen te bestaan tussen oude en nieuwe zoutcavernes, waarbij bij de oudere cavernes mogelijk sprake is van te ver doorgevoerde zoutwinning. Hierdoor is de wand van dergelijke cavernes relatief dun en zijn deze cavernes potentieel instabiel.
7. Zijn er rondom dergelijke cavernes ook incidenten bekend? En zo ja met welke gevolgen voor veiligheid, milieu en gezondheid.
8. Zijn er op basis van de incidenten die zich wereldwijd hebben voorgedaan voorwaarden of normen af te leiden waaraan een Caverne zou moeten voldoen om voor diesel- en/of ruwe olieopslag in aanmerking te komen?
9. Zo ja, voldoet Marsteden-Enschede aan deze voorwaarden?