

RAPPORT

WarmtelinQ - Scenarioanalyse bij calamiteiten

Gevolgen voor personen ingeval van een leidingbreuk van het warmtenet (calamiteit)

Klant: Gasunie

Referentie: BH4883IBRP2108191027

Status: Definitief/P01.01

Datum: 19 augustus 2021

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX AMERSFOORT
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: WarmtelinQ - Scenarioanalyse bij calamiteiten

Ondertitel:
Referentie: BH4883IBRP2108191027
Status: P01.01/Definitief
Datum: 19 augustus 2021
Projectnaam: WarmtelinQ - Scenarioanalyse bij calamiteiten
Projectnummer: BH4883
Auteur(s): [Author]

Opgesteld door: [Click here to enter text.](#)

Gecontroleerd door:

Datum:

Goedgekeurd door:

Datum:

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelevoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. en dient voor publicatie of anderszins openbaar maken te worden geanonimiseerd.

Inhoud

Voorwoord	1
1 Project beschrijving	2
1.1 Introductie	2
1.2 Wettelijk kader	2
1.3 Afbakening	3
2 Beschrijving leidingbreuk	4
2.1 Kans op een leidingbreuk	4
2.2 Uitstroming en plasvorming	4
3 Reactie van mensen bij lekkage	7
4 Uitwerking scenario's	8
4.1 Inleiding	8
4.2 Scenario A – Evenement op plein of in park	8
4.2.1 Context	9
4.2.2 Scenario verloop	9
4.3 Scenario B – Ondergrondse parkeergarage	11
4.3.1 Context	11
4.3.2 Scenario verloop	11
4.4 Scenario C – Gebouwen met beperkt zelfredzame personen	13
4.4.1 Context	13
4.4.2 Scenario verloop	13
5 Maatregelen	15

Bijlagen

Bijlage A: Referenties naar informatiebronnen

Voorwoord

Voor u ligt een studie, die is uitgevoerd naar aanleiding van vragen van onder meer de veiligheidsregio's Haaglanden en Rotterdam-Rijnmond. De studie heeft als doel om een calamiteit met betrekking tot de warmtetransportleiding inzichtelijk te maken. De calamiteit betreft het vrijkomen van grote hoeveelheden heet water en stoom door een leidingbreuk.

Als gevolg van deze calamiteit kunnen omstanders (dodelijk) gewond raken. De beschrijving van de calamiteit, mogelijkheid tot gewonden, hulpverlening en alles wat verder relevant is voor het verloop wordt 'scenario' genoemd in deze studie; het gaat dus om 'rampscenario's'. Om de inhoud van dit rapport te kunnen interpreteren is het van belang dat de lezer beseft dat hoewel de gevolgen van een calamiteit ernstig zijn, de kans dat een dergelijke calamiteit zich voordoet zeer klein is. Desondanks is er in het kader van de besluitvorming over het project en het inpassingsplan toch gekeken naar mogelijke incidenten en deze zijn in deze studie transparant in beeld gebracht, zodat zowel initiatiefnemer als de veiligheidsregio's hiermee in hun veiligheidsplannen rekening kunnen houden.

In deze studie zijn drie generieke scenario's beschreven die zich bij de calamiteit (leidingbreuk) kunnen voordoen en die inzicht gevend zijn voor situaties langs het gehele leidingtracé. Wel moet daarbij worden opgemerkt dat locatie specifieke omstandigheden het verloop van het scenario kunnen en zullen beïnvloeden (aantallen aanwezigen, vluchtmogelijkheden, etc.). Deze studie is bedoeld om een algemeen beeld te vormen van de gevolgen van een calamiteit op een locatie langs het leidingtracé. De generieke scenario's zijn: 1. Een calamiteit nabij een evenement op een plein of in een park, 2. Het onderlopen van een ondergrondse parkeergarage, en 3. Een calamiteit naast een gebouw met beperkt zelfredzame personen.

1 Project beschrijving

1.1 Introductie

Gasunie werkt in samen met het Havenbedrijf Rotterdam onder de naam WarmtelinQ aan de ontwikkeling van een regionaal warmtetransportnet in Zuid-Holland. Dit netwerk maakt het mogelijk om restwarmte van verschillende bedrijven uit de haven te benutten voor de verduurzaming van de warmtelevering aan woningen en bedrijven in de provincie.

Omdat de warmtetransportleiding tussen Vlaardingen en Den Haag een belangrijk onderdeel van het regionale warmtenetwerk vormt, hebben Provinciale Staten op 18 december 2019 besloten om voor deze leiding een provinciaal inpassingsplan (PIP) op te stellen. In het kader van de onderzoeksplicht voor dit inpassingsplan is augustus/september 2020 onder andere de studie 'Onderzoek naar de effecten op en het risico's naar mensen bij het vrijkomen van stoom en heet water uit een warmtetransportnet'¹ uitgevoerd. Deze studie vormt de rekenkundige basis voor de bepaling van effecten en risico's bij onder andere een breuk van de warmtetransportleiding en is daardoor tamelijk technisch van aard. Naar aanleiding van een vraag van de veiligheidsregio's Haaglanden/Rotterdam-Rijnmond naar de mogelijke gevolgen van een leidingbreuk voor de hulpverlening is in aanvulling daarop voorliggende studie uitgevoerd. Deze studie beschrijft een drietal scenario's de gevolgen van het vrijkomen van grote hoeveelheden heet water in geval van een calamiteit met de leiding (leidingbreuk).

De studie is primair bedoeld om de potentiële gevolgen voor personen in de directe omgeving van de calamiteit in beeld te brengen ten behoeve van de bevoegde gezagen en hulpverlenende instanties zodat deze gevolgen kunnen worden betrokken bij de besluitvorming over het project danwel bij hulpverlening.

1.2 Wettelijk kader

In de eerder uitgevoerde studie¹ is aangegeven dat op grond van de NEN 3650-1 voor leidingen waarmee warmwater wordt getransporteerd formeel geen onderzoek hoeft plaats te vinden naar het plaatsgebonden risico en groepsrisico (in tegenstelling tot bij het transport van andere gevaarlijke stoffen). Dat komt omdat het Besluit externe veiligheid buisleidingen² (hierna Bevb) en de Regeling externe veiligheid buisleidingen³ (hierna Revb) formeel niet van toepassing zijn op dergelijke buisleidingen. Omdat het bevoegd gezag het desalniettemin wenselijk acht om in het kader van de besluitvorming een beeld te hebben van de gevolgen van het inpassingsplan voor de leiding voor de omgevingsveiligheid is naar het plaatsgebonden risico toch onderzoek verricht. Uit het eerder uitgevoerde onderzoek blijkt dat voor het plaatsgebonden risico de 10-6 en 10-7 contouren niet worden gehaald.

Ook voor deze aanvullende studie bestaat geen wettelijke vereiste. Wel kunnen de in deze studie beschreven calamiteiten worden geschaard onder de 'ongewone voorvallen' als bedoeld in het 'Besluit externe veiligheid buisleidingen'. Voor dergelijke ongewone voorvallen dient een exploitant van een buisleiding voor gevaarlijke stoffen een noodplan op te stellen. Dit rapport kan daar aan bijdragen (hoewel de Bevb en Revb formeel niet van toepassing zijn).

¹ Rapportage 'Onderzoek naar de effecten op en risico's naar mensen bij het vrijkomen van stoom en heet water uit een warmtetransportnet', Royal HaskoningDHV, BH4883IBRP2007200928, Status S1/P01 d.d. 25-1-2021

² Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen, Wetten.overheid.nl, Geldend van 31-03-2018 t/m heden, bezocht op 16-8-2021

³ Regeling Externe Veiligheid Buisleidingen, Wetten.overheid.nl, Geldend van 01-04-2020 t/m heden, bezocht op 16-8-2021

1.3 Afbakening

Een warmtetransportnet bestaat uit diverse onderdelen; op hoog abstractieniveau omvat het netwerk de volgende onderdelen: een installatie voor warmteoverdracht op het invoerpunt naar het transportnet, het transportnet zelf (bestaande uit een aanvoer- en retourleiding en eventuele boosterstations) en één of meer installaties voor warmteoverdracht vanuit het transportnet naar de lokale warmtenetten/afnemers. Onderwerp van deze studie is alleen de aanvoerleiding omdat de procescondities in dit deel tot het worst case uitstromingsscenario leiden (specificaties van de leiding worden besproken in hoofdstuk 2).

De installatie van de leiding wordt, afhankelijk van de locatie, gerealiseerd via gestuurde boring, persing of open ontgraving. In geval van open ontgraving is de gronddekking het kleinst met een minimale dekking van 1,2 meter. In het algemeen kan gesteld worden dan hoe dieper een leiding gelegen is, hoe kleiner de kans is dat deze beschadigd raakt door een externe invloed (zoals bijvoorbeeld graafwerkzaamheden - oorzaken die tot een lek leiden worden besproken in paragraaf 2.1). In deze studie is uitgegaan van een calamiteit in de aanvoerleiding die via open ontgraving geïnstalleerd is. .

Voor deze aanvoerleiding is voor drie verschillende locaties het scenario van de calamiteit 'leidingbreuk' bepaald. De generieke scenario's zijn: 1. Een calamiteit nabij een evenement op een plein of in een park, 2. Het onderlopen van een ondergrondse parkeergarage, en 3. Een calamiteit naast een gebouw met beperkt zelfredzame personen. Onder andere wordt per locatie beschreven hoe de plas zich zal ontwikkelen, de reactie en gevolgen voor in de nabijheid aanwezige personen, en de mogelijkheden tot hulpverlening.

Omdat deze studie bedoeld is om inzicht te geven in het verloop van scenario's volgend op een calamiteit (waarbij het optreden van die calamiteit uitgangspunt is), wordt in deze studie niet of nauwelijks ingegaan op (preventieve) maatregelen die de calamiteit zouden kunnen voorkomen. Waar de opstellers van deze rapportage dit zinvol achten is op een enkele plaats een uitzondering gemaakt op het voorgaande; de genoemde preventieve maatregelen moeten echter niet als limitatief worden beschouwd.

De in deze studie vermelde frequenties zijn indicatief. Er zijn vele factoren die invloed hebben op de kans dat personen gewond raken ingeval van calamiteit op een bepaalde locatie. Voor deze studie is bijvoorbeeld wel het tijdsbestek meegenomen dat een persoon zich op een bepaalde locatie bevindt, maar niet de kans dat die persoon door te vluchten niet gewond raakt.

2 Beschrijving leidingbreuk

2.1 Kans op een leidingbreuk

Onderstaand is de kans dat de leiding breekt per oorzaakcategorie weergegeven, deze is nader onderbouwd in de eerder uitgevoerde studie¹.

Breukoorzaak	Breukfrequentie [-/km*jaar]
Beschadiging door derden	7,46E-06
Mechanisch	7,96E-06
Inwendige corrosie	1,41E-06
Uitwendige corrosie	4,25E-06
Natuurlijke oorzaken	2,26E-06
Operationeel	3,40E-06
Totaal	2,67E-05

Afgezien van beschadiging door derden (o.a. door graafwerkzaamheden) is het niet onwaarschijnlijk dat voorafgaand aan de breuk al een detecteerbaar lek ontstaat. De redenatie achter deze stelling is dat graafwerkzaamheden een instantane oorzaak vormen terwijl bijvoorbeeld corrosie over een lange tijdsduur plaatsvindt. Detectie van lekken is beschreven in de eerder uitgevoerde studie.

Indien er langdurig een klein lek aanwezig is kan er in de maanden voorafgaande aan de volledige breuk al 'stoom uit de grond' worden waargenomen door aanwezigen. Op internet zijn voorbeelden te vinden waarbij dit het geval is, zie bijlage A. Dit fenomeen kan ontstaan indien heet water uit de leiding de omhullende isolatie laag ingetreden is. Het water in de isolatielaag is warm en zal ook warm blijven doordat er warmteoverdracht tussen de stalenleiding en het water plaatsvindt. Deze warmte kan op zijn beurt weer naar het omringende grondwater worden overgedragen wat daardoor kan verdampen; dit kan bovengronds worden waargenomen als stoom.

2.2 Uitstroming en plasvorming

Het warmtenetwerk bestaat uit een aanvoer en een retourleiding. Het water in de aanvoerleiding wordt verwarmt middels de restwarmte van industrie, vervolgens wordt dit hete water naar kleinere warmtedistributienetten en gepompt en vervolgens naar de afnemers getransporteerd. De afnemers onttrekken warmte uit het netwerk waardoor het hete water afkoelt. Het afgekoelde water wordt vervolgens terug geleid naar de warmtebron waar het (weer) wordt opgewarmd. Dit is een continue cyclus.

Er is een aantal pompstations binnen het warmtenetwerk aanwezig. Op deze pompen is 'procesbewaking' geïnstalleerd die tot doel heeft het systeem ingeval van een procesverstoring naar een gewenste (veilige) situatie te brengen. Ingeval van een leidingbreuk zal de operationele druk in het systeem zeer snel afnemen. De procesbewaking is ontworpen om de druk in de toevoer naar de pompen te monitoren. Als deze onder een bepaalde instelwaarde komt, schakelt de procesbewaking de pompen af.

De hoeveelheid water die uitstroomt is daarom afhankelijk van de hoeveelheid water die de pompen toevoeren tot dat ze gestopt zijn en de hoeveelheid water die daarna nog uit de leiding stroomt (verder nastroming). Voor deze studie is de hoeveelheid water die uitstroomt gebaseerd op systeemspecificaties direct na (benedenstrooms) pompstation Delft. De hoeveelheid water die de pompen toevoeren is bepaald op basis van het maximale bedrijfsdebiet (volume per tijdseenheid) en de verwachte tijdsduur totdat de

procesbewaking deze pompen afschakelt. De nastroming wordt hoofdzakelijk bepaald door verschil in diepte ligging en verdamping van het nog in de leiding aanwezig heet water. Water uit leidingdelen met een grotere diepteligging dan de diepteligging ter plaatste van de breuk, kan niet naar de breuk toestromen onder invloed van zwaartekracht. De grilligheid van de diepteligging vormt daarmee een barrière voor uitstroming van water. Wel zorgt verdamping van in de leiding 'achtergebleven' water voor een toename van de druk wat daarmee een drijvende kracht vormt waardoor water (en stoom) uit leidingdelen op grotere diepteligging gedeeltelijk toch kan uitstromen. De hoeveelheid heet water die uitstroomt per tijdseenheid is wel veel lager dan wanneer de pompen actief zijn, wel zal deze uitstroom lang kunnen aanhouden. Op basis van voorgaand is voor deze studie uitgegaan van een hoeveelheid heet water die uitstroomt en die tot slachtoffers kan leiden van 2500 m³.

Met de software PHAST⁵ is op basis van bovenstaand de uitstroming en de temperatuur van de plas bepaald. De temperatuur van het uitgestroomde water neemt met de tijd af doordat er warmte wordt afgestaan naar de omgeving (atmosfeer en ondergrond).

Verschillende parameters beïnvloeden de uitstroming en het temperatuurprofiel van de ontstane plas. Deze parameters worden hier onder kwalitatief beschreven (maar niet verder in de studie beschouwd).

Leidingdiameter

De grootste leidingdiameter binnen het tracé is DIN 700 (interne diameter ca. 695 mm). Echter is een gedeelte van het tracé uitgevoerd met een kleinere diameter, namelijk een diameter van DIN 500 (interne diameter ca. 492 mm). Bij dezelfde operationele condities kan er door de leiding met kleinere interne diameter minder water stromen dan door de leiding met grotere diameter; in geval van een leidingbreuk zal uit de leiding met kleinere interne diameter dan ook minder water uitstromen. Het maximale bedrijfsdebiet voor de DIN 700 leiding is 1,2 m³/s en voor de DIN 500 leiding is dat 0,5 m³/s.

Diepte ligging van de leiding

Zoals eerder beschreven wordt, afhankelijk van de locatie, de leiding geïnstalleerd door middel van boring, persing of openontgraving. Bij openontgraving is de leiding het minst diep gelegen, namelijk met een gronddekking van 1,2 meter. Indien de leiding op een locatie met deze diepteligging breekt stroomt niet een hoeveelheid water gelijk het hele volume van de leiding uit. Het water uit dieper gelegen leidingdelen kan namelijk maar deels uitstromen bij een breuk van een hoger gelegen leidingdeel, zoals eerder beschreven als 'nastroming'.

Operationele temperatuur van het water in de leiding

Het doel van het warmtenet is om restwarmte naar afnemers te transporteren. Afhankelijk van het jaargetijde verschilt de vraag naar warmte; in de zomer is de vraag naar warmte minder dan in de winter. De operationele watertemperatuur in de aanvoerleiding, op basis waarvan de calamiteit in deze studie is beschreven, is de temperatuur bij de grootste vraag naar warmte en daarmee worst case. Deze temperatuur is 120 graden Celsius. De water temperatuur bij de minste vraag naar warmte is 105 graden Celsius. Bij deze lagere temperatuur zal de temperatuur van uitstromende water op kortere afstand van de calamiteit al gedaald zijn tot beneden de temperatuur waarbij (ernstige) brandwonden kunnen worden opgelopen.

⁴ Meerdere malen heeft (telefonisch) contact met Gasunie plaatsgevonden. Op basis van dat contact zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd: Het maximale bedrijfsdebiet van de pompen is 1,2 m³/s. Binnen 5 minuten na de breuk wordt de drukval gedetecteerd en de pompen afgeschakeld; de pompen leveren daarom 1,2 x 5 x 60 = 360 m³; dit is conservatief omdat de pompen al binnen dit tijdsbestek beginnen met terug regelen alvorens zij afgeschakeld worden. Voor de hoeveelheid water die nastroomt, is uitgegaan van het volume van het langste tracé deel dat zich op een diepteligging van 1,2 meter bevindt; dit volume is bepaald op 1900 m³ op basis van een 5 kilometer lange DIN 700 leiding – deel leiding tracé langs de snelweg A4. Voor het totale toegepaste volume is het berekende volume afgerond naar 2500 m³, dit is inclusief de initiële uitstroming bij de druk van 25 barg.

⁵ Rekenprogramma: PHAST, versie 8.23, ontwikkeld door DNV (binnen Nederland erkende software voor het modelleren van uitstroming en bepalen van fysische effecten)

Omgevingstemperatuur

Na uitstroming koelt het water af omdat het in contact komt met de koudere ondergrond en koudere atmosfeer. Afhankelijk van de jaargetijden verschilt deze omgevingstemperatuur. Voor de modellering is uitgegaan van een gemiddelde omgevingstemperatuur en ondergrondtemperatuur van beide circa tien graden Celsius. Gedurende een deel van het jaar zijn deze temperaturen echter (veel) lager. Bij deze lagere omgevingstemperaturen zal de temperatuur van het uitstromende water op kortere afstand van de breuklocatie al gedaald zijn tot beneden de temperatuur waarbij (ernstige) brandwonden kunnen worden opgelopen.

Geometrie (locatie specifiek)

Naast de eerdergenoemde parameters die voornamelijk de hoeveelheid uitstromend water en de temperatuur(overdacht) beschrijven is ook de vormgeving van de locatie waar de calamiteit zich voor doet van belang. Hoewel het water in eerste instantie met een bepaald momentum vrijkomt (druk in de leiding en pompdebiet) zal voornamelijk de geometrie van de ondergrond bepalend zijn voor de vorming van de plas; immers water stroomt 'naar beneden'. Voor locaties met hoogte verschil zal het water dus naar de lagere delen stromen en daar (indien het niet af wordt gevoerd) diepe(re) plassen vormen. Vooral in bebouwde gebieden kunnen hoogteverschillen zoals bijvoorbeeld stoepranden, gevels, perrons, verdiepte ligging, etc. de plasvorming / stroming van het water beïnvloeden. Ook kan een gedeelte van het water worden afgevoerd via straatkolken / putten indien deze aanwezig zijn, dit reduceert plasvorming.

Ondergrond

De ondergrond kan uit diverse materialen bestaan die het verloop van het scenario beïnvloeden. Daarbij valt te denken aan: gras, gravel, tegels, asfalt, etc. Op grasvelden zal het water bijvoorbeeld minder verspreiden dan op stenen omdat het water makkelijker deze ondergrond in trekt.

3 Reactie van mensen bij lekkage

Indien mensen een calamiteit waarnemen, zal hun eerste reactie afhankelijk zijn van de inschatting van de ernst van het incident voor zichzelf. Zo zullen mensen die getraind zijn in het omgaan met gevaarlijke stoffen of die werkzaam zijn binnen de procesindustrie waarschijnlijk eerder bescherming zoeken dan mensen die niet met dergelijke gevaren bekend zijn. Ook zullen volwassenen anders reageren dan (spelende) kinderen omdat ze het gevaar anders inschatten. Er wordt in deze studie vanuit gegaan dat een persoon niet zal blijven staan indien zich in de nabije omgeving een plas van heet water aan het vormen is. Het zichtbaar uitdampen van het water wordt beschouwd als voldoende waarschuwing voor een persoon om zich naar een veilige afstand te begeven.

Voor blootstellingsduur aan warm water en/of stoom, en daarmee ook de lichamelijke gevolgen, speelt naast reactie(tijd) ook de zelfredzaamheid een rol. In deze studie wordt het begrip minder zelfredzame toegepast waaronder verstaan wordt: mensen die minder mobiel zijn zoals bijvoorbeeld ouderen, mensen met een beperking/handicap en kinderen; zij kunnen langer blootgesteld worden.

Na de initiële schrik reactie zullen sommige mensen uit nieuwsgierigheid de plek van het incident zo dicht mogelijk willen benaderen. Zij zoeken daarbij een afstand die voor hen veilig is.

4 Uitwerking scenario's

4.1 Inleiding

In onderstaande paragrafen zijn drie calamiteitenscenario's beschreven. Bij het interpreteren van de gevolgen van deze calamiteiten is het van belang dat de lezer beseft dat de kans van optreden van deze calamiteiten zeer klein is.

Voor alle scenario's zijn onderstaande uitgangspunten gehanteerd.

- Voor de calamiteit wordt uitgegaan van een volledige breuk van de leiding waarbij uit twee zijden heet water uitstroomt. In totaal stroomt 2500 m³ uit.
- Voor deze studie is aangenomen dat de gronddekking ter plaatse van de breuk wordt weggeslagen / weggespoeld.
- Ter plaatse van de breuk is de grond weggeslagen en heeft zich direct na het optreden van het incident een krater gevormd. Deze krater heeft zich gevuld met heet water dat langere tijd heet zal blijven. Het wordt onwaarschijnlijk geacht dat personen in de richting van de krater vluchten en daardoor in een diepere plas heet water vallen en (mogelijk) komen te overlijden.
- Indien er veel slachtoffers zijn, is het mogelijk dat de hulpdiensten niet alle slachtoffers in de regionale ziekenhuizen kunnen plaatsen. Er wordt vanuit gegaan dat slachtoffers indien nodig naar andere ziekenhuizen in de regio worden gebracht (dit gebeurt ook in geval van andere calamiteiten).

Om te borgen dat de kans van optreden niet groter wordt zijn diverse mitigerende maatregelen van kracht daarbij kan gedacht worden aan bijvoorbeeld:

- Het ontwerp van de leiding en de installatie voldoet aan de daarvoor gestelde eisen.
- De leiding wordt geïnspecteerd en onderhouden volgens de daarvoor opgestelde richtlijnen.

4.2 Scenario A – Evenement op plein of in park

Om een beeld te vormen van hoe klein de kans op het optreden van scenario A is, kan de volgende redenatie worden gevolgd: Stel dat de leiding en het evenementterrein elkaar voor één kilometer overlappen, dat tijdens het evenement geen graafwerkzaamheden plaatsvinden (beschadiging door derden uitgesloten) en dat het evenement drie dagen duurt. De kans dat de leiding dan tijdens het evenement breekt is gelijk aan de kans op breuk maal het aantal dagen dat het evenement duurt gedeeld door het aantal dagen in een jaar (de kans op breuk is gegeven per kilometer per jaar). De kans dat de leiding breekt tijdens het evenement is daarmee bepaald op één keer per ruim zes miljoen evenementen. Dit is een zeer lage kans van optreden. De kans dat een specifiek persoon tijdens deze calamiteit gewond raakt is nog lager, ervan uitgaande dat een individu in principe niet drie volledige dagen (72 uur) op het evenementterrein aanwezig zal zijn. Om de kans voor verwonding van een specifiek persoon te bepalen moet de kans nog worden gecorrigeerd voor de werkelijke aanwezigheidsduur van die persoon.⁶

Om de kans van het optreden van dit scenario te beperken, zijn specifieke mitigerende maatregelen van kracht waar bij te denken valt aan:

⁶ Berekend volgens: $Kans\ op\ leidingbreuk\ tijdens\ een\ evenement: (2,67E-05 - 7,46E-06) \times 3 / 365 = 1,58E-07$. Correctiefactor voor aanwezigheidsduur: $aantal\ uur\ aanwezig / 72$

- Via de vergunning verlening voor het evenement wordt de ligging van de leiding aan de evenementorganisatie gecommuniceerd en worden restricties opgelegd, zoals het niet in de grond mogen indrijven van voorwerpen (denk aan tentpennen etc.)
- Tijdens het evenement worden geen graafwerkzaamheden verricht (en vice versa).
- Tijdens het evenement zijn (EHBO) hulpdiensten aanwezig

4.2.1 Context

Bij dit scenario wordt specifiek gekeken naar de calamiteit waarbij de leiding breekt tijdens een evenement op een plein of in een park. Bij dit scenario zijn onderstaande uitgangspunten gehanteerd.

- Het evenement vindt overdag plaats. Er zijn 2500 aanwezigen, zowel kinderen, volwassenen, ouderen als minder validen.
- Op het moment van de breuk is het druk vanwege het evenement. Er zijn diverse kraampjes opgesteld en er is veel geluid (muziek en / of gepraat van mensen).
- Aangenomen wordt dat er op het plein of in het park hoogteverschillen zijn. Bij hoogteverschillen kan gedacht worden aan (stoep)randen, perkjes, afgebakende speelveldjes, verdiept of verhoogt gelegen speelplaatsen / zit gedeeltes, etc. Deze hoogteverschillen zullen de stroming van het water en daarmee de plasvorming beïnvloeden.
- Het plein of park is een 'open terrein' zonder bebouwing. Dit betekent dat er veel loop of sta ruimte is en dat er diverse looproutes zijn. Ook zijn om het plein of park rijwegen aanwezig. Dit zorgt voor veel vlucht mogelijkheden en goede bereikbaarheid voor hulpdiensten. Als een evenementen plaats vindt kunnen er kraampjes, podia etc. opgesteld zijn waardoor het aantal looproutes en de bereikbaarheid beperkter is; in de vergunningverlening voor evenementen wordt geborgd dat er voldoende vluchtroutes en bereikbaarheid is.

4.2.2 Scenario verloop

Uitstroming en plasvorming

Er wordt van een klein lek uitgegaan dat zich binnen enkele seconden tot een volledige breuk ontwikkeld door scheurpropagatie (scheuren door verdere belasting van de al verzwakte leiding ter plaatse van het lek). Door de initiële druk in de leiding komt het water met kracht vrij waarbij het de gronddekking wegslaat.

De geometrie in de directe omgeving van de breuk is bepalend voor de vorming van de plas. Is deze vlak dan zal er een ondiepe grotere plas vormen, maar in geval van verdiept gelegen omsloten gedeeltes (hoogteverschillen) zullen deze gevuld worden met heet water. In die gedeeltes vormt zich een diepere plas die minder snel afkoelt. Deze omsloten gedeeltes kunnen daarmee wel een 'buffer' vormen die de verspreiding van het water vertraagt ten opzichte van een vlakke ondergrond. Bij een evenement op een plein zal het water gedeeltelijk worden weggevoerd via hemelwaterafvoer indien deze aanwezig is. Hoe verder de plas zich verspreidt, hoe ondieper hij wordt en hoe meer hij afkoelt. Binnen enkele tientallen meters zal de plas zodanig zijn afgekoeld dat het water niet meer tot verwondingen zal leiden. Na 10 minuten zal de plas ongeveer een straal hebben van orde grootte 350 meter (hierbij is afvoer door straatkolken niet meegenomen). Het water is op die afstand echter zodanig afgekoeld dat er geen gewonden meer zullen vallen. De plas zal na het stoppen van de aanvoer zeer snel afkoelen en binnen enkele minuten omgevingstemperatuur hebben bereikt.

Reactie en verwonding aanwezigen

De mensen direct boven de leidingbreuk zullen weinig tot geen waarschuwing hebben en komen mogelijk te overlijden omdat zij zich binnen de eerder berekende dodelijke effect afstand van enkele meters bevinden. Mogelijk zal door de drukte op het plan of in het park de breuk in eerste instantie alleen door mensen in de nabijheid van de breuk als gevaar worden opgemerkt; zij zullen proberen weg te komen van de locatie. Op enige afstand hoeft het waarnemen niet direct te leiden tot een schrik/vlucht reactie omdat er geen direct gevaar is. Ook kan het zijn dat mensen op enige afstand van het incident niet direct vluchtruimte (kunnen) geven aan mensen nabij het incident; omdat zij zelf niet de situatie als direct gevaarlijk voor zichzelf aanmerken.

Omdat het plein of park een 'open terrein' is, zijn veel vluchtmogelijkheden; mensen kunnen in meerdere richtingen naar de rand van het plein of park vluchten en indien nodig via de diverse straten nog verder weg. Tijdens het evenement kunnen de vluchtmogelijkheden beperkter zijn door opgestelde kraampjes en / of podia. Aanwezigen kunnen ook op de verhoogde plekken gaan staan omdat (in eerste instantie) veilig zijn. Afhankelijk van de hoeveelheid water die uitstroomt, kunnen er 'eilandjes' ontstaan. Afhankelijk van de drukte kan dit tot duwen en trekken leiden omdat mogelijk niet iedereen op de locatie pas waardoor mensen in het hete water kunnen worden 'geduwd'.

Afhankelijk van de leeftijdscategorie en zelfredzaamheid van de aanwezigen zal de reactie verschillen en zal ook de mogelijkheid om (snel) te vluchten verschillen. Minder mobiele mensen zullen langer worden blootgesteld en lopen ook een verhoogd risico om te vallen en, indien in de nabijheid van de breuk locatie, over grote delen van hun lichaam te verbranden.

Hulpverlening

Het plein of park is door diverse verbindende straten naar verwachting goed bereikbaar voor hulpdiensten, ook zijn er EHBO hulpdiensten tijdens het evenement aanwezig (beschouwd als onderdeel van vergunning verlening).

De aanwezigheid van mensen die het incident bekijken, kan er toe leiden dat hulpdiensten meer moeite hebben om bij slachtoffers te komen, zeker omdat er gezien het evenement veel mensen op het plein of in het park aanwezig zijn. Daardoor kan het langer duren voordat de hulpdiensten eventuele slachtoffers kunnen bereiken en behandelen in vergelijking met de drukte tijdens een reguliere dag.

4.3 Scenario B – Ondergrondse parkeergarage

Om een beeld te vormen van hoe klein de kans op het optreden van scenario B is, kan de volgende redenatie worden gevolgd: Stel dat op een afstand van 15 meter van de ingang van de parkeergarage een breuk optreedt waarbij een significant deel van de uitstroming de parkeergarage instroomt (met toeneemt afstand van de ingang van de parkeergarage neemt de hoeveelheid water die naar binnen kan stromen af, uitgaande van een plas zich in alle richtingen ontwikkeld). De kans op Scenario B wordt daarmee gelijk aan de kans op een breuk gecorrigeerd voor de lengte van het relevante leidingsegment. De kans dat het leidingsegment breekt, en dat er heet water de parkeergarage in stroomt, is bepaald op één keer per ruim 940 duizend jaar. Dit is een zeer lage kans van optreden. De kans dat een specifiek persoon gewond raakt is nog vele malen kleiner ervanuit uitgaande dat personen maar kort in de parkeergarage aanwezig zijn. Stel dat een specifiek persoon één uur per dag in de parkeergarage aanwezig is, dan moet de kans nog gecorrigeerd worden voor dat tijdsbestek. De kans dat die persoon gewond raakt komt daarmee in de ordegrootte van één keer per ruim tien miljoen jaar.⁷

4.3.1 Context

Bij dit scenario wordt specifiek gekeken naar de calamiteit waarbij de leiding breekt op korte afstand van de ingang van een parkeergarage waarbij het water uit de leiding de parkeergarage in stroomt. Bij dit scenario zijn onderstaande uitgangspunten gehanteerd.

- Voor dit scenario wordt ervan uit gegaan dat al het water de parkeergarage instroomt.
- In de parkeergarage kunnen zowel kinderen, volwassenen, ouderen als minder validen aanwezig zijn
- De parkeergarage is een binnenstedelijk parkeergarage met een oppervlak van ca. 1500 m² (dit biedt parkeer gelegenheid aan ca. 100 auto's).
- De parkeergarage bestaat uit één ondergronds niveau.
- Aangenomen wordt dat de in- en uitrit van de parkeergarage direct naast elkaar gelegen zijn (en in geval van water dat binnenstroomt beide geen vluchtroute vormen).
- De parkeergarage heeft tenminste één nooduitgang die niet gelegen is aan de zijde van de in- en uitrit
- Het binnenstromende water zal gedeeltelijk worden afgevoerd door aanwezige drainage; dit zorgt voor een minder snelle plaspvorming.
- De garage beschikt over noodverlichting (deze is ontworpen voor rookvorming maar de verwachting is dat deze ook in geval van waterdamp de vluchtwegen kan aanduiden)

4.3.2 Scenario verloop

Uitstroming en plaspvorming

Er wordt van een klein lek uitgegaan dat zich binnen enkele seconden tot een volledige breuk ontwikkeld door scheurpropagatie (scheuren door verdere belasting van de al verzwakte leiding ter plaatse van het lek). Door de initiële druk in de leiding komt het water met kracht vrij waarbij het de gronddekking wegslaat.

De parkeergarage is voorzien van ventilatie en waterafvoer, de verwachting is dat deze niet gedimensioneerd is voor de initiële uitstroming er zal dus initieel ophoping van water in de garage plaats vinden. De eerste stroom water zal voldoende snel afkoelen, door warmte overdracht naar de ondergrond

⁷ Berekend volgens: $Kans\ op\ leidingbreuk\ 2,67E-05 / 1000 \times (15 \times 2 + 10) = 2,1E-06\ per\ jaar$ (gedeeld door 1000 geeft de kans per meter; maal 15 meter maal 2 + 10 is het aantal meter overeenkomstig met een leiding deel van 10 meter in beide richtingen bij de ingang van de parkeergarage en een breedte van de ingang van 10 meter). Correctiefactor voor aanwezigheidsduur: $(365 \times 1) / (365 \times 24) = 0,04$

en verdamping; dit biedt mensen een kans geven weg te komen. Als het water zich blijft ophopen zal het water steeds slechter de warmte kwijt kunnen en zal de temperatuur minder afnemen. Indien een groot deel van het uitstromende water de parkeergarage instroomt, kan er een diepe plas ontstaan van mogelijk meerdere tientallen centimeters die een hoge temperatuur zal hebben. De daadwerkelijke diepte van de plas wordt onder andere bepaald door de hoeveelheid water die daadwerkelijk de parkeergarage instroomt, het oppervlak van de parkeergarage, afvoer en diverse andere factoren. Dit zal verschillen per parkeergarage (of andere ondergrondse ruimte)

Reactie en verwonding aanwezigen

Op straat

Mensen in de nabijheid van de calamiteit zullen de situatie als gevaar aanmerken; zij zullen proberen weg te komen van de locatie. Afhankelijk van de leeftijdscategorie en zelfredzaamheid van de aanwezigen zal de reactie verschillen en zal ook de mogelijkheid om (snel) te vluchten verschillen. Minder mobiele mensen zullen langer worden blootgesteld en lopen ook een verhoogd risico om te vallen en, indien in de nabijheid van de breuk locatie, over grote delen van hun lichaam te verbranden.

In de parkeergarage

Mensen die aanwezig zijn in de parkeergarage op het moment van de breuk zullen deze niet visueel waarnemen omdat deze buiten de parkeergarage, op maaiveld, plaatsvindt. Mogelijk worden ze gealarmeerd door geschreeuw van mensen die wel de breuk visueel waarnemen dan wel direct getroffen worden door het hete water. Zij zullen dan ook (mogelijk) zichzelf niet instinctief naar een veilige plek begeven; een plek buiten de parkeergarage op veilige afstand van de incident locatie. Pas als er heet water de parkeergarage in loopt kunnen zij (instinctief) een inschatting maken van het gevaar. Afhankelijk van de snelheid waarmee de plas zich verspreid in de parkeergarage kunnen mensen brandwonden oplopen. Het grootste deel van de mensen zal naar verwachting via een andere (nood)uitgang de parkeergarage verlaten.

Er bestaat ook een kans dat mensen hun auto instappen en daar wachten; als veilig heenkomen. Of proberen naar buiten te rijden (hoewel het onwaarschijnlijk wordt geacht bestaat de mogelijkheid dat mensen van buiten de parkeergarage naar binnen gaan om 'hun auto te redden'). Het is niet uit te sluiten dat het hete water tot een hoogte stijgt waarbij het auto's in kan stromen.

Naast het ontstaan van de plas zal er ook stoomvorming in de parkeer garage zijn. Het zicht in de garage zal dus verminderd zijn en mensen kunnen daardoor gedesoriënteerd raken en de uitgang moeilijker vinden. Ook kan de hete stoom kleding doorweken en daarmee tot verbranding kunnen leiden. Aanwezige noodverlichting helpt om de vluchtwegen te vinden.

Hulpverlening

De locatie van de parkeergarage, het aantal toerijnde wegen en de drukte daarop, bepaald mede de bereikbaarheid voor hulpdiensten.

Er wordt aangenomen dat hulpdiensten niet de parkeergarage inrijden, maar hun voertuigen buiten opstellen en te voet de parkeergarage betreden. Indien er te veel water / stoom aanwezig is in de parkeergarage zal deze eerst worden leeggepompt alvorens de hulpdiensten de parkeergarage betreden.

4.4 Scenario C – Gebouwen met beperkt zelfredzame personen

Om een beeld te vormen van hoe klein de kans op het optreden van scenario C, kan de volgende redenatie worden gevolgd: Stel dat uitstroming uit een leidingdeel op een maximale afstand van 30 meter voldoende heet is om brandwonden te veroorzaken. De kans op Scenario C wordt daarmee gelijk aan de kans op een breuk gecorrigeerd voor de lengte van het relevante leidingsegment langs het gebouw. De kans dat het leidingsegment breekt, waarbij heet water (op straat) op deze locatie uitstroomt, is bepaald op één keer per ruim 624 duizend jaar. Dit is een zeer lage kans van optreden. De kans dat een verminderd zelfredzaam persoon gewond raakt is nog vele malen kleiner omdat deze personen zich niet 24 uur per dag binnen de effectzone van het uitstromend water bevinden. De betreffende persoon zal zich meestal in het gebouw bevinden, wat de kans van getroffen worden verlaagd omdat het water eerst het gebouw in moet stromen. De persoon kan zich ook op een bij het gebouw behorende buitenplaats bevinden waarbij er geen barrière is tussen het hete water en de betreffende persoon (opstaande randen zoals stoepen vormen een barrière omdat deze de stroming van het water beïnvloeden). Stel dat een specifiek persoon vier uur per dag in de buitenruimte aanwezig is zonder dat er barrières aanwezig zijn die voorkomen dat deze persoon direct met het hete water in contact komt, dan moet de kans nog gecorrigeerd worden voor dat tijdsbestek. De kans dat die persoon gewond raakt komt daarmee in de ordegrootte van één keer per 3,5 miljoen jaar⁸.

4.4.1 Context

Bij dit scenario wordt specifiek gekeken naar de calamiteit waarbij de leidingbreuk plaatsvindt in de buurt van een gebouw waarin zich verminderd zelfredzame personen bevinden. Bij dit scenario zijn onderstaande uitgangspunten gehanteerd.

- Met in de buurt wordt hier een afstand van ordegrootte 30 meter bedoeld.
- De omgeving is redelijk vlak en er wordt daarom verwacht dat de plas zich redelijk gelijkmatig zal verspreiden over de omgeving zonder diepe plasvorming.
- De in het gebouw aanwezige verminderd zelfredzamen zijn kinderen en / of ouderen en / of minder validen (te denk valt aan kinderdagverblijven, verzorgingstehuizen, verpleegtehuizen, etc.)
- Er kan begeleiding voor verminderd zelfredzame personen aanwezig zijn, maar dit hoeft niet uit één op één begeleiding bestaan. Ook kan het zijn dat begeleiding 'oproepbaar' is en dus niet persé in dezelfde ruimte als de minder zelfredzamen aanwezig is.
- De verminderd zelfredzamen bevinden zich op de begane grond (voor verminderd zelfredzame op hoger gelegen verdiepingen is er geen gevaar)

4.4.2 Scenario verloop

Uitstroming en plasvorming

Er wordt van een klein lek uitgegaan dat binnen enkele seconden tot een volledige breuk ontwikkeld door scheurpropagatie (scheuren door verdere belasting van de al verzwakte leiding ter plaatse van het lek). Door de initiële druk in de leiding komt het water met kracht vrij waarbij het de gronddekking wegslaat.

Op het moment van de breuk zijn er beperkt zelfredzame mensen in de buitenruimte aanwezig. De buitenruimte ligt op korte afstand van de leidingbreuk waardoor er zeer heet water de buitenplaats op stroomt en mogelijk ook het aangrenzende gebouw binnen stroomt.

⁸ Berekend volgens: De kans dat binnen dat leiding segment een breuk optreedt is gelijk aan $2,67E-05 / 1000 \times 30 \times 2 = 1,6E-6$ per jaar (gedeeld door 1000 geeft de kans per meter; maal 30 meter maal 2 is het aantal meter overeenkomstig met een leiding deel van 30 meter in beide richtingen. Correctiefactor voor aanwezigheidsduur: $(365 \times 4) / (365 \times 24) = 0,17$.

Voor locaties op een afstand van meer dan circa 30 meter van de breuk locatie zal de plas groot genoeg worden om deze locatie te bereiken, maar het water is naar verwachting op dat moment zodanig afgekoeld dat er geen direct gevaar zal zijn voor de mensen op de buitenruimte of in het aangrenzende gebouw.

Reactie en verwonding aanwezigen

Op straat

De mensen direct boven de leidingbreuk zullen weinig tot geen waarschuwing hebben en komen mogelijk te overlijden omdat zij zich binnen de eerder berekende dodelijke effect afstand van enkele meters bevinden. Afhankelijk van de leeftijdscategorie en zelfredzaamheid van de aanwezigen zal de reactie verschillen en zal ook de mogelijkheid om (snel) te vluchten verschillen. Minder mobiele mensen zullen langer worden blootgesteld en lopen ook een verhoogd risico om te vallen en, indien in de nabijheid van de breuk locatie, over grote delen van hun lichaam te verbranden.

Op de buiten ruimte

De mogelijkheid om de buitenruimte te ontvluchten wordt beïnvloed door het aantal vluchtroutes, de richting van de vluchtroutes (naar verwachting ten minste één het aangrenzende gebouw in) en of de buitenruimte omgeven is door een hekwerk wat de vluchtrichtingen beperkt. Er wordt vanuit gegaan dat niet alle verminderd zelfredzame kunnen vluchten omdat er geen één op één begeleiding is; dit geldt in ieder geval voor minder mobiele personen. Meerdere personen kunnen brandwonden oplopen. Gezien de korte afstand tot de breuk zal niet alleen de plas tot verbranding kunnen leiden (voornamelijk voeten en onderbenen), maar kan ook de hete stoom kleding doorweken en daarmee tot verbranding kunnen leiden.

Hulpverlening

De locatie van het gebouw en / of buitenruimte, het aantal toerijende wegen en de drukte daarop, bepaald mede de bereikbaarheid voor hulpdiensten.

(Eventueel) aanwezige BHV'ers zullen hulp verlenen aan slachtoffers. In eerste instantie de slachtoffers in de buiten ruimte (omdat verantwoordelijkheid van de BHV'ers in eerste instantie betrekking heeft op de mensen in het gebouw waar zij werken, maar wanneer mogelijk ook aan slachtoffers op straat.

5 Maatregelen

Voor het beperken van de gevolgen van een calamiteit kunnen onderstaande maatregelen overwogen worden:

- Bij de vergunning verlening voor een evenement rekening houden met de aanwezigheid van de leiding en een eventuele evacuatie van het terrein ingeval van een incident met de leiding vast te leggen.
- Samen met de hulpdiensten te kijken of er knelpunten langs de route zijn die mogelijk het wegvluchten van de calamiteit locatie en/of opvangen van mensen hinderen.
- Bij parkeergarages en ander locaties waar het water zich op kan hopen (ondergrondse opslag boxen, kelders etc.) zal er per locatie moeten worden gekeken of er voldoende ontsnappingsmogelijkheden zijn. Vooral bij locaties met een kleine oppervlakte kan er een hoog waterniveau ontstaan waar warmte slecht weg kan en dus mogelijk een gevaarlijke temperatuur hebben.
- Locaties met verminderd zelfredzamen kunnen een aandachtspunt vormen waar additionele maatregelen, zoals goede voorlichting en evacuatieplannen, nodig zijn. Voor deze locaties zal de risico beleving van het publiek belangrijk zijn gezien de kwetsbare groep.

Bijlage

Bijlage A: Referenties naar informatiebronnen

Voorbeelden van lekkages aan warmtenetten en ondergelopen parkeergarages

Via de onderstaande linken zijn enkele voorbeelden met foto's van incidenten met warmtedistributie netwerken te vinden.

Stoom uit de grond in Amsterdam Zuid

Bron: <https://www.at5.nl/artikelen/175457/stoom-uit-de-grond-in-zuid>,

Schade aan stadsverwarmingsleiding in de Hoogstraat in Rotterdam door boorwerkzaamheden.

Bron: <https://dagblad010.nl/algemeen/grote-lekkage-in-centrum-na-werkzaamheden>,

Lekkage van stadsverwarming leiding ter hoogte van de parkeerplaats Hespelaar bij het tankstation aan de A59 bij Den Hout

Bron: <https://www.ad.nl/oosterhout/lekkage-in-leiding-stadsverwarming-den-hout-parkeerplaats-aan-a59-afgesloten~a5e8b98d/?referrer=https://www.google.com/>

Via de onderstaande linken zijn enkele voorbeelden met foto's van incidenten waarbij parkeergarages onder zijn gelopen. Deze zijn illustratief voor de waterhoogte

Waterleiding springt in Rotterdam-Crooswijk, meerdere sinkholes in de Boezemweg

<https://www.rijnmond.nl/nieuws/1283316/Waterleiding-springt-in-Rotterdam-Crooswijk-meerdere-sinkholes-in-de-Boezemweg>

Parkeergarage ondergelopen met duizenden liters water

<https://www.1limburg.nl/parkeergarage-ondergelopen-met-duizenden-liters-water>

Gesprongen waterleiding Rotterdam, wateroverlast en stroomuitval

<https://www.telegraaf.nl/nieuws/426526411/gesprongen-waterleiding-rotterdam-wateroverlast-en-stroomuitval>