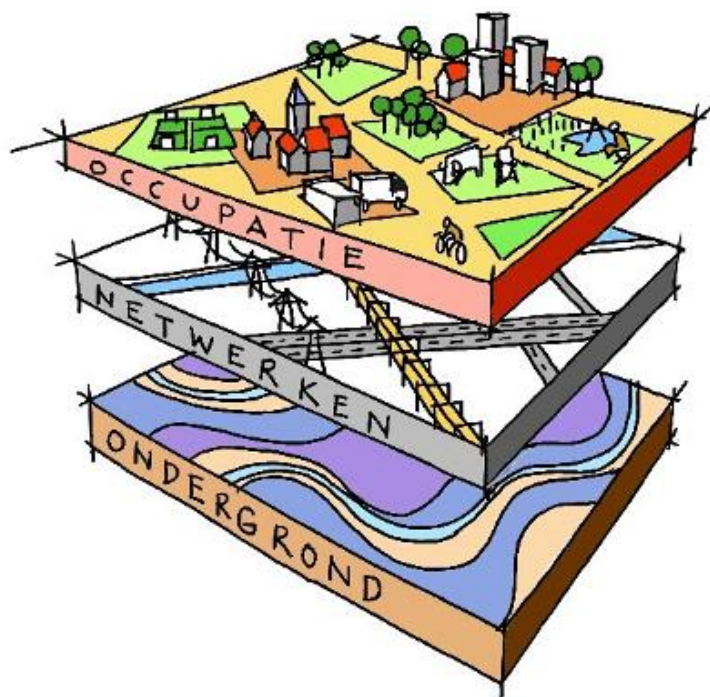




# Een onderzoek naar de waterveiligheid van een ondergronds algemeen voedingspunt in het elektriciteitsnet



## *Auteur*

---

Hidde Verloop 500676950

## *Docentbegeleiders (Hogeschool van Amsterdam)*

---

Msc. Drs. Ing. JHM Straatman en Msc. RJP van Hogezaand

## *Bedrijfsbegeleider (Hompe en Taselaar)*

---

Drs. FM Taselaar

## *Datum*

---

14 augustus 2019



hompe<sup>en</sup>  
CP baselaar



## 1 Voorwoord

Tijdens mijn zoektocht naar een geschikt afstudeerproject ben ik bij Hompe & Taselaar uitgekomen. Bij dit bedrijf bestond de vraag waar dit onderzoek over gaat. Vanuit de praktijk bleek dit een interessant vraagstuk. De theorie hierover ontbrak, vandaar dit afstudeerrapport dat voor u ligt.

In een alsmaar groeiende en drukker wordende stad als Amsterdam is de ruimte beperkt. De ondergrond wordt hierdoor een interessante plek om functies te plaatsen. Dit onderzoek gaat specifiek over het ondergronds plaatsen van algemene voedingspunten in het elektriciteitsnet en wat het risico is op uitval door wateroverlast. Dit onderzoek sluit goed aan op mijn studie Civiele Techniek aan de Hogeschool van Amsterdam, ik koos de richting watermanagement. Het raakvlak van water en elektriciteit wekte een grote nieuwsgierigheid op, wat ten goede is gekomen aan dit onderzoek.

Dit afstudeeronderzoek is bedoeld voor alle personen en organisaties die overwegen een algemeen voedingspunt in het elektriciteitsnet, ondergronds te plaatsen of hieraan meewerken.

Graag bedank ik allereerst mijn afstudeerbedrijf Hompe & Taselaar met in het bijzonder mijn begeleider Frans Taselaar. Zijn netwerk en kritische blik heeft een grote bijdrage geleverd aan de kwaliteit van dit project. Mijn collega's bij Hompe & Taselaar wil ik bedanken voor de fijne samenwerking en de antwoorden op mijn vele vragen. Een groot woord van dank gaat eveneens uit naar de Hogeschool van Amsterdam en mijn begeleidster Annelies Straatman. De verhelderende en sturende communicatie was essentieel. Ik wil de tweede lezer, Rutger van Hogezaand eveneens bedanken.

Mijn familie, vriendin en vrienden wil ik excuses maken voor mijn afwezigheid, in fysieke en soms mentale vorm, tijdens het werken aan dit afstudeerrapport. Daarnaast wil ik hen bedanken voor de steun die ik, ondanks dat, heb gekregen.

Ik wens u veel leesplezier toe,

Hidde Verloop

Amsterdam, augustus 2019



## 2 Samenvatting

Een algemeen voedingspunt in het elektriciteitsnet, in de volksmond beter bekend als ‘transformatorhuisje’, ondergronds plaatsen. Dit onderzoek neemt u mee in de waterveiligheid van dit vraagstuk. Bij extreme neerslag blijft er op sommige plaatsen water op straat staan, in enkele gevallen treedt dit water ook gebouwen en ondergrondse ruimtes binnen. Wanneer dit precies gebeurt en wat de gevolgen hiervan zijn komt allemaal aan bod in dit onderzoek.

Dit is het eerste openbare onderzoek dat gedaan is naar de combinatie van wateroverlast en een ondergronds algemeen voedingspunt.

Interviews met experts op de gebieden van waterveiligheid, crisissituaties en elektriciteitsnetwerken schetsen een algemeen beeld van de kansen en gevolgen van het ondergronds plaatsen van een algemeen voedingspunt. Bureau studies naar de risico's zorgen voor duidelijke standpunten waaruit heldere conclusies volgen.

De vraag, of een algemeen voedingspunt ondergronds kan, wordt steeds vaker gesteld al naar gelang de openbare ruimte beperkter wordt in Amsterdam. Daarnaast is het elektriciteitsnet in Nederland een van de meest betrouwbare ter wereld. Een ondergrondse plaatsing zal niet ten koste mogen gaan van de kwaliteit van dit netwerk. Onderzoek naar de betrouwbaarheid van het netwerk is geanalyseerd en hieruit zijn de kritieke cijfers en bevindingen gedestilleerd. De ernst van stroomstoringen is meegenomen om een helder beeld te krijgen van de kans op uitval van de stroom en de gevolgen hiervan. In dit onderzoek is aangetoond dat niet alle locaties in Amsterdam gevoelig zijn voor wateroverlast. Ook zijn er vele maatregelen die wateroverlast in ondergrondse ruimtes kan beperken of elimineren. Door het toepassen van deze maatregelen, of het vermijden van wateroverlastlocaties, kan een algemeen voedingspunt ondergronds geplaatst worden zonder dat het risico op uitval significant toeneemt.



hompe<sup>en</sup>  
CP baselaar



## Contents

1	Voorwoord .....	3
2	Samenvatting .....	4
4	Inleiding.....	8
4.1	Aanleiding .....	8
4.2	Probleemstelling .....	9
4.3	Doelstelling .....	11
4.4	Onderzoeksvragen .....	12
4.5	Leeswijzer.....	12
5	Onderzoeksmethodiek.....	13
5.1	Deelvraag 1 .....	13
5.2	Deelvraag 2 .....	14
5.3	Deelvraag 3 .....	14
5.4	Deelvraag 4 .....	15
5.5	Hoofdvraag.....	15
6	Deelvraag 1, Het risico bij stroomuitval.....	16
6.1	Actoren in het functioneren van het elektriciteitsnet en hun rol.....	16
6.2	Taken en verantwoordelijkheden van de actoren en de risico's .....	19
6.3	Conclusie deelvraag 1 .....	30
7	Deelvraag 2, De kans op wateroverlast .....	31
7.1	Actoren bij het risico op wateroverlast en hun rol .....	31
7.2	De kansen op- en de gevolgen van wateroverlast.....	33
7.3	Conclusie Deelvraag 2 .....	42
8	Deelvraag 3: Wat is het verschil in risico, door wateroverlast, tussen een bovengronds en een ondergronds algemeen voedingspunt? .....	43
8.1	Wateroverlast door neerslag (de kans dat regenwater een ondergrondse ruimte instroomt) 43	
8.2	Het bepalen van de risico's in vier basissituaties.....	44
8.3	Basissituatie 1: Een bovengrondse wateroverlastlocatie .....	47
8.4	Basissituatie 2: Een bovengrondse locatie zonder wateroverlast .....	47
8.5	Basissituatie 3: Een ondergrondse wateroverlastlocatie.....	48
8.6	Basissituatie 4: Een ondergrondse locatie zonder wateroverlast .....	48
8.7	Conclusie Deelvraag 3 .....	49
9	Deelvraag 4: Oplossingen voor het verlagen of verhelpen van het risico .....	50
9.1	Voorkomen van wateroverlast .....	50



9.2	Gevolgen van wateroverlast beperken .....	54
9.3	Conclusie Deelvraag 4 .....	55
10	Conclusie .....	56
11	Aanbevelingen .....	57
12	Bronnen.....	58
13	Bijlage A: Interview met Alex Geschiere van Alliander .....	59
14	Bijlage B: Interview met Jorik Chen van Waternet .....	64
15	Bijlage C: Telefonisch interview met de Autoriteit Consument en Markt.....	69
16	Bijlage D: Interview met Jeroen Kluck van de Hogeschool van Amsterdam .....	71
17	Bijlage E: Interview met Teun Timmermans van de Gemeente Amsterdam, afdeling crisisbeheer.....	75
18	Bijlage F: Factoren die invloed hebben op de betrouwbaarheid van het elektriciteitsnet bij ondergrondse plaatsing van een algemeen voedingspunt.....	79
18.1	Grondwater.....	79
18.2	Ventilatie, vocht/condensatie en temperatuur .....	81
18.3	Bereikbaarheid.....	84
18.4	Externe veiligheid.....	86



## 4 Inleiding

Als student aan de Hogeschool van Amsterdam studeer ik af bij Hompe en Taselaar. Vanuit Hompe en Taselaar worden er vaak vragen, die interessant zijn om uit te werken, opgeschreven met het idee hier ooit iets mee te doen. Zodoende ook de onderzoeksvraag die in dit rapport wordt uitgewerkt. Ik studeer af aan de opleiding civiele techniek waar ik heb gekozen voor de specialisatie watermanagement. Zoekende op de digitale leeromgeving van de Hogeschool van Amsterdam kwam ik op de afstudeeropdrachten van Hompe en Taselaar. Deze leken mij interessant en waren reden om een sollicitatie te sturen. In het eerste gesprek werd duidelijk dat er een aantal vragen was waar een afstudeeronderzoek op gebaseerd kan worden. De vragen die opgeschreven worden door Hompe en Taselaar zijn vragen waarvan het bedrijf denkt dat deze kunnen zorgen voor innovatie en verduidelijking bij toekomstige civieltechnische projecten. Na het analyseren van enkele vraagstukken is er gekozen om een onderzoek te doen naar het ondergronds plaatsen van algemene voedingspunten en het effect van hevige regenval op deze algemene voedingspunten. Dit onderzoek richt zich specifiek op Amsterdam.

### Algemeen voedingspunt:

Een transformator die eigendom is van de netbeheerder waarbij de middenspanning (10kV/20kV) getransformeerd wordt naar laagspanning (400V) in het publieke domein.

### 4.1 Aanleiding

De ontwikkeling en groei van de stad Amsterdam blijft constant doorgaan. Het aantal bewoners en bezoekers neemt elk jaar toe, maar de ruimte is beperkt. De voorzieningen die de stad moet bieden aan zijn bewoners zijn vaak als individualistische segmenten geplaatst in de stad. Met het oog op de leefbaarheid van de stad en het gebruik van openbare ruimte kan er winst ontstaan door voorzieningen ondergronds te plaatsen. Specifiek algemene voedingspunten kwamen bij Hompe en Taselaar vaak naar voren als een dergelijke voorziening.



Figuur 1: Een vrijstaand algemeen voedingspunt op het Rembrandtplein te Amsterdam





Het ondergronds plaatsen van een algemeen voedingspunt gebeurt in de praktijk bijna niet. Reden hiervoor is dat de heersende gedachte is dat het onveilig is om dit soort voorzieningen onder de grond en onder grondwaterniveau te plaatsen. Vaak wordt die optie dan ook niet serieus overwogen en snel van tafel geveegd. Bij het plaatsen van een dergelijke voorziening onder de grond valt er vaak ook voordeel te halen. Dit kan zijn in de vorm van een obstructie-loos plein of het voorkomen van vandalisme, om er maar een paar te noemen.

De zorgen over waterveiligheid van deze ondergrondse installaties is met het oog op het veranderende klimaat in eerste instantie begrijpelijk te noemen. Er worden in de toekomst heftigere buien verwacht. Dit betekent meer neerslag in minder tijd. In het Gemeentelijk Rioleringsplan Amsterdam wordt duidelijk met welke buien de gemeente, bij het ontwerpen van de openbare ruimte, rekening wilt houden. Ook de verwerkingsmanier van het water is genoteerd;

*De gemeente heeft de ambitie dat de stad in 2020 een bui van 60 mm per uur kan verwerken zonder schade aan huizen en vitale infrastructuur. Hiervan wordt 20 mm via het ondergrondse hemelwaterstelsel verwerkt en wordt 40 mm tijdelijk opgeslagen in de openbare en private ruimten (daken, tuinen, et cetera). (Waternet, 2016, p. 23)*

De wensen van de gemeente Amsterdam om enerzijds een toename van het ondergrondse ruimtegebruik voor voorzieningen te stimuleren, zoals vermeld in hun Structuurvisie 2040 (College van Burgemeester en Wethouders, 2010), en anderzijds extra regenwater te verwerken in datzelfde beperkte hoogstedelijke gebied, vraagt om technische innovatie en risicomanagement. In dit rapport is vooronderzoek gedaan naar deze risico's.

#### 4.2 Probleemstelling

De wens om ondergronds algemene voedingspunten te bouwen is aanwezig. Het wordt nog amper gedaan, omdat de risico's niet bekend zijn. Door een onderzoek te doen naar de risico's op het gebied van uitval door regenwaterschade kan er een betere overweging gemaakt worden om wel of niet te kiezen voor een ondergronds algemeen voedingspunt.



Figuur 2: Een 'laag profiel' algemeen voedingspunt



Ook door de energietransitie wordt er meer energie gevraagd van het net. Meer elektrische auto's en meer warmtepompen zorgen allemaal voor een hogere vraag aan energie. Ook het toenemen van het aantal zonnepanelen op daken leidt ertoe dat het elektriciteitsnet tot meer in staat moet zijn. Dit leidt in alle waarschijnlijkheid naar een toename in het aantal algemene voedingspunten, waar amper plaats voor is in de drukke hoogstedelijke gebieden.

Een projectontwikkelaar is vaak een deel van zijn plint kwijt aan een technische ruimte voor de netbeheerder. Deze 'plintmeters' kunnen vaak voor een goede prijs worden verhuurd aan horeca, winkeliers en andere sociale voorzieningen. Een onderbreking in deze plint heeft esthetisch gezien ook niet de voorkeur, al is dit subjectief. De bereikbaarheid, die de netbeheerder vraagt, zorgt er echter wel vaak voor dat de plint de enige locatie is die aan de eisen voldoet. In Figuur 3 is een plint te zien die, qua architectuur en bruikbare meters, wordt onderbroken door een inpandig algemeen voedingspunt.

**De plint van een gebouw:**  
Het begane grond gedeelte van de gevel van een gebouw aan de straatzijde. Hierin zitten vaak winkels, publieke voorzieningen zoals sportscholen en kappers, horeca en recepties.



*Figuur 3: Een inpandig algemeen voedingspunt in de plint van een gebouw aan de Willem de Zwijgerlaan te Amsterdam*

De wens van de gemeente Amsterdam om de ondergrondse ruimte te gebruiken voor voorzieningen is aantoonbaar aanwezig, de schaarse bovengrondse ruimte kan hierdoor een andere functie of een kwaliteitsimpuls krijgen. De beslissing om dit uit te voeren blijkt echter niet vanzelfsprekend, er zijn geen duidelijke voorbeelden te vinden waar dit wordt toegepast, echter is de wens van de gemeente



wel duidelijk over het verplaatsen van voorzieningen naar de ondergrond. Zoals in de structuurvisie 2040 van de Gemeente Amsterdam is te lezen;

*“In Amsterdam zal de ondergrond een steeds grotere en vanzelfsprekende rol spelen in ons dagelijks leven. Vaak zelfs zonder dat we het beseffen. Ondergrond en bovengrond vloeien soepel in elkaar over, keuze voor kwaliteit waarborgt ons gevoel van welbehagen in ondergrondse ruimtes. Door het verplaatsen van functies naar de ondergrond spelen we bovengronds ruimte vrij voor een belangrijke kwaliteitsimpuls van de openbare ruimte.”* (College van Burgemeester en Wethouders, 2010, p. 133).

Bij het maken van deze beslissingen zijn meerdere partijen betrokken. Deze zitten momenteel niet allemaal op een lijn. Zo is het plaatsen van een ondergronds algemeen voedingspunt niet een reguliere bouwmethode voor de netbeheerder. Het idee om af te willen wijken van deze reguliere bouwmethode leidt vaak al tot weerstand. Deze weerstand leidt ertoe dat de optie tot het ondergronds plaatsen van een algemeen voedingspunt al in de beginfase van een bouwproject wordt uitgesloten. Door deze weerstand is er nog geen gedegen onderzoek gedaan naar de risico's die zich daadwerkelijk afspelen bij het plaatsen van een ondergrondse algemene voedingspunten. Vooral de argumenten, “het is niet veilig in verband met grondwater en overstroming” en “het afwijken van de standaard” zijn de voornaamste argumenten. De voordelen die het ondergronds plaatsen van een algemeen voedingspunt op kan leveren zijn een gegronde basis voor een onderzoek. Het resultaat van dit onderzoek kan leiden tot een andere zienswijze en een nauwkeurigere argumentatie in de keuze om voorzieningen ondergronds uit te voeren.

Voorafgaand aan het onderzoek is het duidelijk dat de lasten en de baten voor een project als deze niet bij dezelfde partij liggen. Waar de gemeente een kwalitatief hoogstaand deel openbare ruimte terugkrijgt, of een projectontwikkelaar zijn totale plint kan verhuren, zal de netbeheerder minder baat hebben bij een project als deze. Deze discrepantie is essentieel in het onderzoek.

### 4.3 Doelstelling

Door onderzoek te doen naar de risico's en problemen bij het plaatsen van een ondergronds algemeen voedingspunt zal het inzichtelijk worden wat de problemen zijn en wat een eventuele oplossing is. De waterveiligheid van een ondergronds algemeen voedingspunt zal hierbij het belangrijkste zijn. Hierin wordt hoofdzakelijk de functionele veiligheid onderzocht. De menselijke veiligheid wordt tevens belicht, maar is niet de hoofdzaak in dit onderzoek.

De relevantie van het onderzoek wordt aangetoond door de structuurvisie van de gemeente Amsterdam. De beperkte openbare ruimtes in de hoogstedelijke gebieden van Amsterdam vragen om het gebruik van de ondergrond als voorzieningslocatie. Andere onderzoeken over soortgelijke onderwerpen zijn schaars of te specifiek. In dit onderzoek wordt er ingegaan op de algemene risico's die voorkomen bij het plaatsen van een ondergronds algemeen voedingspunt. Er wordt niet specifiek op een locatie ingegaan.

De onderzoeksprocessen worden doorlopen om de risico's in kaart te brengen. Het in kaart brengen van deze risico's is een van de hoofddoelen van dit rapport. Mede door het inzichtelijk hebben van deze risico's kan er gekeken worden naar oplossingen die het risico kunnen verlagen, met als doel dat deze in de praktijk kunnen worden toegepast.



## 4.4 Onderzoeksvragen

Dit onderzoek is opgedeeld in vier deelvragen en één hoofdvraag. Door deze vragen te beantwoorden zal er een helder beeld ontstaan van de risico's van wateroverlast aangaande het ondergronds plaatsen van een algemeen voedingspunt.

### 4.4.1 Hoofdvraag

Wat is de kans op onaanvaardbare (maatschappelijke) schade (het risico) voor ondergronds geplaatste algemene voedingspunten bij hevige neerslag?

### 4.4.2 Deelvragen

1. Wat is het aanvaardbare risico (kans op optreden en tijdsduur) bij uitval van een algemeen voedingspunt?
2. Wat is de kans op wateroverlast, ten gevolge van neerslag, waarmee rekening gehouden dient te worden? Uitgaande van het stedelijke gebied van Amsterdam.
3. Wat is het verschil in risico, door wateroverlast, tussen een bovengronds en een ondergronds algemeen voedingspunt?
4. Wat zijn oplossingen die het risico uit de hoofdvraag kunnen verlagen?

## 4.5 Leeswijzer

In deze leeswijzer is per hoofdstuk een korte uiteenzetting gemaakt die de nu volgende hoofdstukken beschrijven.

In hoofdstuk 4, onderzoeksmethodiek, worden de gebruikte onderzoeksmethodes beschreven. De focus ligt hier op het uitleggen van de gebruikte methodieken.

Deelvraag 1 wordt besproken in hoofdstuk 5. Dit hoofdstuk behandelt de actoren die betrokken zijn bij stroomuitval. De risicofactoren bij het uitvallen van stroom worden toegelicht. De conclusie richt zich op het beantwoorden van de eerste deelvraag.

Het zesde hoofdstuk gaat in op de verwachte wateroverlast en hoe deze te bepalen is. Het biedt inzicht in de buien waarmee gerekend dient te worden. De gevolgen van wateroverlast worden geformuleerd. De conclusie is gewijd aan het beantwoorden van de tweede deelvraag.

In hoofdstuk 7 wordt de derde deelvraag besproken. Er wordt gebruikgemaakt van enkele aannames zodat deelvragen 1 & 2 vergeleken kunnen worden. De conclusie richt zijn pijlen op het beantwoorden van deelvraag 3.

Hoofdstuk 8 omschrijft de oplossingen die het risico van wateroverlast kunnen verlagen of verhelpen, zoals in deelvraag 4 staat genoemd.

De conclusie staat in hoofdstuk 9. Hier wordt het antwoord op de hoofdvraag gepresenteerd.

Hoofdstuk 10 legt de nadruk op de aanbevelingen naar aanleiding van dit onderzoek. Dit biedt inzichten voor vervolgonderzoek.

De resterende hoofdstukken zijn bijlages.





## 5 Onderzoeksmethodiek

In dit hoofdstuk zal per deelvraag de activiteiten en methodes behandeld worden die leiden tot het beantwoorden van de deelvragen. De antwoorden op de deelvragen zullen leiden tot het beantwoorden van de hoofdvraag.

### 5.1 Deelvraag 1

Wat is het aanvaardbare risico (kans op optreden en tijdsduur) bij uitval van een algemeen voedingspunt in het publieke laagspanningsnet?

#### 5.1.1 Bepalen van de actoren

Essentieel voor het beantwoorden van deze deelvraag is het bepalen van de actoren en welke belangen en bijbehorende taken en verantwoordelijkheden deze actoren hebben. Er is onderzoek gedaan naar documenten die deze belangen en bijbehorende taken en verantwoordelijkheden beschrijven. Enkele voorbeelden van actoren zijn, de burgers, de midden- kleinbedrijven, de ACM, netbeheerders, gemeentes, energieleveranciers en verzekeraars.

#### 5.1.2 Bureaustudie, belangen taken en verantwoordelijkheden actoren

De documenten zijn verzameld en bestudeerd. De belangen en bijbehorende taken en verantwoordelijkheden, van de actoren, zijn hieruit verzameld en gedocumenteerd. Dit is gebeurd doormiddel van een bureaustudie. Met behulp van mijn begeleider is nagegaan of de, van belang zijnde, eisen en taken die uit de bureaustudie komen correct en volledig helder zijn. Voor verdere verduidelijking en sturing is er met een ervaringsdeskundige collega overlegd.

#### 5.1.3 Verifiëren door middel van interviews

De taken en verantwoordelijkheden van de actoren zijn geverifieerd door interviews met de actoren. Er is contact gezocht met de actoren en de vragen zijn voorbereid. Het interview is opgenomen en naderhand verwerkt tot tekst. Deze tekst is ter controle naar de geïnterviewde gestuurd worden. De geïnterviewde kan middels deze weg controleren dat het interview correct is genoteerd. Het is niet realistisch om met alle actoren een interview te plannen. De belangrijkste actoren uit de bureaustudie zijn geselecteerd en benaderd. Deze uitgewerkte interviews zijn te vinden in de bijlage.

#### 5.1.4 Analyse

In de analyse zijn de verschillende taken en verantwoordelijkheden van de actoren naast elkaar gelegd. Uit deze taken en verantwoordelijkheden zijn de risico's en verschillen zichtbaar geworden. De risico's zijn beschreven. De grens, die aanvaardbare en onaanvaardbare risico's scheidt, is beschreven en zo mogelijk ook vastgelegd. Deze grens is tevens getoetst aan de huidige regelgeving. Dit geeft antwoord op de eerste deelvraag.



## 5.2 Deelvraag 2

Wat is de kans op wateroverlast, ten gevolge van neerslag, waarmee rekening gehouden dient te worden? Uitgaande van het stedelijke gebied van Amsterdam.

### 5.2.1 Bepalen van actoren

Net als bij deelvraag 1 is het bij deelvraag 2 van groot belang om de actoren te bepalen. Er is een juist beeld van de wateroverlast waarmee rekening gehouden dient te worden. Ook is het duidelijk wat de taken en verantwoordelijkheden zijn van deze actoren. Documenten over de van belang zijnde taken en verantwoordelijkheden zijn verzameld.

### 5.2.2 Bureaustudie belangen en bijbehorende taken en verantwoordelijkheden

Nu de actoren zijn bepaald zijn de, van belang zijnde, documenten verzameld en bestudeerd. Middels deze bureaustudie zijn de belangen en bijbehorende taken en verantwoordelijkheden van de verschillende actoren duidelijk geworden. Met behulp van mijn begeleider is getoetst of alle taken en verantwoordelijkheden duidelijk zijn. Op de HvA is er veel kennis aanwezig op het gebied van taken en verantwoordelijkheden van deze actoren. Op deze kennis is aanspraak gedaan.

### 5.2.3 Interviews

Omwille van het verifiëren van de gevonden informatie is er contact gezocht met de actoren. Door middel van interviews is gecontroleerd of de gevonden informatie correct is en alle informatie die nodig is uit de bureaustudie is gekomen. De interviews zijn verwerkt tot tekst en ter controle opgestuurd naar de geïnterviewde partij. Deze interviews zijn te vinden in de bijlage.

### 5.2.4 Analyse

Nadat de juiste gegevens zijn verzameld is er een analyse gedaan om te bepalen welke wateroverlast er te verwachten is en welke taken en verantwoordelijkheden de verschillende actoren hierbij hebben. Er is bepaald welke kansen hieraan verbonden zitten. Deze kans zijn uiteengezet en beschreven.

## 5.3 Deelvraag 3

Wat is het verschil in risico, door wateroverlast, tussen een bovengronds en een ondergronds algemeen voedingspunt?

### 5.3.1 Verkenning

De bevindingen uit deelvraag 1 en 2 zijn naast elkaar gelegd. Er is onderzocht wat de wederzijdse beïnvloeding is van onderzoeksvraag 1 op 2. Dit is beschrijvend verwerkt doormiddel van een risicobeschrijving. In deze risicobeschrijving zijn verschillende potentiële risico's beschreven en hierbij zijn de bevindingen uit de deelvragen 1 en 2 behandeld.

### 5.3.2 Analyse

De risicobeschrijvingen zijn vergeleken. Waar mogelijk is er kwantitatief iets gezegd over deze risico's.



## 5.4 Deelvraag 4

Wat zijn oplossingen die het risico uit de hoofdvraag kunnen verlagen?

### 5.4.1 Inventarisatie bestaande maatregelen

Door middel van een globale inventarisatie zijn bestaande maatregelen, die toegepast worden bij vergelijkbare constructies, gevonden. Hieruit zijn de beste toegepaste methodes, die in vergelijkbare situaties worden gebruikt, beschreven.

### 5.4.2 Generieke oplossingsrichting

Er is een generieke oplossingsrichting bloot komen te liggen in het eerste gedeelte van dit onderzoek. Deze oplossingsrichting is gevormd en aangescherpt. Uit de eerste deelvragen vloeien praktische oplossingen voort die zich kunnen voordoen bij het ondergronds inpassen van algemene voedingspunten. Deze oplossingen zijn beschreven en helder gemaakt.

## 5.5 Hoofdvraag

Wat is de kans op onaanvaardbare (maatschappelijke) schade (het risico) voor ondergronds geplaatste algemene voedingspunten bij hevige neerslag?

### 5.5.1 Conclusie

Om de hoofdvraag te beantwoorden is er een conclusie geschreven die de hoofdvraag beantwoordt. Hierin komen alle deelvragen terug en zijn alle, van belang zijnde, variabelen uit deze deelvragen meegenomen en schriftelijk behandeld.

### 5.5.2 Aanbevelingen

Om aanbevelingen te doen zijn tijdens het schrijven van het rapport notities gemaakt. De notities geven kort aan waar vervolgonderzoek verstandig is. De geschiktheid van dit onderzoek wordt behandeld en omschreven.



## 6 Deelvraag 1, Het risico bij stroomuitval

In dit hoofdstuk wordt deelvraag 1 behandeld. Te beginnen met het bepalen van de actoren. Hierna zijn de risico's bepaald die uit de bureaustudie en interviews naar voren zijn gekomen. Tenslotte zijn deze risico's genoteerd en uitgewerkt. Deelvraag 1 luidt als volgt:

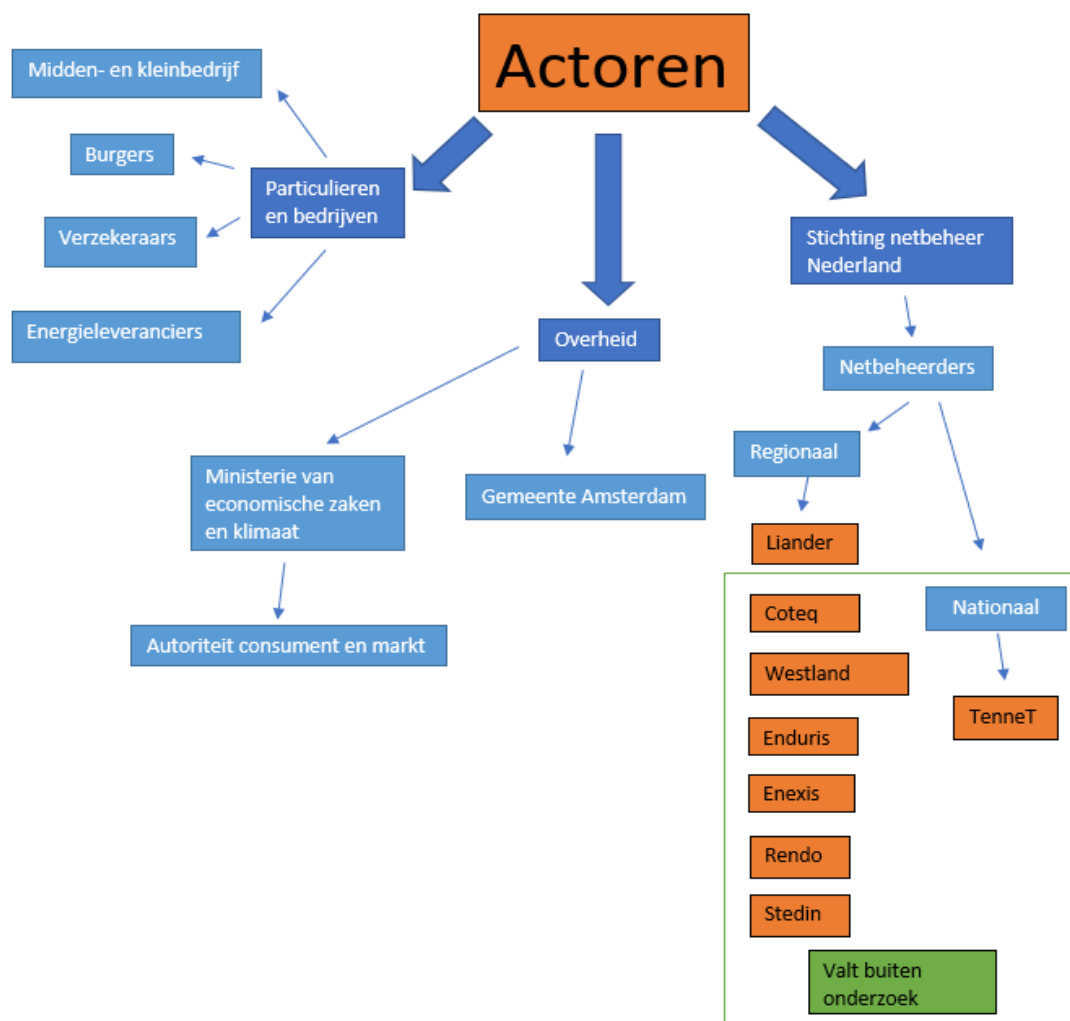
Wat is het aanvaardbare risico (kans op optreden en tijdsduur) bij uitval van een algemeen voedingspunt in het publieke laagspanningsnet?

### Algemeen voedingspunt:

Een transformator die eigendom is van de netbeheerder waarbij de middenspanning (10kV/20kV) getransformeerd wordt naar laagspanning (400V) in het publieke domein.

### 6.1 Actoren in het functioneren van het elektriciteitsnet en hun rol

Om de rol van de actoren te bepalen is er een schematisch overzicht gemaakt. Via een bureaustudie zijn deze verworven. Er is aangegeven wie de hoofd-actoren zijn en wie daar onder vallen. Per actor is er een stuk begeleidende tekst geschreven met informatie.



Figuur 4: Een schematische weergave van de verhoudingen van de actoren aan de elektriciteitskant





### 6.1.1 Netbeheerder

In dit onderzoek wordt specifiek gekeken naar ondergrondse algemene voedingspunten in Amsterdam. Tot 1 januari 2011 hebben de netbeheerders de tijd gekregen om zich te splitsen van de geïntegreerde energiebedrijven naar onafhankelijke netbeheerders. Dit is vastgelegd in de Wet Onafhankelijk Netbeheer (WON) die ook de 'splittingswet' werd genoemd. In Europees verband is er afgesproken dat de elektriciteitsnetten geliberaliseerd moesten worden en zo kwam de WON tot stand.

Het gevolg van deze liberalisering zijn meerdere regionale netbeheerders die geen concurrentie hebben in de regio. Dit zorgt voor een natuurlijk monopolie in de regio door één netbeheerder. Om de negatieve aspecten van een monopoliepositie tegen te gaan heeft het ministerie van economische zaken en klimaat de dienst Autoriteit Consument en Markt (de ACM) gevraagd toezicht te houden op de netbeheerders. Hierdoor is een groot deel van de verantwoordelijkheden van de netbeheerder vastgelegd in wetten, codes en besluiten. Uit de zeven regionale netbeheerders in Nederland opereert er één in Amsterdam en dat is Liander. Liander beheert het elektrische-energienetwerk en legt het aan. Onder dit netwerk vallen ook de algemene voedingspunten waar dit onderzoek over gaat. De andere zes netbeheerders vallen buiten de directe scope van dit onderzoek en dit geldt tevens voor de nationale netbeheerder TenneT.

### 6.1.2 Eindgebruikers

De burgers en het midden- kleinbedrijf zijn de eindgebruikers van het energienetwerk uit dit onderzoek. Deze eindgebruikers zijn afhankelijk van de laag- of middenspanningsaansluitingen die Liander aanlegt en beheert. Van een energieleverancier krijgen zij, via het netwerk van Liander, elektriciteit geleverd naar hun meterkast. Dit zijn tevens de 'klanten' van de netbeheerder.

### 6.1.3 Gemeente Amsterdam

De gemeente heeft meerdere rollen met betrekking tot het elektriciteitsnet. De drie hoofdrollen zijn in de volgende stukken tekst beschreven.

De gebruikte grond waarop de algemene voedingspunten zijn geplaatst is vaak eigendom van de Gemeente Amsterdam. Het gros van alle kabels, verdeelstations en transformatorvoorzieningen lopen door de grond van de gemeente of zijn hierop geplaatst. De gemeente en de netbeheerder hebben hierdoor logischerwijs veel met elkaar te maken. In deze rol is de gemeente Amsterdam grondeigenaar en toestemmingsverlener.

De gemeente Amsterdam gebruikt het elektriciteitsnet voor het verlichten van de openbare ruimte en het functioneren van zijn panden. In deze rol is de gemeente Amsterdam de klant.

In het geval van uitval van elektriciteit kan er eventueel verstoring van de openbare orde optreden. De gemeente Amsterdam dient een verstoring van de openbare orde te beheersen. In deze rol is de gemeente Amsterdam ordehandhaver.



#### 6.1.4 Energieleveranciers

Energieleveranciers verzorgen de in- en verkoop van energie. Deze energie wordt geleverd over het netwerk wat in eigendom en beheer is van de netbeheerder. Er zijn momenteel een twintigtal energieleveranciers actief in de regio Amsterdam. Energieleveranciers kopen hun energie in bij producenten en leveren deze aan de eindgebruiker. Een deel van de energieleveranciers zet zelf windkracht, zonne-energie, waterkracht, fossiele energie en energie uit biomassa om in elektrische energie. De eindgebruiker kan zelf kiezen voor een leverancier en een contract afsluiten. Energieleveranciers moeten een vergunning van de Autoriteit Consument en Markt (ACM) hebben om te opereren, omdat de ACM toezicht houdt op deze markt volgens de wet.

#### 6.1.5 Ministerie van economische zaken en klimaat, Autoriteit Consument en Markt (ACM)

De autoriteit consument en markt (ACM) is een dienst van het ministerie van economische zaken en klimaat. Het ministerie van economische zaken en klimaat borgt de balans van de belangen tussen de consument en de bedrijven. De ACM is de onafhankelijke toezichthouder op deze belangen en zorgt voor een gelijk speelveld voor de consument en de bedrijven.

#### 6.1.6 Verzekeraars

Geleden schade, door een stroomstoring, kan worden gedekt door verzekeringen. Enige verzekeraars bieden de mogelijkheid om schade, die niet door de netbeheerder wordt gedekt, te dekken. Dit betekent dat verzekeraars en verzekerden gebaat zijn bij een goed functionerend elektriciteitsnet en zo min mogelijk uitval. De verzekeraar hoeft zo minder uit te keren en de premies worden lager voor de verzekerden.

#### 6.1.7 Stichting Netbeheer Nederland

Netbeheer Nederland is een stichting die de belangen behartigt van de netbeheerders in Nederland. Dit doen zij onder andere bij de overheid en de politiek. Daarnaast worden landelijke aanpassingen in wettelijke codes door Netbeheer Nederland voorgesteld in naam van de leden.



## 6.2 Taken en verantwoordelijkheden van de actoren en de risico's

De actoren die betrokken zijn bij het ondergronds plaatsen van een algemeen voedingspunt hebben hier taken en verantwoordelijkheden bij. Hun belangen en bijbehorende taken en verantwoordelijkheden dienen helder te zijn alvorens er iets gezegd kan worden over de risico's. De belangrijkste taken en verantwoordelijkheden worden in dit hoofdstuk uitgelegd en leiden tot een helder beeld van de taken en verantwoordelijkheden van de actoren. De risicofactoren van uitval van elektriciteit volgen uit dit hoofdstuk.

### 6.2.1 Het elektriciteitsnet en stroomuitval

De netbeheerder heeft als duidelijkste en belangrijkste taak het beheer van het elektriciteitsnetwerk in de beheerregio. Door de monopoliepositie van de netbeheerder controleert de ACM de energiemarkt. Een aantal factoren bepalen de kwaliteit en efficiëntie van het netwerk. Deze factoren worden behandeld in de volgende deelhoofdstukken.

#### 6.2.1.1 Q- en X-factor

Een van de belangen van de netbeheerder is het winstgevend zijn. De totale inkomsten die de netbeheerder mag hebben is vastgelegd in een van de methodebesluiten die opgesteld zijn in samenwerking met de ACM. Hierin is vastgelegd dat de kwaliteit van het netwerk rechtstreeks invloed heeft op de totale inkomsten. Het belang van de netbeheerder om winst te maken is dus afhankelijk van een hoge kwaliteit van het netwerk. Deze 'kwaliteitsfactor' wordt de q-factor genoemd. In Figuur 5 is te zien met welke formule dit wordt berekend.

Ingevolge artikel 41b en artikel 41c E-wet stelt de Raad, op voorstel van de regionale netbeheerders, de tarieven jaarlijks vast, met inachtneming van de formule:

$$TI_t = \left( 1 + \frac{cpi - x + q}{100} \right) TI_{t-1}$$

Waarbij

TI = de totale inkomsten uit de tarieven in het jaar t respectievelijk jaar t-1;

cpi = de relatieve wijziging in het consumentenprijsindexcijfer;

x = de korting ter bevordering van de doelmatige bedrijfsvoering (x-factor);

q = de kwaliteitsterm, die de aanpassing van de tarieven in verband met de geleverde kwaliteit aangeeft (q-factor).

Figuur 5: De totale inkomstenberekening (methodebesluit E-wet)

Voor dit onderzoek is het zichtbaar van belang voor de netbeheerder dat het ondergronds plaatsen van een algemeen voedingspunt niet ten koste mag gaan van de kwaliteit van het netwerk. Zoals in Figuur 5 te zien is, zal een veranderende waarde van q een andere waarde van TI opleveren. De totale inkomsten zijn hiermee afhankelijk van de kwaliteit van het netwerk. De q-factor wordt, onder andere, bepaald doormiddel van het aantal storingsminuten en het aantal keren dat een storing voor komt. Een storingsminuut is een minuut per klant zonder elektriciteit.



Om klanten die met een storing te maken krijgen te compenseren moeten netbeheerders vanaf een bepaalde uitvalduur een vergoeding betalen. Hierover meer in het volgende deelhoofdstuk Hersteltijd en boetes.

De x-factor is een efficiëntiefactor. Hiermee krijgt de netbeheerder op basis van prestaties uit het verleden een waarde toegekend. Begininkomsten en eindinkomsten van een jaar worden naast elkaar gelegd en de inkoopkosten van bijvoorbeeld transport worden hiervan afgetrokken. Op deze manier heeft de inkoop en de inkomstenontwikkeling geen effect op de winst die de netbeheerder mag hebben volgens de Netcode. Dit heeft als doel dat de gelijkmatigheid en de doelmatigheid van de netbeheerder erop vooruitgaat. In het kort zorgt dit ervoor dat de netbeheerder bij investeringen in de efficiëntie niet gekort wordt op de winst die er gemaakt mag worden.

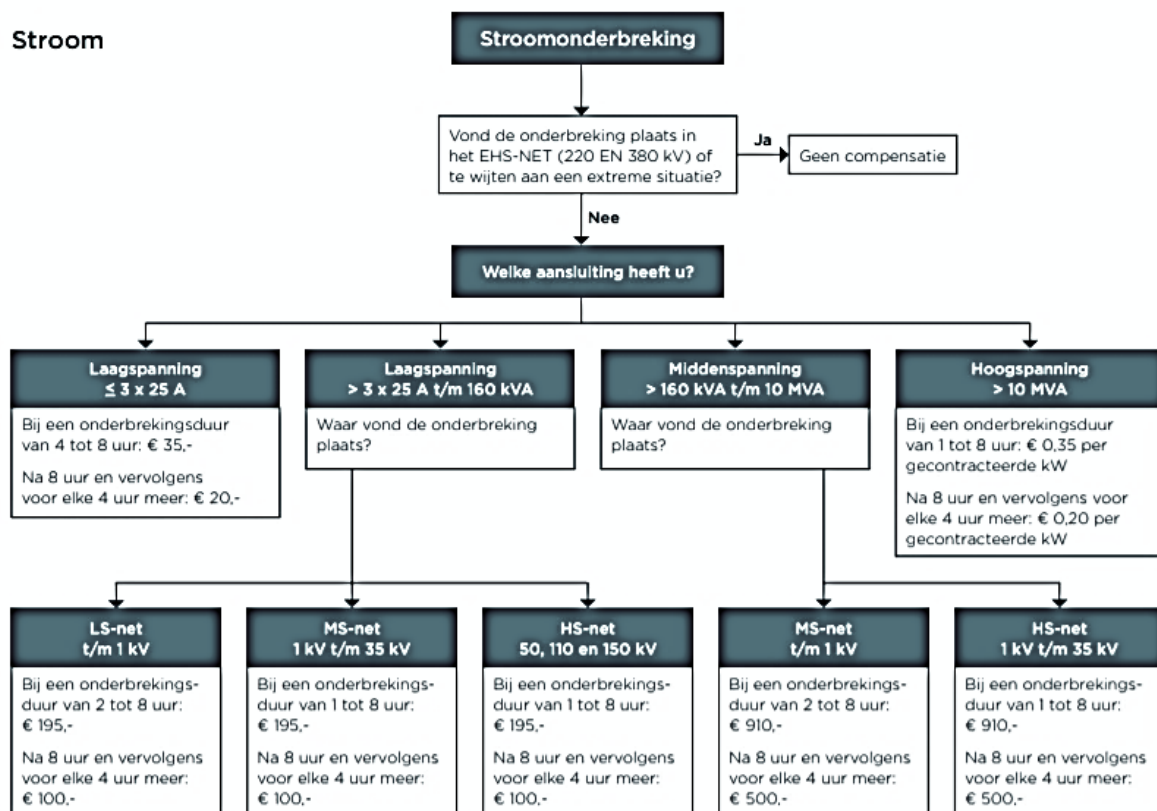
**De risicofactoren:**

Het risico voor de netbeheerder op het gebied van kwaliteit is een lagere winst bij lagere kwaliteit. Een ondergronds algemeen voedingspunt zal niet ten koste mogen gaan van de kwaliteit van het netwerk of leiden tot meer storingsminuten



### 6.2.1.2 Hersteltijd en boetes

“Gemiddeld heeft een streng, waarin de algemene voedingspunten zich bevinden, één keer in de 3 jaar uitval” (Geschiere, 2019). Uit het interview met Alex Geschiere van Alliander, in Bijlage A, blijkt dat het sturen op een laag aantal storingsminuten erg belangrijk is. “Een klant mag gemiddeld ongeveer 20 minuten per jaar spanningsloos zijn, al ligt dat dit jaar iets hoger” (Geschiere, 2019). Gemiddeld was er tussen 2012 en 2016 24,4 minuten uitval per klant per jaar (Movares, 2018). Hieruit volgt de interpretatie dat een storing van 20 minuten per klant per jaar acceptabel is voor de netbeheerder. De klanten die worden getroffen door een storing hebben recht op een vergoeding van de netbeheerder. In Figuur 6 is te zien hoe deze vergoeding wordt bepaald.



Figuur 6: Vergoedingstarieven voor getroffen klanten van een stroomstoring (bron: <https://www.liander.nl/storingsen/compensatie> 2 juni 2019)

Een gemiddelde huisaansluiting valt onder het blok ‘laagspanning  $< 3 \times 25$  Ampère’. Dit betekent dat een klant met 6 uur uitval €35,- vergoeding krijgt, na de eerste 4 uur €35,- en voor de resterende 2 uur €0,-. De uitval is verdeeld in blokken van 4 uur, de eerste 4 uur krijgt de klant geen vergoeding, de tweede 4 uur €35,- vergoeding en elk compleet aansluitend blok van 4 uur totaal nog eens €20 vergoeding. Een uitval van 10uur levert bijvoorbeeld €55,- op (€35+€20) voor de getroffen klant. Bij een stroomstoring zoals die van 17 januari 2017, waarbij 360.000 huishoudens werden getroffen voor ruim 4 uur, lijkt dit een grote kostenpost te zijn. 360.000 huishoudens maal €35,- is €12.600.000, een aanzienlijk groot bedrag. Toch komen storingen, met deze boetebedragen, van dit formaat niet veel voor, het is zelfs voor Liander niet de hoofdreden om te sturen op betrouwbaarheid, zoals te lezen valt in de onderstaande quote uit Bijlage A: Interview met Alex Geschiere van Alliander.



*“Wij moeten klanten vergoeden als de uitval langer dan ‘x’ uur duurt. Voor ons is die penalty niet maatgevend om alleen daarop te sturen. Dat zijn minimale kosten. In de streefcijfers willen wij een beschikbaarheid hebben die past bij de totale performance van het netwerk en de maatschappelijke belangen van een betrouwbare energievoorziening. Dus wij doen het beter dan alleen kaal op die penalty sturen. In de regulering heb je een factor die effect heeft op je kosten, waar een factor kwaliteit in zit. In de totale statistiek van het netwerk heeft dat financiële effecten op de inkomsten die je bij je klanten mag vragen. Als een storing langer dan 4 uur is moeten wij klanten gaan vergoeden. Uitval is niet te vermijden, maar meestal zijn wij veel sneller dan die 4 uur met het herstel van de energielevering (isoleren van de fout en het weer in bedrijf nemen van de ongestoorde netdelen). Voordat deze vorm van regulering er was, legden wij het netwerk ook al zo aan. Voor ons is de het maatschappelijk belang van de beschikbaarheid erg belangrijk”. (Geschiere, 2019)*

Wat duidelijk wordt is dat de q-factor en x-factor en het maatschappelijk belang een veel grotere motivator is op de hersteltijd die Liander halen wil, dan de vergoeding die Liander moet betalen aan de klanten bij uitval. Het feit dat de meeste storingen ruim binnen de 4 uur verholpen is geeft dit ook aan.

Opvallend is dat in Figuur 6 ook te zien is dat bij een ‘extreme situatie’ geen vergoeding uitgekeerd wordt. Verder onderzoek, in de Netcode Elektriciteit, leert dat er in artikel 8.8 Lid 2b de uitzonderingen staan die hiervoor gelden.

*“6.3.2 De in 6.3.1. genoemde verplichting geldt niet,*

*a. ...*

*b. wanneer de netbeheerder kan aantonen dat de netbeheerder als gevolg van een extreme situatie niet binnen de hersteltijden, zoals bedoeld in artikel 6.3.1, een onderbreking kan herstellen. Met een extreme situatie wordt bedoeld een incident dat zo weinig voorkomt dat het oneconomisch zou zijn om daarmee rekening te houden in de reguleringssystematiek en dat bovendien niet beïnvloed kan worden door de netbeheerder. Een incident is een niet te voorziene gebeurtenis of situatie die redelijkerwijs buiten de controle van een netbeheerder ligt en niet te wijten is aan een fout van een netbeheerder. Hierbij kan gedacht worden aan aardbevingen, overstromingen, uitzonderlijke weersomstandigheden, terroristische aanslagen en oorlog, of...”*

Gezien het feit dat dit onderzoek gaat over de risico’s van extreme neerslag is dit een interessant gegeven. Extreme neerslag valt logischerwijs onder uitzonderlijke weersomstandigheden. Echter wordt er na contact met de ACM duidelijk dat dit niet betekent dat er direct een ‘vrijstelling’ is van vergoeding voor schade door extreme neerslag. Uit het interview, in Bijlage C: Telefonisch interview met de Autoriteit Consument en Markt, de volgende passage.



Betekent dit dat een netbeheerder niet de reguliere boete hoeft te betalen als een algemeen voedingspunt uitvalt door een zeer heftige bui?

- *“Nee, het is van belang dat een voorziening die onder de grond wordt geplaatst op dezelfde manier functioneert als de bovengrondse voorziening. Als de bovengrondse voorziening in dezelfde uitzonderlijke weersomstandigheden wel bereikbaar is, maar de ondergrondse niet, dan is dat te wijten aan de netbeheerder.*
- *In het geval dat de uitzonderlijke weersomstandigheden ervoor zorgen dat een ondergronds en een bovengronds algemeen voedingspunt allebei waren uitgevallen, dan is er wel een kans dat de uitzondering geldt. Dit moet echter per geval bekeken worden”.* (Wilko Wolbers, 2019)

Hieruit wordt ook duidelijk dat de netbeheerder verantwoordelijk is voor de risico's van ondergrondse plaatsing. De ACM kijkt niet mee met elke plaatsing van een algemeen voedingspunt. Hier heeft de ACM geen belang bij, blijkt uit Bijlage C: Telefonisch interview met de Autoriteit Consument en Markt. *“De ACM als dienst van het ministerie heeft geen belang bij de locatie of manier waarop een voedingspunt wordt geplaatst. Op het moment dat de manier of locatie van een algemeen voedingspunt tot problemen leidt (problemen waar het ACM toezicht op houdt) dan kan het ACM eventueel in gesprek komen met een netbeheerder.”* (Wilko Wolbers, 2019). De ACM is hierin toezichthouder en geen dienst die preventieve controles uitvoert bij de plaatsing van de algemene voedingspunten in Nederland.

De hersteltijd van 4 uur inclusief de daar bijbehorende wetten, codes en uitzonderingen zijn opgesteld door de netbeheerders. Dit is gedaan door Netbeheer Nederland in samenwerking met de ACM. Ondanks dat de positie van de ACM als overheidsinstantie doet vermoeden dat zij de regelgeving bepalen, is dat niet het geval. De netbeheerders zijn zelf in staat om een wijziging aan te dragen, de ACM houdt hier enkel toezicht op. Een uitzonderlijke situatie zoals een ondergronds algemeen voedingspunt kan dus niet verboden worden/zijn door de ACM. Wel kan de ACM optreden in de vorm van boetes als dit op een onveilige, of tot frequente uitval leidende, manier is gedaan. *“Als er willens en wetens een code, opgesteld door de netbeheerders en de ACM, wordt overtreden dan is er een kans op grote boetes voor de netbeheerder. Zij mogen zelf voorstellen doen om deze codes te veranderen. Het is niet aan de ACM om hier een sturende rol in te hebben, de ACM houdt alleen toezicht.”* (Wilko Wolbers, 2019)

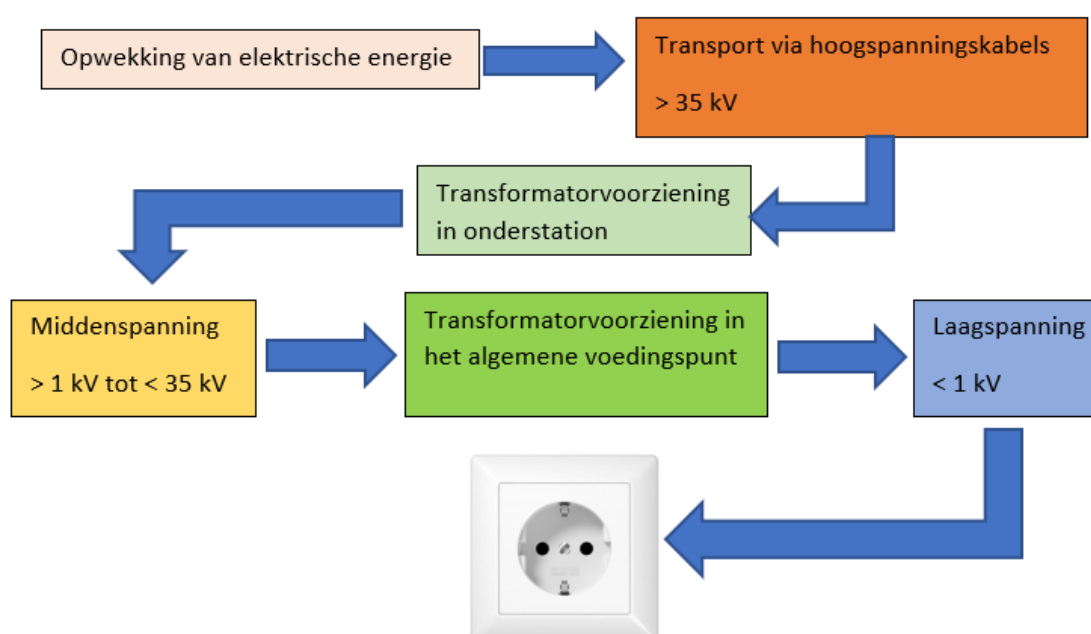
#### **De risicofactoren:**

Een gemiddelde uitval van 20 minuten per klant per jaar is geïnterpreteerd als acceptabel voor de netbeheerder. Dit geeft een kans op uitval van 0.000038 (20 minuten gedeeld door het aantal minuten in een jaar). Van 2012 tot 2016 was het gemiddelde 24,4 storingsminuten (een kans van 0.000046) (Movares, 2018). Extreme weersituaties zijn niet direct een uitzondering op de Netcode. De ACM heeft geen sturende rol in de plaatsing van een algemeen voedingspunt. De risico's van het ondergronds plaatsen van een algemeen voedingspunt liggen bij de netbeheerder. Een verandering in de Netcode is mogelijk via de ACM, mocht dit nodig zijn. Van een preventief verbod op een ondergronds algemeen voedingspunt door de ACM is geen sprake. Het risico van compensatie aan klanten is minder belangrijk dan het risico op verlies aan kwaliteit van het netwerk (q-factor en x-factor) voor de netbeheerder.



### 6.2.1.3 Oorzaken van uitval in de huidige algemene voedingspunten

Eerder is genoemd dat een uitval van 20 minuten per klant per jaar acceptabel is voor de netbeheerder. De frequentie van de uitval is variërend, maar “Gemiddeld heeft een streng waaraan de AVP’s vastzitten ongeveer één keer in de drie jaar uitval. Dit is erg afhankelijk van de lengte van de streng en de hoeveelheid AVP’s in de streng” (Geschiere, 2019). Het Nederlandse energienetwerk is een van de beste van Europa, toch is uitval nooit voor de volle honderd procent te voorkomen. Om een beeld te krijgen van een antwoord van de eerste deelvraag is het van belang om de huidige oorzaken van uitval in kaart te brengen. Hiermee kan namelijk worden bepaald wat onder de normale risico’s valt en wat afwijkend zou zijn. Dit onderzoek gaat over een algemeen voedingspunt. Hierin zit een transformator die middenspanning omzet in laagspanning en enkele andere installaties. In Figuur 7 is schematisch weergegeven in welk deel van het netwerk dit algemene voedingspunt zit.



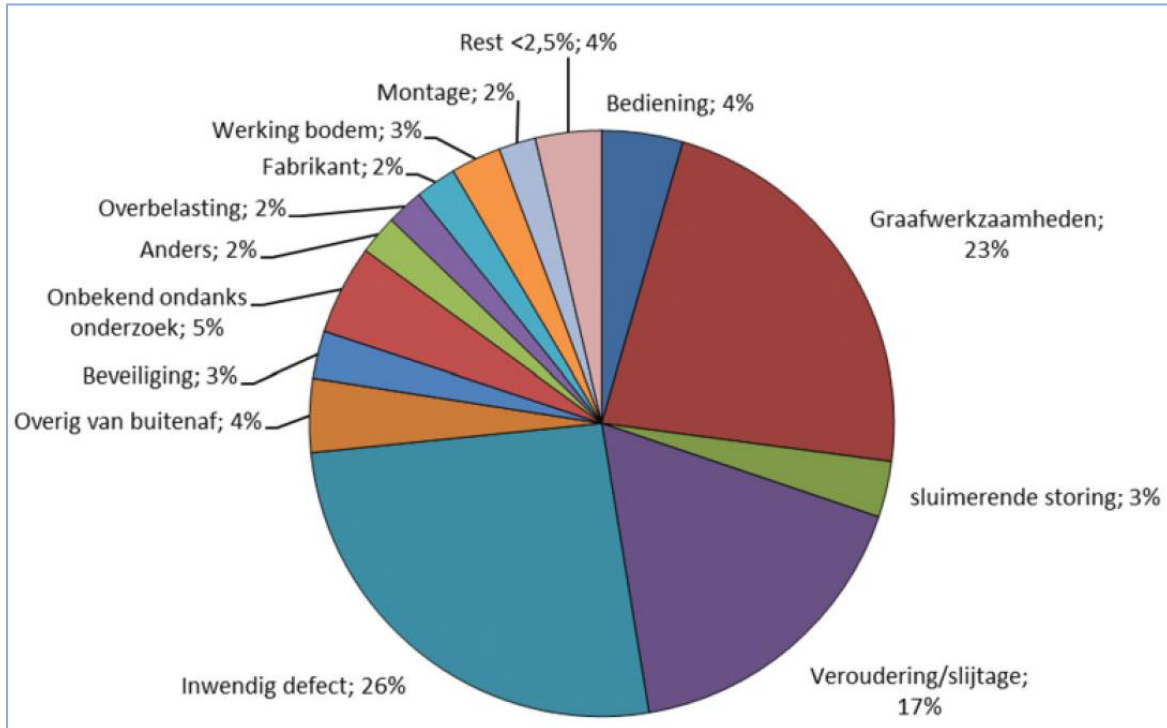
Figuur 7: Een schematische weergave van de stroom van elektrische energie van opwekking tot stopcontact

Er is te zien dat een algemeen voedingspunt de laatste schakel is voor de huisaansluitingen. Dit betekent dat het aantal getroffen bij een storing in een algemeen voedingspunt relatief lager is dan wanneer de storing in een hoogspanningsnet of middenspanningsnet optreedt. Wel maakt een algemeen voedingspunt soms deel uit van een streng waarin meerdere algemene voedingspunten op eenzelfde middenspanningskabel zit aangesloten. Hierdoor kan storing in één algemeen voedingspunt leiden tot het afschakelen van de gehele streng, totdat het foutieve algemeen voedingspunt is gevonden. Hierna kan de rest weer worden ingeschakeld. Interessant om te zien is wat momenteel de verdeling is bij oorzaken van uitval. Hierbij worden de laagspannings- en middenspanningsnetten bekeken, aangezien een algemeen voedingspunt hier beiden op aangesloten is. In Figuur 8 en Figuur 9 op de volgende pagina zijn de oorzaken van storing in, respectievelijk, de middenspannings- en laagspanningsnetten te zien. Opvallend is dat ‘graafwerkzaamheden’ in beide gevallen een groot percentage aan storingsoorzaken op zich neemt. Daarnaast nemen ‘inwendige defecten’, ‘veroudering/slijtage’ en ‘sluimerende storingen’ de rest van het merendeel van de storingen voor hun rekening. Interessant voor dit onderzoek is dat schade door wateroverlast of overstrooming valt onder ‘Rest’ en deze oorzaak zal niet meer dan 4% van de

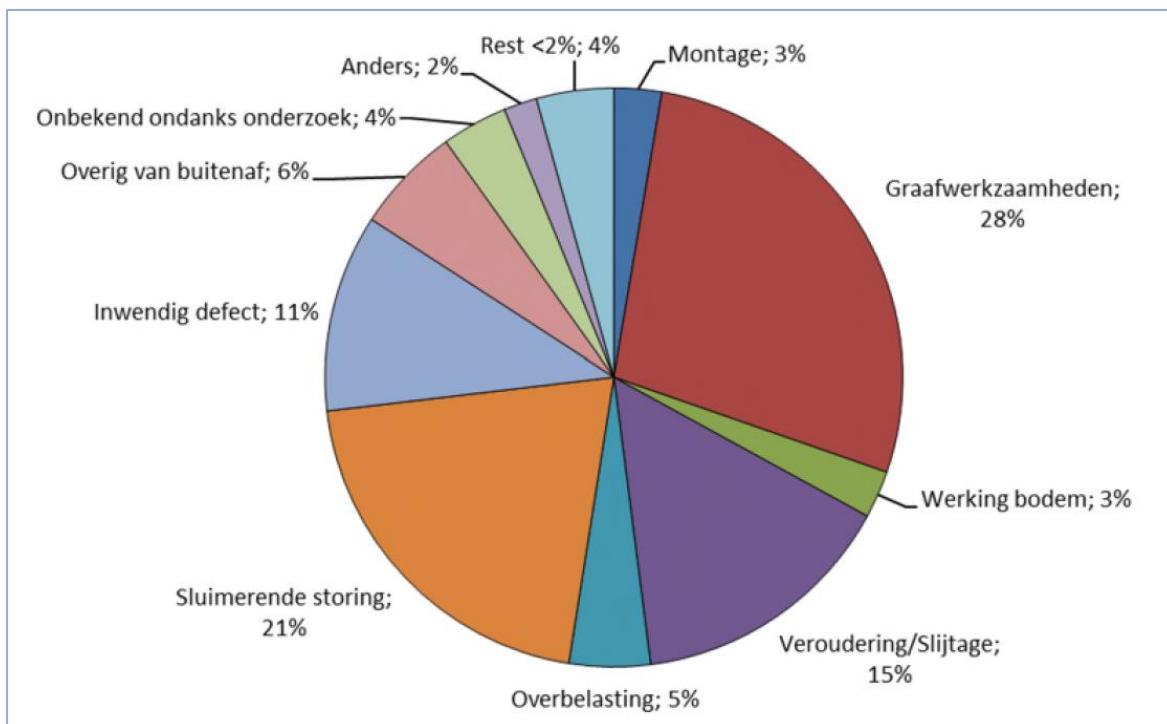




oorzaken voor zijn rekening kan nemen. In werkelijkheid ligt dit lager dan 4% aangezien de uitgevoerde bureaustudie naar voorbeelden hiervan geen resultaten heeft opgeleverd en er naast overstroming en wateroverlast nog veel meer andere oorzaken onder 'Rest' vallen.



Figuur 8: Storingsoorzaken middenspanning 2017 (Movares, 2018)



Figuur 9: Storingsoorzaken laagspanning 2017 (Movares, 2018)



Een deel van de waterproblemen waar Liander tegenaan loopt hebben te maken met vocht op de apparatuur in een algemeen voedingspunt. In bovengrondse 'standaard' voorzieningen is dit een aanzienlijk probleem. In het interview met Alex Geschiere kwam een interessante passage voorbij waar deze problemen duidelijk worden.

*"Wij merken nu in onze huidige infrastructuur dat de kabeldoorvoeren naar kabelkelders niet goed bestand zijn tegen het uitzetten en inkrimpen van de kabels. Ook met eigen systemen hebben we al betrekkelijk veel last van lekkages bij voorzieningen die langer dan 10-20 jaar in bedrijf zijn. Daar zit een rond gat in het beton, dat wordt meegestort bij de bouw van de kelders. Maar doordat kabels toch bewegen en krimpen en uitzetten, zien we in de loop van de jaren toch vaak lichte lekkage. Dit zorgt ervoor dat mensen gereserveerd raken voor waterindringing. Als er kritische componenten in die kast zitten dan hebben wij er signalering staan om de waterindringing te meten en op afstand door te geven. Als er minder kritische componenten in zitten dan wordt dat met inspectierondes gedaan. Als er met een inspectieronde water wordt gevonden dan pompen we het af. Ook wordt er gekeken of de lekkage verholpen kan worden, zodat we weer een aantal jaren droog kunnen blijven in die kelder. Deze wateroverlast komt betrekkelijk vaak voor, ik schrik er soms wel eens van als ik die cijfers zie." (Geschiere, 2019)*

Het risico, dat indringing van grondwater levert, in de kabelkelders onder de bestaande algemene voedingspunten van Liander, is een actueel probleem. Uit het onderzoek van Movares uit 2018 blijkt dat vocht verantwoordelijk is voor 1,72% van de storingen in het laagspanningsnet en 1,65% van de storingen in het middenspanningsnet. Niet al deze storingen vinden overigens plaats in het algemeen voedingspunt, een deel van de storingen door vocht komt door falende moffen (kabelverbindingen), lijnen en kabels. Als de storingen buiten de algemene voedingspunten niet mee worden genomen, is vocht in het algemeen voedingspunt verantwoordelijk voor 0,39% van de storingen in het laagspanningsnet en 1,3% in het laagspanningsnet. In 2017 was er totaal 24,4 minuten uitval per klant. Hiervan was 10,2 minuten door storing in de middenspanning en 5,8 minuten storing in de laagspanning, de rest in hoogspanning. Hiervan is vocht verantwoordelijk voor 1,3% van 10,2 minuten en 0,39% van 5,8 minuten, in totaal 0,15 minuten, ongeveer 9sec per klant per jaar. Liander is bekend met deze problemen en heeft daarnaast ook mogelijkheden om deze problemen te verhelpen. Om de effecten van dit vocht te beschrijven is de volgende passage zeer verhelderend.

*"Bij de installaties zelf hebben we deels open elektriciteit en daar kunnen sluitingen ontstaan als daar veel water aanwezig is. Zelfs bij een klein beetje water hebben we al vochtproblemen door condensvorming. De elektronica en de monitoringsapparaten hebben hier ook al last van. Corrosie, roestvorming, zijn de langere effecten van condensvorming, want een laag water in de kabelkelder zorgt al voor een heel ander klimaat in de ruimte. Dat langdurige vocht is echt een probleem." (Geschiere, 2019)*

Deze problemen door condensatie worden zoveel mogelijk verholpen door de ventilatie in de ruimtes. Ook zorgt de warmte, die vrijkomt bij het transformeren van voltage, voor een positief effect op condensatieproblemen. Toch blijkt dit een probleem dat geen acute verschuiving in de huidige constructiemaniër van algemene voedingspunten heeft veroorzaakt.

Deze deelvraag onderzoekt de storingen in algemene voedingspunten. Het onderzoek van Movares betreft de gehele betrouwbaarheid van het elektriciteitsnet. Gezien het hoge aantal storingen dat veroorzaakt wordt buiten de algemene voedingspunten bij kabels, lijnen en moffen, is het van



belang te bepalen hoe groot dit deel is. Een analyse, van de kengetallen van de storingen per netcomponent, levert op dat in het middenspanningsnet 70% van de storingen door kabels, leidingen en moffen wordt veroorzaakt. Voor het laagspanningsnet is dit 67%.

**De risicofactoren:**

De oorzaken van uitval in het elektriciteitsnet lopen erg uiteen. In de huidige algemene voedingspunten is vocht verantwoordelijk voor 0,39% van de storingen in het laagspanningsnet en 1,3% van de storingen in het middenspanningsnet. Uit het onderzoek en de interviews blijkt niet dat dit risico acute aanpassingen eist in de bouwprocessen van algemene voedingspunten. De kans op uitval zal nooit 'nul' worden, het risico van uitval zal altijd bestaan. De meeste storingen (70% middenspanning en 67% laagspanning) vinden hun oorzaak buiten het algemene voedingspunt.

### 6.2.2 De ernst van stroomuitval

Er wordt in dit onderzoek, zoals in de deelvragen vermeld, gezocht naar een risico. Aangezien risico een kans maal een gevolg is, is het gevolg van stroomuitval op de maatschappij een belangrijk onderwerp. In de voorgaande tekst is besproken wat het risico voor de netbeheerder is. Logischerwijs heeft uitval van stroom ook een direct effect op de eindgebruikers van de stroom. Wanneer dit een crisis wordt en wat de gevolgen zijn komt in dit deelhoofdstuk naar voren. Uit een interview met Teun Timmermans van de afdeling crisisbeheer van de gemeente Amsterdam (Bijlage E), wordt dit duidelijk. *“Er bestaat geen afvinklijst voor wanneer iets een crisis wordt. Het is bijvoorbeeld belangrijk op welk moment iets optreedt. Stroomuitval om 2 uur in de nacht is veel minder erg dan om 7 uur in de ochtend, wanneer de ochtendspits begint. Ook is het gebied van de stroomuitval erg belangrijk. Welke kwetsbare objecten zitten hierin? Is het een woonwijk of een ziekenhuis zoals het VU-ziekenhuis waar de noodstroom ook niet meer werkt, die twee zaken zijn heel erg verschillend”* (Timmermans, 2019). In de meeste gevallen leidt stroomuitval niet direct tot een crisis, ongeveer 1 á 2 keer per jaar wel, *“Er zijn natuurlijk veel vaker kleine en kortdurende uitvallen. Wij hebben nu gemiddeld 1 á 2 keer per jaar een dusdanig grote storing dat wij daarvoor opschalen”* (Timmermans, 2019). Dit onderzoek gaat over het hoogstedelijke gebied van Amsterdam waar de openbare ruimte beperkt is. De focus zal dus liggen op de gevolgen in hoogstedelijk gebied.

#### 6.2.2.1 Tijdstip en tijdsduur

Het tijdstip waarop de stroom uitvalt is een belangrijke factor in de gevolgen die dit heeft. Een uitval midden in de nacht zal leiden tot veel minder problemen dan een uitval midden op de werkdag. Het tijdstip heeft ook effect op de locaties die het meeste last ervaren van de stroomstoring. Bij een stroomstoring midden in de nacht zal een woonwijk minder last ervaren dan een uitgaansgebied. De gevolgen van het tijdstip zijn erg afhankelijk van de plaats en de duur van de uitval. Qua tijdstip is het hierdoor lastig te bepalen wat de verschillende gevolgen zijn. Wel is het logisch om ervan uit te gaan dat tijdens werktijden en de spits de gevolgen over het algemeen het grootst zijn. Qua tijdsduur is er wel een duidelijker verloop van toenemende ernst. Allereerst is het voor de duur van de storing belangrijk of de netbeheerder zicht heeft op de oorzaak, als dit het geval is zal het terug in bedrijf brengen aanzienlijk korter duren. Bij een storing zal het licht direct uitgaan en de televisie ook. In de verdere uren zijn er bepaalde zaken die grote stappen maken in de ernst van de gevolgen. Mobiele telefoons hebben gemiddeld voor één dag batterij, maar de telefoonmasten kunnen na een half uur al door hun noodaccu heen zijn. Een verstoring in de communicatie tussen burgers onderling en tussen burgers en hulpdiensten zorgt voor een kritieke situatie. Ook de alarmsystemen



op verschillende objecten zullen direct uitvallen of een noodaccu hebben voor een aantal uur. *“De zendmasten voor het communicatiesysteem van de hulpdiensten houden het een stuk langer uit, maar ook deze tijd is eindig”* (Timmermans, 2019). De verdere calamiteitenplannen van de hulpdiensten zijn niet openbaar, in verband met de veiligheid. Het lastige voor de hulpdiensten is het in kaart brengen van hulpbehoevende mensen. *“Het is helaas niet centraal geregistreerd waar mensen wonen die zorgbehoevend zijn, dus dat is altijd weer een zoektocht om die mensen te vinden”* (Timmermans, 2019). Deze mensen kunnen bijvoorbeeld afhankelijk zijn van beademingsapparatuur dat een bepaalde accuduur heeft.

**De risicofactoren:**

Stroomstoring is altijd vervelend, maar het is niet per definitie een crisis- of noodsituatie. De tijdsduur heeft wel een duidelijke progressie in ernst, hoe langer het duurt hoe kritieker de situatie. Het tijdstip heeft een groot effect op de ernst van de stroomstoring. Ook heeft het tijdstip effect op welke functies prioriteit moeten krijgen bij herstel.

**6.2.2.2 Locatie**

De locatie van de storing is in grote mate bepalend voor het risico. De gevolgen kunnen namelijk erg verschillen. Een ziekenhuis is verantwoordelijk voor zijn eigen noodstroom. Deze noodstroom wordt opgewekt met aggregaten. Hierdoor lijkt een ziekenhuis een kwetsbaar object en dat is het ook, maar deze objecten hebben een goed crisisplan. Ook zorginstellingen moeten een crisisplan hebben in het geval van stroomuitval, dit betekent niet altijd dat zij een noodstroomvoorziening hebben. Ook zonder elektriciteit kan een crisis worden doorstaan. De afdeling crisisbeheersing van de gemeente Amsterdam heeft een draaiboek voor de verschillende effecten die stroomuitval kan hebben op verschillende functies in de stad.

Een gemiddeld individu die getroffen wordt kan prima een dag zonder stroom. De meeste mensen hebben nog iets te eten en drinken in huis en kunnen met een kaars en een boek gemakkelijk de dag door komen. Buiten dat het vervelend is, komen deze mensen de dag wel door. Saillant detail, *“... wij zien wel een grotere kans op brandgevaar bij een stroomuitval, omdat significant meer mensen kaarsen gaan gebruiken. Wij kennen zelfs gevallen van mensen die binnen gingen barbecueën, heel gevaarlijk, op het gebied van koolmonoxidevergiftiging”* (Timmermans, 2019). Blijkbaar creëren mensen in enkele gevallen extra veiligheidsrisico's ten tijde van een stroomstoring, dit is echter geen groot risico gezien de lage kans.

*“Bedrijven en organisaties zijn zelf verantwoordelijk voor hun continuïteit”* (Timmermans, 2019). Dit heeft als effect dat zij een eigen noodplan moeten hebben. Zo moeten internetknooppunten ook zorgen voor hun eigen continuïteit. Hier hebben zij ook plannen voor.

In hoogstedelijk gebied komen veel winkelstraten en andere voorzieningen voor, zoals sportscholen en kapperszaken. Dit soort voorzieningen zijn over het algemeen minder goed voorbereid op een stroomstoring, het is wel hun eigen verantwoordelijkheid om op een juiste manier te handelen ten tijde van een stroomstoring. Uit het interview, met Teun Timmermans, blijkt ook dat een noodplan van winkeliers over het algemeen niet vanzelfsprekend is, *“...ik weet ook dat zij die niet hebben”* (Timmermans, 2019). Stroomuitval heeft als gevolg dat bijvoorbeeld de rolluiken niet meer dichtgaan en kassasystemen niet meer werken en dat de medewerkers niet weten hoe zij hiermee om moeten te gaan. Hierdoor kan er een risico voor de veiligheid ontstaan.

Het herstellen van de stroomtoevoer is afhankelijk van de locatie. Bij een grootschalige stroomuitval *“...werd er, gezien het tijdstip (5u in de nacht), voor gekozen dat bewoners voor het uitgaanspubliek*



ging. Dat heeft te maken met de sociale onrust die dan kan ontstaan. In bepaalde buurten was de vrees op toename van inbraken aanwezig” (Timmermans, 2019). Het is van belang dat er bij het herstellen van de stroomtoevoer gekeken wordt naar mogelijke verstoring van de openbare orde in bepaalde delen van de stad.

**De risicofactoren:**

Qua locatie zijn de risico's verschillend. De meest kritieke functies zoals ziekenhuizen en zorginstellingen zijn goed voorbereid en moeten dit ook zijn. De minder kritieke functies van de stad zijn aanzienlijk minder goed voorbereid terwijl dit wel hun verantwoordelijkheid is. In de herstelprocedure geeft de locatie bepaalde prioriteiten met betrekking tot herstel.

*6.2.2.3 Getroffenen*

In een woonwijk leven vaak mensen die hulpbehoevend zijn. Dit zijn mensen die goed zelfstandig kunnen leven, maar wel afhankelijk zijn van medische apparatuur. Tijdens de uitval van stroom is het belangrijk om deze mensen zo snel mogelijk in kaart te krijgen zodat deze mensen hulp kunnen krijgen. Deze mensen zijn niet centraal geregistreerd en zijn het lastigst in kaart te brengen. Mensen die thuis wonen, hulpbehoevend zijn en wel een team van hulpverleners hebben zijn vaak sneller in beeld en worden sneller geholpen. De gemiddelde mens kan echter goed omgaan met een stroomstoring zonder dat er kritieke situaties ontstaan.

Werknemers in bedrijven kunnen meestal goed omgaan met een stroomstoring, maar het ontbreekt vaak aan een duidelijk noodplan.

**De risicofactoren:**

Hulpbehoevenden moeten snel in beeld gebracht worden om grote gevolgen te vermijden. Voor een gemiddeld mens zijn er over het algemeen geen kritieke gevolgen verbonden aan een stroomstoring



### 6.3 Conclusie deelvraag 1

*Wat is het aanvaardbare risico (kans op optreden en tijdsduur) bij uitval van een algemeen voedingspunt in het publieke laagspanningsnet?*

Het gevolg van stroomuitval treft meerdere partijen. Een gemiddelde uitval van 24,8 minuten per klant per jaar was van 2012 – 2016 het geval. Een uitval van 20 minuten per klant per jaar is geïnterpreteerd als acceptabel voor de netbeheerder in dit onderzoek. De winst van de netbeheerder is gebonden aan de kwaliteit van het netwerk. Als er meer storingsminuten optreden zal er minder winst worden gemaakt. Dit komt voor het grootste deel door de q-factor en de x-factor. Een minder groot deel komt door de vergoeding die de netbeheerder aan zijn klanten moet voldoen bij storingen langer dan 4 uur.

Stroomstoring is voor de eindgebruikers niet per definitie een crisis- of noodsituatie. Zorginstellingen en ziekenhuizen hebben een noodplan en/of noodvoorzieningen. Bedrijven en winkels behoren een noodplan te hebben maar hebben deze niet altijd. Een gemiddeld persoon ervaart een stroomstoring als vervelend, maar kan er goed mee omgaan.

De ernst van de gevolgen van een stroomstoring is sterk afhankelijk van de locatie, het tijdstip en de tijdsduur. Deze gevolgen kunnen specifiek gemaakt worden, wanneer er een specifieke locatie onderzocht wordt.

De kans op een minuut stroomstoring per klant is momenteel 0,000046 per jaar (2017, 24,4 storingsminuten). De gevolgen variëren per locatie, tijdstip en tijdsduur. De betrouwbaarheid van het Nederlandse elektriciteitsnet scoort ook erg goed vergeleken met vergelijkbare landen. Hierdoor is te concluderen dat de huidige kans op uitval acceptabel is.

Wat betreft de tijdsduur van de storing is het voor de netbeheerder van belang om binnen 4 uur de storing verholpen te hebben. Dit lukt in de meeste gevallen. Voor de eindgebruikers is het sterk afhankelijk van het tijdstip en de locatie wat de gevolgen zijn van een langere of kortere tijdsduur van de storing.

Het gros van de storingen (70% middenspanning en 67% laagspanning) vinden hun oorzaak buiten het algemene voedingspunt in de kabels, lijnen en moffen van het netwerk. De algemene voedingspunten en de componenten hierin zijn verantwoordelijk voor minder dan 1/3 van het aantal storingen.

Het risico bij uitval dat momenteel bestaat is acceptabel. Dit risico mag in de toekomst niet groter worden. De gevolgen variëren per locatie, tijdstip en tijdsduur.



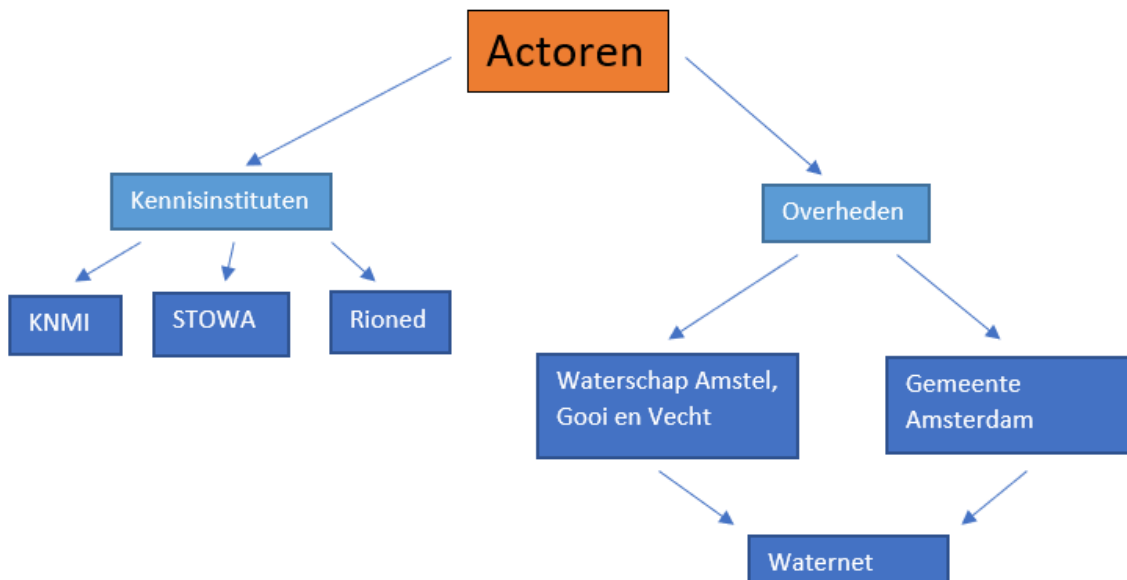
## 7 Deelvraag 2, De kans op wateroverlast

In dit hoofdstuk komt deelvraag 2 aan bod. Te beginnen met het behandelen van de actoren en hun rol. Vervolgens wordt het risico behandeld dat uit de bureaustudie en interviews naar voren is gekomen. In de conclusie staan de bevindingen in het kort beschreven. Deelvraag 2 luidt als volgt:

*Wat is de kans op wateroverlast, ten gevolge van neerslag, waarmee rekening gehouden dient te worden? Uitgaande van het stedelijke gebied van Amsterdam.*

### 7.1 Actoren bij het risico op wateroverlast en hun rol

Wateroverlast is een belangrijke factor in het bepalen van het risico voor het ondergronds plaatsen van een algemeen voedingspunt. De actoren worden allereerst schematisch weergegeven in Figuur 10. Om daarna te kunnen bepalen wat de rol is van de actoren, worden ze één voor één besproken in de volgende tekst.



Figuur 10: Een schematische weergave van de actoren

#### 7.1.1 Het KNMI

Het KNMI is het meteorologisch instituut van de Nederlandse overheid. Al 150 jaar werken zij aan het in kaart brengen van het weer en doen zij voorspellingen op basis van metingen. Het KNMI adviseert en waarschuwt de samenleving over neerslag. Daarnaast doen zij voorspelling over het klimaat dat in de toekomst wordt verwacht. Op basis van deze gegevens baseren verschillende actoren hoe zij moeten dimensioneren en ontwerpen voor de toekomst.

#### 7.1.2 Waterschap Amstel, Gooi en Vecht

Het waterschap in Amsterdam is het waterschap Amstel, Gooi en Vecht. Het waterschap zorgt voor de aanvoer en afvoer van (oppervlakte-) water in zijn beheergebied. Het waterschap besluit ook wat er met het water in het zorggebied gebeurt. In Amsterdam is het zo dat het waterschap de besluitvorming in handen heeft en dat de uitvoering gedaan wordt door Waternet.





### 7.1.3 Stichting RIONED

Stichting RIONED is de koepelorganisatie voor stedelijk waterbeheer in Nederland. RIONED heeft een kennisbank waaruit informatie gehaald kan worden voor het ontwerpen van waterafvoer in het stedelijk gebied. Zo hebben zij gestandaardiseerde neerslaggebeurtenissen opgesteld. Deze hebben verschillende herhalingstijden en bijbehorende neerslagintensiteiten. Deze ‘maatgevende buien’ worden door tal van professionals gebruikt bij het ontwerpen van hemelwaterafvoer. Leden van RIONED zijn gemeentes, waterschappen, provincies, aannemers, adviesbureaus, toeleverende bedrijven en onderwijsinstellingen.

### 7.1.4 STOWA

De stichting toegepast onderzoek waterbeheer (STOWA) ontzorgt waterbeheerders. Indien er bij meerdere waterschappen eenzelfde onderwerp meer onderzoek verdient, dan doet STOWA dit. Hierdoor is er verbinding tussen de waterschappen en profiteren ze allemaal van deze onderzoeken. Deelnemers van STOWA zijn, waterschappen, hoogheemraadschappen, zuiveringsschappen en de provincies.

### 7.1.5 Gemeente Amsterdam

De gemeente Amsterdam is de partij die de openbare ruimte inrichting geeft. Ook dragen zij de zorgplicht voor het hemelwater. Het hemelwater wat redelijkerwijs niet op grond van een particuliere grondeigenaar kan worden verwerkt, dient ook door de gemeente te worden verwerkt. De gemeente heeft hiervoor een Gemeentelijke Rioleringsplan opgesteld. De gemeente Amsterdam en Waternet hebben daarnaast ook het Rainproof programma in leven geroepen om Amsterdam bestand te maken tegen hoosbuien die frequenter en intensiever worden als het Nederlandse klimaat warmer wordt.

In het Deltabesluit Ruimtelijke adaptatie is vastgelegd dat alle gemeentes in 2020 stresstesten hebben uitgevoerd op wateroverlast. In 2020 moet het klimaatbestendig inrichten, om vitale functies te beschermen, onderdeel van het beleid en de regelgeving zijn. In 2050 moet Nederland, volgens de Deltabesluit Ruimtelijke adaptatie, klimaatbestendig en waterrobuust zijn ingericht (Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische zaken, 2017).

### 7.1.6 Waternet

De zorgplicht voor het hemelwater, die de gemeente Amsterdam heeft, wordt uitgevoerd door Waternet. In het Gemeentelijk Rioleringsplan is deze verhouding beschreven. *“De gemeente is verantwoordelijk voor een doelmatige inzameling en verwerking van afvloeiend hemelwater. Daarbij gaat het niet alleen om het buizenstelsel in de grond, maar in toenemende mate ook om de openbare ruimte waarin hemelwater wordt opgevangen en zodoende wateroverlast wordt beperkt. De gemeente stemt af met waterschappen, is aanspreekpunt voor de burger en behandelt hemelwatermeldingen... ..De gemeente Amsterdam en het waterschap AGV hebben de uitvoering van hun watertaken aan Waternet gemandateerd.”* (Waternet, 2016). Tevens onderhoudt Waternet ook het drinkwaternet en vuilwaterriool van Amsterdam, ook het grondwater valt onder het mandaat. Ze zijn verantwoordelijk voor de hele waterkringloop in Amsterdam, dit is uniek in Nederland.





## 7.2 De kansen op- en de gevolgen van wateroverlast

De verschillende actoren, die geïdentificeerd zijn, in het onderzoek hebben taken en verantwoordelijkheden bij het beheersen van de risico's die wateroverlast met zich mee draagt. Het in kaart brengen van de kans op wateroverlast, het verkleinen van de kans op wateroverlast en het beperken van de gevolgen zijn hiervan de grootste taken en verantwoordelijkheden.

### 7.2.1 De kans op wateroverlast

De kans dat er wateroverlast optreedt is altijd aanwezig. Er is door verschillende actoren een eenduidige kansberekening gemaakt over de te verwachten neerslag. Hierin zijn enige verschillen te zien, maar deze zijn niet significant te noemen, voor dit onderzoek. De verwachtingen komen namelijk grotendeels overeen. In de toekomst zal de kans op wateroverlast toenemen.

Klimaatverandering speelt hier een grote rol in. Openbare gebieden worden ingericht om voor tientallen jaren gebruikt te worden. De levensduur van rioleringen ligt in de orde van grootte van decennia tot een eeuw. Hierdoor is het belangrijk om voor de aanleg van nieuwe hemelwaterafvoeren rekening te houden met de veranderingen in neerslagintensiteit in de toekomst. Hier zijn de huidige systemen niet altijd op gedimensioneerd. De ondergrondse rioolssystemen blijven naar alle waarschijnlijkheid gedimensioneerd op het verwerken van 20mm/u neerslag. De openbare ruimte zal wel steeds vaker een extra functie krijgen in de toekomst, voor waterberging in extreme situaties. Deze extra waterberging komt op plekken waar eventueel schade kan ontstaan bij een extreme bui. De kans op wateroverlast wordt hiermee beperkt.

#### 7.2.1.1 Toekomstige extreme neerslag

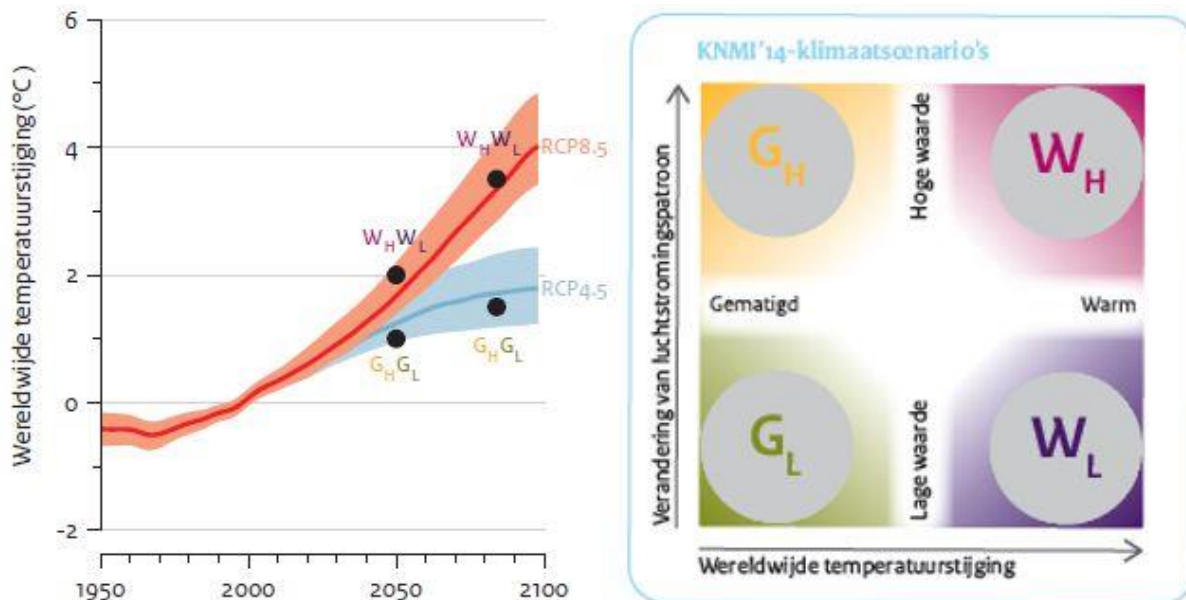
Klimaatverandering speelt een rol in het intensiever worden van de neerslag. Vooral de opwarming van de aarde is hierin een hoofdzaak. Deze opwarming heeft als effect dat neerslag intensiever wordt en er meer hemelwater afgevoerd moet worden in de stad. De hoeveelheid extra waterdamp, die wordt vastgehouden door de warme lucht, is vast te stellen met de Clausius-Clapeyron relatie uit Figuur 11.

Warmere lucht kan meer waterdamp bevatten. De toename van de maximale hoeveelheid waterdamp in lucht voordat verzadiging optreedt gaat met ongeveer 7 % per graad en wordt gegeven door de zogenaamde Clausius-Clapeyron relatie. Deze relatie is gebaseerd op de thermodynamica van vloeistoffen en gassen, en is dan ook onomstreden. Wanneer de relatieve vochtigheid – de verhouding tussen de actuele hoeveelheid vocht en de verzadigingswaarde – niet al te veel verandert zal bij toenemende temperatuur de (absolute) luchtvochtigheid dus toenemen.

Figuur 11: De Clausius-Clapeyron relatie (bron: KNMI)



Daarnaast zijn er nog meer factoren die de intensiteit van de buien vergroten, waaronder het veranderen van luchtstromen. Het KNMI heeft verschillende prognoses voor de opwarming van de aarde waar al deze factoren in verwerkt zijn. Deze prognoses worden 'klimaatscenario's' genoemd. In Figuur 12 is te zien welke scenario's er zijn.



Figuur 12: Klimaatscenario's schematisch weergegeven (bron: KNMI)

De 4 scenario's zijn  $W_h$ ,  $W_l$ ,  $G_h$  &  $G_l$ . De hoofdletters staan voor 'W: warm' of 'G: gematigd'. De subscriptie staat voor 'h: hoge verandering in luchtstroom' en 'l: lage verandering in luchtstroom'. Al deze scenario's hebben een ander effect op het klimaat in de toekomst. Dit onderzoek gaat over neerslag, dit wordt uitgelicht. In Figuur 13 is te zien hoe de verschillende scenario's invloed hebben op de neerslag.

Kerncijfers KNMI'14-klimaatscenario's, met correctie $W_l$ 2085									
Seizoen <sup>A)</sup>	Variabele	Indicator	Klimaat <sup>B)</sup> 1951-1980	Klimaat <sup>B)</sup> 1981-2010	Scenario veranderingen voor het klimaat rond 2085 <sup>C)</sup> (2071-2100)				Natuurlijke variaties
				= referentie-periode	$G_L$	$G_H$	$W_L$	$W_H$	gemiddeld over 30 jaar <sup>D)</sup>
		Wereldwijde temperatuurstijging:			+1,5 °C	+1,5 °C	+3,5 °C	+3,5 °C	
		Verandering van luchtstromingspatroon:			Lage waarde	Hoge waarde	Lage waarde	Hoge waarde	
zomer	neerslag	maximum uurneerslag per jaar	14,9 mm/uur	15,1 mm/uur	+8 tot +16%	+9 tot +19%	+22 tot +45%	+22 tot +45%	± 14%

Figuur 13: Neerslagtoename in 2085 bij de verschillende scenario's (bron: KNMI)

In het warmste scenario stijgt de temperatuur met 3,5° Celsius. Dit heeft als effect dat de verwachte maximum uurneerslag met 22% tot 45% toeneemt. Het KNMI geeft aan dat, buiten de 7% meer waterdamp per graad, de warmere lucht zorgt voor een hoger percentage neerslag per graad, "Uit waarnemingen blijkt dat bij de meest extreme buien de hoeveelheid neerslag per uur toeneemt met ongeveer 12% per graad opwarming" (KNMI, 2015). Dit komt deels door het veranderen van de dauwpunttemperatuur waarop waterdamp de lucht compleet verzadigd, meer waterdamp kan de lucht niet bevatten en de neerslagvorming begint. De intensiteit van hevige neerslag zal in de toekomst groter worden. Hiermee wordt de kans op wateroverlast ook groter.

Deze factoren zijn meegenomen in het tot stand komen van de cijfers uit Tabel 1 door STOWA (zie hoofdstuk 7.2.1.2). Met het huidige klimaat omvat een T=100 ongeveer 40-45mm/u. Met het veranderende klimaat en de 22-45% heftigere neerslag uit Figuur 13, is de 60mm/u als T=100 voor het aankomende klimaat genomen. Het Waterschap Amstel, Gooi en Vecht heeft analyses gemaakt voor 60mm/u buien en 90mm/u buien. Hier kan gebruik van gemaakt worden bij het analyseren van de gevolgen van wateroverlast. Deze analyses zijn representatief voor een herhalingsstijd van respectievelijk T=100 en T=500.

### 7.2.1.2 Herhalingsstijden van extreme neerslag

De manier waarop de kans op extreme neerslag wordt bepaald is doormiddel van herhalingsstijden. Deze herhalingsstijden geven aan wat de kans is dat een bepaalde bui, die zich één keer in de 'x' jaar herhaalt, valt. Een voorbeeld hiervan is een bui met een herhalingsstijd van 1 keer in de 100 jaar. Dit wordt de T=100 genoemd. De totstandkoming van deze kans gebeurt door middel van extrapoleren van de data die het KNMI heeft verzameld in de afgelopen decennia. De neerslag die bij de herhalingsstijd van T=100 hoort is ±60mm/u (STOWA, 2018). Hierin zijn de gevolgen van klimaatverandering (zie 'Toekomstige extreme neerslag' deelhoofdstuk 7.2.1.1) meegenomen. In Tabel 1 is te zien hoe de verdeling van de kansen is vastgesteld door STOWA.

HERHALINGSTIJD (JAAR)	NEERSLAGDUUR						
	10 MIN	30 MIN	1 UUR	2 UUR	4 UUR	8 UUR	12 UUR
2	12	17	20	24	28	33	37
10	17-18	24-27	30-32	35-39	41-45	47-51	51-55
25	20-23	30-35	37-43	44-51	52-59	58-66	62-70
50	22-27	34-42	42-52	51-61	58-71	65-79	68-83
100	26-32	41-52	52-64	63-76	72-86	79-95	82-100
500	35-48	60-84	78-105	95-125	107-141	114-152	115-156
1000	40-57	71-104	93-131	113-155	128-174	135-187	133-191

Tabel 1: Millimeter neerslag per herhalingsstijd van buien per neerslagduur (STOWA, 2018)

Deze verdeling van kansen geldt voor elk gebied in Nederland. Elke locatie in Nederland heeft dezelfde kans om door een bui als deze getroffen te worden.



Dit betekent dat de gemeente Amsterdam en Waternet rekening moeten houden met deze kansen en hoeveelheden. Dit doen zij door ontwerpnormen vast te stellen in het gemeentelijk rioleringsplan (GRP), hieruit volgt ook de kans op overlast. In het GRP van de gemeente Amsterdam wordt dit als volgt omschreven; *“De gemeente heeft de ambitie dat de stad in 2020 een bui van 60 mm per uur kan verwerken zonder schade aan huizen en vitale infrastructuur. Hiervan wordt 20 mm via het ondergrondse hemelwaterstelsel verwerkt en wordt 40 mm tijdelijk opgeslagen in de openbare en private ruimten (daken, tuinen, et cetera)”* (Waternet, 2016).

Een passage uit ‘Bijlage D: Interview met Jeroen Kluck van de Hogeschool van Amsterdam’ geeft hier uitleg over.

*“Gemeentes willen weten of er water in woningen komt en hoe lang het blijft staan op bepaalde plekken, op straat bijvoorbeeld. De T=100 (60mm/u) is dus wel belangrijk, maar de norm is nog steeds de T=2 (20mm/u). Dat is de ontwerpnorm voor de riolering voor de meeste steden. De T=100 is belangrijk om te analyseren wat er in extreme gevallen gebeurt en soms wordt daar in het ontwerp van de openbare ruimte ook al rekening mee gehouden.”* (Kluck, 2019)

De kans dat er wateroverlast optreedt, in de vorm van water op straat, is 1 keer in de 2 jaar (T=2, 20mm/u). Dit is het punt waarop de riolering op maximale capaciteit zit en het overtollige water in de openbare ruimte geborgen wordt. De ambitie van de gemeente is dat dit overtollige water schadevrij geborgen wordt, in deze openbare ruimte, tot een bui met een herhalingsperiode van T=100 (60mm/u). De kans op schade door wateroverlast, bij het voldaan hebben aan de ambitie van de gemeente Amsterdam, is op iedere willekeurige locatie minder dan een keer per 100 jaar (een kans van <0,01). In hoeverre deze ambitie werkelijkheid is blijkt uit Bijlage B: Interview met Jorik Chen van Waternet.

*“Ten tijde van het schrijven (van het GRP) was de 60mm/u nog voortvarend en hoefden we in principe niks te doen vanuit een normstelling of wat dan ook. Maar vanuit Waternet vonden we dit belangrijk om te doen (60mm/u). Oorspronkelijk als ambitie, maar achteraf bleek dat het een behoorlijke harde, zwart op wit, normstelling is eigenlijk.”* (Chen, 2019)

Wanneer de openbare ruimte een nieuwe inrichting krijgt is de T=100 (60mm/u) een norm. Dit is een belangrijk gegeven. Het is niet zo dat dit overal het geval is, maar de gemeente heeft een stap gemaakt van een ambitie naar een harde norm om schade te beperken bij ernstige neerslag. In het deelhoofdstuk ‘De gevolgen van wateroverlast’ wordt er ingegaan op de progressie van de taak om Amsterdam bestand te maken tegen de T=100.

De reden dat er niet gedimensioneerd wordt op buien groter dan T=100 zijn de kosten. Er is een grens gesteld bij T=100 op advies van Waternet. *“Wij tonen aan waar het omslagpunt ligt tussen acceptabel en niet acceptabel”* (Chen, 2019). Uiteindelijk is het belastinggeld waarmee de openbare ruimte wordt ingericht. Met dit geld moet acceptabel om worden gegaan.

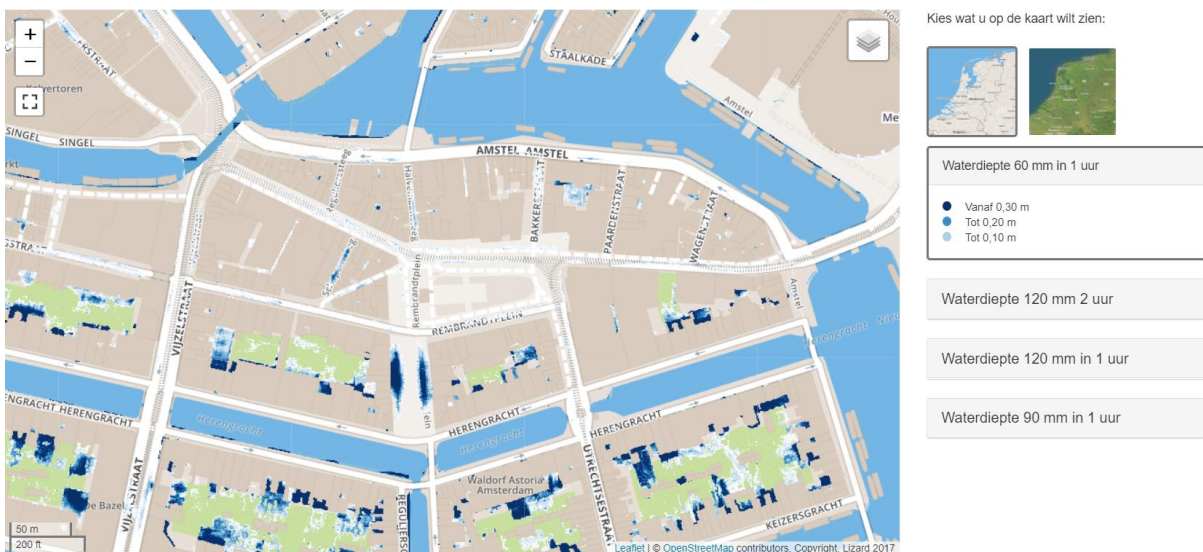


## 7.2.2 De gevolgen van wateroverlast

Nu de kans van wateroverlast in het vorige deelhoofdstuk is behandeld, moeten de gevolgen behandeld worden om een risico te kunnen inschatten.

### 7.2.2.1 De verwerking van neerslag

Bij normale neerslagintensiteiten wordt het water afgevoerd via het HWA-riool of gemengd riool, dit hangt af van de locatie. Zoals in het vorige deelhoofdstuk naar voren kwam is het HWA-riool gedimensioneerd op maximaal 20mm/u aan neerslag, een T=2 situatie. Bij een bui groter dan T=2 zal er water op straat staan voor een korte tijd. Dit is wateroverlast, maar ook een manier van tijdelijke waterberging. Om deze wateroverlast bij extreme neerslag in kaart te brengen heeft het Waterschap Amstel, Gooi en Vecht een aantal openbare kaarten laten maken voor verschillende extreme situaties. In Figuur 14 en Figuur 15 is, als voorbeeld, de Rembrandtpleinbuurt digitaal getroffen door een bui van respectievelijk 60- en 90mm/u (T=100 en T=500).



Figuur 14: Wateroverlast in de Rembrandtpleinbuurt bij 60mm/u neerslag



Figuur 15: Wateroverlast in de Rembrandtpleinbuurt bij 90mm/u neerslag





De verschillen zijn duidelijk zichtbaar. De locaties waar wateroverlast plaatsvindt bij een 60mm/u bui verschillen niet veel met de locaties waar er bij 90mm/u wateroverlast ontstaat. Wel is er een aanzienlijk verschil in waterdiepte (zie legenda). Daarnaast zijn er gebieden die bij de 90mm/u bui in geen enkele vorm aan waterberging voorzien. Deze gebieden liggen hoger en zullen geen waterbergende werking hebben. De neerslag die op deze gebieden valt zal direct afstromen naar lageregelegen gebied. Zelfs binnen straatniveau is er aanzienlijk verschil tussen overlastgebieden en overlastvrije gebieden.

### 7.2.2.2 De effecten van waterberging op straat

Wat het bergen op straat van een 90mm/u bui, met een kans van 1 keer in de 500 jaar, voor de omliggende panden betekent, is te zien in Figuur 16. In deze afbeelding is weergegeven welke panden last ondervinden van het water op straat.



Figuur 16: Risico op water in pand bij een bui van 90mm/u in het Rembrandtplein gebied

De leidende factor, bij het risico op water het pand, is het vloerpeil van de panden. De vloerpeilen van de panden, uit het BAG, zijn over de AHN3 gelegd en hieruit volgt het risico op waterintreding. Bij een neerslaggebeurtenis, die een keer in de 500 jaar voorkomt, zal een deel van de panden last hebben van waterintreding met de bijbehorende schade. Het grootste deel van de panden in Amsterdam is echter bestand tegen de gevolgen van wateroverlast op straat bij een bui van T=500.



*Figuur 17: Een typisch voorbeeld van waterberging op straat. Vrije trottoirs, huizen schadevrij en het water op de rijbaan*

### *7.2.2.3 Toekomstig ontwerp openbare ruimte*

De gemeente Amsterdam heeft, conform de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie, de knelpunten van het huidige watersysteem in kaart gebracht. Deze heet, toepasselijk, de Regenwaterknelpuntenkaart. Het initiatief Rainproof is de organisatie achter deze kaart. De manier waarop, en de termijn waarin, de gemeente Amsterdam de stad Rainproof wil hebben komt naar voren uit het interview met Jorik Chen, beleidsadviseur van Waternet.

*“Wij doen vanuit Rainproof, een organisatie die voorkomt uit Waternet, erg ons best om in de gehele gemeente Amsterdam die gedachtegang te laten krijgen (de gedachtegang dat het belangrijk is om, vooraf aan het bouwen, te denken aan de klimaatbestendigheid op het gebied van neerslag). De ontwerpers van Amsterdam, de mensen van de ruimtelijke inrichting, worden ook betrokken bij Rainproof. Wij werken nu aan blauwdrukken voor bepaalde wijken. Deze kunnen zij erbij pakken als ze die wijken gaan aanpakken en daarop kunnen zij zien hoe die wijk in is te richten om een Rainproof situatie te krijgen. Iedere 40 jaar worden alle wijken wel een keer volledig aangepakt, voor nieuwe riolering of nieuw wegdek. Op het moment dat dit gebeurt pakken ze de blauwdruk erbij en richten ze het Rainproof in. In theorie is dan over 40 jaar de hele stad Rainproof. Dat is natuurlijk een theoretische werkelijkheid, natuurlijk halen wij, als Waternet, liever bepaalde knelpunten naar voren in de tijd. Dat kan helaas alleen niet altijd. Ik heb zelf geen exact zicht op wanneer er een nieuwe wegindeling komt in alle wijken, maar het streven hebben wij wel.” (Chen, 2019)*



### 7.2.3 Het risico van wateroverlast

Er is een kleine kans met een overzichtelijk gevolg. De jaarlijkse kans op een 60mm/u (T=100) bui is op elke locatie in Amsterdam 0,01. Het gevolg is echter sterk verschillend vóór de locaties en afhankelijk van de maaiveldsituatie. Zelfs bij 90mm/u (T=500) zijn er tal van locaties waar geen water wordt geborgen op straat. Intrede van hemelwater in panden is een bestaand risico bij een situatie die zich 1 keer in de 500 jaar voordoet. Zelfs bij deze, hoogst uitzonderlijke, situatie is het merendeel van de panden schadevrij en watervrij.

Locaties, waar het risico op wateroverlast groot is, zijn bekend bij de gemeente Amsterdam en Waternet. Op deze locaties is kans op schade aanwezig, deze locaties dienen vermeden te worden bij de plaatsing van een ondergronds algemeen voedingspunt. Kritieke locaties krijgen voorrang bij het verlagen van de risico's met toekomstige werkzaamheden.

De openbare informatie over potentiële wateroverlastlocaties is met hoge professionaliteit vervaardigd, kosteloos, helder en doeltreffend. Met deze informatie is het risico op wateroverlast per locatie goed in te schatten. Locaties, waar het risico laag is, zijn er in grote mate. Vooral langs de grachten en op de trottoirs. Ook zijn de meeste gebouwen schadevrij. Locaties, waar het risico hoog is, zijn vaak rijbanen en de binnentuinen van Amsterdam.



*Figuur 18: Deze locatie, naast een watergang en bovenop een trottoir, zal geen waterbergende functie hebben, het risico op wateroverlast is hier laag tot nul.*

In de toekomst wordt Amsterdam steeds regenwaterbestendiger. Hiermee zal het risico op wateroverlast ook kleiner worden. Dit komt door organisaties als Rainproof, de ambitie van Waternet om 60mm/u schadevrij te bergen en daarnaast de Deltabeslissing Ruimtelijke adaptatie.





#### 7.2.4 De mate van acceptatie van wateroverlast

Uit de voorstudie over de acceptatie van dit onderwerp blijkt dat de meeste gemeentes in Nederland het acceptabel vinden dat er 1 keer in de 2 jaar water op straat staat door neerslag. Daarnaast mag pas bij een gebeurtenis van 1 keer in de 100 jaar schade optreden aan huizen en vitale infrastructuur. Dit zijn acceptaties die de gemeentes hebben vastgesteld. De keuzes die hierin gemaakt zijn, en de gedachtes die op komen bij deze getallen, zijn in de onderstaande tekstvakken te lezen. Hierin spreken twee experts op het gebied van wateroverlast en beleid over de acceptatie.

*“Bij een transformator onder de grond mag dat ook zeker niet fout gaan. Zeker niet 1 keer in de 2 jaar. Boven 1 keer in de 100 jaar, zouden we kunnen zeggen dat het misschien acceptabel wordt. Europees gezien is er gezegd dat er maar 1 keer in de 30 jaar water een bedrijfspannend binnen mag stromen.” (Kluck, 2019)*

Het is duidelijk dat de vitale aard van een algemeen voedingspunt op dezelfde schaal wordt geschat als de schade aan panden door Dr. Ing. J. Kluck (expert urban water management), namelijk 1 keer in de 100 jaar schade door wateroverlast.

*“Sowieso is er nog discussie in stedelijk Nederland over waar moeten we nou exact op gaan dimensioneren en wat moeten de uitgangspunten zijn? Amsterdam gebruikt nu wel de 60mm/u in navolging van RIONED. Ook wordt er bij RIONED door iemand gesproken over 100mm/u. Dat zou vanuit mijn positie mooi zijn, als iemand die zo weinig mogelijk water op straat wil, maar daar zit een duidelijke keerzijde aan en dat is dat het hartstikke veel geld kost. Er moet een afweging zijn tussen hoeveel het kost en hoeveel het oplevert. Als je een strengere norm hanteert heb je meer veiligheid, maar willen de inwoners dat ook? Zij betalen indirect die rekening namelijk. Bij een lagere investering is er meer kans op overlast. Uiteindelijk ligt die keuze bij de politiek waarbij wij input leveren en adviseren. Wij tonen aan waar het omslagpunt ligt tussen acceptabel en niet acceptabel. Mensen zullen een gebeurtenis meer accepteren als het vaker voorkomt, maar de eerste keren is dat nog nieuw. ...*

*... We kunnen de normen opkrikken of afwachten tot de inwoners wateroverlast acceptabel gaan vinden, maar dat blijft een politieke keuze en blijkbaar was het bestuur van Amsterdam het eens met die 60mm /u, want ze hebben dit GRP geaccepteerd.” (Chen, 2019)*

Hieruit blijkt dat acceptatie een factor ‘frequentie van optreden’ bevat. Ook wordt duidelijk dat de Amsterdamse politiek en Waternet beide accepteren dat er 1 keer in de 100 jaar schade door wateroverlast optreedt aan vitale infrastructuur.



### 7.3 Conclusie Deelvraag 2

*Wat is de kans op wateroverlast, ten gevolge van neerslag, waarmee rekening gehouden dient te worden? Uitgaande van het stedelijke gebied van Amsterdam.*

De kans op wateroverlast door neerslag in Amsterdam is goed onderzocht. De neerslagintensiteit en de herhalingstijden (kans op de gebeurtenis) zijn berekend met het oog op de toekomstige klimaatverandering. Voor elke locatie in Amsterdam is de kans op een gebeurtenis waar 60mm/u neerslag valt 0,01 (T=100). Voor 90mm/u is de kans 0,002 (T=500).

De gevolgen van deze gebeurtenissen verschillen per locatie. Bij een T=100 gebeurtenis zijn er amper gebouwen waar waterintreding plaatsvindt, wel ontstaan er in de openbare ruimte wateroverlast locaties. Dit is veelal op de rijwegen. De rijwegen zijn meestal het laagste punt in de openbare ruimte. Bij een T=500 situatie zijn er enkele gebouwen waar waterintreding plaatsvindt en hebben de wateroverlastlocaties in de openbare ruimte een hogere waterstand en nemen deze toe in formaat. Deze locaties zijn helder in kaart gebracht. De gevolgen van wateroverlast nemen in de toekomst af, doordat de gemeente Amsterdam en Waternet maatregelen nemen tegen wateroverlast. Zij dimensioneren heinrichtingen en nieuwe gebieden tot een bui met een herhalingstijd van T=100 zonder schade aan huizen en vitale infrastructuur. Deze maatregelen dienen echter pas in 2050 volledig te zijn toegepast. Hiermee nemen de gevolgen van een T=500 tevens af.

De kans op wateroverlast waar rekening mee gehouden dient te worden is sterk afhankelijk van de exacte locatie in het stedelijke gebied van Amsterdam. Gezien het vele oppervlaktewater en het relatief vlakke maaiveld in Amsterdam zijn er vele locaties waar wateroverlast door neerslag pas in zeer extreme (T>500) gevallen optreedt. Daar tegenover zijn er gebieden waar rekening gehouden moet worden bij waterintreding in gebouwen bij  $T \leq 500$ , deze gebieden zijn in de ruime minderheid.



## 8 Deelvraag 3: Wat is het verschil in risico, door wateroverlast, tussen een bovengronds en een ondergronds algemeen voedingspunt?

Nu de risicofactoren van uitval van elektriciteit en de kans op van wateroverlast bekend zijn kan er een analyse gemaakt worden van de risico's bij een ondergrondse plaatsing van een algemeen voedingspunt, ten opzichte van een plaatsing op maaiveld. In deze deelvraag wordt er uitgegaan van een situatie waarbij er geen aanvullende maatregelen zijn genomen om de kans op wateroverlast, ter plaatse van het algemeen voedingspunt, te verlagen. In Deelvraag 4 worden risico-verlagende maatregelen wel besproken.

Er zijn factoren die (deels) benoemd zijn in de eerste twee deelvragen die het risico kunnen veranderen bij ondergronds plaatsen. Deze factoren zijn:

- **Wateroverlast door neerslag**
- Grondwater
- Vocht
- Ventilatie
- Temperatuur
- Bereikbaarheid
- Externe veiligheid

Dit onderzoek richt zich primair op wateroverlast door neerslag en dat wordt in dit hoofdstuk behandeld. De andere factoren zijn ter informatie in 'Bijlage F: Factoren die invloed hebben op de betrouwbaarheid van het elektriciteitsnet bij ondergrondse plaatsing van een algemeen voedingspunt' verder uitgewerkt, voor zover dit mogelijk is met de informatie die uit het onderzoek is gekomen.

### 8.1 Wateroverlast door neerslag (de kans dat regenwater een ondergrondse ruimte instroomt)

Het risico van waterintreding, in een willekeurige ondergrondse locatie, bij hevige neerslag neemt toe, ten opzichte van een bovengrondse locatie. Dit is de plek waar water zich verzamelt door zwaartekracht. Vanaf een gebeurtenis met een grotere herhalingsperiode dan  $T=100$  is het voor Waternet financieel niet meer mogelijk om gebouwen en vitale infrastructuur schadevrij te houden. De kosten voor het schadevrij houden wegen dan niet meer op tegen de schade die wordt voorkomen. In deelvraag 2 is aangetoond dat dit risico sterk verschilt per locatie. Er is duidelijk in kaart gebracht waar deze overlast zal optreden. Op de meeste plekken is de huidige maaiveldinrichting van een dermate gunstig profiel voorzien dat er geen wateroverlast ontstaat bij een  $T=500$ . Op andere locaties zal er wateroverlast ontstaan vanaf een  $T=100$  gebeurtenis. Een ondergrondse plaatsing van een algemeen voedingspunt is hierdoor gevoeliger voor waterintreding op plekken waar wateroverlast ontstaat bij hevige neerslag. Bij een extreme neerslag gebeurtenis die eens in de 500 jaar voorkomt is het grootste deel van de Amsterdamse kelderruimtes nog steeds vrij van schade.



## 8.2 Het bepalen van de risico's in vier basissituaties.

Zoals eerder benoemd, en algemeen bekend, is een risico een kans maal een gevolg. Er is een negatieve gebeurtenis verbonden aan dit risico. Deze gebeurtenis heeft een bepaalde kans om te ontstaan een bepaald negatief gevolg. De negatieve gebeurtenis in dit hoofdstuk is het uitvallen van de elektriciteit door hemelwater in een algemeen voedingspunt. Bij een extreme bui blijft er water staan op verscheidene locaties in de openbare ruimte. Indien het water onder vrij verval een weg kan vinden naar het algemeen voedingspunt, zal dit binnentreden en potentieel schade of uitval veroorzaken.

Er zijn meerdere factoren die het risico vormgeven. Een boven- of ondergrondse plaatsing van het algemeen voedingspunt en de mate van wateroverlast op de specifieke locatie. De grootte van het gevolg van de uitval eveneens belangrijk. Zo ontstaan er verschillende basissituaties. In Tabel 2 zijn deze basissituaties schematisch weergegeven.

	Bovengronds	Ondergronds
Wateroverlastlocatie	Klein of groot gevolg bij uitval	Klein of groot gevolg bij uitval
Geen wateroverlastlocatie	Klein of groot gevolg bij uitval	Klein of groot gevolg bij uitval

Tabel 2: Schematische weergave van de basissituaties

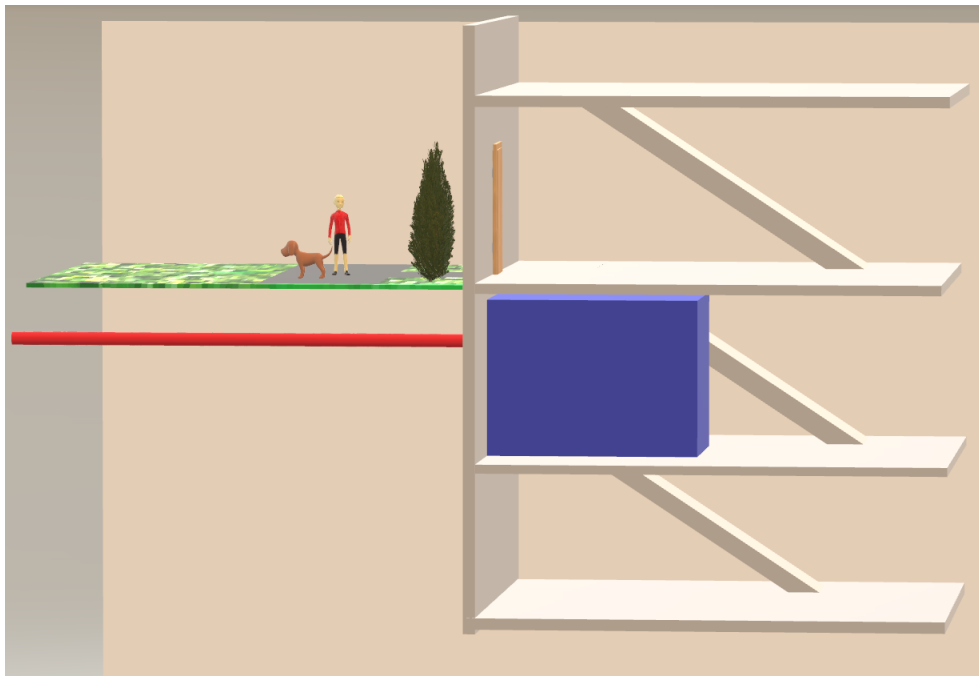
Het verschil, bij een extreme bui, tussen een wateroverlastlocatie en een locatie zonder wateroverlast is weergegeven in Figuur 19 voor een T=500 bui. Duidelijk zichtbaar is het verschil tussen de aangetaste gebouwen en water op straat bij de wateroverlastlocatie en het ontbreken daarvan bij de 'geen wateroverlastlocatie'.



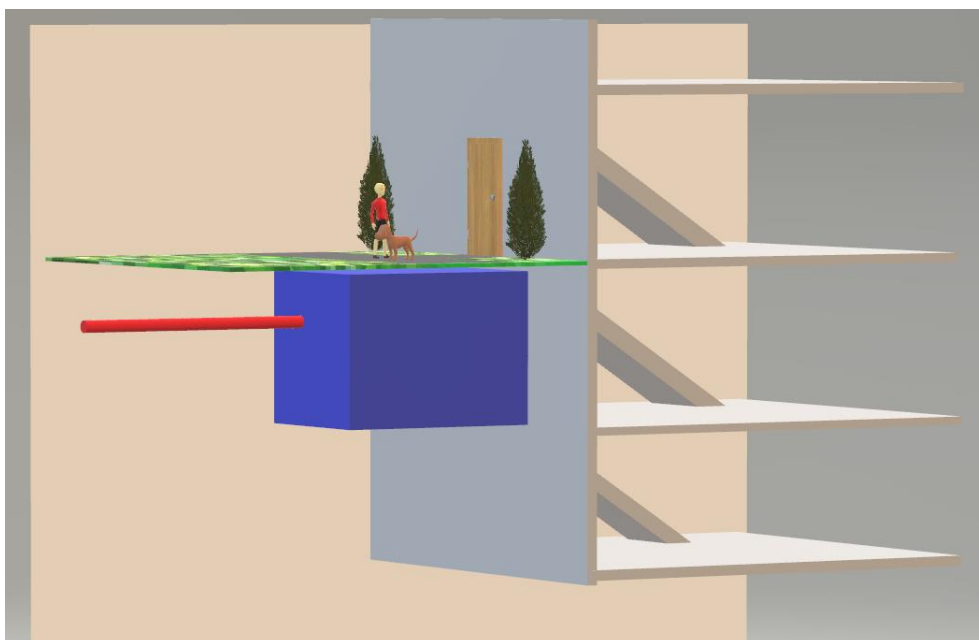
Figuur 19: Het verschil tussen een wateroverlastlocatie en geen wateroverlastlocatie



In Figuur 20 en Figuur 21 zijn twee versies van een ondergronds algemeen voedingspunt te zien. Een ondergronds inpandig algemeen voedingspunt en een ondergronds voedingspunt onder maaiveld geplaatst.



*Figuur 20: Inpandig ondergronds algemeen voedingspunt (voedingspunt in blauw)*

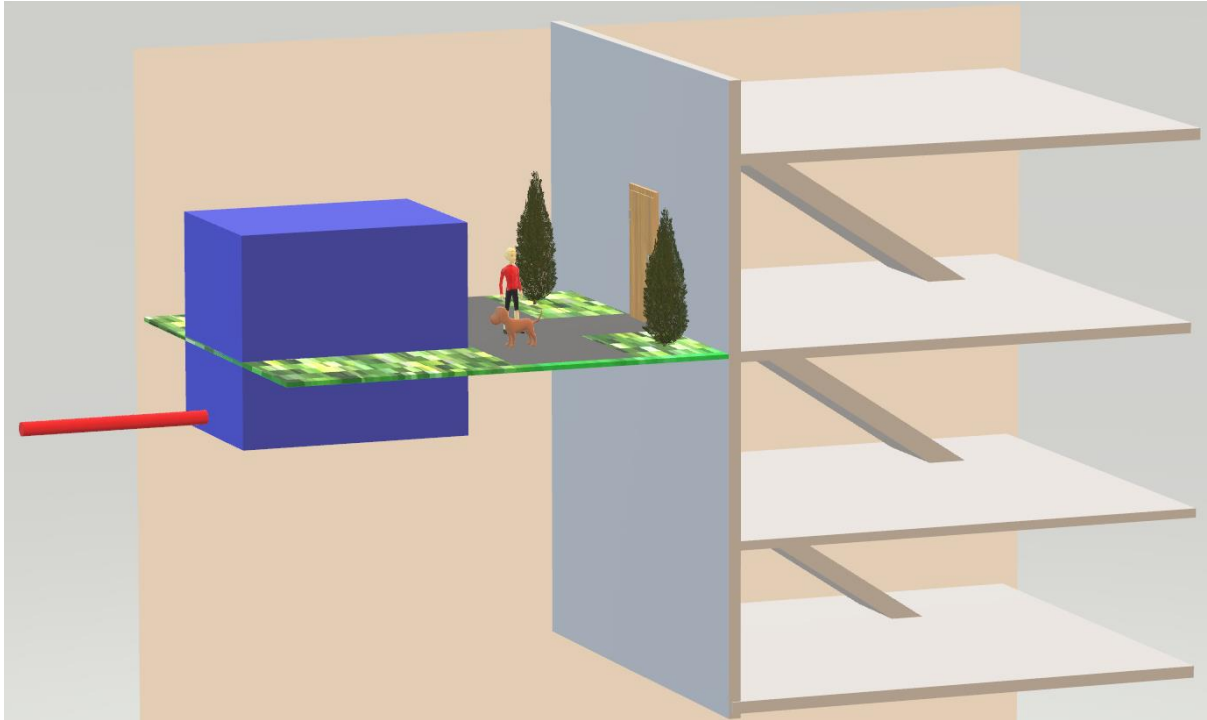


*Figuur 21: Ondergronds algemeen voedingspunt onder maaiveld (voedingspunt in blauw)*

Bij extreem weer zal hemelwater op dezelfde manier het pand binnentreden. Namelijk door de ingang van het gebouw. Hierdoor worden allebei deze ondergrondse voedingspunten als gelijk behandeld qua risico op waterintreding.



Een bovengronds algemeen voedingspunt is te zien in Figuur 22.



*Figuur 22: Een bovengronds algemeen voedingspunt, kabelkelder onder maaiveld (voedingspunt in blauw)*

Dit is de huidige plaatsing van het merendeel van de bestaande algemene voedingspunten, hierbij zit de kabelkelder ondergronds en de installaties bovengronds.

De vier basissituaties die hieruit volgen zijn:

- Bovengronds op een wateroverlastlocatie
- Bovengronds zonder wateroverlastlocatie
- Ondergronds op een wateroverlastlocatie
- Ondergronds zonder wateroverlastlocatie

NU deze 4 basissituaties helder zijn worden deze behandeld in de volgende deelhoofdstukken. Per hoofdstuk wordt er doormiddel van een tabel laten zien wat het verhoogde kans van waterintreding en uitval is in het geval van extreme neerslag.

Twee willekeurige wateroverlastlocaties in Amsterdam kunnen ontzettend verschillen in de mate van wateroverlast (Conclusie Deelvraag 2). Waternet neemt de T=100 gebeurtenis als grens tussen schadevrij en schade aan huizen en vitale infrastructuur (Waternet, 2016). Om deze reden wordt ook in dit onderzoek de T=100 als grens aangenomen in de volgende deelhoofdstukken.



### 8.3 Basissituatie 1: Een bovengrondse wateroverlastlocatie

In deze situatie is het algemene voedingspunt bovengronds geplaatst. Bij wateroverlast zal het water tegen de gevel van het gebouw staan waar het algemeen voedingspunt zich in bevindt. Dit kan een inpendig voedingspunt zijn of een vrijstaand voedingspunt.

Het voedingspunt is, in de meeste gevallen, voorzien van een drempel bij de ingang die een bepaalde waterhoogte kan tegenhouden. Mocht de waterstand hoger zijn dan deze drempel dan treedt het water toe in het voedingspunt. De waterstand in het voedingspunt zal niet hoger worden dan de waterstand op het maaiveld aangezien deze zich op dezelfde hoogte bevinden.

Bij een bepaalde waterstand (ongeveer 30cm boven maaiveld) in het bovengrondse algemene voedingspunt zal het water de elektrische componenten in het voedingspunt aantasten, dit leidt tot stroomuitval. Tevens kan het hogere vochtgehalte zorgen voor corrosie van installaties in het algemeen voedingspunt, dit kan de betrouwbaarheid van de installaties verminderen.

Bij eventuele herstelwerkzaamheden aan dit voedingspunt zal de waterstand eerst moeten zakken voordat er noodstroom aangesloten kan worden en het herstelwerk kan beginnen. Hierdoor is het algemeen voedingspunt niet direct bereikbaar.

In Tabel 3 is te zien in welke mate de kans op waterintreding en uitval vergroot. Waterintreding treedt op vanaf buien die groter zijn dan  $T=100$ . Dit levert een vergrootte kans op van 0,01. Aangezien uitval van het algemeen voedingspunt gerelateerd is aan de waterhoogte, en dus niet altijd zal optreden, is deze kans kleiner dan 0,01.

	Waterintreding	Uitval
Vergrootte kans	0,01	<0,01

Tabel 3: De vergrootte kans van extreme neerslag bij een bovengrondse wateroverlastlocatie

### 8.4 Basissituatie 2: Een bovengrondse locatie zonder wateroverlast

In deze situatie staat het algemeen voedingspunt niet op een wateroverlast locatie. In het geval van extreme neerslag zal het water zich niet verzamelen in de buurt van het algemeen voedingspunt.

Bij extreme neerslag zal dit voedingspunt niet uitvallen door wateroverlast. Wel kan er door een verhoogde grondwaterstand ten gevolge van de extreme neerslag een extra risico bestaan op waterintreding in de kabelkelder van het voedingspunt. Dit kan leiden tot corrosie van de installaties in het algemeen voedingspunt. Deze corrosie kan de betrouwbaarheid van de installaties verminderen. Het voedingspunt zal bereikbaar blijven tijdens en na een extreme neerslag gebeurtenis.

In Tabel 4 is te zien in welke mate de kans op waterintreding en uitval vergroot. Waterintreding zal niet plaatsvinden, de kans vergroot niet. Het algemeen voedingspunt zal niet uitvallen door wateroverlast.

	Waterintreding	Uitval
Vergrootte kans	0	0

Tabel 4: De vergrootte kans van extreme neerslag bij een bovengrondse locatie zonder wateroverlast





### 8.5 Basissituatie 3: Een ondergrondse wateroverlastlocatie

In deze situatie is het algemene voedingspunt ondergronds geplaatst. Bij wateroverlast zal het water tegen de gevel van het gebouw staan waar het algemeen voedingspunt zich in bevindt, of op het maaiveld dat zich boven het algemeen voedingspunt bevindt. Dit kan in een kelder van een gebouw zijn of bijvoorbeeld in een ondergrondse voorziening als een parkeerkelder.

Bij een wateroverlastlocatie betreft het water het pand waar het algemeen voedingspunt zich bevindt. Het voedingspunt zit op een locatie die lager is dan het maaiveld. Het water stroomt naar deze locatie toe en zal blijven stromen tot de ruimte van het algemeen voedingspunt vol zit, of tot wanneer de waterhoogte zich niet meer boven de drempel van het gebouw bevindt na het afstromen van het volume naar de ondergrondse ruimte. Bijvoorbeeld in een situatie waarin de kelder uit meerdere verdiepingen bestaat. Hier kan het algemeen voedingspunt op de -1 staan, maar al het water verzamelt zich op de -2 verdieping. Indien het volume van het water dat zich kan verplaatsen naar de -2 verdieping kleiner is dan het volume van de -2 verdieping zal het water zich niet verzamelen op de -1, maar alleen de -1 passeren. Indien het volume dat zich kan verplaatsen naar de kelder groter is dan de kelder, zal deze logischerwijs helemaal vollopen.

Voor de herstelwerkzaamheden aan dit voedingspunt zal de kelder volledig leeggepompt moeten worden. De noodstroomvoorziening kan niet aangesloten worden tot al het water is verwijderd. Het voedingspunt is niet bereikbaar tot het is leeggepompt.

In Tabel 5 is te zien in welke mate de kans op waterintreding en uitval vergroot. Waterintreding zal plaatsvinden bij buien vanaf  $T=100$ , deze vergrootte kans is 0,01. Het verschil in volume van de ruimtes die vollopen en het volume van het intredende water zal bepalen of het algemeen voedingspunt uitvalt, hierdoor is de vergrootte kans op uitval  $<0,01$ .

	Waterintreding	Uitval
Vergrootte kans	0,01	$<0,01$

Tabel 5: De vergrootte kans van extreme neerslag bij een ondergrondse wateroverlastlocatie

### 8.6 Basissituatie 4: Een ondergrondse locatie zonder wateroverlast

In deze situatie is het algemene voedingspunt ondergronds geplaatst op een locatie waar geen wateroverlast optreedt. Bij extreme neerslag zal het water niet toe treden tot het gebouw waar het algemeen voedingspunt zich bevindt.

Bij extreme neerslag zal dit voedingspunt niet uitvallen door wateroverlast. Er is geen sprake van een risico op kosten, omdat het voedingspunt door extreme neerslag niet uit zal vallen. Mocht er door de extreme neerslag een grondwaterverhoging ontstaan dan zal deze eventueel door de kabeldoorvoeren in het algemeen voedingspunt kunnen komen. Dit zal hier echter niet verzamelen, maar passeren en zijn weg vinden naar de rest van de ondergrondse verdieping. Hierdoor wordt het ook sneller opgemerkt mocht hier sprake van zijn.

In Tabel 6 is te zien in welke mate de kans op waterintreding en uitval vergroot. Er zal geen waterintreding plaatsvinden, hierdoor is er geen vergrootte kans. Er zal geen uitval veroorzaakt worden door extreme neerslag, omdat het water niet de ruimte niet bereikt. De vergrootte kans op uitval is hierdoor tevens 0.

	Waterintreding	Uitval
Vergrootte kans	0	0

Tabel 6: De vergrootte kans van extreme neerslag bij een ondergrondse locatie zonder wateroverlast



## 8.7 Conclusie Deelvraag 3

*Wat is het verschil in risico, door wateroverlast, tussen een bovengronds en een ondergronds algemeen voedingspunt?*

Uit de vier basissituaties blijkt dat het plaatsen van een algemeen voedingspunt op een wateroverlastlocatie een verhoogde kans op waterintreding en uitval oplevert. In Tabel 7 zijn de vier basissituaties onder elkaar gezet.

		Waterintreding	Uitval
Basissituatie 1	Bovengronds + overlast	0,01	<0,01
Basissituatie 2	Bovengronds + geen overlast	0	0
Basissituatie 3	Ondergronds + overlast	0,01	<0,01
Basissituatie 4	Ondergronds + geen overlast	0	0

Tabel 7: Een vergelijking van de vergrootte kansen van de vier basissituaties

Hieruit wordt duidelijk dat het plaatsen van een algemeen voedingspunt op een wateroverlastlocatie leidt tot waterintreding. Waterintreding zal in de meeste gevallen leiden tot uitval van de installatie of vochtschade en dat kan later tot uitval leiden.

De kans dat waterintreding plaatsvindt op een willekeurige locatie is echter niet groot te noemen vergeleken met de gemiddelde uitval van een streng waarin algemene voedingspunten zijn geplaatst. *Gemiddeld heeft een streng waaraan de AVP's vastzitten ongeveer één keer in de drie jaar uitval.* (Geschiere, 2019). Een gemiddelde kans op uitval van 0,33 per jaar vergeleken met een kans op uitval van <0,01 op een wateroverlastlocatie, toont aan dat er een ordegrootte verschil in kans aanwezig is.

Het risico is een product van de kans en het gevolg. Bij bekendheid van de exacte locatie kan het risico worden bepaald. Logischerwijs leidt een hoger gevolg tot een hoger risico indien er een kans aanwezig is. Als de kans praktisch 0 is dan zal een vergroot gevolg geen vergroot risico met zich meedragen.

Het waterschap Amstel, Gooi en Vecht heeft kaarten gemaakt voor schade aan gebouwen vanaf een T=500 bui, een kans van 0,002. Hierop zijn velen gebouwen nog steeds vrij van waterintreding. Het blijft dan ook essentieel om te benoemen dat er pas bij bekendheid van een exacte locatie en situatie iets gezegd kan worden over de daadwerkelijke kans op waterintreding. Uit dit hoofdstuk valt wel te concluderen dat een algemeen voedingspunt, zonder maatregelen tegen wateroverlast, op een wateroverlastlocatie niet de voorkeur heeft.

Belangrijk om te vermelden is dat er geen maatregelen zijn getroffen om de waterintreding tegen te gaan in deze basissituaties. Bij huidige plaatsing van algemene voedingspunten zorgt een drempel voor enige preventie van waterintreding. Tevens staan de huidige algemene voedingspunten vaak op een hoger gelegen deel van het maaiveld (bijvoorbeeld het trottoir of een groenstrook). Bij de huidige in pandige algemene voedingspunten is er ook een eis voor een verhoogd vloerpeil ten opzichte van het maaiveld. Dit is minimaal 100mm en maximaal 250mm (Liander, 2017). Hiermee wordt er een drempel gecreëerd voor intredend water. Bij de boven- en ondergrondse basissituatie is hier geen rekening mee gehouden. In Deelvraag 4 worden maatregelen beschreven die in de ondergrondse basissituatie het risico verlagen.



## 9 Deelvraag 4: Oplossingen voor het verlagen of verhelpen van het risico

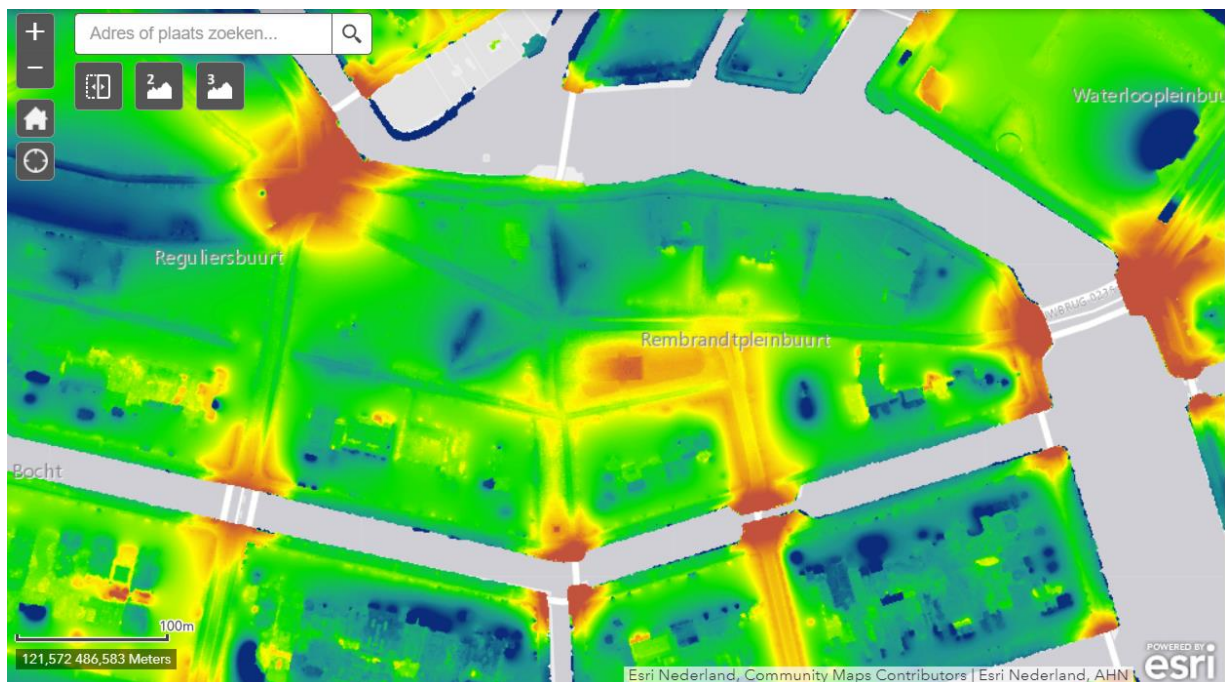
In Deelvraag 3 is behandeld wat de toenemende risico's zijn in vier basissituaties. Bij deze situaties werd geen rekening gehouden met maatregelen die de risico's verlagen. In dit hoofdstuk wordt er wel ingegaan op de maatregelen die het risico verlagen. Er is een tweedeling gemaakt tussen het voorkomen van wateroverlast en de gevolgen van wateroverlast beperken. Dit hoofdstuk gaat enkel over het ondergrondse algemeen voedingspunt.

### 9.1 Voorkomen van wateroverlast

Voorkomen is beter dan genezen. Het is ten alle tijden beter om te voorkomen dat er waterintreding plaatsvindt, dan het water te verwijderen uit het algemeen voedingspunt. Het voorkomen van wateroverlast is te bewerkstelligen door niet te bouwen op een overlastlocatie of ervoor te zorgen dat wateroverlast niet de ruimte kan betreden waar het algemeen voedingspunt zich bevindt.

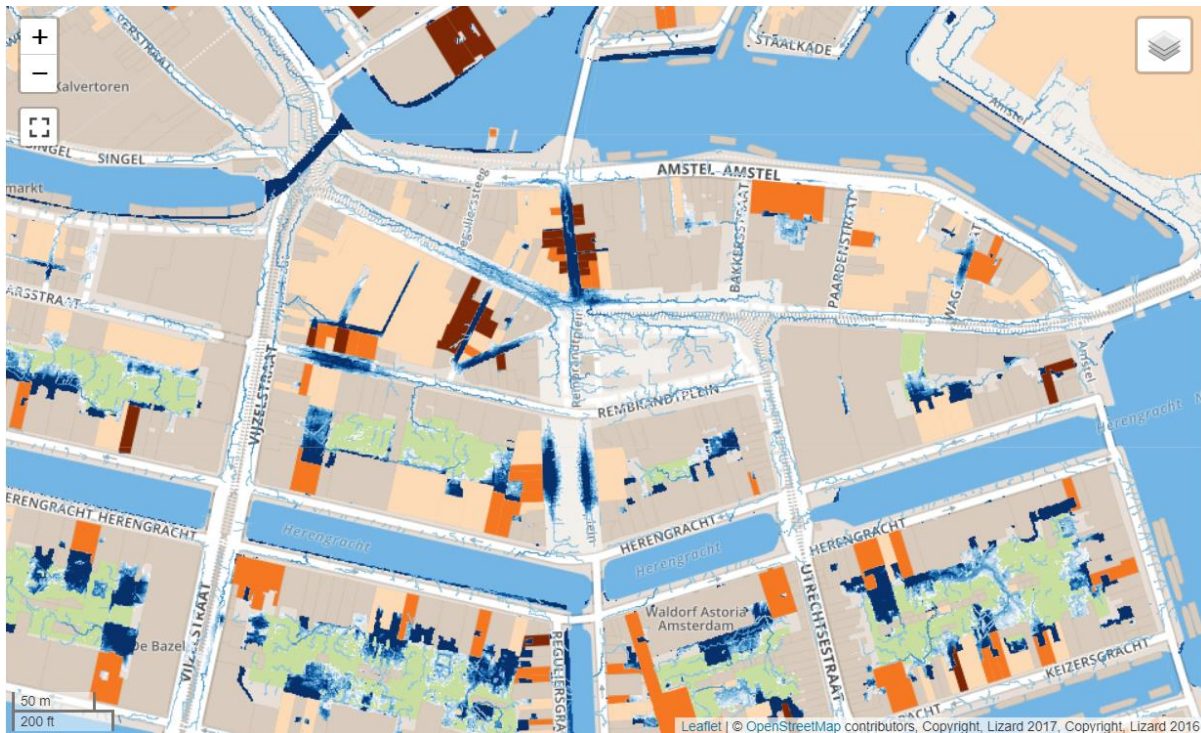
#### 9.1.1 Niet bouwen op een overlastlocatie

Om de kans op wateroverlast zo klein mogelijk te houden kan men het ondergrondse algemeen voedingspunt bouwen op een locatie waar water zich niet verzamelt in het geval van extreme neerslag. Een locatie die, in vergelijking met de omgeving, het hoogste punt is heeft de voorkeur. Door middel van de AHN3 viewer is heel Nederland in kaart gebracht. Hiermee valt een globaal beeld te krijgen van het hoogteprofiel zoals te zien in Figuur 23.



Figuur 23: Een hoogtekaart van de Rembrandtpleinbuurt (AHN3, rood is hoog, blauw is laag)

Vanuit deze hoogtekaart is het mogelijk om wateroverlastgebieden vast te stellen. In Figuur 24 is te zien waar deze overlastgebieden te vinden zijn.



Figuur 24: Wateroverlastgebieden in de Rembrandtpleinbuurt

Met professionele GIS-software en advies van Waternet en/of het waterschap Amstel, Gooi en Vecht kan vervolgens bevestigd worden of een locatie voldoet voor plaatsing van een ondergronds algemeen voedingspunt. Bij nieuwe gebiedsontwikkeling kan eveneens deze methode worden toegepast. Het toekomstige maaiveld kan geanalyseerd worden door de juiste instanties en daar volgt een advies uit dat gebruikt kan worden.

### 9.1.2 Maaiveld aanpassen

Aanpassingen in het maaiveld kunnen een hoop wateroverlast voorkomen. Als bij extreme neerslag het water niet verzamelt op een locatie die tot schade kan leiden, dan heeft dat de voorkeur. Met aanpassingen in het maaiveld kan het overtollige water naar gebieden geleid worden waar het water geen of minder schade aan kan richten. Dit kan bijvoorbeeld een groengebied, ruim opgezette straat of oppervlaktewater betreffen. Het riool systeem ter plaatse kan eventueel ook groter uitgevoerd worden. Ondergrondse maatregelen zijn echter vaak duurder dan bovengrondse maatregelen. *“Bovengrondse maatregelen hebben de voorkeur. Denk aan maatregelen die hinder of overlast tegengaan door het water bovenstrooms vast te houden of die voorkomen dat water een probleemgebied inloopt”* ( Jeroen Kluck, 2013) et al). Per overlastlocatie dient bepaalt te worden wat de beste maatregel is. Met behulp van een advies en ingenieursbureau, Waternet, het ingenieursbureau van de gemeente Amsterdam en Rainproof zal hieruit een duidelijk beeld ontstaan van de eventuele probleemgebieden. Voor deze probleemgebieden kan vervolgens een passende oplossing gevonden worden.





Enkele voorbeelden om wateroverlast te voorkomen worden hieronder behandeld. Dit zijn maatregelen in en op het maaiveld tegen wateroverlast bij extreme neerslag. Hierbij wordt uit gegaan van een situatie waarin het hemelwaterriool zijn maximale capaciteit bereikt heeft. Het overtollige water zal zich verzamelen op het maaiveld.

### Waterdrempels op het maaiveld

Het verzamelen van water op laaggelegen punten in het maaiveld kan voorkomen worden door waterdrempels. Deze drempels zorgen voor het sturen van het afstromende water. Dit water stroomt van hoger gelegen gebied naar lagergelegen gebied. Mocht er sprake zijn van een wateroverlastlocatie in lagergelegen gebied dan kan een drempel zorgen voor een sturende werking. Hierdoor wordt alleen het water dat exact op het lagergelegen gebied valt daar geborgen. Afstromend water wordt gedivergeerd, door de drempel, naar veiligere locaties voor waterberging. Hiermee wordt de wateroverlast minder en het risico op schade lager.



*Figuur 25: Een tegel die het bestaan van een waterdrempel aangeeft (bron: Gemeente Bergen)*

### Openingen in drempels op het maaiveld

Het compleet tegenovergestelde van het bovenstaande kopje kan eveneens ontstaan. Een verkeersdrempel kan zorgen voor een slecht afstromend maaiveld. Hierdoor ontstaat er wateroverlast door water dat niet weg kan. Een opening in de drempel ten behoeve van waterpassage zal hiermee het watervolume verspreiden over een groter gebied. Belangrijk is dat de rest van het gebied genoeg capaciteit heeft om dit extra water te bergen of af te voeren.

### Groengebied verlagen, wadi

Indien er groengebieden aanwezig zijn in het overlastgebied kan het verstandig zijn om deze te gebruiken als waterberging. Gebouwen en wegen zijn hierdoor niet de plekken waar het water zich verzamelt. Dit leidt tot een lagere kans op wateroverlast op plaatsen waar dit niet gewenst is. Deze verlaagde groengebieden zijn uitgevoerd met hoog infiltrerend materiaal dat gemakkelijk water opneemt.



*Figuur 26: Een wadi (bron: Rainproof)*



### Directe afstroming naar oppervlaktewater realiseren, stroomgoten

In de binnenstad van Amsterdam is relatief veel open water aanwezig. In het geval van een extreme bui kan op dit open water het overvloedige regenwater geloosd worden. Met behulp van stroomgoten kan dit water naar deze locaties gebracht worden. Een stroomgoot heeft als voordeel dat het water zich in gebaande wegen zal vervoeren naar de juiste locatie. Hiermee wordt wateroverlast op een ongewenste locatie voorkomen.



Figuur 27: Een stroomgoot (bron: Rainproof)

### Waterberging in het maaiveld creëren, kratjes, bergbezinkbassin

Een verhard oppervlak kan aan de onderzijde voorzien worden van holle ruimtes. Hier kan het water tijdelijk opgeslagen worden bij overbelasting van het hemelwaterafvoersysteem. Doormiddel van kratjes kan dit gerealiseerd worden, zie Figuur 28. Een bergbezinkbassin is eveneens een ondergrondse oplossing die normaliter bestaat uit een grote betonnen ruimte waar excessief water in gebracht kan worden als berging. Door deze aanpassingen zal de wateroverlast op straat aanzienlijk afnemen.



Figuur 28: Kratjes voor waterberging (bron: Cobouw)





## 9.2 Gevolgen van wateroverlast beperken

Mocht er geen mogelijkheid zijn om het ontstaan van wateroverlast te voorkomen dan kan er in en om het algemeen voedingspunt nog een aantal maatregelen worden getroffen om het risico te verlagen.

### 9.2.1 Technische aanpassingen buiten het algemeen voedingspunt

Mocht het algemeen voedingspunt zich in de kelder van een gebouw bevinden, dan kunnen er maatregelen genomen worden in het gebouw. De entree van de kelderruimte kan voorzien worden van een drempel die een bepaalde verwachte waterstand kan keren. Dit kan binnen in het gebouw zijn of bij de ingang van het gebouw.

Als bijvoorbeeld de deur naar de kelder op maaiveldniveau zit in het gebouw (de begane grond), dan kan deze deur voorzien worden van een waterkerende drempel. Hiermee zal het risico op waterintreding, in het ondergronds algemeen voedingspunt, lager zijn dan die van het gebouw zelf.

Stel dat het algemeen voedingspunt in een ondergrondse parkeerkelder zit dan kan er bij de ingang van deze kelder gezorgd worden dat het water niet gemakkelijk naar binnen kan. Een verhoging bij de ingang kan in veel gevallen al voldoende zijn. Deze verhoging dient hoger te zijn dan het omliggende maaiveld.

### 9.2.2 Technische aanpassingen in het algemeen voedingspunt

Mocht het water het algemeen voedingspunt betreden dan is het van belang dat dit zo snel mogelijk gesignaleerd wordt. Met de huidige staat van communicatiemiddelen in 2019 zou dit via het internet kunnen of via een sim-signaal dat automatisch belt naar de storingscentrale van de netbeheerder. Hiermee is de netbeheerder snel op de hoogte en kan er adequate actie worden ondernomen. Dit beperkt het aantal storingsminuten voor de netbeheerder.

Mocht er water intreden in het algemeen voedingspunt dan is het verstandig dat het water verzamelt in een pompkamer. Dit is een ruimte onder het algemeen voedingspunt voorzien van een pomp. Deze pomp zal aanslaan bij het signaleren van water en dit water uit de ruimte pompen. Dit is tevens verstandig voor het signaleren van intredend grondwater. In deze situatie is het eveneens verstandig dat er direct een signaal naar de netbeheerder gaat, ter controle van de ruimte.

Mocht het ondergronds algemeen voedingspunt ondanks alles toch uitvallen door wateroverlast na extreem weer, dan is het van belang dat er noodstroom geleverd kan worden. De ondergrondse ligging zal zonder aanpassingen mogelijk uit het bereik liggen van de kabels van het noodaggregaat, zie Figuur 35 in Bijlage F voor de huidige wijze waarop noodstroom wordt geleverd. Deze aggregaten hebben een beperkte lengte en het is mogelijk dat deze niet tot in het algemeen voedingspunt reiken. Dit probleem kan voorkomen worden door permanent kabels aan te leggen die een uiteinde in het algemeen voedingspunt hebben en een uiteinde op een makkelijk bereikbare locatie aan de buitenkant van het gebouw. Dit 'verlengsnoer' zal aan beide uiteindes niet aangesloten zijn bij normaal gebruik van het algemeen voedingspunt. Als er noodstroom geleverd moet worden kunnen beide uiteindes aangesloten worden en kan het aggregaat zijn werk doen.





### 9.3 Conclusie Deelvraag 4

*Wat zijn oplossingen die het risico uit de hoofdvraag kunnen verlagen?*

Uit dit hoofdstuk is duidelijk geworden dat er een groot aantal potentiële oplossingen bestaat. Deze oplossing variëren in schaalgrootte. De kosten zijn volledig afhankelijk van de locatie en de omstandigheden aldaar, maar het mag duidelijk zijn dat een integrale aanpak ter voorkoming van wateroverlast velen malen duurder zal zijn dan een verhoogde drempel bij de toegangsdeur van de kelder. Het voorkomen van wateroverlast, rondom het gebouw waar het ondergronds algemeen voedingspunt geplaatst is, zal het risico op waterintreding door extreme neerslag naar 'nul' brengen. Het bouwen op een locatie zonder wateroverlast is altijd de beste keuze gezien het feit dat er geen aanpassingen gedaan hoeven te worden.



## 10 Conclusie

*Hoofdvraag: Wat is de kans op onaanvaardbare (maatschappelijke) schade (het risico) voor ondergronds geplaatste algemene voedingspunten bij hevige neerslag?*

Uit de conclusie van deelvraag 1 blijkt dat de maatschappij als geheel niet gebaat is bij een verhoging van het aantal storingsminuten van elektriciteit, ten opzichte van het aantal storingsminuten tussen 2012-2016. Afgerond is dit 25 minuten per klant per jaar. Ongeveer 2/3 van het aantal storingen vindt plaats buiten de algemene voedingspunten. Om de ernst van het uitvallen van een individueel algemeen voedingspunt te bepalen dient het helder te zijn aan welke eindegebruikers stroom wordt geleverd en wat het risico van uitval zou betekenen voor deze eindgebruiker.

De gevolgen van extreme neerslag zijn sterk afhankelijk van de locatie van het ondergronds geplaatste algemene voedingspunt blijkt uit deelvraag 2. Duidelijk is wel dat een bui van 60mm/u 1 keer in de 100 jaar voor zal komen. Een bui van 90mm/u valt 1 keer in de 500 jaar. Dit geldt voor heel Nederland, logischerwijs ook voor Amsterdam. Het gros van de Amsterdamse kelderruimtes zal zelfs bij een bui met een herhalingstijd van eens in de 500 jaar geen wateroverlast ondervinden. De openbare ruimte wordt in de toekomst beter bestand tegen wateroverlast, door herinrichtingen en aanpak van probleemgebieden.

Het verschil in risico tussen ondergronds en bovengronds, dat in deelvraag 3 besproken wordt, is hierdoor eveneens afhankelijk van de locatie. Door een aanname te doen dat er 1 keer in de 100 jaar wateroverlast optreedt kan er een vergelijking gemaakt worden. Op een wateroverlastlocatie bij extreme neerslag loopt water de ondergrondse ruimte in en zorgt potentieel voor uitval van het algemeen voedingspunt. Dit is onwenselijk. Bij een ondergronds algemeen voedingspunt op een locatie waar geen wateroverlast optreedt is er echter geen verhoogd risico op uitval van het voedingspunt door wateroverlast. De locaties waar wateroverlast niet optreedt verdienen hierdoor de voorkeur.

Op plaatsen waar wateroverlast optreedt zijn er tal van maatregelen te treffen die het risico van waterintreding in het ondergrondse algemeen voedingspunt kunnen verlagen. Uit deelvraag 4 zijn er vele maatregelen boven water gekomen die zowel preventief als reactief soelaas kunnen bieden.

Als conclusie van dit onderzoek wordt gesteld dat een ondergronds algemeen voedingspunt niet ten koste mag gaan van de kwaliteit van het elektriciteitsnetwerk. Het bouwen op een wateroverlastlocatie is onverstandig zonder maatregelen te nemen tegen het intreden van water. Het verstandigste is bouwen op een locatie waar van wateroverlast bij hevige neerslag geen sprake is. Deze locaties zijn op basis van de kaarten van Waternet en het Waterschap Amstel, Gooi en Vecht te bepalen. In het voorontwerp dient een gedegen onderzoek plaats te vinden waarin Waternet, het ingenieursbureau van de Gemeente Amsterdam en het waterschap worden betrokken. Op deze wijze zal het risico niet verhogen of van invloed zijn op het aantal storingsminuten. Deze locaties zijn in de meerderheid in Amsterdam.



## 11 Aanbevelingen

Allereerst is het aan te bevelen dat er bij vervolgonderzoek naar dit onderwerp een exacte locatie bekend is. De kwantitatieve risico's kunnen immers pas bepaald worden als er bekend is wat de exacte schade is, bij het uitvallen van een algemeen voedingspunt, en wat de kans hierop is. Als die twee factoren bekend zijn kan er een risico bepaald worden waarin de prijs per jaar kan worden gedefinieerd. Een vervolgonderzoek kan tevens gaan over vergelijkbare toepassingen in het buitenland.

In dit onderzoek is er een algemeen uitgangspunt genomen en geen specifieke locatie. Dit onderzoek is hierom niet geschikt om te gebruiken in het ontwerp van specifieke gevallen. Wel is er uit dit onderzoek helder geworden waar de algemene knelpunten liggen en wat deze betekenen. Dit onderzoek kan daardoor gebruikt worden ter voorbereiding van het ontwerp van een specifiek geval.

De manier van onderzoeken heeft aangetoond dat er nog weinig bekend was over dit onderwerp. Door de afgenomen interviews, bij de verschillende experts, geeft dit onderzoek een totaalbeeld van de kwestie. Een onderzoek uit enkel documenten had dit niet gedaan, gezien de zeer beperkte informatie die beschikbaar is over ondergrondse algemene voedingspunten.

In het geval dat er een ondergronds algemeen voedingspunt ergens toegepast wordt, valt het aan te bevelen om het functioneren te monitoren en te documenteren. Deze documentatie dient publiek te zijn zodat de kinderziektes, en de oplossingen hiervan, bij een volgend project voorkomen kunnen worden. Elke actor in dit vraagstuk zal hier gebaat bij zijn.



## 12 Bronnen

- Chen, J. (2019). Interview met Jorik Chen van Waternet. (H. Verloop, Interviewer)
- College van Burgemeester en Wethouders. (2010). *Ontwerp structuurvisie Amsterdam 2040*. Amsterdam: Gemeente Amsterdam.
- Gemeente Amsterdam en Waternet. (2018). *Regenbestendige gebiedsontwikkeling*. Amsterdam: Gemeente Amsterdam en Waternet.
- Geschiere, A. (2019). De visie van Liander op een ondergronds algemeen voedingspunt. (H. Verloop, Interviewer)
- Jeroen Kluck, R. v. (2013). *Extreme Neerslag, Anticiperen op extreme neerslag in de stad*. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam.
- Kluck, J. (2019). Interview met Jeroen Kluck van de Hogeschool van Amsterdam. (H. Verloop, Interviewer)
- KNMI. (2015). *KNMI '14 klimaatscenario's voor Nederland*.
- Liander. (2017). *Kwaliteits- en capaciteitsdocument Elektriciteit 2017*. Liander.
- Liander. (2017). *Programma van Eisen in pandige Middenspanningsruimte (S8031)*.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische zaken. (2017). *Deltaprogramma 2018*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken.
- Movares. (2018). *Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland*. Netbeheer Nederland.
- STOWA. (2018). *Nieuwe neerslagstatistieken voor korte tijdsduren*. STOWA.
- Timmermans, T. (2019). Interview met Teun Timmermans van de gemeente Amsterdam, afdeling crisisbeheer. (H. Verloop, Interviewer)
- Waternet. (2016). *Gemeentelijk Rioleringsplan Amsterdam*. Amsterdam.
- Wilko Wolbers, A. (2019). (H. Verloop, Interviewer)
- Wolbers, W. (2019). Telefonisch interview met de Autoriteit Consument en Markt. (H. Verloop, Interviewer)

<https://www.riool.net/over-rioned/stichting-rioned-in-het-kort>

<https://www.stowa.nl/over-stowa>

<https://knmi.nl/over-het-knmi/over>

<https://www.agv.nl/over-ons/het-waterschap-en-waternet/>

<https://agv.klimaatatlas.net/>



## 13 Bijlage A: Interview met Alex Geschiere van Alliander

Ik heb het onderzoek al geïntroduceerd. Het gaat om de waterveiligheid van transformatorvoorzieningen die onder maaiveld geplaatst zijn. Zou u zich willen introduceren?

- Ik ben Alex Geschiere, ik ben binnen Alliander product-owner voor Standaardisatie Transport E. Dat is het hoogspanningsnet en de hoofdtransporten voor de middenspanningsnetten van Liander. Specifiek op de Zuidas heb ik geholpen, omdat daar een aantal specifieke complexe problemen waren voor het standaardiseren voor inpandige midden- en laagspanningsvoorzieningen.

Wat is de visie van Liander als het gaat om een voedingspunt onder maaiveld?

- In onze standaardvisie is een voedingspunt goed bereikbaar voor het uitwisselen van componenten. Onder maaiveld is dan dus in strijd met de huidige visie. Daarnaast hebben wij in het algemeen niet een keihard beleid wat dan de voorwaarden zijn. Ook hebben wij niet duidelijk wat voor risico's het met zich meebrengt, met waterindringing en dat soort dingen. Dit zorgt ervoor dat we er gereserveerd in zijn. Wij merken nu in onze huidige infrastructuur dat de kabeldoorvoeren naar kabelkelders niet goed bestand zijn tegen het uitzetten en inkrimpen van de kabels. Ook met eigen systemen hebben we al betrekkelijk veel last van lekkages bij voorzieningen die langer dan 10-20 jaar in bedrijf zijn. Daar zit een rond gat in het beton, dat wordt meegestort bij de bouw van de kelders. Maar doordat kabels toch bewegen en krimpen en uitzetten, zien we in de loop van de jaren toch vaak lichte lekkage. Dit zorgt ervoor dat mensen gereserveerd raken voor waterindringing. Als er kritische componenten in die kelder zitten dan hebben wij er signalering staan om de waterindringing te meten en op afstand door te geven. Als er minder kritische componenten in zitten dan wordt dat met inspectierondes gedaan. Als er met een inspectieronde water wordt gevonden dan pompen we het af. Ook wordt er gekeken of de lekkage verholpen kan worden, zodat we weer een aantal jaren droog kunnen blijven in die kelder. Deze wateroverlast komt betrekkelijk vaak voor, ik schrik er soms wel eens van als ik die cijfers zie.
- Gelukkig zijn de kabels zelf natuurlijk wel waterdicht, we hebben ze zelfs op de bodem van het IJsselmeer liggen. Bij de installaties zelf hebben we deels open elektriciteit en daar kunnen sluitingen ontstaan als daar veel water aanwezig is. Zelfs bij een klein beetje water hebben we al vochtproblemen door condensvorming. De elektronica en de monitoringsapparaten hebben hier ook al last van. Corrosie, roestvorming, zijn de langere effecten van condensvorming, want een laag water in de kabelkelder zorgt al voor een heel ander klimaat in de ruimte. Dat langdurige vocht is echt een probleem.
- Al deze apparatuur zetten wij nu ook bovengronds. Alleen de kabel ligt uiteraard ondergronds. De kabel buigt omhoog vanuit de kabelkelder naar onder de apparatuur, en de apparatuur staat dus boven het maaiveldniveau. Alleen langdurig vocht in de ruimte is voor ons dus nu een issue i.v.m. condensvorming.
- Een hele middenspanningsruimte onder grondwaterniveau, schakelinstallatie, transformator en regelapparatuur, zorgt voor ons dat we op meerdere componenten een bepaald level van risico verhogen.
- Wij proberen nu die kelders zo vochtvrij mogelijk te houden en daarnaast veel ventilatie te hebben in het bovengrondse gedeelte. Een transformator verliest energie in de vorm van



warmte en dit helpt tegen het vochtprobleem. Deze warmte stijgt op en zorgt voor circulatie in de ruimte door de ventilatieroosters. Zeker als het 's nachts koud wordt, is een beetje warmte van de transformator een fijne bijkomstigheid. Dit energieverlies door warmteafgifte is dus een voordeel bij een nadeel.

Welke criteria hanteert Liander als het gaat over de bedrijfszekerheid van algemene voedingspunten, waar de spanning van 10kV naar 20kV naar laagspanning wordt omgezet?

- De beschikbaarheid van die ruimtes staat bij ons erg hoog. Periodiek kijken wij naar de statistiek over ons hele netwerk voor de beschikbaarheid. Een klant mag gemiddeld ongeveer 20 minuten per jaar spanningsloos zijn, al ligt dat dit jaar iets hoger. Uit de statistiek proberen we te halen of die uitval door de kabels komt, door de ruimtes zelf of door de hoogspanningsvoorzieningen. Als daar onderdelen slechter presteren dan gaan we daarop bijsturen. Zo'n ruimte ligt vaak in een ring waar ook andere klanten op aangesloten zijn. Als één zo'n ruimte faalt dan heeft dat, doordat andere ruimtes in datzelfde systeem zitten, ook effect op de andere klanten binnen die ring. Bij het falen van 1 hok moet de hele ring worden afgeschakeld tot dat duidelijk is waar het probleem zit. Hierdoor gaan er meer klanten van de stroom af dan alleen de klanten die achter dat hok hangen. Ook vanuit reguleringsprincipes zijn er beperkingen, een klant mag niet via het publieke netwerk nadelige effecten hebben op andere klanten. In een hoogspanningsnet is ieder onderdeel individueel beveiligd (redundant), als er dan 1 kabel uitvalt blijft de rest in bedrijf. Op dit net niveau (10-20kV naar laagspanning) zitten er 5 tot 50 van die ruimtes op eenzelfde kabelsysteem. Mocht er kortsluiting of een fout ontstaan, dan wordt dat hele systeem uitgeschakeld. Dan gaan we zoeken waar de fout zit in het ringsysteem en isoleren we dat gedeelte. Vervolgens kunnen we de rest weer inschakelen. In de tijd van het afschakelen van het systeem, het zoeken van de fout, het weer terug inschakelen van het systeem en de reistijden van de monteurs, dan is zo'n heel systeem toch een behoorlijke tijd spanningsloos. Dat is negatief voor het aantal storingsminuten dat we proberen te beperken.

Wat zijn de achterliggende kaders waarop de snelheid van het terug in bedrijf stellen van deze voorzieningen is gebaseerd?

- Wij moeten klanten vergoeden als de uitval langer dan 'x' uur duurt. Voor ons is die penalty niet maatgevend om alleen daarop te sturen. Dat zijn minimale kosten. In de streefcijfers willen wij een beschikbaarheid hebben die past bij de totale performance van het netwerk en de maatschappelijke belangen van een betrouwbare energievoorziening. Dus wij doen het beter dan alleen kaal op die penalty sturen. In de regulering heb je een factor die effect heeft op je kosten, waar een factor kwaliteit in zit. In de totale statistiek van het netwerk heeft dat financiële effecten op de inkomsten die je bij je klanten mag vragen. Als een storing langer dan 4 uur is moeten wij klanten gaan vergoeden. Uitval is niet te vermijden, maar meestal zijn wij veel sneller dan die 4 uur met het herstel van de energielevering (isoleren van de fout en het weer in bedrijf nemen van de ongestoorde netdelen). Voordat deze vorm van regulering er was, legden wij het netwerk ook al zo aan. Voor ons is de het maatschappelijk belang van de beschikbaarheid erg belangrijk. Ook de benchmark tussen de verschillende netbeheerders is bij ons een grote factor. Er wordt veel hoger op betrouwbaarheid gescoord door die benchmark dan kaal op die financiële vergoedingen voor de klant bij uitval. Er wordt op nationaal en internationaal niveau veel door de netbeheerders naar elkaar gekeken. De cijfers over betrouwbaarheid vergelijken wij vaak.



Duitsland scoorde vorig jaar iets beter qua storingsminuten, maar er zijn ook landen die nog beter scoren, al is het daar de vraag hoe goed de rapportage is.

Hoe vaak valt een AVP ongeveer uit?

- Gemiddeld heeft een streng waaraan de AVP's vastzitten ongeveer één keer in de drie jaar uitval. Dit is erg afhankelijk van de lengte van de streng en de hoeveelheid AVP's in de streng. Ook graafwerkzaamheden zijn een hele grote factor van storingen ondanks het KLIC en andere voorzorgsmaatregelen. Ook het spontaan falen van moffen, de verbinding tussen twee kabelstukken, is een grote factor van uitval. Bij een storing in het systeem door een van deze oorzaken ontstaat er een onbalans in het systeem. Dit kan zorgen voor pieken en dalen in de rest van het systeem wat verderop ook weer tot problemen kan leiden. Een mof die aan het eind van de levensduur zit kan hierdoor eerder falen.

Zijn er storingen bekend bij Liander die veroorzaakt zijn door hevige regenval?

- Door acute hevige regenval betrekkelijk weinig tot niet. Wat wij wel zien is dat een hele droge periode met achtereenvolgens een natte periode zorgt voor aanzienlijk meer storingen. Dit komt door moffen uitzetten en krimpen in het dag-/nachtritme. In droge en warme periodes staat het systeem sowieso al onder meer stress door een hogere stroomvraag. Dit in combinatie met de droogte en hitte zorgt voor haarscheurtjes in de moffen. Als er op dat moment een hele natte periode komt dan zorgt dat voor water in de haarscheurtjes. Dit zorgt voor extra storingen.

Hoe ziet een storing er in zijn algemeen uit bij Liander? Hoe verloopt het reparatieproces?

- Eerst wordt het getroffen gedeelte afgeschakeld. Als het getroffen deel is gelokaliseerd wordt de rest weer ingeschakeld. De verdere reparatie hangt enorm af van de reden en ernst van de verstoring. Een kleine lichte kortsluiting waarbij je een component of een onderdeel van een component kan vervangen is redelijk snel gedaan. Een transformator die compleet uitbrandt zorgt ervoor dat je het hele hok moet gaan vervangen. De bandbreedte van die reparatie-acties, qua tijd en kosten, die kan heel fors zijn. Bij het uitbranden bijvoorbeeld, wordt na het lokaliseren van het probleem de elektriciteit naar de andere gedeeltes van het net weer omgeschakeld en in bedrijf gezet. De klanten uit het getroffen hok krijgen tijdelijk een noodstroomaansluiting. Deze noodstroom wordt geleverd met een aggregaat. Hierdoor heeft de klant de stroom terug en hebben wij de tijd om het probleem te verhelpen.

Zijn er locaties van Liander waar er een algemeen voedingspunt onder het maaiveld zit, zo ja, hoe is er omgegaan met de waterveiligheidsrisico's?

- Er zijn een aantal plekken waar het klantgedeelte wel in kelders is geplaatst. Dit is wel puur alleen als het eigendom is van de klant zelf. De publieke infrastructuur van ons netwerk moet aan strengere eisen voldoen dan de voorzieningen die de klant zelf in eigendom heeft. Alle risico's van plaatsing zijn dan voor de klant zelf. Zolang de klant alleen schade aan zichzelf kan toedoen en niet aan andere klanten zullen wij daar ook soepeler in zijn. In de regulering speelt het relatief zwaar dat een klant geen schade kan ondervinden door het handelen van een andere klant. Ik ken geen plekken waar er een algemeen voedingspunt,





dat onderdeel is van een ring, onder maaiveld zit. Als het buiten zo een ring zou zitten is het risico voor ons wel lager om met iets alternatiefs te komen, maar daarvan heb ik nu geen voorbeeld.

Op welke manier worden bovengrondse transformatoren beschermd tegen water op straat?

- Wij hebben eisen aan klantruimtes die te vinden zijn op de website. Hier staat ook een drempelhoogte in die tegen waterindringing dient. Deze drempelhoogtes gebruiken wij ook in onze eigen ruimtes.

Aan wat voor eisen moet een algemeen voedingspunt voldoen om veilig te zijn?

- Een deel van de veiligheid die wij nodig komt voort uit de ruimte die wij nodig hebben om veilig te werken. De installaties in een algemeen voedingspunt zijn betrekkelijk groot, dus wij moeten daar met transportvoorzieningen bij kunnen. De meeste installaties kunnen door de toegangsdeur waar wij eisen aan stellen, deze is niet veel anders dan een standaard deur. Deze krijgen wij met mankracht daar naar binnen. Als het bijvoorbeeld om klantruimtes gaat hebben wij een aantal eisen wat betreft brandveiligheid en bereikbaarheid en deze zijn openbaar en te vinden op de website. Als je kijkt naar de Zuidas zijn er veel uitzonderingen gemaakt van ons standaard werk. Standaard is voor ons: in publieke ruimtes, op maaiveld.
- Een ander stuk veiligheid is voor ons personeel. Wij hebben een groot net en veel monteurs. Wij hebben er baat bij dat monteurs snel ingewerkt kunnen worden. Daarnaast moeten zij over ons gehele beheergebied kunnen acteren. Hierdoor willen wij niet heel veel afwijkende dingen en maatwerk in ons netwerk hebben. Mocht dit wel gebeuren dan willen wij deze netjes en landelijk ingevoerd hebben, zodat die mensen overal veilig en snel hun werk kunnen doen. Veiligheid is voor ons nummer één, maar snelheid is ook belangrijk voor die betrouwbaarheidsfactor. Voor de maatwerkoplossingen op de Zuidas hebben we aparte afspraken gemaakt om dit met een speciaal klein team te doen. In eerste instantie alleen voor Zuidas, zodat we dat team kunnen opleiden zodat ze een speciaal niveau van maatwerk kennen en aankunnen. Dit speciale team dat speciaal opgericht is voor die unieke situaties is een testproject voor ons, nog steeds. Wij willen dat eerst zien en ervaren hoe het daar gaat want het is nog te heftig voor ons om het breder in te zetten (de unieke oplossingen voor locaties van algemene voedingspunten op de Zuidas).

Is er nog iets wat ik niet heb gevraagd en dat wel belangrijk is voor mijn onderzoek volgens u?

- Op het moment dat een ondergrondse voorziening zou falen dan hebben wij misschien ander materieel nodig om dit te bereiken en werkzaamheden uit te voeren. De toegang zal wel te regelen zijn want dat is altijd een vereiste van ons. Stel dat er een projectontwikkelaar of gemeente dit wil dan zou de kosten voor het bereikbaar maken ook op rekening van die partijen komen. Ik kan alleen niet overzien wat het effect van water van buiten of eventuele waterleidingen door een gebouw voor effect hebben op het risico.
- Technisch gezien kunnen we de kabels op de schakelinstallatie niet aan de bovenkant aansluiten. Over de hele wereld is het de standaard dat kabels van onder worden aangesloten op een installatie, daar vind je ook geen uitzonderingen in. Al die kabels zijn behoorlijk stug en alle aansluitingen op standaard installaties zitten aan de onderkant.



Alleen al om de buigstraal van de kabels te kunnen maken moeten wij extra veel ruimte hebben om dat in te passen ondergronds. Aan het heen en weer buigen van de kabels zal er veel ruimte verloren gaan en daar zit denk ik niemand op te wachten. In onze onderstations hebben we kabelkelders van 140cm diep puur alleen voor die bocht van de kabel (deze onderstations krijgen enkele hoogspanningskabels en tientallen middenspanningskabels ingevoerd).



## 14 Bijlage B: Interview met Jorik Chen van Waternet

Wie bent u en wat is uw functie voor Waternet?

- Mijn naam is Jorik Chen, ik ben beleidsadviseur aan de waterketenkant van Waternet, dat is een stichting die werkt voor de gemeente Amsterdam en het waterschap Amstel, Gooi en Vecht. Wij zorgen voor schoon water, veilige dijken, voldoende water, grondwater, afvalwater afvoeren, regenwater verwerken, drinkwater leveren en toegankelijk water. Ik zorg ervoor dat er op directieniveau een duidelijk beeld is van deze zaken.
- Mijn hoofdtaak is het bijeenhalen van onderwerpen en dat doorsturen en daarin adviseren richting de wethouder van Amsterdam en het bestuur van het waterschap AGV.

In het GRP staat dat er een ambitie is om een bui van  $60\text{mm u}^{-1}$  (T=100) zonder schade aan vitale infrastructuur te verwerken.

Waarom is de T=100 gebruikt als grens?

- T=2 was de oude ontwerpgrens voor rioleringen. Alles wat daarboven komt moet op straat worden geborgen (neerslag). Anders wordt de riolering te groot en dat kost alleen maar meer geld. De grens van T=100 is een ambigue wereld, want het is sowieso nog onduidelijk wat er komen gaat qua neerslag. Er wordt gekeken naar de gegevens die wij al hebben (historische gegevens) en vanuit daar extrapoleren wij naar een neerslaghoeveelheid die eventueel in de toekomst zou kunnen vallen. Het blijft lastig om hier eenduidig iets over te zeggen want is blijft statistiek. Ik heb zelf geen invloed gehad in het bepalen van T=100, maar het lijkt mij een mooi symbolisch getal te zijn geweest. Sowieso is er nog discussie in stedelijk Nederland over waar moeten we nou exact op gaan dimensioneren en wat moeten de uitgangspunten zijn? Amsterdam gebruikt nu wel de 60mm/u in navolging van RIONED. Ook wordt er bij RIONED door iemand gesproken over 100mm/u. Dat zou vanuit mijn positie mooi zijn, als iemand die zo weinig mogelijk water op straat wil, maar daar zit een duidelijke keerzijde aan en dat is dat het hartstikke veel geld kost. Er moet een afweging zijn tussen hoeveel het kost en hoeveel het oplevert. Als je een strengere norm hanteert heb je meer veiligheid, maar willen de inwoners dat ook? Zij betalen indirect die rekening namelijk. Bij een lagere investering is er meer kans op overlast. Uiteindelijk ligt die keuze bij de politiek waarbij wij input leveren en adviseren. Wij tonen aan waar het omslagpunt ligt tussen acceptabel en niet acceptabel. Mensen zullen een gebeurtenis meer accepteren als het vaker voorkomt, maar de eerste keren is dat nog nieuw. Statistisch is het ook nog onduidelijk over hoe vaak iets op gaat treden, maar er kunnen dit jaar zo 4 buien achter elkaar komen van telkens 60mm per uur en dat zou statistisch ook nog kloppend zijn. We kunnen de normen opkrikken of afwachten tot de inwoners wateroverlast acceptabel gaan vinden, maar dat blijft een politieke keuze en blijkbaar was het bestuur van Amsterdam het eens met die 60mm /u, want ze hebben dit GRP geaccepteerd. Ten tijde van het schrijven (van het GRP) was de 60mm/u nog voortvarend en hoefde we in principe niks te doen vanuit een normstelling of wat dan ook. Maar vanuit Waternet vonden we dit belangrijk om te doen (60mm/u). Oorspronkelijk als ambitie, maar achteraf bleek dat het een behoorlijke harde, zwart op wit, normstelling is eigenlijk.



Toevallig, want mijn volgende vraag is: Waarom blijft dit enkel bij een ambitie?

- (Hier wordt in de vorige vraag al antwoord op gegeven)

Hoe dicht bij de werkelijkheid ligt die ambitie om bestand te zijn tegen een T=100?

- Ik denk dat we daar nog lang niet zijn.

Er is een overzicht gemaakt van probleemgebieden op een kaart. Is het zo dat de gebieden die niet als 'probleemgebied' worden aangemerkt op deze kaart dan de 60mm/u aankunnen?

- Ik schat van niet, maar dat zou ik niet direct met zekerheid kunnen zeggen. Die knelpuntenkaart is vooral om prioriteiten te kunnen stellen. Het is niet zo dat alles wat geen prioriteit heeft meteen voldoet aan de 60mm/u. Ik denk dat er weinig plekken in Amsterdam zijn die zo een 60 of 100mm bui aankunnen, zonder schade.

Gebieden die nieuw ontwikkeld worden, worden die per definitie ingericht om een T=100 aan te kunnen zonder schade?

- Dat is het streven. Daar proberen wij zoveel mogelijk aan te werken. Wij doen vanuit Rainproof, een organisatie die voortkomt uit Waternet, erg ons best om in de gehele gemeente Amsterdam die gedachtegang te laten krijgen (de gedachtegang dat het belangrijk is om vooraf aan het bouwen te denken aan de klimaatbestendigheid op het gebied van neerslag). De ontwerpers van Amsterdam, de mensen van de ruimtelijke inrichting, worden ook betrokken bij Rainproof. Wij werken nu aan blauwdrukken voor bepaalde wijken. Deze kunnen zij erbij pakken als ze die wijken gaan aanpakken en daarop kunnen zij zien hoe die wijk in is te richten om een Rainproof situatie te krijgen. Iedere 40 jaar worden alle wijken wel een keer volledig aangepakt, voor nieuwe riolering of nieuw wegdek. Op het moment dat dit gebeurt pakken ze de blauwdruk erbij en richten ze het Rainproof in. In theorie is dan over 40 jaar de hele stad Rainproof. Dat is natuurlijk een theoretische werkelijkheid, natuurlijk halen wij, als Waternet, liever bepaalde knelpunten naar voren in de tijd. Dat kan helaas alleen niet altijd. Ik heb zelf geen exact zicht op wanneer er een nieuwe wegindeling komt in alle wijken, maar het streven hebben wij wel.

Voldoet het huidige rioleringsstelsel en de bergingsvoorzieningen?

- (Nee, niet overal, zie hierboven)

Op welke manier wordt er geborgen bij een T=100?

- Op straat en in de riolen.

Wat zijn de risico's mocht de bui niet geborgen kunnen worden? Heeft Waternet inzichtelijk wat voor gebouwen in risicogebieden staan en wat voor functies die gebouwen hebben?

- Ja. Hier is de knelpuntenkaart uit voortgekomen bij de risicogebieden. Wij hebben nog niet een 100mm/u bui geanalyseerd en daar opvolgend een analyse gemaakt op welke gebouwen, plekken en punten dan precies actie ondernomen moet worden. Er is nog geen calamiteitenorganisatie met een duidelijk plan van daar moeten wij heen als het misgaat.



Wat is het plan als er een grotere bui valt dan T=100 en wat zijn de te verwachten gevolgen?

- De 60mm bui is doorgerekend. Bij de 60mm bui is er al veel uitwisseling tussen overlastgebieden. Een bui groter dan 100mm is nog niet doorgemeten. Ik twijfel of er een ander beeld zou ontstaan bij een bui groter dan 100mm, omdat het gebied dat overstroomt op de kaart sowieso al helemaal blauw is. In een model valt de regen heel erg verspreid en in het echt is de bui vaak plaatselijk. Dus de ene wijk zou meer last krijgen van water dan de andere. Het is lastig te vertellen waar de bui precies valt. Daarom houdt het model daar ook geen rekening mee en laat het model dezelfde hoeveelheid vallen op het hele gebied. In de praktijk zou een 80mm bui en een 60mm bui er uit zien als 20mm extra water op straat op alle overlast locaties. Het is al verdeeld door de eerste millimeters die zijn gaan stromen. Er zal dus nog weinig uitwisseling plaats vinden tussen de gebieden als er 20mm bovenop valt.

Het laagspanningsnet valt onder de B-categorie van 'vitale infrastructuur' volgens de NCTV van het ministerie van justitie en veiligheid, waarin de A-categorie het belangrijkste is. Valt deze B-categorie ook onder de vitale infrastructuur die beschermd dient te worden volgens de ambitie uit het GRP van T=100 zonder schade?

- Wat betreft wateroverlast hebben we geen 'overlay' gedaan met vitale infrastructuur. Ook hebben we geen classificering van de vitale infrastructuur behalve de knelpuntenkaart. Dus op die manier sowieso niet. De crisisorganisatie van de gemeente zou daar wel meer over weten. Ik weet toevallig uit mijn vorige rol dat je wel probeert om die informatie beschikbaar te hebben op het moment dat het mis gaat. Je weet nooit vooraf hoe een overstroming zal verlopen dus je kan op verschillende plekken in je model een dijk laten doorbreken maar in de praktijk zal het altijd anders lopen. In praktijk probeer je in zo'n situatie die gegevens beschikbaar te hebben zodat je op dat moment keuzes te kunnen maken welk object belangrijker is om te beschermen indien mogelijk. Ik verwacht dat de veiligheidsdriehoek in het geval van een crisis wel een inschatting maakt daarvan.

Hoe wordt er ontworpen op hevige neerslag rondom vitale infrastructuur? Ik begrijp dat het namelijk een inspanningsverplichting en geen resultaatsverplichting is, maar zou er voor een ondergrondse voorziening op lokaal gebied wél een resultaatsverplichting mogelijk zijn? En zo ja, hoe zou dit er uit zien, welke wegen moeten er belopen worden?

- Er is hier momenteel geen beleid voor op GRP-niveau. Dit zou het ingenieursbureau in Amsterdam misschien wel weten. Zij maken de tekeningen en het ontwerp. Ook in samenwerking met asset analyse hier en zij geven de input vanuit Rainproof over hoe het ingericht zou kunnen worden. De eerste stap is sowieso om het Rainproof te krijgen. Meer infiltreren en bergingsvoorzieningen creëren op probleemlocaties. Als er dan een transformatorhuisje zou staan dat maximaal 10cm water om zicht heen mag hebben dan weet ik niet of ze daar rekening mee houden. Als je gaat modeleren is er wel een eis van maximale waterhoogte. Meestal zijn dat de drempelniveaus van de huizen. Als daarbij wordt opgenomen dat er een transformatorhuisje staat dat ook een minimale waterhoogte heeft, dan kan men dat op die manier zo meenemen.

Die minimale drempelhoogte is nu leidend, want dat betekent dat er schade gaat optreden?

- Daar mag je wel van uit gaan.



Stel een transformatorhuis wordt ondergronds gebouwd, is het dan mogelijk om aan te geven bij het ontwerp van het maaiveld dat er op die plek nooit water op straat mag staan? (Dus water bovenop het toegangsluik bijvoorbeeld)

- Dat zou wel mogelijk moeten zijn. Als je boven de drempelhoogte van de bebouwing gaat zitten, mag je ervan uitgaan dat ze na hebben gedacht over de maximale waterhoogte die op straat mag staan en dan zou er geen water worden 'geborgen' op het maaiveld boven het transformatorhuis. Daarnaast is er wel een kans dat schade aan huizen wel is ingecalculeerd eens in de 10 jaar, maar dat wil je niet in het geval van een transformatorhuis. Dan zou je het of nog hoger moeten zetten of je kan kijken naar de omgeving. Is er bijvoorbeeld een gracht in de buurt of een ander laag liggend stuk terrein waar het water naartoe kan afstromen? Wat is tussen het transformatorhuis en de gracht dan het hoogste punt? Als je daarboven blijft met de bovenkant van de transformator, is de kans groot dat er nooit regenwater verzamelt op de bovenkant van de transformator.
- Als er dan nog steeds water op staat, of de hele bak waar de transformator instaat loopt vol, hoe snel heb je het er dan uit. Pompt de brandweer dat zo leeg na een paar uur?

Stel de gemeente en Liander besluiten dat ze ondergronds een transformator gaan plaatsen, is het dan zo dat Rainproof hier nog iets over te zeggen heeft qua plaatsing en locatie? Hoe gaat dit in zijn werk?

- Er zijn standaarden die wij gebruiken, de Puccini standaard bijvoorbeeld. Dat gaat over straatinrichting en niet over transformatorhuisjes. In principe is de gemeente Amsterdam wel aan zet als het gaat over de locatie van zo'n voorziening. Rainproof valt ook onder de gemeente. En Waternet heeft daarnaast een adviserende rol in wat de gemeente doet en zij kunnen meedenken met de gemeente over onderwerpen als deze met bepaalde eisen op het gebied van waterveiligheid. Waternet hoopt dat zij overal een mogelijkheid hebben om iets op te leggen, maar dat hebben wij helaas niet echt. Dat zou wel makkelijk zijn, want dan kan Waternet zeggen 'zo moeten jullie bouwen en dan is Amsterdam Rainproof'. Helaas, vanuit Waternet perspectief, is het nou eenmaal zo dat het een samenwerking is tussen alle belanghebbende partijen en is het veel meer een samenwerkingsding. Dus er zijn weinig verordeningen enzovoorts waarmee wij kunnen eisen hoe iets in elkaar moet zitten of hoe iets Rainproof moet zijn. Vandaar ook het netwerk dat Rainproof als organisatie probeert te creëren. Nu wordt er wel gewerkt aan een regenwaterverordening maar dat gaat meer over het vasthouden en bergen van water op daken en op straat en niet zozeer over hoe een ondergronds transformatorhuisje er uit moet zien.

Eigenlijk moet er elke keer een soort apart overleg plaatsvinden op het moment dat het gaat over een speciale situatie als deze?

- Ja, Waternet kan ingeschakeld worden om advies in te winnen. Er kan een adviseur met kennis van zaken van Waternet naar het probleem kijken en vervolgens meedenken over de inpassing.

Is er nog iets aangaande mijn onderzoek dat ik niet heb gevraagd, maar dat volgens u wel aan de orde is?





- Heb je ooit de 60mm bui gezien? (Ja) okay mooi. Ken je de AHN3? (Ja). Die is meer recent en als je [demo.lizzard.net](http://demo.lizzard.net) pakt kan je een dwarsdoorsnede pakken en kijken hoe het hoogte profiel er uit ziet.



## 15 Bijlage C: Telefonisch interview met de Autoriteit Consument en Markt

*Dit interview is telefonisch verlopen met Ibrovic, Edin en Wolbers, Wilko. Door het telefonische interview is er geen mogelijkheid geweest om alles geciteerd in tekst te krijgen. De antwoorden op de vragen zijn wel helder geworden. De antwoorden in dit interview zijn geen directe citaten, maar een strekking van het antwoord.*

Welke belangen heeft de ACM bij het ondergronds plaatsen van een algemeen voedingspunt?

- De ACM als dienst van het ministerie heeft geen belang bij de locatie of manier waarop een voedingspunt wordt geplaatst. Op het moment dat de manier of locatie van een algemeen voedingspunt tot problemen leidt (problemen waar het ACM toezicht op houdt) dan kan het ACM eventueel in gesprek komen met een netbeheerder.

In de Netcode elektriciteit staat dat:

*6.3.2 De in 6.3.1. genoemde verplichting geldt niet,*

*a...*

*b. wanneer de netbeheerder kan aantonen dat de netbeheerder als gevolg van een extreme situatie niet binnen de hersteltijden, zoals bedoeld in artikel 6.3.1, een onderbreking kan herstellen. Met een extreme situatie wordt bedoeld een incident dat zo weinig voorkomt dat het oneconomisch zou zijn om daarmee rekening te houden in de reguleringssystematiek en dat bovendien niet beïnvloed kan worden door de netbeheerder. Een incident is een niet te voorziene gebeurtenis of situatie die redelijkerwijs buiten de controle van een netbeheerder ligt en niet te wijten is aan een fout van een netbeheerder. Hierbij kan gedacht worden aan aardbevingen, overstromingen, uitzonderlijke weersomstandigheden, terroristische aanslagen en oorlog, of..*

*c...*

Welke vorm van overstroming wordt hiermee bedoeld?

- Hiermee worden overstromingen bedoeld die zeer groot gedeelte van een regio onder water zet. Denk hierbij aan 1953 en 1993 waarbij hele stukken land onder water kwamen te staan. Een heftige bui hoort niet in het rijtje thuis van aardbevingen, terroristische aanslagen of een oorlog.

Wanneer zijn weersomstandigheden uitzonderlijk?

- Als er een boom is omgevallen op een transformator door weersomstandigheden. Of als bijvoorbeeld de reparatie ernstig wordt beïnvloed door het weer tijdens het herstel.

Betekent dit dat een netbeheerder niet de reguliere boete hoeft te betalen als een algemeen voedingspunt uitvalt door een zeer heftige bui?



- Nee, het is van belang dat een voorziening die onder de grond wordt geplaatst op dezelfde manier functioneert als de bovengrondse voorziening. Als de bovengrondse voorziening in dezelfde uitzonderlijke weersomstandigheden wel bereikbaar is, maar de ondergrondse niet, dan is dat te wijten aan de netbeheerder.
- In het geval dat de uitzonderlijke weersomstandigheden ervoor zorgen dat een ondergronds en een bovengronds algemeen voedingspunt allebei waren uitgevallen, dan is er wel een kans dat de uitzondering geldt. Dit moet echter per geval bekeken worden.

In welke mate wordt er van de netbeheerder verwacht dat hij preventieve maatregelen neemt om schade door deze gebeurtenissen wordt voorkomen? Wanneer wordt het oneconomisch?

- Dit is aan de netbeheerder.

Stel er is een slechte riolering aangelegd rondom een transformatorhuis. Dit transformatorhuis staat op een laaggelegen plek. Er is een heftige neerslag gebeurtenis en al het water verzameld zich in en om de transformator met uitval als gevolg. Is er behalve de netbeheerder een partij die hierop aangekeken zou worden door de ACM?

- Het is aan de netbeheerder om de plaatsing van de transformator te overzien en eventuele risico's zo klein mogelijk te houden. Hier gaat de ACM niet over.

Extra informatie

- Als er willens en wetens een code, opgesteld door de netbeheerders en de ACM, wordt overtreden dan is er een kans op grote boetes voor de netbeheerder. Zij mogen zelf voorstellen doen om deze codes te veranderen. Het is niet aan de ACM om hier een sturende rol in te hebben, de ACM houdt alleen toezicht.
- Het ministerie van infrastructuur en waterstaat heeft over de plaatsing en veiligheid van een transformator eventueel nog iets te zeggen, maar dat doet de ACM niet.



## 16 Bijlage D: Interview met Jeroen Kluck van de Hogeschool van Amsterdam

Wat is uw baan bij de HvA en naast de HvA?

- Ik ben lector bij de HvA van het lectoraat Water in en om de Stad. Ik werk ook nog twee dagen in de week bij Tauw BV in Deventer.

Hoelang werkt u al met neerslag in stedelijke gebieden?

- Ik heb het boekje 'anticiperen op extreme neerslag' geschreven, samen met een team, en in 2013 uitgebracht. Hierin staat wat men kan verwachten qua neerslag en hoe je als gemeente kunt anticiperen op die extreme buien. Sinds 2006 werk ik met extreme neerslag.

Merkt u veranderingen van werkwijzen door drukte in de ondergrond in hoogstedelijk gebied?

- Men heeft steeds vaker ruimtegebrek ondergronds. Voor aanleg van riolering is vaak geen ruimte. Ook voor infiltratievoorzieningen is vaak geen ruimte en moet men naar andere oplossingen zoeken, of als er een infiltratie voorziening aangelegd moet worden en men komt een gasleiding of iets dergelijks tegen dan moet dat systeem is omgegooid worden. Dat geeft vaak problemen. Dus de ruimte in de ondergrond is beperkt. Wij zoeken wel naar oplossingen voor die problemen. Vooral alle kabels en leidingen met daaronder de riolering is wel een groot probleem en daarnaast moet er ook nog ruimte zijn voor bomen en deze hebben ondergronds ook veel ruimte nodig, dit moet ook nog eens goede grond zijn en niet alleen puin en dergelijke. Deze drukte ondergronds heeft dus bovengronds ook zeker een effect.

De maximale neerslag waarop gedimensioneerd wordt is vrijwel overal T=100 (60mm/u), waarom is dit de grens?

- Er zijn twee verschillende dingen, eigenlijk wordt het regenwaterafvoersysteem dus de rioleringen en infiltratievoorzieningen, aangelegd op een bui van 20mm/u, deze komt ongeveer één keer in de twee jaar voor. Langzamerhand is men gaan denken, het gaat af en toe ook wel heel hard regenen, dus we zouden ook eens moeten kijken naar wat er bij een hele extreme bui gebeurt. Sinds kort analyseert men wat er gebeurt bij een T=100 en vervolgens bedenkt men waar zij op willen ontwerpen. Er is niemand die zegt dat je een T=100 bui snel af moet voeren. Gemeentes willen weten of er water in woningen komt en hoe lang het blijft staan op bepaalde plekken, op straat bijvoorbeeld. De T=100 is dus wel belangrijk, maar de norm is nog steeds de T=2 (20mm/u). Dat is de ontwerpnorm voor de riolering voor de meeste steden. De T=100 is belangrijk om te analyseren wat er in extreme gevallen gebeurt en soms wordt daar in het ontwerp van de openbare ruimte ook al rekening mee gehouden. Elke nieuwe aanpassing moet ook klimaatbestendig in worden gericht, dus het is goed om die T=100 mee te nemen. Die T=100 wordt vaak geroepen als de maatgevende bui voor gemeentes. Amsterdam heeft bijvoorbeeld gezegd, 'wij willen 60 mm/u kunnen verwerken zonder schade'. Dan mag het dus wel even op straat staan, maar op sommige straten niet, want daar is de doorstroom van verkeer belangrijk. Zo langzamerhand pakt de gemeente de hele stad aan, tot een jaar of 10 geleden werd er nog



niet veel gedaan met een T=100, wel werden probleemlocaties aangepakt, nadat bleek dat er iets niet goed functioneerde.

Bij RIONED staat dat 'een T=100 voor Gouda betekent een T=1000 voor een stad als Den-Haag'. Dit klinkt vrij verwarrend. Voor welk oppervlak geldt een T=100?

- Een T=100 is opgesteld op de manier dat je op 1 plek, 1 keer in de 100 jaar zo'n bui hebt. Deze valt dus meerdere keren per jaar ergens in Nederland. De reden dat het op de website van RIONED zo staat is dat het gehele systeem van Gouda, in dit geval, te maken krijgt met die bui. Dit staat met elkaar in verbinding met overstorten en watergangen. Stel je voor dat het hele oppervlaktewater vol zit, wat gebeurt er dan? Dit komt dan in het omliggende systeem, maar het effect is anders. Er zit natuurlijk veiligheid op veiligheid ingebouwd in zo'n systeem. RIONED kijkt hierbij alleen naar het water en welke getallen ze daaraan kunnen hangen en welke herhalingsstijden. Natuurlijk zijn er andere dingen ook belangrijk naast wateroverlast. Er is in Nederland ook nooit iemand doodgegaan van wateroverlast en er gaan wel een hoop mensen dood aan andere zaken. Om terug te komen op die bui, er is nog niet gedefinieerd hoe groot (oppervlakte) die is. De bui valt niet in één keer op heel Nederland, het is bij een kleine gemeente waarschijnlijk het hele watersysteem waar de bui op valt. Maar een gemeente als Amsterdam zal maar gedeeltelijk getroffen worden waarschijnlijk. In 2014 heeft het bijvoorbeeld hard geregend, maar dat was Amsterdam-West en de andere delen van Amsterdam waren vele malen droger. Daarnaast is West-Nederland redelijk vlak en hierdoor legt water geen grote afstanden af in korte tijd. Hierdoor is er ook weinig interactie tussen West-Amsterdam en Oost-Amsterdam. Voor kleine analyses maakt de mate van uitwisseling niet uit, voor grote wel.

Wat zijn de risico's van overstroming door neerslag op de vitale infrastructuur en dan met name de elektriciteitsvoorziening

- Amsterdam heeft ernaar gekeken. Er zijn studies gedaan waar kwetsbare objecten liggen en daar is een analyse gedaan over potentiële problemen die daar kunnen ontstaan. Hier is ook gekeken naar de waterzuiveringen en pomppunten. Meestal ligt de vitale infrastructuur wel op een veilig niveau, maar niet alles. Het verhaal van de VU waar een drinkwaterleiding knapt, er was daar dus geen sprake van neerslag, is iedereen bekend. Het is ook maar de vraag of er met neerslag ooit zoveel water in die kelder was gekomen natuurlijk, dat denk ik niet. Er zijn dus inderdaad wel risico's, de kans is alleen niet groot, de gevolgen kunnen wel heel groot zijn, vooral als het slecht is aangelegd. Dus wat men nu eens moet gaan doen is vitale infrastructuur over een kaart leggen en kijken wat er gebeurt bij 60mm/u neerslag of 100mm/u. Dan kan je zien wat er allemaal onder water komt te staan en of dat erg is. Bij zo'n hele extreme bui test je waar er water de huizen binnen komt en waar er vitale infrastructuur blank komt te staan. Meestal, als je het goed ontwerpt, komt die vitale infrastructuur niet onder water te staan.



Op wat voor manier wapent de stad zich tegen de verwachte grotere intensiteit van neerslag?

- Amsterdam is al goed bezig met de ontwikkeling van plots zoals op de Zuidas, daar eisen zij al van de ontwikkelaars dat zij 60mm/u kunnen vasthouden op hun eigen terrein. Die 60mm/u hoort dus niet van hun terrein te komen zodat de rest van het openbare gebied ook wat makkelijker zelf die 60mm/u kan verwerken. Dat is al een hele goeie stap. Als het harder regent dan komt er vervolgens wel wat water, maar ze analyseren dus wat er gebeurt bij die extreme buien en ze ontwerpen het hele systeem daarop. Ze hebben dus voldoende oppervlaktewater gemaakt en ze analyseren wat er gebeurt als er water in een kelder komt, gaat er dan iets mis? Ze wapenen zich door de situatie goed te analyseren en dan een passend ontwerp te maken. De eis van waterberging is daarin een hele belangrijke. De gemeente heeft dus, zeker in nieuw te ontwikkelen gebieden, de mogelijkheid om de eis van een goed watersysteem op te leggen. De gemeente wil uiteindelijk ook in de bestaande bebouwing naar een schadvrije situatie bij een bui van 60mm/u brengen. Bij geplande herinrichtingen zal de gemeente zorgen dat ook in bestaande situaties de wateroverlast zo goed mogelijk beperkt wordt. Bij Waternet zitten genoeg slimme mensen die deze problemen kunnen verhelpen. Soms wordt er wel voor een situatie gekozen die niet ideaal is voor de waterafvoer zoals een verkeerdrempel of een vlak straatprofiel, maar dit is dan ten behoeve van de verkeersveiligheid of het aanzicht van de straat.

Welke partijen zijn dragen de verantwoordelijkheid van de verwerking van de neerslag?

- Waternet is niet direct de verantwoordelijke als het mis gaat. Soms worden onderdelen van de waterhuishouding anders aangelegd dan het is ontworpen. Er kunnen bijvoorbeeld verkeerde huisaansluitingen geplaatst zijn, of er zit ergens geen terugslagklep die er wel had moeten zitten. Het kan daarnaast ook nog dat het model niet goed was waarop het ontwerp is gemaakt. Het kan dus bij het model of het ontwerp al foutgaan, maar een projectontwikkelaar of aannemer kunnen ook allemaal fouten maken. Een directe verantwoordelijke is moeilijk aan te wijzen. In Amsterdam is de helft van de plaatsen waar het fout gaat met hevige neerslag toch bij particulieren die een terugslagklep zijn vergeten, of een souterrain hebben gebouwd dat niet goed is ontworpen. Dit is vaak al met hevige neerslag al het geval en niet pas bij extreme neerslag. Dit komt ook bij projectontwikkelaars voor.

In hoeverre zijn partijen verantwoordelijk voor eventuele schade door deze hevige neerslag?

- Dit is overmacht vaak. Hierbij zijn de partijen niet meteen verantwoordelijk. Een volgelopen parkeerkelder zal als overmacht worden gezien bijvoorbeeld. Eventuele schade aan een auto is wordt door de verzekeraar geregeld, je kan dan niet naar de gemeente toe met de klacht. Je kan niet naar de gemeente gaan en zeggen 'je hebt het niet goed ontworpen'. Bij een transformator onder de grond mag dat ook zeker niet fout gaan. Zeker niet 1 keer in de 2 jaar. Boven 1 keer in de 100 jaar, zouden we kunnen zeggen dat het misschien acceptabel wordt. Europees gezien is er gezegd dat er maar 1 keer in de 30 jaar water een bedrijfspand binnen mag stromen. Dus ik denk dat dat een beetje de grenzen zijn.
- Ik kan mij een geval herinneren waarbij winkeliers in een straat vaak last hadden van wateroverlast. De schade vergoedde de verzekering van de gemeente. Na een paar incidenten heeft die verzekeraar toen gezegd dat de gemeente het op moest gaan lossen. Op die manier kan een verzekeraar natuurlijk ook gaan sturen.





Stel er gaat een algemeen voedingspunt onder maaiveld komen. Wat zijn dan maatregelen op het gebied van waterveiligheid die genomen kunnen worden om dit zo veilig mogelijk te laten zijn?

- Het veiligste zou zijn om het waterdicht te maken. De ventilatie zou dan via een buis kunnen die op een veilige hoogte zit.

Is er nog iets dat ik niet heb gevraagd, maar wat wel aan de orde is?

- Er is ook een analyse gemaakt op wateroverlast door overstromingen over een groter gebied door de gemeente. Dat zit ook in de orde van 1 keer in de 100 jaar, wat ze van een waterschap eisen. Als het fout gaat met het oppervlaktewater dan stroomt de hele wijk onder. Het is best opmerkelijk dat beide gevallen een herhalingstijd van één keer in de honderd jaar hebben. Zo'n overstroming heeft een veel groter effect, van een paar straten onder water naar een hele wijk onder water. Bij langdurige neerslag zou die situatie ook kunnen ontstaan.
- <https://flamingo.bij12.nl/risicokaart-viewer/app/Risicokaart-openbaar>  
(De kaart voor middelgrote kans overstromingen T=100)



## 17 Bijlage E: Interview met Teun Timmermans van de Gemeente Amsterdam, afdeling crisisbeheer.

Ik studeer af op watermanagement bij de hogeschool van Amsterdam. Mijn afstudeeronderzoek doe ik bij Hompe en Taselaar. De vraag van Hompe en Taselaar aan mij was een onderzoek te doen naar de waterveiligheid van ondergrondse transformatorvoorzieningen. Tijdens dit onderzoek kwam de vraag naar boven wat het risico is van het uitvallen van bepaalde transformatorvoorzieningen. Dit gaat vooral over hoogstedelijke gebieden, want dat zijn de gebieden waar er vraag is naar ondergrondse transformatorvoorzieningen om de kwaliteit van de openbare ruimte hoog te kunnen houden in de beperkte beschikbare ruimte. Hier is een ander risicoprofiel dan bij een standaard situatie. Hieruit kwam de vraag wat voor effect het uitvallen van een transformatorvoorziening kan hebben op de openbare veiligheid. Daarnaast rees de vraag of er ook een risico is voor de openbare orde bij langdurige uitval. Ben ik met deze vragen hier aan het juiste adres?

- Ja hoor, zeker.

Wat doet crisisbeheersing in het geval van uitval door hevige neerslag?

- Bedoel je wat crisisbeheersing in het geval doet van uitval van stroom? (Ja, want stroomuitval in een paar straten is niet direct een crisis). Klopt, het hangt heel erg af van wat voor straat het is en wat voor objecten er in de straat aanwezig zijn. Bij langdurige en grootschalige stroomuitval is de crisisdienst wel bezig met opschalen en komen wij in actie. Dat heeft te maken met een aantal aspecten, namelijk, of er communicatiemiddelen van de burger zijn uitgevallen, of er alarmsystemen uitvallen, of rolluiken van winkels nog dicht kunnen. Bijvoorbeeld, als er brand uit breekt kunnen mensen niet meer bellen naar de hulpdiensten. De meldkamer is nog wel actief, maar de zendmasten van de telecomleveranciers vallen uit. Daarnaast heb je nog te maken met zorgbehoevenden in de stad. Deze zorgbehoevenden zijn vaak voor een deel afhankelijk van stroom, voor beademingsapparatuur en dergelijke. In die gevallen komt crisisbeheersing in actie. Als je geïnteresseerd bent kan je het IFV een keer bekijken, daar kan je de bestuurlijke netwerkkaart stroomuitval vinden. Het is niet zo dat wij bij elke stroomuitval operationeel worden. Er zijn natuurlijk veel vaker kleine en kortdurende uitvallen. Wij hebben nu gemiddeld 1 á 2 keer per jaar een dusdanig grote storing dat wij daarvoor opschalen.

Wat doet crisisbeheersing in zo'n situatie?

- Wij gaan dan opschalen volgens de opschalingstructuur en schakelen het 'commando plaats incident', het COPI in. In het COPI zitten alle officieren van dienst. Hieronder vallen alle coördinatoren van Politie, Brandweer, Ambulance, de gemeente en bij een stroomuitval Liander. Deze groep gaat gestructureerd na wat het probleem is, welke maatregelen ze kunnen nemen en wat het effect is op de omgeving. Hierin denken zij vooruit over de maatregelen die ze moeten nemen. Per incident kijken ze naar wat er is getroffen, welke object in het getroffen gebied zitten, en wat de passende maatregelen zijn. Bijvoorbeeld een uitval bij de Nederlandse Bank is een heel ander geval dan bijvoorbeeld stadsdeel Amsterdam-Zuid waar alleen woningen staan. Voor ons is het ook makkelijker om instituten als een zorginstelling of een ziekenhuis in kaart te krijgen. Deze hebben zelf namelijk de verplichting om na te gaan op welke manier zij gaan opteren in geval van stroomuitval en



crisis. Er zijn echter ook mensen die prima zelfstandig kunnen wonen maar wel zorgbehoevend zijn door apparatuur dat stroom nodig heeft. Bijvoorbeeld een beademingsmachine die zij thuis heeft. Die individuele gevallen zijn voor ons de moeilijkere zaken om in kaart te krijgen, zij hebben namelijk geen werkring om hen heen waaruit hulp komt. Ziekenhuizen hebben hun eigen noodstroomvoorzieningen, zorginstellingen over het algemeen niet. Daarnaast is er ook de vraag hoeveel stroom een zorginstelling nou werkelijk nodig heeft aan stroom. Ook een individu zoals jij (Ik de interviewer) kan best een dag zonder stroom, dit kunnen de meeste mensen en zij zullen hier zeker niet aan overlijden. Er zijn echter mensen die wel dood zouden kunnen gaan aan stroomuitval en die moeten wij snel in kaart brengen als het nodig is. Het is helaas niet centraal geregistreerd waar mensen wonen die zorgbehoevend zijn, dus dat is altijd weer een zoektocht om die mensen te vinden.

Zou het per definitie een crisis zijn als een stroomvoorziening uitvalt?

- Nee, niet per definitie. Er bestaat geen afvinklijst voor wanneer iets een crisis wordt. Het is bijvoorbeeld belangrijk op welk moment iets optreedt. Stroomuitval om 2 uur in de nacht is veel minder erg dan om 7 uur in de ochtend, wanneer de ochtendspits begint. Ook is het gebied van de stroomuitval erg belangrijk. Welke kwetsbare objecten zitten hierin? Is het een woonwijk of een ziekenhuis zoals het VU-ziekenhuis waar de noodstroom ook niet meer werkt, die twee zaken zijn heel erg verschillend. Ziekenhuizen hebben normaal wel een noodvoorziening maar deze heeft vaak ook maar een bepaalde tijdsduur dat opgevangen kan worden.

Wanneer leidt uitval tot verstoring van de openbare orde?

- Er is een draaiboek waar voor verschillende functies het effect benoemd wordt van het effect van een stroomstoring. Voor jouw beeldvorming, lichtuitval is direct, maar het uitvallen van een telefoonzendmast is in de ordegrrootte van een half uur, deze heeft zelf nog een accu. De zendmasten voor het communicatiesysteem van de hulpdiensten houden het een stuk langer uit, maar ook deze tijd is eindig. Dit zijn tijdsstappen waarbij het effect van de stroomstoring steeds groter wordt. De calamiteitenplannen, die wij hiervoor hebben, zijn niet openbaar met het oog op de veiligheid.

Maakt de oorzaak van de verstoring uit?

- Bij een bui, die 1 keer in de 100 jaar valt, gaan er meestal geen mensen dood. Het is onhandig en verstoring, maar het is niet zo dat je veiligheid in het geding komt. Wel is er een cascaderwerking mogelijk door de wateroverlast. De regen zelf kunnen we niet bestrijden, maar de effecten ervan natuurlijk wel. De brandweer moet bijvoorbeeld gaan prioriteren, zij kunnen niet elke kelder leegpompen. Maar om terug te komen op de vraag, daar zit een scheiding in, als de oorzaak van de storing helder is bij Liander dan is de oplossing makkelijker. Ons grootste probleem is namelijk hoe lang het duurt voordat de storing weer is opgelost. Als Liander de oorzaak duidelijk heeft kunnen ze ook relatief snel zeggen, dit is de oplossing en dat gaat zo lang duren. Mochten ze geen flauw idee hebben wat de oorzaak is dan wordt het moeilijker. Dan moeten ze eerst nog de hele analyse gaan doen. Bij uitval door wateroverlast is de oorzaak duidelijk, er zal waarschijnlijk ergens kortsluiting zijn opgetreden. Dan moeten ze nog uitvinden waar dat precies gebeurd is, maar daarna kunnen ze meteen bezig met het verhelpen. Niks is vervelender dan zeggen dat iets



is verholpen over 2 uur en dan over 2 uur weer moeten melden dat het over 2 uur opgelost is.

Is er onderscheidt in de oorzaak van de verstoring?

- Niet heel erg in de technische oorzaak. Het is wel belangrijk om te kijken wat de moedwilligheid is van de oorzaak. Daarnaast is de duur van de verstoring erg belangrijk.

Wat is de kwantificatie van die risico's, op welke manier wordt er gekwantificeerd?

- Het gebied is erg belangrijk, waar het zich afspeelt. Zoals eerdergenoemd is de duur ook erg belangrijk. Met deze factoren kunnen wij bepalen wat de mogelijke effecten zijn. Gaan we naar de avondspits toe bijvoorbeeld, dat is erg belangrijk. Het gaat ons dus ook niet over het aantal getroffen en vooral over de hulpbehoevende getroffen. Een individu dat zonder hulp kan leven kan prima een dag zonder stroom namelijk. Het is wel vervelend voor die persoon, maar het leidt niet tot grote problemen. (*Nee inderdaad, een kaars een boek en een deken en je komt de dag wel door*) Nou dat is grappig dat je dat zegt, wij zien wel een grotere kans op brandgevaar bij een stroomuitval, omdat significant meer mensen kaarsen gaan gebruiken. Wij kennen zelfs gevallen van mensen die binnen gingen barbecueën, heel gevaarlijk, op het gebied van koolmonoxidevergiftiging.

Moeten gevoelige/ vitale gebouwen een eigen back-up hebben voor energie?

- Bedrijven en organisaties zijn zelf verantwoordelijk voor hun continuïteit. Bijvoorbeeld de internetknooppunten zijn zelf verantwoordelijk voor hun back-up systemen. Ook voor de hulpdiensten geldt dat zij continuïteitsplannen hebben. Dat betekent niet direct dat zij een noodstroomvoorziening hebben, maar wel dat ze kunnen blijven functioneren bij stroomuitval. Dat bijvoorbeeld de hekken nog open kunnen voor een ambulance bij het ziekenhuis, of dat een winkelier zijn rolluiken nog dicht kan doen. Voor de Nederlandse Bank is het nog maar de vraag of ze afhankelijk zijn van een stroomvoorziening, zij hebben zeker een plan klaarliggen voor wat ze moeten doen bij stroomuitval.

Als we kijken naar een hoogstedelijk gebied zoals het Rembrandtplein, hebben de winkeliers daar een noodplan?

- Denk je dat zij daar een plan voor hebben? (*Nee dat denk ik niet, ik zie het voor mij dat daar een winkelmedewerker staat die per uur wordt betaald en geen idee meer heeft wat hij/zij moet doen als de stroom uitvalt en wat de juiste handelingen zijn*). Klopt, ik weet ook dat zij die niet hebben. De meeste stroomstoringen zijn klein en de meeste zijn ook van korte duur. Maar wij hebben vorig jaar een grote stroomstoring gehad waar onder andere het Rembrandtplein geen stroom meer had en ook het Rijksmuseum. Dat was bij de stroomstoring waarbij een transformator in de fik was gevlogen doordat er een verkeerde kabel werd doorgesneden. De discussie die er dan ontstaat is interessant, hoe gaan we de heraansluiting doen? Want de netbeheerder heeft aggregaten laten aanrukken en dan rijst de vraag, waar gaan we die als eerste inzetten? Is dat een Rembrandtplein of is dat een woonwijk? In dit geval werd er, gezien het tijdstip (5u in de nacht), voor gekozen dat bewoners voor het uitgaanspubliek ging. Dat heeft te maken met de sociale onrust die dan kan ontstaan. In bepaalde buurten was de vrees op toename van inbraken aanwezig. Deze wijk krijgt dan eerder stroom dan een andere wijk.



Is er documentatie aanwezig over dit onderwerp?

- IFV heeft bestuurlijk netwerkkaarten over stroomverstoringsplannen. Over overstromingen ook, die staan op overstromingsplannen. Die zijn deels openbaar.

Is er nog iets wat ik niet heb gevraagd, maar wat wel aan de orde is?

- Wat van belang zou kunnen zijn is de hersteltijd van zo'n voorziening. Ik heb geen idee of schade door water langer of korter duurt dan een 'normale' vorm van schade. Hoe langer zo iets zou duren hoe problematischer het kan worden. Dat is een van de belangrijkste verschillen. Wij verwachten dat een organisatie als Liander zelf zorgt dat het risico voor uitval door hevige neerslag zo laag mogelijk is. Vanuit de crisisorganisatie sturen wij daar namelijk niet op. Wij komen pas in beeld als er iets mis is gegaan. Als wij na een evaluatie verbeterpunten tegenkomen dan koppelen wij die wel terug naar de desbetreffende instantie.

Is er bij u een geval bekend van hevige neerslag in Amsterdam dat tot problemen leidde?

- Er is een hevige regenbui in Amsterdam-Zuid geweest dat ooit heeft geleid tot een laagje water in het treinstation aldaar. Het viaduct bij het Amstelstation is berucht om dat er daar een 'zwembad' ontstaat op het moment dat het hard heeft geregend. Dit zijn beide overlastsituaties en geen crisis.

Een crisissituatie door water bestaat voornamelijk uit overstroming en niet door neerslag?

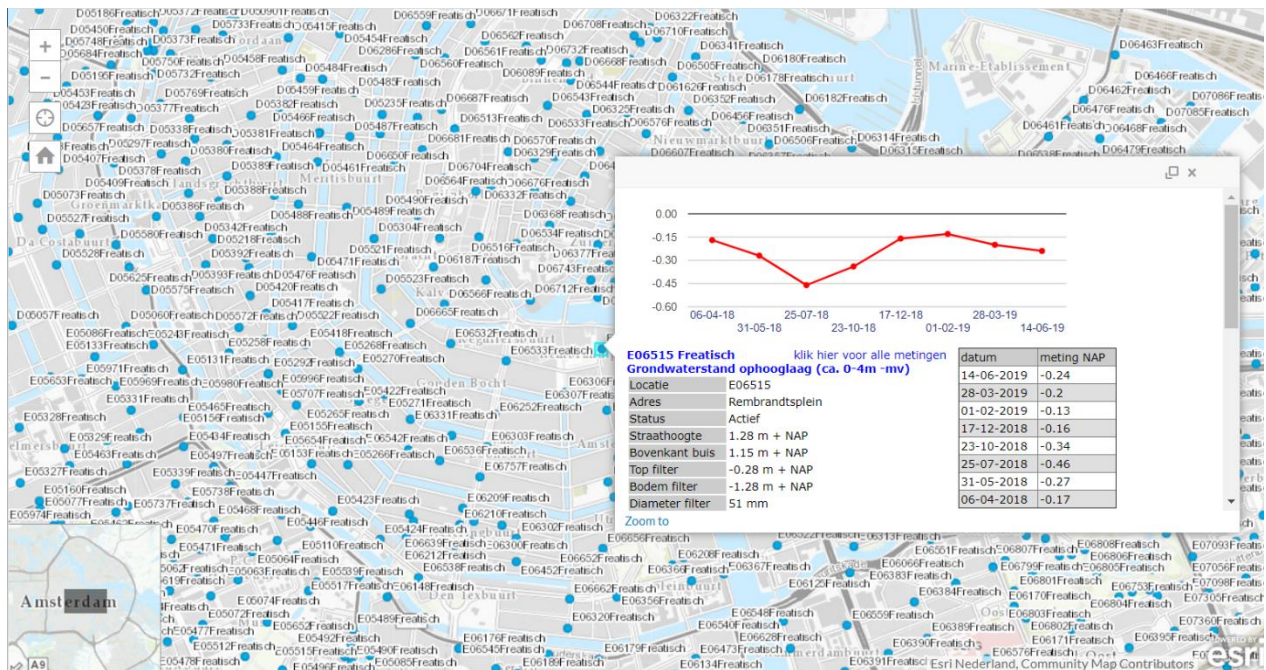
- Ja precies. Overstroming door een rivier, kanaal, binnenwater of de zee is direct crisis als dit water continu doorloopt en er dus ook slachtoffers kunnen vallen. Water op straat kan effect hebben op de hulpdiensten, dat ze niet overal meer doorheen kunnen, maar het is nog steeds overlast en geen crisis.

## 18 Bijlage F: Factoren die invloed hebben op de betrouwbaarheid van het elektriciteitsnet bij ondergrondse plaatsing van een algemeen voedingspunt

Hier worden risicofactoren, die niet direct hemelwater gebonden zijn, behandeld.

### 18.1 Grondwater

De ontwateringsdiepte in Amsterdam is niet groot vergeleken met hoger gelegen Nederland. De grondwaterpeilen worden uitgebreid gemonitord door Waternet, zoals te zien in Figuur 29.



Figuur 29: Peilbuizen van Waternet in Amsterdam, opengeklapt is de grafiek van de peilbuis op het Rembrandtplein

De meeste peilbuizen geven een ontwateringsdiepte tussen de 0,5 en 1,5m. De minimale gronddekking, die elektriciteitskabels moeten hebben, is te zien in Figuur 30.





soort kabel of leiding	transport (m)	distributie (m)	huisaansluiting (m)
elektriciteitskabels	1.00 -1.20	0.60-0.70	0.50
warmte / koude staal	1.25	0.70	0.50
warmte / koude kunststof		1.00	0.50
waterleiding	1.00	0.80	
afvoer afvalwater	0.80	0.80	0.34 (lengte < 15 m)
gas - kunststof	0.80	0.65	0.50
gas - staal	0.80	0.65	
verkeersinstallaties		0.60	
telecommunicatie kabels	0.60	0.50 - 0.60	0.50

Figuur 30: Minimale dekking van kabels en leidingen (bron: Nadere regels WIOR, Amsterdam)

Gezien de minimale gronddekking van de kabels en de ontwateringsdiepte, ligt een groot gedeelte van de middenspanningskabels (transport) onder grondwaterniveau liggen. Dit heeft als gevolg dat de kabeldoorvoeren eveneens onder grondwaterniveau kunnen liggen in de huidige situatie. Bij ondergrondse plaatsing zal er, afhankelijk van de veranderende hoogte van de kabeldoorvoeren, een veranderend risico op kunnen treden met betrekking tot grondwaterindringing.

Bij het lager plaatsen van de kabeldoorvoeren zal de grondwaterdruk toenemen. Hierbij kan het risico op grondwaterintreding hoger worden. Bij eenzelfde plaatsing van de kabeldoorvoeren als in de huidige kabelkelders van algemene voedingspunten, qua hoogte, zal het risico gelijk zijn aan de huidige situatie.



## 18.2 Ventilatie, vocht/condensatie en temperatuur

Bij het transformeren van middenspanning naar laagspanning komt warmte vrij. Deze warmte dient afgevoerd te worden. Natuurlijke ventilatie zorgt hiervoor in huidige algemene voedingspunten. Bij inpandige algemene voedingspunten ventilatieroosters zijn geplaatst aan één zijde van de ruimte, de zijde die in de gevel zit. Via deze roosters kan de warme lucht weg aan de bovenkant en trekt het koude lucht aan bij de onderzijde. In Figuur 31 is de JAZO-deur te zien. De meest gebruikte oplossing.



*Figuur 31: JAZO-deur, deze standaardoplossing wordt gebruikt voor inpandige algemene voedingspunten*

Bij de huidige vrijstaande algemene voedingspunten wordt van meerdere kanten geventileerd. Bij de vrijstaande algemene voedingspunten varieert het in grote mate hoe deze ventilatie is toegepast. In Figuur 32 is een aantal van deze algemene voedingspunten te zien, met uitleg. Volgens "Bijlage 21 van PvE Liander inpandige MSR (middenspanningsruimte) december 2017", pagina 7, dient een 630 Volt transformator een effectieve netto doorlaat van 2500cm<sup>2</sup> te hebben en een 1000 Volt transformator een effectieve netto doorlaat van 4100 cm<sup>2</sup>.



*Figuur 32: Vrijstaande algemene voedingspunten. Boven, twee gemetselde varianten met schoorsteen en zichtbare ventilatie langs de wanden. Linksonder, een laag profiel betonnen algemeen voedingspunt met zichtbare roosters langs de wanden. Rechtsonder, een 'Peperbus' van Liander zonder zichtbare ventilatie.*

Opvallend is het verschil in grote en aanwezigheid van de ventilatieopeningen. Vooral bij de Peperbus in Figuur 33 is er geen zichtbare opening ten behoeve van ventilatie. Navraag bij de leverancier bevestigt dat een gedeelte van de warmteafgifte van de peperbus via straling gaat en niet enkel via ventilatie.





*Figuur 33: Alleen langs de toegangsdeur zit een minimale sleuf, de boven- en onderkant hebben geen noemenswaardige ventilatieopeningen*

Bij ondergrondse plaatsing van een algemeen voedingspunt zal de ventilatie gewaarborgd moeten blijven. Bij plaatsing in het straatprofiel zal een rooster aan de bovenzijde van de voorziening eenzelfde ventilatieoppervlak bieden als bij bestaande algemene voedingspunten. In Figuur 34 is te zien hoe een standaardoplossing voor een ondergronds algemeen voedingspunt (Schneider Electric) zijn ventilatieroosters geplaatst kan hebben. In het maaiveld zijn roosters geplaatst. Dit is tevens voordelig, omdat warmte opstijgt. De effecten van extreme neerslag op de oplossing van Scheider Electric zijn onbekend.



*Figuur 34: Een ICEBERG ondergronds algemeen voedingspunt, ventilatieroosters in het maaiveld*

Bij plaatsing van een algemeen voedingspunt in een parkeerkelder onder een gebouw, zorgt de verplichte mechanische ventilatie van de parkeervoorziening voor een debiet van 3 L/s per vierkante meter vloeroppervlak (bron: NEN 6098). De mechanische ventilatie zorgt voor een standaard



ventilatiewaarde. Iets dat bij een windstille dag, bovengronds, niet gebeurt. Bij het toepassen van een JAZO-deur (Figuur 31) in de parkeergarage kan de naastgelegen ruimte van het algemeen voedingspunt natuurlijk ventileren, de mechanisch geventileerde parkeerkelder aan de andere kant van de JAZO-deur zal de warmte echter gegarandeerd beter afvoeren dan bij een bovengrondse situatie waar men afhankelijk is van de weersomstandigheden. Buiten is deze garantie er niet.

Naast het afvoeren van warmte is ventilatie ook belangrijk voor het afvoeren van vocht uit de ruimte. De condensatie, die dit vocht oplevert, brengt schade aan de installaties met zich mee. Vochtschade is verantwoordelijk voor 1,65% van de storingen in de middenspanningscomponenten en 1,72% van de storingen in de laagspanningscomponenten (Movares, 2018), dit zijn echter voornamelijk componenten die buiten het algemeen voedingspunt liggen zoals moffen, kabels en lijnen. Een goede uitwisseling van lucht, om temperatuurverschillen te voorkomen, zorgt voor minder condensatie en werkt mee aan een lager aantal storingen.

De temperatuur in een algemeen voedingspunt mag niet onder de  $-5^{\circ}\text{C}$  zijn en niet boven de  $40^{\circ}\text{C}$  (IEC62271) (Liander, 2017). Weersinvloeden zijn bij een vrijstaand algemeen voedingspunt de grootste oorzaak van de temperatuurschommelingen. Bij een ondergronds algemeen voedingspunt zullen deze weersinvloeden minder schommelingen veroorzaken in de temperatuur gezien de isolerende werking van de ondergrond.

### 18.3 Bereikbaarheid

De bereikbaarheid is een belangrijk punt bij de locatie van een algemeen voedingspunt. Ten tijde van een storing moet de storingsmonteur van de netbeheerder zonder noemenswaardige vertraging de ruimte kunnen betreden.

In het geval dat de ondergrondse plaatsing in een openbare ruimte zit, zoals in het straatprofiel of in een parkeergarage, zal de bereikbaarheid gegarandeerd kunnen worden door een toegangsluik in het maaiveld of een toegangsdeur in de parkeergarage op de -1 verdieping. Hiervoor moeten deze toegangsdeuren altijd beschikbaar zijn. Huidige algemene voedingspunten hebben eenzelfde bereikbaarheidseis. Het risico verandert niet ten opzichte van een bovengronds algemeen voedingspunt.

Bij een in pandige ondergrondse plaatsing, in een niet openbare ruimte, dient de bereikbaarheid eveneens gewaarborgd te zijn doormiddel van sleutels van deuren die de toegang afsluiten. In huidige situaties komt het af en toe voor dat er een toegangshek zit tussen de openbare ruimte en het algemene voedingspunt. Deze situatie is vergelijkbaar met het moeten openen van een extra deur naar een ondergronds algemeen voedingspunt. Het risico van bereikbaarheid zal niet noemenswaardig groter of kleiner worden dan bij huidige algemene voedingspunten.



Bij een storing in een algemeen voedingspunt moet er in enkele gevallen noodstroom geleverd worden door middel van een aggregaat. Deze aggregaat staat op een vrachtwagen en wordt middels kabels aangesloten op een punt in het algemene voedingspunt. Hierdoor heeft het achterliggende net stroom en kan de netbeheerder de defecte installatie of transformator vervangen. In Figuur 35 is een dergelijke noodstroomoplossing te zien.



*Figuur 35: Een noodstroom aggregaat die middels een kabel tijdelijk het laagspanningsnet achter het algemeen voedingspunt van stroom voorziet.*

De storingsminuten blijven op deze manier lager dan wanneer er geen aggregaat wordt gebruikt. De aansluitmogelijkheden van een aggregaat moeten in een ondergronds algemeen voedingspunt bereikbaar zijn, net als in een bovengrondse situatie. Deze aggregaat heeft een maximale kabellengte waarbinnen het algemeen voedingspunt zich moet bevinden. Hiervoor zal in bepaalde varianten van een ondergronds algemeen voedingspunt een oplossing bedacht moeten worden (zie Deelvraag 4).





#### 18.4 Externe veiligheid

Een ondergronds algemeen voedingsput zal op het gebied van externe veiligheid een lager risico met zich meedragen. De molestbestendigheid van een ondergrondse ruimte is een stuk hoger dan een vrijstaand gebouw. Er zijn minder wanden die in contact staan met de openbare ruimte waardoor het molesteren afneemt. Aanplakken en graffiti is zeer veel minder aan de orde aangezien het ondergrondse stations niet faciliteert in 'zichtlocaties' voor deze bezigheden. De verticale wanden zitten namelijk onder de grond. De aanrijdingsbestendigheid van een ondergronds algemeen voedingspunt is perfect, aangezien er geen verticale muren boven maaiveld uitsteken om in contact mee te komen.

De brandveiligheid zal op eenzelfde manier gewaarborgd kunnen worden als in de huidige algemene voedingspunten.

De risico's qua externe veiligheid worden lager bij ondergrondse plaatsing.