



Hemelwaterafvoer Oudegracht

Veldonderzoek en systeemanalyse

Gemeente Utrecht

21 september 2021

Project Hemelwaterafvoer Oudegracht ■■■ ■■■
Opdrachtgever Gemeente Utrecht

Document Veldonderzoek en systeemanalyse
Status Definitief
Datum 21 september 2021
Referentie 125319/21-014.195

Projectcode 125319
Projectleider ■■■■■■■■■■
Projectdirecteur ■■■■■■■■■■

Auteur(s) ■■■■■■■■■■
Gecontroleerd door ■■■■■■■■■■
Goedgekeurd door ■■■■■■■■■■

Paraaf 

Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. | Deventer
Catharijnesingel 33
Postbus 24087
3502 MB Utrecht
+31 (0)30 765 19 00
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.
© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

SAMENVATTING

Aanleiding

De bewoners van Oudegracht ■■■-■■■ ervaren vochtproblemen en/of lekkage in de werfkelders. De gemeente Utrecht heeft Witteveen+Bos verzocht een onderzoek uit te voeren naar het lokale hemelwatersysteem om te onderzoeken welke rol dit systeem hier mogelijk in speelt.

Aanpak

Er zijn 3 veldinspecties uitgevoerd door Witteveen+Bos op 17 maart, 23 maart en 8 april 2021. Daarbij is ook overleg gepleegd met de betrokkenen van de verschillende organisaties, om een zo volledig mogelijk beeld te krijgen. De bevindingen van de inspecties zijn in dit rapport opgenomen.

Algemene uitkomsten

Er zijn 7 faalmechanismen in het hemelwatersysteem benoemd. Dit zijn knelpunten in de afvoer van hemelwater, die kunnen leiden tot vochtproblemen of lekkages in de kelders. Vervolgens zijn er 10 verbetermaatregelen voor het verbeteren van de hemelwaterafvoer benoemd. Door het uitvoeren van één of meer van deze maatregelen kunnen vochtproblemen en lekkages in kelders worden verminderd. Deze algemene faalmechanismen en de bijbehorende verbetermaatregelen kunnen dienen als hulpmiddel bij het onderzoeken en oplossen van vochtproblemen en lekkages in specifieke kelders.

Door de bouwwijze van de kelders in het wervengebied met insluiting van de kelderbogen tussen de werfmuur, de gevels van de panden en de bovenliggende straat, is het eenmalig en volledig vochtvrij maken van de kelders geen realistisch uitgangspunt. Het blijft noodzakelijk om in de toekomst terugkerend maatregelen te treffen tegen vochtproblemen en lekkages.

Geconstateerde gebreken en aanbevolen verbetermaatregelen

Bij de onderzochte kelders zijn voor de volgende locaties gebreken en verbetermaatregelen benoemd:

- de aansluiting van de kelderboog op de gevel van het pand, met als aandachtspunten:
 - intrekkend hemelwater van dak aanliggend pan;
 - aansluiting waterdichte laag kelderboog op gevel;
- de afvoerbuiss halverwege de kelderboog, met als aandachtspunt:
 - aansluiting waterdichte laag op drainagebuizen naar spuwers;
- de aansluiting van de werfmuur op de kelderboog, met als aandachtspunten:
 - aansluiting drainagebuizen op spuwers;
 - intrekkend lekwater vanuit spuwers op de werfmuur;
 - intrekkend vocht onder de lantaarnpalen op de werfmuur;
 - intrekkend vocht vanaf de buitenzijde van de werfmuur.

Overige aanbevelingen

Voor het verder verbeteren van de hemelwaterafvoer rond kelders en het verminderen van vochtproblemen en lekkages worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- aanbrengen en geregeld reinigen van een vuilvang in de straatkolken met afvoeren op de spuwers;
- controleren van het effect van de genomen maatregelen op de ervaren problemen; indien deze onvoldoende zijn verholpen, kunnen ingrijpendere en kostbaardere **maatregelen** worden overwogen;
- uitvoeren van vervolgonderzoek naar de kosten versus baten van diverse **maatregelen**;
- uitvoeren van nader onderzoek naar diverse toegepaste materialen, methoden en technieken.

INHOUDSOPGAVE

1	ALGEMEEN	7
1.1	Inleiding	7
1.2	Onderzoeksvragen	7
1.3	Veldinspecties	7
1.4	Opzet rapportage	8
2	PROBLEEMBESCHRIJVING	9
3	ANALYSE HEMELWATERSYSTEEM	12
3.1	Aanvoer van water	12
3.2	Afvoer van water	13
3.2.1	Bovengronds systeem	13
3.2.2	Ondergronds systeem	14
3.3	Onderhoudstoestand hemelwatersysteem	15
3.4	Beschouwing capaciteit	20
4	FAALMECHANISMEN BESTAAND HEMELWATERSYSTEEM	22
4.1	Mechanisme 1: onthechting waterdichte laag	22
4.2	Mechanisme 2: vochtinzuiging baksteen en metselmortel	23
4.3	Mechanisme 3: concentratie van water	24
4.4	Mechanisme 4: optrekkend vocht	27
4.5	Mechanisme 5: tegenschot afvoerbuïs	27
4.6	Mechanisme 6: altijd nat	27
4.7	Mechanisme 7: wijking	28
5	VERBETERMAATREGELEN	30
5.1	Algemeen	30
5.2	Wijziging van het werkingsprincipe en modernisering van het HWA-systeem	30
5.3	Behoud van het bestaande werkingsprincipe van het HWA-systeem	30
5.3.1	Maatregel 1: vervangen waterdichte laag	31

5.3.2	Maatregel 2: verbeteren dakafvoer bovengronds	31
5.3.3	Maatregel 3: verbeteren dakafvoer ondergronds	32
5.3.4	Maatregel 4: verbeteren afvoer straatkolken	32
5.3.5	Maatregel 5: verbeteren afvoer L-wand: afvoerbuis	32
5.3.6	Maatregel 6: verbeteren afvoer L-wand: uitvullen	33
5.3.7	Maatregel 7: verminderen vocht werfmuur door aanbrengen ketting vanaf spuwermond	33
5.3.8	Maatregel 8: verminderen vocht werfmuur door plaatsing neerwaartse elleboog op pvc-buisuitlaten	34
5.3.9	Maatregel 9: verminderen vocht werfmuur door aanpassingen aan sokkel van lantaarnpaal nummer [REDACTED]	34
5.3.10	Maatregel 10: verminderen vocht werfmuur door aanbrengen waterwerende laag op de frontmuur	35
5.3.11	(Alternatieve) Maatregel 11: Verminderen inzijging naar ondergrond	35

6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 37

Laatste pagina 38

Bijlage(n) Aantal pagina's

I	Projectgerelateerde probleemanalyse met plan van aanpak voor lekkende werfkelder [REDACTED] - [REDACTED]	4
---	--	---

1

ALGEMEEN

1.1 Inleiding

De bewoners van Oudegracht ■■■-■■■ ervaren vochtproblemen en/of lekkage in de werfkelders. De gemeente Utrecht heeft Witteveen+Bos verzocht een onderzoek uit te voeren naar het lokale hemelwatersysteem om te onderzoeken welke rol dit systeem hier mogelijk in speelt. Daarbij vraagt de gemeente om de faalmechanismen en knelpunten in beeld te brengen, waar mogelijk, en een advies uit te brengen over eventuele verbetermaatregelen.

1.2 Onderzoeksvragen

In het onderzoek staan de volgende onderzoeksvragen centraal:

- wat is het werkingsprincipe van het hemelwaterstelsel?
- hoe functioneert het hemelwatersysteem in de praktijk?
- wat zijn de (huidige) faalmechanismen van het hemelwatersysteem?
- wat zijn locatie-specifieke constatering en die kunnen worden gedaan om, indien mogelijk, de directe oorzaak van vochtproblemen of lekkage vast te stellen?
- wat zijn de eventuele knelpunten in het hemelwatersysteem?
- welke verbetermaatregelen kunnen worden voorgesteld?

1.3 Veldinspecties

Ten tijde van het schrijven van deze rapportage (maart-april 2021) worden, door Aannemersbedrijf Wallaard, herstelmaatregelen uitgevoerd aan kelderconstructies van nummer ■■■-■■■ en de bovenliggende waterdichte laag. Hierdoor kan het gehele systeem nauwkeurig worden geïnspecteerd. Er zijn 3 veldinspecties uitgevoerd door Witteveen+Bos op 17 maart, 23 maart en 8 april 2021. Daarbij is ook overleg gepleegd met betrokkenen van verschillende organisaties, om een zo volledig mogelijk beeld te krijgen. De aanwezigen zijn weergegeven in tabel 1.1.

Tabel 1.1 Aanwezigen veldinspecties 17 en/of 23 maart 2021

Organisatie	Persoon	Rol
gemeente Utrecht	■■■■■■■■■■	projectdirecteur van de gemeente Utrecht
gemeente Utrecht	■■■■■■■■■■	projectleider van de gemeente Utrecht
Vastgoed Gemeente Utrecht (VGU)	■■■■■■	projectleider VGU
Wallaard B.V.	■■■■■■■■	uitvoerder
Wallaard B.V.	■■■■■■	assistent uitvoerder
Witteveen+Bos	■■■■■■■■	senior adviseur stedelijk water

Organisatie	Persoon	Rol
Witteveen+Bos	■■■■■	junior adviseur stedelijk water

Tevens is telefonisch gesproken met de eigenaar van nummer ■■■ en in het veld met de bewoners van nummer ■■■ over de ervaren problematiek.

1.4 Opzet rapportage

In deze rapportage worden de bevindingen van de onderzoeken samengevat. Het rapport is als volgt opgezet:

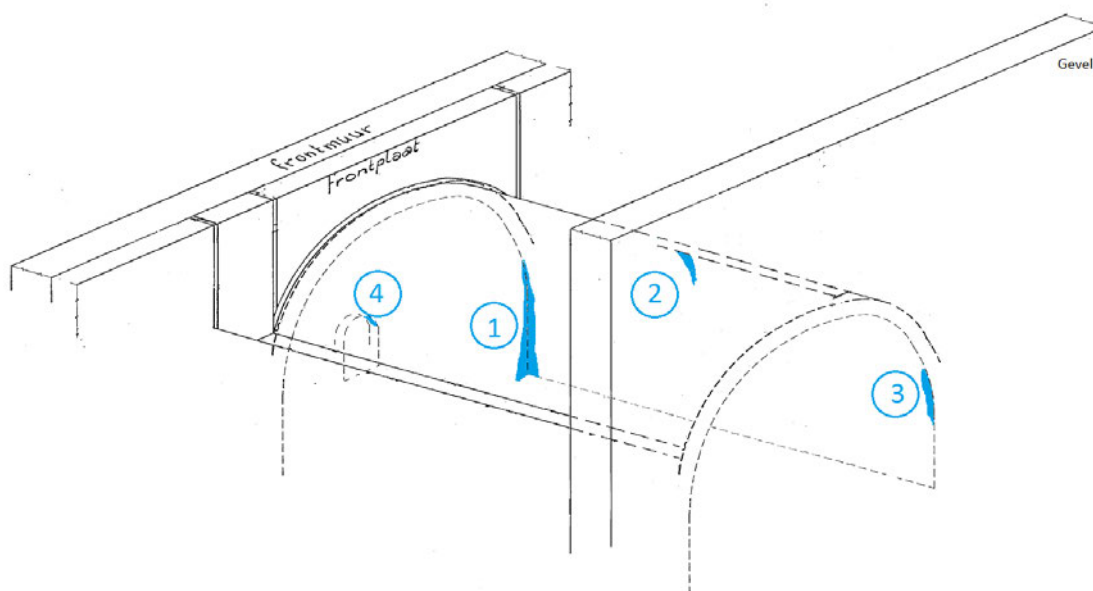
- in hoofdstuk 2 is de probleembeschrijving opgenomen;
- in hoofdstuk 3 wordt het werkingsprincipe van het hemelwatersysteem besproken;
- in hoofdstuk 4 worden de faalmechanismen besproken;
- in hoofdstuk 5 worden (mogelijke) verbetermaatregelen besproken;
- in hoofdstuk 6 worden de conclusies en aanbevelingen samengevat.

2

PROBLEEMBESCHRIJVING

De bewoners van Oudegracht ■■■-■■■ geven aan dat vocht en/of lekkage wordt ervaren in de werfkelders. Het gaat daarbij om vocht/lekkage waarbij 3 locaties worden gezien. In afbeelding 2.1 zijn deze locaties geschetst.

Afbeelding 2.1 Schets van meest voorkomende vocht/lekkage probleemlocaties in kelders Oudegracht ■■■-■■■



De locaties zijn:

- 1 op de aansluiting van de kelderboog op de geboorte, aan de voorzijde, wordt de meeste vochtproblematiek ervaren;
- 2 sommige kelders hebben vochtplekken 'halverwege' tussen de frontmuur en de straatgevel;
- 3 sommige kelders hebben, in mindere mate, vochtproblemen ter hoogte van de aansluiting op de gevel. Specifiek is dit in ieder geval bij nummer ■■■ geconstateerd, tijdens het veldbezoek;
- 4 specifiek voor nummer ■■■ is ook geconstateerd dat er lekkage optreedt vanuit de rollaag van het linkerraam (metselwerk aan bovenzijde).

Foto's van de vochtproblemen zijn weergegeven in onderstaande afbeeldingen 2.2 tot en met 2.4.

Afbeelding 2.2 Vochtproblemen aan voorzijde vanaf aansluiting boog op geboorte



Afbeelding 2.3 Vochtproblemen bij aansluiting kelder op straatgevel



Afbeelding 2.4 Lekkage in raam nummer [REDACTED]



Uit het veldonderzoek en de afbeeldingen blijkt dat de grootste problematiek aan de voorzijde (frontmuurzijde) van de kelders wordt ervaren.

3

ANALYSE HEMELWATERSYSTEEM

3.1 Aanvoer van water

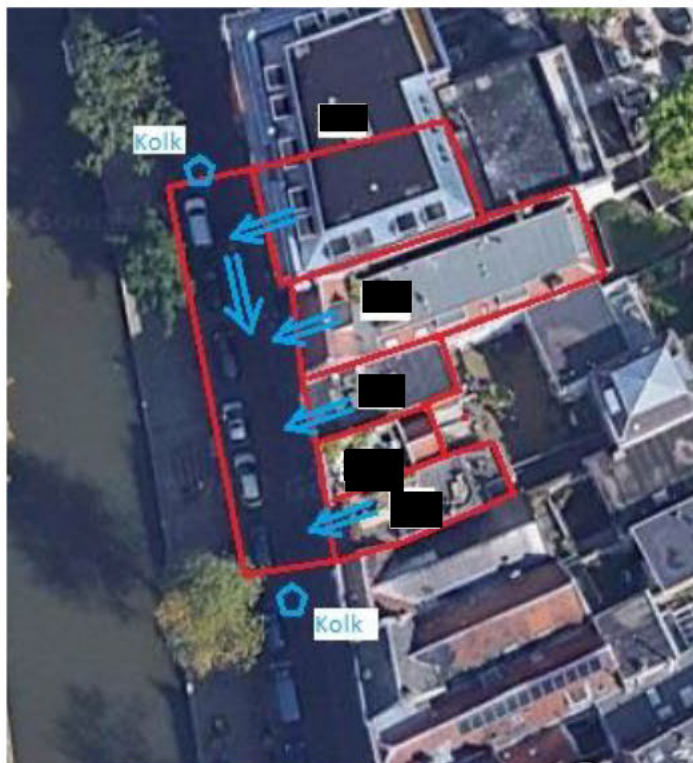
De aanvoer van het hemelwater naar de probleemlocaties betreft in eerste instantie het hemelwater dat direct op de straat valt. Daarnaast loopt ook het dakwater van aanliggende panden af op straat. In afbeelding 3.1 zijn voorbeelden van de dakafvoeren weergegeven.

Afbeelding 3.1 Dakafvoeren in omgeving



In aanvulling op het bovenstaande loopt het maaiveld van de Oudegracht af in zuidelijke richting. Voor huisnummer [REDACTED] bevindt zich een straatkolk. De weg ten zuiden van de kolk, bij nummer [REDACTED] stroomt zuidwaarts af richting de nummers [REDACTED] - [REDACTED]. In afbeelding 3.2 is dit weergegeven.

Afbeelding 3.2 Gebied dat afvoert richting nummers ■■■-■■■ (stroomgebied)



Er is dus al relatief veel verhard oppervlak dat afvoert richting het deel van de straat boven de werfkelders van Oudegracht ■■■-■■■. De afstand tussen de kolken is ongeveer 40 m. Positief is echter dat het maaiveld vanaf de nummers ■■■-■■■ verder daalt, waardoor er geen grote plassen water kunnen ontstaan boven de onderzochte kelders.

Het is onbekend welk deel van de daken via de voorzijde afwatert, maar als vuistregel wordt hier vaak 50 % voor gehanteerd. Bij die aanname is de hoeveelheid oppervlak van wegen en daken dat afstroomt richting de straat, boven de nummers ■■■-■■■ gelijk aan $\pm 400 \text{ m}^2$.

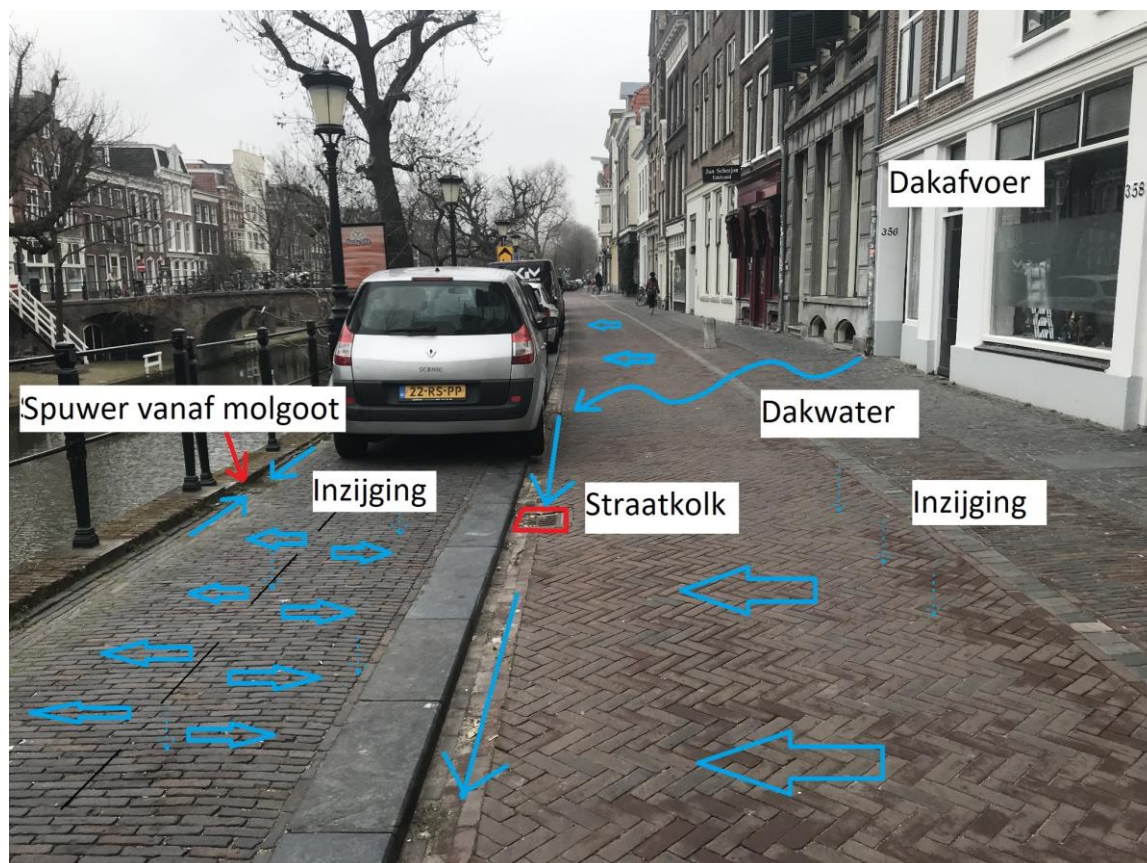
3.2 Afvoer van water

3.2.1 Bovengronds systeem

Het water dat op de straat terecht komt, wordt op 3 manieren afgevoerd:

- via de molgoten;
- via de straatkolken;
- via inzijging.

De functie van de molgoten is zeer beperkt. Deze voeren enkel de helft van de westelijke stoep af, en voorkomen dat er water tegen de frontmuur blijft staan. Het grootste deel van het water wordt afgevoerd via de straatkolken of via inzijging. Dit is weergegeven in afbeelding 3.3.

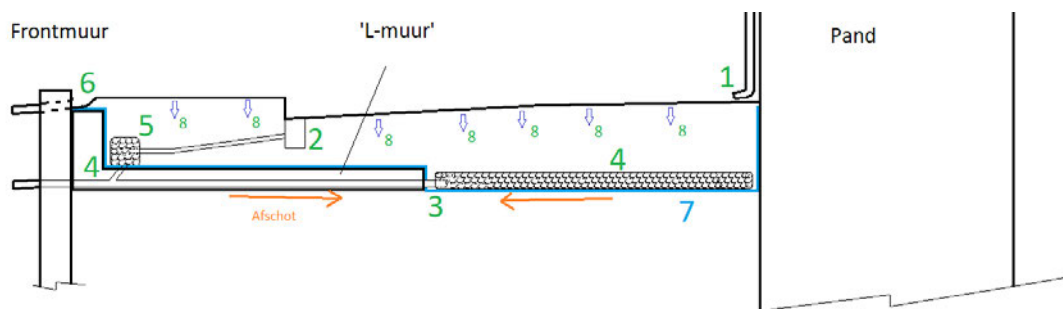


3.2.2 Ondergronds systeem

De molgoten en straatkolken voeren af via spuwers in de frontmuur. Ook water dat vanaf de straat direct inzigt naar de ondergrond wordt afgevoerd via de spuwers.

Om dit ondergrondse water te verzamelen is ter hoogte van de spuwer een $\varnothing 80$ mm afvoerbuys aangelegd in de geboorte van het gewelf met grindkoffer(s). Om te voorkomen dat het water in de bakstenen kelderbogen trekt, is in de jaren '90 direct op de kelderbogen een waterdichte laag aangebracht. Tegelijkertijd is een betonnen L-muur aangebracht over de helft van de kelderlengte. Het doel van de L-muur is om te voorkomen dat de frontmuur richting de gracht wijkt. De L-muur is aangelegd met een licht afschot van de frontmuur naar het midden van de straat, met als doel het water centraal te verzamelen en af te voeren op de spuwer. In lijn met deze beschrijving is in afbeelding 3.4 een dwarsdoorsnede opgenomen van het ondergrondse hemelwater afvoersysteem.

Afbeelding 3.4 Principe werking ondergronds hemelwatersysteem



In afbeelding 3.4 zijn de systeemelementen als volgt genummerd:

- 1 dakafvoer;
- 2 straatkolk;
- 3 ø80 mm pvc-afvoerbuiss door L-muur naar lage spuwer;
- 4 ø70 mm pvc-afvoerbuiss door L-muur naar lage spuwer;
- 5 grindkoffer(s);
- 6 molgoot naar hoge spuwer;
- 7 waterdichte laag (blauw);
- 8 inzijging water.

Het theoretische werkingsprincipe van dit systeem is dat het water via de straatkolk, de grindkoffer en de ø70 mm buis wordt afgevoerd naar de laagste spuwer. Water dat direct inzijgt of van de L-muur afloopt, wordt verzameld door de ø80 mm buis en loopt dan af via de spuwer. De grindkoffers zorgen er - in theorie - voor dat het water 'relatief snel' richting de afvoerbuizen kan bewegen.

Dit principe zou afdoende werken als de waterdichte laag ook echt volledig waterdicht is. In de praktijk heeft dit systeem echter beperkingen. Dit wordt nader beschouwd in hoofdstuk 4 'Faalmechanismen bestaand hemelwatersysteem'.

3.3 Onderhoudstoestand hemelwatersysteem

Bij de veldinspecties is ook de onderhoudstoestand van de systeemelementen onderzocht.

Molgoten met spuwvers

Geconstateerd werd dat meerdere molgootspuwvers volledig geblokkeerd waren, zoals weergegeven in afbeelding 3.5.

Afbeelding 3.5 Geblokkeerde molgootspuwers



Straatkolken

De afvoer van de straatkolken was ten tijde van de inspectie niet geblokkeerd, hoewel 1 van de kolken wel vuilopbouw op het frame vertoonde. Het waterpeil in de kolk bevond zich ter hoogte van de uitstroom, zoals weergegeven in afbeelding 3.6, wat erop duidt dat het water uit de kolk goed weg kan lopen.

Afbeelding 3.6 Straatkolk, buiten- en binnenzijde



Spuwers

Over de staat van de spuwers is zonder camera-inspectie moeilijk een uitspraak te doen. Bij de veldinspecties werd in ieder geval geconstateerd dat vrijwel geen enkele spuwer langs de frontwal droog was. Dit betekent dat ze dus wel (vrijwel) allemaal water afvoeren. Een impressie van de aangetroffen spuwers langs de frontwal is weergegeven in afbeelding 3.7.

Afbeelding 3.7 Impressie spuwers



In het plaatje linksonder wordt 1 laaggelegen droge spuwer geobserveerd, tegenover huisnummer [REDACTED]. Het is niet bekend wat hier op is aangesloten, maar de droge spuwer (terwijl de rest nat is) kan erop wijzen dat de achterliggende buis geblokkeerd is. Een aantal andere spuwers vertoont mosgroei. Enerzijds wijst dit op waterafvoer, maar anderzijds kan dit indiceren dat de achterliggende buis deels verstopt is. Door de verstopping loopt het water nog langzamer weg waardoor de spuwer altijd nat is, hetgeen de mosgroei bevordert. Zonder camera-inspecties kan over het functioneren van de spuwers alleen worden gespeculeerd.

In het verleden (8 januari 2020) is een camera-inspectie uitgevoerd van 2 spuwers in dit gebied. Het document '**Project gerelateerde probleemanalyse met plan van aanpak voor lekkende werfkelder**' [REDACTED] (bijlage I) geeft aan dat het gaat om 2 spuwers tegenover nummer [REDACTED]. Het lijkt hierbij te gaan om de 2 spuwers linksonder in het plaatje van afbeelding 3.7. Bij de camera-inspectie werd vastgesteld dat 1 van de spuwers op tegenschot ligt en de andere na 40 cm geblokkeerd was.

Waterdichte laag

In de jaren '90 is op de kelders een waterdichte laag aangebracht. De waterdichte laag vangt het water op en brengt het naar de inlaat van de afvoerbuis en vormt daarmee een wezenlijk onderdeel van het gehele hemelwaterafvoer systeem. Bij de vrijgraving kon de huidige toestand van de waterdichte laag worden geobserveerd. Op verschillende plekken van de waterdichte laag werd onthechting geobserveerd. Dit was met name het geval bij de overgang naar andere materialen, zoals de aanhechting op het beton van de frontmuur en het pvc van de afvoerbuis.

De gemeente Utrecht heeft aangegeven dat de fabrikant en aannemer van de waterdichte laag ten tijden van de installatie mid-jaren '90 een garantie voor waterdichtheid van 10 jaar hebben gegeven. Ter illustratie zijn een aantal foto's opgenomen in afbeelding 3.8.

Afbeelding 3.8 Onthechttingsvoorbeelden waterdichte laag (links), L-muur (midden) en pvc-buis (rechts)



Voegwerk bestrating

Het voegwerk van de klinkers en straatkopjes is bij de veldinspectie ook bekeken. Geconstateerd werd dat het zand tussen de klinkers en kopjes op enkele locaties aanzienlijk is weggeslagen. Op de rijbaan is dit met name langs het oostelijke rijprofiel. Tevens was dit goed zichtbaar langs de gevels van de panden, als gevolg van druppelend water vanaf de overhang. In afbeelding 3.9 zijn hier voorbeelden van weergegeven. Links zijn de open voegen in het straatwerk te zien en rechts de druiplijn onder de gevel.

Afbeelding 3.9 Open voegen straatwerk (linker afbeelding) en druiplijn gevel (rechter afbeelding)



Tot slot is het zandpakket onder de straatklinkers bij de bovenkant van de kelderbogen slechts ± 150 mm dik. Deze beperkte fundering kan ertoe bijdragen dat de klinkers relatief gemakkelijk 'los' worden gereden door verkeer. Dit resulteert in open voegen en meer directe inzijging van water in de grond.

Dakafvoer huisnummer [REDACTED]

Ten aanzien van nummer [REDACTED] werd geconstateerd dat de dakafvoer geen stenen opvang heeft waardoor het zand rond de onderliggende kopjes flink is weggeslagen. De kopjes liggen dermate los dat ze er bij de veldinspectie met de hand uitgetild konden worden. In afbeelding 3.10 is dit weergegeven, met links en in het midden de dakafvoer van nummer [REDACTED] en rechts de opvang van de dakafvoer van nummer [REDACTED] ter vergelijking.

Afbeelding 3.10 Dakafvoer nummer [REDACTED] (links en midden) versus dakafvoer nummer [REDACTED] (rechts)



De hoek van de kelder, waar de bewoner van nummer [REDACTED] vochtproblemen ervaart, is direct gelegen onder de dakafvoer. Deze specifieke problematiek wordt hierdoor grotendeels verklaard. Het water komt onder hoge snelheid uit de dakafvoer, slaat het zand weg, dringt de grond in en komt niet tot afstroming via maaiveld. Afbeelding 3.11 laat dit effect zien op screenshots van GoogleMaps. De stenen rondom de dakafvoer van nummer [REDACTED] zijn droog, al het water infiltreert dus langs de gevel. Het water van de dakafvoer van nummer [REDACTED] wordt van de gevel weggevoerd.

Afbeelding 3.11 Screenshots dakafvoer nummer [REDACTED] (links) versus dakafvoer nummer [REDACTED] (rechts) (bron: GoogleMaps)



Hoewel een deel van het water van de dakafvoer van nummer [REDACTED] uiteindelijk ook inzijgt, is de werking van dakafvoer nummer [REDACTED] zeer ongunstig. Dit komt omdat al het water de grond inzijgt, direct langs de gevelwand, waar de waterdichte laag verticaal tegen de gevel is gehecht. Vermoed wordt dat de aanhechting tussen de waterdichte laag en de gevel in de loop van de tijd erg slecht is geworden, zoals ook tussen de waterdichte laag en de L-muur. Dit was tijdens de veldinspecties te zien en is weergegeven in afbeelding 3.12.

Afbeelding 3.12 Onthechte waterdichte laag bij voorkant L-muur. Tegenover nummer [REDACTED]



Ten aanzien van dit specifieke lekkage probleem wordt dus vermoed dat het water van dakafvoer nummer [REDACTED] direct inzijgt en (vrij gemakkelijk) een weg vindt via de onthechte achterzijde van de waterdichte laag en doorsijpelt naar de locatie waar nu de vochtproblemen achterin de kelder zijn.

Zetting straatwerk

Het straatwerk in de Oudegracht vertoont ongelijke zetting. Hierdoor ontstaan lokale waterplassen waar geen kolken zijn. Dit bevordert inzijging. In afbeelding 3.13 zijn voorbeeldfoto's van GoogleMaps opgenomen.

Afbeelding 3.13 Water-op-straat op locaties zonder kolk (bron: GoogleMaps)



3.4 Beschouwing capaciteit

Het werkingsprincipe van het hemelwatersysteem berust vooral op infiltratie, berging in de ondergrond en vertraagde afvoer. Daarom is het toetsen van de systeem capaciteit niet erg relevant.

Voor deze rapportage beperken wij ons daarom tot de volgende beschouwingen van de capaciteit:

- dakafvoeren worden doorgaans getoetst volgens NEN 3215 op een bui van 108 mm/u, maar deze toetsing heeft hier geen waarde. Zeker is dat de capaciteit van de dakafvoeren veel groter is dan de capaciteit vanuit de spuwers. De gemeente Utrecht heeft aangegeven dat dit de reden is dat er voornamelijk bovengronds wordt geloosd;
- op kolken wordt normaliter $\pm 100 \text{ m}^2$ verharding aangesloten. Op deze locatie kan worden gesteld dat er $\pm 400 \text{ m}^2$ op 1 kolk is aangesloten. De innamecapaciteit van de kolken is desondanks niet beperkend, omdat een aanzienlijk deel van het water direct de ondergrond inziigt;
- vanuit de ondergrond wordt het water afgevoerd via de $\varnothing 80 \text{ mm}$ afvoerbuizen, waar aan de voorkant een $\varnothing 70 \text{ mm}$ buis op is aangesloten. In afbeelding 3.4 en 3.14 zijn deze buisjes weergegeven.

Afbeelding 3.14 Afvoerbuizen in de ondergrond



De capaciteit van een hemelwatersysteem wordt doorgaans getoetst bij bui 8 van de Kennisbank Riolering van de Stichting Rioned. Deze bui is een theoretische modelbui die eens per 2 jaar voorkomt en heeft een gemiddelde intensiteit van 19,6 mm/u. Bij een aangesloten verhard oppervlak van 400 m^2 en een gemiddelde afvloeiingscoëfficiënt van $C = 0,8$ geeft dit een debiet van 1,7 l/s. De $\varnothing 80 \text{ mm}$ buis heeft een capaciteit van $> 2 \text{ l/s}$ en heeft daarmee in theorie voldoende capaciteit voor de maatgevende bui. De kleine buismaat vormt echter wel een verstoppingsrisico in deze situatie.

De directe aansluiting van de kolk(en) op de grindkoffer is een ongewenste situatie. Via de kolken komen straatvuil en bladeren in het systeem en dit vormt een groot risico op verstopping. Als het huidige werkingsprincipe van het hemelwatersysteem in de toekomst gehanteerd blijft, dienen (op zijn minst) de kolken elk voorzien te worden van een fijnmazige vuilvang die regelmatig wordt gereinigd. Op deze manier wordt voorkomen dat vuil en bladeren zich ophopen in de grindkoffer en de afvoerende werking van de kolken hinderen. Wanneer dit wel gebeurt zou water langer op straat kunnen blijven staan. Dit geeft meer kans op inzijging hetgeen leidt tot meer vochtproblemen bij een niet volledig functionerende waterdichte laag.

4

FAALMECHANISMEN BESTAAND HEMELWATERSYSTEEM

In hoofdstuk 3 wordt het theoretisch werkingsprincipe, de capaciteit en de onderhoudsstaat van het hemelwatersysteem rondom Oudegracht ■■■■■ onderzocht.

In dit hoofdstuk worden de manieren beschouwd waarop dit systeem in de praktijk faalt. Deze mechanismen zijn geïdentificeerd op basis van een korte case study en daarmee niet met zekerheid allesomvattend of volledig dekkend ten aanzien van de oorzakelijkheid van de lekkages.

Deze mechanismen worden in dit hoofdstuk gescheiden besproken. In de praktijk kunnen deze niet als geheel gescheiden worden gezien. De mechanismen hebben een onderlinge wisselwerking en versterken elkaar in de loop van de tijd.

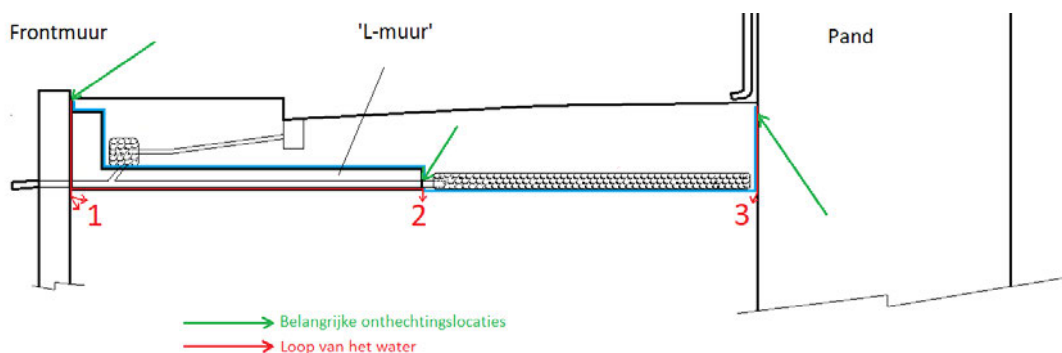
4.1 Mechanisme 1: onthechting waterdichte laag

Al het regenwater wordt in het huidige systeem door de ondergrond geleid. Het meest cruciale aspect voor de goede werking van het hemelwatersysteem is daarom dat de waterdichte laag goed functioneert. Bij de inspectie werd echter geconstateerd dat de laag in de loop van de tijd op verschillende locaties is onthecht. De gemeente Utrecht heeft aangegeven dat de fabrikant en aannemer van de waterdichte laag ten tijde van de installatie mid-jaren '90 een garantie voor waterdichtheid van 10 jaar hebben gegeven.

De onthechting vindt met name plaats op de locaties waar de waterdichte laag (verticaal) is gehecht tegen de frontmuur en L-muur links, en (waarschijnlijk) de gevelmuur rechts. Ook werd bij de veldinspectie onthechting tussen de waterdichte laag en de pvc-afvoerbuis geconstateerd.

Dit proces vindt plaats in de loop van de tijd en sluit direct aan met de ervaringen van bewoners die aangeven dat het probleem in de loop van de tijd erger is geworden. Ook de probleemlocaties lijken nauw aan te sluiten bij de (vermoedelijke) onthechtingslocaties van de waterdichte laag. In afbeelding 4.1 is dit weergegeven.

Afbeelding 4.1 (Vermoedelijke) onthechtingslocaties waterdichte laag en correlatie met veelvoorkomende probleemlocaties



De bovenstaande afbeelding verklaart echter niet waarom op locatie 1, aan de frontmuur zijde, veruit de grootste problemen worden ervaren. Daar is sprake van andere mechanismen en deze worden besproken onder mechanismen 2 en 3.

4.2 Mechanisme 2: vochtinzuiging baksteen en metselmortel

Bakstenen en metselmortel hebben een vochtinzuigende werking. De mate waarin dit gebeurt is sterk afhankelijk van het type baksteen en mortel. De oude bakstenen en metselmortel, die zijn gebruikt in de bouw van de frontmuur en werfkelders, zuigen in sterke mate vocht op.

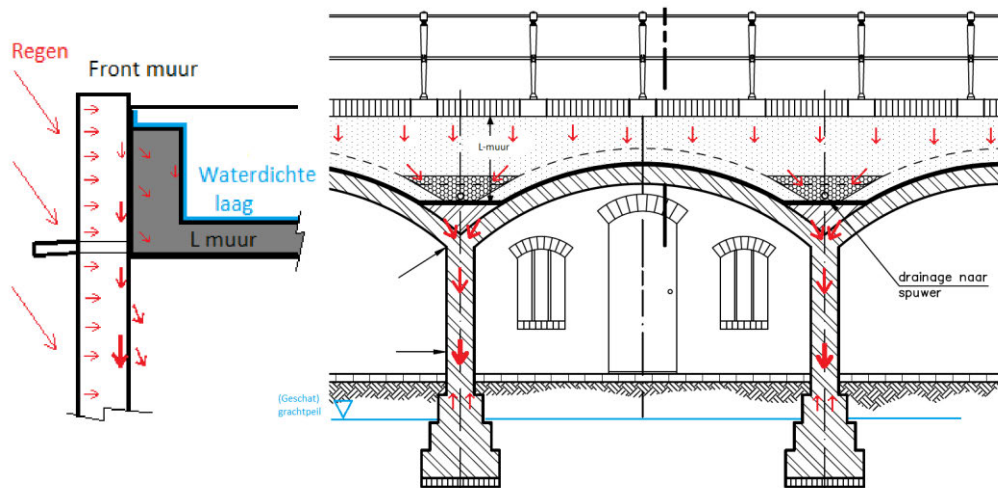
In afbeelding 4.2 is ter illustratie hiervan een foto weergegeven van een gracht in Den Bosch. Te zien is dat het vocht ruim een meter omhoog wordt gezogen in de oude bakstenen.

Afbeelding 4.2 Voorbeeld foto die inzuigende werking van oude baksteentypes toont



De relevantie voor de situatie aan de Oudegracht is dat op deze locatie bij regenval vocht wordt ingezogen door de frontmuur. Onder zwaartekracht 'stroomt' het water (met name via de metselmortel) naar beneden, waar het zich ophoopt. In afbeelding 4.3 is dit principe schetsmatig weergegeven in dwarsdoorsnede en vooraanzicht.

Afbeelding 4.3 Inzuigende werking frontmuur (links) en vochtophoping onderin de keldermuren (vooraanzicht rechts)

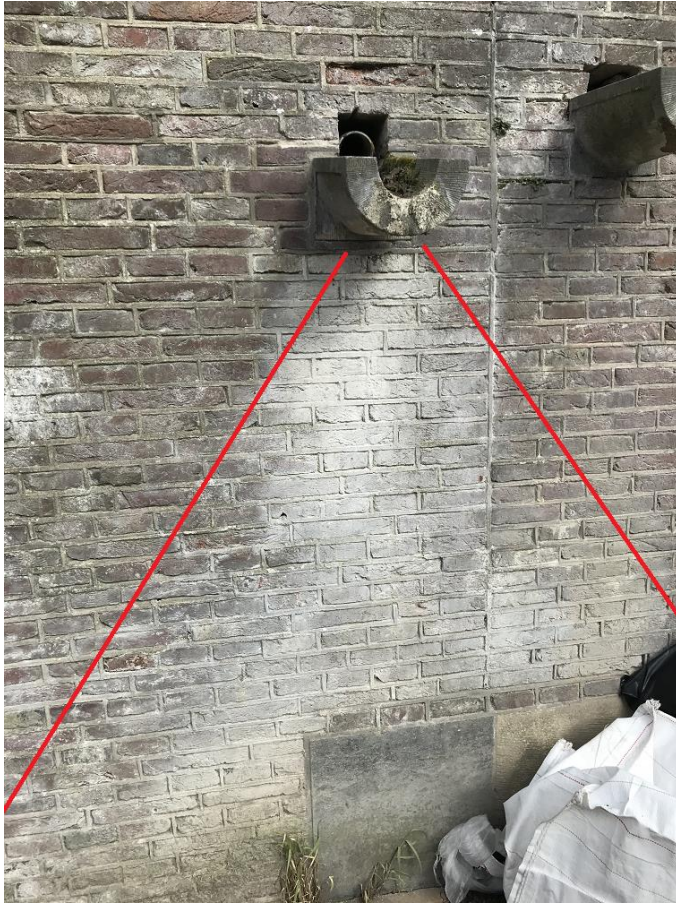


Vochtinzuiging alleen verklaart de problematiek aan de voorzijde echter onvoldoende. De vochtinzuiging wordt pas echt een probleem in combinatie met de concentratie van water aan de voorzijde, zoals besproken in mechanisme 3.

4.3 Mechanisme 3: concentratie van water

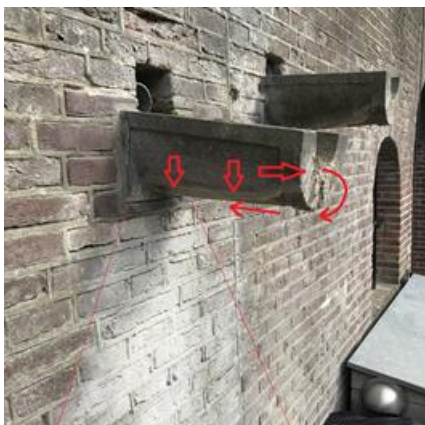
Aan de voorzijde van de frontmuur vindt onder de spuwers concentratie van water plaats. In afbeelding 4.4 wordt dit weergegeven. Er is een duidelijke watervlek zichtbaar in driehoekige vorm, beginnend vanaf de spuwer.

Afbeelding 4.4 Watervlek onder spuwer, in dit voorbeeld bij nummer [REDACTED]



De oorzaak van de watervlek moet worden gezocht in het effect dat water plakt aan andere materialen (adhesie). Bij het druppelen vanuit de spuwer blijft een deel plakken en loopt via de onderzijde van de spuwer naar de frontmuur. In afbeelding 4.5 is dit weergegeven.

Afbeelding 4.5 Water blijft 'plakken' aan onderzijde van de spuwer bij uitdruppelen



Ook de wind die de waterdruppels richting de muur blaast speelt hierin een rol. De watervlek die hierdoor uiteindelijk wordt gevormd aan de voorzijde komt overeen met de driehoekige vorm van de vochtdoorslag aan de binnenzijde van de woningen, zoals weergegeven in afbeelding 4.6.

Afbeelding 4.6 Voorbeeld (nummer [REDACTED]) van driehoekige vorm van doorslag aan voorzijde van kelder



Vermoedelijk speelt op sommige locaties het 'plakken' effect ook bij de uitlaat van de buis op de spuwer. In afbeelding 4.7 is een voorbeeld weergegeven van een horizontale uitlaat van een buis en een voorbeeld van een neerwaartse elleboog op de uitlaat. In het eerste geval speelt de terugloop van water vermoedelijk veel sterker.

Afbeelding 4.7 Horizontale uitlaat van buis (links) en neerwaartse elleboog (rechts)



Bij nummer [REDACTED] speelt ook de concentratie van water een belangrijke rol. Het regenwater dat op de lantaampaal valt loopt naar de sokkel af en wordt geconcentreerd op de onderliggende muur, direct boven het raam. De hierdoor ontstane watervlek is weergegeven in afbeelding 4.8. Het water wordt ingezogen in de muur boven het raam en 'stroomt' via de metselmortel naar de lekkage locatie.

Afbeelding 4.8 Concentratie van water onder lantaarnpaal boven raam nummer ■■■



4.4 Mechanisme 4: optrekkend vocht

Zoals weergegeven in eerdere afbeelding 4.3 is er waarschijnlijk ook sprake van enig optrekkend vocht vanuit de ondergrond. Echter speelt dit vermoedelijk een kleine rol in de problematiek. Immers, als optrekkend vocht een grote rol speelde zouden er vochtproblemen worden gezien in de lengterichting van de keldermuren langs de gehele plint.

4.5 Mechanisme 5: tegenschot afvoerbuis

Uit eerder veldonderzoek, zoals beschreven in 'Project gerelateerde probleemanalyse met plan van aanpak voor lekkende werfkelder ■■■-■■■' (bijlage I), is gebleken dat de dichte ø80 mm pvc-afvoerbuisen op tegenschot kunnen liggen. De buis loopt niet af in de richting van de frontmuur maar (iets) de andere kant op. Dit betekent dat er altijd een restje water bij de inlaat van de buis achterblijft dat niet kan worden afgevoerd. Dit draagt bij aan het feit dat de ondergrond altijd nat is op deze locaties, zoals nader beschreven in de volgende paragraaf.

4.6 Mechanisme 6: altijd nat

Het hemelwatersysteem berust erop dat al het regenwater de ondergrond intrekt en dan wordt afgevoerd. In het zandpakket wordt het water langere tijd vastgehouden en komt pas tot (vertraagde) afvoer als de ondergrond verzadigd is. In de praktijk betekent dit dat grond boven de waterdichte laag altijd nat is, ook als de afvoerbuis niet onder tegenschot ligt. Daarbij gaat het met name om de laagste punten in de waterdichte laag. Vermoedelijk versnelt dit gegeven het verouderingsproces van de waterdichte laag en het aanheftingsmateriaal en leidt dit mede tot de onthechting die bij de veldinspecties werd gezien.

4.7 Mechanisme 7: wijking

Tijdens de veldinspecties werd gezien dat de frontmuur is geweken. Boven nummer [REDACTED] was een breuklijn zichtbaar in de kelderboog en boven nummer [REDACTED] was te zien dat de lantaarnpaal was scheefgezakt en de muur 2,5 cm meer was geweken dan het naastliggende muurdeel. Dit is te zien in afbeeldingen 4.9, 4.10 en 4.11. Belangrijk is om te vermelden dat afbeelding 4.9 is toegevoegd omdat deze de wijking van de muur goed weergeeft. De breuklijn op deze locatie was geen bron van lekkage en de bovenliggende vlijlaag werd bij de ontgraving intact aangetroffen.

Afbeelding 4.9 Breuklijn in kelderboog nummer [REDACTED] als gevolg van zetting



Afbeelding 4.10 Overhellende lantaarnpaal en wijking frontmuur bij nummer [REDACTED]



Afbeelding 4.11 Wijking frontmuur nummer [REDACTED] bij dilatatievoeg naast lantaarnpaal



Het is mogelijk dat er door de wijking meer ruimte ontstaat tussen de aansluiting van de frontmuur op de kelder of de L-muur, waardoor water gemakkelijker naar beneden kan stromen. Uit het onderzoek kan echter niet worden gezegd in welke mate dit een rol speelt. Water dat door de waterdichte laag dringt kan door de wijking en breuklijnen extra snel de kelders bereiken.

5

VERBETERMAATREGELEN

5.1 Algemeen

Op basis van het onderzoek bij Oudegracht ■■■-■■■ is een aantal problemen naar voren gekomen. In dit hoofdstuk worden oplossingsrichtingen gegeven. Deze oplossingsrichtingen zijn voor het merendeel niet alleen voor deze adressen van toepassing zijn, maar kunnen ook in soortgelijke gevallen in het wervengebied worden uitgevoerd. De maatregelen worden alleen besproken op hoofdlijnen, er worden geen detailanalyses of berekeningen uitgevoerd.

Over het algemeen kan worden gesteld dat er geen verbetermaatregelen mogelijk zijn die de problematiek volledig en duurzaam zullen verhelpen. De kelders zijn gesitueerd tussen de frontmuur, het gevelpand en de bovenliggende straat, waardoor het geheel voorkomen van vochtproblemen geen realistisch uitgangspunt is.

Wel kan de situatie worden verbeterd. De mogelijke verbetermaatregelen vallen grof gezegd uiteen in 2 opties, te weten:

- wijziging van het werkingsprincipe en algehele modernisering van het HWA-systeem;
- reparatie en behoud van het huidige werkingsprincipe van het HWA-systeem met verbetermaatregelen.

5.2 Wijziging van het werkingsprincipe en modernisering van het HWA-systeem

In deze optie wordt een volledig nieuw HWA-systeem aangelegd waarbij het water van de dakgoten en kolken wordt verzameld in een nieuw buizenstelsel dat direct afvoert op de Oudegracht.

In deze aanpak is een (goed functionerende) waterdichte laag echter nog steeds cruciaal. Dit is de meest kostbare oplossing aangezien zowel een nieuw hemelwatersysteem wordt aangelegd als de waterdichte laag wordt vervangen. Het is niet mogelijk een goede kosten-baten afweging te maken van deze aanpak, maar deze aanpak leidt er in ieder geval toe dat het grondpakket boven de kelders zo droog mogelijk zal blijven wat zal bijdragen aan het verbeteren van de vochtproblematiek.

Het volledig wijzigen van het afwateringsmechanisme naar een ideale situatie is echter niet mogelijk zonder dat het historische erfgoed wordt beschadigd. Daarnaast zijn er veel ruimtelijke beperkingen om de afwatering te wijzigen naar een ideale situatie. Om deze reden wordt hieronder met name ingegaan op voorstellen om het huidige afwateringssysteem te optimaliseren.

5.3 Behoud van het bestaande werkingsprincipe van het HWA-systeem

In deze aanpak wordt het bestaande systeem hersteld en blijft het werkingsprincipe behouden. Hierbij zijn herstelmaatregelen benodigd en kunnen aanvullende maatregelen worden uitgevoerd. De eventueel te nemen maatregelen worden in de dit hoofdstuk besproken.

5.3.1 Maatregel 1: vervangen waterdichte laag

Als de kelder wordt gebruikt als woning, horeca of winkel dan is het essentieel om een waterdichte laag op de kelder te hebben. Als deze laag, zoals hier het geval is, gebreken begint te vertonen zal deze vervangen moeten worden. De laag fungeert als het dak van de kelderbogen. Net als het dak van elk huis heeft ook deze waterdichte laag een maximale levensduur. De gemeente Utrecht heeft aangegeven dat de fabrikant en aannemer van de waterdichte laag ten tijden van de installatie mid-jaren '90 een garantie voor waterdichtheid van 10 jaar hebben gegeven.

Bij de vervanging dient speciale aandacht te worden gegeven naar de aanhechting van de nieuwe laag op bestaande materialen zoals het beton van de L-muur, het baksteen van de gevelmuur en de pvc-buis. Dit zijn de belangrijkste risicolocaties voor onthechting met lekkage tot gevolg. Daarbij wordt geadviseerd dat de gemeente onderzoekt wat het beste type afdichtingsmateriaal en hechtingssysteem is voor deze toepassing. Vermoedelijk zijn er nu betere technieken beschikbaar dan in de jaren '90 voor handen waren.

Na het aanbrengen van de nieuwe waterdichte laag wordt wel verwacht dat op de langere termijn de problematiek langzaam weer terugkeert. Dit werd ook gezien na de werkzaamheden die in de jaren '90 zijn uitgevoerd.

5.3.2 Maatregel 2: verbeteren dakafvoer bovengronds

Hemelwaterafvoeren die direct op de bestrating afwateren bij de gevel zullen voor versnelde lekkageproblemen zorgen, zoals bij dakafvoer van nummer [REDACTED]. In dergelijke gevallen wordt geadviseerd om de waterafvoer van de gevel af te voeren met een elleboog zoals bij afvoer [REDACTED] is uitgevoerd. Het daarbij toepassen van een hardstenen afvoergoot zoals bij nummer [REDACTED] is toegepast is ook een goede maatregel. In afbeelding 5.1 is dit nogmaals weergegeven.

Afbeelding 5.1 Aanpassen dakafvoer nummer [REDACTED] (links) zoals nummer [REDACTED] (rechts)

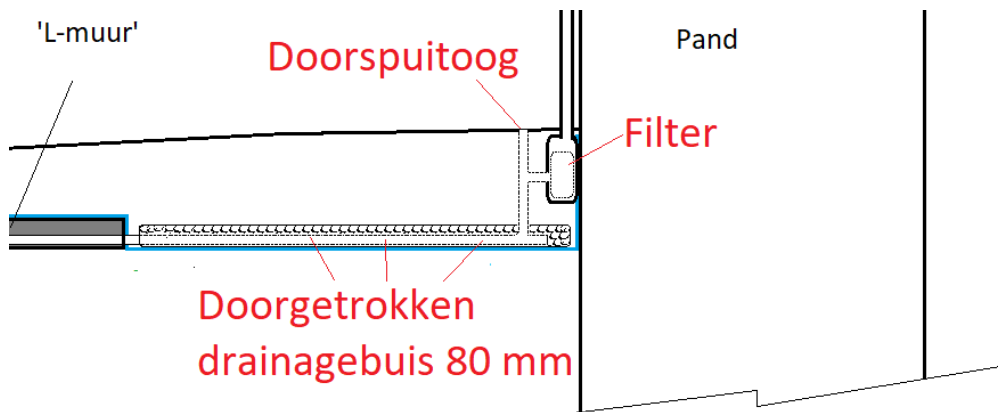


Als alternatief op maatregel 2 zou maatregel 3 kunnen worden toegepast op de dakafvoeren die op de straat afvoeren.

5.3.3 Maatregel 3: verbeteren dakafvoer ondergronds

Het is een optie om de dakafvoeren direct op het ondergrondse systeem aan te sluiten. Dit is weergegeven in afbeelding 5.3.

Afbeelding 5.2 Dakafvoeren verbinden aan ø80 mm buis met filter en doorspuitoog



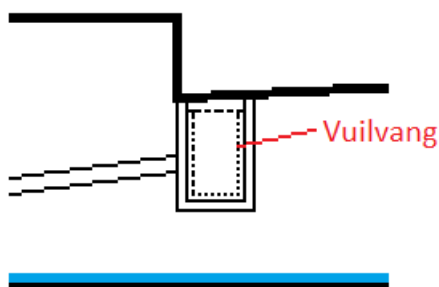
Door deze maatregel zou het grootste deel van het dakwater bij een regenbui direct wordt afgevoerd door de spuwer. Hierdoor zullen de ondergrond en keldermuren dus (gemiddeld) droger zijn. 2 aandachtspunten van deze aanpak zijn:

- 1 het water van de dakafvoeren dient eerst gefilterd te worden om verstopping van de ø80 mm buis te voorkomen. Ook is een doorspuitoog benodigd;
- 2 het water zal bij regen mogelijk hard uit de spuwers 'spuiten'. Het is de vraag of dit wenselijk is.

5.3.4 Maatregel 4: verbeteren afvoer straatkolken

Door het aanbrengen en regelmatig schoonmaken van een vuilvang op de straatkolken wordt kans op verstopping van het ondergrondse systeem sterk verminderd. In afbeelding 5.2 wordt dit geschetst.

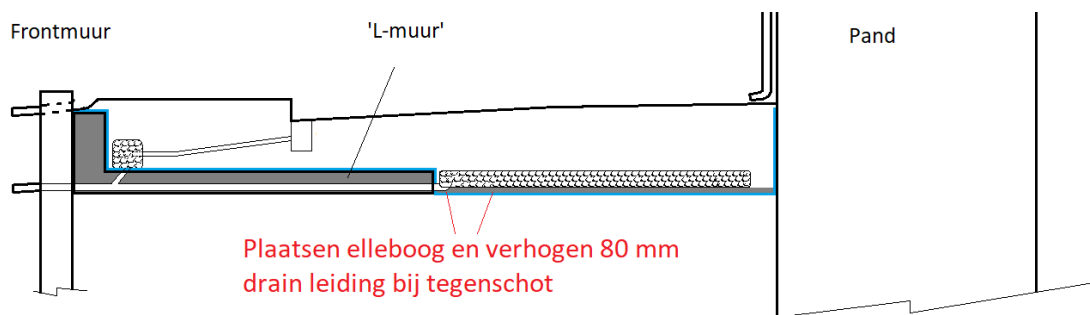
Afbeelding 5.3 Monteren vuilvang in straatkolken



5.3.5 Maatregel 5: verbeteren afvoer L-wand: afvoerbuis

Door een kleine elleboog te maken aan de inlaatzijde van de ø80 mm buis en het hele volume dat lager ligt dan de inlaat uit te vullen met mortel, wordt bewerkstelligd dat het systeem geheel droog kan lopen. Dit is weergegeven in afbeelding 5.4. Dit helpt lekkage bij de aanhechting van de waterdichte laag op de pvc-buis voorkomen.

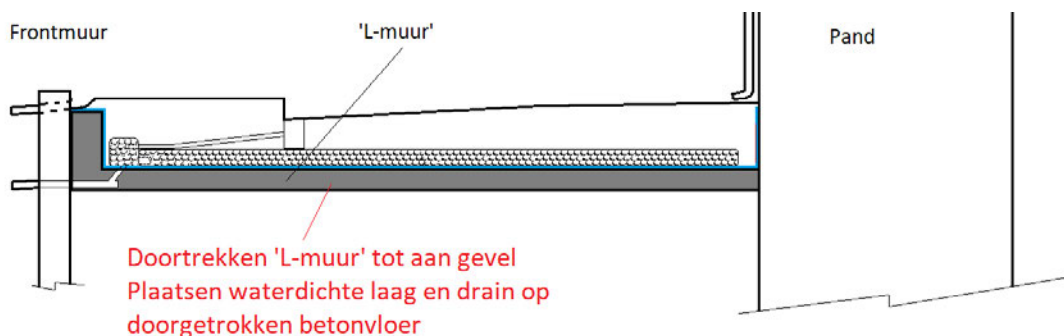
Afbeelding 5.4 Oplossen tegenschot ø80 mm buis



5.3.6 Maatregel 6: verbeteren afvoer L-wand: uitvullen

Door de L-muur door te trekken naar de gevel verdwijnt het laagste punt in de waterdichte laag. Dit is weergegeven in afbeelding 5.5.

Afbeelding 5.5 Verlengen L-muur tot aan gevelwand



De verbetering door deze aanpak is relatief beperkt omdat hierdoor (slechts) 1 faallocatie is weggenomen; die van de aanhechting tussen de pvc-buis en de waterdichte laag. Deze maatregel wordt voor de volledigheid vermeld maar is erg kostbaar en levert voor die kosten relatief weinig meerwaarde. Daarom wordt niet geadviseerd dit werkelijk uit te voeren.

5.3.7 Maatregel 7: verminderen vocht werfmuur door aanbrengen ketting vanaf spuwermond

Om de problemen aan de voorzijde te voorkomen is het essentieel om te voorkomen dat water geconcentreerd afloopt over de muur onder de spuw-ers. Mogelijk kan de aanleg van een ketting tussen de spuwermond en de ondergrond hierbij helpen. Het water blijft aan de ketting 'plakken' in plaats van aan de onderzijde van de spuw-ers. Ook helpt de ketting opspatten van druppelende water vanaf de grond voorkomen. In deze oplossing is het belangrijk de doorvoer iets naar beneden door te trekken om terugloop van water via de onderzijde van de spuwer te voorkomen. Een voorbeeld is weergegeven in afbeelding 5.6.

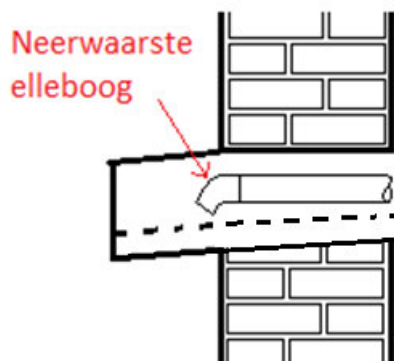
Afbeelding 5.6 Voorbeeld ketting (links) vanaf spuwer met doortrekken van doorvoer (rechts)



5.3.8 Maatregel 8: verminderen vocht werfmuur door plaatsing neerwaartse elleboog op pvc-buisuitlaten

De uitlaten van de pvc-buizen in de spuwermond dienen ver genoeg naar voren te zijn aangebracht, zodat water niet kan teruglopen. Daarbij dient het laatste deel van de buis een neerwaartse elleboog te zijn om te voorkomen dat druppels aan de onderzijde van de buis teruglopen de muur in. Dit is weergegeven in afbeelding 5.7.

Afbeelding 5.7 Neerwaartse elleboog monteren op uiteinden plastic buizen

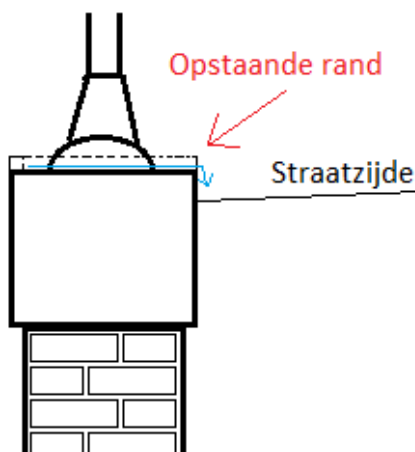


De noodzaak dient te worden ingeschat per locatie. Op sommige locaties is dit van beperkt belang, maar er werden ook uitlaten gezien die geheel vlak lagen, met vlak daarachter metselwerk. Op dergelijke locaties levert deze maatregel zeker een bijdrage aan het droog houden van de frontmuur.

5.3.9 Maatregel 9: verminderen vocht werfmuur door aanpassingen aan sokkel van lantaarnpaal nummer 1

Ten opzichte van de voorgaande maatregelen is dit een locatie-specifieke maatregel. De concentratie van water onder de lantaarnpaal voor nummer 1 dient te worden voorkomen. Voorgesteld wordt de lantaarnpaal recht te zetten en daarbij een kleine opstaande rand op de voet van de lantaarnpaal aan te brengen, zoals in afbeelding 5.8.

Afbeelding 5.8 Opstaande rand rondom voet van lantaarnpaal



De opstaande rand voorkomt dat het water van de lantaarnpaal naar beneden stroomt langs de frontmuur.

De wijk van de muur en verzakking van de lantaarnpaal (die inmiddels erg schuin staat) verklaart mogelijk de reden dat dit probleem erger is geworden in de loop van de tijd. De sokkel van de lantaarnpaal is door de wijk van de muur steeds verder verdraaid waardoor nu al het water vanaf de sokkel afstroomt richting de frontmuurzijde. Een (voldoende hoge) opstaande rand voorkomt daardoor mogelijk een aanzienlijk deel van de problematiek bij het raam.

Enige concentratie van het water zal in de toekomst desondanks blijven plaatsvinden op deze plek. De doorslag van water in de muur is vermoedelijk ook erger geworden omdat de metselmortel in de loop van de tijd is uitgeloozd. Het kan daarom noodzakelijk zijn bij de maatregel ook de voegen in de frontmuur boven het raam te repareren.

5.3.10 Maatregel 10: verminderen vocht werfmuur door aanbrengen waterwerende laag op de frontmuur

Als alternatief op maatregel 7 en 9 kan de gehele frontmuur behandeld worden met een impregnerende laag om doorslag van water te voorkomen. Dit heeft mogelijk wel een effect op het aanzicht van de gevel. Geadviseerd wordt om te onderzoeken hoe goed een dergelijke impregnerende laag zou kunnen werken op deze locatie en wat het eventuele effect kan zijn op het aanzicht van de frontmuur.

5.3.11 (Alternatieve) Maatregel 11: Verminderen inzijging naar ondergrond

Op basis van de bevindingen van deze studie is als alternatieve maatregel ook overwogen om meer kolken of lijngoten te plaatsen voor de afvoer van hemelwater. Op basis van de huidige weginrichting wordt echter verwacht dat enkel het plaatsen van extra kolken of lijngoten geen aanzienlijke verbetering op zal leveren. Het water zal in de bestaande situatie in onvoldoende mate afstromen richting de kolken en er zal nog veel water inzijgen naar de ondergrond.

Wanneer deze maatregel toch wordt overwogen, wordt een beter effect bereikt als het plaatsen van extra kolken of lijngoten zou worden gecombineerd met;

- het aanpassen van het wegprofiel naar bijvoorbeeld een v-profiel of zaagtand-profiel om de afstroming van water naar de kolken te bevorderen;
- het aanbrengen van asfaltverharding om inzijging in de straat te voorkomen;
- wanneer asfalt onwenselijk is, vervangen van de bestaande open verharding met een andere type open verharding dat minder water door de voegen laat.

Wanneer deze aanpak wordt overwogen, dan wordt geadviseerd onderzoek te doen of er een type open verharding bestaat die in staat is om inrijging van hemelwater aanzienlijk te verminderen. Ook dient onderzocht te worden welk wegprofiel wenselijk en haalbaar is voor de Oudegracht gegeven de hoge ligging van de kelderbogen.

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Geconcludeerd wordt dat het werkingsprincipe van het hemelwatersysteem voor een belangrijk deel berust op infiltratie, berging en drainage. Het grootste deel van het dakwater en wegwater belandt (via kolken of inzijging) eerst in de ondergrond, waarna het vertraagd wordt afgevoerd via de spuwer(s) en de werf naar de gracht.

De capaciteit van het systeem is beperkt maar voldoende, zeker gezien het werkingsprincipe met vertraagde afvoer. De bestaande buizen hebben afdoende theoretische capaciteit voor de afvoer van de tweejarige normbui, hoewel de kleine buismaten wel een belangrijk verstoppingsrisico vormen.

Door de insluiting van de kelders tussen de frontmuur, het gevelpand en de straat is het volledig en duurzaam vochtvrij houden van de kelders geen realistisch uitgangspunt, omdat vochtproblemen in meer of mindere mate zich zeer waarschijnlijk zullen blijven voordoen op deze locatie.

Uit het veldonderzoek werd ook geconcludeerd dat het onderhoud van het hemelwatersysteem verbeterd kan worden. Desondanks speelt de onderhoudsstaat van het systeem, zoals aangetroffen bij de inspecties, vermoedelijk geen grote rol in de ervaren problemen.

De conclusies en aanbevelingen ten aanzien van de specifieke lekkages en vochtproblemen zijn hieronder weergegeven. Deze zijn uitsluitend gebaseerd op het uitgevoerde onderzoek. Voorafgaand aan de eventuele toepassing van de aanbevolen maatregelen, dienen deze met de gemeentelijke beheerders en relevante gemeentelijke beleidsafdelingen te worden beoordeeld op wenselijkheid en uitvoerbaarheid. De conclusies en aanbevelingen ten aanzien van de specifieke lekkage en vochtproblemen, zijn als volgt.

Lekkage aansluiting kelder op gevel bij nummer XXXX

De oorzaak van de lekkage moet worden gezocht in de afwerking van de dakafvoer, waardoor al het dakwater de grond inzigt. Geadviseerd wordt een elleboog aan te brengen aan de onderzijde van de dakafvoer en een betonnen opvang die het water naar de straat toe leidt (**maatregel 2**). Tevens wordt geadviseerd de waterdichte laag te vervangen en zorg te dragen voor een goede aanhechting tussen de waterdichte laag en de gevel (**maatregel 1**).

Lekkage 'halverwege' kelderboog

De oorzaak van de lekkage moet worden gezocht in onthechting tussen de waterdichte laag en de inlaat van de pvc-buis. Geadviseerd wordt de waterdichte laag te vervangen en zorg te dragen voor een goede aanhechting tussen de waterdichte laag en de pvc-buis (**maatregel 1**). Indien mogelijk kan het tegenschot worden opgelost middels **maatregel 5**, hoewel per locatie een inschatting dient te worden gemaakt van de haalbaarheid.

Vochtproblemen voorzijde kelderboog

De oorzaak van deze vochtproblemen moet worden gezocht in een combinatie van **faalmechanismen 2 en 3**, beschreven in hoofdstuk 5. Het water loopt geconcentreerd af over de frontmuur onder de spuwers en de baksteen en mortel zuigen dit water gemakkelijk in.

Geadviseerd wordt om in eerste instantie de volgende, relatief kleine, maatregelen te nemen om het vocht op de werfmuur te verminderen:

- aanbrengen van ketting van spuwermond naar de grond (**maatregel 7**);
- aanbrengen neerwaartse elleboog op alle pvc-uitlaten in de spuwvers (**maatregel 8**).

Lekkage uit rollaag van linker raam nummer ■■■

De oorzaak van deze vochtproblemen moet worden gezocht in een combinatie van **faalmechanismen 2 en 3**, beschreven in hoofdstuk 5. Het water loopt geconcentreerd af van de lantaarnpaal en sokkel en de muur zuigt dit water gemakkelijk in.

Geadviseerd wordt om het vocht, dat afloopt op de werfmuur, te verminderen door een de sokkel van de lantaarnpaal recht te zetten en vervolgens een opstaande rand rondom de sokkel van de lantaarnpaal aan te brengen (**maatregel 9**). Mogelijk is de metselmortel in de loop van de tijd uitgelopen, waardoor ook het herstel van het voegwerk van de werfmuur mogelijk kan bijdragen aan verbetering van het probleem.

Overige adviezen

In aanvullingen op bovenstaande werkzaamheden wordt het volgende geadviseerd:

- het aanbrengen van een vuilvang in de straatkolken en geregeld onderhoud (**maatregel 4**);
- het controleren van het effect van de genomen maatregelen op de ervaren problematiek. Indien deze (onvoldoende) is verholpen, kunnen ingrijpendere en kostbaardere **maatregelen als 3, 6 en 10** worden overwogen;
- het doen van meer onderzoek naar de kosten versus baten van **maatregelen 3, 6, 10 en 11**;
- het uitvoeren van nader onderzoek naar de volgende onderzoeksvragen:
 - wat is het meest geschikte materiaal voor het aanbrengen van de waterdichte laag in deze situatie?
 - wat is het meest geschikte hechtingssysteem tussen de waterdichte laag en andere materialen, zoals de pvc-afvoerbuiss, de bakstenen gevelmuur en de betonnen L-muur? Deze aanhechtingen vormen de grootste risico locaties voor lekkage;
 - hoe goed werkt het aanbrengen van impregnerend materiaal op de frontmuur en wat is het (eventuele) nadelige effect op het aanzicht van de muur?

Bijlage(n)

**BIJLAGE: PROJECT GERELATEERDE PROBLEEMANALYSE MET PLAN VAN AANPAK
VOOR LEKKENDE WERFKELDER ■■■-■■■**

Inleiding:

In oktober 2019 is er bij UVO van de huurder een klacht binnengekomen van 2 stuks lekkende werfkelders Oudegracht ■■■-■■■

De huurders hebben lekkage geconstateerd in de werfkelders.

Nadat er door BORG een 1^e onderzoek is geweest of het riool van de werfkelder de oorzaak was van de lekkage, zijn de aanwezige spuwvers doorgespoten.

Klachtenanalyse:

Nadat de klacht van lekkage nog niet was opgelost, heeft ■■■ op 8 januari een 1^e bezoek gebracht aan de werfkelders om de lekkage te inventariseren.

Naar aanleiding van het bezoek, zijn er 2 acties afgesproken;

- 2 stuks Spuwers in de geboorte van het gewelf met camera inspecteren.
- Kabels en leidingen in beeld brengen onder het rijdek.

Uitkomst van deze 2 acties:

1: spuwers inspecteren met camera:

1 Spuwer blijkt niet verstopt te zitten maar heeft tegenschot in de geboorte van het gewelf, waardoor er plasvorming ontstaat in het geboorte van het gewelf.

1 spuwer functioneerde niet. Deze was na 40 cm niet meer toegankelijk met de camera..



2: Vrijgegraven Nutsleidingen.

Om te bepalen of we een waterdichte laag kunnen aanbrengen op het gewelf van de werfkelder, is er onderzocht of de aanwezige Nutsleidingen ervoor zouden kunnen zorgen dat de waterdichte laag niet kan worden aangebracht.



Gasleiding

Er is uit onderzoek geconstateerd dat de aanwezige gasleiding op het gewelf rust van de werfkelder.

Dit vraagt extra aandacht tijdens het aanbrengen van de waterdichte laag. Doordat er op de Oudegracht een aslastbeperking geldt, is de uitvoering met aangepast licht materieel

Uitvoering:

Om de lekkage van de werfkelder duurzaam en onder garantiecertificaat op te lossen, is er voor gekozen om een waterdichte laag op het gewelf van de werfkelders aan te brengen. Dit product heeft de goedkeuring van Erfgoed.

Werkomschrijving:

Gehele realisatie uitvoeren met licht materieel en zonder tijdelijke depot op locatie.

- Plaatsen van omleidingsborden van omleidingsplan voor het verkeer.
- Bestaande verharding opnemen en afvoeren naar tijdelijk depot.
- Met zandzuiger zand op het gewelf en tussen kabels verwijderen.



- Omdat de locatie Oudegracht niet gebruikt kan worden als depot van vrijgekomen zand, zand met licht materieel buiten Oudegracht deponeren in een container.
- Als zand niet geschikt is voor hergebruiken; b.v. vervuiling met puin, zal het zand afgevoerd worden naar gemeentelijk depot en indicatief gekeurd worden voor hergebruik.
- Indien het zand geschikt is voor hergebruiken, zal de container dienen als tijdelijk depot
- Indien het zand niet toepasbaar is door puin of vervuiling, afvoeren naar Pouw om te laten reinigen.
- Gewelf van werfkelders schoonvegen.
- Gewelf controleren op scheurvorming.
- Aanbrengen van Novacell waterdichte laag.
- 2 stuks spuwers functioneel maken door ze optimaal op afschot te laten afvoeren.
- Bestaande gasleidingen op het gewelf laten rusten met een flexibele fundering.
- Aandacht voor oude loden waterleidingen.
- Gewelf eventueel met schoon zand aanvullen en verdichten.
- Bestrating uit depot van aannemer transporteren naar locatie voor herstraten.
- Tijdens de uitvoering is een stalen loopvlonder voorzien voor fietsers en voetgangers.

Risico`s:

- Ernstige vervuiling van zand zou kosten verhogend kunnen werken.
- Doordat de gasleiding op het gewelf rust, moet tijdens het aanbrengen van de waterdichte laag de gasleiding tijdelijk enigszins gelicht worden. Deze wijze van uitvoering zou vertraging kunnen veroorzaken i.v.m. communicatie met eigenaar van de gasleiding [REDACTED].
- Tijdens het vrijgraven van het gewelf is het mogelijk dat er scheuren worden geconstateerd in de gewelven van de werfkelder. Dit zou hoge kosten met zich meebrengen. Vooraf onderzoek om dit uit te sluiten is niet mogelijk.

Planning en voorbereiding:

- I.v.m. met kans op vorst of sneeuw, hanteren we 4 januari 2021 als een Go or No Go.
- Bij het doorgaan van de werkzaamheden, 4 januari tekst maken voor het wijkbericht. Wijkbericht wordt in de week van 4 januari verspreidt.

- Nadat we 4 januari 2021 hebben besloten om de werkzaamheden uit te gaan voeren, worden op die zelfde dag de parkeerverboden geplaatst.
- In de week van 11 januari worden trillingmeters geplaatst in de werfkelders rondom het werk. Deze metingen zorgen ervoor dat we een week trillingen registreren in het dagelijks verkeer. In deze zelfde week worden ook de omringende werfkelders door een onafhankelijke partij in een O-opnamen vastgelegd.
- Het waterdicht maken van de 2 werfkelders duurt 3 weken.

Budget:

90.000,- euro waarvan 15.000,- Stelposten

Stelposten kunnen gebruikt worden voor de loopvlonder en kosten reinigen grond bij Pouw.

