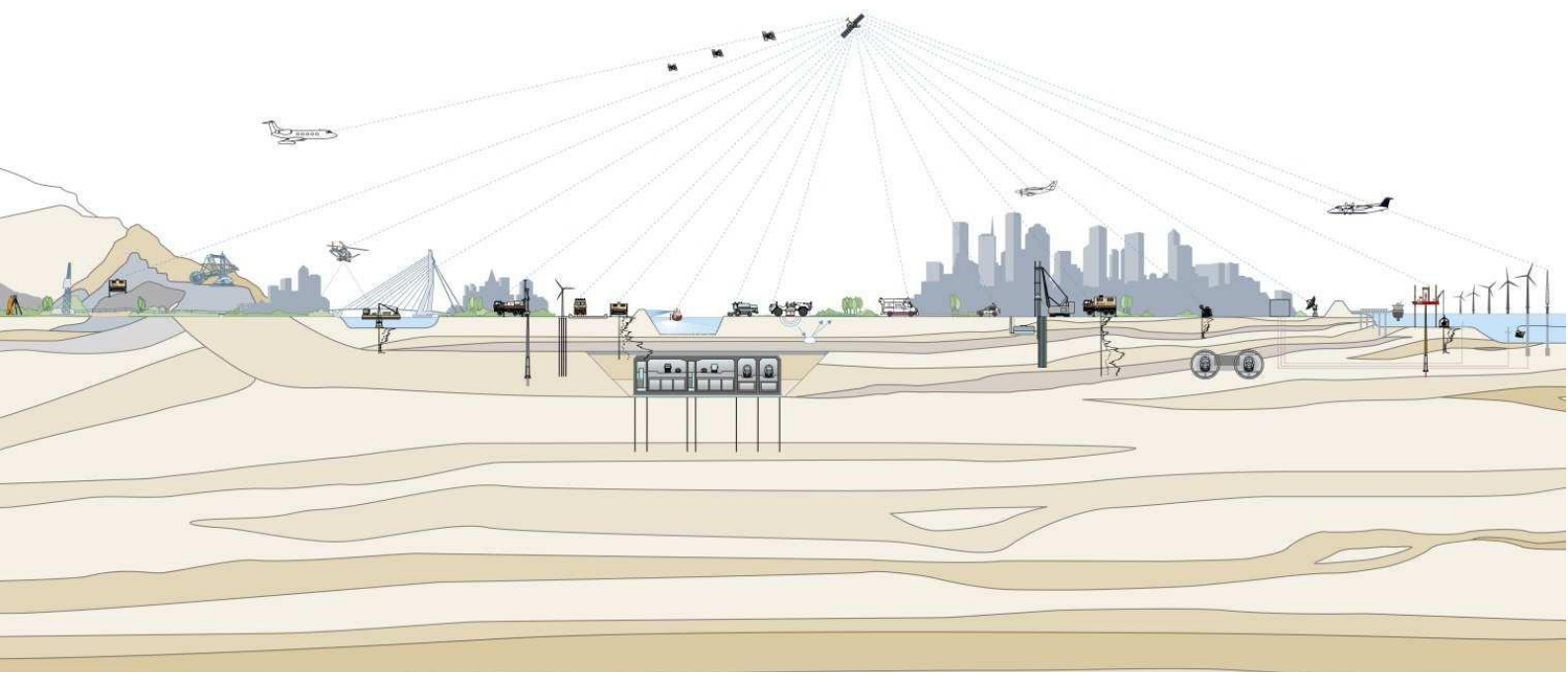


ADVIES BARRIEREWERKING
betreffende

**LEIDSEPLEIN 12
TE AMSTERDAM**

Opdrachtnummer: 4005-0810-001



ADVIES BARRIEREWERKING
betreffende

LEIDSEPLEIN 12
TE AMSTERDAM

Opdrachtnummer: 4005-0810-001

Opdrachtgever : Openbaar Onderwijs aan de Amstel 5
Postbus 51356
1007 EJ AMSTERDAM

Opgesteld door : ing. M. W. de Kwaadsteniet
Adviseur Hydrologie

Gecontroleerd door : W. Kooijman MSc.
Senior Adviseur Hydrologie

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	11 mei 2016	eerste versie	
2			
3			

FILE: 4005-0810-001_33.R01.doc.docx Op deze rapportage zijn de algemene leveringsvoorwaarden ALV 2012 van toepassing die een aansprakelijkheidsbeperking bevatten.

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	1
2. PROJECTOMSCHRIJVING	2
3. GRONDONDERZOEK EN BODEMGESTELDHEID	5
3.1. Grondonderzoek	5
3.2. Globale bodemgesteldheid	5
3.3. Open waterpeil, drainage en riolering	5
3.4. Grondwaterstanden en stijghoogten	6
3.5. Grondwaterkwaliteit	9
4. ANALYSE BARRIÈREWERKING (GEBRUIKSFASE)	10
4.1. Algemeen	10
4.2. Barrièrewerking toplaag	10
4.3. Barrièrewerking diepere zandlagen	11
 BIJLAGEN	
- Bijlage 1: Sondering 90.233-SK1	1
- Bijlage 2: Handboorstaten APS milieu bv (voorlopige versie[- 3])	2
- Bijlage 3: "Appendix Barrièrewerking"	3

1. INLEIDING

Algemeen

Fugro GeoServices B.V. te Amsterdam ontving van B.V. Centraal Huizen Beheer te Amsterdam, de opdracht voor het uitbrengen een geohydrologisch advies naar het optreden van barrièrewerking door de aanleg van een nieuwe kelder onder pand Leidseplein 12. Er wordt funderingsherstel uitgevoerd en een kelder aangebracht

Voorliggend rapport betreft de analyse naar het optreden van barrièrewerking en bevat de volgende onderdelen:

- korte projectomschrijving (hoofdstuk 2);
- beschrijving grondonderzoek en bodemgesteldheid (hoofdstuk 3);
- analyse barrièrewerking (hoofdstuk 4);
- conclusies en aandachtspunten (hoofdstuk 5).

Verstreckte informatie

Voor het vervullen van de opdracht is door de opdrachtgever de volgende informatie ter beschikking gesteld:

- 1 Tekening "*A aanvraag funderingsherstel + aanbrengen kelderbak Leidseplein 12, A 'dam*" complex LP12, tekeningnummer BA01, van Bureau van der Werf, d.d. 22 februari 2016;
- 2 Tekening "*Leidseplein 12 Amsterdam detail keldervloer*" projectnummer 1715-119, tekeningnummer W02, Van Eden bouwconstructies bv, d.d. 26 februari 2016.
- 3 Handboorstaten APS milieu bv (voorlopige versie ontvangen per email 11 mei 2016).

2. PROJECTOMSCHRIJVING

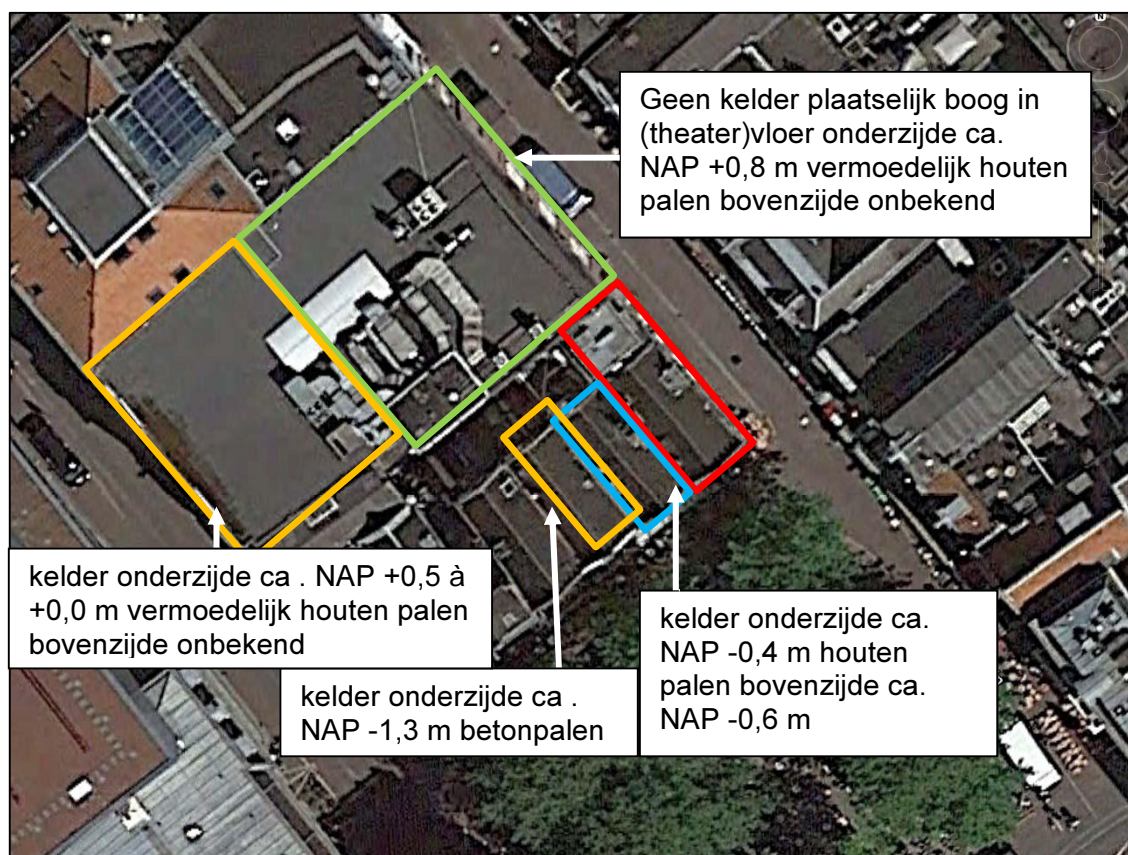
Het project betreft het uitvoeren van funderingsherstel en de aanleg van een 1-laags diepe kelder onder pand Leidseplein 12 te Amsterdam. De ligging van de projectlocatie is weergegeven in Figuur 1. PEIL is ca NAP +1,56 m [- 1, - 2]. Er wordt onderzocht of er mogelijke effecten van de kelder zijn op de grondwaterstand in de omgeving (barrièrewerking).



Figuur 1: Luchtfoto met projectlocatie [rode lijn], (bron: GoogleMaps)

Omgeving projectlocatie

Door Fugro is een archiefonderzoek uitgevoerd naar de funderingswijze en de aanwezigheid van kelders onder de bebouwing van panden Leidseplein 12 t/m 16 en Korte Leidsedwarsstraat 18 (zie Figuur 2). De toekomstige kelder wordt aan twee zijden begrensd door oude bebouwing. Onder de naastgelegen bebouwing ten zuidwesten zijn kelders aanwezig die een aaneengesloten barrière met de toekomstige kelder. De aangrenzende bebouwing is (vermoedelijk) gefundeerd op houten palen.



Figuur 2: projectlocatie met kelder (rode lijn), funderingswijze en kelders in de omgeving (bron luchtfoto: GoogleMaps)

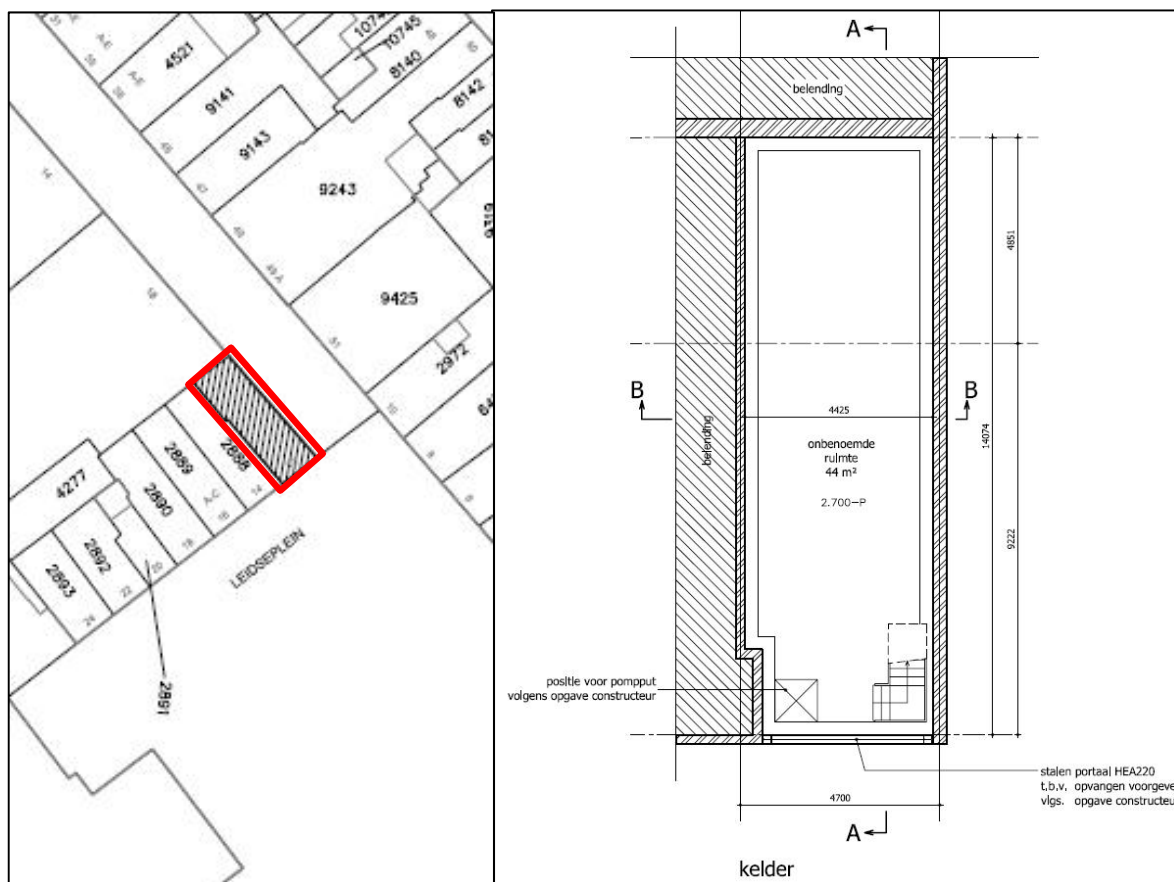
Nieuwbouw: kelder

Met de verstrekte gegevens zijn de afmetingen en niveaus van de kelder afgeleid zoals weergegeven in Tabel 1 [- 1 en- 2].

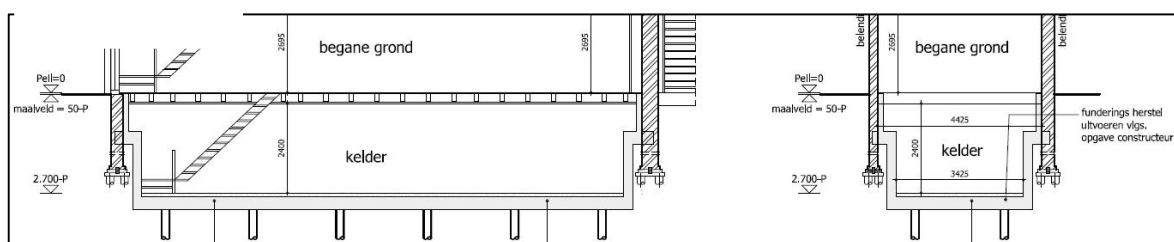
Tabel 1: Afmetingen [- 1 en - 3]

Onderdeel	Afmetingen [ca. m x m]	Aanlegniveau (onderzijde)	
		[Peil m]	[NAP m]
Keldervloer	14 x 5	-3,15	-1,59

In Figuur 3 is een plattegrond van de kelder weergegeven en in Figuur 4 zijn doorsneden opgenomen. Voor nadere gegevens omtrent de constructie verwijzen wij u naar de berekeningen en tekeningen van de constructeur [- 1 en- 2].



Figuur 3: Plattegrond kelder onder het volledige pand [- 1]



Figuur 4: Doorsnede kelder [- 1]

3. GRONDONDERZOEK EN BODEMGESTELDHEID

3.1. Grondonderzoek

Voor dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van de beschikbare sondering in het Fugro-archief (zie - Bijlage 1) uitgevoerd aan de voorzijde van pand Leidseplein 16. Door APS milieu bv zijn op 4 mei 2016 twee handboringen uitgevoerd, waarbij in één van de boorgaten peilbuizen zijn afgesteld (zie - Bijlage 2).

3.2. Globale bodemgesteldheid

Op basis van sondering 90.233-SK1 en boringen 01 en 02 is de bodemopbouw (geohydrologisch) geschematiseerd en weergegeven in Tabel 2. Opgemerkt wordt dat de sondering is uitgevoerd in het wegcunet aan de voorzijde van pand Leidseplein nummer 16. Het gebied is niet integraal opgehoogd. De toplaag onder de woningen in het centrum bestaat in het algemeen uit een zeer wisselende klei-/veen-/ puinlaag met lokaal zand, waarvan de doorlatendheid zeer wisselend is. Uit de handboorstaten volgt dat onder de bebouwing tot ca. NAP -1 m zand aanwezig is.

Tabel 2: Globale bodemopbouw en geohydrologische typering

Diepte [ca. NAP m]	Bodembeschrijving	Typering	Laag
+1,56	Maaiveld	Infiltratieoppervlak	0
+1,56 tot -1,0	Geroerd (ophoog)materiaal: ZAND, matig fijn, zwak tot sterk siltig, lokaal puinhoudend.	Watervoerende laag	1
-1,0 tot -7,3	KLEI en VEEN	Waterremmende laag	2
-7,3 tot -9,3	ZAND, zeer fijn, sterk siltig, (Wadzand)	Watervoerende laag	3
-9,3 tot -12	KLEI, met basisveenlaag	Waterremmende laag	4
-12 tot -16	ZAND, met lokaal kleilaagjes	Watervoerende laag (1 ^e zandlaag)	5
-16,0 tot -18	KLEI lokaal doorsneden door zandlagen	Waterremmende laag	6
-18 tot ca. -31*	ZAND	Watervoerende laag (2 ^e zandlaag)	7

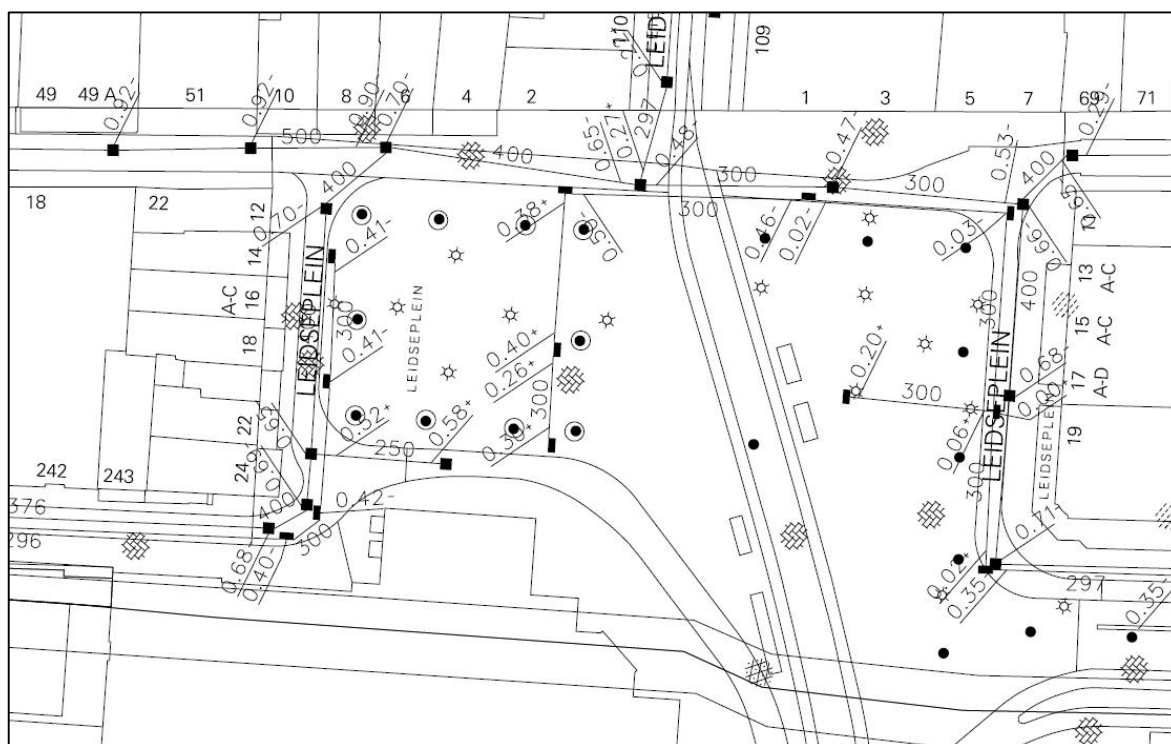
* Maximaal door Fugro verkende diepte: ca. NAP -24 m.

3.3. Open waterpeil, drainage en riolering

Op een afstand van ca. 85 m ten westen van de projectlocatie ligt de Lijnbaangracht, op ca. 100 m ten noordoosten de Prinsengracht en op ca. 130 m ten noordwesten de Leidsegracht. Het beheerspeil van deze grachten bedraagt ca. NAP -0,4 m.

Zowel de projectlocatie als de directe omgeving zijn volledig verhard (dak- en straatoppervlak). Aangenomen wordt dat dit oppervlak volledig is aangesloten op de riolering.

Bij Waternet is informatie over de aanwezigheid van riolering en drainage nabij de projectlocatie opgevraagd (zie Figuur 5). Ten noorden van de projectlocatie in de Korte Leidse dwarsstraat is een gemengd riool aanwezig met een diameter van 500 mm en een b.o.b.-niveau van ca. NAP -0,9 m. Ten oosten van de projectlocatie in het Leidseplein is een gemengd riool diameter 400 mm, b.o.b.-niveau ca. NAP -0,7 m en een hemelwaterriool diameter 300 mm met een b.o.b.-niveau van ca. NAP -0,4 m. Er geen is drainage of polderriolering aanwezig.



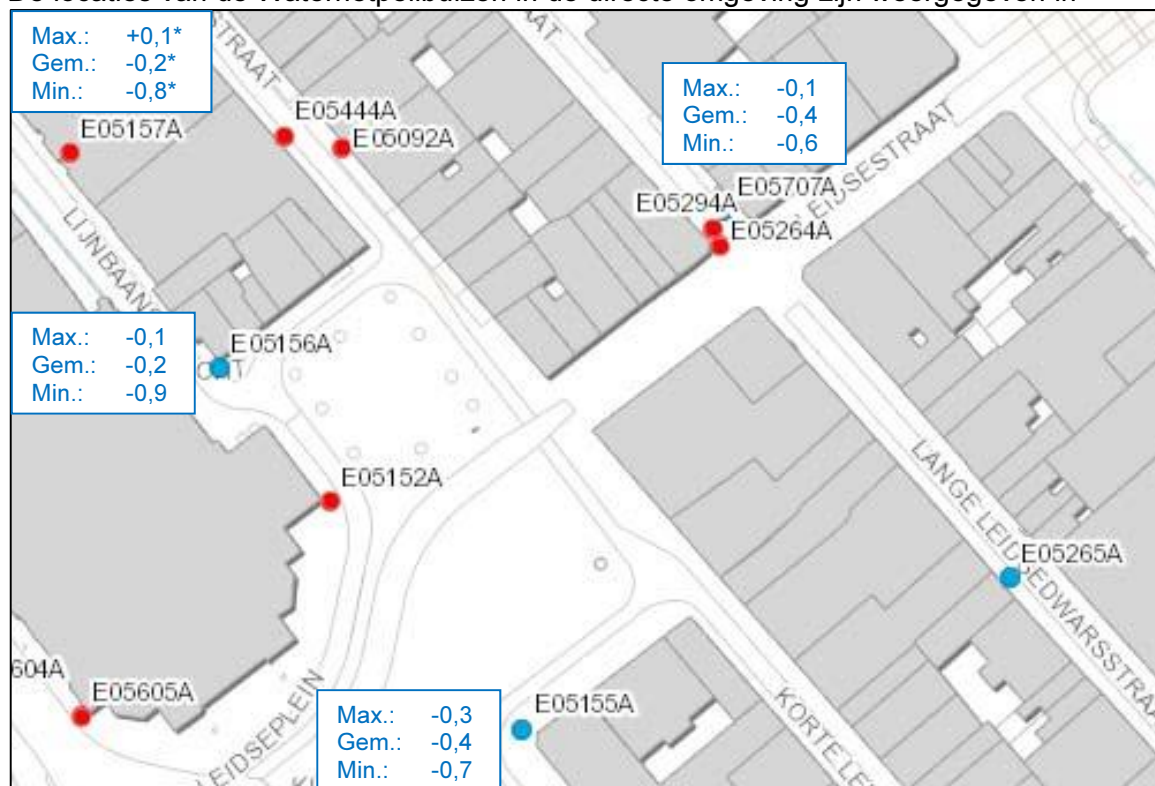
Figuur 5: Ligging riolering vuilwater riool [rood-bruine lijn], hemelwaterriool [blauwe lijn] (bron: Waternet)

3.4. Grondwaterstanden en stijghoogten

Op de locatie is voor dit onderzoek door APS milieu BV één peilbuis geplaatst (zie - Bijlage 2). Deze worden door APS donderdag 12 mei éénmalig opgenomen.

Om inzicht te krijgen in de fluctuatie van de grondwaterstand en stijghoogte in de omgeving van de locatie zijn de langjarige gegevens uit het grondwatermeetnet van Waternet geraadpleegd.

De locaties van de Waternetpeilbuizen in de directe omgeving zijn weergegeven in



Figuur 6. In deze figuur zijn de freatische peilbuizen weergegeven (met blauwe en rode bolletjes). Van 4 freatische peilbuizen in de omgeving zijn de maximaal gemeten, gemiddelde en minimaal gemeten grondwaterstand vanaf 2006 (afgelopen 10 jaar) weergegeven.

Opgemerkt wordt dat grondwaterstanden incidenteel verder kunnen stijgen of dalen dan de gepresenteerde waarden. De tijd-grondwaterstands-grafieken van de peilbuizen zijn weergegeven in Figuur 7.

Stromingsrichting

Freatisch grondwater

De projectlocatie is niet integraal opgehoogd. Uit de sondering blijkt dat in het wegcunet een zandpakket aanwezig is. De peilbuizen van Waternet staan naar verwachting afgesteld in het cunet en meten de grondwaterstand in deze “*preferente stroombaan*”. Gezien de ligging van de projectlocatie ten opzichte van het oppervlaktewater (ontwateringsmiddelen) wordt theoretisch verwacht dat in natte perioden de opbolling ter hoogte van de projectlocatie en daarmee de grondwaterstand op de projectlocatie beperkt hoger is dan in de omgeving en er een beperkte grondwaterstroming zou kunnen voorkomen.

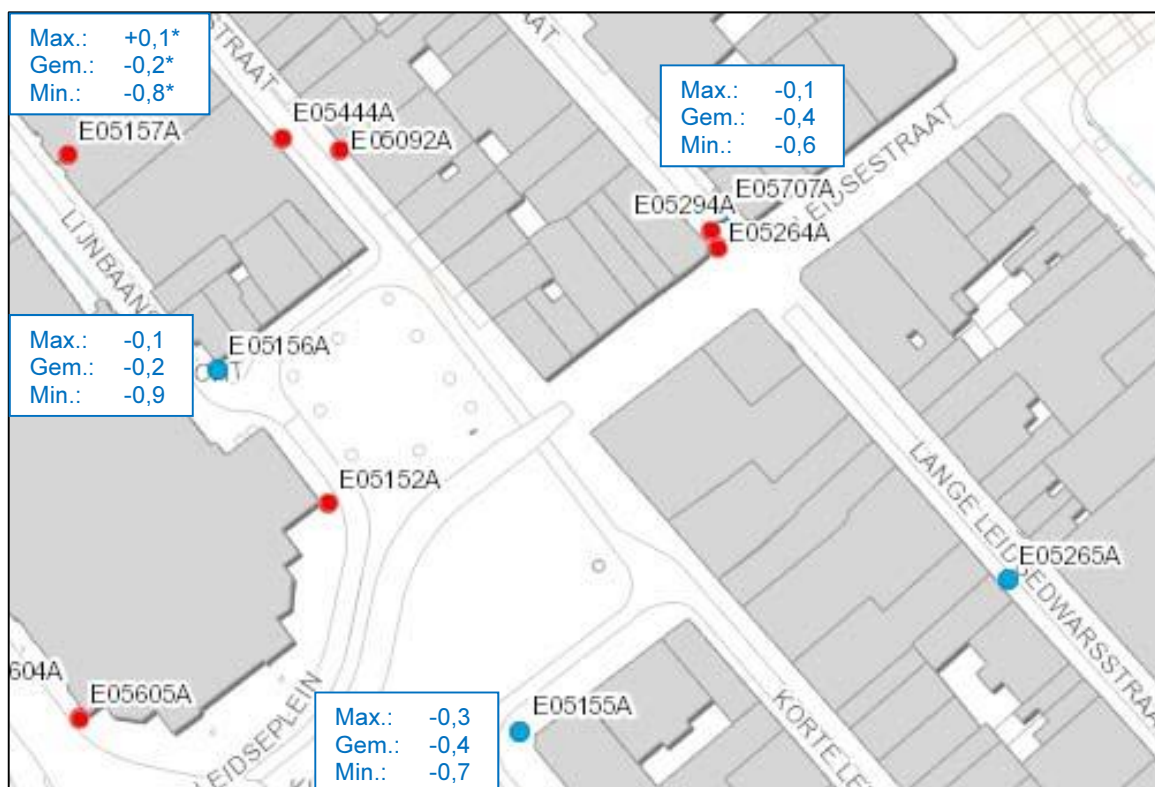
In droge perioden zakt de grondwaterstand onder normale omstandigheden uit richting het beheerspeil van het oppervlaktewater en wordt er theoretisch gezien geen grondwaterstroming vanaf de projectlocatie verwacht. Doordat het gebied niet integraal is opgehoogd, de beschikbare grondwaterstandsgegevens worden gemeten in de wegcunetten en er verlagingen zijn gemeten ruim beneden het beheerspeil van het oppervlaktewater (mogelijk door stedelijke invloeden zoals: lekke riolering, tijdelijke bemaling, bomen etc.) wordt voor de projectlocatie nauwelijks een grondwater verhang verwacht en kan geen eenduidige stroomrichting van het grondwater worden aangegeven.

Daarbij is de verwachting dat bij eventuele grondwaterstroming deze (hoofdzakelijk) via de wegcunetten zal plaatsvinden.

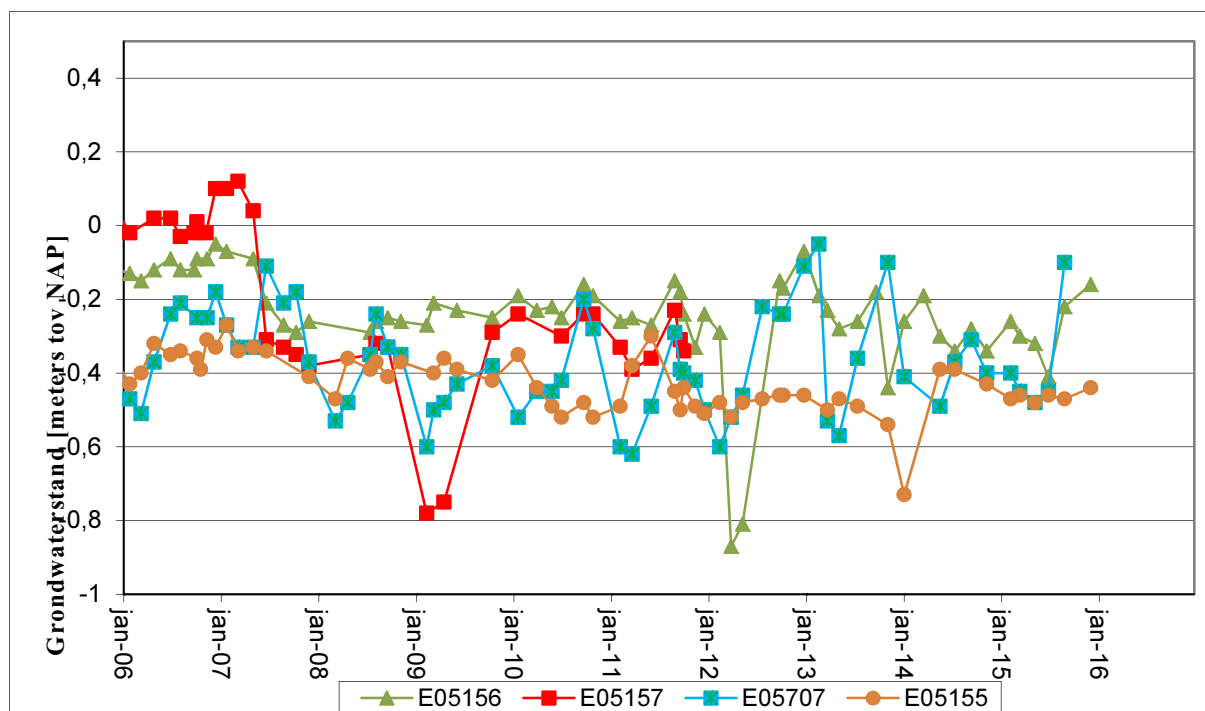
Stijghoogte wadzandlaag en 1^e watervoerende zandlaag

Op basis van het isohypsenpatroon van de stijghoogte in de 1^e zandlaag (bron: waternet) wordt ter plaatse van de projectlocatie een zuidwestelijke stroomrichting verwacht.

In de directe omgeving van de projectlocatie zijn geen peilbuizen aanwezig, afgesteld in het wadzand en de 1^e zandlaag. Ter indicatie van de stijghoogten zijn enkele zuidelijk en oostelijk gelegen peilbuizen geraadpleegd (opname duur ca. 2 à 3 jaar en meetdata van voor 2006). Voor dit project wordt aangehouden dat de stijghoogte in de wadzandlaag ligt tussen de ca. NAP -1,5 m à -2,5 m. De stijghoogte in de 1^e zandlaag ligt tussen de ca. NAP -2,5 m à -3,5 m. Op de projectlocatie is sprake van een wegzijgingssituatie.



Figuur 6: Locatie peilbuizen met de (hoogst, gemiddelde en laagst) gemeten grondwaterstanden



Figuur 7: Gemeten freatische grondwaterstanden tussen 2006 en 2016 (bron: Waternet)

3.5. Grondwaterkwaliteit

Voor zover bekend is er geen informatie beschikbaar over de kwaliteit van het grondwater. Op basis van de literatuur wordt aangenomen dat het grondwater in de deklaag en het 1^e watervoerend pakket zoet is.

4. ANALYSE BARRIÈREWERKING (GEBRUIKSFASE)

4.1. Algemeen

De aanleg van een kelder op de projectlocatie kan leiden tot barrièrewerking. Of en in welke mate barrièrewerking zal optreden wordt in deze paragraaf getoetst. Uit de toelichting van de theoretische achtergrond (zie - Bijlage 3) volgt dat het risico op barrièrewerking zal afhangen van:

- De omvang van de barrière in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater;
- De diepte van de barrière (kelder) in relatie tot de bodemgesteldheid en de mate waarin ondergrondse bouwdelen watervoerende lagen doorsnijden;
- De bodemgesteldheid (de verticale doorlatendheid) van de lagen onder de barrière;
- De mate van de horizontale grondwaterstroming.

4.2. Barrièrewerking toplaag

Diepte barrière

De onderzijde van de keldervloer ligt op ca. NAP -1,6 m en zal worden aangelegd binnen een permanente damwand.

Doorsnijding watervoerende laag

Uit de theoretische beschouwing blijkt dat barrièrewerking pas significant wordt bij een doorsnijding van de watervoerende laag van ca. ≥ 70 %. Op de projectlocatie is vanaf maaiveld tot een diepte van minimaal ca. NAP -1 m een zandlaag aanwezig. Dit betreft in de loop der eeuwen aangebracht en geroerde grond waarvan de doorlatendheid sterk kan variëren. De permanente damwand zal deze laag volledig doorsneden. De naastgelegen kelder onder pand Leidseplein 14 heeft volgens de archiefgegevens een diepte van ca. NAP -0,4 m. Bij een vergelijkbare diepte van de zandlaag (van minimaal NAP -1 m) zal er onder deze kelder voldoende zand over zijn om bij een eventueel grondwater verhang het grondwater onder de kelder door te kunnen laten stromen.

Omvang barrière

Aangrenzend aan de projectlocatie zijn twee bestaande kelders aanwezig (zie *Figuur 2*). Gezien de diepte van de naastliggende kelder in relatie tot de verwachte bodemopbouw, vormt de kelder op de projectlocatie geen aaneengesloten barrière met de naastliggende kelders. De omvang van de kelder op de projectlocatie (ca. 5 m bij 22 m) is in theorie klein genoeg om geen noemenswaardige barrièrewerking te veroorzaken.

Grondwater verhang

Uit de grondwaterstandsgegevens van de Waternetpeilbuizen kan geen eenduidig verhang van de grondwaterstand worden opgemaakt. Gezien het gebied niet integraal is opgehoogd zal grondwaterstroming (hoofdzakelijk) via de wegcunetten plaatsvinden. Vanwege de ligging van het Leidseplein tot de omliggende grachten, de (nagenoeg) volledig verharde en gerioleerde projectlocatie/omgeving en het niet integraal opgehoogd zijn van het gebied maakt dat er op de projectlocatie nauwelijks een grondwater verhang wordt verwacht. Gezien de stedelijke omgeving en invloeden zal er geen eenduidige stroomrichting van het grondwater aanwezig zijn. Daarbij kan, bij een eventueel verhang, het grondwater aan weerszijden van de kelder, via het wegcunet in de Korte Leidse dwarsstraat en de zandlaag onder de kelder van pand Leidseplein 14, doorstromen.

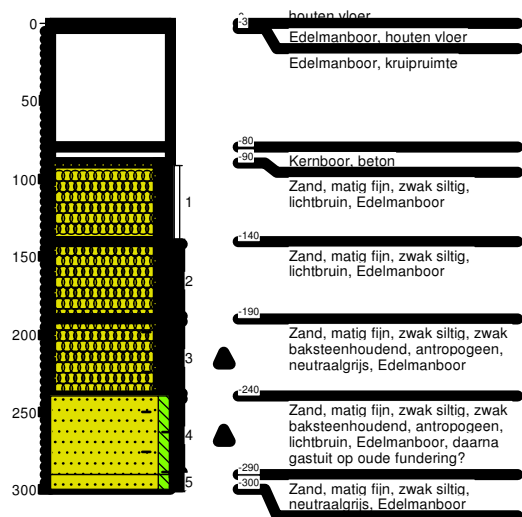
Op basis van de beschikbare informatie over de geringe omvang van de kelder, de bodemopbouw op de projectlocatie/omgeving en het ontbreken van een eenduidig grondwater verhang wordt geen (noemenswaardige) barrièrewerking verwacht bij de aanleg van een kelder.

4.3. Barrièrewerking diepere zandlagen

De kelder wordt uitgevoerd binnen permanente damwand. De diepte is vooralsnog onbekend. Verwacht wordt dat een eventuele opstuwing in deze wadzandlaag (laag 3) als gevolg van een volledige doorsnijding geen effect zal hebben op de freatische grondwaterstanden, gezien de dikte van de bovenliggende slecht doorlatende lagen.

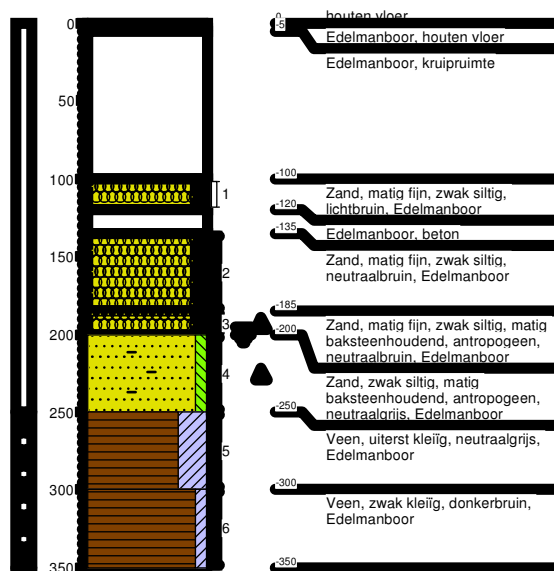
Boring: 01

X: 120628,83
Y: 486429,67
Datum: 04-05-2016



Boring: 02

X: 120630,78
Y: 486425,71
Datum: 04-05-2016
GWS: 200



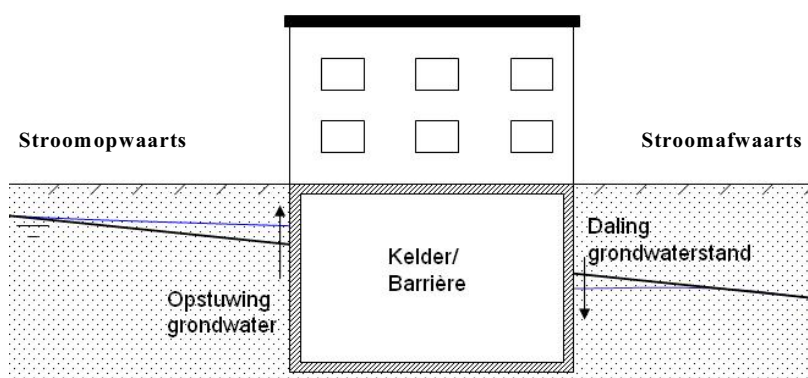
THEORETISCHE ONDERBOUWING BARRIÈREWERKING

Deze bijlage geeft een uitleg van het begrip barrièrewerking en van de omstandigheden die nodig zijn om barrièrewerking te laten optreden.

Definitie barrièrewerking

Barrièrewerking is het fenomeen waarbij de grondwaterstand (of stijghoogte) wordt beïnvloed door een ondergrondse waterdichte of slecht doorlatende constructie. Bij een ondergrondse constructie kan gedacht worden aan een kelder of een damwand.

Grondwater stroomt. Dit kan zijn op locale schaal, waarbij regenwater in de grond zakt en afstroomt richting de omliggende watergangen, of op grotere schaal, waarbij regenwater na infiltratie in diepere grondlagen tientallen kilometers stroomt richting de zee. Door het plaatsen van een waterdichte ondergrondse constructie kan die stroming in een bepaalde zone worden gehinderd. Het hinderen van de grondwaterstroming leidt tot hogere grondwaterstanden aan de bovenstroomse zijde (linkerzijde figuur 1) en lagere grondwaterstanden aan de benedenstroomse zijde (rechterzijde figuur 1).



Figuur 1: Principe barrièrewerking

De mate waarin barrièrewerking optreedt, is afhankelijk van een viertal factoren:

1. De omvang van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater;
2. De diepte van de barrière die gerealiseerd wordt in relatie tot de bodemgesteldheid en de mate waarin de ondergrondse bouwdelen watervoerende lagen doorsnijden;
3. De bodemgesteldheid (de verticale doorlatendheid) van de lagen onder de barrière;
4. De mate van de horizontale grondwaterstroming.

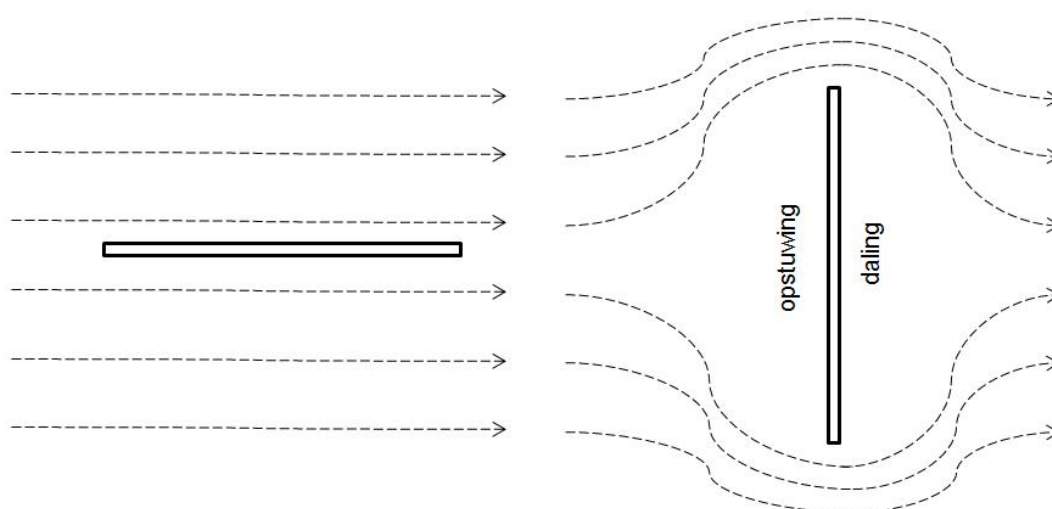
Pas wanneer alle vier de factoren ongunstig zijn, zal significante opstuwing en daling van de grondwaterstand optreden in de omgeving van de ondergrondse constructie. De vier factoren worden kort toegelicht.

1. Omvang en oriëntatie barrière

De grootte van de constructie (grondoppervlak) bepaalt de mate waarin het grondwater wordt gehinderd.

Kleine kelders (bijvoorbeeld onder een normale rijtjeswoning van ca. 5 x 10 m) hebben op zichzelf geen significante invloed op de grondwaterstroming. Het water kan namelijk makkelijk om de barrière heen stromen. Grote kelders, of dicht naast elkaar gelegen kleine kelders, kunnen wel barrièrewerking tot gevolg hebben.

Naast de omvang van de kelder is ook de oriëntatie van de kelder in relatie tot de stromingsrichting van het grondwater van belang (zie figuur 2). Lange en smalle kelders of tunnels die parallel aan de grondwaterstromingsrichting liggen hebben slechts een beperkte invloed. De rede is dat het grondwater niet om de constructie heen hoeft te stromen, maar langs de constructie zijn weg kan vervolgen en zodoende minimaal gehinderd wordt. Bij constructies die grotere afmetingen hebben dwars op de stromingsrichting, moet het grondwater een veel langere weg afleggen na het plaatsen van de barrière, waardoor opstuwing en daling van de grondwaterstand kan optreden.

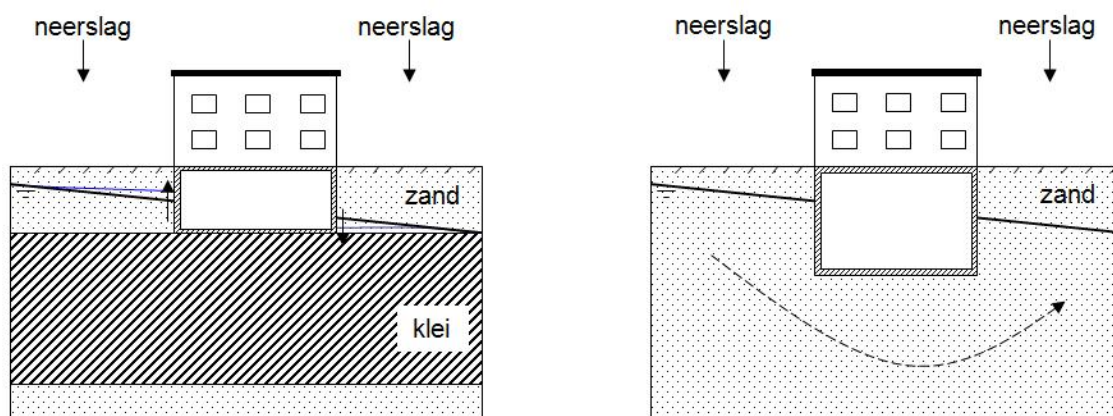


Figuur 2: Bovenaanzicht barrière; De oriëntatie van de barrière ten opzichte van de grondwaterstromingsrichting bepaalt de hinder, en daarmee de opstuwing, van het grondwater.

2. Diepte barrière

De hinder van de barrière is gerelateerd aan de diepte van de kelder in combinatie met de lokale bodemopbouw. Uit door Fugro gemaakte berekeningen volgt, dat een ondergrondse constructie de grondwaterstroming pas echt hindert, wanneer een groot deel (ongeveer 70%) van een watervoerende zandlaag wordt afgesloten.

Figuur 3 geeft hiervoor 2 voorbeelden. Aan de linkerkant sluit een 1-laags kelder een zandlaag volledig af, waardoor het grondwater niet meer onder de kelder door kan stromen. De rechterzijde toont een diepere 3-laags kelder, welke slechts een deel van de zandlaag afsluit. In de laatste situatie kan het grondwater via een relatief korte omweg onder de kelder doorstromen en ontstaat geen overlast.

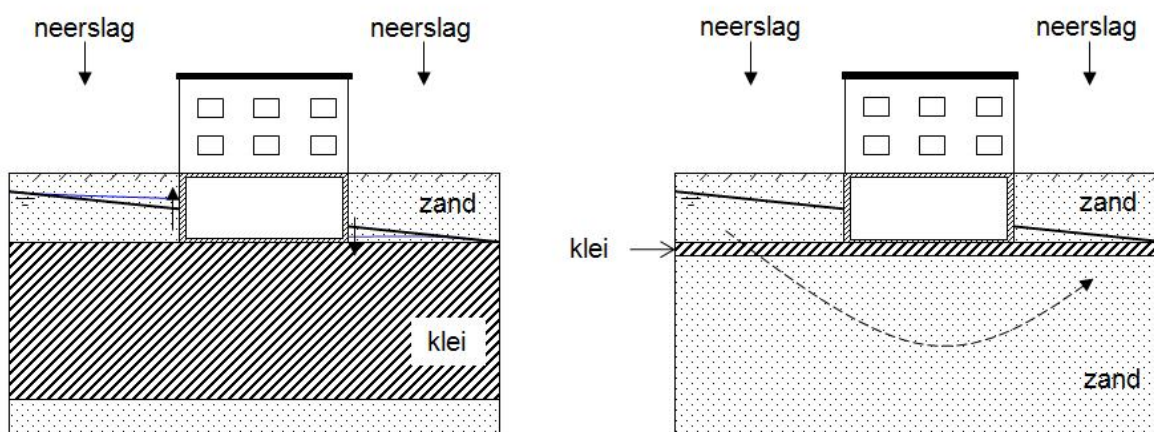


Figuur 3: Merkbare opstuwning kan pas optreden wanneer een kelder ongeveer 70% van een watervoerende zandlaag afsluit.

3. Dikte van ondiepe klei-/veenlagen

Wanneer een kelder een groot deel van een watervoerende zandlaag afsluit, is de mate van barrièrewerking gerelateerd aan de dikte (weerstand) van de onderliggende waterremmende bodemlagen.

Klei- en veenlagen belemmeren verticale stroming, waardoor grondwater moeilijker onder de constructie door kan stromen. Dikkere klei-/veenlagen (met een hogere weerstand) zorgen voor een grotere belemmering van de verticale stroming en daarmee voor meer risico op barrièrewerking (zie figuur 4).

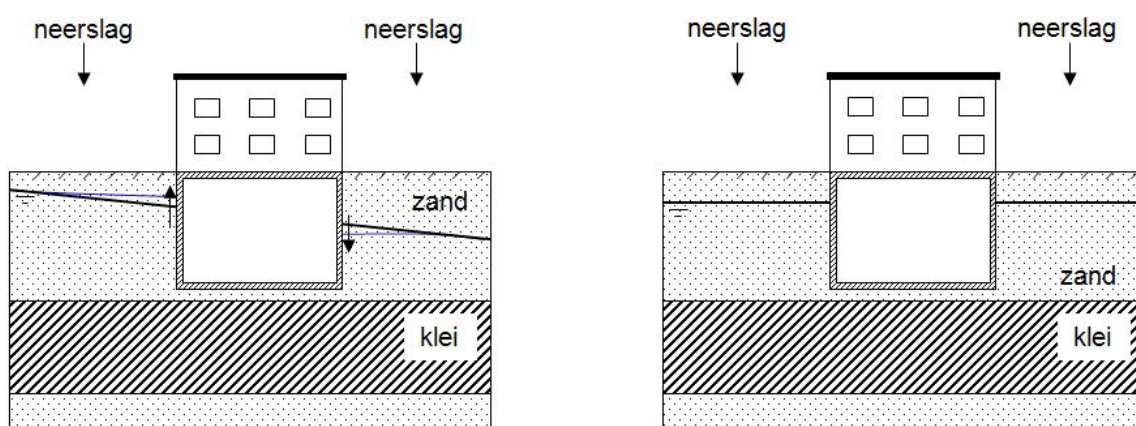


Figuur 4: De mate van barrière werking is afhankelijk van de dikte van onderliggende klei-/veenlagen

4. Grondwaterstroming

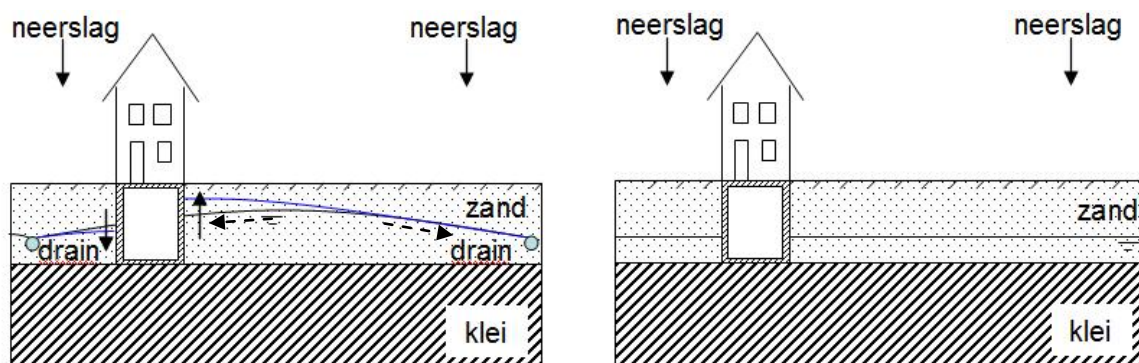
Barrièrewerking is het hinderen van de natuurlijke grondwaterstroming. Een sterkere horizontale grondwaterstroming zorgt zodoende voor meer opstuwing en daling van de grondwaterstand.

Horizontale grondwaterstroming ontstaat door verschillen in de grondwaterstand in de omgeving van de projectlocatie. Water stroomt van een hoge grondwaterstand (of stijghoogte) naar een lagere grondwaterstand (of stijghoogte). Wanneer de grondwaterstandsverschillen in de omgeving minimaal zijn, ontstaat geen opstuwing en daling van de grondwaterstand.



Figuur 5: Opstuwing is afhankelijk van de horizontale grondwaterstroming/ grondwaterstandsverschillen.

In veel bebouwde gebieden bestaat de grondwaterstroming hoofdzakelijk uit neerslag die afstroomt richting nabij gelegen ontwateringsmiddelen (zoals drainage of watergangen). Tussen de ontwateringsmiddelen ligt de grondwaterstand hoger, dit wordt opbolling genoemd. Wanneer de opbolling significant is kan door het plaatsen van een kelder eveneens opstuwing ontstaan (figuur 6 links). Bij beperkte opbolling is de grondwaterstroming minimaal en heeft het plaatsen van een kelder weinig effect op de grondwaterstand (figuur 6 rechts).



Figuur 6: Opstuwing is afhankelijk van de grondwaterstroming/ grondwaterstandsverschillen, welke wordt beïnvloed door drainage en sloten.