

Aan Movares, P. van der Vorm
Van G.I. Alkemade
Telefoon 06 4813 1008
Opsteller G. Alkemade
Controleur M. de Nijs
Kenmerk D80-GAL-KA-2000025
Projectnummer MN000952
Onderwerp Station Eindhoven CS, Watertoets ondergrondse fietsenstalling
Datum 20 juli 2021

Inleiding

ProRail is voornemens bij station Eindhoven CS een ondergrondse fietsenstalling te realiseren. Tevens wordt de inrichting van het stationsplein erboven gewijzigd waarbij meer groen wordt toegevoegd en de locatie voetganger-vriendelijk wordt. In deze waterparagraaf wordt onderzocht welke effecten de toekomstige fietsenstalling op het watersysteem zal hebben. Hierbij is gekeken naar het huidige waterhuishoudkundige systeem, de toekomstige situatie, wijze van omgang met hemelwater en vuilwater en de gevolgen voor grondwater.

Wettelijk kader

In het kader van het Besluit Ruimtelijke Ordening is het voor ruimtelijke ontwikkelingen sinds 1 november 2003 wettelijk verplicht een watertoets te verrichten. In de toelichting bij ruimtelijke besluiten en plannen, waarop bovengenoemd besluit van toepassing is, is het noodzakelijk een beschrijving te geven van de manier waarop rekening is gehouden met de gevolgen van het plan voor de waterhuishouding.

Het waterbeleid in Nederland wordt van Europees niveau vertaald via rijks-, provinciaal en waterschapsbeleid, naar gemeentelijk beleid om samen de waterproblematiek in Nederland aan te pakken. Dit resulteert in de verplichting een watertoets uit (te) laten voeren. De voorschriften zijn vastgelegd in onder andere de Europese Kaderrichtlijn Water (22 december 2004) en zijn verder geïmplementeerd in het Rijksbeleid.

Naast het Europees en landelijk beleidskader is in het Provinciaal Milieu- en Waterplan Noord-Brabant (PMWP, 2016 – 2021) ook het toetsingskader voor de taakuitoefening van lagere overheden op het gebied van water opgenomen. Het 'PMWP' staat voor samenwerken aan Brabant waar iedereen prettig woont, werkt en leeft in een veilige en gezonde leefomgeving. Om dit te realiseren, zijn er in Nederland diverse waterschappen actief die zich richten op een veilig en goed bewoonbaar land met gezonde, duurzame watersystemen. Om deze doelstellingen te behalen, werken de waterbeheerders integraal samen met gemeenten, die hebben immers het beheer over de ruimtelijke ordening en de openbare ruimte.

In aansluiting op het landelijk beleid hanteren het waterschap De Dommel en de gemeente Eindhoven het beleid dat bij nieuwe plannen altijd onderzocht behoort te worden hoe omgegaan kan worden met hemelwater. Hierbij worden de afwegingsstappen "hergebruik – infiltratie – buffering – afvoer" (afgeleid van de trits "vasthouden – bergen – afvoeren") doorlopen. Bij nieuwe ontwikkelingen wordt het principe van waterneutraal bouwen gehanteerd, waarbij gestreefd wordt naar het behoud van de 'natuurlijke' waterhuishoudkundige situatie.

Adviesnota

Het waterschap is verantwoordelijk voor het waterkeringenbeheer, het waterbeheer en het transporteren en zuiveren van afvalwater. De doelen van Waterschap De Dommel voor de periode van 2016 tot 2021 staan beschreven in het waterbeheerplan “Waardevol Water” en zijn gericht op een veilig en bewoonbaar beheergebied met voldoende, schoon, natuurlijk en recreatief water. Bij ruimtelijke ontwikkelingen hanteert het waterschap een aantal uitgangspunten ten aanzien van het duurzaam omgaan met water, die van belang zijn als vertrekpunt van het overleg tussen initiatiefnemer en waterbeheerder.

Daarnaast heeft het waterschap waar nodig nog toegespitst beleid en beleidsregels op de verschillende thema's/speerpunten uit het waterbeheersplan en heeft het waterschap een eigen verordening: De Keur. Onderdeel van de Keur is de Legger. De legger geeft aan waar de waterstaatswerken liggen, aan welke afmetingen en eisen die moeten voldoen en wie onderhoudsplichtig is. Door de Brabantse Waterschappen De Dommel, Aa en Maas en Brabantse Delta is een gezamenlijke Keur opgesteld. De regels in de Keur hebben betrekking op het lozen, afvoeren, onttrekken of aanvoeren van grondwater en water uit sloten en andere watergangen. Iedereen die werkzaamheden uitvoert of activiteiten plant in of nabij waterlopen of dijken, heeft met de Keur te maken en moet bij het niet voldoen aan de Algemene Regels een vergunning aanvragen. De meeste werkzaamheden zijn minimaal meldingsplichtig.

Bij het beoordelen van plannen met een toenemend verhard oppervlak maken de waterschappen onderscheid tussen grote en kleine plannen. Voor plannen met een bijkomend verhard oppervlak kleiner dan 500 m², groene daken en afkoppelplannen kleiner dan 10.000 m² geldt een vrijstelling tot de realisatie van compensatie. (15. Afvoer hemelwater door toename en afkoppelen van verhard oppervlak, Algemene regels waterschap De Dommel).

De gemeente Eindhoven streeft naar 'klimaatrobuste ontwikkelingen'. Het vigerende beleid is vastgesteld in het nieuwe Verbreed Gemeentelijk Rioleringsplan (2019-2022) en de beleidsregel 'Klimaatrobust (her)inrichten en ruimtelijk ontwikkelen'. Het Gemeentelijk Rioleringsplan (GRP) verantwoordt aan de inwoners van Eindhoven de ambities en bijbehorende maatregelen en middelen op watergebied. Speerpunt van het GRP is het inspelen op de klimaatverandering welke extreme regenbuien, langdurige droogteperiodes en hittestress met zich meebrengt. Hiervoor zijn uitgangspunten, richtlijnen en ontwerpnormen uit het klimaatplan 2016-2020 en de hierin benoemde beleidsregel 'Klimaat robuust (her)inrichten en ruimtelijk ontwikkelen' nader uitgewerkt. In het GRP is opgenomen dat bij ontwikkelingen van meer dan 50 m² een waterbergingsopgave van toepassing is.

In samenwerking met Brabantse overheden en kennisinstellingen is een klimaatadaptatie-toets ontwikkeld met richtlijnen en ontwerpnormen voor de (her)inrichting en ruimtelijke ontwikkeling van stedelijk gebied op straat- en wijkniveau. De Eindhovense klimaattoets omvat drie hoofdregels en deze vormen de basis voor het Eindhovens klimaat-adaptatie beleid:

1. Zorg voor voldoende bergingsruimte om buien tijdelijk op te vangen en vertraagd af te voeren.
2. Infiltreer regenwater zoveel en waar mogelijk op de plek waar het valt, en voorkom daarmee verdroging.
3. Zorg dat de straat niet onnodig opwarmt en voldoende plekken voor verkoeling heeft op het heetst van de dag.

Adviesnota

De gemeente Eindhoven draagt met het klimaatbeleid ook bij aan het verbeteren van de kwaliteit van een gezonde leefomgeving en meer biodiversiteit door de voorkeur te geven aan vergroenen als klimaatadaptieve maatregel. Voor de wateropgave geldt een compensatie-norm van 100% (maximaal 75 mm). Groene maatregelen worden hierbij beloond met een lagere bergingsnorm en dragen tevens bij aan het voorkomen van hittestress.

Als hergebruik en vasthouden door lokale omstandigheden niet doelmatig is, kan hemelwater worden geborgen en vertraagd worden afgevoerd. Dat is de waterbergingsopgave. Hiermee wordt het rioolstelsel bij piekbuien ontlast met als gevolg beperking van wateroverlast. Daarnaast wordt het oppervlaktewatersysteem gelijkmatiger belast.

Bij nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen op openbaar terrein moet minimaal 20 mm en mag tot 75 mm van de waterbergingsopgave ingevuld worden via primaire waterberging. Voorbeelden zijn waterpleinen, wadi's, watergangen, waterbergende funderingen of bakken. Eventuele resterende mm's (tot 40mm) van de waterbergingsopgave dient secundair te worden ingevuld.

De gemeente Eindhoven maakt bij de beoordeling van de voor een nieuwe ontwikkeling in een plangebied voorgestelde maatregelen gebruik van een rekentool. Deze rekentool klimaatopgave, beschikbaar op www.eindhovenduurzaam.nl/klimaat, maakt het een ontwikkeling mogelijk interactief haar plangebied en de te nemen maatregelen te beschrijven en te controleren of aan de gemeentelijke eisen wat betreft waterberging en vergroening wordt voldaan. Bovendien kan een afschrift van de beschrijving van het plangebied en de keuze van de maatregelen met voorbeelden voor de verdere uitwerking gedownload worden om bijgevoegd te worden bij de eventuele watertoets of aanvraag van de omgevingsvergunning. De rekentool is voor deze watertoets ook gebruikt.

De rekentool klimaatopgave vraagt de klimaatrobuuste maatregelen te specificeren die zijn voorzien in het ontwerp binnen het plangebied en, waar nodig, hoe groot de oppervlakken zijn waar deze worden toegepast. Hieruit berekent de tool welk deel van het regenwater van een bui binnen het plangebied geborgen moet worden (de waterbergingsopgave, het grijze deel) en welk deel de klimaatrobuuste maatregelen zelf voor hun rekening nemen (het groene deel). Daarna kunnen nog extra maatregelen toegevoegd worden. Het doel is dat alle maatregelen bij elkaar de totale waterbergingsopgave (berging van al het water van een bui) van het plangebied voor hun rekening nemen. De werking van de rekentool kan worden aangepast aan nieuwe inzichten en de uitkomst van de laatste versie van de tool is maatgevend.

In deze rapportage wordt het planvoornemen hydrologisch beschreven, waarna toetsing plaatsvindt door het bevoegd gezag. Eventueel benodigde vergunningen worden niet met deze waterparagraaf geregeld en zullen via daarvoor bedoelde procedures verkregen moeten worden. Wanneer een bronnering nodig is voor de bouwwerkzaamheden of bij ingrepen op de plaatselijke waterhuishouding (lozing /infiltratie of werkzaamheden in de buurt van een watergang), moeten in het kader van de Waterwet vergunningen/meldingen aangevraagd worden middels het Omgevingsloket.

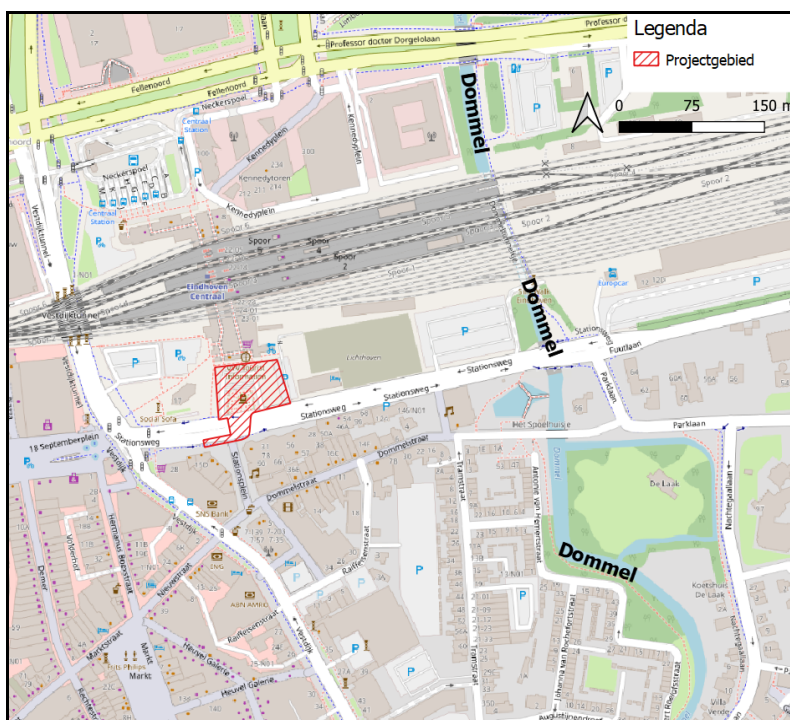
Adviesnota

Waterhuishoudkundig systeem

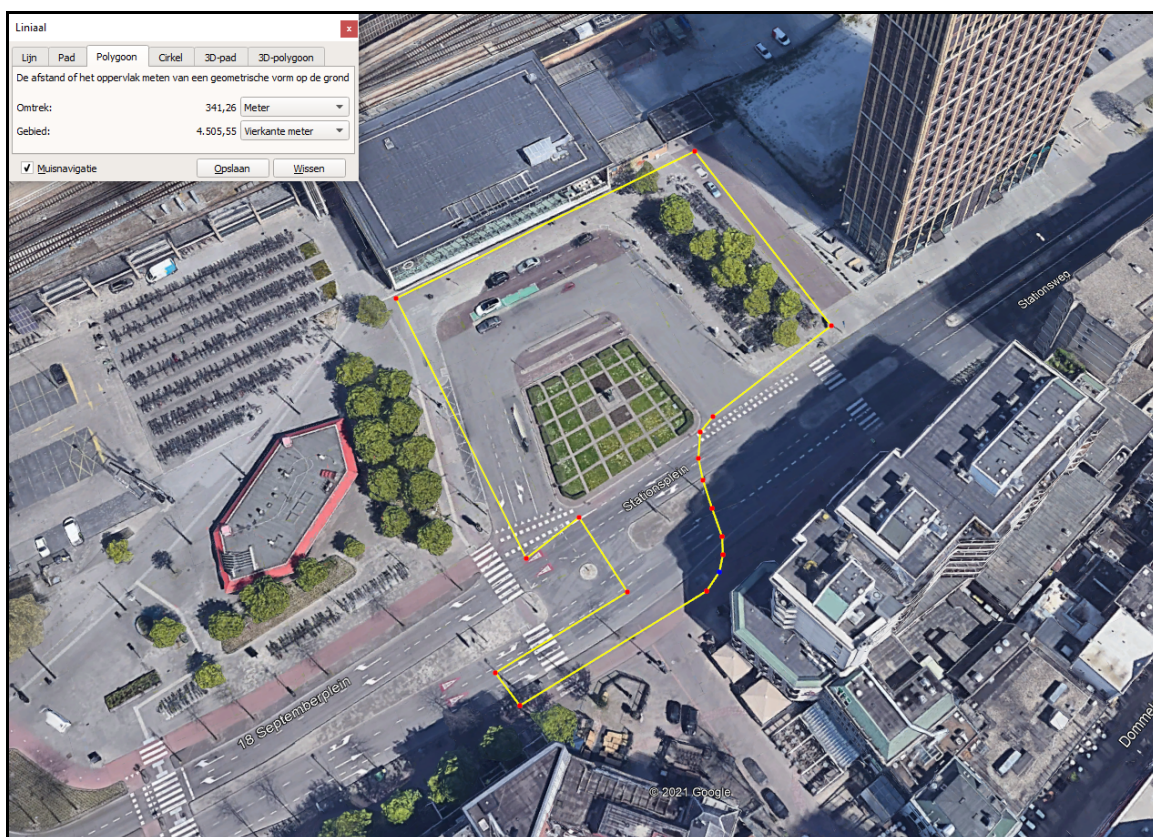
Het maaiveld ligt op een niveau van NAP +15,6 m tot NAP +16,0 m. De grondwaterstand varieert van NAP +15,2 m (gemiddeld hoogste grondwaterstand) en NAP +14,7 m (gemiddeld laagste grondwaterstand). De ondergrond bestaat tot NAP +10 m voornamelijk uit matig siltig matig grof zand met lagen klei, leem en veen. Tot ca. NAP + 1 m bevindt zich een homogener pakket met matig grof licht siltig zand. Daaronder bevindt zich een sterk lemige laag met een dikte van circa 7 m.

Het projectgebied beslaat ca. 4.500 m² waarvan in de huidige situatie ca. 700 m² groen is en ca. 3.800 m² verhard oppervlak is (figuur 2). Regenwater wordt via trottoir- en straatkolken afgevoerd naar het openbaar riool.

Enkel op het 700 m² groenvlak kan regenwater infiltreren en het grondwater aanvullen. Het dichtstbijzijnde oppervlaktewater is de Dommel circa 300 m ten oosten van het projectgebied (figuur 1).



Figuur 1: Projectgebied en oppervlaktewater



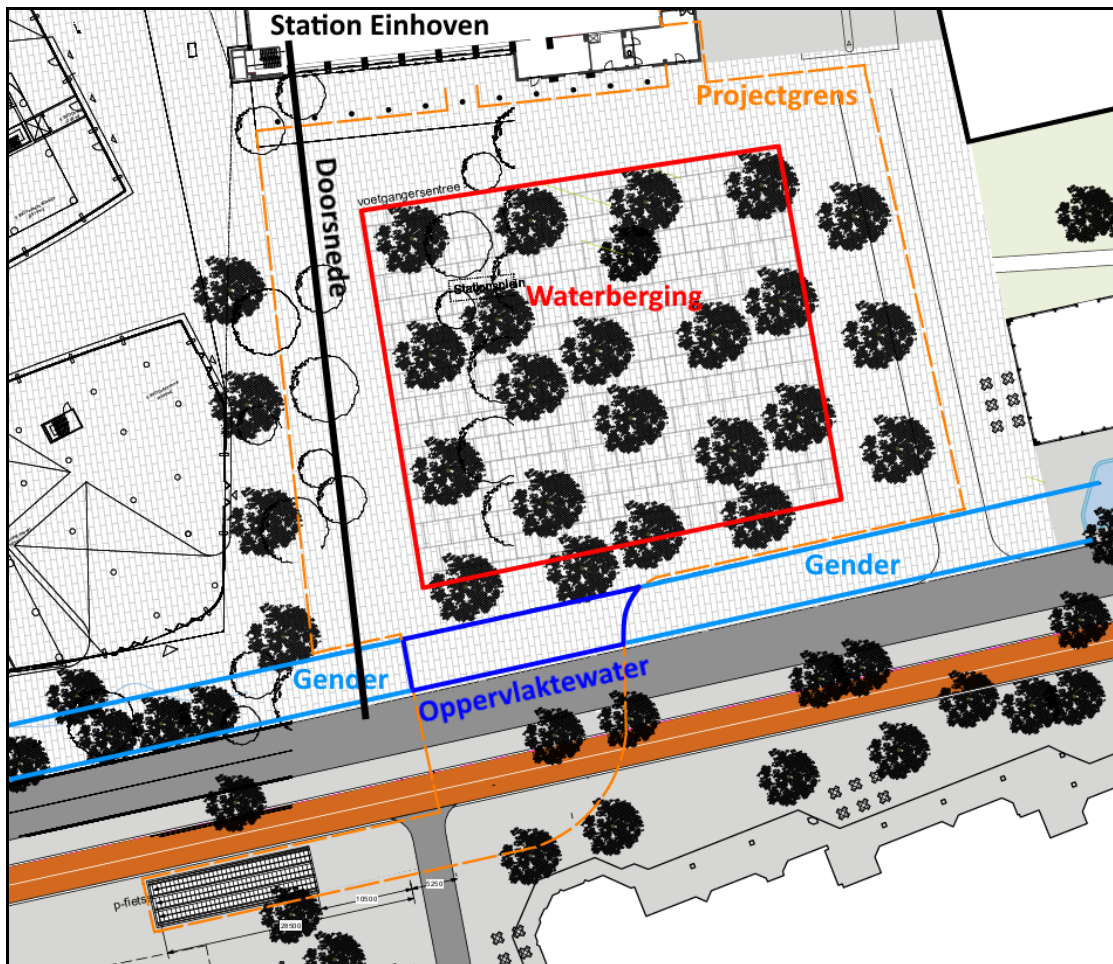
Figuur 2: Projectgebied

Toekomstige situatie

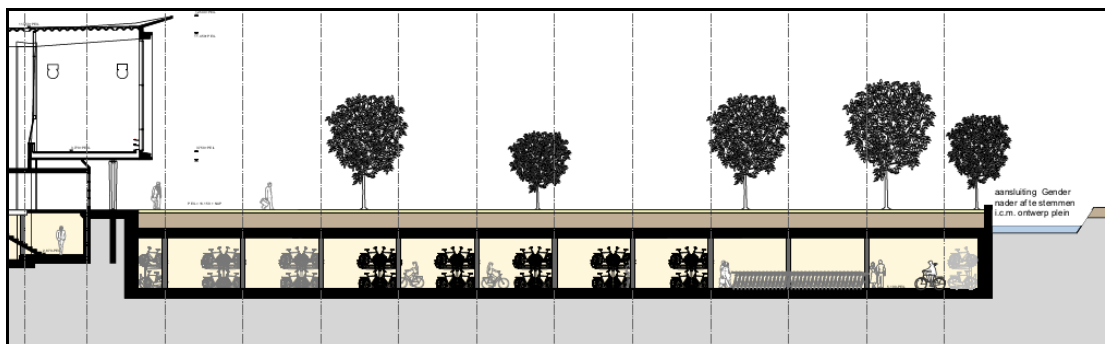
In de toekomstige situatie wordt er een ondergrondse fietsenstalling onder het stationsplein (figuren 3 & 4) gerealiseerd en wordt het stationsplein anders ingericht. De bovengrondse inrichting wordt niet door Movares ontworpen en derhalve zijn er nog geen definitieve tekeningen beschikbaar. Er komen zeer waarschijnlijk meer bomen dan er nu in het onderzoeksgebied staan en de hoeveelheid groen zal naar verwachting ongeveer gelijk blijven. Daarnaast komt er 1.600 m² aan waterbergingskratten (capaciteit 150 mm), of een andere vergelijkbare waterberging, boven de fietsenstalling te liggen in een 1 m dikke laag aarde tussen de bovenkant fietsenstalling en maaiveld (figuur 4). Deze waterberging zal een gesloten waterberging worden die derhalve niet naar het grondwater kan infiltreren. De waterberging zal middels een geknepen afvoer vertraagd afwateren op het oppervlaktewater.

Ook wordt er binnen het projectgebied oppervlaktewater toegevoegd in de vorm van de Gender (figuur 3). Deze watergang komt langs de zuidzijde van het projectgebied te liggen en gaat deels over de ondergrondse constructie van de fietsenstalling heen. De Gender zal 300 m naar het oosten afwateren op de Dommel. De Gender is tevens het oppervlaktewater waarop de waterberging boven de fietsenkelder gaat afwateren. Voor de waterbergingskratten zou dit middels een geknepen afvoerleiding zijn om de hoeveelheid afwatering op de Gender te beperken en geleidelijk te laten verlopen.

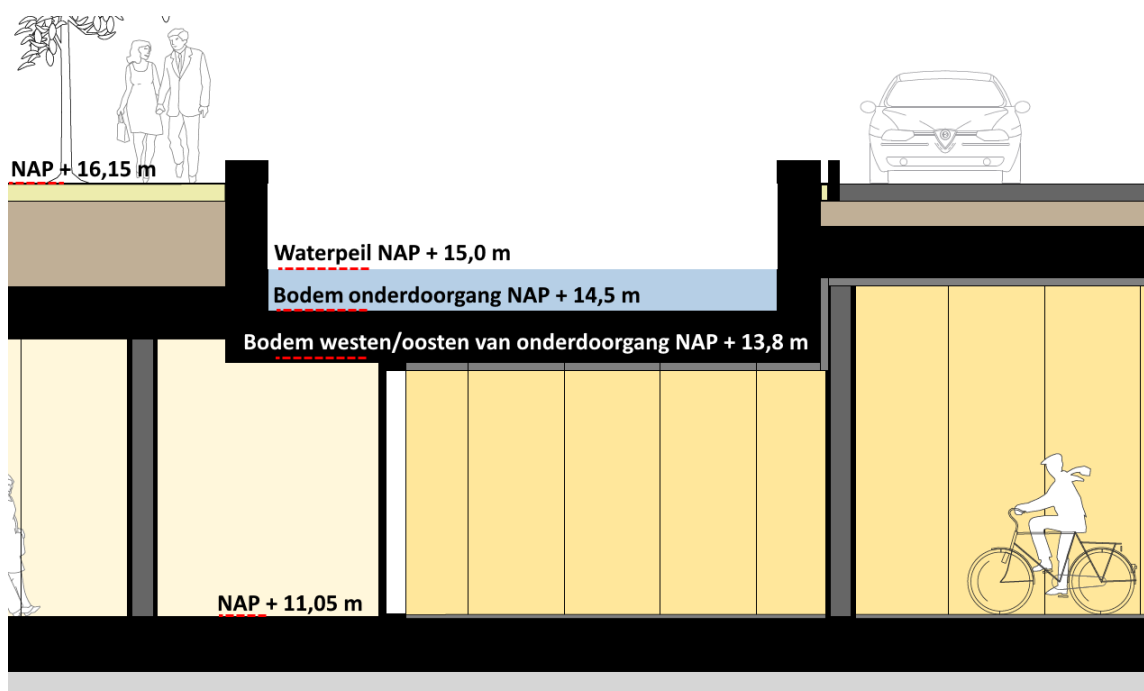
De hoogtematen en het streefpeil waar de fietsenstalling onder de Gender door gaat, zijn weergegeven in figuur 5. Hierbij moet opgemerkt worden dat de bodem boven de fietsenstalling nu op NAP + 14,5 m is ingetekend, maar dat dit waarschijnlijk nog verlaagd gaat worden met enkele decimeters.



Figuur 3: projectgrens met schets van waterberging en oppervlaktewater



Figuur 4: Doorsnede projectgebied



Figuur 5: Dwarsdoorsnede ingang fietsenstalling met peilen/hoogtes

Hemelwater (kwantiteit)

Met de beschikbare informatie is de rekentool klimaatopgave van de gemeente Eindhoven ingevuld. Omdat er nog geen informatie beschikbaar is van de hoeveelheid groen oppervlak in de toekomstige situatie is voor nu uitgegaan van eenzelfde 700 m² als in de huidige situatie, dit zal echter naar verwachting meer zijn. De uitgangspunten zijn vermeld in tabel 1:

Tabel 1: Uitgangspunten rekentool klimaatopgave gemeente Eindhoven.

	Huidige situatie	Toekomstige situatie
Oppervlaktewater	0 m ²	Ca. 150 m ²
Verhard oppervlak	3800 m ²	3650 m ²
Groen oppervlak	700 m ²	700 m ²
Waterberging	0 m ³	Ca. 240 m ³
Aantal bomen	Ca. 10	Ca. 25

Uit de rekentool (Bijlage 1) volgt dat er 3,8 m³ meer waterberging gerealiseerd wordt dan nodig. Hiermee voldoet het project aan de eisen voor watercompensatie van de gemeente en het waterschap. De uitkomst van de rekentool klimaatopgave is bijgevoegd in Bijlage 1, voor berging in het nieuwe oppervlaktewater (150 m²) is 100 mm aangehouden (totaal 15 m³).

Hemelwater (kwaliteit)

De kwaliteit van afstromend hemelwater kan door verontreinigingen op het verhard oppervlak worden beïnvloed. Binnen het projectgebied zal het deel waar nu nog auto's rijden veel kleiner worden. Ook fietsers en brommers zullen niet meer over het plein rijden vanwege de ingang van de fietsenstalling aan de andere zijde van de straat. De mate van verontreinigingen in het

Adviesnota

afstromende hemelwater van het plein zal hierdoor duidelijk minder worden dan in de huidige situatie.

Afvalwater

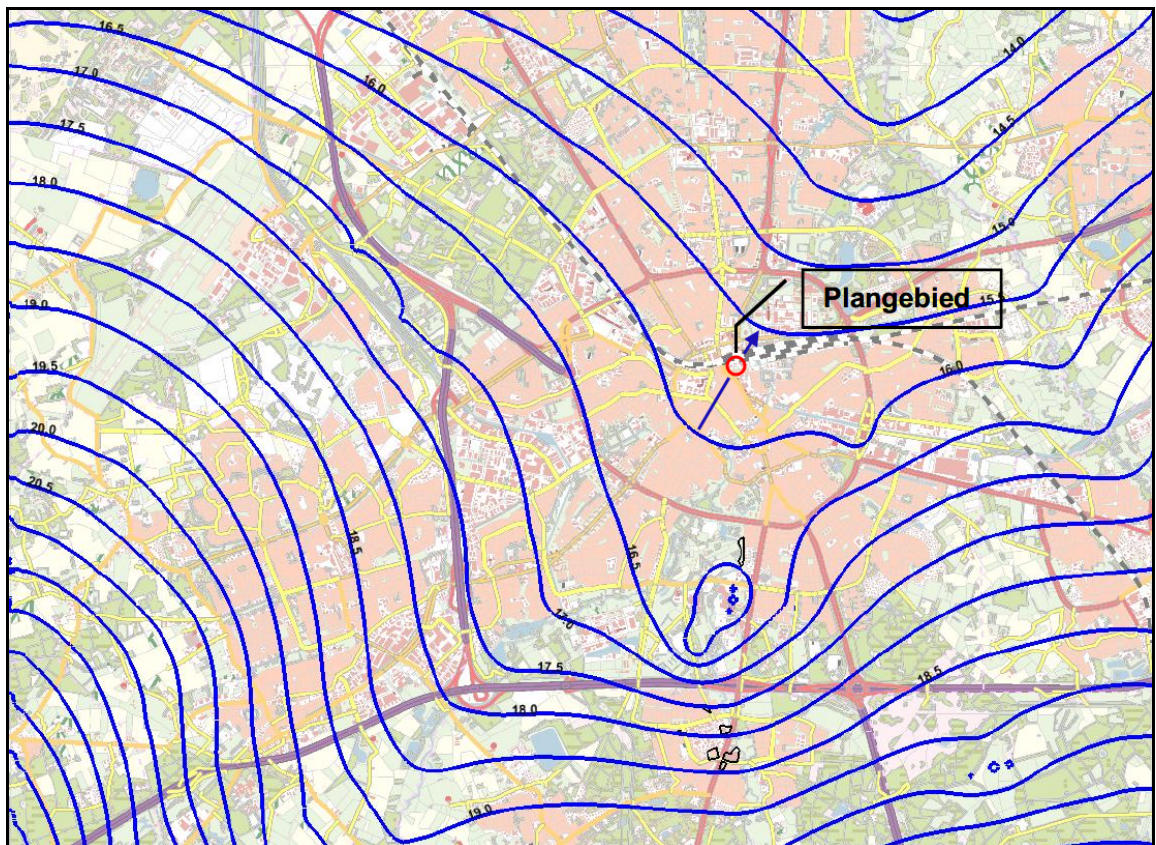
Mogelijk komen er toiletten en andere sanitaire voorzieningen in de fietsenstalling. Het vuilwater dat hier vrijkomt zal worden afgevoerd naar het vuilwaterriool.

Grondwater

De richting van de grondwaterstroming in het projectgebied is noordnoordoost (figuur 6). De grondwaterstand heeft een GHG van NAP +15,2 m en een GLG van NAP +14,7 m (bijlage 5). Aan de andere kant van het spoor is ten noorden van het projectgebied een permanente drainage aanwezig om het grondwaterpeil naast het station te beheersen, hierdoor is de grondwaterstroming richting het noorden iets versterkt (bron: Onderzoek grondwaterstromingspatroon Eindhoven Centrum-Noord

<https://hbo-kennisbank.nl/details/samhao:oai:www.greeni.nl:VBS:2:140575>).

In figuur 6 is de voorjaarsstijghoogte weergegeven in de omgeving van het projectgebied.



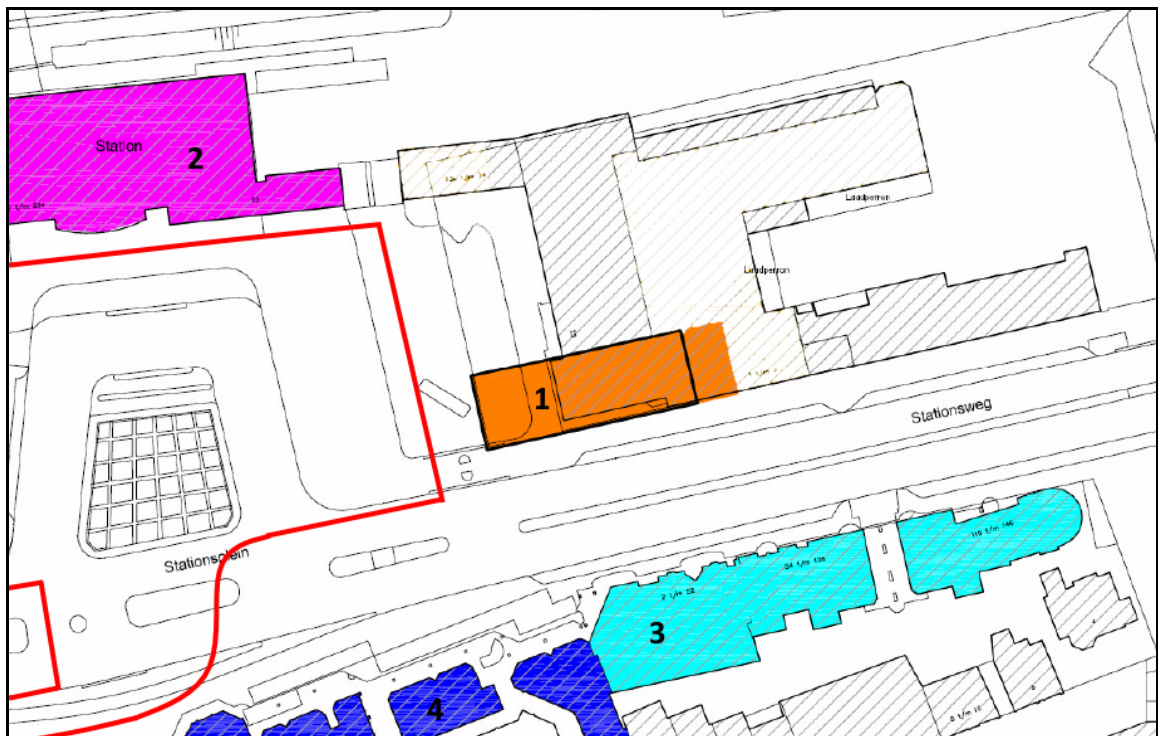
Figuur 6: Isohypsen voorjaarsstijghoogte (05-05-2015) freatische grondwaterstand (REGIS I)

De vloer van de fietsenstalling reikt tot aan het zandpakket (NAP +10 m) onder de bovenste heterogenere ondergrond, en de achterblijvende groutwanden tot NAP 0 m. Tijdens de bouw worden groutwanden toegepast omdat het plaatsen van normale stalen damwanden dieper dan circa NAP + 4 m trillingvrij niet mogelijk is. Vanwege het stationsgebouw, dat direct naast de

Adviesnota

fietsenstalling gelegen is, zijn trillingen niet acceptabel en moet een groot deel van de bouwkuip sowieso volledig trillingvrij worden gerealiseerd. Ook aan de zuidkant liggen restaurants waardoor trillingen tijdens de aanleg beperkt moeten worden.

Er liggen andere gebouwen met kelders in de directe omgeving van de ondergrondse fietsenstalling, hiervan is een overzicht gegeven in figuur 7 en tabel 2.



Figuur 7: Kelders in de omgeving van de ondergrondse fietsenstalling

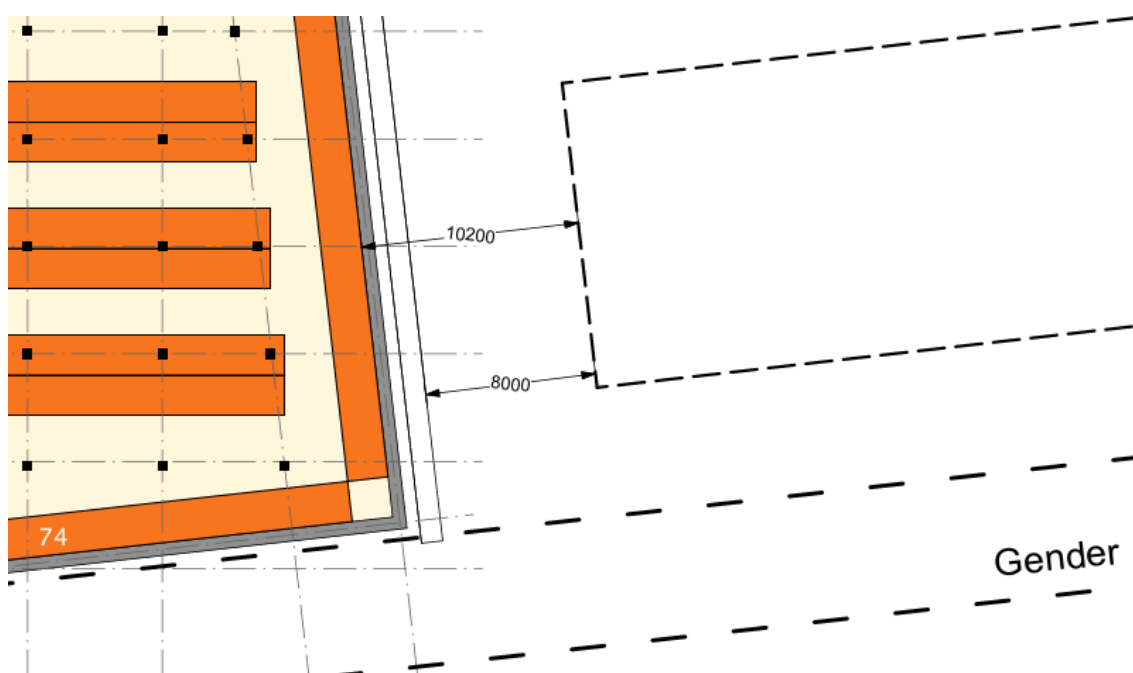
Tabel 2: Kelders in omgeving ondergrondse stalling

Nr.	Beschrijving	Bouwjaar	Kelder	Diepte O.K. kelder
1	Student hotel	2016	Ja	NAP + 12,35 m
2	Station Eindhoven	Jaren 50	Ja	NAP + 12,00 m (schatting)
3	Haagstate	1991	Deels	Onbekend
4	Seepoard	1977	Ja	Onbekend

Uit de boringen MB01 en MB02 (bijlage 2 t/m 4) blijkt dat de bodem vanaf maaiveld (NAP +15,6 m) tot ca. NAP +10 m uit matig grof matig siltig zand met leem, veen en kleilaagjes bestaat. Deze lagen (schollen) zijn niet onderling verboden waardoor er minimale horizontale stroming in deze bovenste 5 m van de ondergrond plaats vindt. In dit deel van het freatisch pakket zal het grondwater dus grotendeels verticaal afstromen. Vanaf circa NAP +10 m tot NAP +1 m volgt er een homogener zandpakket bestaande uit matig grof licht siltig zand. Deze laag is beter waterdoorlatend maar wordt onderbroken door de groutwanden.

Vanwege de wanden ontstaat er blokkering van de grondwaterstroming met als mogelijk gevolg een permanente beïnvloeding van de grondwaterstand. De mate waarin een constructie een barrière vormt voor het grondwater hangt af van de positionering; een constructie die haaks is gepositioneerd op de stromingsrichting van het grondwater zal een groter effect hebben dan wanneer deze in de lengterichting met de grondwaterstromingsrichting mee staat. Echter, de constructie van de fietsenstalling is grofweg vierkant waardoor de richting van de grondwaterstroming ten opzichte van de constructie geen verschil maakt. Het risico is vervolgens afhankelijk van de mate van blokkering van het watervoerende pakket: indien het pakket voor meer dan de helft wordt afgesloten dient het grondwater in horizontale richting om de constructie heen te stromen. Dit heeft tot gevolg dat er dan bovenstrooms een opstuwing optreedt en benedenstrooms een verlaging van de grondwaterstand.

De kelder van het Studenthotel (nr. 1 in figuur 7) sluit niet aan op de ondergrondse fietsenstalling, er blijft een ruimte van circa 8 m open tussen beide constructies (figuur 8). De kelder van het station ligt in de schaduw van de ondergrondse fietsenstalling waardoor deze niet een extra obstakel vormt voor de grondwaterstroming.



Figuur 8: Afstand fietsenstalling, groutwand en Student hotel

Voor de bepaling van de invloed op de grondwaterstroming is er een kleine onderlinge versterking. Met een MicroFEM model is hiervan een inschatting gemaakt, het resultaat van deze berekening is bijgevoegd in bijlage 6 en de Schematisatie in bijlage 7. Hieruit volgt dat de onderlinge versterking van de opstuwing verwaarloosbaar is (enkele mm), hierdoor is in deze watertoets alleen het mogelijke effect van de toekomstige fietsenstalling op de grondwaterstroming in beschouwing genomen.

Adviesnota

Met behulp van een grondwatermodellering met het programma MicroFEM (bijlage 7) is een inschatting gemaakt van het effect van de groutwand op de grondwaterstroming. Uit de worst-case berekening volgt een maximale opstuwing (en verlaging) van 0,03 m.

Hierbij is aangenomen dat bij de toekomstige nieuwbouw aan de westzijde van het station geen kelder tegen de nieuwe fietsenstalling aan worden gebouwd, maar dat er net als aan de oostzijde, een opening van circa 8 meter blijft bestaan.

De 0,03 m opstuwing zal aan de zuidzijde van de fietsenstalling optreden (de stroming van het grondwater is van zuid naar noord). Hier komt zoals eerder besproken de Gender met een open bodem te liggen. Hierdoor zal opstuwing aan deze zijde volledig worden gecompenseerd doordat er oppervlaktewater boven komt te liggen dat het extra opgestuwde grondwater kan afvoeren. Mogelijk treedt er in mindere mate ook aan de oostzijde van de fietsenstalling opstuwing op, als dit problematisch blijkt te zijn, dan kan ervoor worden gekozen met een drainage de grondwaterstand te beheersen. Hierbij zijn de precieze richting van de grondwaterstroming en de dimensies van de toekomstige kelders ten westen van de fietsenstalling bepalend. Kleine verlagingen van de grondwaterstand zullen in het stationsgebied geen problemen veroorzaken aangezien de grondwaterstand vrij dicht onder maaiveld zit (geen risico voor verdroging) en eventuele zettingen in het verleden (toen de grondwaterstand door meerdere langdurige bemalingen meters lager stond) al zijn opgetreden.

Waterveiligheid

Er bevinden zich geen waterkeringen in of rondom het projectgebied, hierdoor zijn er geen gevolgen voor de waterveiligheid. Omdat het peil van de Gender (en benedenstrooms de Dommel bij extreme waterstanden mogelijk tot maaiveld kan komen moeten de drempels van de fietsenstalling op een hoger niveau komen dan de 1:100 jaar waterstand. Als dit niet haalbaar blijkt kan eventueel nog gekeken worden naar schotten die bij nood gebruikt worden. Hierbij moet in overleg met het waterschap worden bepaald of dit wel of niet noodzakelijk is aan de hand van de te verwachten extreme waterstanden.

Conclusies

In het plan is rekening gehouden met het beleid van de gemeente Eindhoven en het waterschap. Er wordt iets meer waterberging gerealiseerd dan noodzakelijk is.

De achterblijvende groutwanden hebben een beperkte opstuwing van het grondwater tot gevolg. Dit wordt gecompenseerd door de aanleg van de nieuwe Gender.

De vuilwaterafvoer van de fietsenstalling wordt aangesloten op het bestaande vuilwaterriool.

Geconcludeerd wordt dat er ten aanzien van het aspect water geen belemmeringen zijn voor het plan.

Adviesnota

Bijlage 1: Resultaat rekentool gemeente Eindhoven

Kerngegevens van het project

Locatie (hart van het plangebied)	51.4419,5.4800
Oppervlak plangebied	4500 m²
Is er binnen het plangebied een gedeelte waarvan de inrichting of bebouwing ongewijzigd blijft?	nee
Is een deel van het plangebied na oplevering gemeentelijk openbaar terrein?	ja
Is het bouwwerk 30 m hoog of hoger?	nee
Maakt de ontwikkeling een (verdiepte) kelder?	ja
De ontwikkeling vindt plaats in een groenarme buurt van Eindhoven.	

Maatregelen

Grote tuinen bij woningen en/of (bedrijfs)panden	-
Kleine tuinen bij woningen en/of (bedrijfs)panden	-
Traditioneel dak	3650 m²
Groen dak (>=60 mm waterberging per m²)	-
Groen dak (>=45 mm waterberging per m²)	-
Groen dak (>=30 mm waterberging per m²)	-
Groen dak (<30 mm waterberging per m²)	-
Waterdak	-
Nieuw (particulier) groen	-
(Ongewijzigd) openbaar groen	700 m²
Water met bergende functie	150 m²
Gesloten of open bestrating	-
Halfverharding	-
(Ongewijzigd) openbare bestrating	-
Geveloppervlak boven 30 m gezien vanuit het zuidwesten	-
Bovenstaande invulling van het plan resulteert in een (nog) te realiseren waterbergingsopgave van 219,0 m³	

Extra maatregelen

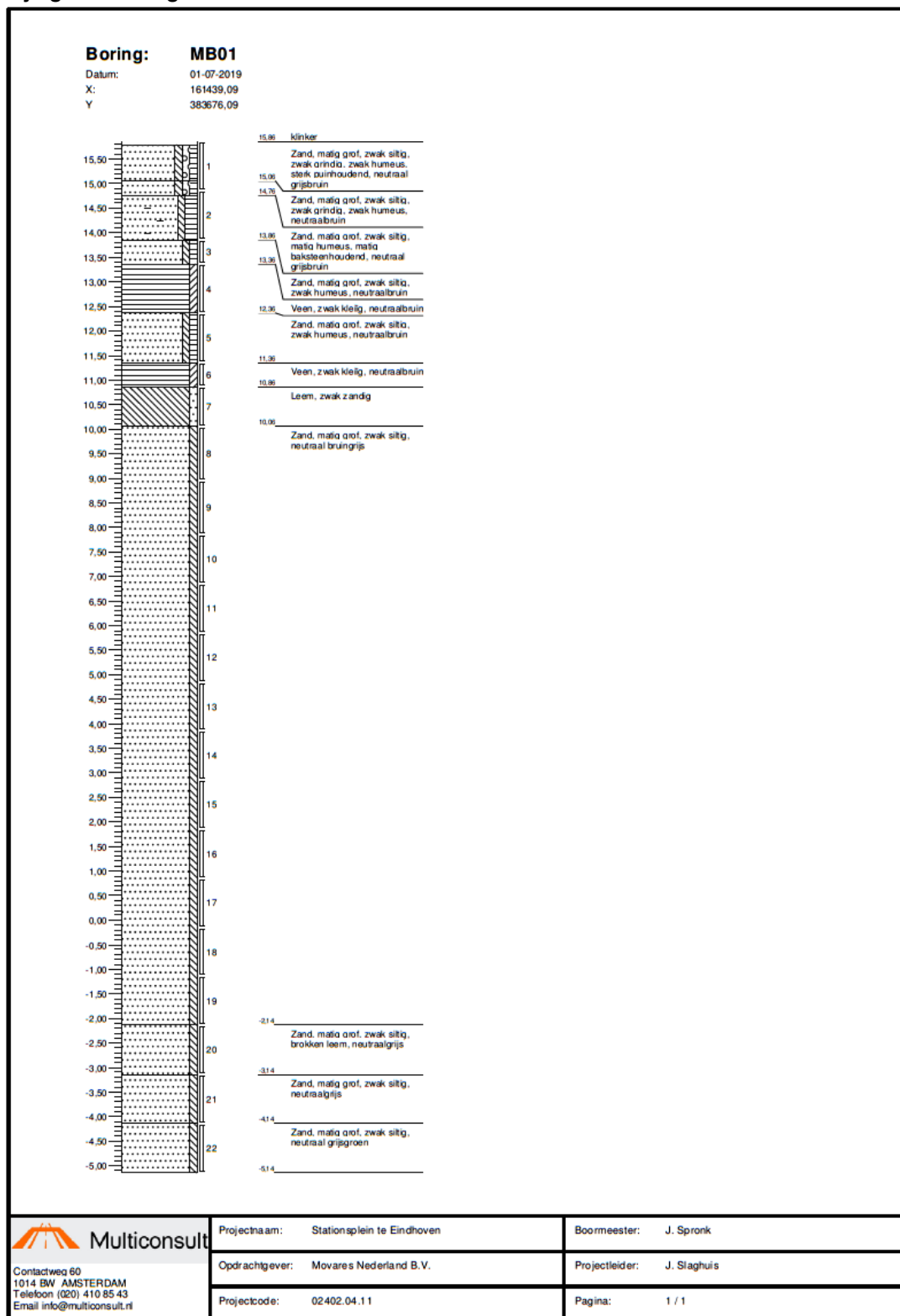
Extra substraatberging nieuw groen dak	-
Extra waterberging op maaiveld (wadi/sloot/verlaagd groen, geen parkeerterrein)	15 m³
Extra waterberging in ondergrondse voorzieningen met leegloop op het gemeentelijk riool	240 m³
Nieuwe boom (min. 6 m³ ondergrondse groeiruimte per boom)	15 stuks
Faunavoorziening	-
Groene gevel	-
Regenton	-

Met de genomen extra maatregelen is de waterbergingsopgave tot -3,8 m³ teruggebracht en wordt aan de opgave voldaan.

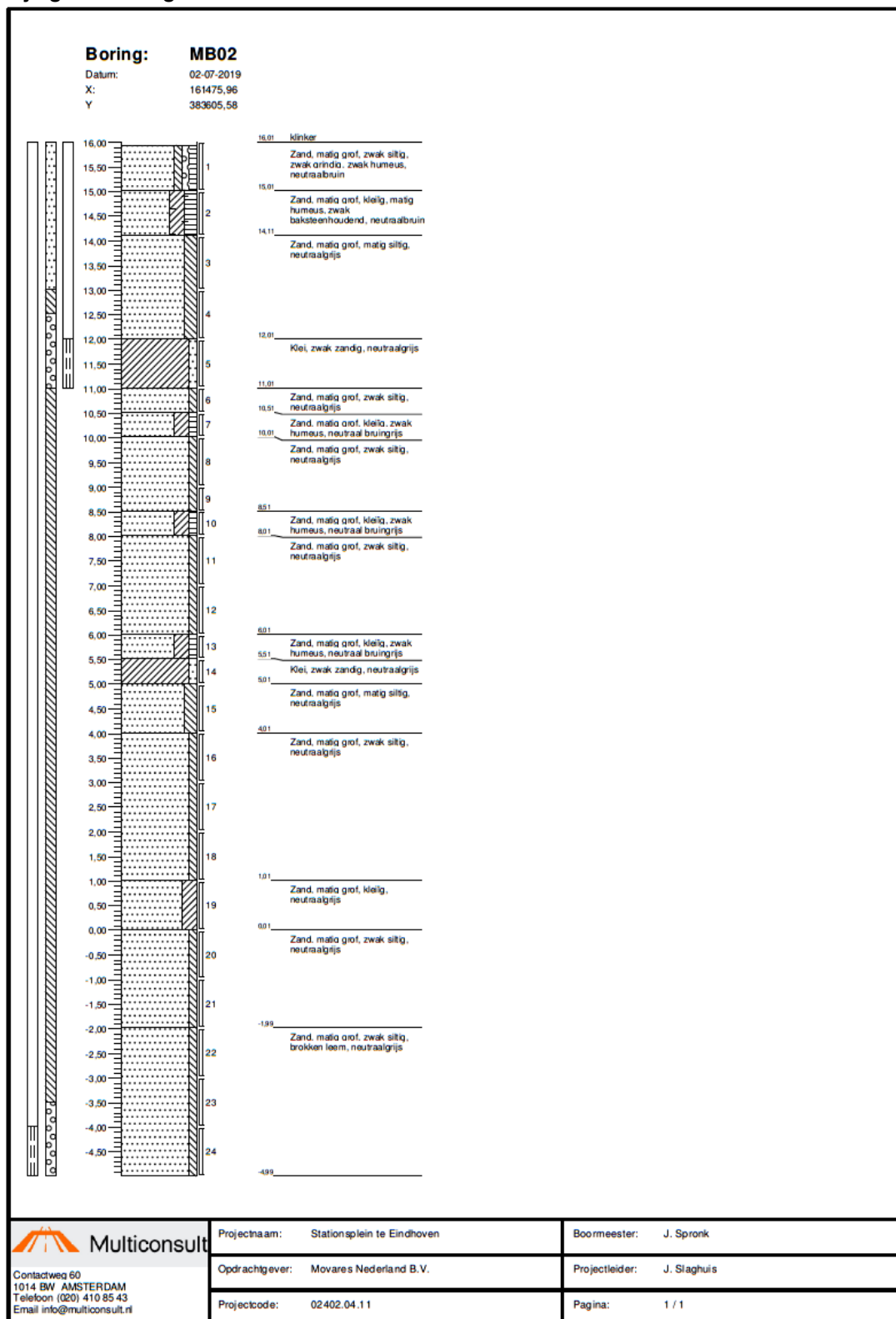
Bijlage 2: Locaties boring MB01 en MB02



Bijlage 3: Boring MB01

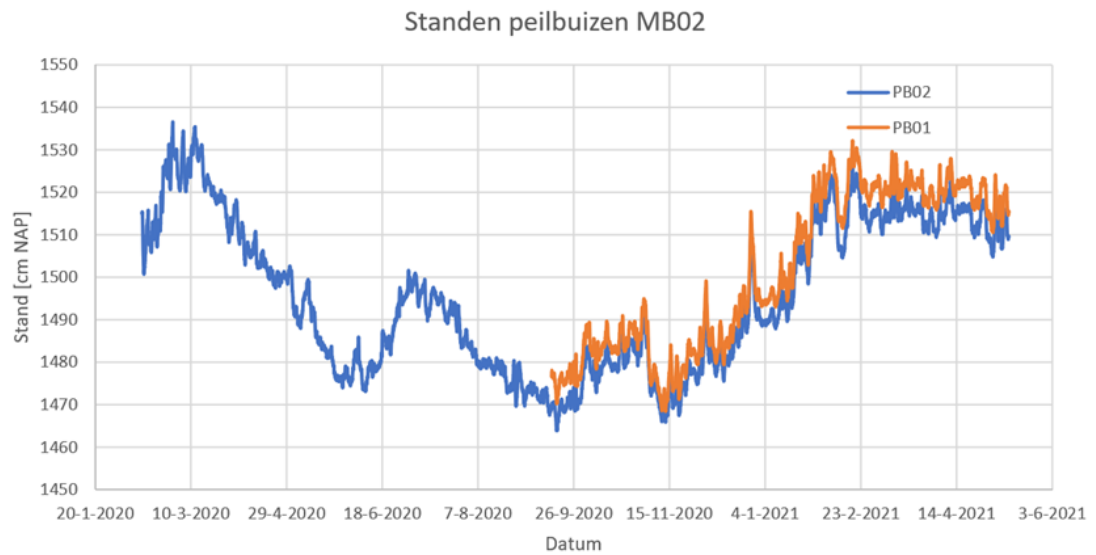


Bijlage 4: boring MB02



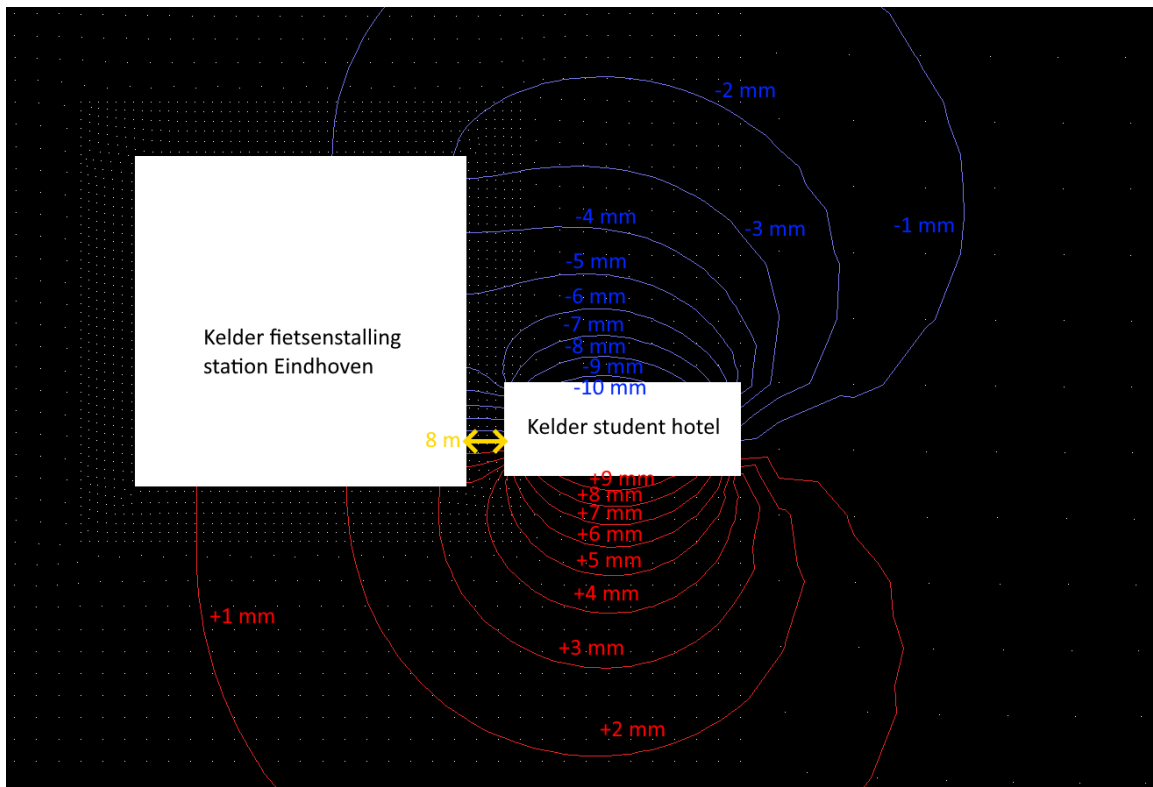
Adviesnota

Bĳlage 5: Grondwaterstanden peilbuis MB02



Bijlage 6: Invloed kelder student hotel

Weergegeven is de verandering in freatische grondwaterstand wanneer de kelder van het student hotel wordt toegevoegd in het model. De kelder is in het model 9 meter diep vanaf maaiveld gemaakt. De verhoging van de grondwaterstand direct voor de fietsenstalling en groutwanden is 1 á 2 mm. De kelders versterken elkaars barrièrewerking dus wel, maar in zeer kleine mate.



Adviesnota

Bijlage 7: Grondwatermodellering

Modelkeuze

Voor het bepalen van de opstuwning (en verlaging) van de grondwaterstand door de groutwand is een berekening met het programma MicroFEM uitgevoerd. Dit model gaat uit van een stationaire quasi-driedimensionale grondwaterstroming (horizontale stroming in watervoerende lagen en verticale stroming in minder doorlatende lagen). Het model MicroFEM is gebaseerd op de eindige elementenmethode. Hierbij wordt het modelgebied ingedeeld in een netwerkpatroon van driehoekige elementen. Op elk knooppunt van elementen worden de (geo)hydrologische gegevens ingevoerd. Het model berekent de grondwaterstijghoogten en de fluxen op de knooppunten van de elementen. Het model is sterk grafisch georiënteerd met de mogelijkheid om via isohypsen en stroomlijnen snel inzicht te geven in de hydrologie.

Schematisatie en modelparameters

De modelmatige schematisatie houdt in dat rekening is gehouden met drie watervoerende en twee scheidende lagen:

- deklaag tot onderzijde fietsenstalling (H1)
- fictieve scheidende laag (C1)
- deklaag tussen onderzijde fietsenstalling en scheidende laag (H2)
- 1e scheidende (leem)laag (C2)
- 1e watervoerend pakket (H3)

Uit de boorbeschrijvingen volgt dat de samenstelling van de deklaag sterk varieert, van matig grof siltig zand tot sterk lemig zand. Voor de doorlatendheid van de deklaag (lagen H1 en H2) is met zowel 10 m/dag als met 2,5 m/d gerekend. Hieruit volgt dat een lagere doorlatendheid maatgevend is.

Voor de doorlatendheid van laag H3 wordt op basis van REGIS een horizontale doorlatendheid van 25 á 50 verwacht, in het MicroFEM model is een waarde van 40 m/dag aangehouden.

De weerstand van de slecht doorlatende (1^e scheidende) laag C2 wordt in REGIS ingeschat op 500 - 1000 dagen. Deze waarde is echter maatgevend voor een leemlaag. Gezien het zandige karakter van de 1^e scheidende laag wordt uitgegaan van een waarde van 80 dagen. De modelopbouw en parameters zijn vermeld in tabel 1.

Tabel 1 Modelopbouw en invoerparameters

Laag	Niveau [m NAP]	Dikte [m]	Doorlaatvermogen [m ² /dag]	Hydraulische weerstand [dagen]
H1	+15 tot +10	5	12.5	
C1	+10	-		0.1
H2	+10 tot +1	9	22.5	
C2	+1 tot -7	8		80
H3	-7 tot -70	63	2.500	

In de omgeving van de locatie is oppervlaktewater aanwezig. Dit is in het model gesimuleerd door het toekennen van een voedingsweerstand. In het model is een voedingsweerstand van 300 dagen gebruikt.